

Potensi Antiinflamasi 6-Gingerol dan 6-Shogaol dari *Zingiber officinale*: Bukti Ilmiah dan Relevansi Klinis

Anti-Inflammatory Potential of 6-Gingerol and 6-Shogaol from Zingiber officinale: Scientific Evidence and Clinical Relevance

I Gede Pasek Winantara Putra^{a,1}, Putra Putu Oka Samirana^{a,2*}

^aProgram Studi Magister Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Jl. P.B. Sudirman Dangin Puri Klod Denpasar Bali 80234, Indonesia

^bProgram Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran Kecamatan Kuta Selatan Kabupaten Badung Bali 80361, Indonesia

¹winantaradede@gmail.com; ²oka_samirana@unud.ac.id*

* Corresponding author

Abstrak

Zingiber officinale (jahe) merupakan tanaman obat yang banyak digunakan dalam pengobatan tradisional dan mengandung senyawa bioaktif, termasuk 6-gingerol dan 6-shogaol. Kajian ini bertujuan mengevaluasi potensi antiinflamasi kedua senyawa berdasarkan bukti molekuler, praklinis, dan klinis serta menilai relevansinya terhadap pengembangan terapi antiinflamasi. Kajian dilakukan menggunakan pendekatan *narrative literature review*. Literatur ditelusuri melalui PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, dan SpringerLink dengan kata kunci terkait *Z. officinale*, 6-gingerol, 6-shogaol, inflamasi, mekanisme antiinflamasi, dan bukti klinis. Literatur yang dipertimbangkan berupa artikel penelitian primer dan tinjauan ilmiah berbahasa Indonesia atau Inggris yang diterbitkan pada 2020- Agustus 2026 dan relevan dengan fokus kajian. Bukti *in vitro* menunjukkan bahwa 6-gingerol dan 6-shogaol memodulasi jalur NF- κ B, MAPK, dan mTOR serta menurunkan mediator proinflamasi. Bukti *in vivo* mendukung aktivitas antiinflamasi melalui pengendalian mediator inflamasi, inflammasom NLRP3, dan stres oksidatif. Bukti klinis langsung pada senyawa murni masih terbatas; sebagian besar data manusia berasal dari sediaan jahe dengan komposisi multipel. Dengan demikian, 6-gingerol dan 6-shogaol memiliki potensi antiinflamasi yang didukung bukti praklinis, tetapi efektivitas klinis kedua senyawa secara individual masih memerlukan konfirmasi melalui uji klinis terkontrol dengan dosis dan formulasi terstandar.

Kata kunci: *Zingiber officinale*; 6-gingerol; 6-shogaol; antiinflamasi; obat tradisional

Abstract

Zingiber officinale (ginger) is a medicinal plant widely used in traditional medicine and contains bioactive compounds, including 6-gingerol and 6-shogaol. This review aimed to evaluate the anti-inflammatory potential of both compounds based on molecular, preclinical, and clinical evidence and to assess their relevance to the development of anti-inflammatory therapies. A narrative literature review was conducted using PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, and SpringerLink. The literature was searched using keywords related to *Z. officinale*, 6-gingerol, 6-shogaol, inflammation, anti-inflammatory mechanisms, and clinical evidence. Eligible literature comprised primary research articles and scientific reviews published in Indonesian or English between 2020 and August 2026 that were relevant to the review focus. *In vitro* evidence indicated that 6-gingerol and 6-shogaol modulated NF- κ B, MAPK, and mTOR signaling pathways and reduced pro-inflammatory mediators. *In vivo* evidence supported their anti-inflammatory activity through regulation of inflammatory mediators, the NLRP3 inflammasome, and oxidative stress. Direct clinical evidence for the isolated compounds remains limited, with most human data derived from

Korespondensi:

Putra Putu Oka Samirana
oka_samirana@unud.ac.id

Diterima : 16 Agustus 2026
Direvisi : 19 Agustus 2026
Disetujui : 21 Agustus 2026
Dipublikasikan : 31 Agustus 2026

Hak Cipta ©2026 Penulis
Artikel ini dilisensikan di bawah
Creative Commons Attribution
License.

ginger preparations containing multiple constituents. Therefore, the anti-inflammatory potential of 6-gingerol and 6-shogaol is supported primarily by preclinical evidence, whereas their individual clinical efficacy requires confirmation through controlled clinical trials using standardized doses and formulations.

Keywords: *Zingiber officinale*; 6-gingerol; 6-shogaol; anti-inflammatory; traditional medicine

PENDAHULUAN

Inflamasi merupakan respons biologis penting dalam pertahanan dan pemulihan jaringan. Respons yang berlebihan atau persisten dapat berkontribusi terhadap berbagai penyakit kronis, termasuk gangguan metabolik, kardiovaskular, dan degeneratif [1,2] *Zingiber officinale* (jahe) telah lama digunakan sebagai tanaman obat dan mengandung senyawa fenolik, termasuk gingerol dan shogaol. 6-Gingerol dominan pada jahe segar, sedangkan 6-shogaol terutama terbentuk melalui dehidrasi 6-gingerol selama pengeringan atau pemanasan [1].

Kandungan kedua senyawa tersebut dapat bervariasi, tergantung pada kualitas bahan dan proses pengolahan. Salah satu tipe budidaya jahe yaitu jahe merah (*Z. officinale* var. *rubrum*), dilaporkan memiliki kandungan vaniloid relatif tinggi. Analisis kromatografi pada ekstrak jahe merah menunjukkan kadar 6-gingerol sebesar 2,89 mg/g dan 6-shogaol sebesar 1,85 mg/g pada kondisi ekstraksi tertentu [1,3].

Secara struktural, 6-gingerol memiliki gugus β -hidroksi keton, sedangkan 6-shogaol memiliki sistem α,β -unsaturated ketone. Pengeringan atau pemanasan menyebabkan dehidrasi 6-gingerol menjadi 6-shogaol. Transformasi ini dapat memengaruhi stabilitas, reaktivitas, dan interaksi molekuler kedua senyawa, sedangkan pemanasan berlebihan dapat menyebabkan degradasi shogaol [1,4].

Sejumlah penelitian telah melaporkan aktivitas antiinflamasi gingerol dan shogaol melalui berbagai jalur pensinyalan. Namun, bukti masih tersebar pada penelitian senyawa murni, model praklinis, serta penelitian manusia menggunakan jahe atau ekstrak jahe. Oleh karena itu, diperlukan integrasi bukti mengenai profil kimia, transformasi 6-gingerol menjadi 6-shogaol, mekanisme antiinflamasi, bukti praklinis, keamanan, dan relevansi pengembangan kedua senyawa secara individual.

Review ini bertujuan mengintegrasikan bukti ilmiah mengenai potensi antiinflamasi 6-gingerol dan 6-shogaol dari *Z. officinale*, meliputi profil kimia, sumber dan transformasi kedua senyawa, bukti *in vitro* dan *in vivo*, mekanisme antiinflamasi, implikasi pengolahan dan pengembangan formulasi, relevansi translasi dan bukti klinis, serta keamanan, dosis praklinis, dan keterbatasan bukti.

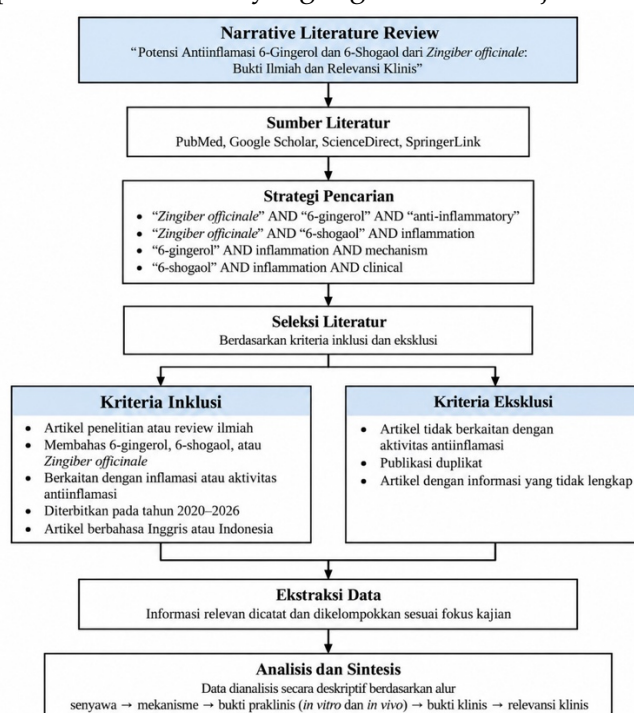
METODE PENELITIAN

Review ini menggunakan pendekatan *narrative literature review* untuk merangkum dan mengintegrasikan informasi mengenai karakteristik 6-gingerol dan 6-shogaol, mekanisme antiinflamasi, bukti *in vitro* dan *in vivo*, serta temuan klinis.

Penelusuran literatur dilakukan melalui PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, dan SpringerLink. Kata kunci utama dikombinasikan dengan operator Boolean AND, yaitu

“*Zingiber officinale*” AND “6-gingerol” AND “anti-inflammatory”; “*Zingiber officinale*” AND “6-shogaol” AND inflammation; “6-gingerol” AND inflammation AND mechanism; dan “6-shogaol” AND inflammation AND clinical. Istilah tambahan meliputi “*in vitro*”, “*in vivo*”, “clinical trial”, “cytokines”, “NF-κB”, “MAPK”, dan “mTOR”.

Literatur yang dipertimbangkan meliputi artikel penelitian primer dan artikel tinjauan ilmiah berbahasa Indonesia atau Inggris yang diterbitkan pada 2020- Agustus 2026 dan membahas 6-gingerol, 6-shogaol, atau *Z. officinale* yang berkaitan dengan inflamasi atau aktivitas antiinflamasi. Publikasi duplikat, artikel yang tidak relevan dengan fokus kajian, dan artikel dengan informasi yang tidak memadai tidak digunakan. Temuan dikelompokkan berdasarkan profil kimia, mekanisme, bukti *in vitro*, bukti *in vivo*, dan bukti klinis, kemudian dibandingkan dan disintesis secara deskriptif. Skema pencarian referensi yang digunakan ditunjukkan pada **gambar 1**.



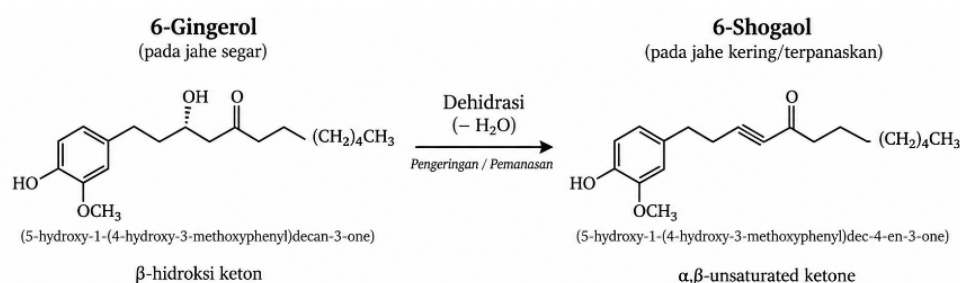
Gambar 1. Skema Narrative Literature Review

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Kimia, Sumber, dan Transformasi 6-Gingerol–6-Shogaol

Zingiber officinale merupakan anggota famili Zingiberaceae yang rimpangnya mengandung gingerol, shogaol, paradol, zingerone, serta komponen minyak atsiri. Kadar senyawa dipengaruhi varietas, kondisi bahan, pengeringan, pemanasan, dan metode ekstraksi [1]. 6-Gingerol merupakan salah satu komponen utama pada rimpang jahe segar, sedangkan 6-shogaol lebih banyak terbentuk setelah pengeringan atau pemanasan. Pada jahe merah (*Z. officinale* var. *rubrum*), penelitian HPLC menunjukkan bahwa ekstraksi dapat menghasilkan kedua senyawa secara terukur; pada kondisi ekstraksi tertentu, kadar 6-gingerol mencapai 2,89 mg/g dan 6-shogaol 1,85 mg/g [3].

6-Gingerol merupakan salah satu komponen utama pada rimpang jahe segar, sedangkan 6-shogaol terbentuk melalui dehidrasi 6-gingerol selama pengeringan atau pemanasan. Transformasi 6-gingerol menjadi 6-shogaol merupakan reaksi dehidrasi pada gugus β -hidroksi keton (**gambar 2**). Hilangnya molekul air menghasilkan ikatan rangkap α,β pada rantai samping sehingga terbentuk α,β -unsaturated ketone. Gugus tersebut bersifat lebih elektrofilik dan dapat meningkatkan reaktivitas 6-shogaol terhadap target molekuler tertentu. Karena itu, perubahan struktur tidak hanya mengubah komposisi kimia, tetapi juga dapat memengaruhi stabilitas dan aktivitas biologis. Pengeringan dan pemanasan terkontrol cenderung meningkatkan shogaol, sedangkan kondisi yang terlalu ekstrem dapat menurunkan kadar keduanya akibat degradasi [1,5].



Gambar 2. Transformasi Struktur 6-Gingerol Menjadi 6-Shogaol melalui Reaksi Dehidrasi

Bukti Praklinis

Bukti praklinis (**tabel 1**) memperlihatkan bahwa kedua senyawa memiliki aktivitas pada model sel dan hewan, tetapi besaran respons bergantung pada model, induktor inflamasi, dosis, rute pemberian, durasi, serta *endpoint*.

Tabel 1. Ringkasan bukti praklinis 6-gingerol dan 6-shogaol terkait aktivitas antiinflamasi.

Senyawa	Model/objek	Dosis	Metode/induksi	Temuan utama	Ref.
6-Gingerol	Mikroglia; cedera iskemik otak	—	LPS; model iskemia	↓ IL-1β, IL-6, NO, iNOS; modulasi Akt–mTOR–STAT3.	[6]
6-Gingerol	RAW 264.7 dan BMDM	—	LPS; pyroptosis	↓ IL-1β, IL-18, caspase-1; inhibisi MAPK/ERK1/2.	[7]
6- Shogaol	HUVEC	10–30 μM	LPS/TNF/IL-1β	↓ NF-κB, IL-6, IL-8, ICAM-1, VCAM-1, E-selectin.	[8]
6-Gingerol	RAW 264.7	—	LPS	Menurunkan IL-1β, IL-6, TNF-α serta fosforilasi p65, p38, dan JNK.	[9]
6-Gingerol	Kardiomyosit H9c2	—	LPS	↓ inflamasi dan stres oksidatif; ↑ glutathione.	[10]
6-Gingerol	Mencit kolitis	100; 250 mg/kg/hari	DSS, oral 14 hari	↓ inflamasi dan kerusakan kolon; modulasi Th17/Treg dan NF-κB.	[11]

Senyawa	Model/objek	Dosis	Metode/induksi	Temuan utama	Ref.
6-Gingerol	Mencit intestinal injury	—	LPS	↓ inflamasi; mempertahankan sawar usus melalui NF-κB, ZO-1, claudin-1.	[12]
6- Shogaol	Mencit fibrosis hati	5; 20 mg/kg	CCl4	↓ infiltrasi makrofag, mediator proinflamasi, NLRP3, NF-κB, dan fibrosis.	[13]
6- Shogaol	Mencit steatohepatitis	20 mg/kg	Diet defisiensi metionin-kolin	↓ inflamasi/fibrosis dan stres oksidatif; ↑ glutathione.	[14]

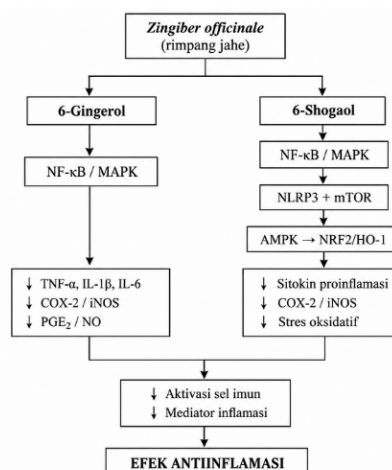
Secara keseluruhan, 6-gingerol dan 6-shogaol menunjukkan efek antiinflamasi pada tingkat sel dan organisme. Namun, perbedaan model dan protokol penelitian membatasi perbandingan langsung mengenai potensi relatif. Dengan demikian, dosis efektif pada hewan tidak dapat langsung diposisikan sebagai dosis terapeutik manusia.

Mekanisme Antiinflamasi

Toll-like receptors (TLR) merupakan reseptor pengenalan pola yang menginisiasi respons inflamasi. *Nuclear factor kappa B* (NF-κB) merupakan faktor transkripsi utama yang mengatur ekspresi sitokin dan enzim proinflamasi. *Mitogen-activated protein kinases* (MAPK), termasuk *extracellular signal-regulated kinase* (ERK), *c-Jun N-terminal kinase* (JNK), dan p38, meneruskan sinyal yang mengatur respons sel terhadap rangsangan inflamasi. Pada 6-gingerol, pengaruh terhadap TLR, NF-κB, MAPK, dan Akt-mTOR-STAT3 berkaitan dengan penurunan mediator seperti TNF-α, IL-1β, IL-6, NO, COX-2, dan iNOS [2,6–10,15,16].

Mekanisme antiinflamasi 6-gingerol dan 6-shogaol ditunjukkan pada **gambar 3**. 6-Shogaol memiliki mekanisme yang sebagian beririsan, tetapi pada beberapa model menunjukkan aktivitas tambahan terhadap *NLRP3 inflammasome*, *AMP-activated protein kinase* (AMPK), dan *nuclear factor erythroid 2-related factor 2/heme oxygenase-1* (NRF2/HO-1) [8,16]. NLRP3 berperan dalam pematangan IL-1β dan IL-18 melalui aktivasi caspase-1, sedangkan AMPK merupakan sensor energi seluler yang dapat mengarahkan respons ke keadaan yang lebih protektif. Jalur NRF2/HO-1 meningkatkan kapasitas pertahanan antioksidan sehingga dapat mengurangi lingkungan oksidatif yang mempertahankan inflamasi.

Keterkaitan beberapa jalur tersebut dapat menjelaskan mengapa kedua senyawa menghasilkan penurunan mediator inflamasi dan stres oksidatif. 6-Shogaol pada sejumlah model menunjukkan respons pada konsentrasi atau dosis yang lebih rendah daripada 6-gingerol; secara struktural, sistem α,β-unsaturated ketone pada 6-shogaol lebih elektrofilik dan dapat berinteraksi dengan residu nukleofilik pada protein target. Meskipun demikian, kontribusi relatif setiap jalur terhadap besaran efek belum dapat dihitung secara kuantitatif sehingga keunggulan aktivitas antiinflamasi 6-shogaol belum dapat digeneralisasi.



Gambar 3. Mekanisme antiinflamasi 6-gingerol dan 6-shogaol.

Implikasi Pengolahan dan Pengembangan Formulasi

Perbedaan transformasi kimia memberikan implikasi praktis terhadap pengolahan. Apabila tujuan standarisasi adalah mempertahankan 6-gingerol, bahan sebaiknya diproses dengan paparan panas minimal dan kondisi ekstraksi yang tidak mendorong dehidrasi. Sebaliknya, peningkatan 6-shogaol dapat dicapai melalui pengeringan atau pemanasan terkontrol yang memfasilitasi konversi 6-gingerol, dengan pengawasan suhu dan waktu karena pemanasan berlebihan dapat menyebabkan degradasi [1,5]. Strategi pengembangan produk sebaiknya tidak hanya menetapkan kadar total gingerol, tetapi juga mengukur 6-gingerol dan 6-shogaol secara terpisah menggunakan metode tervalidasi seperti HPLC untuk menjaga konsistensi antarbatch.

Relevansi Translasi dan Bukti Klinis

Bukti manusia yang tersedia terutama berasal dari jahe atau ekstrak jahe, sehingga tidak dapat secara langsung dianggap sebagai bukti efikasi 6-gingerol atau 6-shogaol murni. Meta-analisis terhadap 16 uji terkontrol dengan 1.010 peserta menunjukkan bahwa suplementasi jahe menurunkan CRP, hs-CRP, dan TNF- α , sedangkan perubahan IL-6 tidak signifikan [17]. Meta-analisis lain terhadap 25 studi klinis juga melaporkan perubahan pada beberapa penanda inflamasi dan stres oksidatif, tetapi heterogenitas dosis, durasi, karakteristik peserta, dan bentuk sediaan perlu diperhatikan [18]. Pada uji terkontrol terhadap 100 subjek dengan osteoarthritis lutut ringan, ekstrak jahe kukus GGE03 0,48 g/hari selama 12 minggu memperbaiki beberapa parameter gejala dibandingkan plasebo tanpa perbedaan bermakna pada parameter keamanan [19].

Data farmakokinetik pada 27 sukarelawan sehat yang menerima ekstrak jahe 100 mg-2 g menunjukkan bahwa 6-gingerol dan 6-shogaol terdeteksi terutama sebagai metabolit konjugat, dengan waktu paruh analit kurang dari 2 jam [20]. Temuan ini menegaskan bahwa paparan sistemik senyawa bebas dapat berbeda dari kadar yang digunakan pada penelitian *in vitro* atau hewan. Oleh karena itu, standarisasi kadar, formulasi,

bioavailabilitas, dan metabolisme perlu dipertimbangkan sebelum efektivitas individual kedua senyawa dapat diuji secara klinis.

Keamanan, Dosis Praklinis, dan Keterbatasan Bukti

Data toksisitas akut pada mencit menunjukkan nilai LD₅₀ oral sekitar 250 mg/kg untuk 6-gingerol dan 687 mg/kg untuk 6-shogaol [21]. Nilai tersebut merupakan parameter toksisitas akut pada hewan dan tidak dapat digunakan sebagai batas dosis penggunaan manusia. Dalam studi antiinflamasi, 6-gingerol telah diuji pada dosis oral 100–250 mg/kg/hari pada model kolitis, sedangkan 6-shogaol menunjukkan aktivitas pada kisaran 5–20 mg/kg pada beberapa model inflamasi hati [11,13,14]. Dosis tersebut merupakan paparan praklinis dan belum dapat ditetapkan sebagai dosis terapeutik pada manusia. Hingga saat ini, belum terdapat dosis klinis baku untuk penggunaan 6-gingerol atau 6-shogaol sebagai senyawa tunggal. Bukti pada manusia terutama berasal dari jahe atau ekstrak jahe, sehingga temuan klinis tersebut belum dapat digunakan untuk menetapkan dosis individual kedua senyawa [17–19]. Dengan mempertimbangkan hasil praklinis dan keterbatasan bukti klinis, pengembangan kedua senyawa memerlukan penetapan hubungan dosis–respons, kajian farmakokinetik, keamanan jangka panjang, serta uji klinis terkontrol sebelum rekomendasi penggunaan dapat ditetapkan.

SIMPULAN

6-Gingerol dan 6-shogaol dari *Zingiber officinale* memiliki potensi antiinflamasi yang didukung oleh bukti in vitro dan in vivo melalui modulasi TLR, NF-κB, MAPK, Akt-mTOR-STAT3, NLRP3, AMPK, dan NRF2/HO-1. 6-Gingerol dominan pada rimpang jahe segar, sedangkan 6-shogaol meningkat melalui transformasi dehidrasi selama pengeringan atau pemanasan. Perbedaan struktur dapat memengaruhi reaktivitas dan aktivitas biologis, tetapi keunggulan potensi salah satu senyawa tidak dapat digeneralisasi lintas model. Bukti klinis manusia masih terutama berasal dari sediaan jahe, sehingga belum cukup untuk menetapkan efektivitas 6-gingerol atau 6-shogaol murni. Standardisasi kandungan, optimasi proses dan formulasi, evaluasi farmakokinetik, keamanan, serta uji klinis terkontrol diperlukan untuk mendukung translasi kedua senyawa tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Maghraby YR, Labib RM, Sobeh M, Farag MA. Gingerols and shogaols: A multi-faceted review of their extraction, formulation, and analysis in drugs and biofluids to maximize their nutraceutical and pharmaceutical applications. *Food Chem X*. 2023;20:100947. doi:10.1016/j.fochx.2023.100947.
- [2]. Ayustaningwarno F, Anjani G, Ayu AM, Fogliano V. A critical review of Ginger's (*Zingiber officinale*) antioxidant, anti-inflammatory, and immunomodulatory activities. *Front Nutr*. 2024;11:1364836. doi:10.3389/fnut.2024.1364836.

- [3]. Sukweenadhi J, Damitasari PD, Kartini, Christanti P, Putri EN. Gingerol and shogaol on red ginger rhizome (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) using high-performance liquid chromatography. *Pharmaciana*. 2023;13(2). doi:10.12928/pharmaciana.v13i2.25246.
- [4]. Promdam N, Panichayupakaranant P. [6]-Gingerol: A narrative review of its beneficial effect on human health. *Food Chem Adv*. 2022;1:100043. doi:10.1016/j.focha.2022.100043.
- [5]. Ghasemzadeh A, Jaafar HZE, Baghdadi A, Tayebi-Meigooni A. Formation of 6-, 8- and 10-Shogaol in Ginger through Application of Different Drying Methods: Altered Antioxidant and Antimicrobial Activity. *Molecules*. 2018;23(7):1646. doi:10.3390/molecules23071646.
- [6]. Liu Y, Deng S, Zhang Z, Gu Y, Xia S, Bao X, et al. 6-Gingerol attenuates microglia-mediated neuroinflammation and ischemic brain injuries through Akt-mTOR-STAT3 signaling pathway. *Eur J Pharmacol*. 2020;883:173294. doi:10.1016/j.ejphar.2020.173294.
- [7]. Zhang FL, Zhou BW, Yan ZZ, Zhao J, Zhao BC, Liu WF, et al. 6-Gingerol attenuates macrophages pyroptosis via the inhibition of MAPK signaling pathways and predicts a good prognosis in sepsis. *Cytokine*. 2020;125:154854. doi:10.1016/j.cyto.2019.154854.
- [8]. Bischoff-Kont I, Primke T, Niebergall LS, Zech T, Fürst R. Ginger constituent 6-shogaol inhibits inflammation- and angiogenesis-related cell functions in primary human endothelial cells. *Front Pharmacol*. 2022;13:844767. doi:10.3389/fphar.2022.844767.
- [9]. Umar T, Yin B, He L, Feng W, Yuan Y, Umer S, et al. 6-Gingerol via overexpression of miR-322-5p impede lipopolysaccharide-caused inflammatory response in RAW264.7 cells. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol*. 2023;396(12):3797-3807. doi:10.1007/s00210-023-02543-0.
- [10]. Hosseini A, Alavi MS, Ghane Nikookar Toos M, Jamialahmadi T, Sahebkar A. 6-Gingerol, an ingredient of *Zingiber officinale*, abrogates lipopolysaccharide-induced cardiomyocyte injury by reducing oxidative stress and inflammation. *J Agric Food Res*. 2024;15:101034. doi:10.1016/j.jafr.2024.101034.
- [11]. Sheng Y, Wu T, Dai Y, Xu L, Zhong Y, Xue Y, et al. 6-Gingerol alleviates inflammatory injury in DSS-induced ulcerative colitis mice by regulating NF- κ B signaling. *Ann Palliat Med*. 2020;9(4):1944-1952. doi:10.21037/apm-20-903.
- [12]. Guo XX, Zhang YD, Wang TC, Wang XL, Xu YY, Wang Y, et al. Ginger and 6-gingerol prevent lipopolysaccharide-induced intestinal barrier damage and liver injury in mice. *J Sci Food Agric*. 2022;102(3):1066-1075. doi:10.1002/jsfa.11442.
- [13]. Qiu JL, Chai YN, Duan FY, Zhang HJ, Han XY, Chen LY, et al. 6-Shogaol alleviates CCl₄-induced liver fibrosis by attenuating inflammatory response in mice through the NF- κ B pathway. *Acta Biochim Pol*. 2022;69(2):363-370. doi:10.18388/abp.2020_5802.
- [14]. Yang AY, Kim K, Kwon HH, Leem J, Song JE. 6-Shogaol ameliorates liver inflammation and fibrosis in mice on a methionine- and choline-deficient diet by inhibiting oxidative stress, cell death, and endoplasmic reticulum stress. *Molecules*. 2024;29(2):419. doi:10.3390/molecules29020419.
- [15]. Bischoff-Kont I, Fürst R. Benefits of ginger and its constituent 6-shogaol in inhibiting inflammatory processes. *Pharmaceuticals*. 2021;14(6):571. doi:10.3390/ph14060571.
- [16]. Pázmándi K, Ágics B, Szöllősi AG, Bácsi A, Fekete T. Ginger-derived bioactive compounds attenuate the Toll-like receptor mediated responses of human dendritic cells. *Eur J Pharmacol*. 2024;967:176399. doi:10.1016/j.ejphar.2024.176399.
- [17]. Morvaridzadeh M, Fazelian S, Agah S, Khazdouz M, Rahimlou M, Agh F, et al. Effect of ginger (*Zingiber officinale*) on inflammatory markers: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cytokine*. 2020;135:155224. doi:10.1016/j.cyto.2020.155224.
- [18]. Jalali M, Mahmoodi M, Moosavian SP, Jalali R, Ferns G, Mosallanezhad A, et al. The effects of ginger supplementation on markers of inflammatory and oxidative stress: A systematic

- review and meta-analysis of clinical trials. *Phytother Res.* 2020;34(8):1723-1733. doi:10.1002/ptr.6638.
- [19]. Baek HI, Shen L, Ha KC, Park YK, Kim CS, Kwon JE, et al. Effectiveness and safety of steamed ginger extract on mild osteoarthritis: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Food Funct.* 2024;15:9512-9523. doi:10.1039/D4FO01640H.
- [20]. Zick SM, Djuric Z, Ruffin MT, Litzinger AJ, Normolle DP, Alrawi S, et al. Pharmacokinetics of 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, and 6-shogaol and conjugate metabolites in healthy human subjects. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2008;17(8):1930-1936. doi:10.1158/1055-9965.EPI-07-2934.
- [21]. Suekawa M, Ishige A, Yuasa K, Sudo K, Aburada M, Hosoya E. Pharmacological studies on ginger. I. Pharmacological actions of pungent constituents, (6)-gingerol and (6)-shogaol. *J Pharmacobiodyn.* 1984;7(11):836-848. doi:10.1248/bpb1978.7.836.