

# Gljive: Nutritivni, mineralni i bioaktivni sastojci

---

**Dananić, Ana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:679137>

*Rights / Prava:* [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-02**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski studij Biotehnologija**

**Ana Dananić**

7785/BT

**GLJIVE: NUTRITIVNI, MINERALNI I BIOAKTIVNI  
SASTOJCI**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet:** Biotehnologija 2

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Sunčica Beluhan

**Zagreb, 2021.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Biotehnologija**

**Zavod za biokemijsko inženjerstvo**  
**Laboratorij za biokemijsko inženjerstvo,**  
**industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju slada i piva**

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**  
**Znanstveno polje: Biotehnologija**

**Gljive: Nutritivni, mineralni i bioaktivni sastojci**

**Ana Dananić, 7785/BT**

**Sažetak:** U posljednjih nekoliko desetljeća, prilikom razvoja nove hrane, veliki naglasak stavlja se na njezine fiziološke funkcije. Gljive su idealan primjer funkcionalne hrane. Niske su kalorijske vrijednosti, ali su bogat izvor nutrijenata zbog velikog udjela proteina, hlapljivih ulja, karotenoida, fenolnih spojeva, flavonoida te vitamina poput vitamina B1, B2, B3, C, D i vlakana. Uz to, ekstraktima gljiva pripisuju se brojni zdravstveni učinci među kojima je prvenstveno jačanje imunološkog sustava. Bioaktivni spojevi iz ekstrakta imaju antikancerogena, antiupalna, hipoglikemijska, antimikrobna, antioksidacijska, imunomodulacijska, antivirusna, hepatoprotektivna, antineurodegenerativna, antiangiogena i hipokolesterolemična svojstva. Stoga, kako bismo dobili bolji uvid u neiskorišten potencijal gljiva, ovaj rad predstavljat će kratki pregled istraživanja nutritivnih, mineralnih i bioaktivnih sastojaka gljiva.

**Ključne riječi:** bioaktivni sastojci, funkcionalna hrana, gljive, ljekovite gljive, nutraceutici

**Rad sadrži:** 34 stranica, 2 slike, 4 tablice, 123 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku (PDF) pohranjen u:** Knjižnica  
Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Sunčica Beluhan

**Rad predan:** 1.09.2021.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

**University of Zagreb**  
**Faculty of Food Technology and Biotechnology**  
**University undergraduate study of Biotechnology**

**Department of biochemical engineering**  
**Laboratory for biochemical engineering,**  
**industrial microbiology, malting and brewing Technology**

**Scientific area: Biotechnical sciences**  
**Scientific field: Biotechnology**

### **Mushrooms: Nutraceutical, mineral and bioactive components**

**Ana Dananić, 7785/BT**

**Abstract:** In the last few decades, during the development of new foods, great emphasis has been placed on its physiological functions. Mushrooms are ideal examples of functional foods. They are low in calories, but have a rich source of nutrients due to the high content of protein, volatile oils, carotenoids, phenolic compounds, flavonoids and vitamins such as vitamins B1, B2, B3, C, D and fiber. In addition, mushroom extracts have a lot of health effects, among which is primarily the strengthening of the immune system. The bioactive compounds from the extract have anticancer, antiinflammatory, hypoglycemic, antimicrobial, antioxidant, immunomodulatory, antiviral, hepatoprotective, antineurodegenerative, antiangiogenic and hypocholesterolemic properties. Therefore, in order to gain a better insight into the untapped potential of fungi, this paper will present a brief overview of research into the nutritional, mineral, and bioactive constituents of fungi.

**Keywords:** bioactive components, functional food, medicinal mushrooms, mushrooms nutraceuticals

**Thesis contains:** 34 pages, 2 figures, 4 table, 123 references

**Original in:** Croatian

**Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb**

**Mentor:** Sunčica Beluhan, PhD, Associate Professor

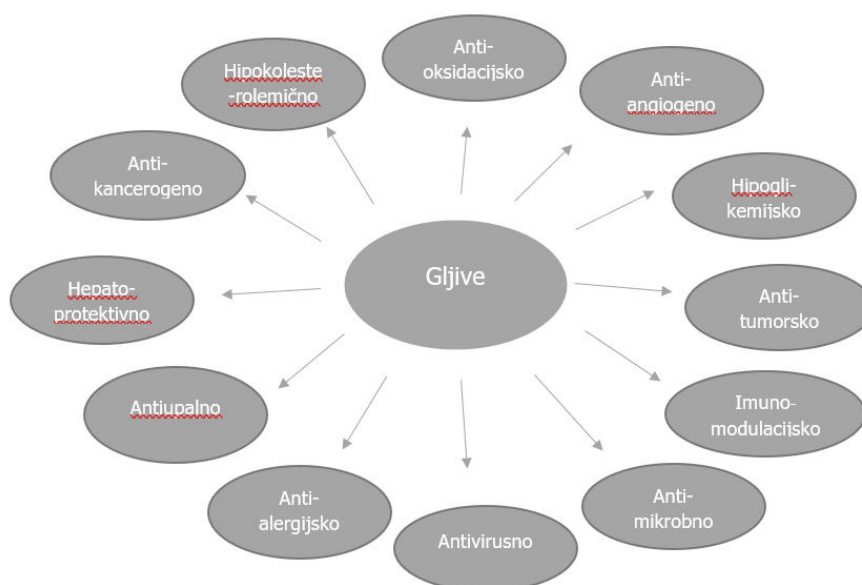
**Defence date:** September 1<sup>st</sup> 2021

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. OPĆENITO.....	2
2.1.1. Kratki povijesni pregled gljiva .....	2
2.1.2. Klasifikacija gljiva.....	3
2.1.3. Položaj gljiva u živom svijetu.....	3
2.2. KEMIJSKA ANALIZA.....	4
2.2.1. Glavni sastojci.....	4
2.2.2. Mineralni sastav .....	7
2.2.3. Hranjivi potencijal gljiva .....	9
2.2.4. Proteini i peptidi.....	10
2.2.5. Aminokiseline i vitamini .....	11
2.3. BIOAKTIVNE KOMPONENTE .....	13
2.3.1. Polisaharidi.....	13
2.3.1.1. Utjecaj polisaharida gljiva na metabolizam lipida i kardiovaskularne bolesti .....	13
2.3.1.2. Antitumorska i antikancerogena aktivnost polisaharida gljiva .....	14
2.3.2. Antioksidansi .....	16
3. ZAKLJUČAK.....	19
4. POPIS LITERATURE.....	20

## 1. UVOD

Zadnjih nekoliko desetljeća potrošnja i uzgoj gljiva za prehrambene svrhe kontinuirano se povećava što uvelike pogoduje zdravlju potrošača. Trenutno je globalna proizvodnja uzgajanih gljiva premašila deset milijuna tona, a više od 2000 vrsta gljiva smatra se sigurnima i jestivima. (Öztürk i sur., 2015). Velika važnost gljiva za ljudsku prehranu proizlazi iz činjenice da sadrže značajnu količinu bioaktivnih sastojaka, minerala, proteina, vitamina te malo masnoće, uključujući neke medicinski značajne spojeve (Kalač, 2013; Ferreira i Heleno, 2017; Beelman i sur., 2019). Različite vrste gljiva posjeduju raznovrsna ljekovita svojstva, kao što su: antitumorno, neuroprotektivno, antioksidacijsko, antihipoglikemijsko, antikancerogeno, antibakterijsko, imunomodulacijsko, antiupalno, antivirusno, antiaterosklerotsko svojstvo itd. (Kim i sur., 2008, Wani i sur., 2010; Gaglarirmak, 2011; Khatun i sur., 2012; ; Cohen i sur., 2014; Elkhateeb i sur., 2019). Zbog svega navedenog, gljive kao prehrambeni proizvod imaju ulogu tzv. funkcionalne hrane. Postoji više definicija funkcionalne hrane. Prema Zhaou i Changu (2002), funkcionalna hrana se konzumira kao dio uobičajene prehrane te pored ispunjavanja osnovnih prehrambenih potreba pojačava fiziološku dobrobit i smanjuje rizik od nastanka kroničnih bolesti. Potražnja za tim proizvodima danas je velika jer su medicinske usluge za stariju populaciju poprilično skupe.



**Slika 1.** Farmakološka svojstva jestivih gljive (Lindequist i sur., 2005).

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. OPĆENITO

#### 2.1.1. Kratki povijesni pregled gljiva

Postoji mnogo dokaza iz kojih saznajemo da je čovječanstvo konzumiralo gljive još od davnina. Najstariji primjer je nalaz zaleđene mumije koja je pronađena na Alpama. Mumija je popularno nazvana Ötzi ili Ledeni čovjek (Slika 2a), a pretpostavlja se da je živio prije otprilike 5300 godina. Za pojasom je imao pričvršćenu torbicu u kojoj su se nalazili komadići gljive *Fomes fomentarius*, u narodu poznatij kao bukova guba (Slika 2b). Ova gljiva se dugo koristila kao kresivo za paljenje vatre, a i danas se koristi u pčelarstvu za smirivanje pčela prilikom rada s njima. Druga gljiva, čije je komade Ötzi nosio zavezane oko ruke, je *Fomitopsis betulina* ili brezova guba (Slika 2c) koja ima protuupalno djelovanje, a koristi se i za ublažavanje probavnih tegoba. Gljive se mogu naći i na slikama u egipatskim piramidama, kao i u kulturama Asteka, Inka i Maja. Drevne civilizacije Grci, Rimljani, Egipćani, Japanci, Kinezi i Meksikanci također su cijenili gljive zbog njihovih ljekovitih svojstava i koristili ih kao dodatak prehrani ili kao lijek. Prema Grcima, gljive su bile izvor snage jer su ih vojnici konzumirali prije bitke, dok su ih Rimljani vidjeli kao "Božju hranu". Čak je i zapisano kako je gljiva poznata kao blagva, *Amanita caesarea*, bila omiljena hrana rimskog imperatora Nerona. Kinezi su gljive smatrali zdravom hranom i „eliksirom života“. Starosjedioci američkog kontinenta koristili su halucinogene gljive za dobivanje vizija od bogova, a spore puhara (lat. *Lycoperdon perlatum*) koristili su za premazivanje rana. Danas su mnogi istraživači potvrdili uvjerenja drevnih civilizacija dokazavši da su gljive izvor raznih nutrijenata i bioaktivnih spojeva korisnih za ljudsko zdravlje (Chang i Zhao, 2002; Guzmán, 2015; Agrawal, 2018).



**Slika 2a.** Ötzi, tzv.  
Ledeni čovjek



**Slika 2c.** Brezova guba  
(lat. *Fomitopsis betulina*)

**Slika 2b.** Bukova  
guba (lat. *Fomes  
fomentarius*)



(Lolić, Biologija gljiva, 2018).

### 2.1.2. Klasifikacija gljiva

Sistematika gljiva prolazila je kroz velike promjene pod utjecajem trendova u taksonomiji. Prvu službenu podjelu živog svijeta sredinom 18. stoljeća dao je Line podijelivši živi svijet na dva carstva- biljke i životinje. Nešto kasnije, Haeckel postojećem carstvima *Animalia* (životinje) i *Plantae* (biljke) dodaje još jedno, treće carstvo, koje je nazvao *Protista*, a u koje je svrstao „prostije građene biljke i životinje“. Tek su 1969. godine gljive dobile status posebnog carstva. Naime, Whittaker je sve žive organizme razvrstao u sljedećih 5 carstva: Monera, Protista, Biljka, Gljiva i Životinja. U početku, tijekom Line-ove podjele, gljive su bile svrstane u carstvo biljaka (međutim, nemaju pravih korijena, pravih stabljika, pravog lišća, pravih cvjetova i pravog sjemena), a potom izdvojene u posebno carstvo što je sve pratila i



njihova unutrašnja podjela. Zahvaljujući molekularnim podacima, carstvo gljiva danas možemo podijeliti u sedam koljena - *Chytridiomycota*, *Blastocladiomycota*, *Microsporidiomycota*, *Glomeromycota*, *Zygomycota*, *Ascomycota* i *Basidiomycota*. Posljednja dva koljena (*Ascomycota* i *Basidiomycota*) obuhvaćaju preko 98% vrsta (Whittaker, 1969).

### 2.1.3. Položaj gljiva u živom svijetu

Grana biologije koja se bavi proučavanjem gljiva, njihove građe, metabolizma, biokemije, ekologije i sistematike, naziva se mikologija. Budući da su gljive dugo smatrane nižim biljkama, mikologija se prvobitno razvijala u okviru botanike. Botaničari su biljke dijelili na više biljke koje posjeduju korijen, stabljiku i list, i niže biljke koje ne posjeduju tkiva i organe, a u koje su svrstavali alge, gljive, lišajevе, pa čak i bakterije i viruse. Međutim, za razliku od biljaka koje su autotrofni organizmi, posjeduju klorofil i provode fotosintezu, gljive su heterotrofi. One ne mogu proizvesti vlastitu hranu od jednostavnih anorganskih materijala, poput vode, ugljičnog dioksida i nitrata, koristeći energiju sunca, kao što je slučaj sa zelenim biljkama. Hranu dobivaju iz složenih organskih tvari (ili spojeva) koji se nalaze u mrtvim ili živim tkivima biljaka i životinja. One koje svoje hranjive sastojke dobivaju iz mrtvog organskog materijala nazivaju se saprofitnim gljivama, a one koje svoje prehrambene tvari dobivaju iz živih biljaka i životinja i nanose štetu domaćinima nazivaju se parazitskim gljivama. Postoje i gljive koje žive u posebnoj vrsti partnerstva s biljkama i/ili životinjama pri čemu svaki partner ima neke koristi od onog drugog. Njih nazivamo simbiotskim gljivama. Pored osnovne razlike u vrsti prehrane, postoje i druge karakteristike po kojima se gljive razlikuju od biljaka. Biljna stanica sadrži staničnu stijenku čija je osnova sačinjena od celuloze i pektina, dok je osnovna komponenta stanične stijenke gljive hitin. Za razliku od autotrofnih organizama, koji u svojim stanicama sadrže pigment klorofil, gljive imaju pigment melanin, što je tipično za životinjske stanice. Njegova osnovna uloga u gljivama potpuno je suprotna ulozi koju pigmenti imaju u biljnoj stanici: melanin štiti stanicu od negativnih učinaka UV-zračenja, dok u biljkama pigmenti apsorbiraju svjetlost određene valne duljine i koriste fotonsku energiju u fotosintezi. Sustav hormona koji utječu na rast, diobu i diferencijaciju stanica u gljiva je potpuno različit od hormona koji u biljnoj stanici vrše istu funkciju. Rezervna tvar koju gljive nakupljaju je glikogen, što je također životinjska karakteristika, dok biljke u svojim stanicama skupljaju škrob. Međutim, možda je najveća razlika između gljiva i drugih organizama njihova jezgra. U većini eukariotskih organizama tjelesne ili somatske stanice sadrže dva seta kromosoma i takve se stanice nazivaju

diploidnim (2n). Jedan set kromosoma dolazi od oca, a drugi od majke. Gamete sadrže jedan set kromosoma i takve stanice su haploidne (n). U razvojnem ciklusu gljive, osim haploidne i diploidne faze, postoji i faza dikariona, u kojoj svaka stanica sadrži dvije haploidne jezgre (Ruthes i sur., 2016).

## 2.2. KEMIJSKA ANALIZA

### 2.2.1. Glavni sastojci

Kemijski sastav uključujući udio vlage, masti, proteina, udio pepela, udio ugljikohidrata, ukupni udio šećera i energetska vrijednost prikazani su u tablici 1. Udio vode u gljivama uvelike varira ovisno o vrsti, uvjetima rasta te klimatskim uvjetima. Sadržaj vlage u gljivama varira, te one sadrže od 2,71 do 93,25 g / 100 g suhe tvari. Najmanji i najveći udio vlage zabilježen je u gljivi *Astraeus hygrometricus* i *Pholiota microspora* ( jap. nameko, hrv. nameko gljiva) (Pavithra i sur., 2018; Meng i sur., 2019). Neke od ostalih vrsta, poput *Agaricus albertii*, *Termitomyces clypeatus*, *Russula delica*, *Hygrophorus chrysodon* i *Suillus variegatus*, također su pokazale visok udio vlage. Od kultiviranih gljiva navedenih u tablici 1, najveći udio vlage može se naći u gljivi *Russula delicia*. Udio pepela općenito govori o udjelu minerala, a vrijednost obično varira između 2,80 i 33,10 g / 100 g suhe tvari za različite gljive. Najniži udio pepela utvrđen je u gljivi *Ganoderma lucidum* (hrv. hrastova sjajnica, engl. lingzhi, jap. reishi, kin. ling zhi), dok je najviši u *Lycoperdon umbrinum* (Pereira i sur., 2012; Stajić i sur., 2013). Ako se osvrnemo samo na gljive navedene u tablici 1, najveći udio pepela prisutan je u *Amanita curtipes*. Udio masti kreće se između 0,18 i 17,52 g / 100 g suhe tvari u *Bovista aestivalis* i *Amanita princeps* (Pereira i sur., 2012; Srikram i Supapvanich, 2017). Najveći udio masti za kultivirane gljive nalazi se u *Amanita curtipes*, a najmanji u *Lentinus edodes* (jap. shiitake). Udio proteina, kao što vidimo iz tablice 1, uvelike varira. Najveći je u gljivi *Craterellus cornucopioides*, čak 47,21 g / 100 g suhe tvari, a najmanji u gljivi *Amanita curtipes* i to svega 6,40g / 100 g suhe tvari. Ugljikohidrati su glavni sastojci gljiva i prisutni su u obliku glikoproteina ili polisaharida. Najveći i najmanji zabilježeni udio ugljikohidrata utvrđen je u gljivi *Boletus edulis* (81,00 g / 100 g suhe tvari) i *Lepista inversa* (10,35 g / 100 g suhe tvari). Energetska vrijednost gljiva kreće se između 343,69 i 413,46 kcal / 100 g suhe tvari u *Flammulina velutipes* (hrv. baršunasta panjevčica) i *Craterellus cornucopioides* (Beluhan i Ranogajec, 2011; Pereira i sur., 2012). Dva glavna

oblika šećera otkrivena u gljivama su manitol i trehaloza. Manitol je važan za rast i čvrstoću plodišta i njegov udio ovisi o vrsti gljive, a u velikoj količini je prisutan u samoniklim gljivama (Kalač, 2009). U samoniklim gljivama manitol se kreće u rasponu između 11,03 i 43,34 g / 100 g suhe tvari. Najniže i najviše vrijednosti zabilježene su u gljivama *Lyophyllum decastes* i *Clavariadelphus truntes*, dok je kod kultiviranih vrsta najveća količina manitola otkrivena u *Agaricus bisporus* (hrv. plemenita pečurka, šampinjon) (64,15 g / 100 g suhe mase), a najmanja količina otkrivena u *Lentinula edodes* (jap. Shiitake). (49,51 g / 100 g suhe tvari) (Pereira i sur., 2012; Reis i sur., 2012). Trehaloza je prisutna u velikim količinama u rasponu od 14,21 do 25,57 g / 100 g suhe tvari u gljivama *Pleurotus eryngii*, odnosno *Chlorophyllum rhacodes*, međutim u kultiviranim gljivama udio trehaloze može doseći 72,82 / 100 g suhe tvari, najniža i najviša vrijednost zabilježena je u *Pleurotus eryngii* i *Coprinus comatus*, odnosno *Cortinarius praestans*. Osim manitola i trehaloze, u gljivama je su također otkriveni mali udjeli drugih šećera poput saharoze, fruktoze, manoze i arabinoze (Vaz i sur., 2011; Pereira i sur., 2012; Reis i sur., 2012).

**Tablica 1.** Kemijska analiza nekoliko odabranih vrsta gljiva iz različitih regija (Egbuna, Functional Foods and Nutraceuticals: Bioactive Components, Formulations and Innovations, 2020).

Ime vrste	Vlažnost % (w/w)	Mast [% s.tv.]	Proteini [% s.tv.]	Pepeo [% s.tv.]	Ugljikohidrati [% s.tv.]	Energija [kcal]	Ukupni šećeri [% s.tv.]	Zemlja	Literatura
<i>Agaricus bisporus</i>	91,64	1,67	15,43	11,36	71,53	345,10	51,08	Potrugal	Reis i sur. (2012)
<i>Amanita curtipes</i>	80,00	8,60	06,40	17,20	67,80	347,00	15,10	Portugal	Fernandes i sur. (2015)
<i>Boletus edulis</i>	-	2,23	10,65	05,26	81,86	390,09	14,38	Portugal	Heleno i sur. (2015a)

<i>Coprinus comatus</i>	-	1,80	11,84	10,07	76,29	368,72	07,25	Nizozemska	Stojković i sur. (2013)
<i>Craterellus cornucopioides</i>	-	4,87	47,21	10,08	-	413,46	14,08	Hrvatska	Beluhan i Ranogajec (2011)
<i>Flammulina velutipes</i>	-	6,45	27,95	07,39	-	343,69	30,10	Hrvatska	Beluhan i Ranogajec (2011)
<i>Ganoderma lucidum</i>	-	4,43	11,34	02,80	81,48	410,93	00,75	Nizozemska	Stojković i sur. (2014)
<i>Lentinus edodes</i>	9,00	0,67	19,50	4,82	45,42	-	-	Koreja	Olawuyi i Lee (2019)
<i>Lentinus edodes</i>	-	1,14	16,00	06,24	76,62	380,74	15,61	Portugal	Heleno i sur. (2015a)
<i>Macrolepiota procera</i>	-	2,23	24,22	05,37	-	389,46	24,40	Hrvatska	Beluhan i Ranogajec (2011)
<i>Morchella deliciosa</i>	-	-	25,6	7,0	-	-	-	Indija	Lalotra i sur. (2018)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	78,28	-	28,40	16,68	52,74	-	-	Nigerija	Ikon i sur. (2019)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	-	2,06-2,19	21,10-36,40	-	34,70-50,70	-	-	Kina	Liu i sur. (2019)
<i>Russula delicia</i>	92,00	3,4	13,80	08,80	74,00	363,00	10,30	Portugal	Fernandes i sur. (2014)
<i>Volvariella volvacea</i>	-	0,97	38,10	-	42,30	-	-	Indija	Ahlawat i sur. (2016)

### 2.2.2. Mineralni sastav

Gljive, bilo samonikle ili kultivirane, mogu akumulirati mikro- i makromineralne u svojim plodištima za obavljanje nekoliko funkcija. Udio elemenata u tragovima za različite vrste gljiva prikazan je u tablici 2. Nekoliko elemenata poput željeza (Fe), fosfora (P) i kalija (K) prisutno je u velikoj količini u plodištu gljiva (Wang i sur., 2014). Ostali elementi otkriveni u gljivama uključuju kalcij (Ca), magnezij (Mg), natrij (Na), mangan (Mn) i bakar (Cu). Udio elemenata u plodištu ovisi o vrsti ili supstratu na kojem se gljive uzgajaju. Najveći i najmanji udio kalija otkriven je u gljivama *Macrocybe gigantea* i *Volvopluteus gloiocephalus* u rasponu od 1300 do 46.926 µg / g suhe tvari (Helena i sur., 2015a), dok su najveći i najmanji udio fosfora nađeni u gljivama *Lentinus cladopus* i *Stropharia rugosoannulata* u rasponu od 1005 do 7290 µg / g suhe tvari (Liu i sur., 2012b; Mallikarjuna i sur., 2012). Za ostale elemente poput magnezija, bakra, mangana i cinka zabilježene su velike varijacije udjela. Vrijednosti za magnezij kreću se u rasponu od 88 do 2289, za bakar od 1,53 do 88,8, za mangan od 0,03 do 103,9, za željezo od 0,02 do 6762 i konačno za cink od 0,94 do 118,84 µg / g suhe tvari. Te vrijednosti za gljive iz tablice kreću se, za magnezij, od 130 do 1143 pri čemu se najveću količinu sadrži gljiva *Flammulina velutipes*, a najmanju *Morchella deliciosa*. Iako ima malo magnezija, *Morchella deliciosa* sadrži značajnu količinu bakra i mangana. Željezo je prisutno u maloj količini u gljivama *Agaricus biosporus*, *Lentinula edodes*, *Lactarius deliciosus* i *Pleurotus ostreatus* (hrv. bukovača), a ima ga obilno puno u gljivama *Amanita mellea* i *Craterellus cornucopioides*. Cink je ponajviše prisutan u *Boletus edulis* i *Volvariella volvacea* (hrv. slamnjača /slamnata gljiva), a najmanje u *Lactarius deliciosus*, *Lentinula edodes* i *Agaricus biosporus*. Uz elemente korisne za ljudski organizam u plodištima su otkriveni i neki elementi koji bi, da se nalaze u visokim koncentracijama, štetili ljudskom zdravlju. Ti elementi su krom (Cr), najviše u *Agrocybe cylindracea* i *Flammulina velutipes*, olovo (Pb), kadmij (Cd) i arsen (As). Zbog toga što ili nisu prisutni ili su prisutni u vrlo malim količinama u kultiviranim vrstama gljiva, neće štetiti ljudskom organizmu (Mallikarjuna i sur., 2012).

**Tablica 2.** Elementi u tragovima u nekoliko odabranih gljiva iz različitih regija (Egbuna, Functional Foods and Nutraceuticals: Bioactive Components, Formulations and Innovations, 2020).

Ime vrste	Mg [µg/g s. tv.]	Cu [µg/g s. tv.]	Mn [µg/g s. tv.]	Fe [µg/g s. tv.]	Zn [µg/g s. tv.]	Pb [µg/g s. tv.]	Co [µg/g s. tv.]	Cr [µg/g s. tv.]	Zemlja	Literatura
<i>Agaricus biosporus</i>	-	1,54	-	5,14	2,55	0,07	-	0,07	Španjolska	Rubio i sur. (2018)
<i>Agrocybe cylindracea</i>	630-851	-	-	-	-	-	-	20,5- 21,1	Poljska	Siwulski i sur. (2019)
<i>Amanita caesarea</i>	833,1	19,32	47,99	356,90	65,65	0,09	0,75	1,23	Grčka	Ouzouni i sur. (2019)
<i>Amanita mellea</i>	1063,1	17,38	55,59	499,00	54,12	0,49	0,16	4,20	Grčka	Ouzouni i sur. (2019)
<i>Boletus edulis</i>	-	34,4	54,4	812	96,3	-	-	-	Indija	Lalorea i sur. (2018)
<i>Cantharellus cibarius</i>	-	16,7-56,1	-	-	69,3- 94,00	0,21- 0,89	-	-	Slovačka	Arvay i sur. (2019)
<i>Craterellus cornucopiodes</i>	978,0	43,00	27,00	413,00	61,00	-	-	-	Kina	Liu i sur. (2012b)
<i>Flammulina velutipes</i>	1058- 1143	-	-	-	-	-	-	20,8- 21,9	Poljska	Siwulski i sur. (2019)
<i>Ganoderma lucidum</i>	427-632	-	-	-	-	-	-	14,9- 17,4	Poljska	Siwulski i sur. (2019)
<i>Hericum coralloides</i>	134,00	00,72	0,31	77,96	4,76	-	-	-	Portugal	Heleno i sur. (2015b)
<i>Lactarius deliciosus</i>	-	1,64	-	10,9	2,32	0,08	-	0,16	Španjolska	Rubio i sur. (2018)
<i>Lentinula edodes</i>	-	1,53	-	10,5	2,23	0,09	-	0,15	Španjolska	Rubio i sur. (2018)
<i>Lentinula edodes</i>	856-942	-	-	-	-	-	-	15,6- 18,4	Poljska	Siwulski i sur. (2019)

<i>Morchella deliciosa</i>	130,0	55,00	70,00	42,00	58,00	-	0,51	5,90	Kina	Liu i sur. (2012a)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	-	1,99	-	11,0	2,91	0,10	-	0,17	Španjolska	Rubio i sur. (2018)
<i>Volvariella volvacea</i>	-	-	-	72,51	94,28	-	-	-	Indija	Ahlawat i sur. (2016)

### 2.2.3. Hranjivi potencijal gljiva

Nutraceutici i nutraceutici smatraju se hranom ili dijelom prehrane koja ima terapijske i zdravstvene prednosti, što pomaže u borbi protiv različitih bolesti. Oni mogu biti biljni proizvodi, dodaci prehrani, izolirani hranjivi sastojci, genetički modificirana / dizajnerska hrana i prerađeni prehrambeni proizvodi poput pića, žitarica i juha. Postoji nekoliko primjera nutritivnih / funkcionalnih sastojaka hrane poput proteina, peptida, keto-kiselina, aminokiselina, poli-nezasićenih masnih kiselina (engl. polyunsaturated fatty acids, PUFAs), vitamina, minerala i antioksidansa (Barros i sur., 2008). Gljive su izuzetno hranjive s niskim udjelom masti i visokim udjelom proteina, esencijalnih aminokiselina, minerala i vitamina (Agrahar-Murugkar i Subbulakshmi, 2005). Istraživanja su pokazala da se oko 35 različitih jestivih gljiva komercijalno uzgaja, no, gotovo 200 vrsta samoniklih gljiva koristi se zbog svojih ljekovitih svojstava (Beulah i sur., 2013). U novije vrijeme je porastao znanstveni interes za razne aspekte primjene gljiva: kao izvor funkcionalne hrane, moćnih terapijskih preparata te kao bogat izvor i nutraceutika odgovornih za antioksidacijska, antimikrobna i antitumorska svojstva (Barros i sur., 2007; Çağlarırmak 2007; Elmastas i sur., 2007; Ribeiro i sur., 2007; Gupta i sur., 2018; Salihović i sur., 2019). Značajan broj istraživača dokumentirao je terapijski potencijal kemijskih spojeva izoliranih iz gljiva u liječenju i prevenciji fatalnih bolesti poput raka, hipertenzije, dijabetesa, bolesti srca i cerebralnog moždanog udara (Wasser i Weis, 1999). Istraživanje terapijskog i nutritivnog potencijala gljiva pokazuje da one mogu biti hrana budućnosti koja osigurava visokokvalitetne proteine i minerale (Barreira i sur., 2014; Cheung 2013; El Enshasy i Hatti-Kaul 2013; Heleno i sur., 2015a; Khatua i sur., 2013; Kumar 2015; Ruthes i sur., 2016; Singh i sur., 2016; Tel-Cayan i sur. 2017).

#### 2.2.4. Proteini i peptidi

Proteini su jedan od glavnih makronutrijenata koji se nalaze u funkcionalnoj hrani. U posljednjih nekoliko desetljeća istraživači su proučavali važnost proteina, esencijalnih aminokiselina, peptida i njihov značaj za prehranu i zdravlje. Posebno su detaljnije proučene biološke funkcije nekoliko prehrambenih i bioaktivnih proteina i peptida (Walther i Sieber, 2011). Proteini i peptidi su bioaktivni nutrijenti u gljivama koji imaju brojne zdravstvene prednosti, poput poboljšanja probave i apsorpcije hranjivih sastojaka te pomažu u jačanju imunološke aktivnosti i regulaciji enzimske aktivnosti (Valverde i sur., 2015). Proteini i peptidi koji se obično nalaze u gljivama su proteini koji deaktiviraju ribosome (RIPs), lektini, lakaze, fungalni imunomodulacijski proteini (engl. fungal immunomodulatory proteins, FIPs) i ribonukleaze (Ko i sur., 1995; Munoz i sur., 1997; Xu i sur., 2011).

Lektini su glikoproteini ili neimuni proteini koji imaju svojstvo aglutinacije stanica i vežu se s ugljikohidratima na staničnoj površini. Dokazano je da lektini izolirani iz gljiva *Clitocybe nebularis*, *Pholiota adiposa*, *Narcissus tazetta*, *Xylaria hypoxylon*, *Russula lepida*, *Russula delica* i *Hericium erinaceum* posjeduju antiproliferativno, imunomodulacijsko, antivirusno, antimikrobno i antitumorsko djelovanje (Liu i sur., 2006; Li i sur., 2010; Ooi i sur., 2010; Zhang i sur., 2010; Singh i sur., 2015).

FIPs gljiva ekstrahirani su iz gljiva *Ganoderma lucidium*, *Ganoderma microsporum*, *Flammulina velutipes*, *Volvariella volvacea*, *Antrodia camphorate* itd. te pokazuju imunomodulacijsku aktivnost (Xu i sur., 2011). Oni također sprječavaju invaziju i metastaziranje tumorskih stanica i stoga se mogu koristiti kao pomoćna sredstva za liječenje tumora (Lin i sur., 2010).

Bioaktivni proteini "RIPs" (eng. A ribosome-inactivating proteins) su enzimi koji su ekstrahirani iz nekoliko vrsta gljiva, uključujući *Pleurotus tuberregium*, *Flammulina velutipes*, *Lyophyllum shimeiji*, *Calvatia caelata* i *Hypsizygus marmoreus* (Lam i Ng, 2001; Ng i sur., 2003; Wang i Ng, 2001a, b, 2006; Lin i sur., 2010). Proteini iz ove skupine mogu inaktivirati ribosome uklanjanjem jednog ili više adenzina iz rRNA, a djelomično inhibiraju aktivnost reverzne transkriptaze HIV-1 (Puri i sur., 2012).

Poput RIP-proteina, i lakaze posjeduju enzimsku aktivnost te se već primjenjuju na polju industrije. Poznate su kao Zeleni alat / zeleni katalizator (engl. Green tool/ green catalyst) u području biotehnologije i imaju ogromne mogućnosti primjene i potencijale u području medicine, prehrambene tehnologije, kozmetike itd. Uz to, imaju antivirusno i



antiproliferativno djelovanje (Agrawal i sur., 2018). Uglavnom su izolirani iz gljiva *Pleurotus eryngii*, *Pleurotus ostreatus*, *Tricholoma mongolicum* i *Clitocybe maxima* (Wang i Ng, 2006; Zhang i sur., 2010).

Ribonukleaza, još jedan bioaktivni protein izoliran iz gljive, važan je zbog svog antimikrobnog djelovanja protiv bakterija *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* i *Pseudomonas fluorescens* (Alves i sur., 2013).

Veći udio proteina utvrđen je u *Agaricus subrufescens* (50,40 g / 100 g suhe tvari), zatim *Russula cyanoxantha* (49,20 g / 100 g suhe tvari), *Craterellus cornucopioides* (47,21 g / 100 g suhe tvari), *Pleurotus geesteranus* (39,80 g / 100 g suhe tvari), *Pleurotus ostreatus* (28,40 g / 100 g suhe tvari) i *Laccaria amethystina* (29,84 g / 100 g suhe tvari) (Beluhan i Ranogajec, 2011; Srikram i Supapvanich, 2017; Ikon i sur., 2019; Liu i sur., 2019, 2012b), dok je najmanji sadržaj proteina zabilježen kod *Pleurotus eryngii* (2,09 g / 100 g suhe tvari), zatim slijedi *Helvella lacunose* (4,40 g / 100 g suhe tvari), *Boletus regius* (5,22 g / 100 g suhe tvari), *Amanita curtipes* (6,40 g / 100 g suhe tvari) te konačno *Clitocybe subconnexa* (7,42 g / 100 g suhe tvari) (Leal i sur., 2013; Reis i sur., 2014; Fernandes i sur., 2015; Heleno i sur., 2015b).

### 2.2.5. Aminokiseline i vitamini

Esencijalne aminokiseline neophodne su za ljude jer ih tijelo ne može samostalno sintetizirati pa se dobivaju iz hrane. Gljive su idealan izvor esencijalnih aminokiselina (Kivrak i sur., 2014). Sadrže sve esencijalne aminokiseline, zajedno s malo neesencijalnih aminokiselina (Manzi i sur., 1999). Istraživanja su dokazala prisutnost 18 slobodnih aminokiselina u gljivama što uključuje lizin, leucin, izoleucin, triptofan, treonin, valin, metionin, histidin i fenilalanin iz skupine esencijalnih aminokiselina te glicin, tirozin, arginin, serin, aspartat, alanin, cistein, glutamat i prolin iz skupine neesencijalnih aminokiselina. Udio najzastupljenijih aminokiselina otkrivenih u korisnim gljivama prikazan je u tablici 3. Analize koje su objavili Salihović i sur. (2019.) i Liu i sur. (2019.) (tablica 3) pokazuju da, vrsta *Agaricus biosporus* sadrži najviše valina, fenilalanina i leucina, a slijedi je *Cantharellus cibarius* koja uz bogati udio navedenih aminokiselina također sadrži i dosta histidina. Treoninom, metioninom i izoleucinom najbogatija je *Lentinula edodes*, a udjelom lizina značajno prednjači *Macrolepiota procera*. Gljive *Boletus edulis*, *Clavulina rugosa*, *Lepista nuda*, *Cantharellus tubaeformis*, *Leucopaxillus giganteus*, *Hydnum repandum*, *Russula rosea*

i *Tricholoma saponaceum* pokazali su najveću raznolikost aminokiselina budući da sadrže 18 poznatih aminokiselina. Najmanja raznolikost aminokiselina je karakteristika gljive *Inonotus obliquus* (2 poznate aminokiseline) (Ayaz i sur., 2011). Obično se broj aminokiselina u gljivama kreće između 14 i 18. Gljive su također bogat izvor vitamina, posebno riboflavina (B2), niacina (B3), folata (B9) i tragova vitamina A, B1, B5, B12, C, D i E (Bernaš i sur., 2006; Cardwell i sur., 2018; Jaworska i sur., 2014).

**Tablica 3.** Aminokiseline u različitim vrstama gljiva (Egbuna, Functional Foods and Nutraceuticals: Bioactive Components, Formulations and Innovations, 2020).

Ime vrste	Thr [mg/g]	Val [mg/g]	Met [mg/g]	Ile [mg/g]	Leu [mg/g]	Phe [mg/g]	Lys [mg/g]	His [mg/g]	Literatura
<i>Agaricus biosporus</i>	-	45,74	00,00	-	74,93	82,20	24,44	-	Salihović i sur. (2019)
<i>Amanita caesarea</i>	-	16,00	00,00	-	44,60	48,92	26,00	-	Salihović i sur. (2019)
<i>Cantharellus cibarius</i>	-	25,30	17,67	-	65,74	72,10	65,80	-	Salihović i sur. (2019)
<i>Craterellus cornucopiodes</i>	6,37	0,41	12,74	0,08	17,51	-	8,09	22,07	Liu i sur. (2012b)
<i>Lentinus edodes</i>	10,3	9,6	29,7	7,1	11,7	8,5	10,2	3,8	Liu i sur. (2019)
<i>Macrolepiota procera</i>	-	8,42	17,67	-	35,30	38,70	70,60	-	Salihović i sur. (2019)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	0,8-1,4	1,6-2,4	0,5-0,8	0,6-1,2	1-1,9	0,6-1,0	0,9-1,8	0,3-0,7	Liu i sur. (2019)

## 2.3. BIOAKTIVNE KOMPONENTE

### 2.3.1. Polisaharidi

Polisaharidi spadaju među najčešće, ali i najmoćnije spojeve ekstrahirane iz gljiva. Svi polisaharidi prisutni u gljivama imaju  $\beta$ -vezanu okosnicu glukoze, ali se razlikuju od vrste do vrste ovisno o načinu i stupnju grananja. Najčešći monosaharidi koji se nalaze u gljivama su glukoza, fruktoza, ksiloza, galaktoza, manoza, trehaloza, arabinoza, manitol i ramnoza. Nekoliko vrsta polisaharida otkrivenih u gljivama su homopolisaharidi, heteropolisaharidi,  $\beta$ -glukani i kompleksi glukan-protein (Valverde i sur., 2015). Polisaharidi izolirani iz gljiva dobro su proučavani zbog svojih zdravstvenih dobrobiti, a koriste se i za razvoj funkcionalne hrane. Lentinan, šizofilan, erotionin, ganoderan, pleuran, kalociban, agaritin i proteoglikani dobro su proučavani polisaharidi koji potječu iz gljiva *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidium*, *Pleurotus species*, *Calocybe indica*, *Schizophyllum blane* i *Agaricus blazei* (Badalyan, 2014; Kim i sur., 2005; Villares i sur., 2012). Ovi polisaharidi odlikuju se antioksidacijskim, antitumorskim, imunomodulacijskim, antivirusnim, antiupalnim i antikancerogenim svojstvima (Kim i sur., 2005; Jeong i sur., 2012; Ma i sur., 2014; Liu i sur., 2015. ; Meng i sur., 2016; Rathore i sur., 2017).

#### 2.3.1.1. Utjecaj polisaharida gljiva na metabolizam lipida i kardiovaskularne bolesti

Kardiovaskularne bolesti su najčešći uzrok smrtnosti u razvijenim zemljama te zemljama u razvoju. Na pojavu ove skupine oboljenja najčešće utječu nepravilna prehrana i poremećaji koje ona ima za posljedicu kao što su primjerice promjena u metabolizmu masti i lipoproteina, oksidativna oštećenja, promjene u metabolizmu homocisteina te promjene krvnog tlaka. Rješenje za navedene probleme pronalazi tradicionalna istočnjačka medicina koja propisuje gljive kao terapiju zbog njihovog hipokolesterolemijskog učinaka (Gullamon i sur., 2010). Spomenuti zdravstveni učinci prepisuju se prvenstveno  $\beta$ -glukanima te homo- i heteroglukanima s  $\beta(1, 3)$ -,  $\beta(1, 4)$ - i  $\beta(1, 6)$ -glikozidnim vezama (Manzi i Pizzoferrato, 2000). Naime, topljiva prehrambena vlakna, poput glukana, u probavnom traktu formiraju viskozne gelove što potiče veće izlučivanje žučnih kiselina i kratkolančanih masnih kiselina fecesom. Time se sprječava ugradnja acetata, supstrata za sintezu sterola i masnih kiselina, u serumske lipide. Neke od vrsta bogate prehrambenim vlaknima su *Auricularia auricula-*

*judae* (hrv. Judino uho) i *Tremella fuciformis* (hrv. srebrna drhtalica) te je dokazano kako snižavaju koncentraciju LDL-kolesterola u krvi, a pri tome ne utječu na koncentraciju HDL-kolesterola (Gullamon i sur., 2010). Također, gljive sadrže i ostale polisaharide poput hitina i kitozana koji pokazuju slične učinke na koncentraciju kolesterola u krvi kao i skupina glukana. Do prethodno spomenutih saznanja došli su Neyrinck i sur. (2009) kada su u prehranu pretilih miševa uvrstili dodatak prehrani na bazi kitozana dobivenog iz šampinjona (*Agaricus bisporus*). Eksperiment je trajao 10 tjedana te je istražena koncentracija lipida i adipocitokina u krvi. Rezultati istraživanja pokazali su kako se koncentracija ispitivanih parametara u krvi smanjila što bi direktno moglo utjecati na snižavanje koncentracije lipida deponiranih u jetri i mišićnom tkivu te na smanjenje količine masnog tkiva. Slične rezultate dobili su i Fukushima i sur. (2001) koji su ispitivali utjecaj prehrane bogate prehranbenim vlaknima iz vrste *Agaricus bisporus* (šampinjon) na koncentraciju serumskih lipoproteina u krvi miševa. Rezultati su pokazali kako je koncentracija lipoproteina VLDL (engl. *very low-density lipoproteine*), IDL (engl. *intermediate-density lipoproteine*) i LDL (engl. *low-density lipoproteine*) puno niža u krvi miševa hranjenih prehranbenim vlaknima iz gljiva nego u kontrolnoj grupi hranjenoj celulozom, a koncentracije mRNA receptora za LDL u jetri se povećala. Time je ova skupina znanstvenika zaključila kako prehrana bogata prehranbenim vlaknima podrijetlom iz šampinjona može značajno sniziti koncentraciju kolesterola u krvi povećanjem koncentracije jetrenog mRNA receptora za LDL.

### **2.3.1.2. Antitumorska i antikancerogena aktivnost polisaharida gljiva**

Polisaharidi s antitumorskom aktivnošću podrazumijevaju skupinu kiselih i neutralnih molekula, glukana, s različitim vrstama glikozidnih veza. Neki su vezani na proteine i peptide i tvore polisaharid-protein odnosno polisaharid-peptid komplekse (PPK). Za razliku od konvencionalnih antitumorskih lijekova, oni djeluju tako da aktiviraju različite imunološke odgovore u domaćinu, a da pri tome ne uzrokuju nikakva sustavna oštećenja organizma. Polisaharidi gljiva su pokazali antitumorsko djelovanje prema više od 180 različitih vrsta raka. Dosad su najintenzivnije istraživani antitumorski učinci  $\beta$ -glukana lentinana podrijetlom iz vrste *Lentinula edodes* (jap. Shiitake), šizofilan podrijetlom iz vrste *Schizophyllum commune* (hrv. obična dvolisnica), grifolan iz vrste *Grifola frondosa* (hrv. zečarka) i SSG polisaharid iz vrste *Sclerotinia sclerotiorum* (hrv. bijela trulež) (Zhang i sur., 2007). Za antitumorsku aktivnost je osim primarne strukture vrlo bitna i sekundarna struktura polisaharida i to prvenstveno konformacija lanca. Unatoč velikim konfiguracijskim razlikama,

poznate su određene poveznice između strukture i antitumorske aktivnosti.  $\beta$ -glukani koji sadrže većinom  $\beta(1, 6)$ -glikozidne veze pokazuju manju antitumorsku aktivnost, a isto vrijedi i za niskomolekularne glukane. Osim toga, na razlike u antitumorskoj aktivnosti mogu utjecati i topljivost u vodi, stupanj razgranatosti molekule i prostorna konfiguracija (Wasser, 2002). Pretpostavljeni mehanizam antitumorskog djelovanja polisaharida gljiva uključuje tri različite vrste učinaka: 1.) Prevencija procesa kancerogeneze oralnom aplikacijom polisaharida izoliranih iz ljekovitih gljiva; 2.) Stimulacija imunološkog sustava koji prepoznaje stanice zloćudnih tumora kao antigene; 3.) Izravno antitumorsko djelovanje uz izazivanje apoptoze (programirane smrti) stanica tumora (Zhang i sur., 2007). Zhang i sur. (2007) provodili su eksperiment na miševima te ih podijelili u dvije testne skupine od kojih je jedna hranjena uobičajenom prehranom (kontrolna skupina), a u prehranu druge skupine su uvršteni polisaharidi izolirani iz spomenutih vrsta gljiva. Obje skupine miševa inokulirane su tumorskim stanicama te je praćena veličina tumora, vrijeme preživljavanja oboljelih jedinki te broj jedinki u kojih se tumor potpuno povukao. Rezultati provedenih istraživanja pokazala su kako ti polisaharidi uzrokuju smanjenje tumora za više od 50% te znatno produžuju životni vijek miševa oboljelih od zloćudnih bolesti. Primjerice, lentinan je u testiranim životinjama prouzročio smanjenje veličine tumora za 90 %, što je u konačnici većinom rezultiralo i potpunim povlačenjem iz organizma (Zhang i sur., 2007). Također, klinička ispitivanja provedena su i na ljudima oboljelima od karcinoma te je ustanovljeno kako je djelovanje lentinana najučinkovitije kad se primjenjuje prije početka kemoterapije u pacijenata koji imaju primarne lezije i u prošlosti nisu primali nikakvu kemoterapiju. Terapija lentinanom rezultirala je produljenjem očekivanog životnog vijeka, povlačenjem tumora ili lezija te poboljšanjem imunološkog odgovora kod oboljelih od karcinoma dojke, debelog crijeva i želuca te ostalih organa trbušne šupljine. Sukladno tomu, ovaj polisaharid se godinama uspješno koristi kao lijek i dodatak prehrani u liječenju kancerogenih oboljenja u Japanu i drugim zemljama Dalekog istoka, ali i u SAD-u i Europi (Wasser, 2002; Daba i Ezeronye, 2003). Kliničko testiranje u Japanu provedeno je na 367 pacijenata oboljelih od inoperabilnog karcinoma želuca i pokazalo je kako šizofilan, polisaharid izoliran iz vrste *Schizophyllum commune*, u kombinaciji s kemoterapijom povoljno utječe na povećanje stope preživljavanja, a slični rezultati su dobiveni i u kliničkim istraživanjima na pacijentima oboljelim od raka u predjelu glave i vrata (Daba i Ezeronye, 2003). Okamura i sur. (1989) dokazali su kako šizofilan, u kombinaciji s terapijom zračenjem, znatno pridonosi povećanju stope preživljavanja u pacijentica oboljelih od raka grlića maternice u drugom stadiju razvoja. Antikancerogena svojstva polisaharida šizofilana potvrdili su i Miyazaki i sur. koji su ispitivali razvoj tumora u 312 ispitanika oboljelih od kancerogenih bolesti podvrgnutih nekoj

od uobičajenih terapija poput kirurških tretmana, zračenja i kemoterapije. Pri tome su također koristili dvije testne skupine od kojih je jedna, uz uobičajenu terapiju, uzimala šizofilan, a druga nije (kontrolna skupina). Rezultati su pokazali kako je puno veća stopa preživljavanja zabilježena u skupini pacijenata koji su primali šizofilan (Daba i Ezeronye, 2003). Izravnu inhibiciju rasta stanica tumora su pokazali mnogi polisaharidi gljiva iako točan mehanizam djelovanja nije razjašnjen. Međutim, pretpostavlja se kako polisaharidi vjerojatno ometaju ekspresiju signala ukoliko se nađu unutar tumorske stanice, što rezultira zaustavljanjem staničnog ciklusa i poticanjem njihovog odumiranja (Zhang, 2007).

### **2.3.2. Antioksidansi**

Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća istraživači su sve više zabrinuti zbog oksidacijskih oštećenja jer se rizik od oksidativnih spojeva, uključujući slobodne radikale, neprestano povećava, što je posljedica nezdravih navika i izloženosti zagađenju. Slobodni radikal poznat je kao bilo koja nestabilna molekula koja je vrlo reaktivna i uzrokuje oksidativni stres u tijelu, što je rezultiralo porastom učestalosti nekih fatalnih bolesti poput raka, neurodegenerativnih bolesti, kardiovaskularnih bolesti itd. (Gutteridge i Halliwell, 2000; Carochi i Ferreira, 2013). Antioksidansi mogu stabilizirati ove slobodne radikale i pomoći u prevenciji bolesti uzrokovanih oksidativnim stresom (Ferreira i sur., 2009; Stajić i sur., 2013; Carochi i Ferreira, 2013, 2015; Painuli i Kumar, 2016; Painuli i sur., 2018; Semwal i Painuli, 2019). Iako ljudsko tijelo može spriječiti oksidativni stres endogenim antioksidativnim obrambenim mehanizmom, antioksidansi se možemo dobiti i uključivanjem zdrave hrane u našu prehranu (Ferreira i sur., 2009). Gljive ovdje igraju važnu ulogu iz razloga što su to namirnice s bogatim izvorom antioksidansa i uvelike su proučavane zbog svojih antioksidativnih svojstava. Antioksidansi pronađeni u gljivama većinom su fenolni spojevi (fenolna kiselina i flavonoidi), tokoferoli, terpeni, karotenoidi, steroidi i askorbinska kiselina (Ferreira i sur., 2009, 2015; Stajić i sur., 2013).

Alkaloidi su jedna od važnijih skupina fenolnih spojeva. Posjeduju goleme terapijske svojstva i od davnina se koriste za liječenje bolesti. U posljednjih nekoliko godina otkrivene su gljive sa značajnim sadržajem alkaloida, koji se dalje proučavaju zbog njihove bioaktivnosti. *Astraeus odoratus*, *Flammulina velutipes*, *Ganoderma sinense*, *Hericium erinaceum*, *Macrolepiota mastoidea*, *Pseudobaeospora pyrifer* samo su neki od primjera gljiva koje posjeduju alkaloidne s antituberkularnim djelovanjem, citotoksičnim djelovanjem i

antimikobakterijskim djelovanjem (Rhee i sur., 2001; Song i sur., 2009; Liu i sur., 2010; Arpha i sur., 2012; Kim i sur., 2012).

Terpenoidi su ugljikovodici nastali kombinacijom različitih izoprenskih jedinica. Odgovorni su za različite ljekovite i terapijske aktivnosti poput antimalarijskog, antikancerogenog, antivirusnog, antimikrobnog, antiupalnog i antikolinesteraznog oblika (Liu, 1995; Shibata i sur., 1998; Mothana i sur., 2003; Lee i sur., 2011; Arpha i sur., 2012; Wang i sur., 2012; Kim i sur., 2013). Glavni terpenoid izoliran iz gljive je lanostan, triterpen koji je dobro proučen zbog svojih djelotvornih aktivnosti protiv raka (Arpha i sur., 2012; Wang i sur., 2012; Kim i sur., 2013). Različiti terpenoidi su izolirani iz gljive *Ganoderme lucidium* te su važni za liječenje protiv raka (Li i sur., 2005). Terpenoidi izolirani iz gljiva također su proučavani zbog svog djelovanja na mikobakterije (antimikobakterijsko djelovanje) na kandidijazu (Öztürk i sur., 2015).

Steroidi su organski spojevi koji nastaju karakterističnim rasporedom četiri međusobno povezana cikloalkana. Oni igraju važnu ulogu u biološkim sustavima i odgovorni su za funkcioniranje stanica. Steroidi su izolirani iz različitih vrsta gljiva, uključujući *Tomophagus cattienensis*, *Fomes fomentarius*, *Ganoderma lucidum*, *Hypsizygus marmoreus* i *Sarcodon joedes* (Seo i sur., 2009; Hien i sur., 2013; Liu i sur., 2013; Zangi sur., 2013). Steroidi izolirani iz gljiva djeluju antimikrobno, citotoksično, antituberkulozno, antikomplementarno i antivirusno (Niedermeyer i sur., 2005; Itoh i sur., 2008; Seo i sur., 2009; Liu i sur., 2013).

Fenolni spojevi su najveća skupina fitokemikalija koje su dobro poznate po svojim zanimljivim farmakološkim aktivnostima. Flavonoidi, kumarini, antocijanin, katehini i fenolna kiselina itd., samo su neki od primjera fenolnih spojeva. Bogati izvor ovih spojeva su povrće, voće, bilje, sjemenke, sokovi itd. Nekoliko gljiva, uključujući *Boletus pseudocalopus*, *Cortinarius purpurascens*, *Ganoderma colossus*, *Ganoderma pfeifferi*, *Ganoderma fornicatum* i *Tricholoma orirubens*, bogato je biološki aktivnim fenolnim spojevima (Mothana i sur., 2000; Awadh Ali i sur. 2003; Kawagishi i sur., 2004; Niu i sur., 2006; Quang i sur., 2006; El Dine i sur., 2009; Song i sur., 2009; Yousfi i sur., 2009; Bai i sur., 2013). Nedavno istraživanje o antioksidacijskoj aktivnosti samoniklih (*Agaricus campestris*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius*, *Macrolepiota procera*, *Pleurotus ostreatus*, *Russula alutacea* i *Russula vesca*) i uzgajanih (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*) gljiva dokazuje kako su one bogati izvor fenola i flavonoida (Buruleanu i sur., 2018). Farmakološke aktivnosti zabilježene u fenolnim spojevima gljiva su antikancerogene, antidiabetičke, antiupalne, antimikrobne aktivnosti, itd. (Öztürk i sur., 2015). Različite biološke aktivnosti raznovrsnih spojeva izoliranih iz gljiva prikazane su u tablici 4.

**Tablica 4.** Biološke aktivnosti nekih ljekovitih gljiva iz različitih regija (Egbuna, Functional Foods and Nutraceuticals: Bioactive Components, Formulations and Innovations, 2020).

Ime vrste	Bioaktivnost	Literatura
<i>Agaricus biosporus</i>	Antioksidans, antimikrobno	Ozcan i Ertan (2018)
<i>Agaricus biosporus</i>	Infektivne bolesti	Soković i sur. (2014)
<i>Agaricus biosporus</i>	Šećerna bolest	Calvo i sur. (2016)
<i>Agrocybe aegerita</i>	Protiv gripe	Ma i sur. (2017)
<i>Amanita rubescens</i>	antioksidans	Lalotra i sur. (2018)
<i>Boletus edulis</i>	Antioksidans, antimikrobno	Ozcan i Ertan (2018)
<i>Boletus edulis</i>	antioksidans	Lalotra i sur. (2018)
<i>Boletus edulis</i>	antimikrobno	Soković i sur. (2019)
<i>Cantharellus cibarius</i>	Antioksidans, antimikrobno	Ozcan i Ertan (2018)
<i>Cantharellus cibarius</i>	antimikrobno	Soković i sur. (2019)
<i>Flammulina velutipes</i>	Protiv gripe	Krupodorova i sur. (2014)
<i>Ganoderma lucidum</i>	Protiv gripe	Krupodorova i sur. (2014)
<i>Ganoderma lucidum</i>	Antioksidans, poboljšava proizvodnju hormona	Scaglione (2017)
<i>Ganoderma lucidum</i>	virološka i klinička djelotvornost	Scaglione (2017)
<i>Lentinula edodes</i>	Antioksidans	Chowdhury i sur. (2015)
<i>Lentinula edodes</i>	Antioksidans	Olawuyi i Lee (2019)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Antimikrobno	Ikon i sur. (2019)

Jedna od najčešće korištenih gljiva u ljekovite svrhe je gljiva shii take (*Lentinula edodes*), koja ima izraženo antivirusno i antikancerogeno djelovanje, smanjuje količinu kolesterola u krvi i žuči, izuzetno je vrijedna i korisna za dijabetičare i važan je antioksidans (Olawuyi i Lee, 2019). Bukovača (*Pleurotus ostreatus*) također posjeduje određena antikancerogena i antimikrobna svojstva, a koristi se i kao lijek kod artritisa (Ikon i sur., 2019). Baršunasta panjevčica (*Flammulina velutipes*) pokazala se izvrsnom u liječenju oboljenja jetre, te se



koristi kod žutice i sličnih bolesti koje razaraju jetru. Također, pomaže u borbi protiv gripe (Krupodorova i sur., 2014). Osim navedenih vrsti gljiva tu su i one manje poznate, ali izuzetno vrijedne i ljekovite. Svakako treba spomenuti gljivu hrastovu sjajnicu (*Ganoderma lucidum*) koja se koristi kao lijek za smanjenje kolesterola, kod oboljenja vezana za krvožilni sustav, kod problema sa hemoroidima, a zbog sposobnosti da stimulira imunološki sustav, djeluje antivirusno, antikancerogeno i kao antioksidans (Scaglione, 2017).

### 3. ZAKLJUČAK

Na temelju činjenica iznesenih u teorijskom dijelu mogu se donijeti ovi zaključci:

1. Gljive su bogat izvor nutrijenata. Sadrže velike količine proteina, aminokiselina, vitamina, minerala, vlakana, a niske su kalorijske vrijednosti s malim udjelom masti.
2. One su važne ne samo za prehranu nego i zbog svojih ljekovitih svojstava, pa se stoga smatraju funkcionalnom hranom.
3. One sintetiziraju aktivne spojeve širokog spektra bioloških aktivnosti. *In vitro* istraživanja, klinička ispitivanja i istraživanja na životinjama, nadovezuju se na iskustva tradicionalne etnomedicine i ukazuju na velik potencijal spojeva i proizvoda dobivenih od gljiva za suzbijanje i liječenje različitih bolesti poput raka, hipertenzije, dijabetesa, bolesti srca i cerebralnog moždanog udara.
4. Svjetska proizvodnja uzgajanih gljiva 2015. godine premašila je deset milijuna tona.
5. Neophodna su dodatna istraživanja potencijala gljiva kao funkcionalne hrane, kao i njihovog terapijskog potencijala. To uključuje i klinička ispitivanja, standardizaciju protokola dobivanja proizvoda iz gljiva te njihovu održivu proizvodnju.



#### 4. POPIS LITERATURE

Agrahar-Murugkar D., Subbulakshmi G. (2005) Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Khasi hills of Meghalaya. *Food Chemistry* **89**: 599–603.

Agrawal K., Chaturvedi V., Verma P. (2018) Fungal laccase discovered but yet undiscovered. *Bioresour Bioprocess* **5**: 4.

Alves M. J., Ferreira I. C., Dias J., Teixeira V., Martins A., Pintado M. (2013) A review on antifungal activity of mushroom (basidiomycetes) extracts and isolated compounds. *Medicinal Chemistry* **13(21)**: 2648-2659.

Arpha K., Phosri C., Suwannasai N., Mongkoltharuk W., Sodngam S. (2012) Astraodoric acids A–D: new lanostane triterpenes from edible mushroom *Astraeus odoratus* and their anti-mycobacterium tuberculosis H37Ra and cytotoxic activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **60**: 9834–9841.

Awadh Ali N. A., Mothana R. A., Lesnau A., Pilgrim H., Lindequist U. (2003) Antiviral activity of *Inonotus hispidus*. *Fitoterapia* **74**: 483–485.

Ayaz F. K. A., Chuang L. T., Torun H., Colak A., Seslia E., Presley J., Smith B. R., Glew R. H. (2011) Fatty acid and amino acid compositions of selected wild-edible mushrooms consumed in Turkey. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* **62**: 328–335.

Badalyan S. M. (2014) Potential of mushroom bioactive molecules to develop healthcare biotech products. *Proceedings of the 8th International Conference on mushroom biology and mushroom products* **26**: 373–378.

Bai M-S., Wang C., Zong S-C., Lei M., Gao J-M. (2013) Antioxidant polyketide phenolic metabolites from the edible mushroom *Cortinarius purpurascens*. *Food Chemistry* **141**: 3424–3427.

Barros L., Calhelha R. C., Vaz J.A., Ferreira I. C., Baptista P., Estevinho L. M. (2007) Antimicrobial activity and bioactive compounds of Portuguese wild edible mushrooms methanolic extracts. *European Food Research and Technology* **225**: 151–156.

Barros L., Cruz T., Baptista P., Estevinho L. M., Ferreira I. C. (2008) Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals. *Food and Chemical Toxicology* **46**: 2742–2747.

Beelman R. B., Kalaras M. D., Richie J. R., J. P. (2019) Micronutrients and bioactive compounds in mushrooms: a recipe for healthy aging? *Nutrition Today* **54**: 16–22.

Beluhan S., Ranogajec A. (2011) Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms. *Food Chemistry* **124**: 1076–1082.

Bernaś E., Jaworska G., Lisiewska Z. (2006) Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* **5**: 5–20.

Beulah G. H., Margret A. A., Nelson J. (2013) Marvelous medicinal mushrooms. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences* **3**: 611-615.

Buruleanu L. C., Radulescu C., Georgescu A. A., Danet F. A., Olteanu R. L., Nicolescu C. M., Dulama I. D. (2018) Statistical characterization of the phytochemical characteristics of edible mushroom extracts. *Analytical Letters* **51**: 1039–1059.

Cardwell G., Bornman J. F., James A. P., Black L. J. (2018) A review of mushrooms as a potential source of dietary vitamin D. *Nutrients* **10**: 1498.

Carocho M., Ferreira I. C. (2013) A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology* **51**: 15–25.

Chang S., Zhao M. (2002) Products of medicinal mushrooms as a good source of dietary supplements. *Edible Fungi of China* **21**: 5–6.

Cheung P. C. (2013) Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: preparation and health benefits. *Food Science and Human Wellness* **2**: 162–166.

Cohen N., Cohen J., Asatiani M. D., Varshney V. K., Yu H-T., Yang Y-C., Li Y-H., Mau J-L.,

Wasser S. P. (2014) Chemical composition and nutritional and medicinal value of fruit bodies and submerged cultured mycelia of culinary-medicinal higher Basidiomycetes mushrooms. *International Journal of Medical Mushrooms* **16**: 273–291.

Daba A.S., Ezeronye O.U. (2003) Anti-cancer effect of polysaccharides isolated from higher basidiomycetes mushrooms. *African Journal of Biotechnology*, **2 (12)**: 672-678.

EL Dine R. S., EL Halawany A. M., Ma C-M., Hattori M. (2009) Inhibition of the dimerization and active site of HIV-1 protease by secondary metabolites from the Vietnamese mushroom *Ganoderma colossum*. *Journal of Natural Products* **72**: 2019–2023.

EL Enshasy H. A., Hatti-Kaul R. (2013) Mushroom immunomodulators: unique molecules with unlimited applications. *Trends in Biotechnology* **31**: 668–677.

Elkhateeb W. A., Daba G. M., Thomas P. W., Wen T-C. (2019) Medicinal mushrooms as a new source of natural therapeutic bioactive compounds. *Egypt Pharmaceut Journal* **18**: 88–101.

Elmastas M., Isildak O., Turkecul I., Temur N. (2007) Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis* **20**: 337–345.

Fernandes Â., Barreira J. C., Antonio A. L., Oliveira M. B. P., Martins A., Ferreira I. C. (2014) Feasibility of electron-beam irradiation to preserve wild dried mushrooms: effects on chemical composition and antioxidant activity. *Innovative Food Science and Emerging Technology* **22**: 158–166.

Fernandes Â., Barreira J. C., Antonio A. L., Rafalski A., Oliveira M. B. P., Martins A., Ferreira I. C. (2015) How does electron beam irradiation dose affect the chemical and antioxidant profiles of wild dried *Amanita* mushrooms? *Food Chemistry* **182**: 309–315.

Ferreira I. C., Barros L., Abreu R. (2009) Antioxidants in wild mushrooms. *Current Medicinal Chemistry* **16**: 1543–1560.

Ferreira I. C., Heleno S. A., Reis F. S., Stojkovic D., Queiroz M. J. R., Vasconcelos M. H., Sokovic M. (2015) Chemical features of Ganoderma polysaccharides with antioxidant, antitumor and antimicrobial activities. *Phytochemistry* **114**: 38–55.

Ferreira Â. F., Heleno S. A. (2017) Chemical, nutritional, and bioactive potential of mushrooms. *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications* **21**: 455–501.

Fukushima M., Nakano M., Morii Y., Ohashi T., Fujiwara Y., Sonoyama K. (2001) Hepatic LDL receptor mRNA in rats is increased by dietary mushroom (*Agaricus bisporus*) fiber and sugar beet fiber. *Journal of Nutrition*, **130**: 2151-2156.

Gaglarirmak N. (2011) Chemical composition and nutrition value of dried cultivated culinary-medicinal mushrooms from Turkey. *International Journal of Medicinal Mushrooms* **13**: 351–356.

Gullamon E., Garcia-Lafuente A., Lozano M., D'Arri M., Rostagno M.A., Villares A., Martinez J.A. (2010) Edible mushrooms: Role in prevention of cardiovascular diseases. *Fitoterapia*, **81**: 715-723.

Gupta S., Summuna B., Gupta M., Annepu S. K. (2018) Edible mushrooms: cultivation, bioactive molecules, and health benefits. *Bioactive Molecular Food* **1**: 1–33.

Gutteridge J. M., Halliwell B. (2000) Free radicals and antioxidants in the year 2000: a historical look to the future. *Annals of the New York Academy of Science* **899**: 136–147.

Guzmán G. (2015) New studies on hallucinogenic mushrooms: history, diversity, and applications in psychiatry. *International Journal of Medicinal Mushrooms* **17**: 1019–1029.

Heleno S. A., Barros L., Martins A., Morales P., Fernández-Ruiz V., Glamoclija J., Sokovic M., Ferreira I. C. (2015a) Nutritional value, bioactive compounds, antimicrobial activity and bioaccessibility studies with wild edible mushrooms. *LWT-Food Science and Technology* **63**: 799–806.

Heleno S. A., Barros L., Martins A., Queiroz M. J. R., Morales P., Fernández-Ruiz V., Ferreira I. C. (2015b) Chemical composition, antioxidant activity and bioaccessibility studies in

phenolic extracts of two *Herichium* wild edible species. *LWT-Food Science and Technology* **63**: 475–481.

Hien B. T. T., Tham L. X., Quang D. N. (2013) Cattiens A–C, three novel steroids from the mushroom *Tomophagus cattiensis*. *Fitoterapia* **91**: 125–127.

Ikon G., Udobre E., Etang U., Ekanemesang U., Eban R., Edet U. (2019) Phytochemical screening, proximate composition and antibacterial activity of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* collected from Etim Ekpo in Akwa Ibom state, Nigeria. *Asian Food Science Journal* **6**: 1–10.

Itoh H., Ito H., Hibasami H. (2008) Blazein of a new steroid isolated from *Agaricus blazei* Murrill (himematsutake) induces cell death and morphological change indicative of apoptotic chromatin condensation in human lung cancer LU99 and stomach cancer KATO III cells. *Oncology Reports* **20**: 1359–1361.

Jaworska G., Pogoń K., Bernaś E., Skrzypczak A., Kapusta I. (2014) Vitamins, phenolics and antioxidant activity of culinary prepared *Suillus luteus* (L.) Roussel mushroom. *LWT-Food Science and Technology* **59**: 701–706.

Jeong S. C., Koyyalamudi S. R., Jeong Y. T., Song C. H., Pang G. (2012) Macrophage immunomodulating and antitumor activities of polysaccharides isolated from *Agaricus bisporus* white button mushrooms. *Journal of Medicinal Food* **15**: 58–65.

Kalač P. (2009) Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: a review. *Food Chemistry* **113**: 9–16.

Kalač P. (2013) A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **93**: 209–218.

Kawagishi H., Tonomura Y., Yoshida H., Sakai S., Inoue S. (2004) Orirubenones A, B and C, novel hyaluronan-degradation inhibitors from the mushroom *Tricholoma orirubens*. *Tetrahedron* **60**: 7049–7052.



Khatua S., Paul S., Acharya K. (2013) Mushroom as the potential source of new generation of antioxidant: a review. *Research Journal of Pharmacy and Technology* **6**: 3.

Khatun S., Islam A., Cakilcioglu U., Chatterje N. C. (2012) Research on mushroom as a potential source of nutraceuticals: a review on Indian perspective. *American Journal of Experimental Agriculture* **2**: 47.

Kim Y-W., Kim K-H., Choi H-J., Lee D-S. (2005) Anti-diabetic activity of  $\beta$ -glucans and their enzymatically hydrolyzed oligosaccharides from *Agaricus blazei*. *Biotechnology Letters* **27**: 483–487.

Kim M-Y., Seguin P., Ahn J-K., Kim J-J., Chun S-C., Kim E-H., Seo S-H., Kang E-Y., Kim S-L., Park Y-J. (2008) Phenolic compound concentration and antioxidant activities of edible and medicinal mushrooms from Korea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**: 7265–7270.

Kim K. H., Noh H. J., Choi S. U., Lee K. R. (2012) Isohericenone, a new cytotoxic isoindolinone alkaloid from *Hericium erinaceum*. *The Journal of Antibiotics* **65**: 575.

Kim K. H., Moon E., Choi S. U., Kim S. Y., Lee K. R. (2013) Lanostane triterpenoids from the mushroom *Naematoloma fasciculare*. *Journal of Natural Products* **76**: 845–851.

Kivrak İ., Kivrak Ş., Harmandar M. (2014) Free amino acid profiling in the giant puffball mushroom (*Calvatia gigantea*) using UPLC–MS/MS. *Food Chemistry* **158**: 88–92.

Ko J. L., Hsu C. I., Lin R. H., Kao C. L., Lin J. Y. (1995) A new fungal immunomodulatory protein, FIP-fve isolated from the edible mushroom, *Flammulina velutipes* and its complete amino acid sequence. *European Journal of Biochemistry* **228**: 244–249.

Krupodorova T., Rybalko S., Barshteyn V. (2014) Antiviral activity of Basidiomycete mycelia against influenza type a (serotype H1N1) and herpes simplex virus type 2 in cell culture. *Virologica Sinica* **29**: 284–290.

Kumar K. (2015) Role of edible mushrooms as functional foods—a review. *South Asian Journal of Food Technology and Environment* **1**: 211–218.

Lam S., Ng T. (2001) First simultaneous isolation of a ribosome inactivating protein and an antifungal protein from a mushroom (*Lyophyllum shimeji*) together with evidence for synergism of their antifungal effects. *Archives of Biochemistry and Biophysics* **393**: 271–280.

Leal A. R., Barros L., Barreira J. C., Sousa M. J., Martins A., Santos-Buelga C., Ferreira I. C. (2013) Portuguese wild mushrooms at the “pharma–nutrition” interface: nutritional characterization and antioxidant properties. *Food Research International* **50**: 1–9.

Li C-H., Chen P-Y., Chang U-M., Kan L-S., Fang W-H., Tsai K-S., Lin S-B. (2005) Ganoderic acid X, a lanostanoid triterpene, inhibits topoisomerases and induces apoptosis of cancer cells. *Life Science* **77**: 252–265.

Li Y., Zhang G., Ng T. B., Wang H. (2010) A novel lectin with antiproliferative and HIV-1 reverse transcriptase inhibitory activities from dried fruiting bodies of the monkey head mushroom *Hericium erinaceum*. *BioMed Research International* **2010**: 716515.

Lin C-H., Sheu G-T., Lin Y-W., Yeh C-S., Huang Y-H., Lai Y-C., Chang J-G., Ko J-L. (2010) A new immunomodulatory protein from *Ganoderma microsporum* inhibits epidermal growth factor mediated migration and invasion in A549 lung cancer cells. *Process Biochemistry* **45**: 1537–1542.

Liu J. (1995) Pharmacology of oleanolic acid and ursolic acid. *Journal of Ethnopharmacology* **49**: 57–68.

Liu Q., Wang H., Ng T. (2006) First report of a xylose-specific lectin with potent hemagglutinating, antiproliferative and anti-mitogenic activities from a wild ascomycete mushroom. *Biochimica et Biophysica Acta General Subjects* **1760**: 1914–1919.

Liu C., Zhao F., Chen R. (2010) A novel alkaloid from the fruiting bodies of *Ganoderma sinense* Zhao, Xu et Zhang. *Chinese Chemical Letters* **21**: 197–199.

Liu H-W., Hu L., Zhang A-L., Gao J-M. (2013) Steroids and phenolic constituents from the fruiting bodies of the basidiomycete *Sarcodon joedes*. *Natural Product Research* **27**: 80–84.

Liu J., Du C., Wang Y., Yu Z. (2015) Anti-fatigue activities of polysaccharides extracted from *Hericium erinaceus*. *Experimental and Therapeutic Medicine* **9**: 483–487.

Liu D., Chen Y-Q., Xiao X-W., Zhong R-T., Yang C-F., Liu B., Zhao C. (2019) Nutrient properties and nuclear magnetic resonance-based metabonomic analysis of macrofungi. *Foods* **8**: 397.

Ma G., Yang W., Mariga A. M., Fang Y., Ma N., Pei F., Hu Q. (2014) Purification, characterization and antitumor activity of polysaccharides from *Pleurotus eryngii* residue. *Carbohydrate Polymers* **114**: 297–305.

Mallikarjuna S., Ranjini A., Haware D. J., Vijayalakshmi M., Shashirekha M., Rajarathnam S. (2012) Mineral composition of four edible mushrooms. *Journal of Chemistry* **2013**: 1–5.

Manzi P., Gambelli L., Marconi S., Vivanti V., Pizzoferrato L. (1999) Nutrients in edible mushrooms: an inter-species comparative study. *Food Chemistry* **65**: 477–482.

Manzi P., Pizzoferrato P. (2000) Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chemistry*, **68**: 315-318.

Meng X., Liang H., Luo L. (2016) Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on the structural characteristics, antitumor mechanisms and immunomodulating activities. *Carbohydrate Research* **424**: 30–41.

Meng L., Fu Y., Li D., Sun X., Chen Y., Li X., Xu S., Li X., Li C., Song B. (2019) Effects of corn stalk cultivation substrate on the growth of the slippery mushroom (*Pholiota microspora*). *RSC Advances* **9**: 5347–5353.

Mothana R. A., Jansen R., Jülich W-D., Lindequist U. (2000) Ganomycins A and B, new antimicrobial farnesyl hydroquinones from the basidiomycete *Ganoderma pfeifferi*. *Journal of Natural Products* **63**: 416–418.

Mothana R., Ali N. A., Jansen R., Wegner U., Mentel R., Lindequist U. (2003) Antiviral lanostanoid triterpenes from the fungus *Ganoderma pfeifferi*. *Fitoterapia* **74**: 177–180.

Munoz C., Guillen F., Martinez A., Martinez M. (1997) Induction and characterization of laccase in the ligninolytic fungus *Pleurotus eryngii*. *Current Microbiology* **34**: 1–5.

Neyrinck A.M., Bindels L. B., De Backer F., Pachikian B. D., Cani P. D., Delzenne N. M. (2009) Dietary supplementation with ckitozan derived from mushrooms changes adipocytokine profile in diet-induced obese mice, a phenomenon linked to its lipid-lowering action. *International Immunopharmacology*, **9**: 767–773.

Niedermeyer T. H., Lindequist U., Mentel R., Gördes D., Schmidt E., Thurow K., Lalk M. (2005) Antiviral Terpenoid constituents of *Ganoderma p feifferi*. *Journal of Natural Products* **68**: 1728–1731.

Niu X-M., Li S-H., Sun H-D., Che C-T. (2006) Prenylated Phenolics from *Ganoderma f ornicatum*. *Journal of Natural Products* **69**: 1364–1365.

Okamura K, Kinukawa T, Tsumura Y, Otani T, Itoh T, Kobayashi H, Matsuura O, Kobayashi M, Fukutsu T, Ohshima S (1989) Adjuvant immunochemotherapy: two randomized controlled studies of patients with cervical cancer. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **43**: 177-181.

Olawuyi I .F., Lee W. Y. (2019) Quality and antioxidant properties of functional rice muffins enriched with shiitake mushroom and carrot pomace. *International Journal of Food Science and Technology* **54**: 2321–2328.

Ooi L. S., Ho W-S., Ngai K. L., Tian L., Chan P. K., Sun S. S., Ooi V. E. (2010) Narcissus tazetta lectin shows strong inhibitory effects against respiratory syncytial virus, influenza A (H1N1, H3N2, H5N1) and B viruses. *Journal of Biosciences* **35**: 95–103.

Öztürk M., Tel-Çayan G., Muhammad A., Terzioğlu P., Duru M.E. (2015) Mushrooms: a source of exciting bioactive compounds. *Studies in natural products chemistry* **45**: 363-456

Painuli S., Kumar N. (2016) Prospects in the development of natural radioprotective therapeutics with anti-cancer properties from the plants of Uttarakhand region of India. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine* **7**: 62–68.

Painuli S., Joshi S., Bhardwaj A., Meena R. C., Misra K., Rai N., Kumar N. (2018) In vitro antioxidant and anticancer activities of leaf extracts of *Rhododendron arboreum* and *Rhododendron campanulatum* from Uttarakhand region of India. *Pharmacognosy Magazine* **14**: 294.

Pavithra M., Sridhar K. R., Greeshma A. A. (2018) Fungi and their role in sustainable development. *Food Science and Technology* **21**: 367-382

Pereira E., Barros L., Martins A., Ferreira I. C. (2012) Towards chemical and nutritional inventory of Portuguese wild edible mushrooms in different habitats. *Food Chemistry* **130**: 394–403.

Puri M., Kaur I., Perugini M. A., Gupta R. C. (2012) Ribosome-inactivating proteins: current status and biomedical applications. *Drug Discovery Today* **17**: 774–783.

Quang D. N., Hashimoto T., Arakawa Y., Kohchi C., Nishizawa T., Soma G-I., Asakawa Y. (2006) Grifolin derivatives from *Albatrellus caeruleoporus*, new inhibitors of nitric oxide production in RAW 264.7 cells. *Bioorganic and Medicinal Chemistry* **14**: 164–168.

Rathore H., Prasad S., Sharma S. (2017) Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: a review. *PharmaNutrition* **5**: 35–46.

Reis F. S., Barros L., Martins A., Ferreira I. C. (2012) Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: an inter-species comparative study. *Food and Chemical Toxicology* **50**: 191–197.

Reis F. S., Barros L., Sousa M. J., Martins A., Ferreira I. C. (2014) Analytical methods applied to the chemical characterization and antioxidant properties of three wild edible mushroom species from Northeastern Portugal. *Food Analytical Methods* **7**: 645–652.

Rhee I. K., VAN DE Meent M., Ingkaninan K., Verpoorte R. (2001) Screening for acetylcholinesterase inhibitors from Amaryllidaceae using silica gel thin-layer chromatography in combination with bioactivity staining. *Journal of Chromatography A* **915**: 217–223.

Ribeiro B., Valentão P., Baptista P., Seabra R. M., Andrade P. B. (2007) Phenolic compounds, organic acids profiles and antioxidative properties of beefsteak fungus (*Fistulina hepatica*). *Food and Chemical Toxicology* **45**: 1805–1813.

Ruthes A. C., Smiderle F. R., Iacomini M. (2016) Mushroom heteropolysaccharides: a review on their sources, structure and biological effects. *Carbohydrate Polymers* **136**: 358–375.

Salihović M., Šapčanin A., Pehlić E., Uzunović A., Špirtović-Halilović S., Huremović M. (2019) Amino acids composition and antioxidant activity of selected mushrooms from Bosnia and Herzegovina. *Kemija u industriji: Časopis kemičara i kemijskih inženjera Hrvatske* **68**: 97–103.

Scaglione G. A. W., Maiorana A., Prestileo T. (2017) Cultivation of *Ganoderma lucidum*. *Edible and Medical mushrooms: Technology and Applications* **18**: 385-413.

Semwal P., Painuli S. (2019) Antioxidant, antimicrobial, and GC-MS profiling of *Saussurea obvallata* (Brahma Kamal) from Uttarakhand Himalaya. *Clinical Phytoscience* **5**: 12.

Seo H. W., Hung T. M., Na M., Jung H. J., Kim J. C., Choi J. S., Kim J. H., Lee H-K., Lee I., Bae K. (2009) Steroids and triterpenes from the fruit bodies of *Ganoderma lucidum* and their anti-complement activity. *Archives of Pharmacal Research* **32**: 1573.

Shibata H., Irie A., Morita Y. (1998) New antibacterial diterpenoids from the *Sarcodon scabrosus* fungus. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* **62**: 2450–2452.

Singh S. S., Wang H., Chan Y. S., Pan W., Dan X., Yin C. M., Akkouch O., Ng T. B. (2015) Lectins from edible mushrooms. *Molecules* **20**: 446–469.

Singh J., Sindhu S., Sindhu A., Yadav A. (2016) Development and evaluation of value added biscuits from dehydrated shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *International Journal of Current Research* **8**: 27155–27159.

- Song J., Manir M. M., Moon S. S. (2009) Cytotoxic grifolin derivatives isolated from the wild mushroom *Boletus pseudocalopus* (Basidiomycetes). *Chemistry and Biodiversity* **6**: 1435–1442.
- Srikram A. S., Supapvanich S. (2017) Proximate compositions and bioactive compounds of edible wild and cultivated mushrooms from Northeast Thailand. *Agriculture and Natural Resources* **50**: 432–436.
- Stajic M., Vukojevic J., Knezevic A., Duletic Lausevic S., Milovanovic I. (2013) Antioxidant protective effects of mushroom metabolites. *Current Topics in Medicinal Chemistry* **13**: 2660–2676.
- Tel-Cayan G., Ozturk M., Duru M. E., Turkoglu A. (2017) Fatty acid profiles in wild mushroom species from Anatolia. *Chemistry of Natural Compounds* **53**: 351–353.
- Valverde M. E., Hernández-Pérez T., Paredes-López O. (2015) Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. *International Journal of Microbiology* **2015**: 1–14.
- Vaz J. A., Barros L., Martins A., Santos-Buelga C., Vasconcelos M. H., Ferreira I. C. (2011) Chemical composition of wild edible mushrooms and antioxidant properties of their water soluble polysaccharidic and ethanolic fractions. *Food Chemistry* **126**: 610–616.
- Villares A., Mateo-Vivaracho L., Guillamón E. (2012) Structural features and healthy properties of polysaccharides occurring in mushrooms. *Agriculture* **2**: 452–471.
- Walther B., Sieber R. (2011) Bioactive proteins and peptides in foods. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* **81**: 181.
- Wang H., Ng T. (2001a) Isolation of pleuturigin, a novel ribosome-inactivating protein from fresh sclerotia of the edible mushroom *Pleurotus tuber-regium*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* **288**: 718–721.
- Wang H., Ng T. B. (2001b) Isolation and characterization of velutin, a novel low-molecular-weight ribosome-inactivating protein from winter mushroom (*Flammulina velutipes*) fruiting bodies. *Life Science* **68**: 2151–2158.

Wang H., Ng T. (2006) Purification of a laccase from fruiting bodies of the mushroom *Pleurotus eryngii*. *Applied Microbiology and Biotechnology* **69**: 521–525.

Wang C. R., Xiao J. J., Tian Y., Bao X., Liu L., Yu Y., Wang X. R., Chen T. Y. (2012) Antioxidant and prooxidant effects of lanthanum ions on *Vicia faba* L. seedlings under cadmium stress, suggesting ecological risk. *Environmental Toxicology and Chemistry* **31(6)**: 1355–1362.

Wang X-M., Zhang J., Wu L-H., Zhao Y-L., Li T., Li J-Q., Wang Y-Z., Liu H-G. (2014) A mini-review of chemical composition and nutritional value of edible wild-grown mushroom from China. *Food Chemistry* **151**: 279–285.

Wani B. A., Bodha R., Wani A. (2010) Nutritional and medicinal importance of mushrooms. *Journal of Medicinal Plants Research* **4**: 2598–2604.

Wasser S.P. (2002) Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **60**: 258-274.

Wasser S. P., Weis A. L. (1999) Medicinal properties of substances occurring in higher basidiomycetes mushrooms: current perspectives. *International Journal of Medicinal Mushrooms* **1**: 31–62.

Whittaker R. H. (1969) New Concepts of Kingdoms of Organisms. *Science* **163**: 150-160.

Xu X., Yan H., Chen J., Zhang X. (2011) Bioactive proteins from mushrooms. *Biotechnology Advances* **29**: 667–674.

Yousfi M., Djeridane A., Bombarda I., Duhem B., Gaydou E. M. (2009) Isolation and characterization of a new hispolone derivative from antioxidant extracts of *Pistacia atlantica*. *Phytotherapy Research* **23**: 1237–1242.

Zhang M., Cui S.W., Cheung P.C.K., Wang Q. (2007) Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. *Trends in Food Science & Technology*, **18**: 4-19.



Zang Y., Xiong J., Zhai W-Z., Cao .L, Zhang S-P., Tang Y., Wang J., Su J-J., Yang G-X., Zhao Y. (2013) Fomentarols A–D, sterols from the polypore macrofungus *Fomes fomentarius*. *Phytochemistry* **92**: 137–145.



Izv. Prof. dr. sc. Sunčica Beluhan  
Zavod za biokemijsko inženjerstvo  
Laboratorij za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju slada i piva

Zagreb, 01.09.2012.

### IZJAVA O IZVORNOSTI

Izjavljujem pod moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću da su svi moji radovi na koje se pozivam u postupku izbora/reizbora u znanstveno zvanje, umjetničko-nastavno i znanstveno-nastavno zvanje izvorni rezultat vlastitog rada te da se u izradi istih radova nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njima navedeni.

Ime i prezime pristupnika

Ana Dananić