

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Nastavni predmet

Mikrobiologija

***Bioaktivni spojevi gljive *Hericium erinaceus*:
Usporedba sadržaja u miceliju i plodištu***

Završni rad

Mentor: dr. sc. Tihomir Kovač

Student:	Hrvoje Vacek	MB:0113143990
----------	--------------	---------------

Mentor:	dr. sc. Tihomir Kovač
---------	-----------------------

Predano:

Pregledano:

Ocjena:

Potpis mentora:

Bioaktivni spojevi jestive ljekovite gljive *Heridium erinaceus*: Usporedba sadržaja u miceliju i plodištu

Sažetak

Cilj ovog završnog rada je da se opišu i usporede bioaktivni spojevi ljekovite gljive *Heridium erinaceus* koja se još naziva lavlja griva. Navode se razlike u kemijskom sastavu plodišta i micelija. Lavlja griva ima pozitivno djelovanje na živčani sustav, poboljšava mentalne sposobnosti i djeluje protuupalno. Istraživanjem je utvrđeno da se kemijski sastav i koncentracija metabolita razlikuje između vegetativnog dijela gljive i plodišta. U radu se opisuju fenolni spojevi plodišta, hericenoni i jednostavniji fenoli; diterpenoidi micelija i erinacini (A-S, P, Q, Z1, Z2) te drugi terpenoidi poput CJ-14,258 i koralocina A. Također se analiziraju polisaharidi poput heteropolisaharida, β -glukana i glikoproteina. Zatim se analiziraju steroli kao što su ergosteroli i erinaroli A-J koji su prisutni u oba dijela. Navode se njihovi karakteristični monosaharidni sastavi i strukturne karakteristike. Za svaku skupinu spojeva ističu se osnovne karakteristike i najvažnije biološke aktivnosti. U radu se razrađuju i mogući razlozi zašto se određeni spojevi nalaze većinom u jednom dijelu gljive. To se povezuje s pojedinim ulogama micelija i plodišta te diferencijalnom ekspresijom gena. Poznavanje ovih razlika važno je za pravilnu proizvodnju dodataka prehrani ili funkcionalne hrane.

Ključne riječi: *Heridium erinaceus*, lavlja griva, plodište, micelij, bioaktivni spojevi, hericenoni, erinacini

Bioactive Compounds of the Edible Medicinal Mushroom *Hericium erinaceus*: Comparison of Contents in the Mycelium and Fruiting Body

Summary

The aim of this thesis is to describe and compare the bioactive compounds of the medicinal mushroom *Hericium erinaceus*, also known as Lion's Mane. A key focus is to outline the differences in the chemical composition between its fruiting body and mycelium. Lion's Mane is recognized for its positive effects on the nervous system, enhancing mental abilities and exhibiting anti-inflammatory properties. Research has established that the chemical composition and metabolite concentrations differ between the vegetative part of the fungus (mycelium) and its fruiting body. This paper details the phenolic compounds of the fruiting body, such as hericenones and simpler phenols, alongside the diterpenoids of the mycelium, including erinacines (A-S, P, Q, Z1, Z2) and other terpenoids like CJ-14,258 and corallocin A. Furthermore, polysaccharides like heteropolysaccharides, β -glucans, and glycoproteins are analysed, as are sterols such as ergosterols and erinarols A-J, which are present in both parts. Their characteristic monosaccharide compositions and structural features are noted. For each group of compounds, their basic structural characteristics and most important biological activities are highlighted. The thesis also elaborates on possible reasons why certain compounds are predominantly found in one part of the fungus, linking this to the specific roles of the mycelium and fruiting body, as well as differential gene expression. Understanding these distinctions is important for the appropriate production of dietary supplements or functional foods.

Key words: *Hericium erinaceus*, Lion's Mane, fruiting body, mycelium, bioactive compounds, hericenones, erinacines

Ovaj rad je izrađen u okviru projekta „Nove mogućnosti uzgoja u svrhu povećanje prinosa ljekovite jestive gljive resasti igličar (*Hericium erinaceus*)“ (EIP-Fungi-2104787) koji je financiran kroz Intervenciju 77.03. Potpora za EIP operativne skupine iz Strateškog plana Zajedničke poljoprivredne politike Republike Hrvatske 2023.-2027.

Sadržaj

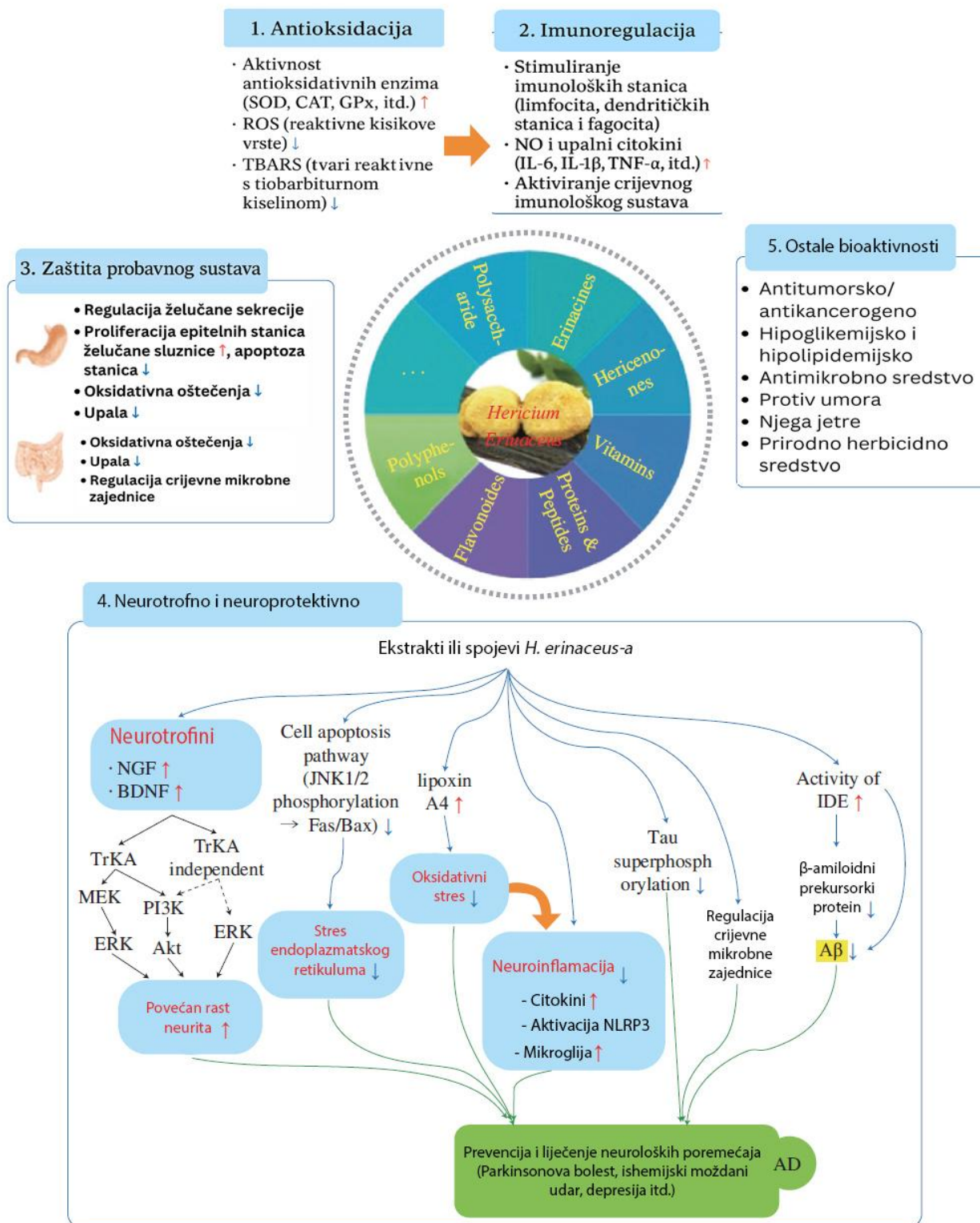
1. Uvod	1
2. Teorijski dio	3
2.1 Gljiva <i>Hericium erinaceus</i>	3
2.1.1 Opis, rasprostranjenost i upotreba	3
2.1.2 Taksonomija i morfološke karakteristike	3
2.1.3 Rasprostranjenost, stanište i ekološka uloga	4
2.1.4 Etnomikološki značaj i suvremeni znanstveni interes	5
2.1.5 Uzgoj <i>H. erinaceus</i> : metode i izazovi	5
2.2 Osnove metabolizma gljiva	6
2.2.1 Razlika između primarnih i sekundarnih metabolita	6
2.2.2 Glavni biosintetski putevi sekundarnih metabolita u gljivama	6
2.3 Bioaktivni spojevi plodišta <i>H. Erinaceus</i>	6
2.3.1 Hericenoni (fenolni spojevi plodišta)	6
2.3.2 Polisaharidi i steroli plodišta	9
2.4 Bioaktivni spojevi micelija <i>H. erinaceus</i>	11
2.4.1 Brojnost i struktura erinacina	11
2.4.2 Biološke aktivnosti erinacina	11
2.4.3 Ostali terpenoidi i srodni spojevi iz micelija	14
2.4.4 Polisaharidi i ostali spojevi micelija	14
3. Zaključak	15
4. Literatura	16

1. Uvod

Gljive su poznate po svojim ljekovitim svojstvima od davnina. U novije vrijeme znanstvenici sve više proučavaju bioaktivne spojeve i opisuje se njihova zdravstvena korist. Među njima, *Hericium erinaceus*, koja je poznata i kao lavlja griva, analizira se zbog jedinstvenog kemijskog sastava i širokog spektra farmakoloških djelovanja. Lako ju je prepoznati zbog jedinstvenog izgleda. Ima duge i bijele bodlje koje asociraju na lavlju grivu (Contato & Conte-Junior, 2025).

H. erinaceus osim što je jestiva i ukusna, posjeduje i važna ljekovita svojstva. To je izazvalo veliki interes istraživača i proizvođača dodataka prehrani. Blagotvorno djeluje na živčani sustav te ima potencijal u prevenciji i liječenju autoimunih bolesti (**Slika 1.**). Znanstvena istraživanja potvrdila su da se kemijski sastav lavlje grive zamjetno razlikuje između njenog vegetativnog dijela i reproduktivnog dijela. U vegetativni dio spada micelij, a reproduktivni dio se odnosi na plodište gljive. Ustanovljeno je da su proteini povezani s biosintezom poliketida vidljiviji u plodištu, dok su proteini odgovorni za biosintezu terpenoida izraženiji u miceliju (Qiu i sur., 2024). Terpenoidi su skupina bioaktivni spojeva gdje se razlika može najbolje vidjeti. Hericenoni, koji spadaju u skupinu fenola, nalaze se samo u plodištu. Erinacini, koji su posebna vrsta diterpenoida, nalaze se uglavnom u miceliju. Obje skupine spojeva vrlo su važne za regeneraciju neurona i zaštitu živčanih stanica. Pojavljivanje hericenona samo u plodištu gljive te erinacina uglavnom u miceliju ukazuje na različite biosintetske mehanizme. Osim terpenoida, i plodište i micelij sadrže vrlo važne polisaharide kao što su steroidi i bioaktivne molekule (Qiu i sur., 2024; Contato & Conte-Junior, 2025).

Cilj ovog završnog rada je pregled znanstvene literature u svrhu opisa najvažnijih bioaktivnih spojeva lokaliziranih u plodištu i miceliju lavlje grive. U radu će biti opisane glavne skupine spojeva karakteristične za svaki dio gljive – hericenoni, polisaharidi i steroli plodišta, kao i erinacini i drugi spojevi micelija. Obradit će se osnovne karakteristike strukture i ključna biološka djelovanja spojeva. Nadalje, raspravljat će se o mogućim razlozima drugačijeg kemijskog sastava između micelija i plodišta.



Slika 1. Aktivne tvari i biološke aktivnosti gljive *Hericium erinaceus* (Qiu i sur., 2024)

2. Teorijski dio

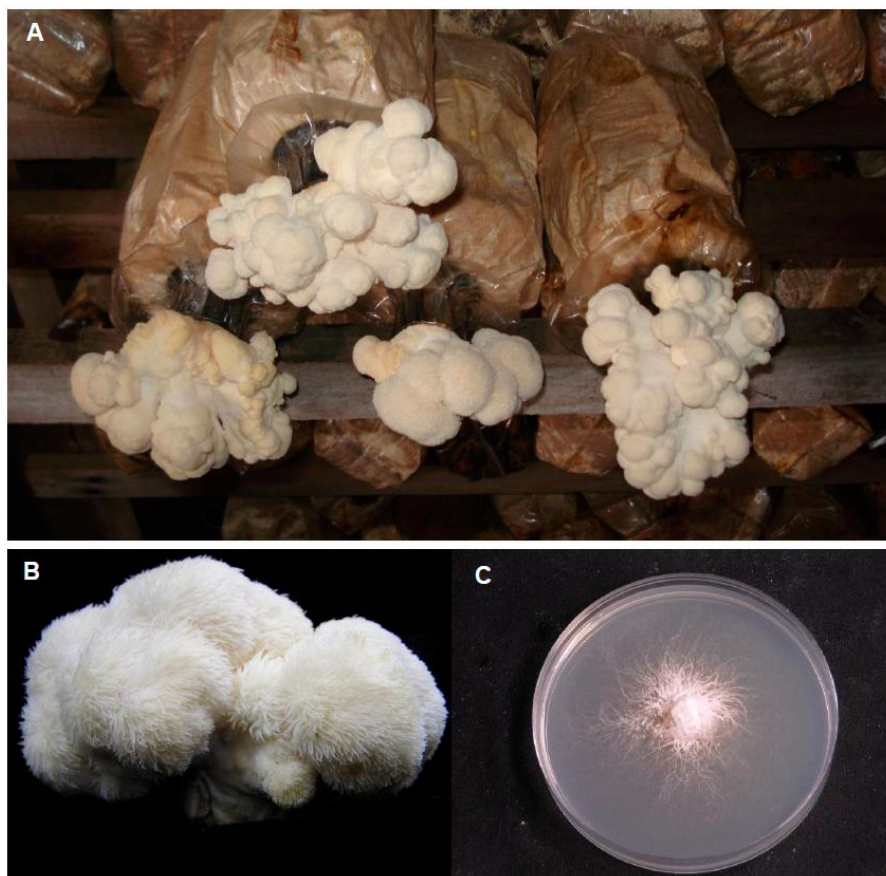
2.1 Gljiva *Hericium erinaceus*

2.1.1 Opis, rasprostranjenost i upotreba

Hericium erinaceus se još naziva lavlja griva, yamabushitake ili bradati zubasti karpofor. Uspjeva na starim ili mrtvim stablima listača. U dijelovima Azije se koristi kao hrana i lijek. Hóu tóu gū je kineski naziv za plodište („majmunova glava“), a na japanskom se plodište naziva yamabushitake, u prijevodu planinska redovnička gljiva. U medicini Kine i Japana tradicionalno se koristi za jačanje slezene, zdravlje crijeva te kao potencijalni lijek protiv raka. Dobra je za probavu, opću snagu i jačinu. Cijenjena je zbog svoje ljekovite učinkovitosti na središnji živčani sustav te se koristi za liječenje nesanice, umora i nedostatka energije (Spelman i sur., 2017).

2.1.2 Taksonomija i morfološke karakteristike

H. erinaceus pripada carstvu *Fungi*, koljenu *Basidiomycota*, razredu *Agaricomycetes*, redu *Russulales* i porodici *Hericiaceae*. Na latinskom jeziku *erinaceus* doslovno znači „jež“. Taj naziv je predložio Bulliard (1791), poznati francuski botaničar i mikolog, jer ga je gljiva podsjećala na ovu životinju. Ova gljiva nema klasični klobuk i stručak. Plodište se ističe svojim izgledom, s dugim, bijelim bodljama koje djeluju kao lavlja griva. Može biti kuglasto ili polukuglasto, koje izgleda kao klupko bijelih svilenih niti, veličine 5-20 cm. Bodlje, koje prekrivaju cijelu površinu plodišta, su mesnate, vise i duljine su od 1 do 5 cm. Boja bodlji je bijela do krem boje, a starenjem postaje žućkasta, a zatim smeđa (**Slika 2.**) (Contato & Conte-Junior, 2025; Thongbai i sur., 2015; Qiu i sur., 2024).



Slika 2. Prikaz plodišta (A, B) i micelija (C) gljive *Hericium erinaceus*. Ova slika vizualno ilustrira morfološke razlike između dva glavna dijela gljive (Chong i sur., 2020).

2.1.3 Rasprostranjenost, stanište i ekološka uloga

Ova posebna gljiva uspijeva u krajevima sjeverne hemisfere u područjima Europe, Azije i Sjeverne Amerike. Česta je i u Japanu, iako većina detaljnih opisa o njenim svojstvima dolazi samo iz Europe i južnih dijelova SAD-a (Thongbai i sur., 2015, Tachabenjarong i sur., 2022). Raste u šumama umjerenog pojasa na područjima s visokom vlagom i blagom klimom. Karakterizira se kao slaba parazitska gljiva. Ima sposobnost rasta na živim i na oslabljenim stablima. Neka stabla koja kolonizira su hrast (*Quercus* spp.), bukva (*Fagus* spp.), javor (*Acer* spp.), orah (*Juglans* spp.), breza (*Betula* spp.). U prirodi se susreće uglavnom u kasno ljeto i jesen. Preferira rasti na višim dijelovima debla. U ekosustavu ima ulogu razgradnje složenih organskih tvari kao što su lignin i celuloza. (Contato & Conte-Junior, 2025). Tradicionalno se koristi u kineskoj medicini, ali je prvi put znanstveno opisana u Sjevernoj Americi (Thongbai i sur., 2015).

2.1.4 Etnomikološki značaj i suvremeni znanstveni interes

Konzumacija lavlje grive je najučestalija u azijskim zemljama, ponajviše zbog farmakoloških i nutricionističkih svojstava. U SAD-u je konzumacija lavlje grive vrlo slaba iako se zna za njenu ljekovitost. Njezini kemijski sastojci se u zadnje vrijeme sve više istražuju. Neki od tih sastojaka su polisaharidi, erinacini, hericenoni, resorcinoli, steroidi, terpeni i aromatski spojevi (Friedman i sur., 2015). *H. erinaceus* ima sposobnost jačanja slezene, poticanja probave i smanjenja stresa. (Spelman i sur., 2017; He i sur., 2017). Zbog svojih bioaktivnih spojeva koristiti se kao dodatak prehrani i u alternativnoj medicini. U novije vrijeme postaje predmet istraživanja mnogih znanstvenika jer ima potencijal u prevenciji, ublažavanju i liječenju brojnih bolesti kao što su rak, depresija, dijabetes i brojne neurodegenerativne bolesti (Contato & Conte-Junior, 2025; Friedman, 2015).

2.1.5 Uzgoj *H. erinaceus*: metode i izazovi

Prvi zapisi umjetnog uzgoja datiraju 1988. godine u Kini gdje se *H. erinaceus* uzgajao na umjetnim oblicama kao što su boce ili propilenske vreće. Taj tradicionalni umjetni uzgoj na oblicama je imao neke nedostatke kao što je dug ciklus rasta i nizak prinos što je bilo neisplativo za industrijsku proizvodnju. (He i sur., 2017).

Danas postoje tri glavne metode uzgoja koje nude puno veće prinose, poboljšanu kvalitetu i dostupnost tijekom cijele godine u odnosu na tradicionalni uzgoj ili divlje branje. To su uzgoj u oblicama, uzgoj u dopunjenim blokovima piljevine i uzgoj na tekućoj podlozi (submerzni uzgoj) (Contato & Conte-Junior, 2025). Submerzni uzgoj omogućuje visoke prinose biomase micelija, fermentacijskih proizvoda i erinacina, u vrlo kratkom vremenu zbog mogućnosti kontrole okolišnih faktora. Micelij najbolje uspijeva na temperaturama između 22 - 25 °C. Optimalna temperatura za rast plodišta je temperatura između 18 i 24 °C (Thongbai i sur., 2015, He i sur., 2017). Ovakva vrsta uzgoja je najbolja zbog velike potražnje *H. erinaceus* koja se koristi u medicini i za proizvodnju funkcionalne hrane (Contato & Conte-Junior, 2025).

2.2 Osnove metabolizma gljiva

2.2.1 Razlika između primarnih i sekundarnih metabolita

Gljive proizvode širok raspon kemijskih spojeva koji se dijeli na primarne i sekundarne metabolite. Primarni metaboliti, koji nastaju tijekom faze aktivnog rasta, su važni za rast, razvoj i reprodukciju. Nalaze se u većini živih organizama i nužni su za preživljavanje stanice. To su aminokiseline, nukleinske kiseline, proteini, ugljikohidrati i lipidi (Deacon, 2006). Sekundarni metaboliti koji su zaduženi za odgovor na stres i za komunikaciju, sintetiziraju se kada se rast usporava ili zaustavlja. Primjeri sekundarnih metabolita kod gljiva su antibiotici, mikotoksini, pigmenti, terpenoidi, steroidi, alkaloidi, različiti fenolni spojevi te neki polisaharidi (Keller, 2019). Za gljivu *Hericium erinaceus* ključni su sekundarni metaboliti koji su odgovorni za farmakološka djelovanja. To su spojevi iz skupine polisaharidi, terpenoidi, fenoli te neki proteini (Contato & Conte-Junior, 2025).

2.2.2 Glavni biosintetski putevi sekundarnih metabolita u gljivama

Sekundarni metaboliti gljiva nastaju iz intermedijera primarnog metabolizma kroz nekoliko biosintetskih puteva: put šikiminske kiseline, put mevalonske kiseline te put poliketida. Put šikiminske kiseline sintetizira fenole. Put mevalonske kiseline ključan je za sintezu terpenoida i steroida dok put poliketida stvara pigmente, toksine i farmakološki aktivne tvari. Lavlja griva sintetizira ukupno oko 70 različitih sekundarnih metabolita. Proteini koji su povezani s biosintezom poliketida pojavljuju se u plodištu, dok proteini uključeni u biosintezu terpenoida općenito izraženi u miceliju. Način uzgoja posebno utječe na sastav i strukturu polisaharida i njihovu biološku aktivnost (Qiu i sur., 2024; Li i sur. 2015).

2.3 Bioaktivni spojevi plodišta *H. Erinaceus*

Do danas je u plodištu *Hericium erinaceus* zabilježena uglavnom specifična skupina terpenoida - hericenoni. Plodište može sadržavati i druge bioaktivne spojeve kao što su steroli i polisaharidi.

2.3.1 Hericenoni (fenolni spojevi plodišta)

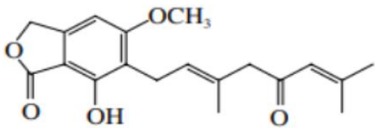
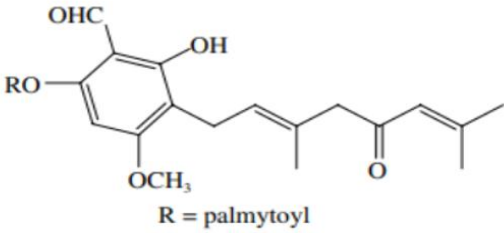
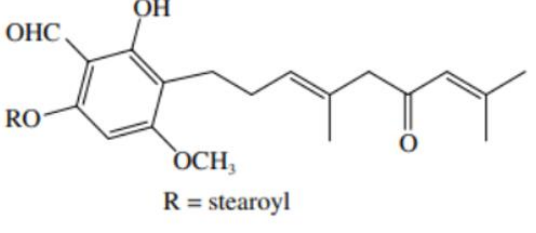
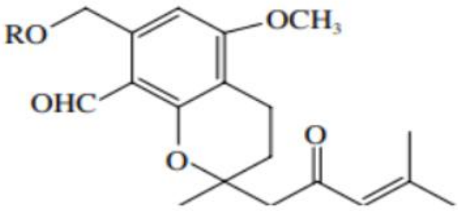
Prvi su ga izolirali Kawagashi i sur. (1990). To su bili hericenoni tipa A, B, C, D, E, F, G i H. Kasnije su otkriveni hericenoni I, J, K, L i 3-hidroksihericenon F. Ukupno je pronađeno svega 11

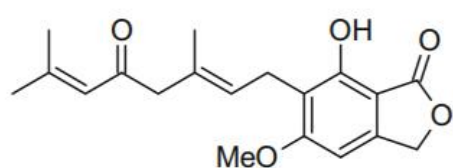
hericenona u plodištu (**Tablica 1.**) (Chong i sur., 2020). Danas se hericenoni A-I mogu i kemijski sintetizirati (Qiu i sur., 2024). Većina njih ima metoksifenolnu skupinu, dok F, G i I hericenoni imaju piranske strukture koje se formiraju reakcijom fenolne hidroksilne skupine s olefinским vezama. Prema kemijskoj prirodi hericenoni C, D, E i I su fenoli. A, I, J, H, G, F spadaju u ketone, dok se hericenoni B klasificiraju kao alkaloidi (**Slika 3.**) (Qiu i sur., 2024).

Hericenoni C, D, E i H stimuliraju sintezu faktora rasta živaca (NGF) *in vitro* (Thongbai i sur., 2015; Chong i sur., 2020; Qiu i sur., 2024). Hericenon E stimulira sekreciju faktora rasta živaca u PC12 stanicama. Može potaknuti i rast neurona putem ERK1/2 i P12Akt signalnih puteva (Friedman, 2015). Hericenoni A, B, I(2) i L pokazuju citotoksičnost prema staničnim linijama karcinoma (Qiu i sur., 2024). Hericenon A i B pokazali su citotoksičnost prema HeLa stanicama. (Friedman, 2015). Općenito hericenoni doprinose antioksidativnoj aktivnosti plodišta i imaju protuupalna svojstva (Contato & Conte-Junior, 2025)

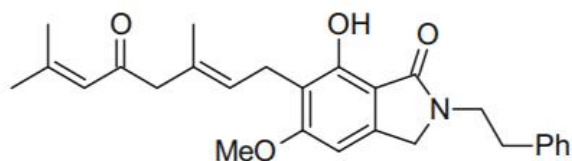
Istraživanjem je utvrđeno da je najveći udio hericenona C, ergosterola i hericenona A nakon 14 dana uzgoja. Nakon tog vremena koncentracija opada. Nakon 28 dana uzgoja, hericenon A se više ne može detektirati (Tachabenjarong i sur., 2022). Neki jednostavniji fenolni spojevi plodišta su galna kiselina, kafeinska kiselina i p-kumarinska kiselina. Ti spojevi doprinose antioksidativnoj aktivnosti (Contato & Conte-Junior, 2025). Hericenoni A, B i C, koji su također izolirani iz plodišta pokazuju djelovanje na regulaciju šećera i kolesterola u krvi (Thongbai i sur., 2015). Friedman i sur. (2015) navode i neke druge spojeve kao što su 4-(3',7'-dimetil-2',6'-oktadienil)-2-formil-3-hidroksi-5-metoksibenzilalkohola.

Tablica 1. Odabrani hericenoni iz plodišta *Hericium erinaceus* i njihove biološke aktivnosti (Qiu i sur. 2024)

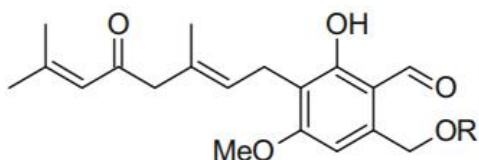
Naziv	Metode ekstrakcije	Karakteristike	Struktura	Bioaktivnosti
Hericenon A	Ekstrakcija otapalom acetona	Bezbojni kristali		Citotoksičnost (HeLa stanice 100 µg/mL)
Hericenon C	Ekstrakcija acetonom → kloroform i etil-acetat ekstrakcija → ODS kolona	Bijeli kristali		Stimulira sintezu faktora rasta živaca (NGF) in vitro, netoksično za HeLa stanice (33 µg/mL, izlučivanje NGF medija: 10,8 pg/mL)
Hericenon D	Ekstrakcija acetonom → kloroform i etil-acetat ekstrakcija → ODS kolona	Bijeli kristali		Stimulira sintezu NGF in vitro, netoksično za HeLa stanice (33 µg/mL, izlučivanje NGF medija: 23,5 pg/mL)
Hericenon H	Ekstrakcija acetonom i etil-acetatom	Svijetložuta uljasta tvar		Stimulira sintezu NGF (33 µg/mL, izlučivanje NGF medija: 45,1 pg/mL)



(22) hericenon A



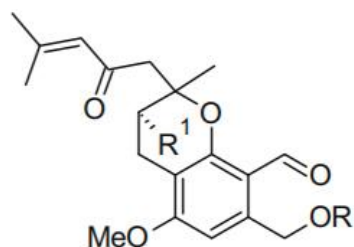
(23) hericenon B



(24) hericenon C (**R = palmitoil**)

(25) hericenon D (**R = stearoil**)

(26) hericenon E (**R = linoleoil**)

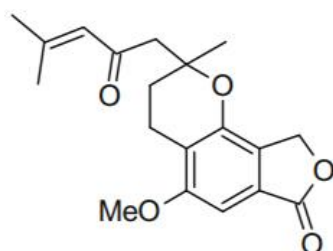


(27) hericenon F (**R = palmitoil, R¹ = H**)

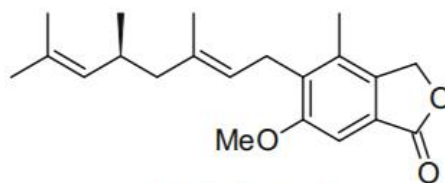
(28) 3-hidroksihericenon F (**R = palmitoil, R¹ = OH**)

(29) hericenon G (**R = stearoil, R¹ = H**)

(30) hericenon H (**R = linoleoil, R¹ = H**)



(31) hericenon I



(32) hericenon J

Slika 3. Prikaz kemijskih struktura odabranih hericenona (A-J), fenolnih spojeva karakterističnih za plodište gljive *Hericium erinaceus* (Thongbai i sur., 2015).

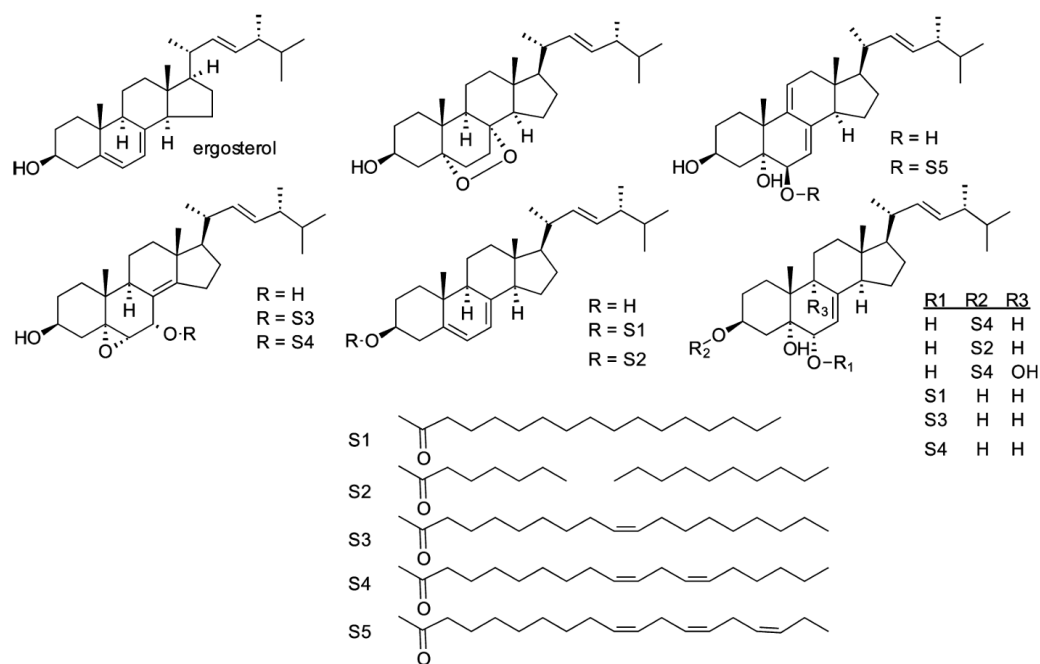
2.3.2 Polisaharidi i steroli plodišta

Polisaharidi u lavljjoj grivi su većinom heteropolisaharidi, građeni od dva ili više monosaharida. Postoje i glukani koji su građeni samo od glukoze, te nekoliko glikoproteina (Qiu i sur., 2024). U skupinu monosaharida spada galaktoza, glukoza i manoz, ali i ksiloza, fukoza, ramnoza te arabinoza (Qiu i sur., 2024; He i sur., 2017). Polisaharidi plodišta (HEFB) su specifični jer sadrže imunoaktivne β -glukane, α -glukane i glukan-proteinske komplekse (Spelman i sur., 2017). Preko 35 vrsta polisaharida je pronađeno u plodištu i miceliju *H. erinaceus*. Plodište ima veći ukupni udio polisaharida nego micelij (He i sur., 2017). Neki polisaharidi su; ksilani, glukoksilani te

fukogalaktan (Friedman, 2015). Polisaharidi ove gljive koriste se za liječenje karcinoma i protiv čira na želucu. Može djelovati i protiv umora i usporiti starenje. Imaju antioksidativno djelovanje, te pozitivne učinke na zdravlje jetre, kao i na regulaciju lipida i glukoze (He i sur., 2017). Imunomodulatorno djelovanje uzrokovano je aktivacijom makrofaga i imunoloških stanica. Probiotičko djelovanje polisaharida osigurava zdravlje crijevne mikrobiote (Contato i Conte-Junior, 2025).

Sterolni esteri masnih kiselina, koji se zovu erinaroli, izolirani su iz metanolnog ekstrakta plodišta. Dijelev se na erinarole A, B, C, D, E, F, G, H i J. Erinaroli A i B, koji su također izolirani iz metanolnog ekstrakta plodišta, aktiviraju PPAR α i PPAR γ receptore. Erinaroli H i J inhibiraju sekreciju TNF- α , koji je zaslužan za protuupalno djelovanje (**Slika 4.**) (Qiu i sur., 2024).

Ergosterol ima antibakterijsko i protuupalno djelovanje te gastroprotektivna svojstva (Qiu i sur., 2024). Njegova koncentracija je najviša nakon 14 dana uzgoja (Tachabenjarong i sur., 2022). Plodište sadrži i 3 β ,5 α -dihidroksi-6 β -metoksiergosta-7,22-dien (Thongbai i sur., 2015). Friedman je 2015. godine naveo da je iz plodišta izolirano 10 poznatih ergostanskih sterola i 5 njihovih estera masnih kiselina.



Slika 4. Strukture steroidnih spojeva izoliranih iz plodišta i micelija gljive *Hericium erinaceus* (Friedman i sur., 2015)

2.4 Bioaktivni spojevi micelija *H. erinaceus*

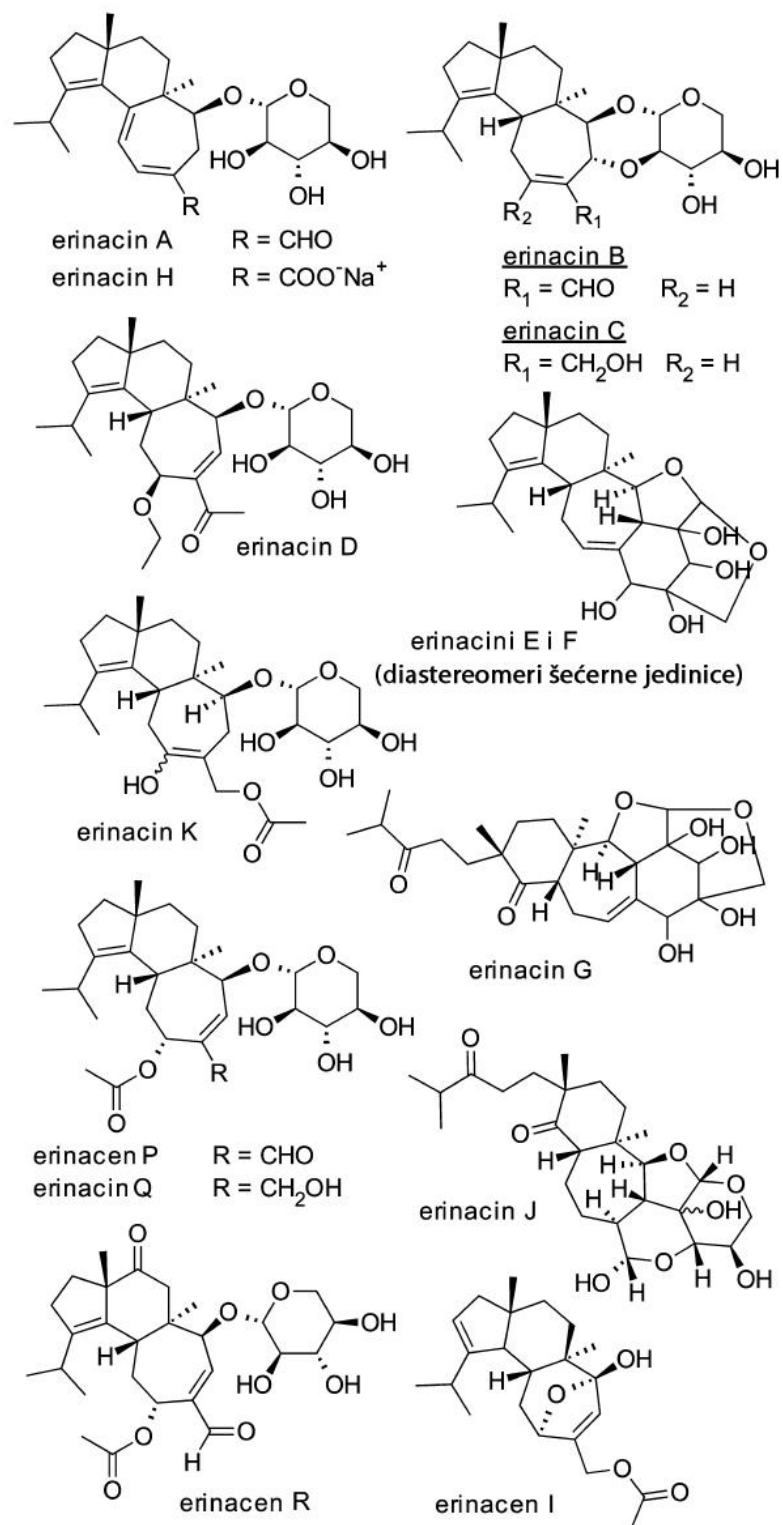
Erinacini se uglavnom nalaze u miceliju. Slučajno su ih otkrili Kawagashi i sur. (1994), dok su pokušavali fermentacijom dobiti više hericenona (He i sur., 2017, Qiu i sur., 2024).

2.4.1 Brojnost i struktura erinacina

Postoji oko 19 vrsta erinacina (**Slika 5.**). Većinom su to ksilozidi cjatanskih diterpenoida. Njihov cjatanski kostur građen je od kutno kondenziranih petero-, šestero- i sedmeročlanih prstenova (Friedman, 2015). Erinacin P biotransformacijom se može pretvoriti u erinacin A i B. Erinacin Q ima mogućnost pretvorbe u erinacin C (Qiu i sur., 2024).

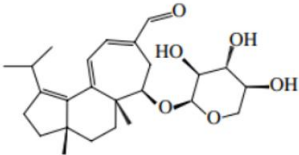
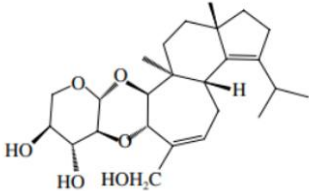
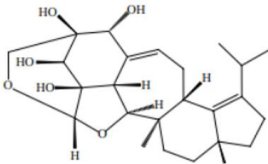
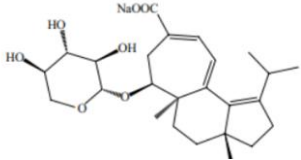
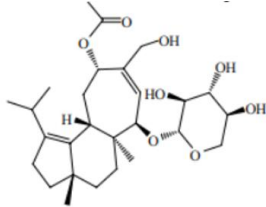
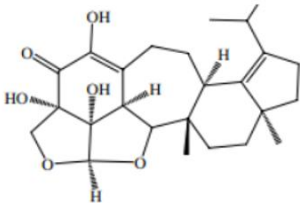
2.4.1 Biološke aktivnosti erinacina

Uloga erinacina je snažna stimulacija sinteze NGF-a (**Tablica 2.**) (Qiu i sur., 2024). Erinacin A je jako važan jer može proći krvno-moždanu barijeru (Contato & Conte-Junior, 2025). Sposobnost poticanja ekspresije mijelinskog bazičnog proteina (MBP) i povećanje broja oligodendrocita pripisuje se erinacinima A i S. To je ključno za mijelinizaciju (Huang i sur., 2021). Erinacin A ima sposobnost zaštite od MPTP-inducirane neurotoksičnosti i ishemijskog oštećenja neurona. Također može inducirati apoptozu u stanicama raka debelog crijeva DLD-1 te pokazuje antioksidativnu aktivnost. (Li i sur., 2018; Friedman, 2015). Mogućnost smanjenja nakupljanja amilod-beta plaka pripisuje se Erinacinu S. Erinacin S poboljšava i kognitivne nedostatke kod Amzhiemerove bolesti (Li i sur., 2018; Contato & Conte-Junior, 2025). Erinacini Z1 i Z2 pokazuju citotoksičnost prema HL-60 stanicama koje uzrokuju leukemiju (Qiu i sur., 2024). Erinacini J i K pokazuju antimikrobnu aktivnost protiv MRSA (Thongbai i sur., 2015).



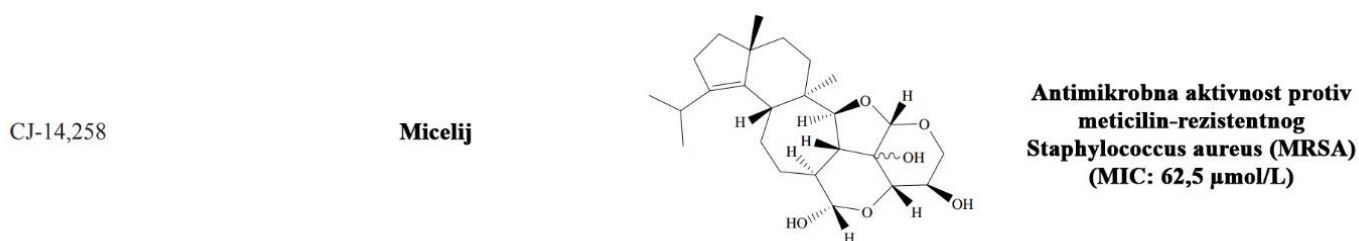
Slika 5. Prikaz kemijskih struktura odabranih erinacina (npr., A-I), diterpenoida karakterističnih za micelij *Hericium erinaceus*, koji su snažni stimulatori sinteze NGF-a (Li i sur., 2018)

Tablica 2. Biološke aktivnosti odabranih erinacina izoliranih iz micelija
Hericium erinaceus (Qiu i sur., 2024)

Naziv	Karakteristike	Struktura	Bioaktivnosti
Erinacin A	Bijeli kristali		Stimulira sintezu faktora rasta živaca (NGF) in vitro ((250,1 ± 36,2) pg/mL pri 1,0 mmol/L), slaba citotoksičnost na PC12 stanice (IC50: 73,7 μmol/L), aktivnost protiv meticilin-rezistentnog <i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA)
Erinacin C	Bijeli kristali		Stimulira sintezu NGF in vitro ((299,1 ± 59,6) pg/mL pri 1,0 mmol/L)
Erinacin E	Bijeli kristali		Stimulira sintezu NGF od strane astrocita (količina NGF: (105,0 ± 5,2) pg/mL pri 5,0 mmol/L)
Erinacin H	Žuti amorfni ostatak		Jako stimulira NGF, 33,3 g/mL, pet puta više NGF (31,5 pg/mL)
Erinacin Q	Bezbojna amorfna tvar		/
Erinacin S	Bezbojni kristali		Povećane razine enzima koji razgrađuju inzulin (2,395 g/kg tjelesne mase; ekstrakt micelija <i>H. erinaceus</i> ekvivalentan 50 mg/kg tjelesne mase) kod mužjaka Sprague-Dawley štakora; farmakokinetika: 15,13%)

2.4.2 Ostali terpenoidi i srodni spojevi iz micelija

U skupinu ostalih terpenoida i srodnih spojeva micelija spadaju; CJ-14,258: *corallocin* A, erinaceolaktoni A-H, erinachromani A-B, erinaphenoli alkaloidi i laktoni. CJ-14,258 (**Slika 6.**) imaju antimikrobnu aktivnost, a *corallocin* A je stimulator NGF sinteze. Erinaceolaktoni A-H, erinachromani A-B, erinaphenoli koji su izolirani iz kulture micelija pokazuju slabu citotoksičnost (Qiu i sur., 2024, Friedman, 2015).



Slika 6. Kemijska struktura CJ-14,258, terpenoida izoliranog iz micelija
Hericium erinaceus (Qiu i sur. i sur., 2024)

2.4.3 Polisaharidi i ostali spojevi micelija

U miceliju su pronađeni samo glikoproteini i heteropolisaharidi, za razliku od plodišta koje sadži i glukane (Qiu i sur., 2024). Sadrže i brojne monosaharide kao što su glukoza, galaktoza, manoz, ksiloza, arabinoza, fukoza, ramnoza i glukuronska kiselina (Qiu i sur., 2024, He i sur., 2017).

Polisaharidi pokazuju imunomodulatornu, antioksidativnu i zaštitnu aktivnost na crijevne stanice U miceliju je pronađen i 2-kloro-1,3-dimetoksi-5-metil benzen s antibakterijskom aktivnošću (Qiu i sur., 2024), te ergosterol i biološki neaktivan oblik vitamina B12 (Friedman, 2015).

3. Zaključak

Pregledom dostupne znanstvene literature može se zaključiti da plodište i micelij gljive *Hericium erinaceus* sadrže bioaktivne spojeve s brojnim ljekovitim svojstvima. Ključna razlika se vidi u prevladavajućoj prisutnosti specifičnih klasa terpenoida isključivo u plodištu: hericenona, fenolnih spojevi s neurotrofnim i citotoksičnim djelovanjem. S druge strane, primarni produkti micelija su erinacini, diterpenoidi poznati po snažnoj stimulaciji NGF-a i sposobnosti prolaska krvno-moždane barijere (He i sur., 2017; Qiu i sur., 2024; Contato & Conte-Junior, 2025).

Plodište i micelij ne sadrže samo terpenoide, već i važne polisaharide. To su većinom heteropolisaharidi i β -glukani, koji pokazuju imunomodulatorno, antitumorsko, antioksidativno i gastroprotektivno djelovanje. Sastav monosaharida i vrsta glikozidnih veza može varirati između ova dva dijela gljive. To može utjecati na specifičnost njihovih bioloških aktivnosti (Qiu i sur., 2024). U plodište su nađeni i steroli, kao što je ergosterol i njegov nusprodukt erinarol, koji djeluje antibakterijski i protuupalno (Qiu i sur., 2024; Tachabenjarong i sur., 2022). Micelij sadrži još neke manje istražene terpenoide i spojeve s antimikrobnim djelovanjem (Qiu i sur., 2024; Friedman, 2015).

Razlike u kemijskom sastavu vjerojatno su posljedica diferencijalne regulacije biosintetskih gena i različitih ekoloških uloga te razvojnih faza plodišta i micelija (Qiu i sur., 2024). Dinamika proizvodnje ovih spojeva, poput hericenona i ergosterola u plodištu, također varira ovisno o starosti kulture (Tachabenjarong i sur., 2022).

Ovaj rad opisuje zašto je važno razumijevanje kemijskog sastava svakog dijela gljive *Hericium erinaceus*. Razumijevanjem se može najbolje osigurati njezina primjena u funkcionalnoj hrani, dodacima prehrani ili kao izvor farmaceutski aktivnih tvari. Plodište nudi širok opseg fenolnih spojeva i sterola, a micelij se ističe kao primarni izvor erinacina. Daljnja istraživanja su vrlo važna za potpuno prepoznavanje i korištenje ljekovitog kapaciteta ove iznimne gljive. Potrebno je optimizirati njezin uzgoj te pobliže proučiti kako djeluju pojedini spojevi iz oba dijela gljive.

4. Literatura

Abdullah, N., Ismail, S.M., Aminudin, N., Shuib, A.S., Lau, B.F. (2012). Evaluation of Selected Culinary-Medicinal Mushrooms for Antioxidant and ACE Inhibitory Activities. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012, 464238.

Chong, P.S., Fung, M.L., Wong, K.H., Lim, L.W. (2020). Therapeutic Potential of *Herichium erinaceus* for Depressive Disorder. International Journal of Molecular Sciences, 21(1), 163.

Contato, A.G., Conte-Junior, C.A. (2025). Lion's Mane Mushroom (*Herichium erinaceus*): A Neuroprotective Fungus with Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Antimicrobial Potential—A Narrative Review. Nutrients, 17, 1307.

Friedman, M. (2015). Chemistry, Nutrition, and Health-Promoting Properties of *Herichium erinaceus* (Lion's Mane) Mushroom Fruiting Bodies and Mycelia and Their Bioactive Compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63(32), 7108–7123.

He, X., Wang, X., Fang, J., Chang, Y., Ning, N., Guo, H., Huang, L., Huang, X., Zhao, Z. (2017). Structures, biological activities, and industrial applications of the polysaccharides from *Herichium erinaceus* (Lion's Mane) mushroom: A review. International Journal of Biological Macromolecules, 97, 228–237.

Huang, H.T., Ho, C.H., Sung, H.Y., Lee, L.Y., Chen, W.P., Chen, Y.W., Chen, C.C., Yang, C.S., Tzeng, S.F. (2021). *Herichium erinaceus* mycelium and its small bioactive compounds promote oligodendrocyte maturation with an increase in myelin basic protein. Scientific Reports, 11(1), 6551.

Kawagishi, H., Ando, M., Sakamoto, H., Yoshida, S., Ojima, F., Ishiguro, Y., Ukai, N., Furukawa, S. (1991). Hericenones C, D and E, stimulators of nerve growth factor (NGF)-synthesis, from the mushroom *Herichium erinaceum*. Tetrahedron Letters, 32(35), 4561–4564.

Kawagishi, H., Shimada, A., Shirai, R., Okamoto, K., Ojima, F., Sakamoto, H., Ishiguro, Y., Furukawa, S. (1994). Erinacines A, B and C, strong stimulators of nerve growth factor (NGF)-synthesis, from the mycelia of *Herichium erinaceum*. *Tetrahedron Letters*, 35(10), 1569–1572.

Li, I.C., Lee, L.Y., Tzeng, T.T., Chen, W.P., Chen, Y.P., Shiao, Y.J., Chen, C.C. (2018). Neurohealth Properties of *Herichium erinaceus* Mycelia Enriched with Erinacines. *Behavioural Neurology*, 2018, 5802634.

Mori, K., Inatomi, S., Ouchi, K., Azumi, Y., Tuchida, T. (2009). Improving Effects of the Mushroom Yamabushitake (*Herichium erinaceus*) on Mild Cognitive Impairment: A Double-blind Placebo-controlled Clinical Trial. *Phytotherapy Research*, 23(3), 367–372.

Nagano, M., Shimizu, K., Kondo, R., Hayashi, C., Sato, D., Kitagawa, K., Ohnuki, K. (2010). Reduction of depression and anxiety by 4 weeks *Herichium erinaceus* intake. *Biomedical Research*, 31(4), 231–237.

Qiu, Y., Lin, G., Liu, W., Zhang, F., Linhardt, R.J., Wang, X., Zhang, A. (2024). Bioactive compounds in *Herichium erinaceus* and their biological properties: a review. *Food Science and Human Wellness*, 13, 1825–1844.

Ren, Y., Geng, Y., Du, Y., Li, W., Lu, Z.M., Xu, H.Y., Xu, G.H., Shi, J.S., Xu, Z.H. (2018). Polysaccharide of *Herichium erinaceus* attenuates colitis in C57BL/6 mice via regulation of oxidative stress, inflammation-related signaling pathways and modulating the composition of the gut microbiota. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 57, 67–76.

Spelman, K., Sutherland, E., Bagade, A. (2017). Neurological Activity of Lion's Mane (*Herichium erinaceus*). *Journal of Restorative Medicine*, 6(1), 19–26.

Tachabenjarong, N., Rungsardthong, V., Ruktanonchai, U., Poodchakarn, S., Thumthanaruk, B., Vatanyoopaisarn, S., Suttisintong, K., Iempridee, T., Uttapap, D. (2022). Bioactive compounds and antioxidant activity of Lion's Mane mushroom (*Herichium erinaceus*) from different growth periods. *E3S Web of Conferences*, 355, 02016.

Thongbai, B., Rapior, S., Hyde, K.D., Wittstein, K., Stadler, M. (2015). *Herichium erinaceus*, an amazing medicinal mushroom. Mycological Progress, 14(10), 91.

Zhang, J., An, S., Hu, W., Teng, M., Wang, X., Qu, Y., Liu, Y., Yuan, Y., Wang, D. (2016). The Neuroprotective Properties of *Herichium erinaceus* in Glutamate-Damaged Differentiated PC12 Cells and an Alzheimer's Disease Mouse Model. International Journal of Molecular Sciences, 17(11), 1810.