

## BIOACTIVE COMPOUNDS FROM ZINGIBER OFFICINALE AND THEIR BIOLOGICAL ACTIVITY

Andreea-Denisa CIMPONERIU\*, Adina-Daniela DATCU

West University of Timisoara, Faculty of Chemistry, Biology, Geography, Department  
of Biology-Chemistry, Pestalozzi 16, Timișoara

\*Corresponding author e-mail: andreea.cimponeriu00@e-uvv.ro

Received 19 August 2021; accepted 3 September 2021

### ABSTRACT

*This review highlights the main compounds present in ginger, call attention to their role in treatments of some diseases. Ginger has been cultivated for medicinal and culinary purposes for at least two millennia. Nowadays, ginger is used for its antiinflammatory, antioxidant and antimicrobial properties (for example, an important study of antimicrobial properties shows that ginger has action against bacteria like: E coli, Salmonella typhi and Bacillus subtilis, while ginger ethanolic extract inhibited Salmonella typhi bacteria). The main active compounds present in the rhizome of Zingiber officinale Roscoe are represented by terpenes (such as: zingiberen,  $\beta$ -bisabolen,  $\alpha$ -farnesen,  $\beta$ -sesquifelenolene,  $\alpha$ -curcumene) and phenolic compounds, which include gingerols, paradols and shogaols.*

**KEYWORDS:** *Zingiber officinale, bioactive compounds, antimicrobial activity, antioxidant properties, [6] – gingerol, diabetes*

Ghimbirul este o plantă rizomatoasă monocotiledonată, care aparține familiei Zingiberaceae (Liu et al. 2020). Această familie cuprinde aproximativ 1.200 de specii clasificate în 53 de genuri (Ghosh et al. 2011). Alți membri notabili ai acestei familii sunt reprezentați de: curcuma, cardamom și galangal.

Numele genului, și anume „*Zingiber*”, derivă din cuvântul sanscrit care înseamnă „în formă de corn”, făcând referire la protuberanțele prezente pe rizom (Ghosh et al. 2011). Botanistul englez William Roscoe (1753-1831) a descris pentru prima dată planta într-o publicație din anul 1807, numind-o *Zingiber officinale* (Kaushal et al. 2017).

Fiind o specie comercială importantă, a fost utilizată în China și India pe post de condiment și medicament încă din cele mai vechi timpuri. Acum este cultivată și folosită în întreaga lume pentru proprietățile sale antiinflamatorii, anti-oxidante, antimicrobiene, antihiperglicemice, antilipidemice, antidiabetice, antitumorale și neuroprotectoare (Mao et al. 2019; Vasconcelos et al. 2019), datorate amestecului derivaților de gingerol din oleozine (Dehghani et al. 2011; Liu et al. 2020). Ghimbirul este comercializat în diferite forme, printre care: crud, uscat, respectiv pudră, fulgi,

ulei de ghimbir sau oleorezină (Murthy et al. 2020). Când se vorbește despre ghimbir, termenul de oleorezină se referă la uleiul volatil, compușii iuți, dar și la alți compuși extrași cu ajutorul solvenților (etanol sau acetonă) (Wohlmuth et al. 2008). De asemenea, acesta este folosit și la aromatizarea diferitelor băuturi alcoolice, printre care: berea, vinul (Wohlmuth et al. 2008; Murthy et al. 2020), cocktail-uri (Kaushal et al. 2017), dar și a unor dulciuri, ca de exemplu: bomboanele, prăjiturile sau biscuiții (Wohlmuth et al. 2008; Murthy et al. 2020).

Datorită faptului că este o specie indigenă pentru climatul tropical, ghimbirul este cultivat pe scară largă în: Asia, India, Africa, Jamaica, Mexic și Hawaii (Akintobi et al. 2013).

India este cel mai mare producător și consumator de ghimbir, contribuind cu aproximativ 31% din totalul producției globale, fiind urmată de țări ca: Nepal, Indonezia, China, Nigeria și Thailanda (Murthy et al. 2020). Statele din India care înregistrează cea mai mare producție de ghimbir sunt: Orissa, Kerala, Karnataka, Arunachal Pradesh, West Bengal, Sikkim și Madhya Pradesh (Murthy et al. 2020). În India, producția anuală reprezintă aproape 1/3 din producția totală mondială (Murthy et al. 2020).

Ghimbirul este o plantă erbacee, perenă, rizomatoasă (Wohlmuth et al. 2008; Akram et al. 2011). Acesta prezintă rizomi aromatici articulați, mari și cărnoși, de formă neregulată, culoarea lor variind de la galben-pal la maro-deschis (Roy et al. 2020). Rizomii au între 7-15 cm lungime și 1-1,5 cm lățime (Kaushal et al. 2017), fiind comprimați lateral și crescând orizontal sub pământ (Kaushal et al. 2017). Pe suprafața lor prezintă niște protuberanțe specifice (Roy et al. 2020) care au aproximativ 5-15 cm lungime, 1,5-6,5 cm lățime (Chhabra et al. 2020). Dacă se realizează o secțiune transversală prin rizom, se observă un cortex îngust, un endoderm bine delimitat și un stel larg, care prezintă numeroase fascicule fibro-vasculare cu dispoziție difuză, dar și celule secretoare care oferă mirosul și gustul plăcut și aromat (Chhabra et al. 2020). Rădăcinile sunt numeroase, mari, cilindrice, cărnoase, groase și fragile (Akram et al. 2011).

Tulpina este erectă, având înălțimi cuprinse între 50-150 de cm (Chhabra et al. 2020). De-a lungul tulpinii, sunt dispuse frunze verzi, lungi de 10-30 de cm (Chhabra et al. 2020), sesile, acuminate, glabre, înguste sau liniar-lanceolate (Eltahir et al. 2018), de până la 2-3 cm lățime. Acestea sunt dispuse altern de-a lungul tulpinii (Akram et al. 2011). Ligulele sunt de asemenea glabre și ușor bilobate (Nair, 2019).

Inflorescența are aproximativ 4,5 cm lungime și 15 mm în diametru (Nair, 2019). Bracteele sunt imbricate, ovate, având între 2,5 cm-1,8 cm și fiind de culoare verde-pal, uneori prezentând o nuanță gălbuie la margine (Zhang et al. 2021). Bracteele sunt la fel de lungi ca și bracteele (Nair, 2019). Caliciul

este superior, gamosepal (Mishra et al. 2012), asemănător florilor de orhidee, cu un ovar lung de 12 mm. Tubul corolei este lung de 2,5 cm, având lobii gălbui. Lobul dorsal este aplatizat, curbându-se peste anteră și îngustându-se spre apropierea vârfului (Nair, 2019). Lobul mijlociu este aproape circular (de aproximativ 12 mm lungime), lat, de culoare purpuriu-mat, cu pete crem. Lobii laterali au aproximativ între 6 mm - 4 mm (Nair, 2019).

Ghimbirul se plantează de obicei începând cu luna aprilie și până în luna mai, fiind recoltat în mod obișnuit de la sfârșitul toamnei până în iarnă (Zhang et al. 2021). Creșterea ghimbirului poate fi împărțită în patru stadii: germinare, răsad, creștere exuberantă și stadiu de repaus al rizomului. O creștere mai eficientă a ghimbirului este facilitată de un climat cald și umed, soluri argiloase lateritice și precipitații de circa 150-300 mm în timpul sezonelor de creștere și recoltare. În plus, pentru cultura de ghimbir este de preferat plantarea la o altitudine de 1.500 m deasupra nivelului mării (Zhang et al. 2021).

#### **Compușii bioactivi**

Compușii bioactivi se confruntă cu o creștere majoră pentru o gamă largă de aplicații în: geo-medicină, agrochimie, farmacologie modernă, cosmetică, industrie alimentară sau chiar nano-bio-știință.

Termenul „bioactiv” este compus din două cuvinte: bio- și -activ. În etimologie termenul bio- (din grecescul „bios”) se referă la „viață”, iar -activ (din latinescul „activus”) înseamnă „dinamic”, „plin de energie” (Guaadaoui et al. 2014). În sens strict științific, termenul „bioactiv” este un sinonim pentru „activ biologic”. În dicționarele medicale, o substanță bioactivă este definită ca fiind o substanță care are efect, provoacă o reacție sau declanșează un răspuns în țesutul viu (Guaadaoui et al. 2014).

Studiile chimice efectuate au evidențiat faptul că în ghimbir se regăsesc circa 400 de constituenți diferiți, care variază în funcție de țara de origine, procesatorul comercial, dar și dacă ghimbirul este proaspăt, uscat sau procesat (Mele, 2019). Metaboliții secundari regăsiți în rizomul de ghimbir care sunt de interes primar pot în general, să fie împărțiți în compuși volatili (care pot fi extrași prin distilare cu abur) și compuși fenolici nevolatili, dintre care cei mai importanți au proprietăți pungente (Wohlmuth et al. 2008). Compușii importanți prezenți în rizomii de ghimbir sunt: carbohidrații (50-70%), lipidele (3-8%), acizii fenolici și terpenele (Mele, 2019). Pe lângă acestea, în rizomul de ghimbir sunt prezenți și fitosteroli, aminoacizi, proteine (9%), fibre brute (3-8%), apă (9-12%), uleiuri volatile (2-3%), vitamine, printre care vitamina A și acidul nicotinic, dar și minerale (Shukla et al. 2006; Mele, 2019). Compușii bioactivi principali prezenți în ghimbir sunt reprezentați de compușii fenolici și terpeni. Terpenele includ: zingiberen,  $\beta$ -bisabolen,  $\alpha$ -farnesen,  $\beta$ -sesqui-

felandren,  $\alpha$ -curcumină, care sunt considerate a fi principalele componente ale uleiurilor esențiale de ghimbir (Mao et al. 2019), în timp ce compușii fenolici includ: gingeroli, paradoli și shogaoli (Wang, 2020). În ghimbir există, de asemenea, mulți alți compuși fenolici, cum ar fi: quercetina, zingerona, gingerenona - A și 6 - dehidrogingerdiona (Mao et al. 2019). Substanțele din ghimbir au fost împărțite în cel puțin 14 compuși bioactivi, printre care: [4] - gingerol, [6] - gingerol, [8] - gingerol, [10] - gingerol, [6] - paradol, [6] - shogaol, [14] - shogaol, 1 - dehidro - [10] - gingerdionă, [10] - gingerdionă, hexahidrocurcumină, tetrahidrocurcumină, gingerenonă A, 1,7 - bis - (4' hidroxil - 3' metoxifenil) - 5 -metoxifen - 3 - onă și metoxi - [10] - gingerol (Benzie & Wachtel-Galor, 2011).

În urma studiilor efectuate din 2006 până în 2018 pe rizomi de *Zingiber officinale* s-a ajuns la concluzia că citralul și  $\alpha$ -zingiberenul sunt principalii constituenți din compoziția chimică a ghimbirului (Wang, 2020). Totodată, au fost identificate cantități semnificative de terpene (Wang, 2020). Cel mai comun constituent găsit în uleiul esențial de ghimbir este  $\alpha$ -curcumina (Wang, 2020). Tot în urma studiilor, s-au identificat și unele cantități de eucaliptol, care nu este însă un compus foarte des întâlnit în compoziția chimică a rizomului de *Zingiber officinale* (Wang, 2020).

Aroma puternică a ghimbirului se datorează amestecului de uleiuri volatile, cum ar fi shogaoli și gingeroli.

Luțeala ghimbirului proaspăt se datorează în primul rând gingerolilor (Ali et al. 2008), care reprezintă un amestec de omologi, în care componenta principală este 5 - hidroxi - 1 - (4 - hidroxi - 3 - metoxifenil) - 3 - decanona, cu gust iute (Stănescu et al. 2014). Cu cât catena gingerolilor este mai lungă, cu atât gustul este mai iute (Stănescu et al. 2014). Gingerolii sunt cunoscuți ca fiind primordialii componenți activi responsabili de proprietățile anti-oxidante, anti-inflamatorii, analgezice, anti-piretice sau farmacologice (Mele, 2019). Cel mai abundent este [6] - gingerol (Ali et al. 2008), deși sunt prezente și cantități mai mici de alți gingeroli cu lungimi diferite ale lanțului (Ali et al. 2008). În urma unor cercetări s-a constatat faptul că [6] - gingerolul a indus apoptoza (Mele, 2019), prin reglarea ascendentă a ciclului celular G1 și oprirea NAG-1 în urma reglării descendente a ciclului D1 (Mele, 2019). [6] - gingerolul a fost identificat ca având efecte antitumorale (Mele, 2019). Totodată, acest compus are un rol potențial în suprimarea hiperproliferării, a proceselor inflamatorii și a transformării implicate în diferite etape ale angiogenezei și metastazelor (Mele, 2019). Un exemplu ar fi faptul că, prin activarea celulelor T CD8 +, [6] - gingerolul a inhibat celulele melanomului B16F10 ale metastazei pulmonare la șoareci (Mele, 2019).



### **Efectele compușilor prezenți în ghimbir împotriva DZ2**

Diabetul zaharat de tip 2 (DZ2) reprezintă un set de tulburări metabolice dominate de hiperglicemie (Shidfar et al. 2015). Diabetul zaharat de tip 2 (DZ2) este cel mai frecvent tip de diabet (>90%) (Li et al. 2012; Richesson et al. 2013), fiind asociat cu tulburări metabolice ale lipidelor și carbohidraților (Li et al. 2012). Principalul mecanism de bază care duce la această tulburare este reprezentat de răspunsul slab al celulelor pancreatice la insulină (Shidfar et al. 2015). Hiperglicemia poate duce la stres oxidativ care, la rândul său, poate provoca leziuni celulare, rezistență la insulină și scăderea capacității antioxidante (Shidfar et al. 2015). Stresul oxidativ ridicat și inflamația sunt alte caracteristici ale DZ2 (Shidfar et al. 2015).

Utilizarea compușilor din rizomul de ghimbir s-a observat a fi eficientă în tratarea diabetului zaharat de tip 2 (DZ2) și împotriva complicațiilor cauzate de diabet prin interacțiunea directă cu diferite căi moleculare și celulare care provoacă patogeneza DZ2 (Akash et al. 2015).

Studiile au arătat care este mecanismul prin care ghimbirul acționează ca agent antidiabetic. Acest mecanism include inhibarea mai multor căi transcripționale, peroxidarea lipidelor, a enzimelor metabolizatoare de carbohidrați și HMG-CoA reductaza și activarea capacității enzimei antioxidante și a receptorilor de lipoproteine cu densitate mică (Akash et al. 2015). Astfel, extractele extrase din rizomul de *Zingiber officinale* Roscoe au efecte terapeutice anti-diabetice, crescând sinteza de insulină (Akash et al. 2015). De asemenea, protejează celulele  $\beta$  ale insulelor pancreatice, reduce acumularea de grăsimi, scade stresului oxidativ și crește absorbția de glucoză de către țesuturi (Akash et al. 2015). Mai mult decât atât, s-au raportat și efecte protectoare împotriva mai multor complicații cauzate de diabet, în special nefropatie și cataractă diabetică, extractele din ghimbir acționând ca agenți antioxidanți și antiglicanți (Akash et al. 2015).

Acest efect benefic împotriva diabetului zaharat de tip 2, poate rezulta din ingredientele sale bioactive primare, printre care: gingeroli, shogaoli, zingeronă și paradoli (Zhu et al. 2018).

Mai multe studii au evidențiat căile moleculare asociate diabetului, dar și complicațiile care survin în urma lui (Pagano et al. 2021). Enzimele cheie care controlează metabolismul carbohidraților asociate cu hiperglicemia și cu diabetul de tip 2 sunt  $\alpha$ -amilaza și  $\alpha$ -glucozidaza (Li et al. 2012). Studiul efectuat de Li et al. (2012) *in vitro* de inhibare a enzimelor a fost realizat pe extracte de ghimbir realizate succesiv cu hexan, acetat de etil, metanol, 70% metanol-apă și apă (Li et al. 2012). Extractul de acetat de etil a prezentat cea mai mare activitate inhibitoare a  $\alpha$ -glucozidazei și a  $\alpha$ -amilazei, cu valori IC<sub>50</sub> (concentrație inhibitoare jumătate maximă) de 180 mg/ml și respectiv 980

mg/ml (Li et al. 2012), în alte extracte nefiind observate efecte. S-a constatat că acțiunea ghimbirului împotriva acestor două enzime este corelată cu conținutul fenolic de gingeroli și shogaol din aceste extracte (Li et al. 2012). În urma acestor studii s-a demonstrat astfel că un extract de *Zingiber officinale* inhibă activitatea  $\alpha$ -amilazei și a  $\alpha$ -glucozidazei *in vitro*, enzime cheie care controlează metabolismul glucidic (Pagano et al. 2021).

### **Activitatea antibacteriană**

În medicina tradițională, ghimbirul a fost utilizat pentru tratarea problemelor digestive. Acesta prezintă proprietăți anti-bacteriene eficiente împotriva prevenirii numeroaselor probleme intestinale care au loc în urma alterării florei intestinale. Datorită acestor proprietăți anti-bacteriene, este prevenită apariția ulcerelor prin eliminarea *Helicobacter pylori*, o bacterie ale cărei secreții de amoniac sunt responsabile pentru majoritatea tipurilor de ulcer, în special ale celor de duoden, dar și pentru alte probleme de stomac, cum ar fi gastrita (Hindi et al. 2014). Planta este capabilă să neutralizeze excesul de acid gastric, care este o altă cauză care favorizează formarea ulcerelor (Hindi et al. 2014).

Alte studii au evidențiat faptul că extractul de ghimbir din frunze și rizom (Mele, 2019) prezintă proprietăți antibacteriene împotriva bacteriilor Gram-pozitive, inclusiv *Staphylococcus aureus* și *Streptococcus pyogenes* (Sahardi et al. 2019), Gram-negative și fungi (Kumar et al. 2011). Activitatea antimicrobiană a diferitelor extracte organice (n-hexan, etil acetat, etanol și apă) a rizomului de *Z. officinale* a fost observată ca fiind eficientă împotriva bacililor coliformi, *Staphylococcus epidermidis* și *Streptococcus viridians* (Kumar et al. 2011). Studiul a arătat că toate extractele, cu excepția extractului de apă, au activitate anti-bacteriană și inhibă creșterea bacteriană (Kumar et al. 2011). Dintre toate, extractul de etanol a prezentat o activitate anti-microbiană maximă (Kumar et al. 2011). Acest rezultat a fost susținut de un alt studiu care a accentuat activitatea împotriva bacteriilor a unui extract etanolic de ghimbir împotriva *Escherichia coli* și *Salmonella typhi* (Sahardi et al. 2019). De asemenea, s-a evidențiat faptul că bacteriile Gram-pozitive sunt mai sensibile la extractele extrase din rizomul de ghimbir în comparație cu bacteriile Gram-negative (Kaushik & Goyal, 2011). *Staphylococcus aureus* a fost inhibat semnificativ de aproape toate extractele, chiar și în concentrație minimă inhibitoare (Kaushik & Goyal, 2011). *Escherichia coli* (o bacterie Gram-negativă) a prezentat cea mai mică inhibiție cu cele mai mari valori într-o concentrație minimă inhibitoare (Kaushik & Goyal, 2011), în timp ce *Salmonella typhi* a fost observată ca fiind complet rezistentă (Kaushik & Goyal, 2011).

De asemenea, uleiul esențial a prezentat o activitate antifungică semnificativă împotriva *Candida glabrata*, *C. albicans* și *Aspergillus niger* (Bucur et al. 2020). Aceste rezultate sugerează faptul că uleiul esențial extras din rizomul de *Zingiber officinale* ar putea fi utilizat în tratamentul multor bacterioze și boli fungice precum și în conservarea alimentelor, pe post de conservant natural (Bucur et al. 2020).

### **Activitatea antioxidantă**

Rădăcina de ghimbir conține un nivel foarte ridicat (3,85 mmol / 100 g) de antioxidanți totali, nivel care este depășit doar de rodie și unele tipuri de fructe de pădure (Benzie & Wachtel-Galor, 2011). Ghimbirul conține o serie de agenți antioxidanți, cum ar fi:  $\beta$ -caroten, polifenoli, terpenoide, și rutozidă (Ghafoor et al. 2020).

Ghimbirul și metabolizii săi au fost recunoscuți ca fiind antioxidanți puternici datorită capacității lor de a inhiba oxidarea diferiților radicali liberi și de a produce oxid nitric (Semwal et al. 2015).

*Zingiber officinale* prezintă efecte antioxidante, datorită faptului că acesta crește concentrațiile tisulare de superoxid dismutază (SOD), catalază (CAT) și glutatation peroxidază (GPx) (Rasyidah et al. 2014). Acești antioxidanți oferă o protecție importantă împotriva stresului oxidativ datorită capacității lor de a detoxifica radicalii liberi, cum ar fi speciile reactive de oxigen (Rasyidah et al. 2014). Stresul oxidativ reprezintă o serie de efecte negative asupra corpului, printre care: peroxidarea lipidelor, deteriorarea ADN-ului, deteriorarea proteinelor și inducerea apoptozei (Yoshikawa et al. 2002), care va duce în final la moartea celulară (Rasyidah et al. 2014). Formaldehida ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) este considerată ca fiind agentul cauzal al stresului oxidativ.

Totodată, studiile pe animale (în special studiile pe șoareci) au arătat că ghimbirul a scăzut semnificativ peroxidarea lipidică indusă și a crescut nivelul enzimelor antioxidante, împreună cu glutatationul seric, demonstrându-se astfel că ghimbirul are un efect antioxidant egal cu cel al acidului ascorbic (Nicoll et al. 2009). Mai mulți autori au evidențiat faptul că ghimbirul are puternice proprietăți anti-oxidante *in vitro* și *in vivo* (Ali et al. 2008). În urma studiilor efectuate, s-a demonstrat că [6] - gingerolul are o puternică acțiune anti-oxidantă atât *in vivo*, cât și *in vitro* (Ali et al. 2008), care pot fi atribuite persistenței fragmentului cetonic nesaturat (Mele, 2019). Acest lucru îl face un agent foarte eficient pentru prevenirea producției de specii reactive de oxigen și a expresiei COX-2 induse de razele UVB, dar și un posibil agent terapeutic împotriva tulburărilor pielii induse de razele UVB (Ali et al. 2008).

Cu toate acestea, în urma studiului efectuat de Dugasani et al. (2010), s-a dovedit că [6] - shogaolul a prezentat cele mai puternice proprietăți anti-



oxidante și anti-inflamatorii care pot fi atribuite prezenței fragmentului cetonc  $\alpha$ ,  $\beta$ -nesaturat (Dugasani et al. 2010).

## CONCLUZII

Compușii bioactivi prezenți în ghimbir posedă multe proprietăți farmacologice, cum ar fi: proprietăți antioxidante, antiinflamatorii, analgezice, antimicrobiene și anti-proliferative. Mai mult decât atât, ghimbirul s-a dovedit a fi eficient și în prevenirea unor boli tot mai des întâlnite în zilele noastre, precum: cancer, obezitate, diabet zaharat, boli cardiovasculare, neurodegenerative și boli de stomac. Datorită conținutului mare de compuși bioactivi, este una dintre cele mai folosite plante încă din cele mai vechi timpuri, atât în industria farmaceutică, cât și în industria alimentară, fapt pentru care este cultivată la scară atât de largă.

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- Akash M.S., Rehman K., Tariq M., Chen S. 2015. *Zingiber officinale* and Type 2 Diabetes Mellitus: Evidence from Experimental Studies. Crit Rev Eukaryot Gene Expr. 25 (2): 91-112.
- Akintobi O.A., Onoh C.C., Ogele J.O., Idowu A.A., Ojo O.V., Okonko I.O. 2013. antimicrobial activity of *zingiber officinale* extract against some selected pathogenic bacteria. Nature and Science 11(1): 7-15.
- Akram M., Shah M. I., Usmanghan K., Mohiuddin E., Sami A., Asif M., Ali Shah S.M., Ahmed K., Shaheen G. 2011. *Zingiber officinale* Roscoe (a medicinal plant). Pakistan Journal of Nutrition 10(4): 399-400.
- Ali B.H., Blunden G., Tanira M.O., Nemmar A. 2008. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research. Food and Chemical Toxicology 46 (2): 409-420.
- Benzie I.F., Wachtel-Galor S. 2011. herbal medicine: biomolecular and clinical aspects, 2nd Edition, CRC Press /Taylor & Francis, 500 p.
- Bucur L., Ionus E., Moise G., Gîrd C., Schröder V. 2020. GC-MS analysis and bioactive properties of zingiberis Rhizoma essential oil. Farmacia 68(2): 280-287.
- Chhabra P., Chaudhury U.G., Paul A. 2020. A review on shunthi (*Zingiber Officinale* Rosc.) with special reference to nighantus. Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation 9(6): 171-174.
- Dehghani I., Mostajeran A., Asghari G. 2011. In vitro and in vivo production of gingerols and zingiberene in ginger plant (*Zingiber officinale* Roscoe). Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences 7(2): 117-121.
- Dugasani S., Pichika M.R., Nadarajah V.D., Balijepalli M.K., Tandra S., Korlakunta J.N. 2010. Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol. Journal of Ethnopharmacology 127(2): 515-520.
- Eltahir A.S., Elnoor M.I., Menahi S., Mustafa E.M. 2018. Morph-Anatomical studies and antibacterial activities of the rhizome of *Zingiber officinale* Roscoe. Open Access Library Journal 5(10): 1-9.
- Ghafoor K., Juhaimi F.A., Özcan M.M., Uslu N., Babiker E.E., Ahmed I.A. 2020. Total phenolics, total carotenoids, individual phenolics and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) rhizome as affected by drying methods. Food Science and Technology, 126, 109354.
- Ghosh A.K. 2011. *Zingiber officinale*: a natural gold. International Journal of Pharma and Bio Sciences 2(1): 283-294.
- Guaadaoui A., Benaicha S., Elmajdoub N., Bellaoui B., Hamal A. 2014. What is a bioactive compound? a combined definition for a preliminary consensus. International Journal of Nutrition and Food Sciences 3(3): 174-179.
- Hindi N.K., Al-Mahdi Z.K., Chabuck Z.A. 2014. Antibacterial activity of the aquatic extract of fresh, dry powder ginger, apple vinegar extract of fresh ginger and crude oil of ginger (*zingiber officinale*) against different types of bacteria in Hilla City, Iraq. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences 6(5): 414-417.
- Kaushal M., Gupta A., Vaidya D., Gupta M. 2017. Postharvest management and value addition of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): a review. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology 2(1): 2456-1878.
- Kaushik P., Goyal P. 2011. Evaluation of various crude extracts of *zingiber officinale* rhizome for potential antibacterial activity: a study *in vitro*. Advances in Microbiology 1(1): 7-12.
- Kumar G., Karthik L., Bhaskara Rao K.V. 2011. A review on pharmacological and phytochemical properties of *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae). Journal of Pharmacy Research 4(9): 2963-2966.

**CIMPONERIU & DATCU:** Bioactive compounds from *Zingiber officinale* and their biological activity

- Li Y., Tran V.H., Duke C.C., Roufogalis B.D. 2012. preventive and protective properties of *Zingiber officinale* (ginger) in diabetes mellitus, diabetic complications, and associated lipid and other metabolic disorders: a brief review; Evid Based Complement Alternat Med., 10 p.
- Liu Y., Liu J., Zhang Y. 2020. Research progress on chemical constituents of *Zingiber officinale* Roscoe. BioMed Research International 6: 1-21.
- Mao Q.Q., Xu X.Y., Cao S.Y., Gan R.Y., Corke H., Beta T., Li H.B. 2019. Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). Foods 8(6): 185.
- Mele M.A. 2019. Bioactive compounds and biological activity of ginger. Journal of Multidisciplinary Sciences 1(1): 1-7.
- Mishra R.K., Kumar A., Kumar A. 2012. Pharmacological activity of *Zingiber officinale*. International Journal Of Pharmaceutical And Chemical Sciences 1(3): 1422-1427.
- Murthy B.R., Rao S.G., Umar S.N. 2020. Statistical model for forecasting production of ginger in India. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 9(2): 317-320.
- Nair K.P. 2019. Turmeric (*Curcuma longa* L) and Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) - World's invaluable medicinal spices: the agronomy and economy of turmeric and ginger, Editura Springer, 568 p.
- Nicoll R., Henein M.Y. 2009. Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A hot remedy for cardiovascular disease?. International Journal of Cardiology 131(3): 408-409.
- Pagano E., Souto E.B., Durazzo A., Sharifi-Rad J., Lucarini M., Souto S.B., Salehi B., Zam W., Montanaro V., Lucariello G., Izzo A.A., Santini A., Romano B. 2021. Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) as a nutraceutical: Focus on the metabolic, analgesic, and antiinflammatory effects. Phytotherapy Research 35(5): 2403-2417.
- Rasyidah T.I., Suhana S., Nur-Hidayah H., Kaswandi M.A., Noah R.M. 2014. Evaluation of antioxidant activity of *zingiber officinale* (ginger) on formalin-induced testicular toxicity in rats. Journal of Medical and Bioengineering 3(3): 149-153.
- Richesson R.L., Rusincovitch S.A., Wixted D., Batch B.C., Feinglos M.N., Miranda M.L., Hammond W.E., Califf R.M., Spratt S.E. 2013. A comparison of phenotype definitions for diabetes mellitus. Journal of the American Medical Informatics Association 20 (e2): e319-e326.
- Roy P., Sahana S., Ghosh D., Ghosal S., Mazumder M.U., Nath S.N., Biswas S., Chatterjee I. 2020. pharmacological activities of *Zingiber officinale* (ginger): a review. World Journal Of Pharmacy And Pharmaceutical Sciences 9(10): 1146-1157.
- Sahardi N.F., Makpol S. 2019. Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) in the prevention of ageing and degenerative diseases: review of current evidence. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 3: 1-13.
- Semwal R.B., Semwal D.K., Combrinck S., Viljoen A.M. 2015. Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger. Phytochemistry 117: 554-568.
- Shidfar F., Rajab A., Rahideh T., Khandouzi N., Hosseini S., Shidfar S. 2015. The effect of ginger (*Zingiber officinale*) on glycemic markers in patients with type 2 diabetes. Journal of Complementary and Integrative Medicine 12(2): 165-170.
- Shukla Y., Singh M. 2006. Cancer preventive properties of ginger: A brief review. Food and Chemical Toxicology 45: 683-690.
- Stănescu U., Hâncianu M., Cioancă O., Aprotosoae A.C., Miron A. 2014. Plante medicinale de la A la Z, Editura Polirom, 656 p.
- Wang H. 2020. Ginger cultivation and its antimicrobial and pharmacological potentials. IntechOpen, 162 p.