

ТЕРАПЕВТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ *LAETIPORUS SULPHUREUS*: ОГЛЯД БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК

Броднікова Є.Р., Дзигун Л.П.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, brodnikova.yelizaveta@lil.kpi.ua

Abstract

*The article provides a review of current studies of the therapeutic potential of *Laetiporus sulphureus*. The discovery of biologically active compounds with antitumor, antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory properties opens up potential applications in medicine and the food industry.*

Keywords: *Laetiporus sulphureus*, biologically active compounds, therapeutic effects.

Вступ. Трутовик сірчано-жовтий (*Laetiporus sulphureus*) – це ксилотрофний паразитичний гриб, який належить до відділу *Basidiomycota*, родини *Polyporaceae*. Він широко розповсюджений в Азії, Європі та Північній Америці. Плодові тіла *L. sulphureus* віялоподібні, діаметром до 40 см, з короткою ніжкою та характерним яскравим сірчано-жовтим або помаранчевим забарвленням. Вони ростуть на стовбурах переважно листяних, рідше хвойних дерев, часто утворюючи складні каскади. *L. sulphureus* є джерелом багатьох важливих біологічно активних сполук, які можуть бути перспективними не лише для харчової промисловості, але й мати потенційні терапевтичні застосування. Зокрема, цей гриб широко використовується в традиційній медицині, особливо в фітотерапії країн східної Азії, та відомий своїми протипухлинними, протівірусними, протизапальними, антиоксидантними, антибактеріальними та імуномодельними властивостями. Крім того, за допомогою методу глибинного культивування на синтетичних середовищах можна отримати міцеліальну біомасу *L. sulphureus*, що має вирішальне значення для виробництва біологічно активних субстанцій [1–3].

Метою даної роботи було проведення комплексного аналізу наукової літератури для визначення терапевтичного потенціалу біологічно активних сполук, синтезованих *Laetiporus sulphureus*

Матеріали та методи. Для огляду перспективних біологічно активних сполук, що синтезуються *L. sulphureus*, було проведено системний аналіз останніх наукових досліджень з таких баз даних, як PubMed, Web of Science, Google Scholar та ScienceDirect.

Результати та обговорення. Враховуючи, що молоді плодові тіла *L. sulphureus* є їстівними, існує низка наукових робіт, присвячених вивченню основних поживних речовин, що входять до їх складу. Відповідно таким дослідженням загальний вміст вуглеводів складає близько 64,90 г на 100 г сухої маси; жирів – 5,85 г, а білків – 11,90 г. Натомість кількісний склад органічних кислот, таких як яблучна, лимонна та аскорбінова кислоти, становить 3,68 г, 3,13 г та 0,06 на 1 кг сухої речовини відповідно [3]. Тим не менш, вміст як поживних, так і біологічно активних речовин може варіюватися в широкому діапазоні, що пов'язано з впливом ряду факторів, таких як місце зростання, розмір базидію, стадії розвитку тощо.

Окрім того, що *L. sulphureus* є гарним джерелом поживних речовин, до його складу входить значна кількість біологічно активних сполук. Найбільш характерними з них є лектини, полісахариди, феноли, терпеноїди, полієнові пігменти і поліненасичені жирні кислоти, проте цей перелік не є вичерпним. Ці сполуки були і є предметом наукових досліджень, спрямованих на комбіноване вивчення оцінки біологічної активності та мікохімічного складу, для з'ясування фармакологічного потенціалу цього гриба. Незважаючи на недостатню вивченість деяких компонентів, все ж доведено чималу кількість лікувальних властивостей *L. sulphureus*, серед яких цитотоксична, протипухлинна, антимікробна, протизапальна, гіпоглікемічна та антиоксидантна дії [4].

Грибні лектини мають важливе біологічне та біомедичне застосування. Y. Wang зі співробітниками (2019) в результаті хроматографічної очистки отримали з *L. sulphureus* лектин (LSL) – глікопротеїн молекулярною масою 76,0 кД, вплив якого на мишачі макрофаги *in vitro* супроводжувався суттєвим підвищенням життєздатності клітин, фагоцитарної активності, секреції оксиду азоту та ключових цитокінів: TNF- α , IL-1 β , IL-6, IL-10. Означені ефекти були пов'язані з активацією TLR4-залежного сигнального шляху, що свідчить про потенціал LSL як природного імунотенціатора у функціональних продуктах харчування і фармакології [5]. Також J. Petrović зі співавторами (2020) провели дослідження на доклінічній тваринній моделі, *Danio rerio*, для вивчення протиракових і токсичних профілей LSL. Ці дослідження підтвердили антиангіогенні властивості LSL та показали потенціал цих сполук як безпечних ад'ювантних засобів в хіміотерапії колоректальної карциноми та меланоми [6].

Полісахариди є важливими компонентами *L. sulphureus*. Встановлено, що екзополісахариди, виділені з даного гриба, мають антиоксидантні та протизапальні властивості, які зумовлені інгібуванням експресії прозапальних медіаторів. Це обумовлює перспективність використання *L. sulphureus* у харчовій та фармацевтичній промисловості [7]. До того ж останнім часом у фокусі досліджень знаходяться сульфатовані полісахариди (SPS), які мають багатообіцяючі біологічні активності, такі як протівірусну, антикоагулянтну, протизапальну та протиракову дію. Ці природні речовини в основному отримують з морських водоростей і морських безхребетних, але останні роботи повідомляють про наявність SPS у *L. sulphureus*, які демонструють потужну антипроліферативну активність проти клітин лінії MDA-MB-231 та мають вибірково цитотоксичну дію тільки на клітини раку молочної залози, пригнічуючи додатково ще й їх міграцію [8, 9].

Ще одним доказом антиоксидантної та протипухлинної дії даного гриба є дослідження К. Ресіс та співавторів (2022), у якому за допомогою етанолу екстрагували біологічно активні інгредієнти *L. sulphureus*. Отриманий екстракт за рахунок наявності великої кількості поліфенольних сполук індукував окислювальний стрес у клітинах HeLa, пов'язаний зі зниженням міграції клітин, що є критичним фактором метастазування раку [10].

L. sulphureus містить різноманітні біоактивні терпеноїди з потенційним терапевтичним застосуванням. Велика кількість досліджень повідомляє про

виявлення різних тритерпеноїдів ланостанового типу. Зокрема, Q. Khalilov зі співавторами (2022) виділили сульфуреноїди A-D, що демонструють значну протизапальну активність шляхом запобігання вивільненню оксиду азоту в клітинній лінії RAW 264.7, індукованій ліпополісахаридом [11]. Також з *L. sulphureus* виділено багато нових сесквітерпеноїдів дріманового типу, сульфуреїнів, що мають потужну цитотоксичну активність [12]. Такі роботи тільки більше підкреслюють перспективність *L. sulphureus* як джерела нових біологічно активних сполук для терапевтичного застосування.

У *L. sulphureus* виявлено 31 жирну кислоту, зокрема пальмітинову, олеїнову та лінолеву. Загальні ліпіди *L. sulphureus* містять високий відсоток ненасичених жирних кислот, що свідчить про їх потенціал у харчуванні. До того ж, повідомляється, що екстракти *L. sulphureus* володіють помірною активністю проти грампозитивних і грамнегативних бактерій, а головними активними компонентами при цьому є похідні жирних кислот [13, 14].

Висновки. За результатами проведеного комплексного аналізу наукових досліджень встановлено, що *Laetiporus sulphureus* є перспективним джерелом великої кількості біологічно активних сполук із широким спектром фармакологічної дії. Очевидно, що наявність високих концентрацій лектинів, полісахаридів, поліфенолів, терпеноїдів і жирних кислот у *L. sulphureus* зумовлює наявність виражених протипухлинних, протизапальних, антиоксидантних, імуномодуючих і антимікробних властивостей. Специфічні компоненти *L. sulphureus*, зокрема сульфатовані полісахариди та сульфуреноїди, проявляють селективну цитотоксичну активність проти ракових клітин, перешкоджаючи їх міграції та ангіогенезу. Крім того, в умовах стрімкого зростання антибіотикорезистентності до синтетичних лікарських засобів, критично важливим є пошук природної лікарської сировини для отримання сполук з протимікробними властивостями.

Глибинне культивування *L. sulphureus* на синтетичних поживних середовищах є ефективною технологічною стратегією для отримання міцеліальної біомаси з прогнозованим вмістом біологічно активних речовин. Нещодавні геномні дослідження, спрямовані на ідентифікацію генетичних детермінант біосинтезу вторинних метаболітів у *L. sulphureus*, створюють підґрунтя для практичної реалізації унікальних властивостей цього гриба [16].

Проаналізовані дослідження підтверджують потенціал використання *L. sulphureus* у розробці нових функціональних продуктів харчування та лікарських засобів. Проте, терапевтичні властивості гриба можуть варіювати залежно від умов зростання, стадії розвитку плодових тіл та методів екстракції біоактивних речовин. Тому необхідні подальші дослідження щодо стандартизації методів отримання активних компонентів і вивчення механізмів їхньої дії, що дозволить ефективно застосовувати весь терапевтичний потенціал *L. sulphureus* на практиці.

Список використаної літератури:

1. Adamska I. The possibility of using sulphur shelf fungus (*Laetiporus sulphureus*) in the food industry and in medicine—A review. *Foods*. 2023. Vol. 12, No 7. P. 1–7. URL: <https://doi.org/10.3390/foods12071539>.
2. Elkhateeb W. A. Chicken of the woods *Laetiporus sulphureus* and *Schizophyllum commune* treasure of medicinal mushrooms. *Open access journal of microbiology & biotechnology*. 2021. Vol. 6, no. 3. P. 1–7. URL: <https://doi.org/10.23880/oajmb-16000201>.
3. *Laetiporus sulphureus* – chemical composition and medicinal value / K. Sułkowska-Ziaja et al. *Acta scientiarum polonorum hortorum cultus*. 2018. Vol. 17, no. 1. P. 87–96. URL: <https://doi.org/10.24326/asphc.2018.1.8>.
3. Dzyhun L., Linovytska V. Obtaining Mycelial Biomass of Medicinal Fungi *Grifola frondosa* and *Laetiporus sulphureus* on Synthetic Media. *Innovative Biosystems and Bioengineering*. 2019. Vol. 3, no. 4. P. 239–245. URL: <https://doi.org/10.20535/ibb.2019.3.4.186329>.
4. Jiri P. Will the sulphur polypore (*Laetiporus sulphureus*) become a new functional food?. *Global Journal of Medical and Clinical Case Reports*. 2019. Vol. 6, no. 1. P. 006–009. URL: <https://doi.org/10.17352/2455-5282.000068>.
5. Potential immunomodulatory activities of a lectin from the mushroom *Latiporus sulphureus* / Y. Wang et al. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 130. P. 399–406. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.02.150>.
6. Lectin from *Laetiporus sulphureus* effectively inhibits angiogenesis and tumor development in the zebrafish xenograft models of colorectal carcinoma and melanoma / J. Petrović et al. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. Vol. 148. P. 129–139. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.033>.
7. Preparation, structural characterization and biological activities of *Laetiporus sulphureus* polysaccharide and its stabilized selenium nanoparticles / Y. Qu et al. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2024. Vol. 11, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s40538-024-00695-6>.
8. SPS, a sulfated galactoglucan of *Laetiporus sulphureus*, exhibited anti-inflammatory activities / M.-K. Lu et al. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.11.237>.
9. Sulfated polysaccharides of *Laetiporus sulphureus* fruiting bodies exhibit anti-breast cancer activity through cell cycle arrest, apoptosis induction, and inhibiting cell migration / C.-I. Jen et al. *Journal of Ethnopharmacology*. 2023. P. 117546. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.117546>.
10. *Laetiporus sulphureus* Affects Migration and Superoxide Anion Radical Levels in HeLa Cervical Cancer Cells / K. Pecić et al. *Foods* 2022. Basel Switzerland, 2022. URL: <https://doi.org/10.3390/foods2022-12933>.
11. New Triterpenoids from the Fruiting Bodies of *Laetiporus sulphureus* and Their Anti-Inflammatory Activity / Q. Khalilov et al. *ACS Omega*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c02165>.
12. Seven new drimane-type sesquiterpenoids from cultures of fungus *Laetiporus sulphureus* / J.-B. He et al. *Fitoterapia*. 2015. Vol. 102. P. 1–6. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.01.022>.
13. Younis A. M., Yosri M., Stewart J. K. *In vitro* evaluation of pleiotropic properties of wild mushroom *Laetiporus sulphureus*. *Annals of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 64, no. 1. P. 79–87. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2019.05.001>.
14. Lipid and fatty acid profile of the edible fungus *Laetiporus sulphureus*. Antifungal and antibacterial properties / V. J. Sinanoglou et al. *Journal of Food Science and Technology*. 2014. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1377-8>.
16. Younis A. M., Yosri M., Stewart J. K. *In vitro* evaluation of pleiotropic properties of wild mushroom *Laetiporus sulphureus*. *Annals of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 64, no. 1. P. 79–87. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2019.05.001>.