

## Učinci prerade na bioaktivne spojeve gljiva

### Sažetak

Upotreba gljiva za jelo ima dugu tradiciju, a od davnina gljive su bile poznate kao poslastica, ali i kao lijek. Zapisi o upotrebi gljiva u prehrambene i ljekovite svrhe datiraju još od Hypokrata, grčkog liječnika. Gljive su jedan od važnijih sastojaka u tradicionalnoj medicini zbog svog ljekovitog potencijala i ljekovitih svojstava, a trenutačno su u fokusu brojnih istraživanja zbog svojih terapijskih sposobnosti. Nutritivne prednosti gljiva prvenstveno su vidljive u značajnom izvoru esencijalnih bjelanjčevina, neprobavljivih ugljikohidrata, nezasićenih masti, minerala, kao i raznih vitamina koji su poboljšali njihovu potrošnju, a što je rezultiralo razvojem raznih prerađenih proizvoda od gljiva. Zapisi o nutritivnom, nutriceutskom i terapijskom potencijalu gljiva i njihovoj upotrebi kao funkcionalnoj hrani ukazuju na ogroman potencijal bioaktivnih spojeva prisutnih u gljivama. Buduća istraživanja trebaju biti usmjerena na razvoj procesa prerade uz zadržavanje bioaktivnih komponenti gljiva i valorizaciju otpada koji nastaje tijekom prerade. Također, potrebno je unaprijediti mehanizme djelovanja bioaktivnih komponenti gljiva kako bi se utvrdile njihove različite uloge i funkcije u prevenciji i liječenju bolesti.

**Ključne riječi:** bioaktivne tvari, gljive, nutritivni sastav, prerada, zdravstvena dobrobit

### Uvod

Gljive (makrogljive) poznate su kao vrste koje imaju izraženo plodno tijelo hipogejsko ili epigejsko oblika. Pripadaju pretežno različitim kulinarskim tradicijama, a u mnogim se zemljama svježe i konzervirane vrste gljiva konzumiraju kao poslastica, osobito zbog njihove izražene arome i teksture. Jestive gljive smatraju se visoko nutritivnom hranom s velikom funkcionalnom vrijednošću (Upadhyaya i sur., 2017.). Globalna proizvodnja gljiva porasla je sa 6,90 na 10,24 milijuna tona od 2008. do 2017. (FAO STAT, 2019.). Osim toga, per capita unos kultiviranih jestivih gljiva porastao je s 1,0 na 4,7 kg od 1997. do 2013. (Royse i sur., 2017.), a za koji se očekuje da će se dodatno povećati kako potrošači budu postajali svjesniji prednosti uključivanja gljiva u svoju prehranu (Carrasco i sur., 2018.). Gljive koje se najviše uzgajaju u svijetu su vrste *Agaricus bisporus*, *Flammulina velutipes*, *Lentinula edodes* i *Pleurotus ostreatus*. Navedene vrste se osim za prehranu koriste i zbog svog terapijskog potencijala, zahvaljujući ljekovitim svojstvima uključujući antitumorska, antioksidativna, imunomodulirajuća, kardiovaskularna, antimikrobna, protuupalna, hepatoprotektivna, detoksikacijska i razna druga svojstva (Valverde i sur., 2015). Mogu se koristiti izravno u prehrani ili se pojedinačne frakcije dobivene iz njih mogu konzumirati za promicanje zdravlja i dobrobiti (Rathore i sur., 2019; Roncero-Ramos i sur., 2017). Također, gljive imaju privlačan okus i izgled te dobro izbalansiran nutritivni sastav stoga obuhvaćaju važan dio ljudske prehrane (Yadav i Negi. 2021.). Međutim, gljive su još uvijek nedovoljno iskorišten izvor potencijalno bioaktivnih spojeva. Svježe gljive su lako kvarljive, uzgojene ili samonikle, a kako bi se duže vrijeme mogle koristiti, mogu se konzervirati u odre-

<sup>1</sup> Izv.prof.dr.sc. Ivan Širić - Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska  
<sup>2</sup> Student - Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska  
Autor za korespondenciju: isiric@agr.hr

đene proizvode (Turi, 2011.). Sklone su ubrzo nakon berbe mijenjati boju zbog visoke: transpiracije, enzimatske aktivnosti i gubitka vode. Pri sobnoj temperaturi jako su kratkog vijeka trajanja i moraju se konzumirati u vrlo kratkom roku (Kumar i sur., 2021.). Do propadanja u hladnim uvjetima mogu izdržati 3-7 dana, a tijekom čuvanja postepeno se smanjuje sadržaj proteina i šećera (Sito i sur., 2014.). U tablici 1 prikazani su različiti učinci kuhanja, sušenja zamrzavanja i sl. na nutritivni sastav i bioaktivnost spojeva pojedinih vrsta gljiva. Sadržaj vlage izravno utječe na elemente kvalitete kao što su okus, svježina te učinkovitost skladištenja. Prilikom manjeg postotka vlage u gljivi dolazi do pada kvalitete zbog povećane lignifikacije koja nastupa radi nedostatka vlage i svježine (Furlan, 2021.). Također, prerada gljiva je nužna za održavanje njihove kvalitete, raznolikosti proizvoda te povećanje dostupnosti istih (Yadav i Negi, 2021.). Stoga, cilj ovoga rada je prikazati najvažnije tehnike obrade koje se mogu koristiti te učinke istih na bioaktivne spojeve gljiva, budući da gljive sve više postaju važan proizvod koji promiče zdravlje potrošača.

### Utjecaj prerade na bioaktivne spojeve gljiva

Obrada gljiva započinje pranjem kako bi se uklonilo priljepljeno tlo i blanširanjem kako bi se inaktivirali enzimi. Metode koje teže očuvanju svježine i produljenju roka trajanja uključuju: blanširanje, namakanje u otopini protiv tamnjenja (askorbinska kiselina, limunska kiselina, natrijev metabisulfit). Učinkovite metode prerade gljiva će smanjiti gubitke nakon berbe i doprijeti boljem zadržavanju nutritivne vrijednosti (Yadav i Negi, 2021.). Prilikom termičke obrade kao što je kuhanje, pečenje, sušenje ili konzerviranje mijenja se sastav hlapljivih tvari. Zato se miris kuhanih gljiva razlikuje od sirovih (Sito i sur., 2014.). Najčešće zastupljeni oblici obrade gljiva su sušenje, pasterizacija, sterilizacija, zamrzavanje i salamurenje (Turi, 2011.). U tablici 1. prikazni su učinci različitih tehnika obrade gljiva na njihov nutritivni sastav i zadržavanje bioaktivnih spojeva.

**Tablica 1.** Učinci različitih tehnika obrade na nutritivni sastav i zadržavanje bioaktivnih spojeva u gljivama (Izvor: Kumar i sur. 2021.; Yadav i Negi 2021.)

**Table 1.** Effects of different processing techniques on nutritional composition and retention of bioactive compounds in mushrooms (Source: Kumar et al. 2021.; Yadav and Negi 2021.)

Vrsta gljive	Metode obrade/ skladištenja	Utjecaj na nutritivni sastav (vrijednosti izražene u % su uspoređivane sa gljivama u svježem stanju)
<i>A. bisporus</i>	Zaleđivanje na -25°C, soljenje i konzerviranje na 6 mjeseci	sadržaj proteina smanjen na 24.3 %, 22.2 %, 16.54 % u konzerviranju, zaleđivanju i soljenju, smanjenje aminokiselina (cistein, tirozin, glutamin, alanin) u sva tri tretmana
<i>A. bisporus</i>	Blanširanje na 95 °C, 5 min Blanširanje na 100 °C, 150 s	Smanjenje polisaharida topljivih u vodi (0,4 %) Smanjenje ukupnih fenola (70,38%)
<i>A. bisporus</i>	Skladištenje na 12 °C tijekom 12 dana	Smanjenje šećera ( fruktoza, manitol), povećanje slobodnih aminokiselina sa 77.92 na 140.57 g/kg
<i>Flammulina velutipes, Pleurotus citrinopileatus</i>	Sušenje toplim zrakom na 18 °C, 96 h	Smanjenje ergotioneina za 11.85 % ( <i>P. Citrinopileatus</i> ) i 33.33 % ( <i>F. Velutipes</i> )

Vrsta gljive	Metode obrade/ skladištenja	Utjecaj na nutritivni sastav (vrijednosti izražene u % su uspoređivane sa gljivama u svježem stanju)
<i>P. ostreatus</i>	Sušenje u pećnici na 60 °C dok se ne dobije konstantna težina, blanširanje na 88 °C 1 minutu, salamurenje (25 % otopina soli) na 30-60 min	Udio proteina se smanjio, ugljikohidrati se povećali nakon sušenja u pećnici. Prilikom salamurenja i blanširanja smanjuje se količina proteina, masti, ugljikohidrata
<i>P. ostreatus</i>	Zamrzavanje 12 mjeseci	Smanjuje se količina aminokiselina kao što su alanin, glicin, histidin, treonin, serin, metionin
<i>P. ostreatus</i>	Mikrovalna obrada i prženje	Prilikom mikrovalne obrade smanjenje Fe, Zn, Mn, Ca, Cu, povećanje Fe prilikom prženja
<i>A.bisporus</i> , <i>L.edodes</i> , <i>P.ostreatus</i>	Kuhanje na 10 min	Povećanje β-glukana za 31.4 % ( <i>A. bisporus</i> ), 23,2 % ( <i>L. edodes</i> ) i 6 % u <i>P. Ostreatus</i>
<i>L.edodes</i>	Sušenje vrućim zrakom, 20 h, 100 °C	Smanjenje ergosterola (7,93 %) i eritadenina (21,7 %)
<i>Amanita zambiana</i>	Prženje, grijanje pomoću mikrovalne, kuhanje, sušenje	Prženje je povećalo sadržaj proteina, lipida, ugljikohidrata. Grijanje u mikrovalnoj povećalo je količinu proteina i ugljikohidrata, dok je kuhanje povećalo samo ugljikohidrate i smanjilo sadržaj fenola. Sušenje je povećalo proteine, ugljikohidrate i fenolne spojeve
<i>L.edodes</i> , <i>A.bisporus</i> , <i>Peryngii</i> i <i>P.ostreatus</i>	Roštiljanje, 6 min, 100 °C	Smanjenje eritadenina (79,4 %) nakon 5 min u <i>A. bisporus</i> . Povećanje β-glukana za: 10,9 % ( <i>A.bisporus</i> ), 6,1 % ( <i>L.edodes</i> ), 5,7 % ( <i>P.ostreatus</i> ). Smanjenje za 5,2 % u <i>P. Eryngii</i>
<i>A.bisporus</i>	Krčkanje, Repičino ulje (10 %) i NaCl (0,5 %), 10 min	Smanjenje ukupnih fenola (37,89 %) Smanjenje ukupnih flavonoida (62,68 %)
<i>P.ostreatus</i>	Krčkanje, Repičino ulje (10 %) i NaCl (0,5 %), 10 min	Smanjenje ukupnih fenola (65,15 %) Smanjenje ukupnih flavonoida (44,12 %)

## Pranje

Dugotrajno skladištenje gljiva na sobnoj temperaturi dovodi do gubitka svježine i propadanja. Pranje u vodi je neophodno sa higijenskog stajališta, ali može pogoršati stanje osjetljivih staničnih membrana što uzrokuje tamnjenje. Međutim, kako bi se spriječili takvi neželjeni procesi, u industriji se primjenjuju otopine za ispiranje koje imaju antimikrobna svojstva i umanjuju tamnjenje gljiva (Marcal i sur., 2021). Sukladno navedenom, primjena limunske kiseline i hidrogen peroksida pri uzgoju šampinjona *Agaricus bisporus* imala je pozitivan utjecaj na smanjenje: stope respiracije, gubitka mase, diskoloracije, a sveobuhvatno gledano poboljšava kvalitetu gljiva kao proizvoda (Lagnika i sur., 2014). Također, pranje u natrijevom metabisulfitu i premazivanje tragakant gumom kod *Agaricus bisporus* rezultiralo je dugotrajnijim zadržavanjem vitamina C i fenolnih spojeva (Nasiri i sur., 2018).

## Zračenje

Za zračenje gljiva koriste se različite metode, a najviše se upotrebljavaju: gama zračenje, elektronski snop i UV zračenje. Zračenje se koristi kako bi se smanjio broj bakterija i gljivica te povećala higijenska ispravnost proizvoda. Upotrebljava se za sterilizaciju površine gljiva,

a uspješnost ovisi o jačini korištenog zračenja. Kvalitativna i kvantitativna redukcija mikroorganizama zračenjem, svježim gljivama produljuje rok trajanja pri zračenju od 10 kGy, a što je dozvoljeno od Svjetske zdravstvene organizacije (Mami i sur., 2014.). Osim što zračenje služi za sterilizaciju gljiva, smanjuje i proces tamnjenja te propadanja gljiva. U kombinaciji sa drugim inovativnim procesima obrade može doprinjeti očuvanju nutritivnih vrijednosti gljiva (Kumar i sur., 2021.).

Nadalje, UV zračenje općenito povećava hranjivu vrijednost gljiva povećanjem koncentracije vitamina D (Salemi i sur., 2021.). Fotokemijski proces u kojem se ergosterol katalizira UV zrakama iz sunčeve svjetlosti u vitamin D<sub>2</sub> dovodi do proizvodnje vitamina D u gljivama (Taofiq i sur., 2017.). *Pleurotus* spp vrste gljiva podvrgnute UV-B zračenju (0,259 J/cm<sup>2</sup> pokazale su povećanje razine vitamina D za 438–530% (Yadav i Negi, 2021) lako UV zračenje može uzrokovati nutritivne gubitke, gljive podvrgnute zračenju predstavljaju vegansku zamjenu ili zamjenu za laktozu te mogu biti privlačna alternativa bez mliječnih proizvoda. Utjecaj zračenja na razne vrste gljiva prikazan je u tablici 2. UV zračenje poboljšava nutritivnu vrijednost gljiva tako što potiče proces pretvorbe ergosterola u vitamin D.

**Tablica 2.** Utjecaj tretmana zračenjem na sastav jestivih gljiva (Izvor: Kumar i sur. 2021.)

**Table 2.** The influence of radiation treatment on the composition of edible mushrooms (Source: Kumar et al. 2021)

Vrsta gljiva	Vrsta zračenja	Saznanja
Svježe <i>Lentinula edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Agaricus bisporus</i>	Ultraljubičasto-A (valne duljine 315-400 nm), ultraljubičasto-B (290-315 nm), ultraljubičasto-C (190-291 nm) na 1 h	Povećanje količine vitamina D <sub>2</sub>
6 vrsta iz rodova <i>Agaricus</i> , <i>Auricularia</i> , <i>Agrocybe</i> , <i>Lentinula</i> , <i>Hypsizygus</i> , <i>Pholiota</i> i 5 vrsta iz roda <i>Pleurotus</i> genus	Ultraljubičasto-B na 2 h	Povećanje vitamina D <sub>2</sub> i antioksidacijske aktivnosti
<i>Macrolepiota prolera</i>	γ-zračenje (0,5 i 1 kGy)	Na miševima uočeno povećanje količine vitamina D <sub>2</sub> i čvrstoće kostiju te osteoblast stanica, a smanjenje količine osteoklast stanica
<i>Lentinula edodes</i>	γ-zračenje (1 kGy)	Povećanje sadržaja fenolnih spojeva i antioksidacijske aktivnosti
<i>Agaricus bisporus</i>	γ-zračenje	Povećanje sadržaja fenolnih spojeva i fenilalanin amonij-liaze
<i>Agaricus bisporus</i>	γ-zračenje (1, 3, 5 kGy)	Zračenje je značajno smanjilo koncentraciju gvanozin 5'-difosfata (22 %) i adenozin 5'-monofosfata (AMP) (46 %)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Co <sup>60</sup> γ-zračenje	Povećanje fenolnih spojeva, flavonoida i antioksidacijske aktivnosti
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Ultraljubičasto-B osvjetljenje sa intenzitetom svjetla 310 - 320 nm i 11.5 W/m <sup>2</sup> na 60 min, 20 °C	Akumulacija vitamina D <sub>2</sub> > 100μg. Povećanje količine lumisterola i tahisterola
<i>Pleurotus ostreatus</i>	λ-zračenje od 1 do 6 kGy	Povećan antioksidativni potencijal, higijenska ispravnost. Produljen rok trajanja. Povećan sadržaj proteina, ugljikohidrata i glukana λ

## Sušenje

Dehidracija ili sušenje primarna je metoda pripreme mnogih proizvoda uključujući gljive (Yadav i Negi, 2021.). Može se reći kako je to najstariji i najjednostavniji način čuvanja gljiva. Tijekom sušenja zbivaju se različite promjene u teksturi i kemijskom sastavu gljiva (Turi, 2011.). Ova tehnika ima za cilj minimalizirati sadržaj vlage što limitira mikrobnu poliferaciju, enzimske reakcije i produžuje vijek skladištenja (Xu i sur., 2019). Prilikom sušenja udio vode sa 90 % smanjuje se na otprilike 10–12 %. Sušene gljive imaju ugodnu aromu i hrskavost, a na kvalitetu suhih gljiva utječu boja, okus, tekstura, stopa rehidracije i zadržavanje nutritivnih komponenti (sadržaj bjelančevina i ugljikohidrata) nakon sušenja (Xu i sur., 2019). Kako bi se navedene karakteristike ostvarile važni su i tretmani koji prethode sušenju. Takav primjer je blanširanje koje također može poboljšati kvalitetu i produljiti rok trajanja. Najprikladnije vrste za sušenje su: *Boletus edulis*, *Gyromitra esculenta* i *Morchella esculenta* (Turi, 2021.). Oblici sušenja gljiva kao što su: prirodno sušenje na zraku, sušenje na suncu, sušenje na vrućem zraku, sušenje u tankom sloju, sušenje u vakumu, sušenje u mikrovalnoj pećnici, sušenje u vakuumu u mikrovalnoj pećnici, kao i mješavina tehnologija koje su eksperimentirane, bitni su za povećanje kvalitete i učinkovitosti sušenja jestivih gljiva (Hu i sur., 2020). Međutim, vrste samoniklih jestivih gljiva kao što su: mliječnice, gnojištarke, puhare te gljive koje su u prirodi ubrane za vrijeme jakih kiša nisu pogodne za proces sušenja. Gljive su izuzetno osjetljive na visoke temperature zato odabir pravog načina sušenja može biti od ključne važnosti (Sito i sur., 2014). Također, sušenjem se smanjuje udio vitamina C, ali se povećava sadržaj kalija, željeza i magnezija. Sadržaj lipida, ugljikohidrata te spojeva sa dušikom ovisi od vrste do vrste, a što je prikazano u tablici 3.

**Tablica 3.** Količina određenih sastojaka u sušenim gljivama (u 100 g suhe tvari) (Izvor: Turi, 2011.)

**Table 3.** Amount of certain ingredients in dried mushrooms (in 100 g of dry matter) (Source: Turi, 2011.)

Sastojak	Vrsta gljive		
	<i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Agaricus bisporus</i>	<i>Lentinula edodes</i>
Voda	3,9-10,8	3,9	6,6-11,2
Ukupni ugljikohidrati (g)	19,2	X	30,4-38,2
Masti (g)	4,2-6,9	2,7	1,3-38,2
Ukupni dušik (g)	3,3-4,0	6,5	4,0-4,5
Proteini (g)	2,0-2,2	3,8	2,2-2,6
Pepeo (g)	6,6-7,4	10,4	4,2-6,5
P (mg)	496	X	281-497
Ca (mg)	47,7-56,5	30,9	2,8-79,7
Mg (mg)	83,6	84,9	43,7-77,7
Fe (mg)	2,0-33,5	4,1	6,6-25,3
Cu (mg)	2,2-55,8	8,4	3,3-5,8

Na tržište sušene gljive dolaze: cijele ili izrezane na komade (komadi moraju biti dovoljno veliki kako bi se uspješno odredila vrsta sušene gljive kao što je prikazano na slici 1.), zatim kao krupica (sušene gljive dobivene prekrupljavanjem) i mljevene (prah od gljiva). Prah služi kao način za jela, može sadržavati više vrsta gljiva, ali i povrće što daje posebnu aromu. U takvu svrhu najviše se koriste: smrčci, šampinjoni, sunčanice, panjevčica, grmača (Turi, 2011.).



**Slika 1.** Sušeni šampinjoni – *Agaricus bisporus*  
Izvor: <https://www.agroklub.com/>



**Slika 2.** Sušena bukovača - *Pleurotus ostreatus*  
Izvor: <https://www.haotianfoods.com/>

Najbolji pristup sušenju gljiva ima za cilj smanjiti vrijeme sušenja i količinu utrošene energije, jer se na taj način smanjuje trošak sušenja uz postizanje željene kvalitete konačnog proizvoda. Metoda i trajanje sušenja određuju boju, teksturu, okus i nutritivnu vrijednost proizvoda. Neke od tehnika sušenja su: prirodno sušenje suncem, liofilizacija, sušenje vrućim zrakom, vakuumsko sušenje, sušenje u mikrovalnoj, vakuumsko sušenje u mikrovalnoj, osmotska dehidracija (Marcal i sur., 2021.). Biodostupnost fenola bukovače najviša je u vakuumski osušenom prahu (Ucar i Karadag, 2019), a navedeno objašnjavaju zbog promjenjivog utjecaja metoda sušenja na mikrostrukturu gljiva, što utječe na njezinu želučanu razgradnju i na apsorpciju bioaktivnih spojeva i hranjivih tvari. Nadalje, prilikom vakuumskog sušenja Shii-take gljive (*Lentinula edodes*) denaturacija proteina bila je minimalizirana upotrebom niskih temperatura, koje također pomažu boljem zadržavanju vitamina D i B<sub>12</sub> (Tian i sur., 2016.). Međutim, sušenjem gljive Shii-take (*Lentinula edodes*) nastaju mnoge hlapljive tvari koje doprinose aromi. Kemijskom analizom utvrđeno je da se miris sušene gljive sastoji od mješavine 53 hlapiva spoja. Gljive Shii-take posjeduju velike količine 5'-nukleotida koji poboljšavaju okus hrani (182-235 μmol/100 g svježe mase). U suhim gljivama sadržaj je dvostuko veći nego u svježim. Procesom sušenja Shii-take produljuje se trajnost i razvija posebna aroma. Glavni sastojak odgovoran za aromu je gvanin, a iz 1 kg sušenih gljiva može ga se dobiti 1-2 mg. Kako bi se očuvao miris i okus Shiitake sušenje se provodi u posebnim sušionicama velikog kapaciteta (Turi, 2011.).

Nadalje, vrsta *Agaricus bisporus* sušena je pomoću tri različite metode, a to su: sušenje u mikrovalnoj, mikrovalno-vakuumsko sušenje i samo vakuumsko sušenje. Uspoređivale su se količine vitamina D<sub>2</sub> nakon sve tri tehnike te je ustanovljeno kako se sadržaj vitamina najmanje smanjio prilikom tehnike mikrovalno-vakuumskog sušenja. Naime smanjenje vitamina D<sub>2</sub> kod mikrovalnog sušenja (u usporedbi sa gljivama u svježem stanju) iznosilo je 32,62 %, kod vaku-

umskog sušenja 18,24 %, a mikrovalno-vakuumskog 15,11 % (Yadav i Negi, 2021.). Najkomercijalnije vrste gljiva *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* sušene su u trajanju od 20 h, sa početnom temperaturom 40 °C i finalnom 60 °C. Tretman koji je prethodio sušenju je UV zračenje. Nakon sušenja u vrsti *Agaricus bisporus* zabilježen je rast vitamina D<sub>2</sub> za 9 % u odnosu na svježe, dok je kod *Pleurotus ostreatus* i *Lentinula edodes* zabilježen pad od 0,5 % i 10,67 % (Yadav i Negi, 2021.). Također, pri sušenju vrste *Pleurotus ostreatus* (slika 2.) podizanjem temperature sušenja rastao je i indeks tamnjenja. Pri temperaturi od 45 °C porast je bio 97 % u odnosu na gljivu u svježem stanju. Pri temperaturi 55 °C povećao se na 107 %, a na 65 °C iznosio je 111 % (Yadav i Negi, 2021.).

### Zamrzavanje

Gljive sadržavaju više od 90 % vode te je zamrzavanje jedna od najučinkovitijih metoda produljenja roka trajanja i jedna od najboljih metoda zadržavanja mirisa, okusa, boje i nutritivnih vrijednosti (Marcal i sur., 2021). Za zamrzavanje upotrebljavaju se svježe gljive visoke kvalitete. Vrsta gljive koja se danas najviše zamrzava u prehrambenoj industriji su svakako šampinjoni. Osim šampinjona često se zamrzavaju shiitake i vrganji. Zamrzavanje prethodi čišćenju od tla i drugih nečistoća, najčešće pranjem vodom sa razinom klora do 50 ppm. Tijekom pranja ispiru se u vodi topljivi fenolni spojevi te voda od pranja može imati crvenu boju. Također prije zamrzavanja gljive se kratko blanširaju kako bi se smanjio broj mikroorganizama (Turi, 2011.). Nakon skladištenja u zamrzivaču od šest mjeseci vrsta *A. bisporus* pokazala je bolje zadržavanje hranjivih tvari u odnosu na metode soljenja i konzerviranja. Utvrđeno je da *A. bisporus* ima najniži sadržaj bjelančevina (16,5 g/100 g) nakon soljenja, a okus (5'-nukleotidi) bio je visok u procesu smrzavanja (6,22 mg/g) u usporedbi sa soljenjem (1,71 mg/g) i konzerviranjem (2,83 mg/g) (Liu i sur., 2014.). Sadržaj ukupnih ugljikohidrata, bjelančevina, vitamina, masti i pepela u *A. bisporus* nije bio pod utjecajem smrzavanja; međutim, vitamini B1, B2, B6, askorbinska kiselina, karoten, likopen i tokoferol značajno su smanjeni tijekom zamrzavanja i skladištenja u zamrzivaču (Bernas i Jaworska, 2016.). Gljive kao i ostale namirnice potrebno je naglo zamrznuti. Time se onemogućuje stvaranje većih kristala leda koji izazivaju kidanje stanica u tkivu gljiva koje dovodi do pojave da su gljive nakon odmrzavanja ljigave (Mužić i Božac, 1997.). Najčešće se brzo zamrzavanje odvija na temperaturama od -25 °C do -30 °C, zato što na tim temperaturama ne dolazi do promjena u sastavu hlapljivih komponenti koje su zaslužne za dobar okus i miris gljiva. Zadovoljavajući rezultati postižu se i primjenom kriogenskih metoda koje omogućuju dobru kvalitetu, jer gljive zadržavaju konzistenciju, miris i aromu. Provođe se upotrebom tekućeg dušika na temperaturama od -80 °C do -100 °C u trajanju 5 - 6 minuta (Turi, 2011.). Kako je već otprilike spomenuto da zamrzavanje daje proizvod visoke kvalitete, navedena tehnika je troškovno zahtjevnija što ograničava njenu upotrebu (Kumar i sur., 2021.).

### Konzerviranje

Metoda konzerviranja uključuje korištenje salamure, octa, ulja ili marinade za očuvanje gljiva. Svježe gljive se čiste, sortiraju, blanširaju i pune u posude slanom otopinom ili octom i ispuhuju radi uklanjanja zraka nakon čega slijedi toplinska sterilizacija prije skladištenja ili konzumiranja. Iako su ključni za održavanje produljenog vijeka trajanja, blanširanje i sterilizacija su energetski intenzivni procesi koji zahtijevaju visoku potrošnju vode u konzerviranju gljiva (Paudel i sur., 2017.). Također je utvrđeno da se tijekom konzerviranja topljivi dušikovi spojevi mogu isprati iz otopine salamure, što uzrokuje smanjenje sadržaja aminokiselina u vrste *A. bisporus* (2-16 %) i *B. edulis* (3-24 %). (Jaworska i sur., 2011.). Osim toga, proces konzerviranja značajno je utjecao na nehlapljive spojeve šampinjona (Chiang i sur., 2006.).

### Kiseljenje

Kiseljenje je stara kulinarska tehnika koja podrazumijeva čuvanje hrane najčešće u vinskom

octu. Kiselenje je bilo esencijalni proces koji se prakticirao u svim kulturama i zajednicama diljem svijeta. Podrazumijeva čuvanje prehrambenih proizvoda u tekućini s visokom koncentracijom kiseline. Postupak kiseljenja izaziva fermentaciju koja stvara blagi okus te tako poboljšava aromu gljiva (Chakraborty i Roy, 2018). Gljive se u octu mogu čuvati 6 mjeseci pa do 2 godine. Koliko dugo će ukiseljene gljive moći ostati upotrebljive ovisi o koncentraciji octa koja će se primjeniti. Za kiseljenje su pogodne brojene vrste gljiva (Mužić i Božac, 1997.).

### Pakiranje

Jedna od najvažnijih strategija za održavanje kvalitete i produljenje roka trajanja gljiva moglo bi biti korištenje odgovarajuće ambalaže. Kvaliteta skladištenih gljiva ovisi o postupku pakiranja. Vrijeme skladištenja se može produljiti pakiranjem gljiva u vakumu ili u modificiranoj atmosferi. Upotreba pakiranja u modificiranoj atmosferi (MAP) za regulaciju fizioloških učinaka i mikrobiološke proliferacije u gljiva je jednostavna i isplativa tehnologija (Gholami i sur., 2017.; Zhang i sur., 2018). Materijali za pakiranje, temperatura skladištenja, vlažnost, sastav plina i površina pakiranog proizvoda utječu na učinkovitost skladištenja MAP-a (Zhang i sur., 2018.). Nizak sadržaj O<sub>2</sub> (2-10 %) i minimalni sadržaj CO<sub>2</sub> (<5%) mogu odgoditi disanje gljive, očuvati fiziološka svojstva uključujući promjene boje i teksture te spriječiti aktivnost mikroba. Atmosfera koja sadrži 5 % CO<sub>2</sub> i 1 % O<sub>2</sub> omogućava čuvanje gljiva do pet tjedana na 0 °C (Turi, 2011.). Nadalje, Kumar i sur. (2021.) navode kako je provedeno istraživanje na šampinjonima tretiranjem visokom količinom CO<sub>2</sub> (95-100 %) tijekom pakiranja u trajanju od 12 h. Istraživanjem je ustanovljeno kako je visok udio CO<sub>2</sub> smanjio tamnjenje, povećao antioksidacijski potencijal gljive te održao kvalitetu i okus gljiva. Razni materijali za pakiranje koji se koriste za gljive uključuju PVC foliju, plastičnu foliju, poli(mliječnu kiselinu)/poli(-kaprolakton) kompozitnu foliju i papire obložene pšeničnim glutenom. Materijali za pakiranje gljiva biraju se na temelju temperature skladištenja (u hladnjaku ili na sobnoj temperaturi), oblika (rezani ili cijeli) i tehnike pakiranja (MAP-a) (Gholami i sur., 2017; Marçal i sur., 2021).

### Zaključak

Gljive su značajan izvor proteina, vitamina, aminokiselina, vlakana, fenolnih kiselina, tokofeola i terpena. Sadrže različite arome te su pogodne za pripremu raznih jela. Međutim jedan od nedostataka je njihov kratak rok uporabe. Tehnike prerade gljiva koje produljuju rok upotrebe neophodne su kako bi se održala dostupnost i raznolikost proizvoda na tržištu. Različiti načini dorade gljiva imaju utjecaj na bioaktivne spojeve koji su ključni za ljekovita svojstva gljiva. Potrebno je težiti tehnikama obrade koje će uspješno očuvati, a po mogućnosti i poboljšati nutritivnu vrijednost gljiva. Neki od primjera povećanja nutrijenata u gljivama su izlaganje sunčevoj svjetlosti koje uzrokuje povećanje sadržaja vitamina D. Zatim zračenje doprinosi povećanju: antioksidacijskog potencijala, fenolnih spojeva, sadržaja proteina i ugljikohidrata u pojedinim vrstama gljiva. Sušenje može povećati sadržaj kalija, željeza i magnezija. Gljive se prerađuju sa mnogim prehrambenim proizvodima te obogaćuju njihovu nutritivnu vrijednost. Najčešći prehrambeni proizvodi sa dodanom vrijednošću na bazi gljiva su: juhe, kruh, razne grickalice, umaci, začini itd. Proizvodnja navedenih proizvoda povećava potražnju gljiva na tržištu što dovodi do širenja uzgoja i sve učestalijoj primjeni gljiva u ljudskoj prehrani. Uzgoj gljiva većinom se odvija u zatvorenim prostorima što uvelike olakšava proizvodnju, jer je proces manje ovisan o vremenskim uvjetima. Podloga za uzgoj gljiva također igra važnu ulogu u nutritivnom i ljekovitom sastavu vrsta koje se na njoj uzgajaju. Stalnim usavršavanjem tehnika uzgoja, skladištenja i obrade gljiva, uspješnije će se iskoristiti nutritivne vrijednosti i ljekovita svojstva istih.

**Napomena:** Rad je izvod iz diplomskog rada studentice Ivane Troskot Vugrenić, mag.agr., naslova: „Bioaktivni spojevi gljiva: ljekovita svojstva i učinci prerade“.



## Literatura

- Bernas, E., Jaworska, G. (2016). Vitamins profile as an indicator of the quality of frozen *Agaricus bisporus* mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.03.002>
- Božac R., Mužić, S. (1997) *Kuhanje i ljekovitost gljiva*. Zagreb: Školska knjiga.
- Carrasco, J., Zied, D.C., Pardo, J.E., Preston, G.M., Pardo-Gimenez, A. (2018) Supplementation in mushroom crops and its impact on yield and quality. *AMB Express*, 8 (1), 1–9. DOI: <https://10.1016/j.retrec.2018.05.008>
- Chakraborty, R., Roy, S. (2018) Exploration of the diversity and associated health benefits of traditional pickles from the Himalayan and adjacent hilly regions of Indian subcontinent. *Journal of Food Science and Technology*, 55 (5), 1599–1613. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3080-7>
- Chiang, P.D., Yen, C.T., Mau, J. L. (2006) Non-volatile taste components of canned mushrooms. *Food Chemistry*, 97 (3), 431–437. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.021>
- FAO STAT (2019). Mushrooms and Truffles.
- Furlan, Ž. (2021). Pozitivni učinci jestivih i ljekovitih gljiva. Diplomski rad: Sveučilište u Zagrebu.
- Gholami, R., Ahmadi, E., Farris, S. (2017) Shelf life extension of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) by low temperatures conditioning, modified atmosphere, and nanocomposite packaging material. *Food Packaging and Shelf Life*, 14, 88–95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.001>
- Hu, S., Feng, X., Huang, W., Ibrahim, S. A., Liu, Y. (2020) Effects of drying methods on non-volatile taste components of *Stropharia rugoso-annulata* mushrooms. *LWT-Food Science and Technology*, 127, 109428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109428>
- Jaworska, G., Bernas, E., Mickowska, B. (2011) Effect of production process on the amino acid content of frozen and canned *Pleurotus ostreatus* mushrooms. *Food Chemistry*, 125 (3), 936–943. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.084>
- Kumar, K., Mehra, R., Guiné, R.P., Lima, M.J., Kumar, N., Kaushik, R., Kumar, H. (2021) Edible Mushrooms: A Comprehensive Review on Bioactive Compounds with Health Benefits and Processing Aspects. *Foods*, 10 (12), 2996. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10122996>
- Lagnika, C., Zhang, M., Nsor-Atindana, J., Bashari, M. (2014) Effects of ultrasound and chemical treatments on white mushroom (*Agaricus bisporus*) prior to modified atmosphere packaging in extending shelf-life. *Journal of Food Science and Technology*, 51 (12), 3749–3757. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0904-8>
- Liu, Y., Huang, F., Yang, H., Ibrahim, S.A., Wang, Y.F., Huang, W. (2014) Effects of preservation methods on amino acids and 5'-nucleotides of *Agaricus bisporus* mushrooms. *Food Chemistry*, 149, 221–225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.142>
- Mami, Y., Peyvast, G., Ziaie, F., Ghasemnezhad, M., Salmanpour, V. (2014) Improvement of shelf life and postharvest quality of white button mushroom by electron beam irradiation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38 (4), 1673–1681. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12129>
- Marçal, S., Sousa, A. S., Taofiq, O., Antunes, F., Morais, A.M., Freitas, A.C., Pintado, M. (2021) Impact of postharvest preservation methods on nutritional value and bioactive properties of mushrooms. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 418–431. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.007>
- Nasiri, M., Barzegar, M., Sahari, M.A., Niakousari, M. (2018) Application of Tragacanth gum impregnated with *Satureja khuzistanica* essential oil as a natural coating for enhancement of postharvest quality and shelf life of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 218–226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.08.003>
- Paudel, E., Van der Sman, R.G., Westerik, N., Ashutosh, A., Dewi, B.P., Boom, R.M. (2017) More efficient mushroom canning through pinch and exergy analysis. *Journal of Food Engineering*, 195, 105–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.09.021>
- Rathore, H., Sehwal, S., Prasad, S., Sharma, S. (2019) Technological, nutritional, functional and sensorial attributes of the cookies fortified with *Calocybe indica* mushroom. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13 (2), 976–987. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-018-0012-1>
- Roncero-Ramos, I., Mendiola-Lanao, M., Perez-Clavijo, M., Delgado-Andrade, C. (2017) Effect of different cooking methods on nutritional value and antioxidant activity of cultivated mushrooms. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 68 (3), 287–297. DOI: <https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1244662>
- Royse, D. J., Baars, J., Tan, Q. (2017) Current overview of mushroom production in the world. *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications*, 5–13.
- Salemi, S., Saedisomeolia, A., Azimi, F., Zolfigol, S., Mohajerani, E., Mohammadi, M., Yaseri, M. (2021) Optimizing the production of vitamin D in white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) using ultraviolet radiation and measurement of its stability. *LWT-Food Science and Technology*, 137, 110401. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110401>
- Sito, S., Grubar, M., Šket, B., Koren, M., Džaja, V., Maletić, I. (2014) Sušenje gljiva. *Glasnik zaštite bilja*, 37 (5), 38–42.
- Taofiq, O., Fernandes, A., Barros, L., Barreiro, M.F., Ferreira, I.C. (2017) UV-irradiated mushrooms as a source of vitamin D2: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 70, 82–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.008>
- Tian, Y., Zhao, Y., Huang, J., Zeng, H., Zheng, B. (2016) Effects of different drying methods on the product quality and volatile compounds of whole shiitake mushrooms. *Food Chemistry*, 197, 714–722. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.029>
- Turi, J. (2011). *Proizvodni od gljiva*. Završni rad: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
- Ucar, T. M., Karadag, A. (2019) The effects of vacuum and freeze-drying on the physicochemical properties and in vitro digestibility of phenolics in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, 2298–2309. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00149-w>
- Upadhyaya, J., Raut, J.K., Koirala, N. (2017) Analysis of nutritional and nutraceutical properties of wild-grown mushrooms of Nepal. *Microbiology*, 2 (3), 136–145. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00149-w>
- Valverde, M.E., Hernandez-Perez, T., Paredes-Lopez, O. (2015) Edible mushrooms: Improving human health and

- promoting quality life. *International Journal of Microbiology*, 2 (15), 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/376387>
- Xu, L., Fang, X., Wu, W., Chen, H., Mu, H., Gao, H. (2019) Effects of high-temperature pre-drying on the quality of air-dried shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*). *Food Chemistry*, 285, 406–413. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.179>
- Yadav D., Negi P.S. (2021) Bioactive components of mushrooms: Processing effects and health benefits. *Food Research International*, 148, 110599. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110599>
- Zhang, K., Pu, Y.Y., Sun, D.W. (2018) Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A review. *Trends in Food Science and Technology*, 78, 72–82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.012>

Prispjelo/Received: 29.8.2022.

Prihvaćeno/Accepted: 19.9.2022.

Review paper

## Processing effects on bioactive compounds in mushrooms

### Abstract

*The use of mushrooms as food has a long tradition, and since ancient times mushrooms have been known as a delicacy, but also as a medicine. Records of the use of mushrooms as food and for medicinal purposes date back to the Greek physician Hippocrates. Mushrooms are one of the most important ingredients in traditional medicine due to their healing potential and medicinal properties, and are currently the focus of much research due to their therapeutic capabilities. The nutritional benefits of mushrooms are mainly evident in the significant source of essential proteins, indigestible carbohydrates, unsaturated fats, minerals, as well as various vitamins that enhanced their consumption, leading to the development of various processed mushroom products. The record of the nutritional, nutraceutical, and therapeutic potential of mushrooms and their use as functional foods indicates the enormous potential of the bioactive compounds contained in mushrooms. Future research should focus on the development of the processing process while retaining the bioactive components of mushrooms and the utilisation of the wastes generated during processing. It is also necessary to improve the mechanisms of action of the bioactive constituents of mushrooms to determine their various roles and functions in the prevention and treatment of diseases.*

**Keywords:** bioactive components, mushrooms, nutritional composition, processing, health benefits