Utjecaj supstrata na dinamiku prinosa i sadržaj Pb, Cd, Fe i Zn u plodu šampinjona Agaricus bisporus

Romanjek Fajdetić, Nataša

Doctoral thesis / Disertacija

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:582881

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Image not found or type unknown

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Nataša Romanjek Fajdetić, dipl. ing.

UTJECAJ SUPSTRATA NA DINAMIKU PRINOSA I SADRŽAJ Pb, Cd, Fe i Zn U PLODU ŠAMPINJONA (*Agaricus bisporus*)

DOKTORSKI RAD

Osijek, 2014.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Nataša Romanjek Fajdetić dipl.ing.

UTJECAJ SUPSTRATA NA DINAMIKU PRINOSA I SADRŽAJ Pb, Cd, Fe i Zn U PLODU ŠAMPINJONA (*Agaricus bisporus)*

-Doktorski rad-

Osijek, 2014.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Nataša Romanjek Fajdetić dipl.ing.

UTJECAJ SUPSTRATA NA DINAMIKU PRINOSA I SADRŽAJ Pb, Cd, Fe, Zn U PLODU ŠAMPINJONA (*Agaricus bisporus)*

-Doktorski rad -

Mentor: doc. dr. sc. Brigita Popović

Povjerenstvo za ocjenu:

1. **prof. dr. sc. Zdenko Lončarić, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, predsjednik**
2. **dr. sc. Brigita Popović, docent Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, mentor i član**
3. **prof. dr. sc. Nada Parađiković, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, komentor i član**
4. **dr. sc. Tomislav Vinković, docent Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, zamjenski član**

Osijek, 2014.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Nataša Romanjek Fajdetić dipl.ing.

UTJECAJ SUPSTRATA NA DINAMIKU PRINOSA I SADRŽAJ Pb, Cd, Fe, Zn U PLODU ŠAMPINJONA (*Agaricus bisporus)*

Doktorski rad

Mentor: dr. sc. Brigita Popović

Javna obrana doktorskog rada održana je 25. travnja 2014. godine pred Povjerenstvom za obranu:

5. **prof. dr. sc. Zdenko Lončarić, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, predsjednik**
6. **dr. sc. Brigita Popović, docent Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, mentor i član**
7. **prof. dr. sc. Nada Parađiković, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, komentor i član**
8. **dr. sc. Tomislav Vinković, docent Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, zamjenski član**

Osijek, 2014.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorski rad

Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Poslijediplomski doktorski studij: Poljoprivredne znanosti
Smjer: Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

UDK:
Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Poljoprivreda
Grana: Bilinogojstvo

Utjecaj supstrata na dinamiku prinosa i sadržaj Pb, Cd, Fe i Zn u plodu šampinjona *Agaricus bisporus*

Nataša Romanjek Fajdetić dipl.ing.

Rad je izrađen na Poljoprivrednom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentor: doc. dr. sc. Brigita Popović

Istraživanje na šampinjonima provedeno je tijekom četiri vegetacijska ciklusa na dvije vrste supstrata za proizvodnju šampinjona. U svakom vegetacijskom ciklusu su sakupljana tri vala berbe. Pokus je postavljen u 4 ponavljanja po dizajnu slučajnog bloknog rasporeda sa 2 faktora (ukupno 128 briketa). U svakom ponavljanju se koristilo po dva briketa površine 38cm x 58cm, težine 36 kg inokuliranog supstrata. Praćeni parametri su bili: kemijski sastav supstrata (pH, EC, ST, C/N, % N, % P, % K) na početku uzgoja i na kraju proizvodnog ciklusa, ukupan prinos gljiva, sadržaj teških metala Pb i Cd u supstratu i gljivama (posebno stapke, posebno klobuka), sadržaj esencijalnih mikroelemenata Zn i Fe u supstratu i gljivama (posebno stapke, posebno klobuka). Temeljem utvrđenih koncnetracija teških metala (esencijalnih i toksičnih) proračunat je koeficijent akumulacije teških metala iz supstrata u plod šampinjona. Najviši koeficijent akumulacije u gljivama nizozemskog porijekla izmjeren je za Cd i iznosio je 1,45. Najmanji je bio za Fe 0,06. Koeficijent akumulacije za Pb iznosio je 0,08 i za Zn 0,78. Najviši koeficijent akumulacije u gljivama mađarskog porijekla izmjeren je za Zn i iznosio je 0,66. Najmanji je izmjeren za Fe i iznosio je 0,04. Koeficijent akumulacije za Pb iznosio je 0,14, a za Cd 0,30. Količina Cd u gljivama ubranim na supstratu nizozemskog porijekla se nalazi izvan granica propisanih Pravilnikom europske komisije EC No 466/2001.

Broj stranica: 154
Broj slika: 46
Broj tablica: 67
Broj literaturnih navoda: 74
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: teški metali, supstrat, šampinjoni, koeficijent akumulacije

Datum obrane: 18. travnja 2014.

Povjerenstvo za obranu:

1. **prof.dr.sc. Zdenko Lončarić**, predsjednik komisije
2. **doc.dr.sc. Brigita Popović**, mentor i član
3. **prof.dr.sc. Nada Parađiković**, komentor i član
4. **doc.dr.sc. Tomislav Vinković**, zamjenski član

Rad je pohranjen u:

Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agriculture in Osijek
Postgraduate study: Agricultural sciences
Course: Plant breeding and seedlings

UDK:
Scientific Area: Biotechnical Sciences
Scientific Field: Agriculture
Branch: Plant growing

The influence of the substrate on the dynamics of the yield and the content of Pb, Cd, Fe and Zn in the fruit mushrooms (*Agaricus bisporus)*

Nataša Romanjek Fajdetić, B. Sc.

Thesis performed at Faculty of Agriculture in Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Supervisor: dr. sc. Brigita Popović

Research on mushrooms was carried out during four cycles of vegetation on two types of substrate for the mushrooms production. In each cycle of vegetation were collected three waves of harvest. The experiment was set up in four repetitons per design randomized complete block design with two factors a total of 128 briquettes). In each repetition was used two briquettes surface 38cm x 58cm, weight 36 kg, inoculated substrate. Monitored parameters were: the chemical properties of the substrate (pH , EC , ST , C / N , % N , % P , % K) at the beginning of breeding and eventually the production cycle, the total yield of mushrooms, heavy metal content of Pb and Cd in the substrate and mushrooms (the stems and the cap), the content of essential trace elements Zn and Fe in the substrate and mushrooms (especially the stems , especially the cap (the stems and the cap). Based on the established concentration heavy metals (essential and toxic) was calculated the accumulation coefficient of heavy metals from the substrate into the fruit mushrooms . The highest accumulation coefficient of mushrooms Dutch origin was measured for Cd (1.45). The lowest was for Fe (0.06). The accumulation coefficient of Pb was 0.08 and 0.78 for Zn. The highest accumulation coefficient of mushrooms Hungarian origin was measured for Zn and it was 0.6 . The smallest was for Fe (0.04). The accumulation coefficient of Pb was 0.14 and 0.30 for Cd. The amount of Cd in mushrooms grown in a substrate of Dutch origin is outside the limits set by the European Commission Regulations EC No. 466/2001

Number of pages: 154
Number of figures: 46
Number of tables: 67
Number of references: 74
Original in: croatian

Key words: heavy metals, yield, substrate, champignon, accumulation coefficiet
Date of the thesis defense: Aprli 18th, 2014.
Reviewers:

1. **Ph.D. Zdenko Lončarić, Full professor, Faculty of Agriculture in Osijek – president**
2. **Ph.D. Brigita Popović, Professor asistant, Faculty of Agriculture in Osijek, – menthor and member**
3. **Ph.D. Nada Parađiković, Full professor, Faculty of Agriculture in Osijek – comenthor and member**
4. **Ph.D. Tomislav Vinković, Professor asistant, Faculty of Agriculture in Osijek - member**

Thesis deposited in:
National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb, University of Rijeka, University of Split

ZAHVALE

Najiskrenije zahvaljujem svima koji su mi nesebično pomogli pri izradi ove disertacije. Posebno zahvaljujem svojoj dragoj mentorici doc. dr. Brigiti Popović na svesrdnoj pomoći i razumijevanju koje mi je podarila tijekom izrade disertacije. Zahvaljujem poštovanoj prof. dr.sc. Nadi Parađiković koja me je u nekim važnim momentima pravilno savjetovala i uputila te prof.dr.sc. Zdenku Lončariću. Dugujem zahvalnost svojoj majci i pokojnom ocu koji su mi pomogli u pronalasku ispravnog puta u labirintu života te mojem suprugu Damiru i sinu Bernardu na razumijevanju i podršci.

KAZALO

1. UVOD 1
1.1. Pregled literature 3
1.2. Cilj istraživanja 14
2. MATERIJAL I METODE RADA 16
2.1. Postavljanje pokusa i tehnologija proizvodnje 16
2.1.2. Tehnologija proizvodnje gljiva 16
2.1.3. Postavljanje pokusa 17
2.2. Uzorkovanje, priprema za analize i čuvanje uzoraka supstrata i šampinjona 20
2.3. Laboratorijska istraživanja 21
2.3.1. Kemijske analize supstrata (briketa) 21
2.3.1.1. pH reakcija 22
2.3.1.2. Električni konduktivitet (EC) 22
2.3.1.3. Sadržaj organskog ugljika 22
2.3.1.4. Sadržaj ukupnog dušika 23
2.3.2. Kemijske analize gljiva šampinjona 25
2.3.2.1. Određivanje sadržaja dušika 25
2.3.2.2. Određivanje sadržaja fosfora 25
2.3.2.3. Određivanje sadržaja kalija 26
2.3.2.4. Određivanje koncentracije Fe, Zn 26
2.3.2.5. Određivanje koncentracije Pb i Cd 26
2.4. Statistička obrada podataka 27
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 28
3.1. Kemijska svojstva supstrata 28
3.1.1. Osnovna svojstva supstrata i sadržaj makroelementa 28
3.1.2. Koncentracija esencijalnih i toksičnih teških metala u supstratu 34
3.1.2.1. Supstrat mađarskog porijekla 34
3.1.2.2. Supstrat nizozemskog porijekla 39
3.2. Korelacije analiziranih svojstava supstrata 44
3.3. Utjecaj porijekla supstrata na sva utvrđena svojstva supstrata 46
3.3.1. Utjecaj porijekla supstrata na sadržaj makroelemenata 46
3.3.2. Utjecaj porijekla supstrata na koncentraciju esencijalnih i toksičnih teških metala 51
3.4. Prinos gljiva 53

3.5. Sadržaj makroelemenata i koncentracije teških metala u šampinjonima 55
3.5.1. Sadržaj makroelemenata u šampinjonima uzgojenim na oba supstrata 55
3.5.2. Koncentracija teških metala u šampinjonima uzgojenim na oba supstrata 61
3.6. Statistička analiza utvrđenih vrijednosti makroelemenata i teških metala u plodu šampinjona.....72
3.6.1. Sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona (supstrat mađarskog porijekla).....72
3.6.2. Teški metali u plodu šampinjona (supstrat mađarskog porijekla) 75
3.6.3. Sadržaj makroelemenata i koncentracije teških metala prema dijelovima šampinjona proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla 77
3.6.4. Sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona (supstrat nizozemskog porijekla) 81
3.6.5. Teški metali u plodu šampinjona (supstrat nizozemskog porijekla).....83
3.6.6. Sadržaj makroelementa i koncentracije teških metala prema dijelovima šampinjona proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla.....85
3.6.7. Utjecaj porijekla supstrata na koncentraciju teških metala u šampinjonima.....89
3.6.8. Koncentracije teških metala u klobuku i stapci 93
3.6.8.1. Koncentracije teških metala u klobuku i stapci gljiva porijekom s mađarskog supstrata 93
3.7. Koeficijent akumulacije esencijalnih i toksičnih teških metala u plod gljive 100
4. RASPRAVA 105
4.1 Kemijska svojstva supstrata.....105
4.2. Korelacije svih utvrđenih svojstava supstrata.....111
4.3. Utjecaj porijekla supstrata na sva utvrđena svojstva supstrata.....112
4.4. Prinos gljiva 116
4.5. Sadržaj makroelemenata i mikroelemenata u gljivama.....117
4.5.1. Šampinjoni proizvedeni na supstratu mađarskog porijekla.....118
4.5.1.2. Koncentracije mikroelemenata i makroelemenata prema dijelovima šampinjona 121
4.5.1.3. Šampinjoni proizvedeni na supstratu nizozemskog porijekla 122
4.5.1.4. Koncentracije mikroelemenata i makroelemenata prema dijelovima šampinjona 125
4.6. Koeficijent akumulacije esencijalnih i toksičnih teških metala u plod gljive.....129
5. ZAKLJUČCI.....131
6. LITERATURA.....134
7. SAŽETAK 141
8. SUMMARY.....144

9. PRILOG 147

1. UVOD

***Agaricus bisporus* (J.E.Lange) Imbach** popularno nazvana šampinjon je gljiva koja normalno obitava u prirodi. Uobičajeno se nalazi na livadama i pašnjacima. Gljive za razliku od biljaka nemaju klorofil i ne mogu same sintetizirati hranu. Mogu živjeti kao saprofiti koji se hrane mrtvom organskom tvari, kao simbionti koji žive u zajednici sa drugim živim organizmom ili kao paraziti koji žive na drugom živom organizmu kojeg koriste u svrhu prehrane. Ne pripadaju niti u carstvo biljaka (*Plantae*) niti u carstvo životinja (*Animalia*). Pripadaju u posebno carstvo nazvano *Fungi*.

Godine 1650. neki francuski uzgajivači dinja su primjetili da se na gnojištima pojavljuju šampinjoni u većem broju nego tamo gdje nije bilo gnojišta. Tada se netko dosjetio da pokuša uzgojiti šampinjone u vrtu i dvorištu umjesto traženja po okolnim livadama i pašnjacima. Bio je to početak planskog uzgoja šampinjona. *A. bisporus* je svjetski najzastupljenija gljiva u umjetnoj proizvodnji gljiva. (Coskuner i Ozdemir 1997.). Gljive općenito te stoga i šampinjoni se razmnožavaju pomoću spora. U fazi zrelosti klobuk se izravna i iz lamela, sa donje strane, šire se spore. Nakon što padnu na odgovarajuću podlogu i nakon što se dogode potrebni klimatski uvjeti, spore klijaju, prepliću se i stvaraju primordije koji su začeci budućih plodnih tijela gljiva. Na mjestima rasta šampinjoni potroše sve hranjive materije potrebne za svoj rast te stoga spore koje padnu na takvu podlogu ne mogu proklijati. U prirodi šampinjoni rastu u krugovima te postoje krugovi dugački kilometrima i stari desetljećima koji su ispresjecani putevima tako da se više niti ne zna da pripadaju istom ishodištu.

Godine 1894. dvojica Engleza Constantin i Matruchot su uspjeli u laboratoriju u kontroliranim uvjetima proizvesti prvi micelij od spora. Međutim nije došlo do komercijalizacije. Godine 1905. u Americi Duggar je usavršio tu metodu i 1918. god. je napokon došlo do ozbiljnije proizvodnje tako uzgojenog micelija koji je nazvan „Pure Spore Culture Bottle Spawn“. Proizvodili su ga tako da su selekcionirane spore puštali da proklijaju u sterilnim uvjetima. Boce od mlijeka su napunili kompostom koji su dobili

fermentacijom konjskog gnojiva, a micelij su injektirali unutra te zatvorili čepom od pamuka. Bio je to početak industrijske proizvodnje šampinjona.

Gljive su organizmi koji vrlo lako usvajaju teške metale iz prirode. Postoje vrste koje usvajaju više i koje usvajaju manje količine teških metala. Zabilježeno je da se više usvajaju iz podloge na kojoj rastu nego iz atmosfere, osobito kadmij, živa i bakar. Također, teški metali se više usvajaju u onečišćenim područjima npr. blizina talionice ili rudnika metala. Usvajanje ovisi i o tipu prehrane, da li se radi o saprofitima, parazitima ili se radi o mikorizi. Šampinjoni su vrsta koja pripada u saprofite, odnosno, hrani se mrtvom organskom tvari.

Koliko će gljive usvojiti teških metala ovisi i o veličini i starosti gljiva. Gljive iz kontroliranog uzgoja u zaštićenim prostorima sadrže manje koncentracije teških metala nego gljive iz prirodnog okoliša. Pretpostavka je da usvajanje ovisi o starosti gljive i micelija, a ne samo o podlozi na kojoj se uzgaja. Primijećeno je da se najviše teških metala akumulira u dijelovima gdje se vrši sporulacija, ali ne u sporama, manje u klobuku i najmanje u stapki (Thomet at al, 1999). Nivo zastupljenosti kadmija u vrstama uzgojenim u ekološkim područjima je 2 mg/kg suhe tvari , u rodu *Agaricus* 50 mg/kg, u jednom slučaju je zabilježeno 300 mg/kg (Kalač i Svoboda 2003). Pranje i ljuštenje gornjeg sloja utjecalo je na smanjenje sadržaja teških metala za 30-40%. Poznato je da teški metali u većoj koncentraciji inhibiraju razvoj micelija, ali postoje neki teški metali koji stimulirajuće djeluju na rast micelija kao cink i željezo. Postoje razmatranja o upotrebi gljiva kao razgrađivača ostataka teških metala u prirodi, što je posebno interesantno zbog niske cijene primjene (Review article, Nilanjana Das, 2005).

Fred C. Atkins na početku svoje knjige gdje opisuje početke komercijalnog uzgoja šampinjona daje pojednostavljen opis života pripadnika carstva *Fungi*. Gljive za razliku od biljaka koje pripadaju carstvu *Plantae* nemaju sjemenke kao sredstvo održavanja života nego spore. Šampinjoni u fazi zrelosti izravnaju klobuk i spore slobodno ispadaju na zemlju te klijaju ako imaju zadovoljavajuće uvjete za razvoj. Spore su nevidljive golim okom. Nakon što se nađu u povoljnim uvjetima spore proklijaju i razvijaju hife pomoću kojih upijaju hranjiva i na kojima se bez posredstva stapke i lista razvijaju primordiji koji kasnije prelaze u plodna tijela - gljive.

1.1. Pregled literature

Prema Fermor et al. (1985.) konvencionalni kompost za proizvodnju šampinjona se proizvodi od pšenične slame (45-55 % suhe tvari), pilećeg gnojiva (30-40 %) i gipsa (5-10 %). Smjesa se postavlja u manje hrpe i vlaži pri čemu se tri do deset dana periodično miješa. Slijedeća faza (I faza) je postavljanje ove smjese u dugačke stogove (radi se na otvorenom) koji se u intervalima sedam do četrnaest dana preokreću i miješaju te po potrebi vlaže. U slijedećoj, II fazi kompost se unosi u prostoriju gdje se vrši pasterizacija (oko 60 °C) i kondicioniranje na 45-50 °C tijekom šest do devet dana. Za vrijeme kompostiranja cijeli niz gljivica i bakterija, uključujući i aktinomicete kemijski mijenjaju konstituciju komposta što rezultira proizvodnjom materijala koji potiče snažan rast micelija gljiva. Mikrobiološka populacija koja se razvija ima zadatak sprečavanja razvoja patogenih gljivica i bakterija koji mogu ozbiljno ugroziti uspješnu proizvodnju.

Lončarić et al. (2005.) su ustanovili tijek razgradnje i optimalna promjena organske tvari i promjena C/N odnosa ovisi o odnosu početne sirovine za kompostiranje.

Pileći gnoj i slama su dvije osnovne komponente za proizvodnju supstrata za uzgoj šampinjona. Za razliku od drugih vrsta organskih gnojiva pileći gnoj ima vrlo malo sužavanje C/N odnosa iznose mnogi autori (Mohee et al.,2008., Kotaro et al., 2005., Abdelhamid et al. 2004.)

Sharma et al. (2000.) razvili su model predviđanja potencijalnog prinosa koji ovisi o interakciji fizikalnih, kemijskih i bioloških faktora prilikom pripreme komposta za proizvodnju šampinjona. Prema tome modelu prinos 90 % ovisi o kombinaciji pH, suhe tvari, dušika, ugljika, vodika, pepela, bakra, željeza i natrija u kompostu. Prinos se kretao od 138 kg do 305 kg gljiva po toni komposta.

W. Hunte i K. Grabbe (1989.) navode da su gljive organizmi koji za razliku od biljaka nemaju mogućnost vršiti fotosintezu. Mogu živjeti kao saprofiti koji se hrane mrtvom organskom tvari, kao simbionti u vidu mikorize ili kao paraziti.

Romaine et al. (2012.) navode da je gljiva *Agaricus bisporus* najviše uzgajana jestiva gljiva u čitavom svijetu. Usprkos tome što se već 50 godina intenzivno uzgaja i znanstveno istražuje, nema značajnijeg napretka u pogledu genetičkog poboljšanja zbog njezine složene genetičke strukture. Sve varijante *A. bisporus* koje se danas uzgajaju od Sjeverne Amerike do Europe su potekle od soja koji je uveden 1980-tih godina. Današnja istraživanja u tom području zahvaljujući velikom napretku znanosti na polju molekularne biotehnologije i tradicionalnog oplemenjivanja obećavaju da će se u dogledno vrijeme ipak napraviti neki pomak po pitanju poboljšanja karakteristika komercijalnih sojeva što bi koristilo i proizvođačima zbog lakše proizvodnje i potrošačima zbog boljih kulinarskih karakteristika.

Često je sadržaj pepela u kompostu previsok što može biti posljedica kontaminirane sirovine kao što je; pijesak u pilećem gnojivu, previše prašine u slami što ovisi o načinu prikupljanja slame, predugom procesu fermentacije ili previše gipsa koji je bitan za dobru strukturu komposta i ima pozitivan utjecaj na pH. Često se dodaje previše gipsa koji podiže pH na više od 6,0. Ako je struktura dobra i ako se upotrijebi amonij sulfat (pozitivno utječe na pH i sadržaj N), može se smanjiti količina dodanog gipsa. Sadržaj pepela na kraju treće faze ne smije prelaziti 30 %. Viši sadržaj može biti štetan za produkciju. Ako je pileći gnoj kontaminiran više od očekivanog može se dogoditi problem sa koncentracijom N. Stoga se obavezno treba napraviti analiza svake ture pilećeg gnojiva koje se upotrebljava za proizvodnju komposta.

Optimalna vlaga inkubiranog komposta zavisi od stupnja razgradnje strukture. Razni varijeteti gljiva imaju svoje specifične zahtjeve. Hibridi npr. preferiraju manje vlažni medij, a intermedijarni hibridi preferiraju više prosušeni kompost. Ako je sadržaj vlage previsok, biti će premala izmjena plinova između komposta i zraka u prostoriji što dovodi do neaktivnosti komposta. Sa druge strane preniski sadržaj vlage znači da micelij preuzima premalo hraniva iz komposta. Dodatna voda se može dodati prilikom punjenja tunela ako je kompost presuh. Krajnje je nepreporučljivo dodavanje vode već inkubiranom kompostu, jer to može imati ozbiljne posljedice po pitanju kvalitete komposta. Inkubiranom kompostu se voda može dodati ili kod proizvođača komposta ili kod uzgajivača, ali treba znati prepoznati moment kada se treba dodati i koju količinu vode se treba dodati.

Gips je možda najvažniji dodatak neophodan za konstantnu kvalitetu komposta. Važan je zbog tri razloga; 1. Snižavanje pH vrijednosti komposta, 2. Smanjivanje osjetljivosti na prisutnost amonijaka u momentu inokulacije 3. Kao pufer za oksalnu kiselinu za vrijeme rasta micelija. Ukratko gips služi za stabilizaciju i korekciju komposta tako da ako proces kompostiranja i ne napreduje optimalno još uvijek se može proizvesti kompost dobre kvalitete. Da bi se postigli takvi pozitivni efekti treba dodati ne više od 22 kg na 1000 kg komposta faze 1. Gips nije skup materijal te se dopušta vlaga 5-30 %, ali ga prije upotrebe treba izmiješati sa pilećim gnojivom. Efektivno iskorištenje gipsa je 100 % (1 kg gipsa ostaje 1 kg gipsa i u kompostu). Ako se stavi previše gipsa dobiva se kompost sa visokim sadržajem pepela uzrokovan prevelikom količinom gipsa i tada gljive imaju smanjenu količinu organske tvari potrebne za rast te je i prinos niži. Teško je postići optimalnu količinu vlage, jer je voda vezana uz organsku tvar, a ne uz pepel.

Prorastanje komposta micelijem traje oko dva tjedna. Aktivnost komposta i porast pritiska daju sigurnu indikaciju stupnja inkubacije. Zapravo konačni rezultat inkubacije se može saznati tek nakon isporuke komposta. Ako proizvođač isporučuje samo prorasli kompost često je nemoguće procjeniti kakva je bila inkubacija i kojom brzinom je kompost inkubiran. Jednostavna provjera može nam dati odgovor o tome što se događa za vrijeme prorastanja u tunelima. Prerezanu plastičnu bocu treba napuniti sa tri cm debelim slojem zrna žitarica inokuliranih micelijem gljive i na to dodati sloj pokrivke debljine 12 cm. Nakon toga treba vratiti odrezani dio boce na vrh i smjestiti bocu u prostoriju na temperaturu 23-25 °C. Nakon nekoliko dana već se kroz bocu može vidjeti kako micelij urasta u pokrivku. Nakon jednog tjedna micelij bi trebao biti na pola puta do vrha pokrivke, a nakon dva tjedna bi trebao doći do vrha.

Aktivnost komposta se mjeri u razlici temperatura komposta i zraka. Što je razlika veća kompost je aktivniji. Također i kretanje zraka u prostoriji utječe na povećanje aktivnosti. Briketi su obično težine oko 18 kg, ali što je briket veći i aktivnost je jača. Težinski minimum za kompost 2. faze je oko 95 kg/m², a komposta 3. faze 80-85 kg/ m². Što je više komposta u uzgojnoj prostoriji to je i aktivnost veća. Isto tako ako se koriste drvene police aktivnost komposta traje duže jer je evaporacija manja. Upotrebom metalnih

polica veća je evaporacija ispod komposta i sa strane nego kod drvenih. Ako je aktivnost u briketima prevelika treba koristiti perforiranu plastiku. Sa kompostom 2. faze vrlo je rizično dodavanje suplemenata, dok sa inkubiranim kompostima po tom pitanju nema problema. Dodavanje suplemenata također povećava aktivnost.

Volk (2001.) navodi da se micelij *A. bisporus* proizvodi vegetativnim putem, na steriliziranim zrnima žitarica. Komercijalni proizvođači u Americi mogu odabrati micelij od jednog od dvanaest proizvođača micelija. Mogu birati između sojeva bijelih, krem-bijelih ili smeđih sojeva koji se donekle razlikuju po okusu.

Segula et al. (1987.) navode da su za proizvodnju *Agaricus bisporus* potrebna dva različita supstrata za formiranje fruktifikacijskih tijela; kompost u kojem raste vegetativno i pokrivni sloj koji je siromašan na hranjivima, a u kojem fizikalni, kemijski i biološki uvjeti stimuliraju inicijaciju fruktifikacijskih tijela.

U komercijalnoj proizvodnji gljiva *(Agaricus bisporus)* prema Straatsma et al. (1991.) postoje dvije faze. Prva faza počinje inokulacijom komposta sa zrnima žitarica koja su inokulirana sa micelijem gljiva (spawn). Nakon dvanaest dana inkubacije kompost je prorastao micelijem šampinjona. Druga faza počinje nanošenjem pokrivnog sloja supstrata (pokrivke) na prorasli kompost za proizvodnju šampinjona u debljini 5 cm koji se pravi od crnog treseta uz dodatak kalcij karbonata. Nakon deset dana micelij će prorasti i taj sloj. Pojavljivanje primordija inicira se snižavanjem temperature i snižavanjem koncentracije CO_2 u uzgojnoj prostoriji.

Nakon što je kompost potpuno prorastao micelijem, nanosi se sloj pokrivnog supstrata u sloju debljine 5 cm koji se sastoji od crnog i bijelog treseta kojemu je dodan $CaCO_3$ za neutralizaciju pH i vode tako da vlažnost bude oko 80 % (Chikthimmah et al. 2008.).

Osim supstrata odnosno komposta za proizvodnju gljiva prema Noble et al. (1998.), Eger (1961.) i Flegg et al. (1985.) šampinjonima je potreban supstrat nazvan pokrivka koji

ima specifična fizikalna, kemijska i mikrobiološka svojstva koja stimuliraju i ubrzavaju inicijaciju primordija.

Nakon prorastanja komposta i pokrivke sa micelijem stimulira se razvoj primordija snižavanjem temperature i smanjenjem koncentracije CO_2 prema Flegg et al. (1985.) i bakterijama koje se nalaze u pokrivci od kojih je *Pseudomonas putida* (Trevisan) Migula najznačajnija prema Hayes et al. (1969.) i Park et al. (1969.).

Uddin et al. (2011.) navode da se gljive općenito smatraju važnim segmentom ljudske prehrane još od drevnih vremena. Tokom vremena potrošnja je rasla, a osobito danas zahvaljujući spoznajama o njihovom blagotvornom utjecaju na ljudsko zdravlje po pitanju prehrambenih svojstava i zaštite od bolesti.

Prema Purves et al. (2004.) gljive imaju nizak nivo prehrambene vrijednosti, ali posjeduju hranjive elemente polisaharidne strukture. U staničnim stijenkama nalaze se velike količine beta glukana koji se danas koristi u farmaciji za proizvodnju pripravaka za podizanje imunog sistema.

Prema Yilmaz et al. (2003.) gljive su izvrstan izvor najboljih biljnih i životinjskih bjelančevina. Gljive se smatraju izvrsnim izvorom proteina, vitamina, minerala, masti, ugljikohidrata i aminokiselina.

Metali kao željezo, bakar, cink i mangan su esencijalni metali koji imaju važnu ulogu u biološkom sistemu, dok aluminij i živa nisu esencijalni metali i toksični su čak i u tragovima (Unak et al. 2007.).

Zbog svog kemijskog sastava gljive se preporučuju kao zdrava prehrambena namirnica osobito za bolesnike koji boluju od visokog tlaka, povišenog kolesterola i kancerogenih oboljenja (Manzi et al. 2001.).

Chen et al. (2005.) navode da su navodnjavanje onečišćenom vodom, čvrsti otpad, unošenje mulja, industrijske aktivnosti, ispušni plinovi prijevoznih sredstava glavni izvor

kontaminacije tla teškim metalima i hrane koja se proizvodi na takvim onečišćenim područjima. Općenito otpadne vode sadrže znatnu količinu hranjivih tvari i toksičnih teških metala koji dovode do problema u poljoprivrednoj proizvodnji.

Prema Rattan et al. (2005.) U zadnje vrijeme se sve više govori o nakupljanju teških metala u tlu i biljkama zbog potencijalne opasnosti po ljudsko zdravlje. Tako je otvoren put ulasku teških metala i u ljudsko tijelo. Nakupljanje teških metala u biljkama ovisi o biljnim vrstama i sposobnosti biljaka da usvoje teške metale.

Iyengar et al. (2005.) navode da konzumiranje hrane onečišćene teškim metalima može ozbiljno iscrpiti esencijalne elemente u ljudskom tijelu što dalje povlači za sobom pad imunološkog sistema, oštećenje psiho-socijalnih sposobnosti, pothranjenost i pojavu kancerogenih oboljenja probavnog trakta.

Međutim, prema Zarski et al. (1999.) postoje opasnosti vezane uz konzumiranje gljiva koje se baziraju na otrovima koje gljive sadrže, a u novije vrijeme i na toksičnim elementima.

Turkekul et al. (2004.) navodi da gljive u usporedbi sa biljkama mogu nakupljati u sebi veće količine kadmija, bakra, olova i žive.

Činjenica o kojoj govori Turkekul prema Svobodi et al. (2003.) navodi na zaključak da gljive imaju poseban mehanizam koji im omogućuje usvajanje teških metala iz tla.

Prema Sastre et al. (2002.) teški metali se smatraju jednim od glavnih izvora zagađenja okoliša od kada imaju značajan utjecaj na ekologiju. Tuzen et al. (1997.) potvrdili su da kultivirani *Agaricus bisporus* ima sposobnost akumulacije teških metala prvenstveno Pb, Cd, Hg, Fe, Cu, Mn, i Zn.

Kadmij je jako toksičan metal koji se uglavnom koristi u Ni-Cd baterijama i kao pigment za plastiku i staklo, stabilizator za PVC, zaštitna oplata za čelik i legure prema Scoullos et al. (2001.) što doprinosi onečišćenju okoliša.

Prema Karte (1983.) kadmij je pronađen u kanalizacijskom mulju iz industrijskih područja koji se koristi u manjim količinama kao gnojivo u poljoprivrednoj proizvodnji. Prosječna koncentracija Cd u tlu nevulkanskog porijekla se kreće od 0,01 do 1 mg $kg^{-1.}$

Sanders (1986.) navodi da je Cd toksičan za embrio, kancerogen i mutagen bilo da se radi o akutnoj ili kroničnoj toksičnosti.

Prema Mench et al. (1989.) Cd je vrlo pokretan u tlu i lako se transferira i akumulira u korijenju, lišću i stapci biljaka.

C. Radulescu et al. (2012.) su napisali da različiti teški metali kao As, Cd, Ni i Hg koji se akumuliraju u gljivama u većim koncentracijama su sa jedne strane toksični za ljude, a s druge strane elementi kao Fe, Zn, Mn, Cu, Cr, i Se kao aktivatori enzima su neophodni za normalno funkcioniranje ljudskog metabolizma, ali u malim koncentracijama. Ovi esencijalni elementi postaju toksični u situacijama kad se poveća njihova koncentracija iznad dozvoljene. Poznato je da sadržaj teških metala ovisi i o vrsti gljive, mjestu sakupljanja, starosti micelija i udaljenosti od zagađivača.

Utvrđeno je da se pranjem i ljuštenjem pokožice klobuka i stapke šampinjona (*Agaricus bisporus*) može smanjiti sadržaj kadmija, olova i bakra oko 30-40.% (Žrodovski, 1995.).

Coskuner et al. (2000.) su ustanovili da blaniranjem istih vrsta u vrućoj otopini limunske kiseline, $NaHSO_3$ i NaCl nakon 15 min se smanjuje mangan, željezo, bakar i cink na nivoima 45, 35, 23 odnosno 4.%. Nakon četiri mjeseca skladištenja konzerviranih i blaniranih gljiva nisu primijećene nikakve značajnije promjene u sadržaju metala.

Prema Seeger (1982.) bitan je sistem prehranjivanja gljiva, odnosno bitno je radi li se o saprofitima, parazitima ili mikorizi. Sposobnost usvajanja metala karakterizirana je bioakumulacijskim faktorom, omjerom sadržaja u suhoj tvari fruktificirajućeg tijela i suhoj tvari supstrata. Oba elementa, kadmij i živa, jako se akumuliraju u mnogim vrstama gljiva.

Zasićenost metalima razmatrana je i u gljivama koje su rasle u jako onečišćenim područjima, kao što su područja uz visokofrekventne autoceste (Cuny et al. 2001.), zonama ispušnih plinova (Lepšova i Mejstrik 1988.) i unutar gradova (Kussi et al. 1981., Svoboda et al. 2003.).

Razni mikroorganizmi kao bakterije i gljive, uključivši i kvasce imaju potencijalnu sposobnost biosorpcije metala navodi Gast et al. (1988.). Za sada raspolažemo sa još uvijek relativno malo informacija o aktinomicetama koje se mogu koristiti za bioobnovu tala onečišćenih teškim metalima. Ovi mikroorganizmi čine značajnu komponentu u mikrobiološkoj populaciji u većini tala. Njihova metabolička raznovrsnost, a osobito način rasta, forma micelija i relativno brza kolonizacija selektivnih supstrata indicira ih kao vrlo pogodne za bioobnovu onečišćenih tala i organskih spojeva.

Primjećeno je da se teški metali nakupljaju u daleko većim koncentracijama u gljivama nego u ostalim poljoprivrednim kulturama. To upućuje da gljive imaju vrlo efikasan mehanizam koji im omogućuje sakupljanje teških metala iz ekosistema. Poznato je da mnoge divlje vrste jestivih gljiva nakupljaju veće količine teških metala kao živu, cink, bakar, kadmij, nikal, aluminij, krom, željezo, olovo i mangan (Kalač et al. 1991.; Demirbas 2000., 2001.a; Svoboda et al. 2000.; Kalač i Svoboda 2001.; Falandysz et al. 2003.; Dursun et al. 2006.; Cocchia et al. 2006.; Chen et al. 2009.).

Garcia et al. (1998.); Kalač et al. (2001.) primijetili su da na nakupljanje teških metala u gljivama dosta utjecaja imaju okolišni uvjeti i neki faktori uvjetovani samim gljivama (npr. starost micelija). Okolišni faktori kao količina organske tvari, pH, i koncentracija metala u tlu i faktori uvjetovani samim gljivama kao; vrsta gljive, morfološki dijelovi plodnog tijela, stadij razvoja, starost micelija i biokemijski sastav utječu na nakupljanje teških metala u gljivama.

Izuzetno visoki sadržaj metala zapažen je u susjedstvu metalnih talionica (Liukkonen-Lilja et al. 1986., Kalač et al. 1991., 1996., Svoboda et al. 2000.).

Prema Kalač et al. (2000.) nivo zastupljenosti kadmija u mnogim jestivim vrstama uzgojenim u neonečišćenim područjima je ispod 2 mg/kg suhe tvari i u rodu *Agaricus* do 50 mg/kg suhe tvari u zrelom staničju.

Haldiman et al. (1995.) promatrali su sadržaj metala u prvom valu berbe kultivirane plemenite pečurke (*Agaricus bisporus)*. Također, promatran je sadržaj metala u divlje uzgojenim pečurkama (*Agaricus bisporus*) i isti je bio znatno veći nego kod plemenite pečurke u intenzivnom uzgoju. Moguće objašnjenje je možda u tome da to ne ovisi samo o supstratu nego i o starosti micelija, koji u prirodi može egzistirati godinama dok u intenzivnom uzgoju nekoliko mjeseci. Prema tome kadmij i živa se pojavljuju u znatno manjoj količini kod intenzivno uzgojenih pečurki nego kod divljih vrsta pečurki.

Thomet et al. (1999.) su istraživali koncentraciju kadmija i cinka u različitim dijelovima plodnog tijela gljive i micelija dviju divljih vrsta *Agaricus macrosporus* i *Agaricus silvicola* i u kultiviranoj vrsti *Stropharia rugosoannulata*. Kadmij se distribuirao na karakterističan način u plodnom tijelu kod sve tri vrste. Koncentracija kadmija i kemijski vezanog cinka u istraživanim segmentima gljiva je bila u jakoj korelaciji dok je sa aluminijem, bakrom i srebrom korelacija bila prilično slaba. Prijenos cinka i kadmija iz tla u gljivu ovisio je o specifičnosti vrste, o dostupnosti ovih dvaju teških metala i o starosti micelija.

Prema Tuzen (2003.) koncentracija teških metala u tlu, gljivama i uzorcima biljaka sakupljana u Tokatu (Turska) determinirana je plamenom na grafitnom atomskom apsorpcijskom spektrometru nakon suhog pretvaranja u pepeo, mokrog pretvaranja u pepeo i mikrovalne digestije. Analiza uzoraka je pokazala da je mikrovalna metoda digestije najbolja. Točnost dobivenih podataka utvrđena je analizom referentnih materijala. Relativne standardne devijacije analiziranih uzoraka su bile manje od 10 %.

Gast et al. (1988.) su ustanovili prisutnost Cd, Cu, Pb i Zn u divljim gljivama ubranim na onečišćenim i neonečišćenim područjima. Pronađeno je da se Cd može akumulirati u većim koncentracijama, ali Pb nisu pronašli. Koncentracija Cu i Zn je regulirana. Nije ustanovljena veza između pH vrijednosti i sadržaja organske tvari.

Melgar et al. (2009.) su istraživali neke divlje vrste gljiva sakupljene u pokrajini Lugo (Španjolska). Koncentracija žive se determinirala volumetrijskom tehnikom koristeći zlatni disk kao radnu elektrodu. Klobuk su analizirali odvojeno od stapke. Najveća koncentracija zabilježena je kod *Boletus pinopillus* (6,9 u klobuku i 4,5 u stapci), *Agaricus macrosporus* (5,1 u klobuku i 3,7 u stapci), *Lepista nuda* (5,1 u klobuku i 3,1 u stapci) i *Boletus aereus* (4,6 u klobuku i 3,3 u stapci), dok je najmanje imala *Agrocybe cylindrica* (0,34 u klobuku i 0,26 u stapci) te *Fistulina hepatica* (5,1 u klobuku i 0,22 u stapci). Nije bilo statistički značajne razlike u sadržaju u klobuku i stapci. Zaključak je bio da konzumiranje takvih gljiva nije toksično, ali vrste *B. pinopillus, A. macrosporus, L. nuda* i *B. aereus* bi se ipak trebale konzumirati u manjim količinama.

Najzastupljeniji minerali u gljivama su kalij, fosfor, bakar i selen. Osim njih nalaze se manje količine magnezija, cinka i željeza. Kalij je prirodno prisutan u gljivama i biljnoj hrani zbog toga što je neophodan za održavanje tekuće i elektrolitske ravnoteže. Porcija gljiva sadrži 10 % dnevnih potreba čovjeka za kalijem. Dijeta sa puno kalija pomaže u sprečavanju visokog i održavanju normalnog tlaka što znači pomoć u sprečavanju moždanog udara. Porcija gljiva će osigurati četvrtinu dnevnih potreba za bakrom. Bakar je vrlo bitan za proizvodnju crvenih krvnih zrnaca i također je sastavni dio antioksidacijskih enzima koji se normalno proizvode u tijelu kao što je superoksid dismutaza. Također je bitan za proizvodnju energije i neurotransmitera kao što je noradrenalin. Porcija gljiva osigurati će 10% dnevnih potreba za fosforom. Glavna zadaća fosfora u kombinaciji sa kalcijem je formirati strukturu kostiju i zubi. Dovoljne količine fosfora osiguravaju uredan energetski metabolizam. Osim toga fosfor je bitan sastavni dio ATP molekula koje su neophodne za kontrakciju mišića. Selen je neophodan kao antioksidant koji sprječava stvaranje slobodnih radikala, a jedna porcija gljiva osigurava 25% dnevnih potreba. Nedostatak selena može prouzročiti neke vrste kancerogenih i srčanih oboljenja. Ustanovljeno je da u gljivama ima više selena nego što je pronađeno u povrtnim biljnim vrstama. Porcija od 100 g gljiva (tri šampinjona prosječne veličine) je jednostavan način unošenja potrebnih količina minerala čija kalorijska vrijednost je svega nekoliko kj.

Prema Fidanzi et al. (2010.) svježi kompost ima pH oko 6,6 sa prosječnim C/N odnosom 13:1. Sadržaj organske tvari se kreće oko 25,86 % (mokre težine), 146,73 lb/yard³ (mokrog volumena) ili 60,97 % (suhe težine). Prosječni sadržaj makroelemenata se kreće za N oko 1,12 % (mokre težine), 6,40 lb/yard³ (mokrog volumena) ili 2,65 % (suhe težine). Fosfora ima oko 0,29 % (mokre težine), 1,67 lb/yard³ (mokrog volumena) ili 0,69 % (suhe težine) i kalija 1,04 % (mokre težine), 5,89 lb/yard³ (mokrog volumena) ili 2,44 % (suhe težine). Prosječni sadržaj soli se kretao oko 13,30 dSm $^{-1}$ (mokre težinske baze).

Fidanza et al. ustanovili su da je ugljik / dušik odnos indikator pristupačnosti dušika za rast biljaka. Idealni C/N odnos za dobar kompost bi se trebao kretati od 10:1 do 15:1, nikako više od 30:1. Kod višeg C/N odnosa mikroorganizmi troše dušik i čine ga nepristupačnim biljkama. Idealni C/N odnos za svježi kompost za proizvodnju gljiva je 13:1.

Ohtonen, (1982.) je ustanovio da razlike u koncentraciji elemenata u tragovima između klobuka i stapke imaju veze sa distribucijom ostalih esencijalnih elemenata u plodnom tijelu. Npr. Fe, Mg i Zn su u nekim vrstama izmjereni u većim količinama u klobuku nego u stapci. Ovo upućuje da teški metali i drugi mikroelementi mogu onemogućiti gljive da usvoje makroelemente jer se akumuliraju na sličan način.

Prema Seeger et al. (1976.) različiti dijelovi plodnih tijela imaju različite sposobnosti akumulacije mikroelemenata. Neki elementi kao Cd su se više koncentrirali u klobuku nego u stapci.

Najveće koncentracije su pronađene u dijelovima gdje se stvaraju spore, sporoforima. Meisch et al. (1977.), Melgar et al. (1998.), (Alfthan unpubl.)

Pojedine vrste su imale visoke koncentracije mikroelemenata premda su pronađene u područjima u kojima nije bilo vidljivog onečišćenja. Npr., Michelot et al. (1999.) su pronašli značajne koncentracije Cd, Pb i Hg u nekim vrstama istog reda veličine kao i neke

vrste koje su sakupljane u onečišćenim područjima Centralne Europe. Demirbau (2001.b) je uočio vrlo male razlike u koncentraciji elemenata za istu vrstu uzgajanu na različitim supstratima ili tlima te je zaključio da sposobnost nakupljanja više ovisi o vrsti nego o tlu na kojem je gljiva rasla.

Općenito mikroelementi se mogu akumulirati u plodnim tijelima direktno iz atmosfere ili putem micelija koji uzima elemente u tragovima iz tla sa drugim esencijalnim elementima u tragovima kao Zn i Cu. (Jennings et al. 1996.)

Za mikroelemente kao Cd, As i Ni osnovni način usvajanja je putem micelija. (Gast et al. 1988., Michelot et al. 1998.)

Način usvajanja olova je uvijek predmet rasprave, jer se čini da se najviše usvaja iz zraka (Tuzen et al. 1998.) tvrde da ispiranje vodom može smanjiti koncentraciju Pb prosječno za 68 %. To indicira da se većina Pb usvaja iz atmosfere.

Za mikroelemente kao Cd, As i Ni osnovni način usvajanja je putem micelija. (Gast et al. 1988., Michelot et al. 1998.)

Koeficijent akumulacije teških metala u gljivama se izračunava po formuli $K_{a=}C_m/C_s$ gdje je C_m koncentracija teškog metala u gljivi, a C_s je koncentracija teškog metala u supstratu za proizvodnju gljiva. (Stihi et al. 2009.)

1.2. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja bio je :

- utvrditi agrokemijska svojstva pojedinih supstrata i njegovu pogodnost za uzgoj gljiva
- utvrditi koncentraciju teških metala Pb i Cd i mikroelemenata Zn i Fe u pojedinom supstratu
- utvrditi koncentraciju teških metala Pb i Cd i mikroelemenata Zn i Fe u plodu gljive (klobuk i stapka) s obzirom na vrijeme berbe (više etapa berbe)
- utvrditi transport teških metala iz supstrata u dijelove ploda gljive po etapama berbe

Hipoteze

1. Pogodnost supstrata i njegova agrokemijska svojstva usko su povezani s prinosom i kakvoćom ploda gljive
2. Koncentracija teških metala Pb i Cd u supstratu za uzgoj gljiva je ispod ili u granicama propisanih zato predviđenim Pravilnikom
3. Koncentracija teških metala Pb i Cd u plodu gljiva je ispod ili u granicama propisanih zato predviđenim Pravilnikom
4. Pojedine etape berbe gljiva utječu na koncentraciju teških metala Pb i Cd u plodu gljive
5. Koncentracija teških metala Pb i Cd u plodu gljive povezana je s koncentracijom teških metala u supstratu, odnosno postoji pozitivan transfer iz supstrata u plod
6. Koncentracija mikroelemenata Zn i Fe u plodu gljive povezana je s koncentracijom Zn i Fe u supstratu, odnosno postoji pozitivan transfer iz supstrata u plod
7. Pojedine etape berbe gljiva utječu na koncentraciju Fe i Zn u plodu gljive.

2. MATERIJAL I METODE RADA

2.1. Postavljanje pokusa i tehnologija proizvodnje

2.1.2. Tehnologija proizvodnje gljiva

U intenzivnoj proizvodnji šampinjona neophodno je imati dobar repromaterijal koji se sastoji od kvalitetnog supstrata za proizvodnju šampinjona i pokrivke. Supstrat se proizvodi od fermentirane slame kojoj je dodan pileći i konjski gnoj. Nakon što završi proces prerade, slama se inokulira micelijem šampinjona. Postoji supstrat tzv. druge i treće faze. Supstrat druge faze nakon što se unese u uzgojnu prostoriju treba period sazrijevanja koji traje oko dva tjedna, nakon čega se nanosi pokrivni sloj. Supstrat treće faze je prošao potpunu fermentaciju i na njega se može odmah po unošenju staviti sloj pokrivne zemlje. Pokrivna zemlja (pokrivka) se izrađuje od crnog i bijelog treseta uz dodatak kalcita ili saturacionog mulja radi regulacije pH. Pokrivka se nanosi na supstrat za proizvodnju šampinjona u sloju debljine 5 cm. U tom periodu temperatura supstrata se kreće oko 25°C, a temperatura zraka u uzgojnoj prostoriji oko 18 °C do 20 °C. Vlažnost u prostoriji bi trebala biti oko 95 %. Druga faza proizvodnje se odnosi na prorastanje pokrivke micelijem, prilikom čega se svakodnevno dodaje voda u trajanju od 6-9 dana. Prvi dan nakon pokrivanja se treba dodati 8 litara vode po m², ovisno o temperaturi supstrata. Ako je temperatura supstrata niža od 23 ºC trebalo bi dodati manje vode (proizvođač mora sam procijeniti aktivnost supstrata te ovisno o tome dodati vodu u dostatnoj količini). Temperatura prostora treba biti od 18 ºC do 22 ºC, a supstrata od 25 ºC do 28 ºC. Drugi dan se dodaje jedna do dvije litre ovisno o aktivnosti supstrata. Treći dan se treba dodati tri do četiri litre. Četvrti dan se dodaje dvije i pet litara. Ovisno o aktivnosti supstrata se dodaje još vode do momenta rahlenja. Rahlenje je proces prevrtanja pokrivnog sloja sa svrhom kidanja niti micelija u cilju ravnomjernijeg rasporeda šampinjona prilikom berbe. Nakon rahlenja pokrivnog sloja pričeka se dva do tri dana da se micelij pojavi na površini. Temperatura komposta treba biti oko 25 ºC do 28 ºC, a temperatura zraka u uzgojnoj prostoriji oko 20 ºC. U tom periodu koncentracija CO_2 u zraku se kreće oko 5000 ppm. Nakon toga počinje dodavanje svježeg zraka radi formiranja primordija.

Tijekom prvog dana ventiliranja zrak se dodaje u trajanju 3-6 sati (ovisno o vanjskoj temperaturi zraka) prilikom čega se koncentracija CO_2 spušta na cca 800-900 ppm, a temperatura zraka se spušta na 17 ºC. Nakon toga se koncentracija CO_2 diže na 2800 ppm, a temperatura zraka na 20 ºC. Drugi dan se, također, dodaje veća količina zraka u trajanju 3-6 sati i spušta se temperatura na 17 ºC nakon čega se diže koncentracija CO_2 na 2600 ppm. Svaki slijedeći dan se koncentracija CO_2 spušta za 200 ppm, a temperatura prostora se drži na 17-18 ºC. Za to vrijeme se temperatura supstrata spušta da bi na kraju iznosila 18-19 ºC. Kada se primjeti da je formirano dovoljno primordija počinje se sa zalijevanjem. Ovisno o vlazi pokrivke dodaje se nekoliko litara vode po m². Vlaga se u tom periodu nastoji održati na 80-85 %. Dva tjedna nakon početka dodavanja zraka počinje prva berba. Temperatura supstrata se kreće oko 18-20 ºC, a temperatura zraka u prostoriji 17 ºC. Berba se odvija u tzv. valovima. Svaki val traje tri do pet dana i sveukupno se beru tri vala. Nakon što se sakupio prvi val dodaje se nekoliko litara vode ovisno o prinosu (što se ubere veća količina gljiva to se više vode dodaje). Tjedan dana nakon početka dodavanja zraka temperature u prostoriji treba biti 17 ºC. Berba se odvija u tzv. valovima. Svaki val traje tri do pet dana i sveukupno se beru tri vala. Tjedan dana nakon početka prve berbe počinje druga berba i tjedan dana poslije treća berba. Nakon toga se vrši pasterizacija čitavog objekta sa iskorištenim kompostom i sve se iznosi van.

2.1.3. Postavljanje pokusa

U okviru terenskih istraživanja postavljen je pokus u proizvodnji šampinjona Romanjek d.o.o. iz Slavonskog Broda u tri vegetacijska ciklusa, na dvije vrste supstrata za proizvodnju šampinjona. Materijali korišteni u istraživanju su bila dva supstrata za proizvodnju gljiva, proizvođača Biofungi iz Mađarske i proizvođača CNC iz Nizozemske. Istraživanje je provedeno u vremenskom razdoblju od 10. ožujka 2011. godine do 14. lipnja 2011. godine.

Praćeni parametri bili su:

- ukupan prinos gljiva, posebno stapke, posebno klobuka
- sadržaj toksičnih metala Pb i Cd
- sadržaj esencijalnih mikroelemenata Zn i Fe

- kemijski sastav supstrata na početku uzgoja i na kraju proizvodnog ciklusa

Pokus je postavljen u 4 ponavljanja po dizajnu slučajnog bloknog rasporeda sa 2 faktora. U svakom ponavljanju se koristilo po dva briketa površine 38cm x 58cm, težine 36 kg inokuliranog supstrata. Sve se pratilo kroz četiri vegetacijska ciklusa tako da je sveukupno u istraživanju korišteno 128 briketa (shema 1).

Shema 1. Shematski prikaz pokusa u prostoriji za proizvodnju gljiva

43 cm nizozemski supstrat 1 ponavljanje
35 cm mađarski supstrat 1 ponavljanje
nizozemski supstrat 2 ponavljanje
mađarski supstrat 2 ponavljanje
nizozemski supstrat 3 ponavljanje
mađarski supstrat 3 ponavljanje
nizozemski supstrat 4 ponavljanje
mađarski supstrat 4 ponavljanje

Prva proizvodnja započela je postavljanjem briketa jednog i drugog proizvođača u proizvodnu prostoriju na police 8. veljače 2011. godine. Nakon dva dana briketi su pokriveni sa pokrivkom. U tom periodu temperatura komposta za proizvodnju šampinjona kretala se oko 25 °C, a zraka oko 20 °C. Vlaga zraka u prostoriji kretala se oko 95 %. Koncentracija CO_2 bila je oko 6000 ppm. Nakon postavljanja pokrivke vršilo se intenzivno zalijevanje tijekom prvog dana kada je dodano 7 litara vode po m² uzgojne površine. Tijekom sljedećih 5 dana zalijevalo se po 2 litre vode dnevno. Nakon tjedan dana izvršeno je rahljenje sloja prorasle pokrivke pri čemu dolazi do kidanja niti micelija sa krajnjom svrhom ujednačenijeg rasporeda primordija. Tri dana poslije započelo se sa ventiliranjem, odnosno dodavanjem veće količine zraka u svrhu iniciranja pojave primordija. Koncentracija CO_2 pri tome se spustila sa 6000 ppm na 700 ppm u trajanju 3 sata. Pri spuštanju koncentracije CO_2 spuštala se i temperatura na 16 °C, da bi se nakon intenzivnog ventiliranja ponovno dignula na 20 °C te se koncentracija CO_2 podigla na 2800 ppm. Nakon 20 sati koncentracija CO_2 ponovno je spuštena na 700 ppm, a temperatura na 16 °C u trajanju od tri sata, te se koncentracija CO_2 ponovno podigla na 2600 ppm. Slijedećih dana koncentracija CO_2 postupno se spuštala za oko 200 ppm dnevno da bi na kraju došla na 1200 ppm. Temperatura zraka spuštala se na 17 °C, a komposta za proizvodnju šampinjona na 18 °C. Mjesec dana nakon što je proizvodni ciklus započeo počela je prva od ukupno četiri berbe (tablica 1). Berba se istodobno odvijala na oba supstrata, u tri vala berbe sa po tjedan dana razlike između svakog vala.

Tablica 1. Datumi berbe gljiva šampinjona na dva različita supstrata

datum berbe	mađarski Bio fungiKft	nizozemski CNC
1.berba		
1. val	2. val	3. val
10. 3. 2011.	17. 3. 2011.	24. 3. 2011.
2. berba		
1. val	2. val	3. val
1. 4. 2011.	8. 4. 2011.	15. 4. 2011.
3. berba		
1.val	2. val	3. val
27. 4. 2011.	4. 5. 2011.	11. 5. 2011.
4. berba		
1. val	2. val	3. val
31. 5. 2011.	7. 6. 2011.	14. 6. 2011.

Istovremeno je osim navedenih parametara bila postavljena i praćena tzv. referentna traka na kojoj se berba vršila samo jednom na kraju proizvodnog ciklusa. Ova traka praćena je iz razloga kako bi se utvrdio transfer teških metala iz supstrata u gljivu bez prorjeđivanja supstrata.

2.2. Uzorkovanje, priprema za analize i čuvanje uzoraka supstrata i šampinjona

Oba supstrata (briketi) uzorkovana su prije početka proizvodnje gljiva i nakon završetka tako da je kompost ukupno uzorkovan 16 puta (4 berbe na dva supstrata, početak i kraj proizvodnje). U isto vrijeme uzorkovala se i referentna traka. Briketi supstrata bili su vagani na početku i na kraju svakog proizvodnog ciklusa radi utvrđivanja promjene u masi.

Uzorci su uzeti u količini od oko 5 kg i podijeljeni u dva poduzorka za analize (Bernal i sur., 1998., Hsu i Lo, 1999., Zhu, 2007.). Dio uzorka je sušen u sušioniku na 75±2^{o}C kroz 48 sati ili do konstantne težine prema metodi TMECC (Test Methods for the Examination of Composting and Compost, Thompson, 2001.) 03.09-A, homogeniziran, mljeven, prosijan kroz sito od 1 mm (Zhu, 2007.) i u papirnatim vrećicama čuvan u

eksikatoru. U suhim uzorcima rađene su slijedeće analize: sadržaj pepela, organski ugljik, te makro i mikroelementi.

Ostatak uzorka spremljen je u polietilenske vrećice, dobro zatvoren i čuvan u hladnjaku na 5 ^{0}C (Hsu i Lo, 1999., Zhu, 2007.). U svježim uzorcima provedene su slijedeće analize: suha tvar, pH, električni konduktivitet (EC), ukupni dušik, mineralni dušik i fizikalna svojstva. Kemijske analize u svježem uzorku provedene su unutar 48 sati.

Šampinjoni su uzorkovani u tri vala berbe tijekom svakog proizvodnog ciklusa što ukupno iznosi 32 uzorka po valu berbe (ukupno 96 uzoraka po proizvodnom ciklusu). Gljive su nakon berbe izvagane radi utvrđivanja prinosa, a oko 1500 g dopremljeno je u laboratorij gdje su gljive osušene i samljevene te pohranjene u papirnate vrećice. U ovako pripremljenim uzorcima provedene su slijedeće analize: sadržaj dušika, fosfora, kalija, esencijalnih mikroelemenata Zn i Fe i teških metala Pb i Cd.

2.3. Laboratorijska istraživanja

U okviru laboratorijskih istraživanja provedene su kemijske analize uzoraka početnog supstrata te supstrata nakon završetka proizvodnje gljiva šampinjona, te kemijske analize ubranih gljiva.

2.3.1. Kemijske analize supstrata (briketa)

U okviru laboratorijskih istraživanja provedena je analiza slijedećih kemijskih svojstava supstrata:

1. pH reakcija
2. električni konduktivitet (EC)
3. sadržaj organskog ugljika
4. sadržaj ukupnog dušika
5. C/N odnos
6. sadržaj fosfora i kalija
7. koncentracija teških metala esencijalnih (Fe i Zn) i toksičnih (Pb i Cd)

U radu je za koncentraciju (udio) u suhoj ili svježoj tvari korišten izraz sadržaj, koji se uobičajeno koristi u literaturi.

2.3.1.1. pH reakcija

pH reakcija svježeg komposta određena je elektrometrijskim mjerenjem (Tiquia i Tam, 2000., Zhu, 2006.) na pH-metru sa kombiniranom elektrodom, Iskra MA 5740. 10 g svježeg materijala mućkano je jedan sat na rotacionoj mućkalici u 100 ml deionizirane vode (1:10 w/v uzorak:voda). Mjerenje je obavljeno u otopini dobivenoj nakon taloženja krutog dijela. Rezultati mjerenja izraženi su u pH jedinicama.

2.3.1.2. Električni konduktivitet (EC)

Određivanje električnog konduktiviteta obavljeno je u svježem uzorku. 20 g uzorka i 100 ml deionizirane vode (1:5 w/v uzorak:voda) mućka se jedan sat na rotacionoj mućkalici (Tiquia i Tam, 2000.). Nakon mućkanja uzorak je filtriran kroz naborani filter papir (kvantitativni filter papir), a EC je mjeren u filtratu na konduktometru InoLab Cond Level 2. Dobivene vrijednosti izražene su u dSm^{-1}.

2.3.1.3. Sadržaj organskog ugljika

Organski ugljik određen je oksidacijom suhog uzorka mokrim postupkom na 135 ^{o}C (ISO, 1998., modificirana metoda). Metodika je modificirana na taj način da je umjesto zrakosuhog uzorka (zbog problema homogeniziranja, usitnjavanja i vaganja) u postupak uzet uzorak osušen na 75 ^{o}C. Masa uzorka koja se uzima u postupak ovisi o očekivanoj količini ugljika u uzorku. Ako se ona kreće između 16 % i 40 % (to su vrijednosti koje se očekuju kod stajskog gnoja i komposta), odvagat će se 45-50 mg uzorka.

U 50 mg suhog uzorka dodano je 5 ml otopine $K_2Cr_2O_7$ (c = 0.27 mol l^{-1}) i 7.5 ml koncentrirane H_2SO_4. Nakon polusatnog razaranja u sušioniku na 135 ^{o}C uzorak je kvantitativno prenijet u odmjernu tikvicu od 100 ml. Ohlađen, nadopunjen i promućkan

uzorak stoji jedan sat. Po potrebi se, ako u otopini ostanu krute čestice, centrifugira 10 minuta na 2000 okretaja ili filtrira, kroz filter sa staklenim vlaknima. Paralelno sa uzorcima pravi se i slijepa proba za koju je korišten žareni kremeni pijesak. Na spektrofotometru Buck 100 VIS izmjerena je apsorpcija, a pomoću dijagrama izračunata masa C u uzorcima. Metoda se kalibrira pomoću glukoze kao izvora organskog ugljika. Sadržaj organskog ugljika izračunat je po formuli:

OC [g kg^{-1}] = masa organskog C u uzorku (mg) / masa analiziranog uzorka (g)

2.3.1.4. Sadržaj ukupnog dušika

Ukupni dušik određen je prevođenjem dušika iz svježeg uzorka u amonijski oblik, destilacijom u bornoj kiselini i titracijom s HCl ili H_2SO_4 (ISO, 1995., modificirana metoda). Po propisu metode 10 g usitnjenog i homogeniziranog svježeg uzorka odvagne se u kivetu za razaranje i doda 30 ml smjese sumporne i salicilne kiseline. Metoda je modificirana tako da je u tikvicu za spaljivanje zapremine 100 ml, vagnut 1 g uzorka u koji je dodana mješavina 5 ml konc. H_2SO_4 i salicilne kiseline (25 g salicilne kiseline otopi se u 1 l konc. H_2SO_4). Uzorak je vagnut na cigaret papir, zamotan u tuljac i uguran u tikvicu za spaljivanje. Paralelno s uzorcima vagana je slijepa proba u kojoj je bio cigaret papir. Uzorci su pažljivo miješani do potpune homogenizacije i ostavljeni stajati nekoliko sati ili preko noći. Nakon stajanja u uzorke je dodano 0.5 g natrijevog tiosulfata, a zatim su spaljivani na 320 ^oC na aparaturi Hach Digesdahl, do završetka pjenjenja. Po završetku pjenjenja, dodaje se 1 g katalizatora (smjesa kalijevog i bakrenog sulfata i titan dioksida) i uzorci se spaljuju na 360-410 ^oC do potpunog bistrenja. Mješavina je ohlađena i nadopunjena. 10 ml ove otopine destilirano je u smjesu 2 % borne kiseline i indikatora (mješavina metilcrvenog i bromkrezol zelenog otopljena u 95 % etilnom alkoholu). Titrira se sa 0.01 mol l^{-1} HCl ili 0.005 mol l^{-1} H_2SO_4 do prelaska zelene u ružičastu boju. 1 ml kiseline za titraciju odgovara 0.14 mg NH_4 –N. Ukupni dušik izražava se u g N kg^{-1} suhe tvari.

2.3.1.5. C/N odnos

C/N odnos dobiven je matematički iz odnosa ukupnog organskog ugljika i ukupnog dušika. Obje su veličine izražene u odnosu na suhu tvar.

C/N = OC (%) ÷ ukupni N (%)

2.3.1.6. Sadržaj fosfora i kalija

Fosfor i kalij određeni su iz osnovne otopine dobivene digestijom pepela klorovodičnom kiselinom. Pepeo se nakon žarenja kvantitativno prenese s 20 ml 1 mol l^{-l} HCl u Erlenmayer tikvicu i uz povratno hlađenje digerira 30 min na vreloj vodi. Suspenzija se filtrira u odmjernu tikvicu od 1000 ml. Tako pripremljena matična otopina, koja sadrži 2 mg suhe tvari organskog gnoja ml^{-1}, koristi se za određivanje koncentracije fosfora, kalija, kalcija i magnezija.

Koncentracija ukupnog P utvrđena je spektrofotometrijskom fosfor-vanadomolibdenskom metodom. 10 ml matične otopine odpipetirano je u odmjernu tikvicu od 50 ml, dodano je 10 ml nitrovanadomolibdenskog reagensa i nakon jednog sata, na spektrofotometru Buck 100 VIS, izmjeren j Buck 100 VIS e intenzitet žute boje. Rezultat se izražava kao g P kg^{-1} suhe tvari (Vajnberger, 1966.)

K, Ca i Mg određeni su, iz matične otopine pepela na atomsko-apsorpcijskom spektrometrijom, na AAS PerkinElmer Analyst200.

2.3.1.7. Sadržaj teških kovina

Osnovna otopina za određivanje koncentracije mikroelemenata i teških kovina pripremljena je razaranjem suhog uzorka zlatotopkom (Thompson, 2001.), a koncentracija

pojedinih elemenata određena je spektrometrijom na AAS-u (Fe, Zn,) ili ICP-OES (Mo, Cd, Pb).

Analiza briketa komposta provedena je u laboratoriju Zavoda za agroekologiju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku.

2.3.2. Kemijske analize gljiva šampinjona

2.3.2.1. Određivanje sadržaja dušika

Za određivanje sadržaja dušika u uzorku gljiva korištena je osnovna otopina uzorka dobivena digestijom, odnosno mokrim spaljivanjem organske tvari sa smjesom kiselina koja se sastoji od 96 % koncentrirane sulfatne kiseline i 4 % perklorne kiseline, te uz dodatak vodikovog peroksida. Destilacija dušika provedena je istiskivanjem amonijaka iz otopine uzorka pomoću jake lužine odnosno 40 % natrijevog hidroksida u predložak kojeg je činila 0,01 mol dm^{-3} sulfatna kiselina. Kao rezultat navedenog postupka u predlošku je dobiven amonijev sulfat *(Vukadinović i Bertić, 1989.)*. Količina nastalog amonijevog sulfata ekvivalentna je količini dušika u uzorku. Titracijom predloška nakon destilacije, odnosno neutralizacijom preostale kiseline u predlošku s 0,02 mol dm^{-3} natrijevim hidroksidom određen utrošak kiseline. Koncentracija dušika izražena je u % suhe tvari analizirane tvari.

2.3.2.2. Određivanje sadržaja fosfora

Osnovna otopina uzorka dobivena oksidacijom korištena je za određivanje koncentracije fosfora u uzorku. Kolorimetrijska fosformolibdenska metoda temeljena je na stvaranju kompleksa plave boje s amonijevim molibdatom, natrijevim sulfitom i hidrokinonom. Spektrofotometrijsko mjerenje intenziteta plave boje obavljeno je primjenom UV spektrofotometra Carry 50 na valnoj duljini od 725 nm u odnosu na seriju standardnih otopina u rasponu koncentracija 0 do 6 µg P ml^{-1}. Sadržaj fosfora izražen je u % suhe tvari analizirane gljive *(Vukadinović i Bertić, 1989.)*.

2.3.2.3. Određivanje sadržaja kalija

Osnovna otopina uzorka dobivena razaranjem sa smjesom kiselina korištena je za određivanje koncentracije kalija, kalcija i magnezija u uzorku gljiva. Koncentracije navedenih elemenata u osnovnoj otopini određene su emisijskom (K) ili apsorpcijskom tehnikom (Ca i Mg) pomoću atomskog apsorpcijskog spektrofotometra Perkin Elmer Analyst 200. Mjerenje sadržaja K, u osnovnoj otopini obavljeno je u odnosu na pripremljene serije standardnih otopina s poznatim koncentracijama koje su za K iznosile do 500 μg K ml^{-1}. Sadržaj K, u % suhe tvari analizirane tvari utvrđene su računskim putem s obzirom na razrjeđenje osnovne otopine uzorka *(Vukadinović i Bertić, 1989.).*

2.3.2.4. Određivanje koncentracije Fe, Zn

Određivanje koncentracije mikroelemenata u uzorku zasnovano je na korištenju osnovne otopine uzorka koja je dobivena digestijom sa smjesom kiselina *(Vukadinović i Bertić, 1989.).* Koncentracije Fe i Zn u osnovnoj otopini određene su apsorpcijskom tehnikom pomoću atomskog apsorpcijskog spektrofotometra Perkin Elmer Analyst 200. Mjerenje koncentracije mikroelemenata u osnovnoj otopini obavljeno je u odnosu na pripremljene serije standardnih otopina rastućih koncentracija. Koncentracije Fe, Zn u % suhe tvari analizirane tvari utvrđene su računskim putem s obzirom na razrjeđenje osnovne otopine uzorka.

2.3.2.5. Određivanje koncentracije Pb i Cd

Uzorci šampinjona pripremljeni su za mjerenje koncentracije toksičnih teških metala razaranjem mokrim postupkom, tj. razaranjem dušičnom kiselinom mikrovalnom tehnikom. U teflonsku kivetu odvagan je 1 g suhog uzorka i preliveno s 9 ml 65 % HNO_3 i 2 ml 30 % H_2O_2. Nakon razaranja u mikrovalnoj pećnici, otopina uzorka profiltrirana je kroz dvostruki naborani filter papir u tikvice volumena 50 ml. Otopina uzorka nadopunjena je do mjerne oznake na odmjernoj tikvici destiliranom vodom.

Koncentracije teških metala (Cd, Pb) u otopinama utvrđene su direktnim mjerenjem apsorpcijskom tehnikom na ICP-OES.

Analiza šampinjona provedena je u laboratoriju Zavoda za agroekologiju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku.

2.4. Statistička obrada podataka

Rezultati projekta statistički su analizirani uporabom programa SAS for Windows (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Statističke značajnosti utvrđene su testom ANOVA i korelacijama u programu Excel Windows.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Kemijska svojstva supstrata

S ciljem utvrđivanja promjene kemijskih svojstava supstrata tijekom proizvodnog ciklusa provedena su mjerenja slijedećih svojstava na početku i na kraju proizvodnog ciklusa tijekom četiri proizvodna ciklusa; pH reakcija supstrata, elektrokonduktivitet - pokazatelj sadržaja topivih soli (iona) u supstratu, sadržaj suhe tvari, % dušika, % ugljika, ugljik/dušik odnos, sadržaj makroelemenata fosfora i kalija, te esencijalnih teških metala: željeza, cinka i toksičnih teških metala kadmija i olova.

3.1.1. Osnovna svojstva supstrata i sadržaj makroelementa

Laboratorijskim analizama u supstratima mađarskog i nizozemskog porijekla utvrđena su osnovna kemijska svojstva.

Tablica 2. Prvi mjesec uzgoja na supstratu mađarskog porijekla (osnovna svojstva sa analiziranim makroelementima)

Supstrat Mađarska	pH_{H2O} 1:10	EC mS/cm 1:5	ST %	N %	C %	C/N	P %	K %
početno stanje	6,06	7,79	46,59	2,61	26,87	10,28	1,98	1,15
referentna traka	6,28	8,14	41,47	2,62	25,71	9,83	1,90	1,13
kraj berbe	6,13	8,88	52,42	2,24	25,34	11,31	1,85	1,00

U supstratu ***mađarskog porijekla u prvom mjesecu*** uzgoja utvrđene su sljedeće vrijednosti osnovnih svojstava:

- pH reakcija iznosila je na početku uzgoja 6,06, na kraju berbe 6,13 te na referentnoj traci 6,28, konduktivitet (EC) na početku berbe iznosio je 7,79 mS/cm, na kraju 8,88 mS/cm, a na referentnoj traci 8,14 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari (ST) na početku berbe bio 46,59 %, na kraju 52,42 %, a na referentnoj traci 41,47 % (tablica 2)
- sadržaj N na početku berbe iznosio je 2,61 %, na kraju 2,24 %, a na referentnoj traci 2,62 %, sadržaj C na početku berbe bio je 26,87 %, na kraju 25,34 %, a na referetnoj traci

25,71 %, dok je utvrđeni C/N odnos bio na početku 10:1 na kraju 11:1 na referentnoj traci 10:1 (tablica 2)

- sadržaj P na početku berbe iznosio je 1,98 %, na kraju 1,85 %, te na referentnoj traci 1,90 %,dok je sadržaj K na početku berbe bio 1,15 % , na kraju 1,00 %, a na referentnoj traci 1,13 % (tablica 2).

Tablica 3. Drugi mjesec uzgoja na supstratu mađarskog porijekla (osnovna svojstva sa analiziranim makroelementima)

Supstrat Mađarska	pH_{H2O} 1:10	EC mS/cm 1:5	ST %	N %	C %	C/N	P %	K %
početno stanje	6,03	7,56	45,25	2,27	27,58	12,13	1,97	1,12
referentna traka	6,08	8,52	44,32	2,24	26,72	11,90	1,91	1,10
kraj berbe	6,11	9,56	52,81	2,28	22,09	9,68	1,83	0,98

U supstratu ***mađarskog porijekla u drugom mjesecu*** uzgoja utvrđeno je:

- pH reakcija iznosila je na početku uzgoja 6,03, na kraju berbe 6,11 te na referentnoj traci 6,08, konduktivitet (EC) na početku berbe iznosio je 7,56 mS/cm, na kraju 9,56 mS/cm, a na referentnoj traci 8,52 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari (ST) na početku berbe bio 45,25 %, na kraju 52,81 %, a na referentnoj traci 44,32 % (tablica 3)

- sadržaj N na početku berbe iznosio je 2,27 %, na kraju 2,28 %, a na referentnoj traci 2,24 %, sadržaj C na početku berbe bio je 27,58 %, na kraju 22,09 %, a na referetnoj traci 26,72 %, dok je utvrđeni C/N odnos bio na početku 12:1 na kraju 10:1 na referentnoj traci 12:1 (tablica 3)

- sadržaj P na početku berbe iznosio je 1,97 %, na kraju 1,83 %, te na referentnoj traci 1,91 %, dok je sadržaj K na početku berbe bio 1,12 % , na kraju 0,98 %, a na referentnoj traci 1,10 % (tablica 3).

Tablica 4. Treći mjesec uzgoja na supstratu mađarskog porijekla (osnovna svojstva sa analiziranim makroelementima)

Supstrat Mađarska	pH_{H2O} 1:10	EC mS/cm 1:5	ST %	N %	C %	C/N	P %	K %
početno stanje	6,06	7,56	43,22	2,61	26,87	10,28	1,95	1,16
referentna traka	6,16	8,52	42,84	2,62	25,71	9,83	1,89	1,14
kraj berbe	6,55	9,56	53,46	2,24	25,34	11,31	1,83	1,01

U supstratu ***mađarskog porijekla u trećem mjesecu*** uzgoja utvrđeno je:

- pH reakcija iznosila je na početku uzgoja 6,06, na kraju berbe 6,55 te na referentnoj traci 6,16, konduktivitet (EC) na početku berbe iznosio je 7,56 mS/cm, na kraju 9,56 mS/cm, a na referentnoj traci 8,52 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari (ST) na početku berbe bio 42,22 %, na kraju 53,46 %, a na referentnoj traci 42,84 % (tablica 4)
- sadržaj N na početku berbe iznosio je 2,61 %, na kraju 2,24 %, a na referentnoj traci 2,62 %, sadržaj C na početku berbe bio je 26,87 %, na kraju 25,34 %, a na referetnoj traci 25,71 %, dok je utvrđeni C/N odnos bio na početku 10:1 na kraju 11:1 na referentnoj traci 10:1 (tablica 4)
- sadržaj P na početku berbe iznosio je 1,95 %, na kraju 1,83 %, te na referentnoj traci 1,89 %,dok je sadržaj K na početku berbe bio 1,16 % , na kraju 1,01 %, a na referentnoj traci 1,14 % (tablica 4).

Tablica 5. Četvrti mjesec uzgoja na supstratu mađarskog porijekla (osnovna svojstva sa analiziranim makroelementima)

Supstrat Mađarska	pH_{H2O} 1:10	EC mS/cm 1:5	ST %	N %	C %	C/N	P %	K %
početno stanje	6,06	8,05	43,22	2,24	24,38	10,90	1,97	1,17
referentna traka	6,15	8,61	42,84	2,30	25,18	10,95	1,92	1,15
kraj berbe	6,54	7,52	53,46	2,23	23,12	10,39	1,86	1,03

U supstratu ***mađarskog porijekla u četvrtom mjesecu*** uzgoja utvrđeno je:

- pH reakcija iznosila je na početku uzgoja 6,06, na kraju berbe 6,54 te na referentnoj traci 6,15, konduktivitet (EC) na početku berbe iznosio je 8,05 mS/cm, na kraju 7,52 mS/cm, a

na referentnoj traci 8,61 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari (ST) na početku berbe bio 43,22 %, na kraju 53,46 %, a na referentnoj traci 42,84 % (tablica 5)

- sadržaj N na početku berbe iznosio je 2,24 %, na kraju 2,23 %, a na referentnoj traci 2,30 %, sadržaj C na početku berbe bio je 24,38 %, na kraju 23,12 %, a na referetnoj traci 25,18 %, dok je utvrđeni C/N odnos bio na početku 11:1 na kraju 10:1 na referentnoj traci 11:1 (tablica 5)

- sadržaj P na početku berbe iznosio je 1,97 %, na kraju 1,86 %, te na referentnoj traci 1,92%, dok je sadržaj K na početku berbe bio 1,17 % , na kraju 1,03 %, a na referentnoj traci 1,15 % (tablica 5).

Tablica 6. Prvi mjesec uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla (osnovna svojstva sa analiziranim makroelementima)

Supstrat Nizozemska	pH_{H2O} 1:10	EC mS/cm 1:5	ST %	N %	C %	C/N	P %	K %
početno stanje	5,90	8,02	37,12	2,32	29,16	12,56	1,80	1,10
referentna traka	6,01	7,39	34,46	2,31	28,97	12,53	1,75	1,00
kraj berbe	5,98	8,69	51,63	2,33	31,31	13,42	1,60	0,95

U supstratu ***nizozemskog porijekla u prvom mjesecu*** uzgoja utvrđeno je:

- pH reakcija iznosila je na početku uzgoja 5,90, na kraju berbe 5,98 te na referentnoj traci 6,01, konduktivitet (EC) na početku berbe iznosio je 8,02 mS/cm, na kraju 8,69 mS/cm, a na referentnoj traci 7,39 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari (ST) na početku berbe bio 37,12 %, na kraju 51,63 %, a na referentnoj traci 34,46 % (tablica 6)

- sadržaj N na početku berbe iznosio je 2,32 %, na kraju 2,33 %, a na referentnoj traci 2,31 %, sadržaj C na početku berbe bio je 29,16 %, na kraju 31,31 %, a na referetnoj traci 28,97 %, dok je utvrđeni C/N odnos bio na početku 13:1 na kraju 13:1 na referentnoj traci 13:1 (tablica 6)

- sadržaj P na početku berbe iznosio je 1,80 %, na kraju 1,60 %, te na referentnoj traci 1,75 %, dok je sadržaj K na početku berbe bio 1,10 % , na kraju 0,95 %, a na referentnoj traci 1,00 % (tablica 6).

Tablica 7. Drugi mjesec uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla (osnovna svojstva sa analiziranim makroelementima)

Supstrat Nizozemska	pH_{H2O} 1:10	EC mS/cm 1:5	ST %	N %	C %	C/N	P %	K %
početno stanje	6,00	7,94	39,51	2,42	27,71	11,45	1,82	1,12
referentna traka	6,13	9,84	43,26	2,23	25,33	11,37	1,78	1,03
kraj berbe	6,14	9,74	43,13	2,26	23,80	10,51	1,61	0,98

U supstratu ***nizozemskog porijekla u drugom mjesecu*** uzgoja utvrđeno je:

- pH reakcija iznosila je na početku uzgoja 6,00, na kraju berbe 6,14 te na referentnoj traci 6,13, konduktivitet (EC) na početku berbe iznosio je 7,94 mS/cm, na kraju 9,74 mS/cm, a na referentnoj traci 9,84 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari (ST) na početku berbe bio 39,51 %, na kraju 43,13 %, a na referentnoj traci 43,26 % (tablica 7)
- sadržaj N na početku berbe iznosio je 2,42 %, na kraju 2,26 %, a na referentnoj traci 2,23 %, sadržaj C na početku berbe bio je 27,71 %, na kraju 23,80 %, a na referetnoj traci 25,33 %, dok je utvrđeni C/N odnos bio na početku 11:1 na kraju 11:1 na referentnoj traci 11:1 (tablica 7)
- sadržaj P na početku berbe iznosio je 1,82 %, na kraju 1,61 %, te na referentnoj traci 1,78%, dok je sadržaj K na početku bereb bio 1,12 % , na kraju 0,98 %, a na referentnoj traci 1,03 % (tablica 7).

Tablica 8. Treći mjesec uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla (osnovna svojstva sa analiziranim makroelementima)

Supstrat Nizozemska	pH_{H2O} 1:10	EC mS/cm 1:5	ST %	N %	C %	C/N	P %	K %
početno stanje	6,04	8,06	38,12	2,32	29,16	12,56	1,80	1,12
referentna traka	6,07	7,33	40,52	2,31	28,97	12,53	1,70	1,05
kraj berbe	6,54	6,48	51,17	2,33	31,31	13,42	1,62	0,97

U supstratu ***nizozemskog porijekla u trećem mjesecu*** uzgoja utvrđeno je:

- pH reakcija iznosila je na početku uzgoja 6,04, na kraju berbe 6,54 te na referentnoj traci 6,07, konduktivitet (EC) na početku berbe iznosio je 8,06 mS/cm, na kraju 6,48 mS/cm, a

na referentnoj traci 7,33 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari (ST) na početku berbe bio 38,12 %, na kraju 51,17 %, a na referentnoj traci 40,52 % (tablica 8)

- sadržaj N na početku berbe iznosio je 2,32 %, na kraju 2,33 %, a na referentnoj traci 2,31 %, sadržaj C na početku berbe bio je 29,16 %, na kraju 31,31 %, a na referetnoj traci 28,97 %, dok je utvrđeni C/N odnos bio na početku 13:1 na kraju 13:1 na referentnoj traci 13:1 (tablica 8)
- sadržaj P na početku berbe iznosio je 1,80 %, na kraju 1,62 %, te na referentnoj traci 1,70%, dok je sadržaj K na početku bereb bio 1,12 % , na kraju 0,97 %, a na referentnoj traci 1,05 % (tablica 8).

Tablica 9. Četvrti mjesec uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla (osnovna svojstva sa analiziranim makroelementima)

Supstrat Nizozemska	pH_{H2O} 1:10	EC mS/cm 1:5	ST %	N %	C %	C/N	P %	K %
početno stanje	6,00	7,94	39,51	2,42	27,71	11,45	1,82	1,09
referentna traka	6,13	9,84	43,26	2,23	25,33	11,37	1,73	0,98
kraj berbe	6,14	9,74	43,13	2,26	23,80	10,51	1,59	0,92

U supstratu ***nizozemskog porijekla u četvrtom mjesecu*** uzgoja utvrđeno je:

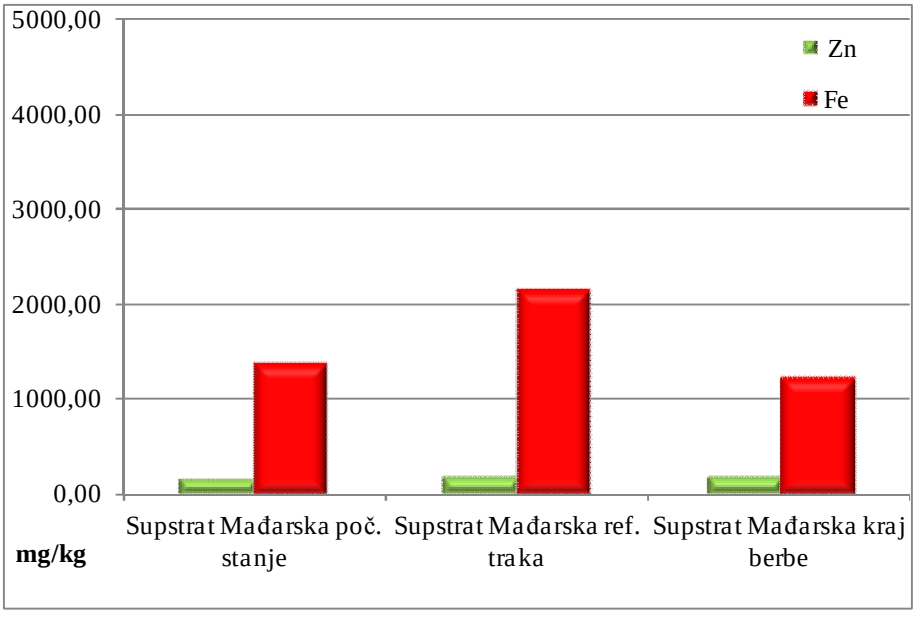
- pH reakcija iznosila je na početku uzgoja 6,00, na kraju berbe 6,14 te na referentnoj traci 6,13, konduktivitet (EC) na početku berbe iznosio je 7,94 mS/cm, na kraju 9,74 mS/cm, a na referentnoj traci 9,84 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari (ST) na početku berbe bio 39,51%, na kraju 43,13 %, a na referentnoj traci 43,26 % (tablica 9)
- sadržaj N na početku berbe iznosio je 2,42 %, na kraju 2,26 %, a na referentnoj traci 2,23 %, sadržaj C na početku berbe bio je 27,71 %, na kraju 23,80 %, a na referetnoj traci 25,33 %, dok je utvrđeni C/N odnos bio na početku 11:1 na kraju 11:1 na referentnoj traci 11:1 (tablica 9)
- sadržaj P na početku berbe iznosio je 1,82 %, na kraju 1,59 %, te na referentnoj traci 1,73 %, dok je sadržaj K na početku berbe bio 1,09 % , na kraju 0,92 %, a na referentnoj traci 0,98 %, (tablica 9).

3.1.2. Koncentracija esencijalnih i toksičnih teških metala u supstratu

Tijekom istraživanja ustanovljene su koncentracije esencijalnih (Fe, Zn) i toksičnih teških metala, (Pb i Cd) u supstratima mađarskog i nizozemskog porijekla.

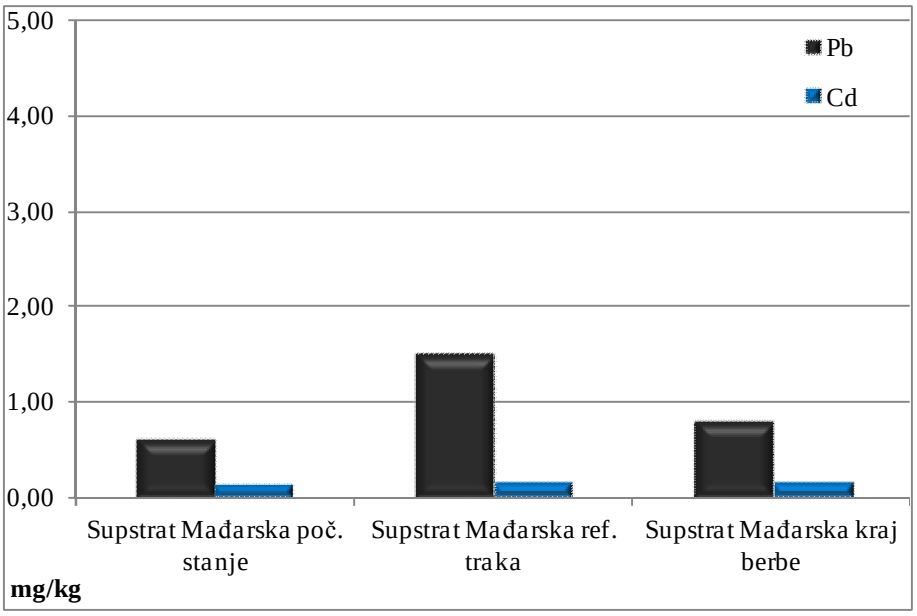
3.1.2.1. Supstrat mađarskog porijekla

Prema Deklaraciji proizvođača supstrata za uzgoj šampinjona Bio-fungi Kft izdanoj od Ministarstva za poljoprivredu države Mađarske maksimalno dopuštena količina Cd u kompostu iznosi 2 mg/kg suhe tvari, a Pb 100 mg/kg suhe tvari. Granične vrijednosti po Deklaraciji poklapaju se sa Pravilnikom o zaštiti od onečišćenja poljoprivrednog zemljišta (NN 9/2014).

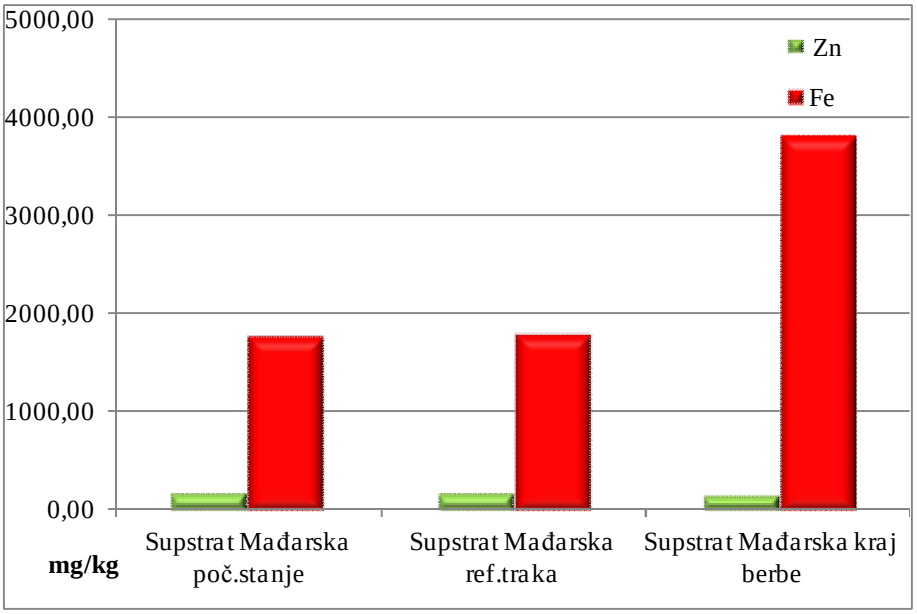


Grafikon 1. Odnos količine Zn u usporedbi sa količinom Fe u prvom mjesecu uzgoja

U prvom mjesecu na supstratu mađarskog porijekla prosječna količina Zn iznosila je 163,99 mg/kg, a Fe 1596,21 mg/kg (grafikon 1) dok je prosječna količina Pb u prvom mjesecu proizvodnje iznosila 0,97 mg/kg i Cd 0,15 mg/kg. (grafikon 2)

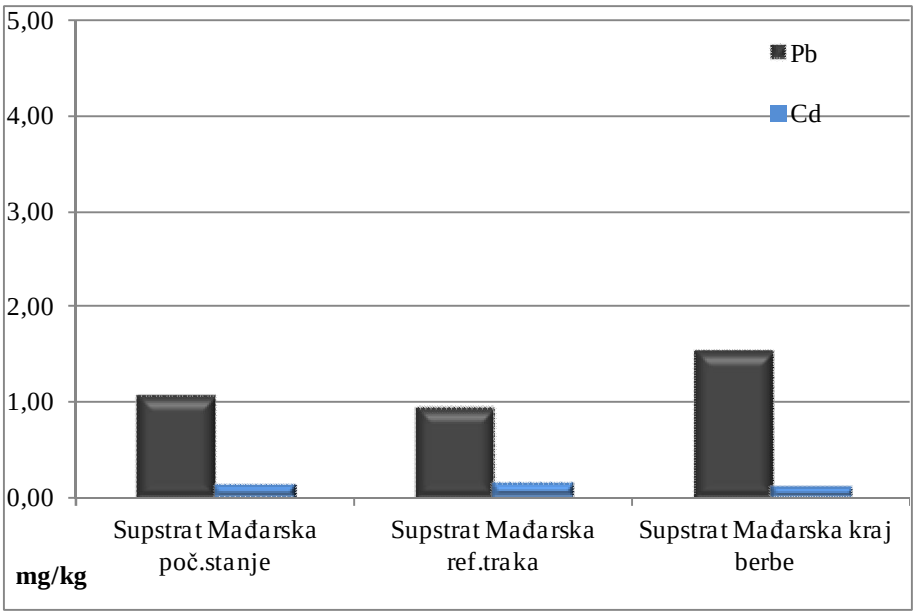


Grafikon 2. Odnos količine Pb u usporedbi sa količinom Cd u prvom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla



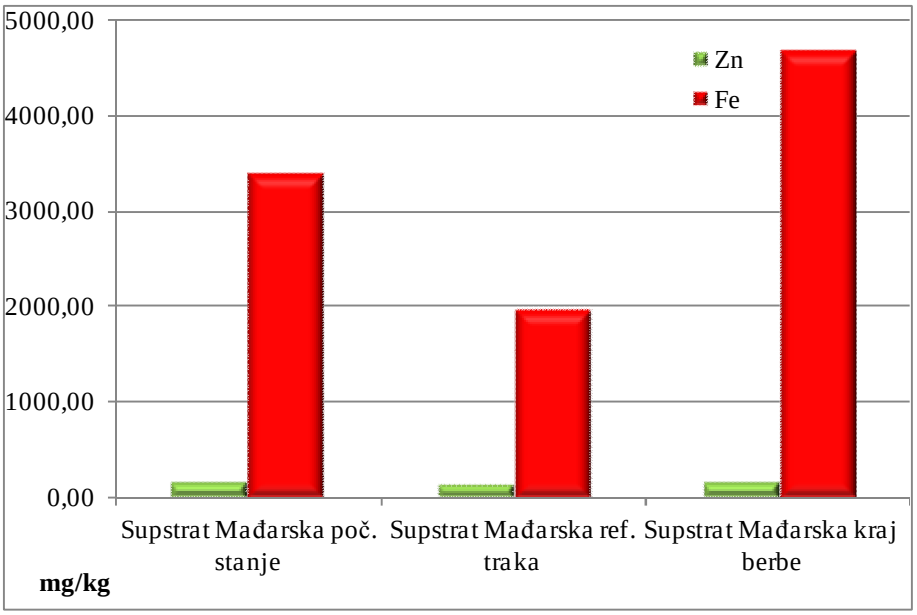
Grafikon 3. Odnos količine Zn u usporedbi sa količinom Fe u drugom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla

Prosječna količina Zn u drugom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla iznosila je 155,2 mg/kg, a Fe 2464,11 mg/kg (grafikon 3).



Grafikon 4. Odnos količine Pb u usporedbi sa količinom Cd u drugom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla

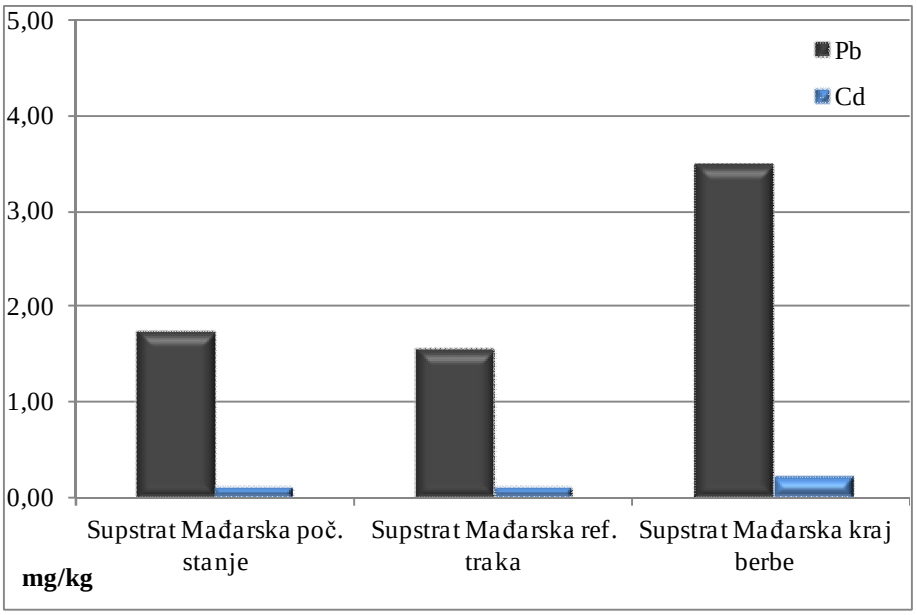
Prosječna količina Pb u drugom mjesecu proizvodnje na istom supstratu je iznosila 1,19 mg/kg i Cd 0,13 mg/kg (grafikon 4).



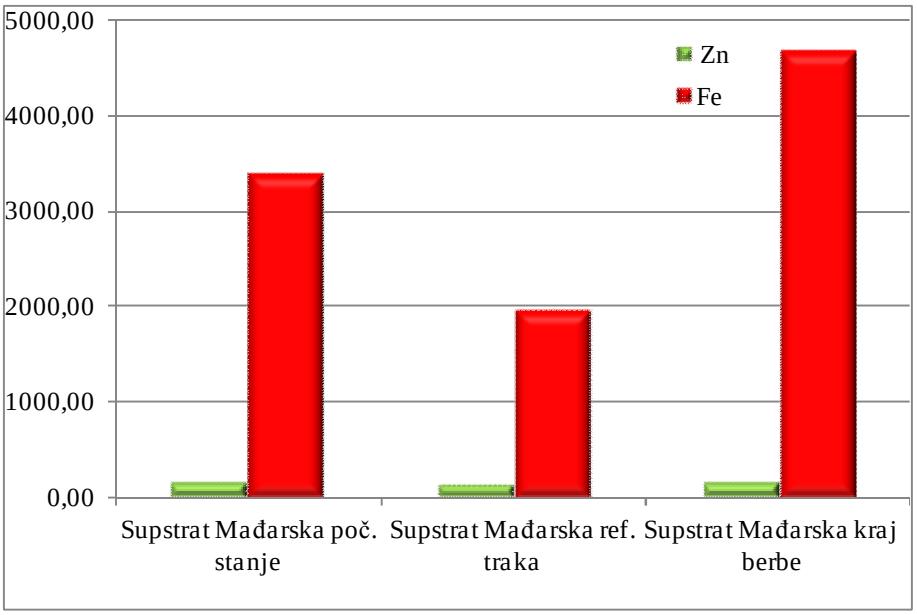
Grafikon 5. Odnos količine Zn u usporedbi sa količinom Fe u trećem mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla

Prosječna količina Zn u trećem mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla iznosila je 151,47 mg/kg, a Fe 3361,49 mg/kg. (grafikon 5)

Prosječna količina Pb u trećem mjesecu proizvodnje na istom supstratu iznosila je 2,26 mg/kg, te Cd 0,15 mg/kg (grafikon 6).

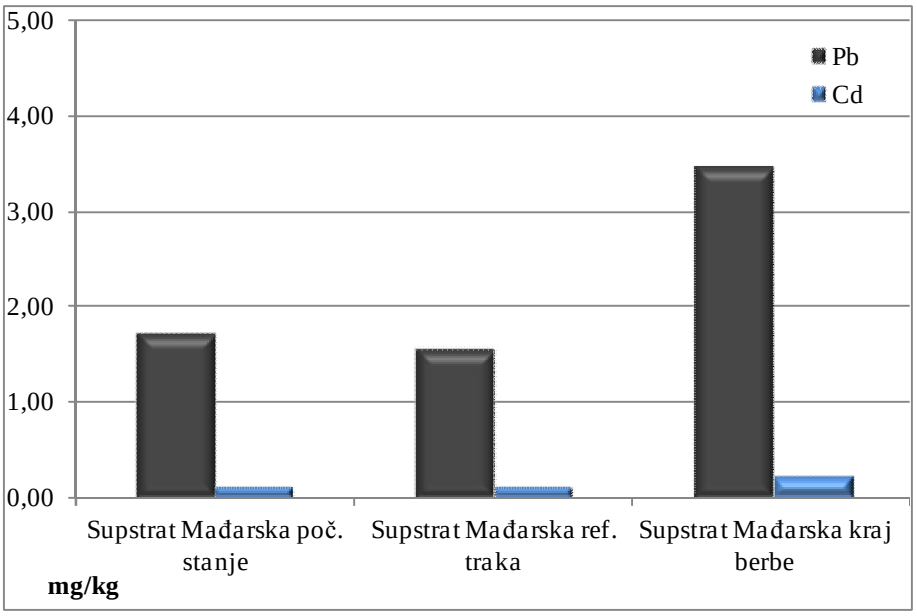


Grafikon 6. Odnos količine Pb u usporedbi sa količinom Cd u trećem mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla



Grafikon 7. Odnos količine Zn u usporedbi sa količinom Fe u četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla

Prosječna količina Zn u četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla iznosila je 150,87 mg/kg, a Fe 3361,3 mg/kg. (grafikon 7)

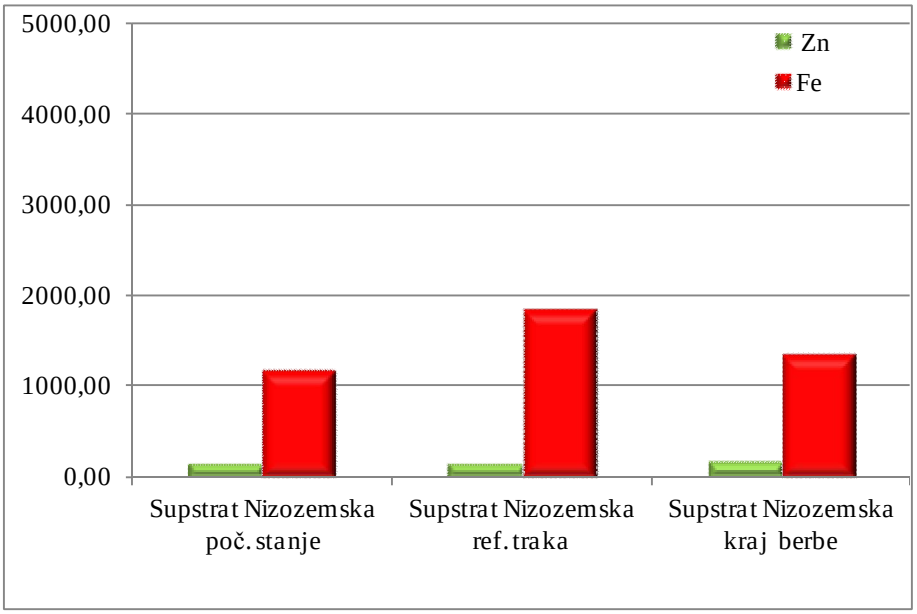


Grafikon 8. Odnos količine Pb u usporedbi sa količinom Cd u četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla

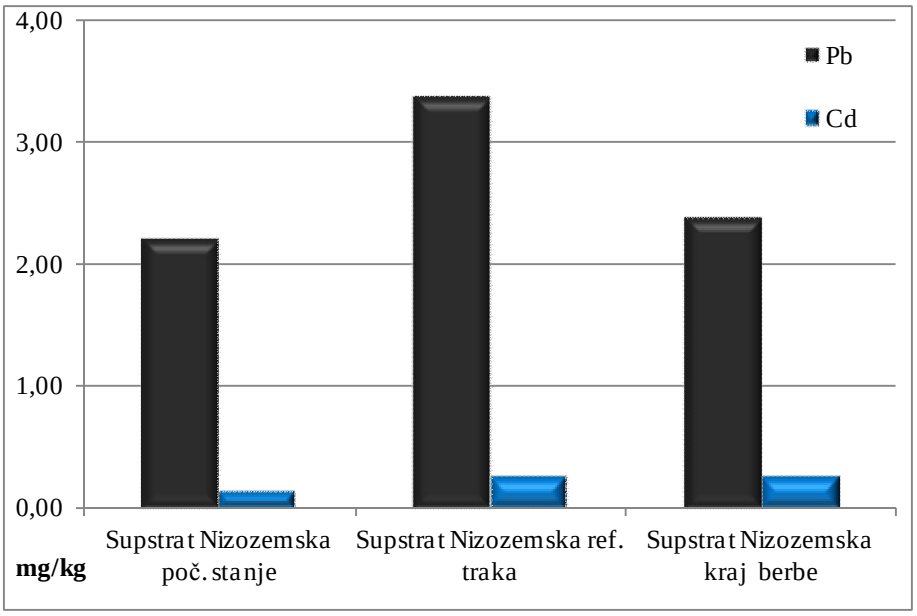
Na istom supstratu u četvrtom mjesecu proizvodnje utvrđena je prosječna količina Pb od 2,26 mg/kg, te Cd 0,15 mg/kg (grafikon 8).

3.1.2.2. Supstrat nizozemskog porijekla

Na supstratu nizozemskog porijekla u prvom mjesecu uzgoja prosječna količina Zn iznosila je 127,24 mg/kg, a Fe 1438,23 mg/kg. (grafikon 9)

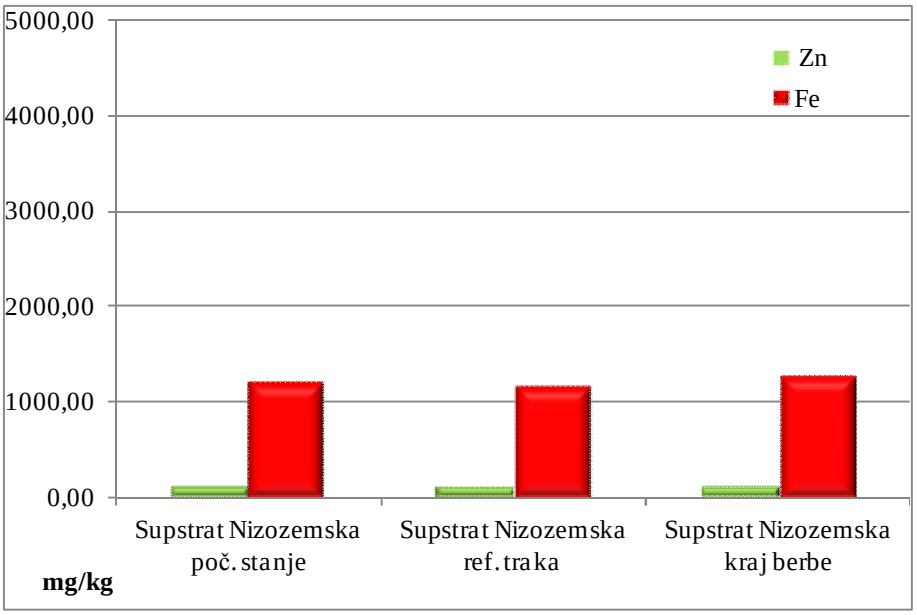


Grafikon 9. Odnos količine Zn u usporedbi sa količinom Fe u prvom mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla



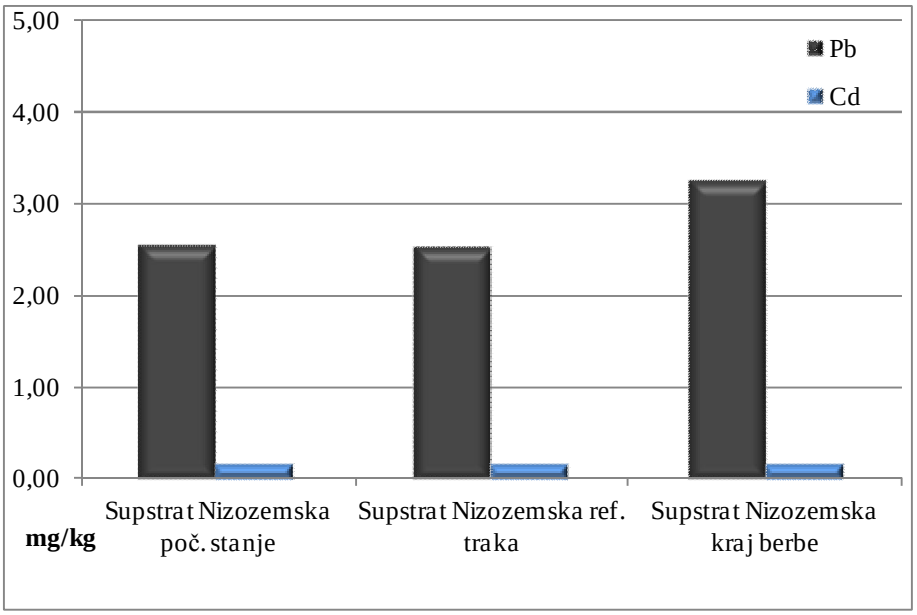
Grafikon 10. Odnos količine Pb u usporedbi sa količinom Cd u prvom mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla

Na istom supstratu prosječna količina Pb u prvom mjesecu proizvodnje je iznosila 2,66 mg/kg, a Cd 0,22 mg/kg. (grafikon 10)

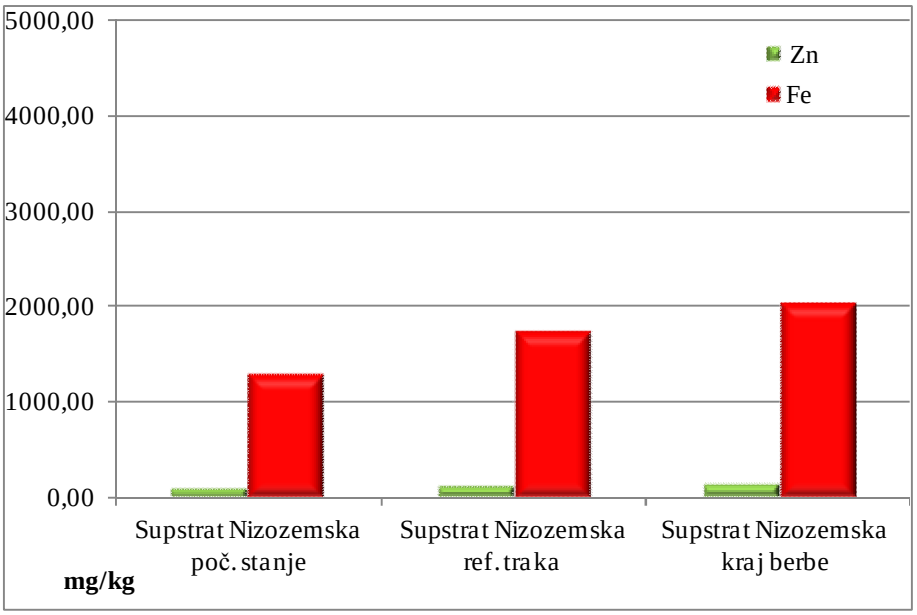


Grafikon 11. Odnos količine Zn u usporedbi sa količinom Fe u drugom mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla

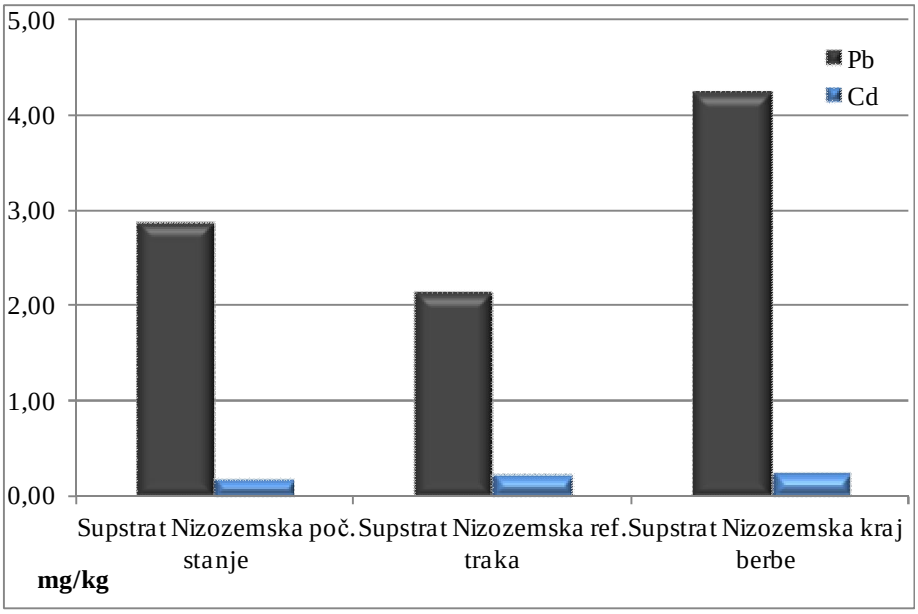
Prosječna količina Zn u drugom mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla iznosila je 105,61 mg/kg, a Fe 1216,96 mg/kg (grafikon 11) dok je utvrđena prosječna količina Pb bila 2,78 mg/kg, a Cd 0,16 mg/kg (grafikon 12).



Grafikon 12. Odnos količine Pb u usporedbi sa količinom Cd u drugom mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla



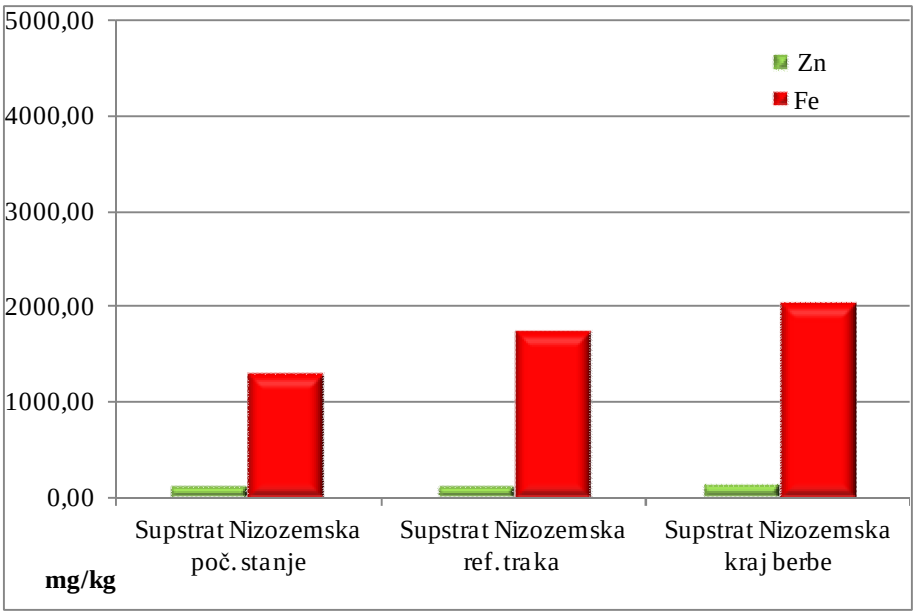
Grafikon 13. Odnos količine Zn u usporedbi sa količinom Fe u trećem mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla



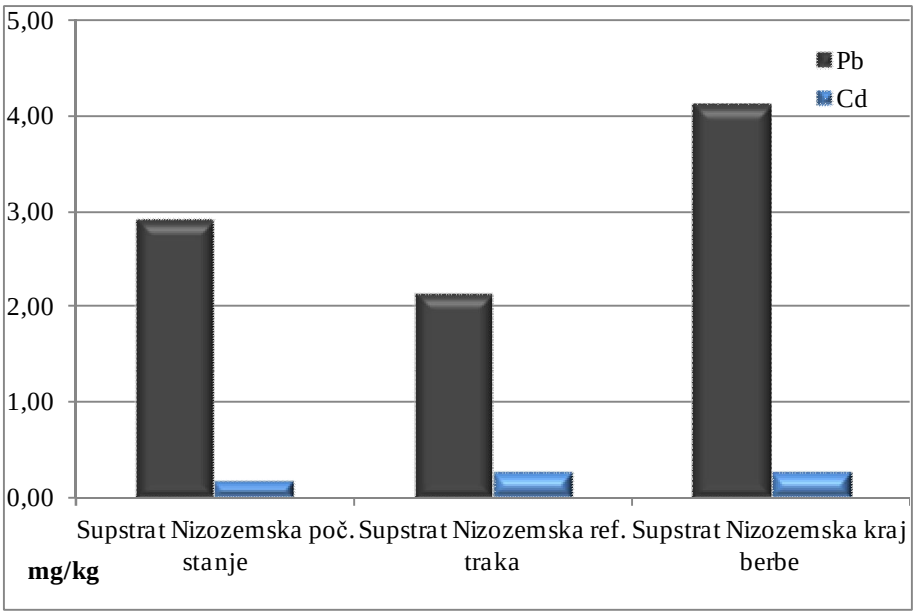
Grafikon 14. Odnos količine Pb u usporedbi sa količinom Cd u trećem mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla

Prosječna količina Zn u trećem mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla iznosila je 121,9 mg/kg, te Fe 1535,76 mg/kg (grafikon 13). Na istom supstratu utvrđena je prosječna količina Pb od 3,09 mg/kg, a Cd 0,21 mg/kg (grafikon 14).

Prosječna količina Zn u četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla iznosila je 122,9 mg/kg, a Fe 1702,3 mg/kg (grafikon 15). Istovremeno, prosječna količina Pb u istom mjesecu proizvodnje iznosila je 3,06 mg/kg, a Cd 0,23 mg/kg (grafikon 16).



Grafikon 15. Odnos količine Zn u usporedbi sa količinom Fe u četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla



Grafikon 16. Odnos količine Pb u usporedbi sa količinom Cd u četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla

Na Zavodu za javno zdravstvo u Osijeku analizirana je voda koja je u procesu uzgoja gljiva bila korištena za zalijevanje. Prema dobivenim rezultatima svi elementi bili su u rasponu propisanim MDK osim željeza. Naime, za željezo u vodi su propisane MDK 200 µg/l, a u našem uzorku zabilježeno je 283 µg/l.

3.2. Korelacije analiziranih svojstava supstrata

Korelacije svih utvrđenih svojstava supstrata su napravljene na prosjecima iz sva četiri proizvodna ciklusa za oba supstrata.

Tablica 10. Koeficijenti korelacije za analizirana svojstva supstrata mađarskog porijekla (razina značajnosti 0,01)

	pH $_{H2O}$	***EC mS/cm***	***ST %***	***Zn mg/kg***	***Fe mg/kg***	***Pb mg/kg***	***Cd mg/kg***	***N %***	***C %***	***C/N***	***P %***	***K %***
pH $_{H2O}$	1,00											
EC mS/cm	-0,36	1,00										
ST %	0,47	0,18	1,00									
Zn mg/kg	0,35	-0,14	0,15	1,00								
Fe mg/kg	0,68	-0,27	0,40	-0,11	1,00							
Pb mg/kg	0,89	-0,43	0,44	0,03	0,89	1,00						
Cd mg/kg	0,92	-0,38	0,49	0,63	0,45	0,71	1,00					
N %	-0,25	-0,16	0,26	-0,27	-0,31	-0,30	-0,34	1,00				
C %	-0,40	-0,47	0,49	0,13	-0,61	-0,46	-0,22	0,41	1,00			
C/N	-0,09	-0,25	0,17	0,39	-0,22	-0,11	0,15	0,62	0,46	1,00		
P %	-0,63	-0,45	0,67	-0,35	-0,32	-0,44	-0,63	0,41	0,62	0,13	1,00	
K %	-0,64	-0,26	0,81	-0,42	-0,52	-0,52	-0,66	0,53	0,68	0,07	0,86	1

U analiziranom supstratu mađarskog porijekla utvrđena je pozitivna korelacija između;

pH i Fe (r=0,68)

pH i Pb (r=0,89)

pH i Cd (r=0,92)

Pb i Fe (r=0,89)

Cd i Pb (r=0,71)

K i C (r=0,68)

P i K (r=0,86)

ST i P (r=0,67)

ST i K (r= -0,81) (tablica 10).

Također, značajna negativna korelacije utvrđena je između:

Cd i K (r=-0,66) (tablica 10).

Tablica 11. Koeficijenti korelacije za analizirana svojstva supstrata nizozemskog porijekla (razina značajnosti 0,01)

	pH $_{H2O}$	***EC mS/cm***	***ST %***	***Zn mg/kg***	***Fe mg/kg***	***Pb mg/kg***	***Cd mg/kg***	***N %***	***C %***	***C/N***	***P %***	***K %***
pH $_{H2O}$	1,00											
EC mS/cm	-0,47	1,00										
ST %	0,71	-0,18	1,00									
Zn mg/kg	0,46	-0,56	0,78	1,00								
Fe mg/kg	0,70	-0,81	0,44	0,61	1,00							
Pb mg/kg	0,84	-0,41	0,52	0,27	0,60	1,00						
Cd mg/kg	0,40	-0,62	0,55	0,80	0,81	0,31	1,00					
N %	-0,15	-0,34	0,11	0,19	0,21	-0,34	0,35	1,00				
C %	-0,26	-0,33	0,00	0,40	0,15	-0,30	0,40	0,51	1,00			
C/N	-0,23	-0,22	0,05	0,37	0,07	-0,18	0,29	0,11	0,91	1,00		
P %	-0,65	0,06	0,89	-0,61	-0,45	-0,59	-0,49	0,16	0,11	0,06	1,00	
K %	-0,58	0,06	0,77	-0,58	-0,57	-0,43	-0,63	0,05	0,05	0,04	0,89	1,00

U analiziranom supstratu nizozemskog porijekla utvrđena je pozitivna korelacija između;

pH i ST (r=0,71)

pH i Fe (r=0,70)

pH i Pb (r=0,84)

ST i Zn (r=0,78)

Zn i Cd (r=0,80)

Fe i Cd (r=0,81)

P i K (r=0,89)

ST i K (r=0,77)

ST i P (r= 0,89), te značajna negativna korelacije utvrđena je između:

EC i Fe (r=-0,81) (tablica 11).

3.3. Utjecaj porijekla supstrata na sva utvrđena svojstva supstrata

3.3.1. Utjecaj porijekla supstrata na sadržaj makroelemenata

S ciljem istraživanja svojstava supstrata obzirom na porijeklo istraživana su slijedeća svojstva supstrata; pH, elektrokonduktivitet (EC), suha tvar (ST), % N, % C i odnos C / N.

Tablica 12. Prosječan sadržaj makroelemenata i C/N odnos u supstratima tijekom jednog proizvodnog ciklusa (I mjesec proizvodnje)

Supstrat	**pH**	**EC**	**ST**	**N**	**C**	**C/N**
	H_2O	**mS/cm**	**%**	**%**	**%**	
Mađ. početno stanje	6,06 c	7,80 e	46,59 c	2,61 a	26,87 d	10,28 e
Mađ. ref. traka	6,28 a	8,14 c	41,47 d	2,61 a	25,71 e	9,83 f
Mađ. kraj berbe	6,13 b	8,88 a	52,42 a	2,24 e	25,34 f	11,31 d
Niz. početno stanje	5,90 f	8,02 d	37,12 f	2,32 c	29,16 b	12,56 b
Niz. ref. traka	6,01 d	7,39 f	37,46 e	2,31 d	28,97 c	12,53 c
Niz. kraj berbe	5,98 e	8,69 b	51,63 b	2,33 b	31,31 a	13,42 a
Prosjek	***6,06***	***8,15***	***44,45***	***2,4***	***27,89***	***11,65***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U prvom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar pH između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar EC između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Također, statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar % ST između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Nadalje, utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar % N između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda osim kod mađarskog početnog i mađarskog referentna traka. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar % C između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar C/N između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda (tablica 12).

Tablica 13. Prosječan sadržaj makroelemenata i C/N odnos u supstratima tijekom jednog proizvodnog ciklusa (II mjesec proizvodnje)

Supstrat	**pH H_2O**	**EC mS/cm**	**ST %**	**N %**	**C %**	**C/N**
Mađ. početno stanje	6,03 d	7,56 f	45,25 b	2,27 b	27,58 b	12,13 a
Mađ. ref. traka	6,08 c	8,51 d	44,32 c	2,44 d	26,72 c	11,90 b
Mađ. kraj berbe	6,11 b	9,56 c	52,81 a	2,28 b	22,09 f	9,68 f
Niz. početno stanje	6,00 d	7,94 e	39,51 f	2,42 a	27,71 a	11,45 c
Niz. ref. traka	6,13 ba	9,84 a	43,26 d	2,23 e	25,33 d	11,37 d
Niz. kraj berbe	6,14 a	9,74 b	43,13 e	2,64 c	23,80 e	10,51 e
Prosjek	***6,08***	***8,85***	***44,71***	***2,38***	***25,54***	***11,17***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U drugom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar pH između svih etapa uzgoja, osim između supstrata različitog porijekla u početnom stanju te nizozemskog supstrata referentna traka gdje nije utvrđena statistički značajna razlika. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar EC između svih parametara oba supstrata u svim etapama uzgoja. Također, statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar % ST između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda.

Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar % N između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda osim kod supstrata mađarskog porijekla na početku i na kraju berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar % C između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar C/N između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda (tablica 13).

U trećem mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar pH između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda osim kod mađarskog početno stanje i nizozemskog kraj berbe i između mađarskog početno stanje, nizozemskog početno stanje i nizozemskog referentna traka. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar % N između oba supstrata u

svim etapama uzgojnog perioda osim između mađarskog početnog i mađarskog referentna traka. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar % C između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar C/N između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda (tablica 14).

Tablica 14. Prosječan sadržaj makroelemenata i C/N odnos u supstratima tijekom jednog proizvodnog ciklusa (III mjesec proizvodnje)

Supstrat	**pH H_2O**	**EC mS/cm**	**ST %**	**N %**	**C %**	**C/N**
Mađ. početno stanje	6,06 c	8,04 c	43,22 c	2,61 a	26,87 d	10,28 e
Mađ. ref. traka	6,16 b	8,60 a	42,84 d	2,61 a	25,71 e	9,83 f
Mađ. kraj berbe	6,56 a	7,50 d	53,46 a	2,24 e	25,34 f	11,31 d
Niz. početno stanje	6,04 c	8,06 b	38,12 f	2,32 c	29,1 b	12,56 b
Niz. ref. traka	6,06 c	7,33 e	40,52 e	2,31 d	28,97 c	12,53 c
Niz. kraj berbe	6,54 a	6,48 f	51,17 b	2,33 b	31,31 a	13,42 a
Prosjek	***6,23***	***7,67***	***44,88***	***2,40***	***27,88***	***11,65***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

Tablica 15. Prosječan sadržaj makroelemenata i C/N odnos u supstratima tijekom jednog proizvodnog ciklusa (IV mjesec proizvodnje)

Supstrat	**pH H_2O**	**EC mS/cm**	**ST %**	**N %**	**C %**	**C/N**
Mađ. početno stanje	6,06 e	8,05 c	43,22 c	2,24 e	24,38 d	10,89 d
Mađ. ref. traka	6,15 c	8,61 a	42,84 d	2,30 b	25,18 c	10,95 c
Mađ. kraj berbe	6,54 a	7,52 d	53,46 a	2,22 f	23,12 e	10,39 e
Niz. početno stanje	6,05 f	8,07 b	38,12 f	2,24 d	25,51 b	11,38 b
Niz. ref. traka	6,07 d	7,35 e	40,52 e	2,61 a	30,46 a	11,65 a
Niz. kraj berbe	6,52 b	6,58 f	51,17 b	2,28 c	23,04 f	10,09 f
Prosjek	***6,23***	***7,70***	***44,89***	***2,31***	***25,28***	***10,89***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar pH između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Statistički značajna razlika za ispitivani parametar EC utvrđena je između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Također, utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar ST između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar % N između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar % C između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar C/N između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda (tablica 15).

3.3.2. Utjecaj porijekla supstrata na koncentraciju esencijalnih i toksičnih teških metala

Tablica 16. Prosječne koncentracije teških metala u supstratima tijekom jednog proizvodnog ciklusa (I mjesec proizvodnje)

Supstrat	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Mađ. početno stanje	1397,73 c	152,02 c	0,62 f	0,13 e
Mađ. ref. traka	2152,75 a	165,32 b	1,50 d	0,16 c
Mađ. kraj berbe	1238,16 e	174,63 a	0,80e	0,16c
Niz. početno stanje	1154,68 f	119,27 e	2,20 c	0,15 d
Niz. ref. traka	1819,51 b	116,45 f	3,38 a	0,26 b
Niz. kraj berbe	1340,49 d	146,00 d	2,40 b	0,26 a
Prosjek	***1517,22***	***145,61***	***1,81***	***0,19***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U prvom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar koncentracije Fe između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Nadalje, utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar koncentracije Zn između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Također je utvrđena statistički značajna razlika za ispitivani parametar koncentracije Pb između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Isto tako, statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar koncentracije Cd između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda osim između mađarske referentne trake i mađarskog kraja uzgojnog perioda (tablica 16).

U drugom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar Fe između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar Zn između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Također je utvrđena statistički značajna razlika za ispitivani parametar Pb između oba supstrata u svim etapama uzgojnog

perioda. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar Cd između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda (tablica 17).

Tablica 17. Prosječne koncentracije teških metala u supstratima tijekom jednog proizvodnog ciklusa (II mjesec proizvodnje)

Supstrat	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Mađ. početno stanje	1772,13 c	158,49 b	1,08 e	0,13 e
Mađ. ref. traka	1806,07 b	159,88 a	0,95 f	0,14 d
Mađ. kraj berbe	3814,13 a	147,23 c	1,53 d	0,11 f
Niz. početno stanje	1207,50 e	109,41 d	2,57 b	0,17 a
Niz. ref. traka	1166,43 f	107,25 e	2,53 c	0,16 b
Niz. kraj berbe	1276,94 d	100,18 f	3,25 a	0,15 c
Prosjek	***1840,53***	***130,40***	***1,98***	***0,14***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U trećem mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar koncentracije esencijalnih teških metala Fe i Zn između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda. Nadalje, utvrđena je statistički značajna razlika i za toksične teške metale Pb i Cd između oba supstrata u svim etapama uzgojnog perioda (tablica 18).

Tablica 18. Prosječne koncentracije teških metala u supstratima tijekom jednog proizvodnog ciklusa (III mjesec proizvodnje)

Supstrat	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Mađ. početno stanje	3416,0 b	149,9 a	1,74 e	0,11 f
Mađ. ref. traka	1973,20 d	143,3 c	1,55 f	0,12 e
Mađ. kraj berbe	4695,28 a	161,2 a	3,48 b	0,21 c
Niz. početno stanje	1318,40 f	103,5 f	2,87 c	0,17 d
Niz. ref. traka	1753,12 e	122,6 e	2,15 d	0,22 b
Niz. kraj berbe	1535,76 c	139,6 d	4,24 a	0,25 a
Prosjek	***2448,62***	***136,68***	***2,67***	***0,18***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

Tablica 19. Prosječne koncentracije teških metala u supstratima tijekom jednog proizvodnog ciklusa (IV mjesec proizvodnje)

Supstrat	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Mađ. početno stanje	3416 b	148,9 b	1,73 e	0,11 f
Mađ. ref. traka	1973 d	143,3 c	1,56 f	0,12 e
Mađ. kraj berbe	4695,3 a	160,4 a	3,48 b	0,21 c
Niz. početno stanje	1318,40 f	104,5 f	2,91 c	0,17 d
Niz. ref. traka	1753 e	123,6 e	2,15 d	0,25 b
Niz. kraj berbe	2036 c	140,6 d	4,12 a	0,26 a
Prosjek	***2531,83***	***136,88***	***2,66***	***0,19***

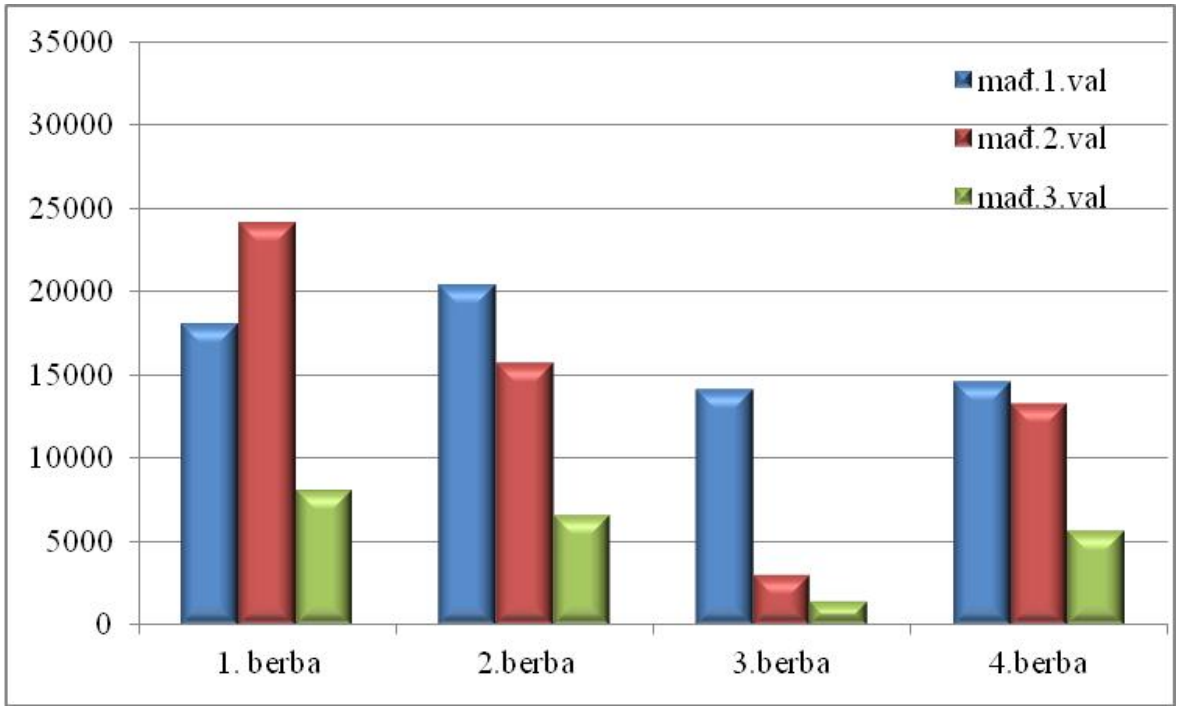
Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

Ista statistička značajnost utvrđena je i u četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla za sve ispitivane koncentracije teških metala (tablica 19).

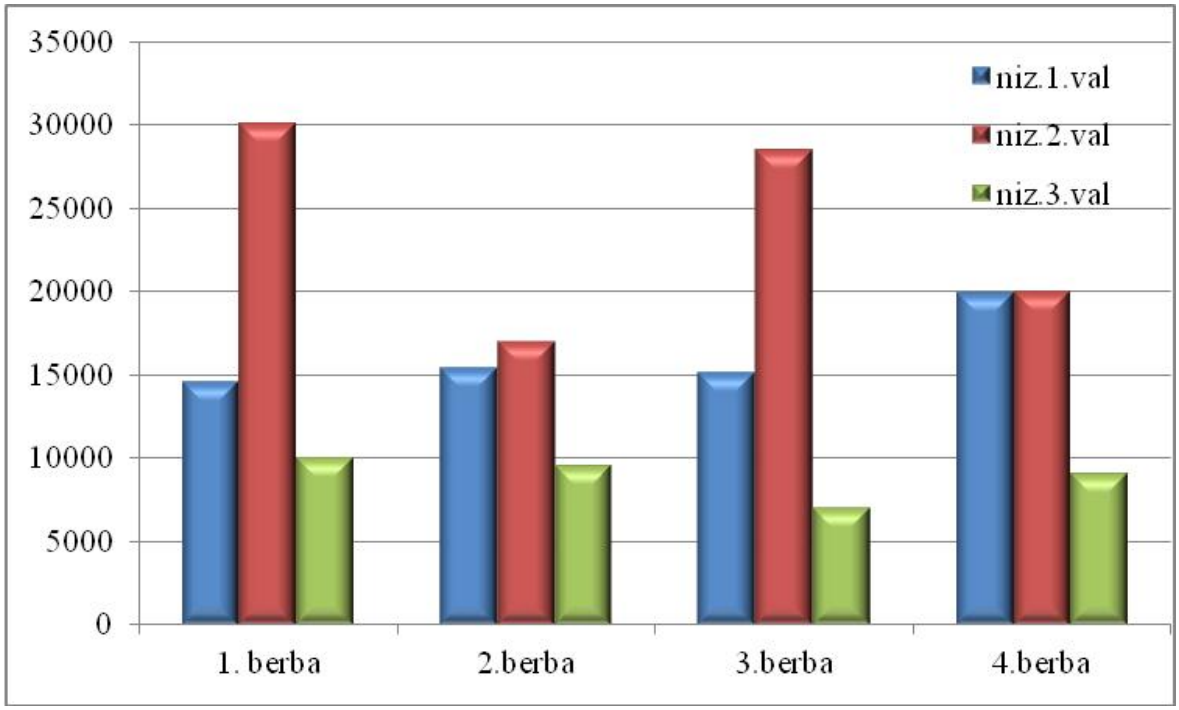
3.4. Prinos gljiva

Prinos gljiva utvrđen je tijekom svih mjeseci uzgoja, u tri proizvodna vala, na oba supstrata.

Prinos na supstratu nizozemskog porijekla bio je nešto veći nego na supstratu mađarskog porijekla (grafikon 17). U prvom mjesecu uzgoja na mađarskom supstratu ubrano je prosječno 50,175 kg šampinjona na 144 kg supstrata što u postotku iznosi 34,84 %. U drugom mjesecu uzgoja ubrano je 42,502 kg na 144 kg supstrata što u postotku iznosi 29,51%, U trećem mjesecu ubrano je 18,430 kg na 144 kg supstrata što u postotku iznosi 12,79%. U četvrtom mjesecu ubrano je 33,321 kg na 144 kg supstrata što u postotku iznosi 23,13% (grafikon 17).



Grafikon 17. Prinos šampinjona na supstratu mađarskog porijekla



Grafikon 18. Prinos šampinjona na supstratu nizozemskog porijekla

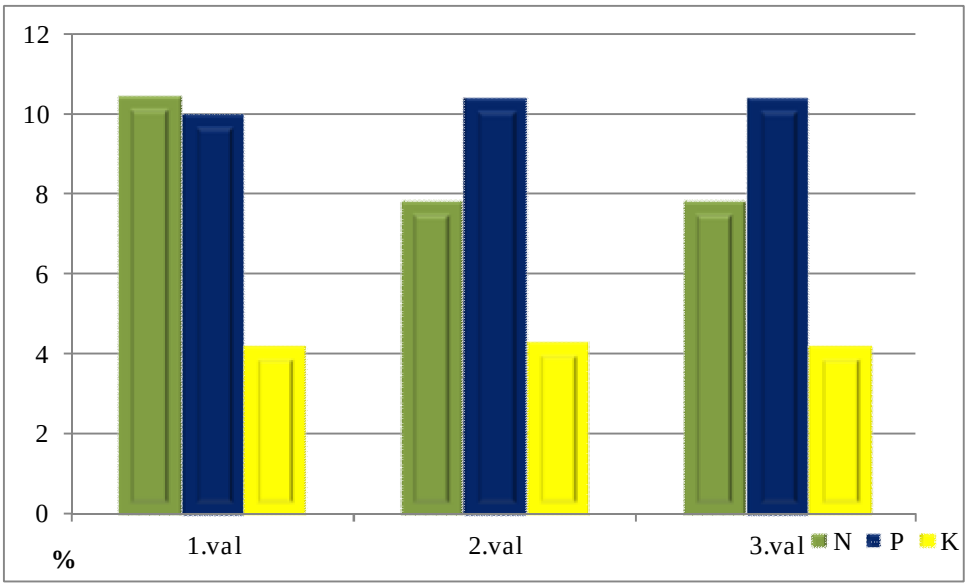
U prvom mjesecu uzgoja na nizozemskom supstratu ubrano je prosječno 54,574 kg šampinjona na 160 kg supstrata što u postotku iznosi 34,10 %. U drugom mjesecu uzgoja

ubrano je 41,888 kg na 160 kg supstrata što u postotku iznosi 26,18 %. U trećem mjesecu ubrano je 50,555 kg na 160 kg supstrata što u postotku iznosi 31,59 %. U četvrtom mjesecu ubrano je 48,817 g na 160 kg supstrata što u postotku iznosi 30,51% (grafikon 18).

3.5. Sadržaj makroelemenata i koncentracije teških metala u šampinjonima

Tijekom istraživanja laboratorijskim analizama utvrđen je sadržaj makroelemenata (N, P, K), te koncentracija esencijalnih (Fe, Zn) i toksičnih teških metala (Pb i Cd) u plodu šampinjona.

3.5.1. Sadržaj makroelemenata u šampinjonima uzgojenim na oba supstrata

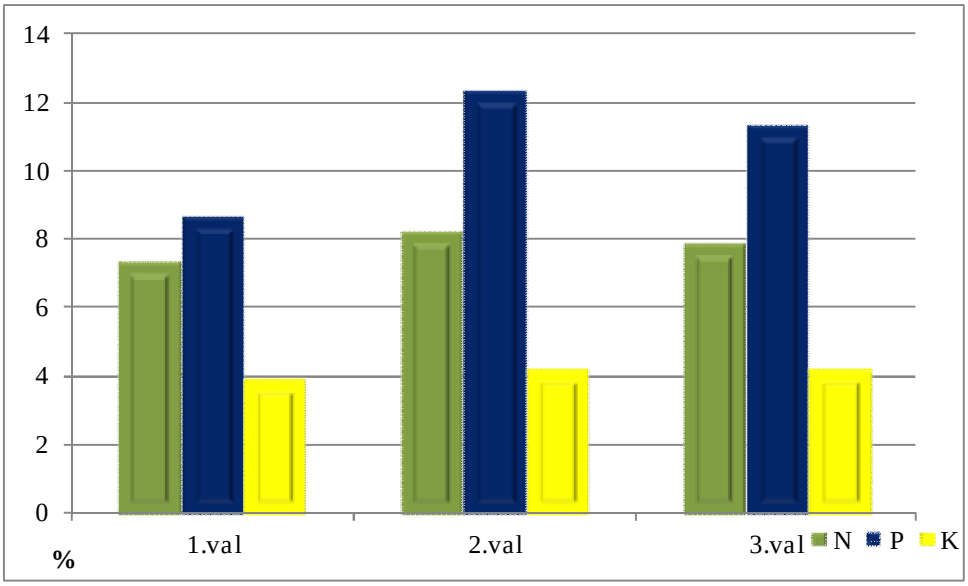


Grafikon 19. Prosječni sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla po valovima berbe (I mjesec proizvodnje)

Šampinjoni proizvedeni na supstratu mađarskog porijekla tijekom prvog mjeseca uzgoja su imali najviši sadržaj dušika na početku proizvodnje (10,45 %) i najniži trećem valu proizvodnog ciklusa (7,62 %). Najniži sadržaj fosfora bio je u drugom valu proizvodnog ciklusa (10,02 %) dok je u prvom bio najviši (10,41 %). Što se tiče sadržaja kalija, tijekom

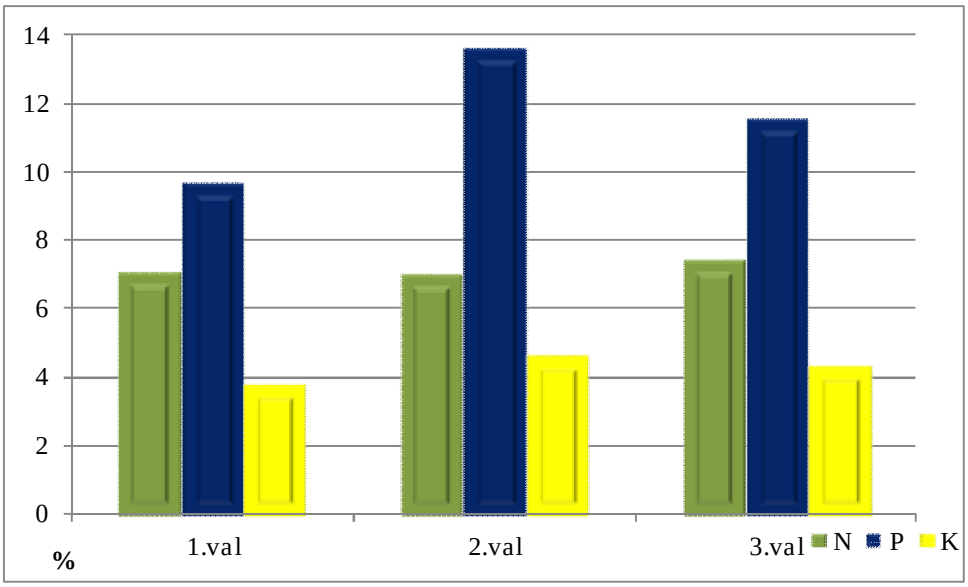
sva tri vala proizvodnog ciklusa sadržaj kalija nije se bitno mijenjao (1. i 3.val 4,2 % K, 2. val 4,3 %) (grafikon 19).

Šampinjoni proizvedeni na supstratu mađarskog porijekla tijekom drugog mjeseca uzgoja su imali najniži sadržaj dušika na početku proizvodnje (7,37 %), najviši u drugom valu proizvodnog ciklusa (8,20 %). Najniži sadržaj fosfora bio je na početku proizvodnog ciklusa (8,68 %), a najviši u drugom valu proizvodnog ciklusa (12,28 %). Sadržaj kalija bio je najniži (3,9 %) u prvom valu dok između drugog i trećeg vala nije bilo razlike u sadržaju kalija (4,2 %) (grafikon 20).

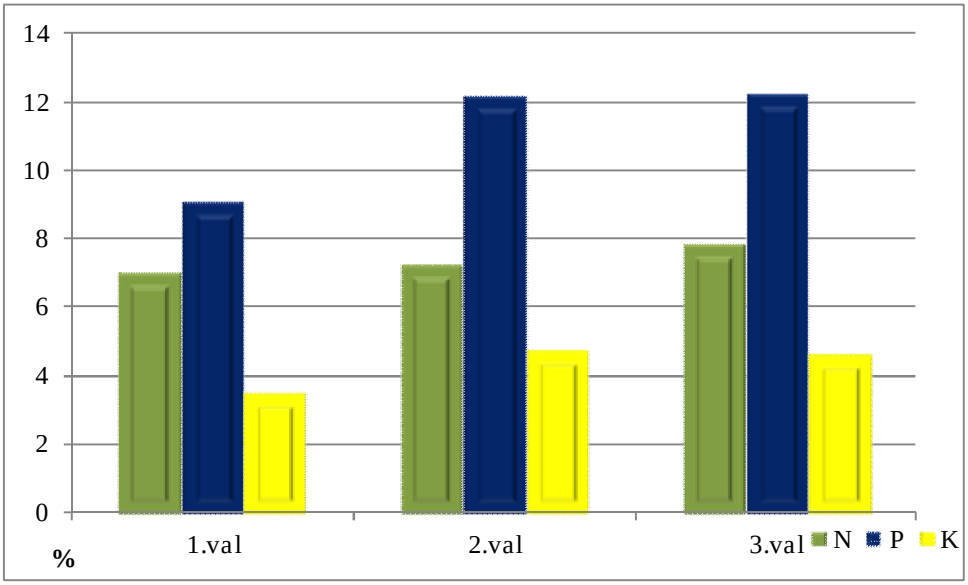


Grafikon 20. Prosječni sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla po valovima berbe (II mjesec proizvodnje ukupno)

Šampinjoni proizvedeni na supstratu mađarskog porijekla tijekom trećeg mjeseca uzgoja su imali najniži sadržaj dušika u drugom valu (7,01 %), a najviši u trećem valu proizvodnog ciklusa (7,77 %). Najniži sadržaj fosfora je bio na početku proizvodnog ciklusa (9,70 %), a najviši u drugom valu proizvodnog ciklusa (13,60 %). Nadalje, najviši sadržaj kalija zabilježen je u drugom valu brebe (4,6 %) dok je prvi val imao je najnižu vrijednost (3,8 %) (grafikon 21).



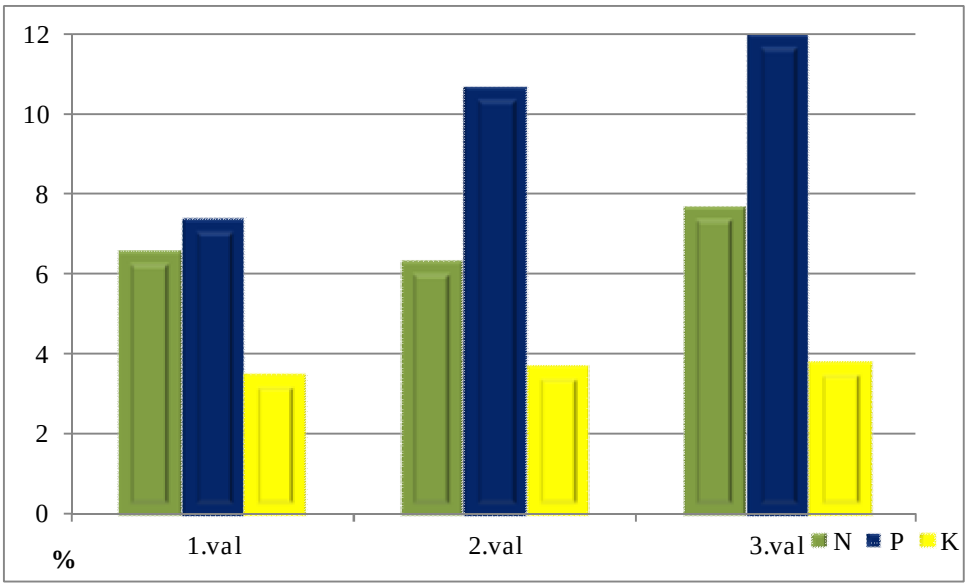
Grafikon 21. Prosječni sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla po valovima berbe (III mjesec proizvodnje)



Grafikon 22. Prosječni sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla po valovima berbe (IV mjesec proizvodnje ukupno)

Šampinjoni proizvedeni na supstratu mađarskog porijekla tijekom četvrtog mjeseca uzgoja su imali najniži sadržaj dušika na početku proizvodnje (7,01 %), a najviši u trećem valu (7,82 %). Najniži sadržaj fosfora je bio na početku proizvodnog ciklusa (9,12 %) i najviši u

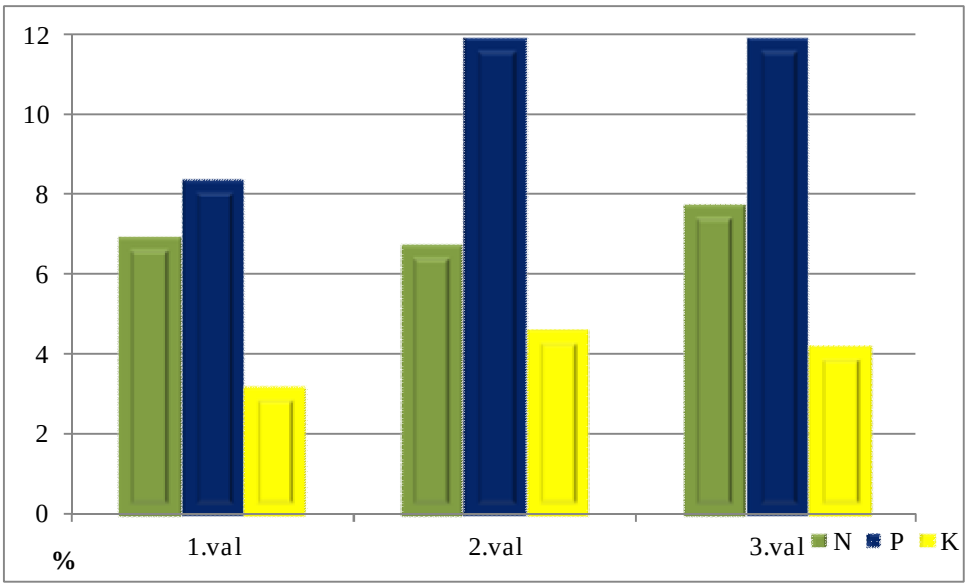
trećem valu proizvodnog ciklusa (12,18 %). Najniži sadržaj kalija izmjeren je u prvom valu i iznosio je (3,5 %), najviši je bio u drugom valu (4,7 %) (grafikon 22).



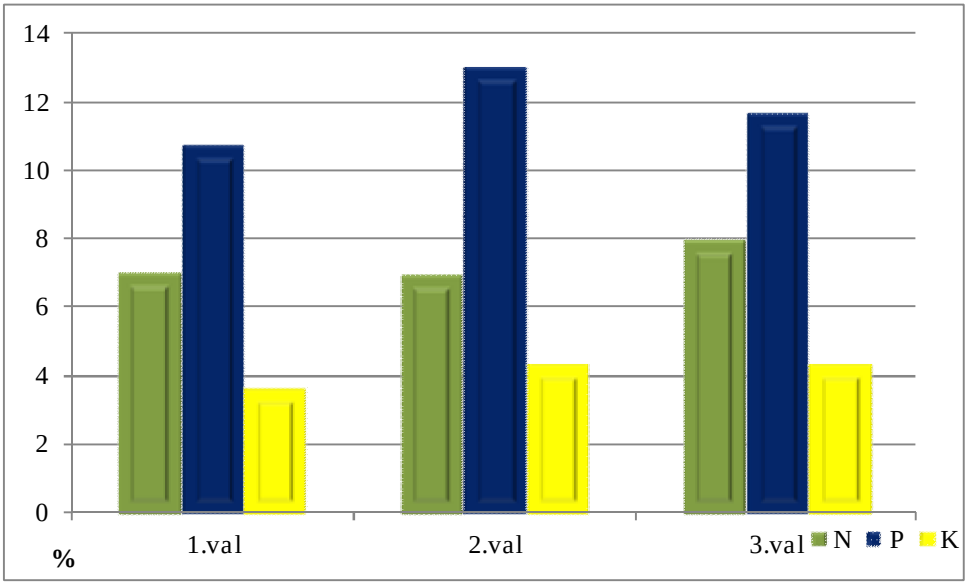
Grafikon 23. Prosječni sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu nizozemskog porijekla po valovima berbe (I mjesec proizvodnje)

Šampinjoni proizvedeni na supstratu nizozemskog porijekla tijekom prvog mjeseca uzgoja su imali najniži sadržaj dušika u drugom valu (6,37 %), a najviši u prvom valu 8,02 %. Najniži sadržaj fosfora je bio u drugom valu proizvodnog ciklusa (10,73 %), a najviši u trećem valu proizvodnog ciklusa (11,98 %). Sadržaj kalija bio je najniži u prvom valu proizvodnje (3,5%), a najviši u trećem valu (3,8%) (grafikon 23).

Šampinjoni proizvedeni na supstratu nizozemskog porijekla tijekom drugog mjeseca uzgoja su imali najniži sadržaj dušika u drugom valu (6,93 %), dok je najviši sadržaj bio u trećem valu proizvodnog ciklusa (7,74 %). Najniži sadržaj fosfora je bio na početku proizvodnog ciklusa (8,41 %), a najviši u drugom valu proizvodnog ciklusa (11,93 %). Najniži sadržaj kalija zabilježen je u prvom valu (3,2 %), a najviši u drugom valu (4,6 %) (grafikon 24).



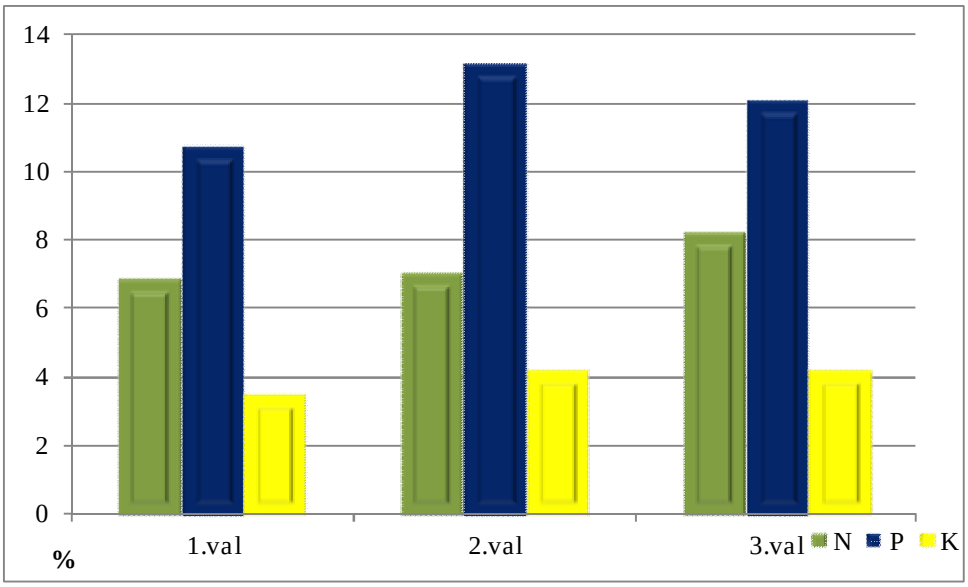
Grafikon 24. Prosječni sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu nizozemskog porijekla po valovima berbe (II mjesec proizvodnje ukupno)



Grafikon 25. Prosječni sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu nizozemskog porijekla po valovima berbe (III mjesec proizvodnje ukupno)

Šampinjoni proizvedeni na supstratu nizozemskog porijekla tijekom trećeg mjeseca uzgoja su imali najniži sadržaj dušika u drugom valu proizvodnje (6,95 %), a najviši u trećem valu proizvodnog ciklusa (7,94 %). Najniži sadržaj fosfora je bio na početku proizvodnog ciklusa (10,71 %), a najviši u drugom valu proizvodnog ciklusa (12,98 %). Kod sadržaja

kalija zabilježene su najniže vrijednosti na početku proizvodnog ciklusa (3,6 %), dok je u ostalim valovima berbe sadržaj kalija bio jednak (4,3 %) (grafikon 25).

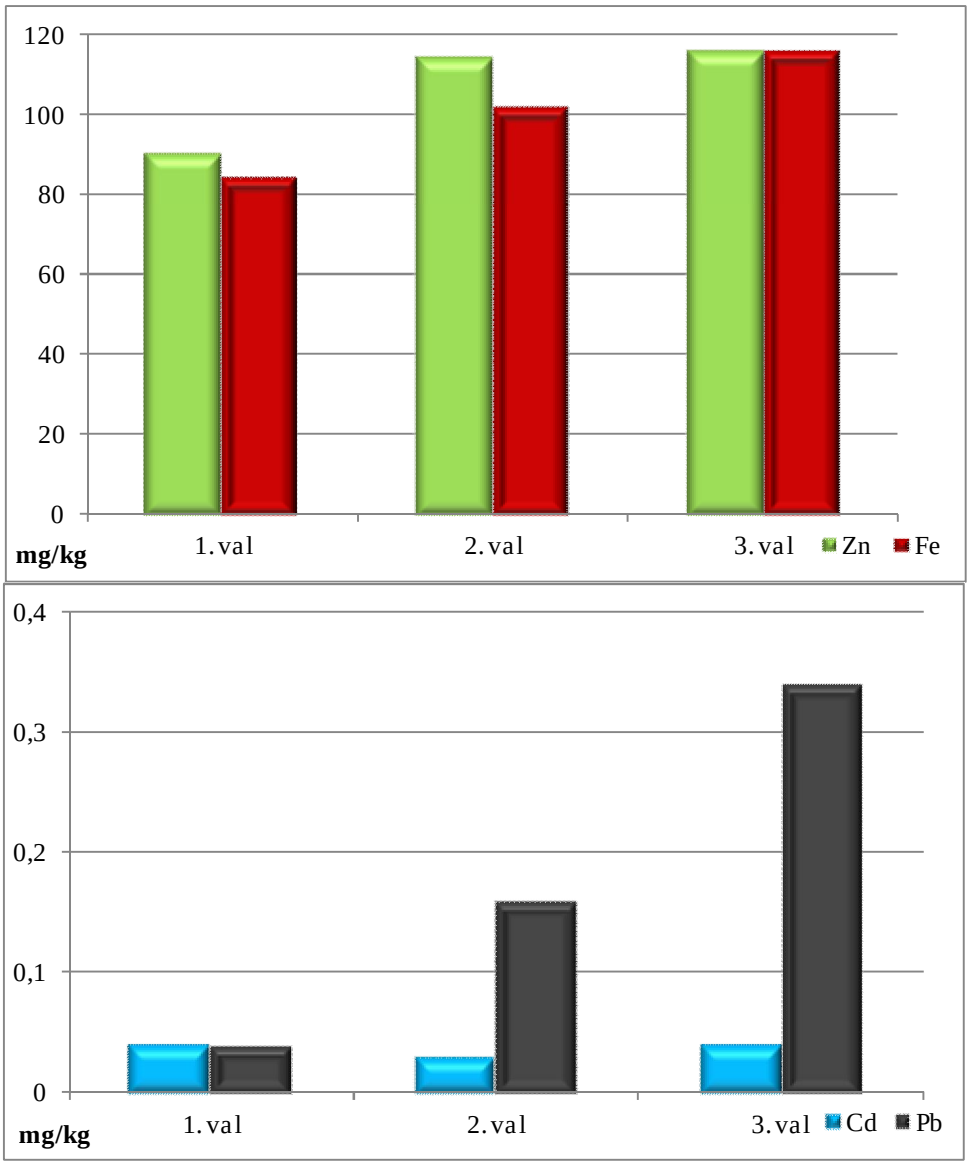


Grafikon 26. Prosječni sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu nizozemskog porijekla po valovima berbe (IV mjesec proizvodnje ukupno)

Šampinjoni proizvedeni na supstratu nizozemskog porijekla tijekom četvrtog mjeseca uzgoja su imali najniži sadržaj dušika na početku proizvodnje (6,89 %), a najviši u trećem valu proizvodnog ciklusa (8,23 %). Kod sadržaja P najniži sadržaj fosfora bio je na početku proizvodnog ciklusa (10,75 %), a najviši u drugom valu proizvodnog ciklusa (13,14 %). Nadalje, najniži sadržaj kalija bio je na početku proizvodnog ciklusa (3,5 %) dok je u ostalim valovima berbe sadržaj kalija bio jednak (4,2 %) (grafikon 26).

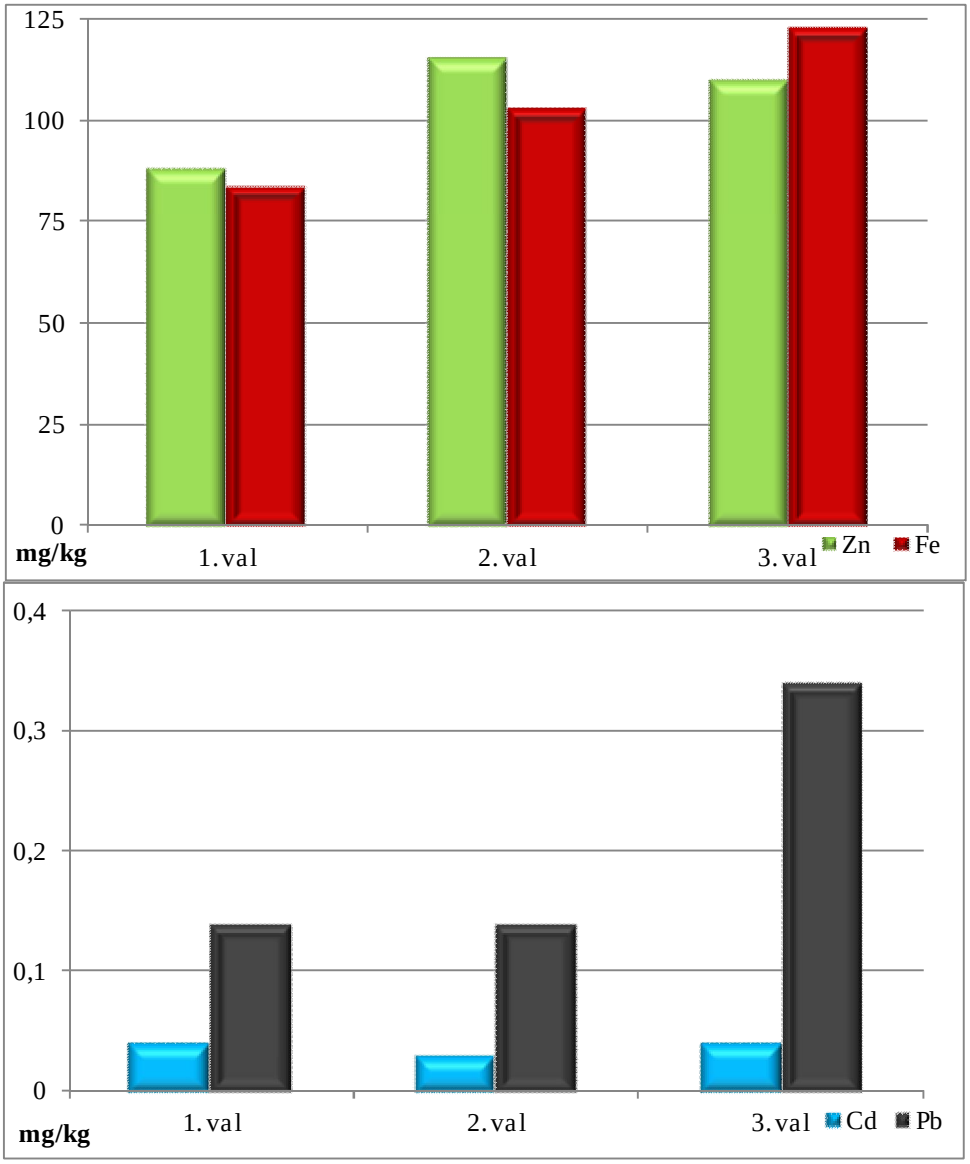
3.5.2. Koncentracija teških metala u šampinjonima uzgojenim na oba supstrata

U šampinjonima mađarskog i nizozemskog porijekla izmjerene su koncentracije teških metala kako esencijalnih (Fe, Zn), tako i toksičnih (Pb, Cd).



Grafikon 27. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla tijekom jednog proizvodnog ciklusa po valovima berbe (I mjesec proizvodnje)

U šampinjonima mađarskog porijekla u prvom mjesecu uzgoja koncentracija Zn bila je najniža u prvom valu (84,41 mg/kg) proizvodnog ciklusa, a najviša u trećem valu (116,14 mg/kg). Koncentracija Fe je bila najniža u prvom valu proizvodnog ciklusa (84,10 mg/kg), dok je najviša utvrđena koncentracija bila u trećem valu (123,14 mg/kg) proizvodnog ciklusa. Nadalje, koncentracija Pb je bila najniža na početku proizvodnog ciklusa (0,04 mg/kg) i najviša (0,33 mg/kg) u trećem valu proizvodnog ciklusa. Kod određivanja koncentracije Cd najniža koncentracija utvrđena je u drugom valu (0,03 mg/kg) proizvodnog ciklusa, a najviša (0,04 mg/kg) na kraju proizvodnog ciklusa (grafikon 27).

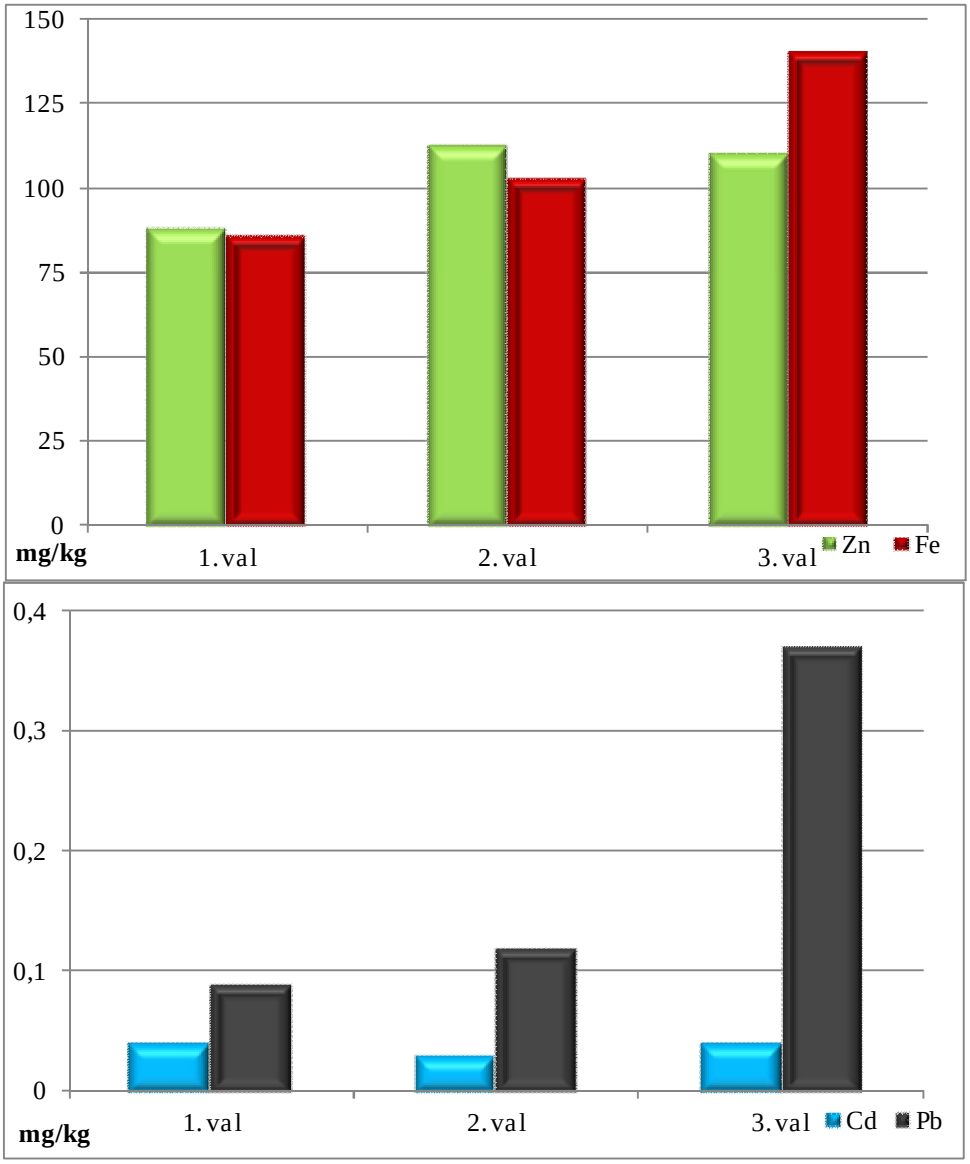


Grafikon 28. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla tijekom jednog proizvodnog ciklusa po valovima berbe (II mjesec proizvodnje)

U šampinjonima mađarskog porijekla u drugom mjesecu uzgoja najniža koncentracija Fe (84,41 mg/kg) bila je u prvom valu dok je najviša bila u trećem valu (123,14 mg/kg). Najniža koncentracija Zn (88,58 mg/kg) bila je na početku proizvodnog ciklusa u prvom valu, a najviša u drugom valu (115,51 mg/kg). Koncentracija Pb bila je najniža (0,14 mg/kg) na početku proizvodnog ciklusa u prvom valu, a najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (0,34 mg/kg). Koncentracija Cd je bila najniža u drugom valu proizvodnog ciklusa

(0,03 mg/kg) te najviša u prvom i trećem valu proizvodnog ciklusa (0,04 mg/kg) (grafikon 28).

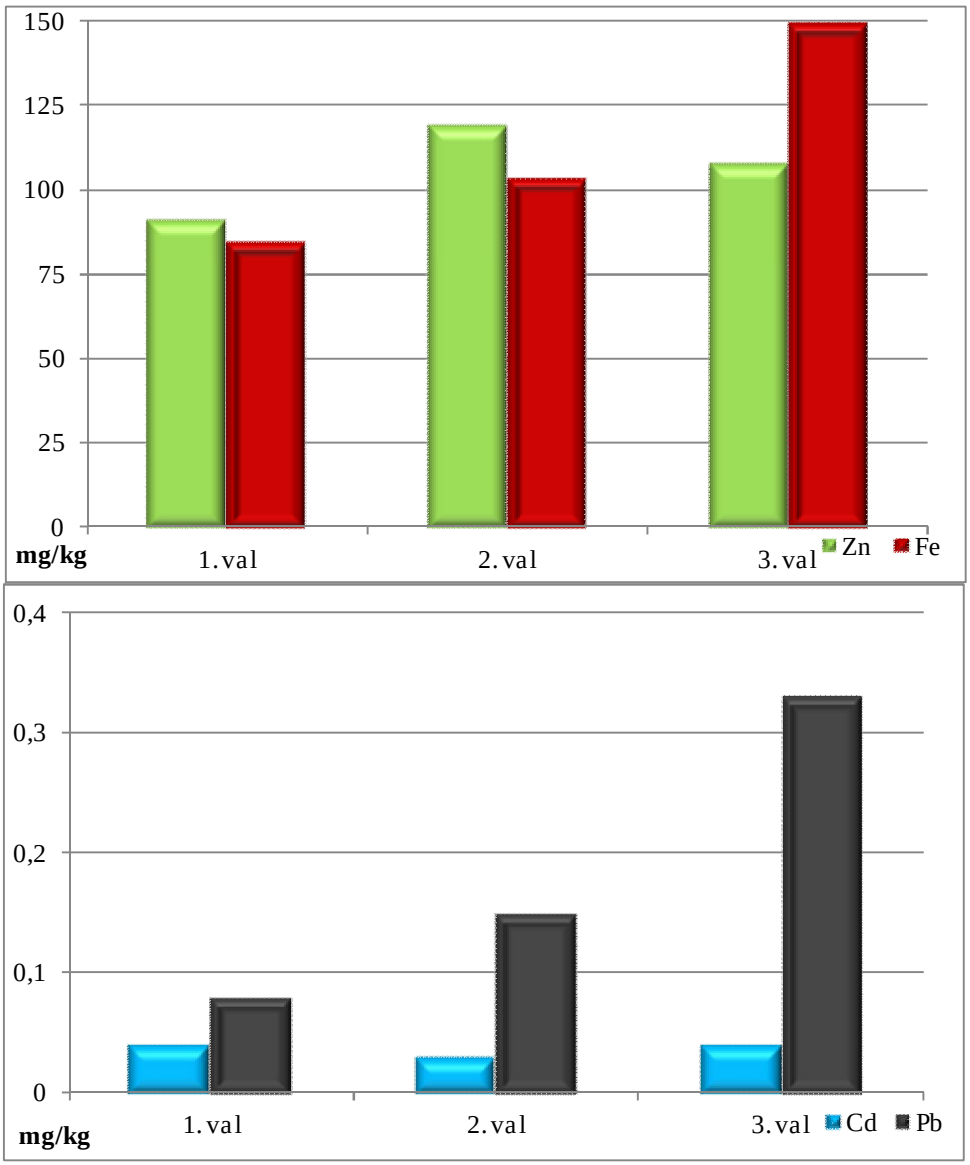
U šampinjonima mađarskog porijekla u trećem mjesecu uzgoja tijekom proizvodnog ciklusa koncentracija Fe bila je najniža na početku proizvodnog ciklusa (85,72 mg/kg), a najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (140,53 mg/kg). Najniža koncentracija Zn utvrđena je na početku proizvodnog ciklusa (88,45 mg/kg), a najviša u drugom valu proizvodnog ciklusa (112,94 mg/kg). Koncentracija Pb bila je najniža na početku proizvodnog ciklusa (0,09 mg/kg), te najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (0,37 mg/kg) dok se koncentracija Cd nije se mijenjala i iznosila je 0,04 mg/kg (grafikon 29).



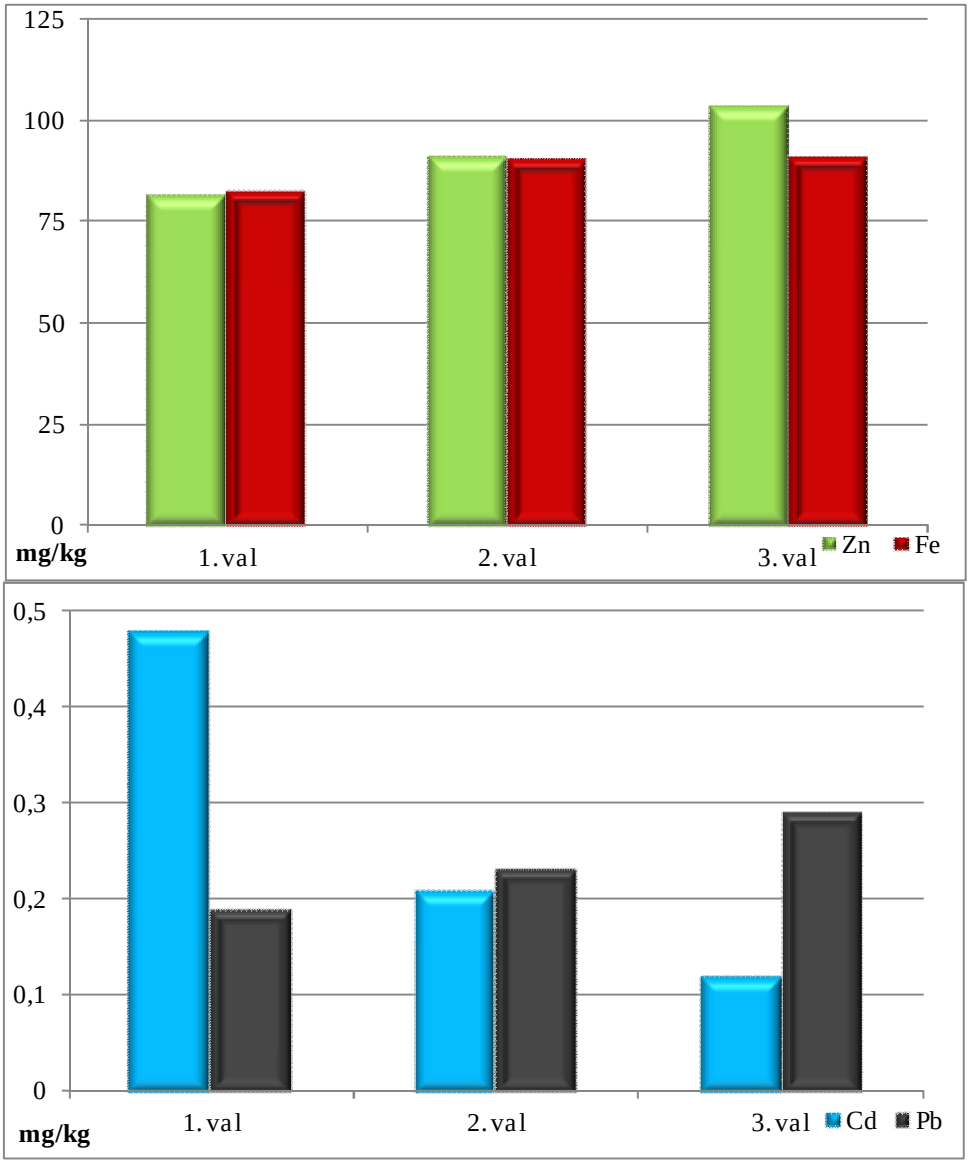
Grafikon 29. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla tijekom jednog proizvodnog ciklusa po valovima berbe (III mjesec proizvodnje)

Kod određivanja koncentracije Fe u šampinjonima mađarskog porijekla u četvrtom mjesecu uzgoja najniža je bila na početku proizvodnog ciklusa (85,08 mg/kg) te najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (149,16 mg/kg). Najniža koncentracija Zn bila je na početku proizvodnog ciklusa (91,56 mg/kg), a najviša u drugom valu proizvodnog ciklusa (119,22 mg/kg). Koncentracija Pb je bila najniža na početku proizvodnog ciklusa (0,07 mg/kg) a najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (0,32 mg/kg). Koncentracija Cd je bila

jednaka na početku i na kraju (0,04 mg/kg) dok je najniža utvrđena u drugom valu (0,03 mg/kg) (grafikon 30).



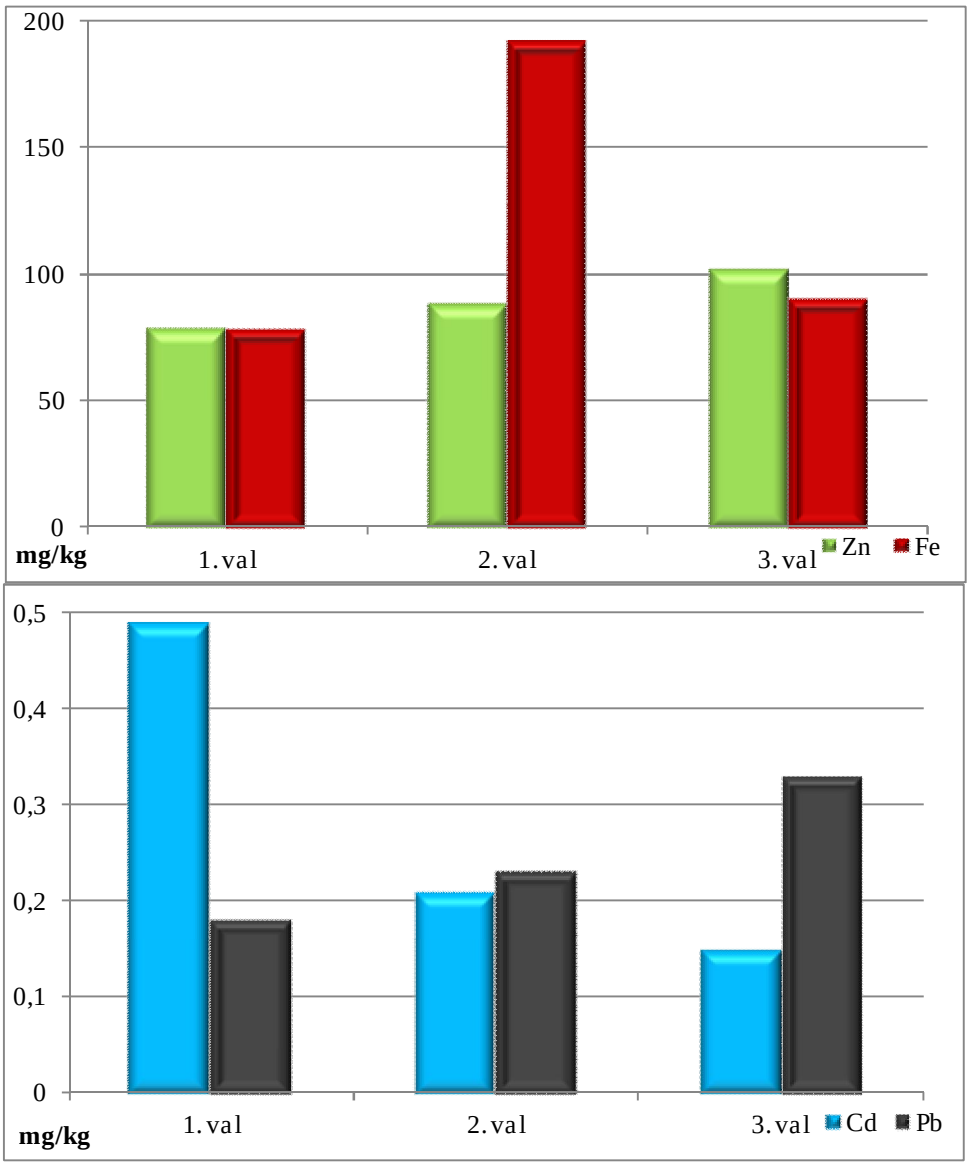
Grafikon 30. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla tijekom jednog proizvodnog ciklusa po valovima berbe (IV mjesec proizvodnje)



Grafikon 31. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu nizozemskog porijekla tijekom jednog proizvodnog ciklusa po valovima berbe (I mjesec proizvodnje)

Kod određivanja koncentracije Fe u prvom mjesecu na supstratu nizozemskog porijekla proizvodnje najniža je bila na početku proizvodnog ciklusa (82,65 mg/kg), a najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (90,77 mg/kg). Najniža koncentracija Zn bila je na početku proizvodnog ciklusa (82,05 mg/kg) te najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (103,65 mg/kg). Nadalje, koncentracija Pb bila je najniža na početku proizvodnog ciklusa (0,19 mg/kg), a najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (0,29 mg/kg). Koncentracija Cd

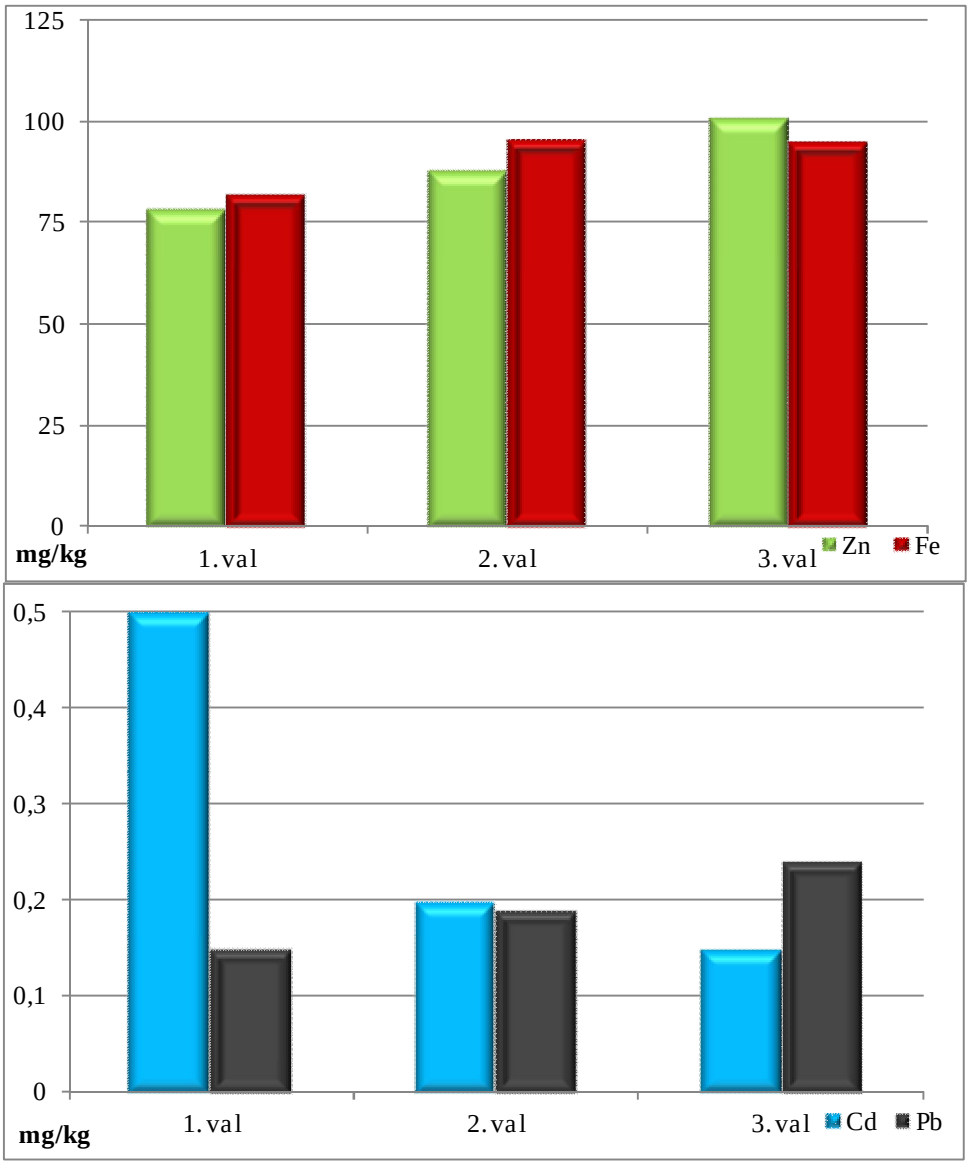
je bila najviša (0,48 mg/kg) na početku proizvodnog ciklusa, a najniža u trećem valu (0,12 mg/kg). (grafikon 31)



Grafikon 32. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu nizozemskog porijekla tijekom jednog proizvodnog ciklusa po valovima berbe (II mjesec proizvodnje)

U šampinjonima nizozemskog porijekla u drugom mjesecu uzgoja utvrđena je najniža koncentracija Fe na početku proizvodnog ciklusa (79,02 mg/kg) te najviša u drugom valu proizvodnog ciklusa (96,84 mg/kg). Najniža koncentracija Zn na početku proizvodnog

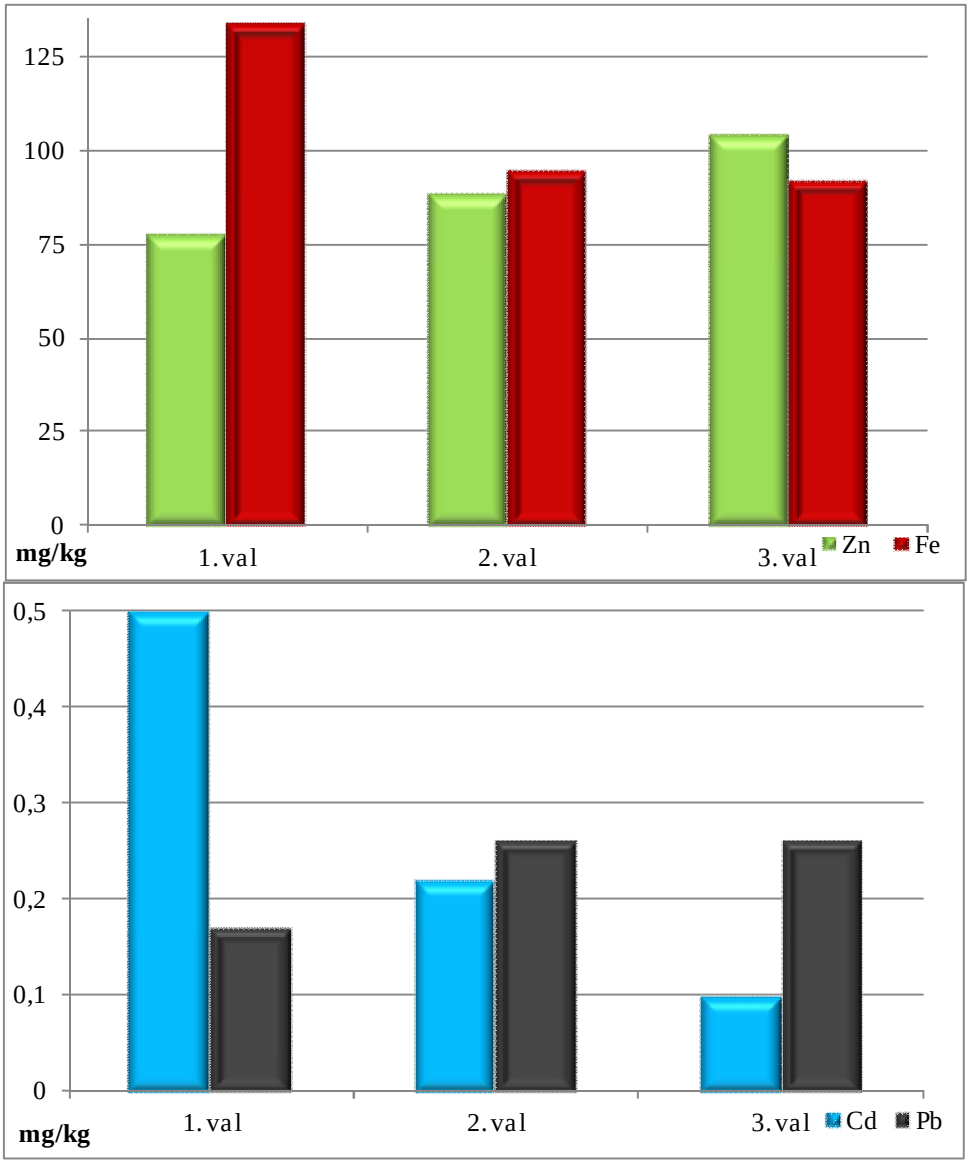
ciklusa (79,42 mg/kg), a najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (101,71 mg/kg). Utvrđena koncentracija Pb je bila najniža na početku proizvodnog ciklusa (0,18 mg/kg), a najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (0,33mg/kg). Koncentracija Cd je bila najviša (0,49 mg/kg) na početku proizvodnog ciklusa, a najniža u trećem valu (0,15mg/kg) (grafikon 32).



Grafikon 33. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu nizozemskog porijekla u supstratu nizozemskog porijekla tijekom jednog proizvodnog ciklusa po valovima berbe (III mjesec proizvodnje)

U šampinjonima nizozemskog porijekla u trećem mjesecu uzgoja utvrđena je najniža koncentracija Fe na početku proizvodnog ciklusa (81,96 mg/kg) i najviša u drugom valu proizvodnog ciklusa (94,89 mg/kg). Najniža koncentracija Zn utvrđena je na početku proizvodnog ciklusa (78,79 mg/kg), a najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (100,65 mg/kg). Koncentracija Pb bila je najniža na početku proizvodnog ciklusa (0,15 mg/kg) i najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (0,24 mg/kg). Nadalje, koncentracija Cd je bila najviša (0,50 mg/kg) na početku proizvodnog ciklusa, a najniža u trećem valu (0,15 mg/kg) (grafikon 33).

U šampinjonima nizozemskog porijekla u četvrtom mjesecu uzgoja koncentracija Fe bila je najviša na početku proizvodnog ciklusa (133,78 mg/kg) te najniža u trećem valu proizvodnog ciklusa (91,29 mg/kg). Najniža koncentracija Zn utvrđena je na početku proizvodnog ciklusa (78,17 mg/kg), a najviša u trećem valu proizvodnog ciklusa (104,89 mg/kg). Koncentracija Pb bila je najniža na početku proizvodnog ciklusa (0,15 mg/kg) i najviša u drugom i trećem valu proizvodnog ciklusa (0,26 mg/kg). Koncentracija Cd bila je najviša (0,50 mg/kg) na početku proizvodnog ciklusa, a najniža u trećem valu (0,09 mg/kg) (grafikon 34).



Grafikon 34. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona uzgojenih na supstratu nizozemskog porijekla tijekom jednog proizvodnog ciklusa po valovima berbe (IV mjesec proizvodnje)

3.6. Statistička analiza utvrđenih vrijednosti makroelemenata i teških metala u plodu šampinjona

Statistička analiza dobivenih rezulatata provedena je radi preciznijeg utvrđivanja međuovisnosti porijekla supstrata i sadržaja te koncentracije hranjivih i toksičnih elemenata u plodu šampinjona.

3.6.1. Sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona (supstrat mađarskog porijekla)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla tijekom prvog mjeseca proizvodnje statističkom obradom podataka za sadržaj dušika utvrđena je statistički značajna razlika za prvi u odnosu na slijedeća dva vala proizvodnog ciklusa.
Za sadržaj fosfora nije utvrđena statistički značajna razlika prema valovima berbe kao ni za sadržaj kalija (tablica 20).

Tablica 20. Prosječni sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona po valovima berbe porijeklom s mađarskog supstrata (I mjesec proizvodnje ukupno)

plod šampinjona	**N**	**P**	**K**
val berbe	**%**	**%**	**%**
1.	10,45 a	10,41 a	4,2 a
2.	7,82 b	10,02 a	4,3 a
3.	7,62 b	9,86 a	4,2 a
Prosjek	***8,63***	***10,09***	***4,23***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

Tablica 21. Prosječne koncentracije makroelemenata u plodu šampinjona po valovima berbe porijeklom s mađarskog supstrata (II mjesec proizvodnje ukupno)

plod šampinjona val berbe	**N %**	**P %**	**K %**
1.	7,37 b	8,68 c	3,9 b
2.	8,20 a	12,28 a	4,2 a
3.	7,88 a	11,29 b	4,2 a
Prosjek	***7,81***	***10,75***	***4,1***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla tijekom drugog mjeseca proizvodnje statističkom obradom podataka za sadržaj dušika utvrđena je statistički značajna razlika za prvi u odnosu na slijedeća dva vala proizvodnog ciklusa. Nadalje, utvrđena je statistički značajna razlika za sadržaj fosfora između sva tri vala proizvodnog ciklusa dok je kod kalija situacija bila ista kao i kod dušika tj. statistički značajna razlika uočena je između prvog i ostala dva vala berbe. U šampinjonima proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla tijekom trećeg mjeseca proizvodnje statističkom obradom podataka za sadržaj dušika utvrđena je statistički značajna razlika za prva dva vala u odnosu na treći val proizvodnog ciklusa. Nadalje, utvrđena je statistički značajna razlika i za sadržaj fosfora i kalija između sva tri vala proizvodnog ciklusa (tablica 21).

Tablica 22. Prosječne koncentracije makroelemenata u plodu šampinjona po valovima berbe porijeklom s mađarskog supstrata (III mjesec proizvodnje ukupno)

plod šampinjona val berbe	**N %**	**P %**	**K %**
1.	7,07 b	9,70 c	3,8 c
2.	7,01 b	13,60 a	4,6 a
3.	7,77 a	11,53 b	4,3 b
Prosjek	***7,28***	***11,61***	***4,23***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla tijekom trećeg mjeseca proizvodnje statističkom obradom podataka za sadržaj dušika utvrđena je statistički značajna razlika za prva dva vala u odnosu treći val proizvodnog ciklusa. Nadalje, utvrđena je statistički značajna razlika i za sadržaj fosfora i kalija između sva tri vala proizvodnog ciklusa (tablica 22).

Tablica 23. Prosječne koncentracije makroelemenata u plodu šampinjona po valovima berbe porijeklom s mađarskog supstrata (IV mjesec proizvodnje ukupno)

plod šampinjona (val berbe)	**N %**	**P %**	**K %**
1.	7,01 b	9,12 b	3,5 b
2.	7,21 b	12,11 a	4,7 a
3.	7,82 a	12,18 a	4,6 a
Prosjek	***7,34***	***11,13***	***4,27***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla tijekom četvrtog mjeseca proizvodnje statističkom obradom podataka za sadržaj dušika utvrđena je statistički značajna razlika za prva dva vala u odnosu treći val proizvodnog ciklusa. Nadalje, kod sadržaja fosfora i kalija utvrđena je statistički značajna razlika između sva tri vala proizvodnog ciklusa (tablica 23).

3.6.2. Teški metali u plodu šampinjona (supstrat mađarskog porijekla)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla statističkom obradom podataka za Fe, Zn, Pb i Cd utvrđeno je da li postoji statistički značajna razlika ovisno o valovima berbe.

Tablica 24. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata po valovima berbe (I mjesec proizvodnje)

plod šampinjona	**Fe**	**Zn**	**Pb**	**Cd**
val berbe	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**
1.	84,10 c	84,41 a	0,04 b	0,04 a
2.	102,10 b	101,98 b	0,16 b	0,03 a
3.	123,14 a	116,14 b	0,33 a	0,04 a
Prosjek	***103,11***	***100,84***	***0,17***	***0,04***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla tijekom prvog mjeseca proizvodnje statističkom obradom podataka za Fe utvrđena je statistički značajna razlika za sva tri vala proizvodnog ciklusa. Nadalje, utvrđena je statistički značajna razlika za koncentraciju Zn između prvog i slijedeća dva vala, ali ne između drugog i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika za Pb utvrđena je između prvog i slijedeća dva vala berbe, ali ne i između drugog i trećeg vala berbe. Za Cd nije utvrđena statistički značajna razlika prema valovima berbe (tablica 24).

Tablica 25. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata po valovima berbe (II mjesec proizvodnje)

plod šampinjona	**Fe**	**Zn**	**Pb**	**Cd**
val berbe	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**
1.	84,41 c	88,58 b	0,14 b	0,04 a
2.	102,10 b	115,51 a	0,14 b	0,03 a
3.	123,14 a	110,36 a	0,34 a	0,04 a
Prosjek	***103,21***	***104,81***	***0,20***	***0,04***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla tijekom drugog mjeseca proizvodnje za praćeni parametar Fe statističkom obradom podataka utvrđena je statistički značajna razlika za sva tri vala proizvodnog ciklusa. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika za koncentraciju Zn između prvog i slijedeća dva vala, ali ne između drugog i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika za Pb utvrđena je između zadnjeg i prva dva vala berbe. Za Cd nije utvrđena statistički značajna razlika prema valovima berbe (tablica 25).

Tablica 26. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata po valovima berbe (III mjesec proizvodnje)

plod šampinjona	**Fe**	**Zn**	**Pb**	**Cd**
val berbe	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**
1.	85,72 b	88,45 b	0,09 b	0,04 a
2.	103,47 b	112,94 a	0,12 b	0,03 a
3.	140,53 a	110,02 a	0,37 a	0,04 a
Prosjek	***109,90***	***103,80***	***0,19***	***0,04***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla tijekom trećeg mjeseca proizvodnje za praćeni parametar Fe statističkom obradom podataka utvrđena je statistički značajna razlika za prva dva vala u odnosu na treći val proizvodnog ciklusa. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika za koncentraciju Zn između prvog i slijedeća dva vala. Statistički značajna razlika za Pb utvrđena je između zadnjeg i prva dva vala berbe. Za Cd nije utvrđena statistički značajna razlika prema valovima berbe (tablica 26).

U šampinjonima proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla tijekom četvrtog mjeseca proizvodnje za praćeni parametar Fe statističkom obradom podataka utvrđena je statistički značajna razlika osim za prva dva vala proizvodnog ciklusa. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika za koncentraciju Zn između svih valova berbe. Statistički značajna razlika za Pb utvrđena je između zadnjeg i prva dva vala berbe. Za Cd nije utvrđena statistički značajna razlika prema valovima berbe (tablica 27).

Tablica 27. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata po valovima berbe (IV mjesec proizvodnje)

plod šampinjona val berbe	**Fe (mg/kg)**	**Zn (mg/kg)**	**Pb (mg/kg)**	**Cd (mg/kg)**
1.	85,08 b	91,56 c	0,07 b	0,04 a
2.	103,56 b	119,22 a	0,15 b	0,03 a
3.	149,16 a	107,68 b	0,32 a	0,04 a
Prosjek	***112,6***	***106,15***	***0,18***	***0,04***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

3.6.3. Sadržaj makroelemenata i koncentracije teških metala prema dijelovima šampinjona proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla

Radi preciznije obrade podataka u analiziranim šampinjonima posebno je izmjeren sadržaj makroelemenata i mikroelemenata u klobuku i u stapci.

Tablica 28. Prosječni sadržaj makroelemenata u dijelu ploda šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata (I mjesec proizvodnje ukupno)

dio gljive	**N (%)**	**P (%)**	**K (%)**
Klobuk	9,22 a	10,29 a	4,3 a
Stapka	8,03 b	9,90 a	4,1 b
Prosjek	***8,62***	***10,09***	***4,2***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u prvom mjesecu proizvodnje na supstratu mađarskog porijekla za praćeni parametar sadržaja dušika ustanovljena je statistički značajna razlika između klobuka i stapke. Nadalje, za praćeni parametar sadržaja fosfora utvrđeno je da nema statistički značajne razlike u koncentraciji između klobuka i stapke dok je kod kalija utvrđena statsitički značajna razlika između klobuka i stapke (tablica 28).

U šampinjonima proizvedenim u drugom mjesecu proizvodnje na supstratu mađarskog porijekla za praćeni parametar sadržaja dušika ustanovljena je statistički značajna razlika

između klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćene parametre sadržaja fosfora i kalija između klobuka i stapke (tablica 29).

Tablica 29. Prosječni sadržaj makroelemenata u dijelu ploda šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata (II mjesec proizvodnje ukupno)

dio gljive	N (%)	P (%)	K (%)
Klobuk	8,33 a	11,76 a	4,3 a
Stapka	7,30 b	9,73 b	3,8 b
Prosjek	***7,81***	***10,74***	***4,05***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u trećem mjesecu proizvodnje na supstratu mađarskog porijekla za praćeni parametar sadržaja dušika ustanovljeno je da nema statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćene parametre sadržaja fosfora i kalija između klobuka i stapke (tablica 30).

Tablica 30. Prosječni sadržaj makroelemenata u dijelu ploda šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata (III mjesec proizvodnje ukupno)

dio gljive	N (%)	P (%)	K (%)
Klobuk	7,26 a	13,15 a	4,5 a
Stapka	7,30 a	10,07 b	3,9 b
Prosjek	***7,28***	***11,61***	***4,07***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u trećem mjesecu proizvodnje na supstratu mađarskog porijekla za praćeni parametar sadržaja dušika ustanovljeno je da nema statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćene parametre sadržaja fosfora i kalija između klobuka i stapke (tablica 30).

Tablica 31. Prosječni sadržaj makroelemenata u dijelu ploda šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata (IV mjesec proizvodnje ukupno)

dio gljive	N (%)	P (%)	K (%)
Klobuk	7,35 a	12,20 a	4,7 a
Stapka	7,33 a	10,06 b	4,1 b
Prosjek	***7,34***	***11,13***	***4,4***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u trećem mjesecu proizvodnje na supstratu mađarskog porijekla za praćeni parametar sadržaja dušika ustanovljeno je da nema statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćene parametre sadržaja fosfora i kalija između klobuka i stapke (tablica 31).

Tablica 32. Prosječne koncentracije teških metala u dijelu ploda šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata (I mjesec proizvodnje)

dio gljive	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Klobuk	93,54 b	119,07 a	0,19 a	0,05 a
Stapka	108,15 a	94,98 b	0,16 a	0,03 b
Prosjek	***100,84***	***107,02***	***0,17***	***0,04***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u prvom mjesecu proizvodnje na supstratu mađarskog porijekla za praćeni parametar Fe ustanovljena je statistički značajna razlika između klobuka i stapke. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji Zn u klobuku i stapci. Za praćeni parametar Pb nije bilo statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćeni parametar Cd između klobuka i stapke (tablica 32).

U šampinjonima proizvedenim u drugom mjesecu proizvodnje na supstratu mađarskog porijekla za praćeni parametar Fe ustanovljeno je da nema statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji Zn u klobuku i stapci. Za praćeni parametar Pb nije bilo statistički značajne razlike između

klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćeni parametar Cd između klobuka i stapke (tablica 33).

Tablica 33. Prosječne koncentracije teških metala u dijelu ploda šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata (II mjesec proizvodnje)

dio gljive	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Klobuk	100,25 a	120,41 a	0,21 a	0,05 a
Stapka	105,98 a	89,22 b	0,20 a	0,03 b
Prosjek	***103,11***	***104,81***	***0,20***	***0,04***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u trećem mjesecu proizvodnje na supstratu mađarskog porijekla za praćeni parametar Fe ustanovljeno je da nema statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji Zn u klobuku i stapci. Za praćeni parametar Pb nije bilo statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćeni parametar Cd između klobuka i stapke (tablica 34).

Tablica 34. Prosječne koncentracije teških metala u dijelu ploda šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata (III mjesec proizvodnje)

dio gljive	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Klobuk	112,17 a	115,55 a	0,23 a	0,04 a
Stapka	107,64 a	91,78 b	0,15 a	0,03 b
Prosjek	***109,90***	***103,66***	***0,19***	***0,03***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u četvrtom mjesecu proizvodnje na supstratu mađarskog porijekla za praćeni parametar Fe ustanovljeno je da nema statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji Zn u klobuku i stapci. Za praćeni parametar Pb nije bilo statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćeni parametar Cd između klobuka i stapke (tablica 35).

Tablica 35. Prosječne koncentracije teških metala u dijelu ploda šampinjona porijeklom s mađarskog supstrata (IV mjesec proizvodnje)

dio gljive	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Klobuk	116,03 a	120,32 a	0,19 a	0,05 a
Stapka	109,17 a	91,99 b	0,17 a	0,03 b
Prosjek	***112, 6***	***106,15***	***0,18***	***0,04***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

3.6.4. Sadržaj makroelemenata u plodu šampinjona (supstrat nizozemskog porijekla)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla tijekom prvog mjeseca proizvodnje za praćeni parametar sadržaj dušika utvrđena je statistički značajna razlika između prvog i trećeg u odnosu na drugi val proizvodnje. Statistički značajna razlika za praćeni parametar sadržaja fosfora nije utvrđena. Kod sadržaja kalija utvrđena je statistički značajna razlika između prvog i ostala dva vala berbe (tablica 36).

Tablica 36. Prosječne koncentracije makroelemenata u plodu šampinjona po valovima berbe porijeklom s nizozemskog supstrata (I mjesec proizvodnje ukupno)

plod šampinjona	**N**	**P**	**K**
val berbe	**%**	**%**	**%**
1.	8,02 a	10,81 a	3,5 b
2.	6,37 b	10,73 a	3,7 a
3.	7,71 a	11,98 a	3,8 a
Prosjek	***7,36***	***11,17***	***3,67***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla tijekom drugog mjeseca proizvodnje za praćeni parametar sadržaja dušika utvrđena je statistički značajna razlika između prva dva vala u odnosu na treći val proizvodnje. Za praćeni parametar sadržaja fosfora utvrđena je statistički značajna razlika između prvog i slijedeća dva vala proizvodnje, dok je kod sadržaja kalija statistički značajna razlika utvrđena između sva tri vala proizvodnje (tablica 37).

Tablica 37. Prosječne koncentracije makroelemenata u plodu šampinjona po valovima berbe porijeklom s nizozemskog supstrata (II mjesec proizvodnje ukupno)

plod šampinjona	**N**	**P**	**K**
val berbe	**%**	**%**	**%**
1.	6,93 b	8,41 b	3,2 c
2.	6,75 b	11,93 a	4,6 a
3.	7,74 a	11,89 a	4,2 b
Prosjek	***7,14***	***10,74***	***4,0***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

Tablica 38. Prosječne koncentracije makroelemenata u plodu šampinjona po valovima berbe porijeklom s nizozemskog supstrata (III mjesec proizvodnje ukupno)

plod šampinjona	**N**	**P**	**K**
val berbe	**%**	**%**	**%**
1.	7,00 b	10,70 b	3,6 b
2.	6,95 b	12,98 a	4,3 a
3.	9,93 a	11,65 b	4,3 a
Prosjek	***7,96***	***11,77***	***4,07***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla tijekom trećeg mjeseca proizvodnje za praćeni parametar sadržaja dušika utvrđena je statistički značajna razlika između prva dva vala u odnosu na treći val proizvodnje. Za praćeni parametar sadržaja fosfora utvrđena je statistički značajna razlika između prvog i trećeg u odnosu na drugi val proizvodnje. Nadalje, kod sadržaja kalija je utvrđena statistički značajna razlika između prvog u odnosu na drugi i treći val berbe (tablica 38).

U šampinjonima proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla tijekom četvrtog mjeseca proizvodnje za praćeni parametar sadržaja dušika utvrđena je statistički značajna razlika između prva dva vala u odnosu na treći val proizvodnje. Za praćene parametre sadržaja fosfora i kalija utvrđena je statistički značajna razlika između prvog u odnosu na slijedeća dva vala proizvodnje (tablica 39).

Tablica 39. Prosječne koncentracije makroelemenata u plodu šampinjona po valovima berbe porijeklom s nizozemskog supstrata (IV mjesec proizvodnje ukupno)

plod šampinjona val berbe	**N %**	**P %**	**K %**
1.	6,89 b	10,74 b	3,5 b
2.	7,07 b	13,18 a	4,2 a
3.	8,24 a	12,05 a	4,2 a
Prosjek	***7,4***	***11,99***	***3,98***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

3.6.5. Teški metali u plodu šampinjona (supstrat nizozemskog porijekla)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla tijekom prvog mjeseca proizvodnje za praćeni parametar Fe statističkom obradom podataka nije utvrđena statistički značajna razlika za sva tri vala proizvodnog ciklusa. Nadalje, utvrđena je statistički značajna razlika za koncentraciju Zn između sva tri vala proizvodnje. Statistički značajna razlika za Pb utvrđena je samo između prvog i trećeg vala berbe. Za Cd je utvrđena statistički značajna razlika u sva tri vala berbe (tablica 40).

Tablica 40. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata po valovima berbe (I mjesec proizvodnje)

plod šampinjona val berbe	**Fe (mg/kg)**	**Zn (mg/kg)**	**Pb (mg/kg)**	**Cd (mg/kg)**
1.	82,65 a	82,05 c	0,18 b	0,48 a
2.	90,46 a	91,46 b	0,24 ba	0,21 b
3.	90,77 a	103,65 a	0,29 a	0,12 c
Prosjek	***87,96***	***92,38***	***0,23***	***0,27***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla tijekom drugog mjeseca proizvodnje za praćeni parametar Fe statističkom obradom podataka utvrđena je

statistički značajna razlika između prvog i drugog vala proizvodnog ciklusa. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika za koncentraciju Zn između sva tri vala. Statistički značajna razlika za Pb utvrđena je između prva dva i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika za Cd utvrđena je između prvog i slijedeća dva vala berbe (tablica 41).

Tablica 41. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata po valovima berbe (II mjesec proizvodnje)

plod šampinjona val berbe	**Fe (mg/kg)**	**Zn (mg/kg)**	**Pb (mg/kg)**	**Cd (mg/kg)**
1.	79,02 b	79,42 c	0,18 b	0,49 a
2.	96,84 a	88,20 b	0,23 b	0,21 b
3.	90,95 ba	101,71 a	0,33 a	0,15 b
Prosjek	***88,93***	***89,77***	***0,24***	***0,28***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla tijekom trećeg mjeseca proizvodnje za praćeni parametar Fe nije utvrđena je statistički značajna razlika između valova berbe. Nadalje za Zn je utvrđena statistički značajna razlika između sva tri vala. Za Pb nije utvrđena statistički značajna razlika između valova berbe. Statistički značajna razlika za Cd utvrđena je između prvog i slijedeća dva vala berbe (tablica 42).

Tablica 42. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata po valovima berbe (III mjesec proizvodnje)

plod šampinjona val berbe	**Fe (mg/kg)**	**Zn (mg/kg)**	**Pb (mg/kg)**	**Cd (mg/kg)**
1.	81,96 a	78,79 c	0,15 a	0,50 a
2.	95,28 a	87,77 b	0,19 a	0,20 b
3.	94,89 a	100,65 a	0,24 a	0,15 b
Prosjek	***90,71***	***89,07***	***0,19***	***0,28***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla tijekom četvrtog mjeseca proizvodnje za praćeni parametar Fe nije utvrđena je statistički značajna razlika između valova berbe. Nadalje za Zn je utvrđena statistički značajna razlika između sva tri vala. Za praćeni parametar Pb utvrđena je statistički značajna razlika između prvog i slijedeća dva vala berbe. Statistički značajna razlika za Cd utvrđena je između sva tri vala berbe (tablica 43).

Tablica 43. Prosječne koncentracije teških metala u plodu šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata po valovima berbe (IV mjesec proizvodnje)

plod šampinjona val berbe	**Fe (mg/kg)**	**Zn (mg/kg)**	**Pb (mg/kg)**	**Cd (mg/kg)**
1.	133,87 a	78,17 c	0,17 b	0,50 a
2.	94,34 a	88,83 b	0,26 a	0,22 b
3.	91,29 a	104,89 a	0,26 a	0,09 c
Prosjek	***106,5***	***90,63***	***0,23***	***0,27***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

3.6.6. Sadržaj makroelementa i koncentracije teških metala prema dijelovima šampinjona proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla

U šampinjonima proizvedenim u prvom mjesecu proizvodnje na supstratu nizozemskog porijekla za praćeni parametar sadržaja dušika ustanovljeno je da postoji statistički značajna razlika između klobuka i stapke. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika za sadržaj fosfora u klobuku i stapci. Također, statistički značajna razlika između klobuka i stapke utvrđena je i kod sadržaja kalija (tablica 44).

Tablica 44. Prosječan sadržaj makroelemenata teških metala u dijelu ploda šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata (I mjesec proizvodnje ukupno)

dio gljive	N (%)	P (%)	K (%)
Klobuk	8,06 a	12,48 a	3,8 a
Stapka	6,67 b	9,87 b	3,4 b
Prosjek	***7,36***	***11,17***	***3,6***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u drugom mjesecu proizvodnje na supstratu nizozemskog porijekla za praćeni parametar sadržaja dušika ustanovljeno je da postoji statistički značajna razlika između klobuka i stapke. Nadalje, utvrđena je statistički značajna razlika i kod sadržaja fosfora i kalija između klobuka i stapke (tablica 45).

Tablica 45. Prosječan sadržaj makroelemenata u dijelu ploda šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata (II mjesec proizvodnje ukupno)

dio gljive	N (%)	P (%)	K (%)
Klobuk	7,56 a	11,96 a	4,4 a
Stapka	6,71 b	9,52 b	3,7 b
Prosjek	***7,13***	***10,74***	***4,05***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

Tablica 46. Prosječan sadržaj makroelemenata u dijelu ploda šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata (III mjesec proizvodnje ukupno)

dio gljive	N (%)	P (%)	K (%)
Klobuk	7,54 a	11,89 a	4,3 a
Stapka	7,05 b	11,68 a	3,9 b
Prosjek	***7,29***	***11,78***	***4,1***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u trećem mjesecu proizvodnje na supstratu nizozemskog porijekla za praćeni parametar sadržaja dušika ustanovljeno je da postoji statistički značajna razlika između klobuka i stapke. Nadalje. za praćeni parametar sadržaja fosfora utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika u klobuku i stapci. Nasuprot tome, kod sadržaja kalija utvrđena je statistički značajna razlika između klobuka i stapke (tablica 46).

U šampinjonima proizvedenim u četvrtom mjesecu proizvodnje na supstratu nizozemskog porijekla za praćeni parametar sadržaja dušika ustanovljeno je da postoji statistički značajna razlika između klobuka i stapke. Nadalje za praćene parametre sadržaja fosfora i kalija utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika u klobuku i stapci (tablica 47).

Tablica 47. Prosječan sadržaj makroelemenata u dijelu ploda šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata (IV mjesec proizvodnje ukupno)

dio gljive	**N (%)**	**P (%)**	**K (%)**
Klobuk	7,57 a	11,92 a	4,0 a
Stapka	7,23 b	12,06 a	3,9 a
Prosjek	***7,4***	***11,99***	***3,45***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u prvom mjesecu proizvodnje na supstratu nizozemskog porijekla za praćeni parametar Fe ustanovljeno je da postoji statistički značajna razlika između klobuka i stapke. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji Zn u klobuku i stapci. Za praćeni parametar Pb nije bilo statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćeni parametar Cd između klobuka i stapke (tablica 48).

Tablica 48. Prosječne koncentracije teških metala u dijelu ploda šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata (I mjesec proizvodnje)

dio gljive	**Fe (mg/kg)**	**Zn (mg/kg)**	**Pb (mg/kg)**	**Cd (mg/kg)**
Klobuk	80,98 b	105,08 a	0,23 a	0,34 a
Stapka	94,93 a	79,69 b	0,24 a	0,19 b
Prosjek	***87,95***	***92,38***	***0,23***	***0,29***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

Tablica 49. Prosječne koncentracije teških metala u dijelu ploda šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata (II mjesec proizvodnje)

dio gljive	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Klobuk	79,65 b	102,66 a	0,25 a	0,35 a
Stapka	98,22 a	76,89 b	0,24 a	0,21 b
Prosjek	***88,93***	***89,77***	***0,23***	***0,28***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u drugom mjesecu proizvodnje na supstratu nizozemskog porijekla za praćeni parametar Fe ustanovljeno je da postoji statistički značajna razlika između klobuka i stapke. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji Zn u klobuku i stapci. Za praćeni parametar Pb nije bilo statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćeni parametar Cd između klobuka i stapke (tablica 49).

Tablica 50. Prosječne koncentracije teških metala u dijelu ploda šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata (III mjesec proizvodnje)

dio gljive	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Klobuk	80,99 b	101,04 a	0,18 a	0,33 a
Stapka	100,43 a	77,11 b	0,20 a	0,23 b
Prosjek	***90,71***	***89,07***	***0,19***	***0,28***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u trećem mjesecu proizvodnje na supstratu nizozemskog porijekla za praćeni parametar Fe ustanovljeno je da postoji statistički značajna razlika između klobuka i stapke. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji Zn u klobuku i stapci. Za praćeni parametar Pb nije bilo statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćeni parametar Cd između klobuka i stapke (tablica 50).

Tablica 51. Prosječne koncentracije teških metala u dijelu ploda šampinjona porijeklom s nizozemskog supstrata (IV mjesec proizvodnje)

dio gljive	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Klobuk	114,40 a	103,08 a	0,25 a	0,34 a
Stapka	98,60 a	78,19 b	0,22 a	0,21 b
Prosjek	***106,5***	***90,63***	***0,23***	***0,28***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U šampinjonima proizvedenim u četvrtom mjesecu proizvodnje na supstratu nizozemskog porijekla za praćeni parametar Fe ustanovljeno je da ne postoji statistički značajna razlika između klobuka i stapke. Nadalje utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji Zn u klobuku i stapci. Za praćeni parametar Pb nije bilo statistički značajne razlike između klobuka i stapke. Statistički značajna razlika utvrđena je za praćeni parametar Cd između klobuka i stapke (tablica 51).

3.6.7. Utjecaj porijekla supstrata na koncentraciju teških metala u šampinjonima

U svrhu izrade statističkih analiza napravljene su usporedne analize šampinjona proizvedenih na mađarskom i nizozemskom supstratu po valovima i mjesecima proizvodnih ciklusa.

Tablica 52. Prosječne koncentracije teških metala u gljivama proizvedenim na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla tijekom jednog proizvodnog ciklusa (I mjesec proizvodnje)

plod šampinjona (val berbe)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Mađarski 1	84,41 c	90,58 c	0,04 d	0,04 d
Mađarski 2	101,98 b	114,40 a	0,16 c	0,03 d
Mađarski 3	116,14 a	116,11 a	0,33 a	0,04 d
Nizozozemski 1	82,65 c	82,05 d	0,18 c	0,48 a
Nizozozemski 2	90,46 cb	91,46 c	0,24 bac	0,21 b
Nizozozemski 3	90,77 cb	103,65 b	0,29 ba	0,11 c
Prosjek	***94,40***	***99,70***	***0,20***	***0,15***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U prvom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog (Mađarski 1,2,3) i nizozemskog porijekla (Nizozemski 1,2,3) kod Fe je utvrđena statistički značajna razlika između sva tri vala proizvodnje gljiva sa supstrata mađarskog porijekla. Nadalje, kod gljiva uzgojenih na supstratu nizozemskog porijekla nije utvrđena statistički značajna razlika, ali je prvi val proizvodnje gljiva na supstratu nizozemskog porijekla bio statistički značajno različit od gljiva proizvedenih u drugom i trećem valu na supstratu mađarskog porijekla. (tablica 52) Nadalje, za ispitivani parametar Zn utvrđena je statistički značajna razlika za sve valove berbe osim između Mađarski 2 i Mađarski 3, te Mađarski 1 i Nizozemski 2. Statistički značajna razlika utvrđena je za Pb kod svih gljiva sa supstrata mađarskog porijekla dok statistički značajna razlika nije utvrđena između Mađarski 2 i Nizozemski 1, Nizozemski 2 i Nizozemski 3. Kod Cd nije utvrđena statistički značajna razlika na gljivama proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla dok su statistički značajne razlike utvrđene za Cd u sva tri vala berbe na nizozemskom supstratu. Isto tako, statistički značajna razlika kod Cd utvrđena je između gljiva uzgojenih na ispitivanim supstratima (tablica 52).

Tablica 53. Prosječne koncentracije teških metala u gljivama tijekom jednog proizvodnog ciklusa (II mjesec proizvodnje)

plod šampinjona (val berbe)	**Fe (mg/kg)**	**Zn (mg/kg)**	**Pb (mg/kg)**	**Cd (mg/kg)**
Mađarski 1	84,10 cd	88,58 c	0,14 c	0,04 c
Mađarski 2	102,10 b	115,51 a	0,14 c	0,03 c
Mađarski 3	123,14 a	110,36 ba	0,34 a	0,03 c
Nizozozemski 1	79,02 d	79,42 c	0,18 c	0,49 a
Nizozozemski 2	96,84 cb	88,21 c	0,23 bc	0,21 b
Nizozozemski 3	90,95 cbd	101,71 b	0,33 ba	0,15 b
Prosjek	***96,02***	***97,30***	***0,45***	***0,16***

U drugom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar Fe za sve valove berbe, osim za Nizozemski 2, Nizozemski 3 i Mađarski 1, Nizozemski 2 i Nizozemski 3. Nadalje, za ispitivani parametar Zn utvrđena je statistički značajna razlika kod svih valova berbe osim kod Mađarski 1, Nizozemski 1 i Nizozemski 2, te Mađarski 3. Statistički značajna razlika kod Pb utvrđena je između Mađarskog 3 i Mađarskog 1 i 2, te između Nizozemskog 1 i

Mađarskog 3. Također, statistički značajna razlika kod Cd utvrđena je samo za Nizozemski 1 u odnosu na Nizozemski 2 i 3. Kao i u predhodnom mjesecu uzgoja utvrđena je statistički značajna razlika između koncentracije Cd u gljivama s obzirom na porijeklo supstrata (tablica 53).

U trećem mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla utvrđena je statistički značajna razlika za ispitivani parametar Fe između Mađarski 3 i svih ostalih. Nadalje, za ispitivani parametar Zn utvrđena je statistički značajna razlika za sve valove berbe osim između Mađarski 2 i Mađarski 3, te Mađarski 1 i Nizozemski 2. Statistički značajna razlika za Pb u gljivama utvrđena je za Mađarski 3 u odnosu na Mađarski 1 i 2 te Nizozemski 1. Kod Cd nije utvrđena statistički značajna razlika kod gljiva uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla, a kod gljiva na supstratu nizozemskog porijekla utvrđena je razlika između Nizozemski 1 u odnosu na ostala dva. I u ovom mjesecu proizvodnje utvrđena je statistički značajna razlika između koncentracije Cd u gljivama s obzirom na porijeklo supstrata (tablica 54).

Tablica 54. Prosječne koncentracije teških metala u gljivama tijekom jednog proizvodnog ciklusa (III mjesec proizvodnje)

plod šampinjona (val berbe)	**Fe (mg/kg)**	**Zn (mg/kg)**	**Pb (mg/kg)**	**Cd (mg/kg)**
Mađarski 1	85,72 b	88,45 c	0,09 b	0,04 c
Mađarski 2	103,47 b	112,94 a	0,12 b	0,03 c
Mađarski 3	140,53 a	109,61 a	0,37 a	0,04 c
Nizozozemski 1	81,96 b	78,80 d	0,15 b	0,50 a
Nizozozemski 2	95,28 b	87,77 c	0,19 ba	0,20 b
Nizozozemski 3	94,89 b	100,65 b	0,24 ba	0,15 b
Prosjek	***100,30***	***96,37***	***0,19***	***0,16***

Tablica 55. Prosječne koncentracije teških metala u gljivama tijekom jednog proizvodnog ciklusa (IV mjesec proizvodnje)

plod šampinjona (val berbe)	**Fe (mg/kg)**	**Zn (mg/kg)**	**Pb (mg/kg)**	**Cd (mg/kg)**
Mađarski 1	85,08 a	91,57 c	0,07 d	0,04 dc
Mađarski 2	103,56 a	119,22 a	0,15 dc	0,03 d
Mađarski 3	149,16 a	107,68 b	0,32 a	0,05 dc
Nizozemski 1	133,87 a	78,17 d	0,17 bc	0,50 a
Nizozemski 2	94,34 a	88,83 c	0,26 ba	0,22 b
Nizozemski 3	91,29 a	104,90 b	0,26 ba	0,09 c
Prosjek	109,55	98,39	0,20	0,15

U četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla nije utvrđena statistički značajna razlika za ispitivani parametar Fe. Statistički značajna razlika utvrđena je za ispitivani parametar Zn kod svih valova osim za Mađarski 3 i Nizozemski 3, Mađarski 1 i Nizozemski 2. Nadalje, za ispitivani parametar Pb nije utvrđena statistički značajna razlika između svih valova berbe gljiva osim kod Mađarski 1 i Mađarski 3. Kod Cd nije utvrđena statistički značajna razlika na gljivama proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla dok su statistički značajne razlike utvrđene za Cd u sva tri vala berbe na nizozemskom supstratu. Isto tako, statistički značajna razlika kod Cd utvrđena je između gljiva uzgojenih na ispitivanim supstratima (tablica 55).

3.6.8. Koncentracije teških metala u klobuku i stapci

3.6.8.1. Koncentracije teških metala u klobuku i stapci gljiva porijeklom s mađarskog supstrata

Tablica 56. Usporedba koncentracije teških metala (mg kg^{-1}) u klobuku i stapci (prosjek za Mađara) I mjesec uzgoja

mg kg^{-1}				
		klobuk		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	85,48 b	106,19 b	0,05 b	0,05 a
2	92,27 ba	123,75 a	0,11 b	0,04 a
3	102,86 a	127,28 a	0,41 a	0,05 a
prosjek	***93,53***	***119,07***	***0,19***	***0,05***
		stapka		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	83,34 b	74,96 b	0,04 b	0,04 a
2	111,69 a	105,03 a	0,20 a	0,25 a
3	129,42 a	104,94 a	0,24 a	0,33 a
prosjek	***108,15***	***94,97***	***0,16***	***0,20***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U prvom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla u klobuku za parametar Fe utvrđena je statistički značajna razlika između prvog i trećeg vala berbe. Za koncentraciju Zn statistički značajna razlika utvrđena je između prvog i druga dva vala berbe. Za koncentraciju Pb statistički značajna razlika utvrđena je između trećeg i druga dva vala berbe. Za ispitivani parametar Cd nije utvrđena statistički značajna razlika. Nadalje, statistički značajna razlika utvrđena je u stapci za ispitivani parametar Fe osim između drugog i trećeg vala. Statistički značajna razlika za Zn utvrđena je između prvog i ostala dva vala berbe. Ista statistička značajnost utvrđena je kod Pb. Kod ispitivanog parametra Cd nije bilo statistički značajne razlike u stapci (tablica 56).

Tablica 57. Usporedba koncentracije teških metala (mg kg^{-1}) u klobuku i stapci (prosjek za Mađara) II mjesec uzgoja

mg kg^{-1}				
		klobuk		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	86,61 b	104,19 b	0,18 ba	0,05 a
2	93,02 ba	131,75 a	0,08 b	0,04 a
3	121,11 a	125,28 ba	0,37 a	0,05 a
prosjek	***100,24***	***120,40***	***0,21***	***0,05***
		stapka		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	81,59 b	72,96 b	0,10 b	0,04 a
2	111,19 a	99,27 a	0,20 ba	0,02 b
3	125,17 a	95,44 a	0,30 a	0,03 ba
prosjek	***105,98***	***89,22***	***0,20***	***0,03***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U drugom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla u klobuku za parametar Fe utvrđena je statistički značajna razlika između prvog i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je za Zn osim između prvog i drugog vala berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je za Pb osim između drugog i trećeg vala berbe. Za ispitivani parametar Cd nije bilo statistički značajne razlike. Statistički značajna razlika utvrđena je u stapci za ispitivani parametar Fe osim između drugog i trećeg vala. Statistički značajna razlika utvrđena je za Zn osim između drugog i trećeg vala. Nadalje statistički značajna razlika utvrđena je za Pb između prvog i drugog vala. Statistički značajna razlika utvrđena je za Cd između prvog i drugog vala berbe (tablica 57).

U trećem mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla u klobuku za parametar Fe utvrđena je statistički značajna razlika između prvog i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je za Zn između prvog i trećeg vala berbe. Nadalje statistički

značajna razlika za Pb nije utvrđena. Za ispitivani parametar Cd nije bilo statistički značajne razlike. Statistički značajna razlika utvrđena je u stapci za ispitivani parametar Fe između prvog i trećeg vala. Nadalje statistički značajna razlika utvrđena je za Zn osim između drugog i trećeg vala. Prilikom ispitivanja parametra Pb nije utvrđena statistički značajna razlika. Za ispitivani parametar Cd nije bilo statistički značajne razlike (tablica 58).

Tablica 58. Usporedba koncentracije teških metala (mg kg^{-1}) u klobuku i stapci (prosjek za Mađara) III mjesec uzgoja

mg kg^{-1}				
		klobuk		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	87,61 b	105,44 b	0,12 a	0,04 a
2	95,27 ba	122,44 a	0,07 a	0,04 a
3	153,64 a	118,78 a	0,50 a	0,05 a
prosjek	***112,17***	***115,55***	***0,23***	***0,04***
		stapka		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	83,84 b	71,46 b	0,06 a	0,04 a
2	111,66 a	103,45 a	0,17 a	0,02 b
3	127,42 a	100,44 a	0,23 a	0,02 b
prosjek	***107,64***	***91,78***	***0,15***	***0,04***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla u klobuku za parametar Fe utvrđena je statistički značajna razlika između prvog i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je za Zn između prvog i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika za Pb utvrđena je između prvog i trećeg vala berbe. Za ispitivani parametar Cd nije bilo statistički značajne razlike između prvog i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je u stapci za ispitivani parametar Fe između svih valova berbe. Nadalje statistički značajna razlika utvrđena je za Zn osim između drugog i trećeg vala. Statistički značajna razlika za Pb nije utvrđena između drugog i trećeg vala berbe. Za ispitivani

parametar Cd nije bilo statistički značajne razlike između prvog i trećeg vala berbe (tablica 59).

Tablica 59. Usporedba koncentracije teških metala (mg kg^{-1}) u klobuku i stapci (prosjek za Mađara) IV mjesec uzgoja

mg kg^{-1}				
		klobuk		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	87,54 b	108,91 b	0,10 b	0,04 a
2	95,92 b	130,50 a	0,09 b	0,04 a
3	164,63 a	121,53 a	0,39 a	0,05 a
prosjek	***116,03***	***120,31***	***0,19***	***0,04***
		stapka		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	82,61 c	74,21 c	0,05 b	0,04 a
2	111,21 b	107,94 a	0,21 a	0,02 b
3	82,61 a	93,83 a	0,25 a	0,04 a
prosjek	***92,14***	***91,99***	***0,17***	***0,03***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

3.6.8.2. *Koncentracije teških metala u klobuku i stapci gljiva porijekom s nizozemskog supstrata*

U prvom mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla u klobuku za parametar Fe utvrđena je statistički značajna razlika osim između prvog i drugog vala berbe. Statistički značajna razlika za Zn utvrđena je osim između prvog i drugog vala berbe. Statistički značajna razlika za Pb nije utvrđena. Za ispitivani parametar Cd utvrđena je statistički značajna razlika između svih valova berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je u stapci za ispitivani parametar Fe utvrđena je osim između prvog i drugog vala berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je za Zn osim između prvog i drugog vala. Statistički značajna razlika za Pb utvrđena je između prvog i trećeg vala berbe. Za ispitivani parametar Cd utvrđena je statistički značajna razlika između svih valova berbe (tablica 60).

Tablica 60. Usporedba koncentracije teških metala (mg kg^{-1}) u klobuku i stapci (prosjek za Nizozemca) I mjesec uzgoja

mg kg^{-1}				
		klobuk		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	86,51 a	97,21 b	0,19 a	0,63 a
2	86,86 a	103,86 b	0,24 a	0,25 b
3	69,59 b	114,16 a	0,26 a	0,14 c
prosjek	***80,98***	***105,07***	***0,23***	***0,34***
		stapka		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	78,78 b	66,89 b	0,18 b	0,34 a
2	94,06 b	79,05 b	0,23 ba	0,16 b
3	111,95 a	93,13 a	0,32 a	0,08 c
prosjek	***94,93***	***79,69***	***0,24***	***0,19***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%

U drugom mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla u klobuku za parametar Fe utvrđena je statistički značajna razlika osim između prvog i drugog vala berbe. Statistički značajna razlika za Zn utvrđena je osim između prvog i drugog vala berbe. Statistički značajna razlika za Pb nije utvrđena. Za ispitivani parametar Cd utvrđena je statistički značajna razlika između svih valova berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je u stapci za ispitivani parametar Fe utvrđena je osim između drugog i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je za Zn osim između prvog i drugog vala. Statistički značajna razlika za Pb nije utvrđena. Za ispitivani parametar Cd utvrđena je statistički značajna razlika osim između drugog i trećeg vala berbe (tablica 61).

Tablica 61. Usporedba koncentracije teških metala (mg kg^{-1}) u klobuku i stapci (prosjek za Nizozemca) II mjesec uzgoja

mg kg^{-1}				
		klobuk		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	82,26 a	93,96 b	0,17 b	0,63 a
2	87,61 a	101,86 b	0,23 b	0,25 b
3	69,09 b	112,16 a	0,35 a	0,17 c
prosjek	***79,65***	***102,66***	***0,25***	***0,35***
		stapka		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	75,78 b	64,88 b	0,30 a	0,33 a
2	106,06 a	75,55 b	0,24 a	0,16 b
3	112,82 a	91,26 a	0,30a	0,14 b
prosjek	***98,22***	***77,23***	***0,28***	***0,21***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U trećem mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla u klobuku za parametar Fe utvrđena je statistički značajna razlika osim između prvog i drugog vala berbe. Statistički značajna razlika za Zn utvrđena je osim između prvog i drugog vala berbe. Statistički značajna razlika za Pb nije utvrđena. Za ispitivani parametar Cd utvrđena je statistički značajna razlika između svih valova berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je u stapci za ispitivani parametar Fe utvrđena je između prvog i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je za Zn između prvog i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika za Pb nije utvrđena. Za ispitivani parametar Cd utvrđena je statistički značajna razlika osim između drugog i trećeg vala berbe (tablica 62).

Tablica 62. Usporedba koncentracije teških metala (mg kg^{-1}) u klobuku i stapci (prosjek za Nizozemca) III mjesec uzgoja

mg kg^{-1}				
		klobuk		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	86,28 a	82,46 b	0,16 a	0,64 a
2	86,11 a	99,98 b	0,19 a	0,24 b
3	70,59 b	110,66 a	0,19 a	0,12 c
prosjek	***80,99***	***97,7***	***0,18***	***0,33***
		stapka		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	77,64 b	65,14 b	0,13 a	0,36 a
2	104,45 ba	75,55 ba	0,19 a	0,16 b
3	119,19 a	90,63 a	0,29 a	0,17 b
prosjek	***100,42***	***77,10***	***0,20***	***0,23***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

U četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu nizozemskog porijekla u klobuku za parametar Fe nije utvrđena je statistički značajna razlika. Statistički značajna razlika za Zn utvrđena je između svih valova berbe. Statistički značajna razlika za Pb nije utvrđena. Za ispitivani parametar Cd utvrđena je statistički značajna razlika između svih valova berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je u stapci za ispitivani parametar Fe utvrđena je osim između drugog i trećeg vala berbe. Statistički značajna razlika utvrđena je za Zn između prvog i drugog vala berbe. Statistički značajna razlika za Pb nije utvrđena. Za ispitivani parametar Cd utvrđena je statistički značajna razlika između svih valova berbe (tablica 63).

Tablica 63. Usporedba koncentracije teških metala (mg kg^{-1}) u klobuku i stapci (prosjek za Nizozemca) IV mjesec uzgoja

mg kg^{-1}				
		klobuk		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	188,91 a	90,21 c	0,18 a	0,63 a
2	84,17 a	101,86 b	0,27 a	0,27 b
3	70,11 a	117,16 a	0,28 a	0,11 c
prosjek	***114,39***	***103,07***	***0,24***	***0,33***
		stapka		
val berbe	Fe	Zn	Pb	Cd
1	78,83 b	66,14 b	0,15 a	0,37 a
2	104,50 a	75,80 b	0,24 a	0,17 b
3	112,46 a	92,63 a	0,25 a	0,08 c
prosjek	***98,59***	***78,19***	***0,21***	***0,20***

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 99%)

3.7. Koeficijent akumulacije esencijalnih i toksičnih teških metala u plod gljive

Koeficijent akumulacije esencijalnih i teških metala iz supstrata u plod gljive dobiven je po formuli:

$$Ka = Cm/Cs$$

Pri čemu je ***Cm*** utvrđena koncentracija teškog metala u plodu gljive, a ***Cs*** utvrđena koncentracija teških metala u supstratu.

Tablica 64. Koeficijenti akumulacije teških metala u plod gljive iz supstrata mađarskog porijekla

Teški metal	Mjesec uzgoja				Prosjek
	I	II	III	IV	
	Koeficijent akumulacije				
Fe	0,07	0,03	0,03	0,03	***0,04***
Zn	0,61	0,69	0,67	0,69	***0,66***
Pb	0,24	0,23	0,03	0,07	***0,14***
Cd	0,28	0,33	0,33	0,25	***0,30***

Prosječno najviši koeficijent akumulacije kod gljiva uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla utvrđen je za element Zn i iznosio je 0,66. Najniži prosječni koeficijent akumulacije utvrđen je za Fe 0,04 i kod ovog elementa je koeficijent akumulacije bio gotovo isti u sva četiri mjeseca uzgoja. Najveća varijabilnost po mjesecima uzgoja utvrđena je kod Pb s prosječnim koeficijentom akumulacije 0,14. Teški metal Cd imao je koeficijent akumulacije 0,30 s vrlo malom varijabilnošću između uzgojnih mjeseci Uspoređujući dva teška metala s istim načinom translokacije Zn (esencijalni) i Cd (toksičan), koeficijent akumulacije Zn u plod gljive bio je viši u odnosu na Cd 2,2 puta (tablica 64).

Tablica 65. Koeficijenti akumulacije teških metala u plod gljive iz supstrata nizozemskog porijekla

Teški metal	Mjesec uzgoja				Prosjek
	I	II	III	IV	
	Koeficijent akumulacije				
Fe	0,07	0,07	0,05	0,07	***0,06***
Zn	0,70	0,86	0,74	0,83	***0,78***
Pb	0,10	0,08	0,05	0,09	***0,08***
Cd	1,35	1,75	1,47	1,23	***1,45***

Kod akumulacije teških metala u plod gljive sa supstrata nizozemskog porijekla koeficijent akumulacije bio je viši za sve elemente (s izuzetkom Pb) u odnosu na koeficijente akumulacije sa supstrata mađarskog porijekla. Tako je za Fe u prosjeku utvrđen koeficijent akumulacije 0,06, Zn 0,78, Cd 1,45, dok je za Pb koeficijent akumulacije bio niži i iznosio je 0,08. Također, za Pb je utvrđena puno manja varijabilnost koeficijenata akumulacije između mjeseci uzgoja u odnosu na gljive ubrane na supstratu mađarskog porijekla. Koeficijent akumulacije za Cd bio je 4,8 puta veći u odnosu na koeficijent akumulacije u gljivama ubranim na supstratu mađarskog porijekla. Uspoređujući dva teška metala s istim načinom translokacije Zn (esencijalni) i Cd (toksičan), koeficijent akumulacije Cd u plod gljive bio je prosječno viši u odnosu na Zn za 1,85 puta (tablica 65).

Tablica 66. Koeficijenti akumulacije teških metala u klobuku i stapci iz supstrata mađarskog porijekla

Teški metal	**Mjesec uzgoja**				**Prosjek**
	I	**II**	**III**	**IV**	
	Koeficijent akumulacije				
	klobuk				
Fe	0,07	0,03	0,03	0,03	***0,04***
Zn	0,73	0,79	0,74	0,78	***0,76***
Pb	0,27	0,24	0,09	0,07	***0,17***
Cd	0,36	0,42	0,33	0,31	***0,35***
stapka					
Fe	0,08	0,04	0,03	0,03	***0,04***
Zn	0,58	0,59	0,59	0,60	***0,59***
Pb	0,22	0,23	0,06	0,06	***0,14***
Cd	0,21	0,25	0,25	0,19	***0,22***

Prosječno najviši koeficijent akumulacije u klobuk kod gljiva uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla utvrđen je za element Zn i iznosio je 0,76. Najniži prosječni koeficijent akumulacije utvrđen je za Fe 0,03. Najveća varijabilnost po mjesecima uzgoja

utvrđena je kod Pb s prosječnim koeficijentom akumulacije 0,17. Teški metal Cd imao je koeficijent akumulacije 0,35 s vrlo malom varijabilnošću između uzgojnih mjeseci. Uspoređujući dva teška metala s istim načinom translokacije Zn (esencijalni) i Cd (toksičan), koeficijent akumulacije Zn u plod gljive bio je viši u odnosu na Cd (46 %). Prosječno najviši koeficijent akumulacije u stapku kod gljiva uzgojenih na supstratu mađarskog porijekla utvrđen je za element Zn i iznosio je 0,59. Najniži prosječni koeficijent akumulacije utvrđen je za Fe 0,04. Najveća varijabilnost po mjesecima uzgoja utvrđena je kod Pb s prosječnim koeficijentom akumulacije 0,14. Teški metal Cd imao je koeficijent akumulacije 0,22 s vrlo malom varijabilnošću između uzgojnih mjeseci. Uspoređujući dva teška metala s istim načinom translokacije Zn (esencijalni) i Cd (toksičan), prosječni koeficijent akumulacije Zn u klobuk gljive bio je viši u odnosu na Cd za 2,2 puta (tablica 66).

Tablica 67. Koeficijenti akumulacije teških metala u klobuku i stapci iz supstrata nizozemskog porijekla

Teški metal	**Mjesec uzgoja**				**Prosjek**
	I	**II**	**III**	**IV**	
	Koeficijent akumulacije				
	klobuk				
Fe	0,06	0,06	0,05	0,08	***0,06***
Zn	0,80	0,99	0,83	0,94	***0,89***
Pb	0,10	0,08	0,05	0,10	***0,08***
Cd	1,70	2,19	1,74	1,54	***1,79***
stapka					
Fe	0,08	0,08	0,06	0,07	***0,07***
Zn	0,60	0,74	0,64	0,72	***0,67***
Pb	0,10	0,08	0,06	0,09	***0,08***
Cd	0,95	1,31	1,21	0,95	***1,10***

Prosječno najviši koeficijent akumulacije u klobuku kod gljiva uzgojenih na supstratu nizozemskog porijekla utvrđen je za element Cd i iznosio je 1,79. Najniži prosječni koeficijent akumulacije utvrđen je za Fe 0,06. Uspoređujući dva teška metala s istim načinom translokacije Zn (esencijalni) i Cd (toksičan), koeficijent akumulacije Cd u klobuk gljive prosječno je bio viši u odnosu na Cd za dva puta. Prosječno najviši koeficijent akumulacije u stapku kod gljiva uzgojenih na supstratu nizozemskog porijekla utvrđen je za element Cd i iznosio je 1,10. Najniži prosječni koeficijent akumulacije utvrđen je za Fe 0,07. Uspoređujući dva teška metala s istim načinom translokacije Zn (esencijalni) i Cd (toksičan), prosječni koeficijent akumulacije Cd u stapku gljive bio je viši u odnosu na Zn za 1,65 puta (tablica 67).

4. RASPRAVA

4.1 Kemijska svojstva supstrata

Prema Fidanzi et al. idealni pH svježeg supstrata za proizvodnju šampinjona iznosi pH=6,6. Ustanovljeni C/N odnos u kompostu za proizvodnju gljiva kreće se od minimalno 10:1 do maksimalno 15:1, a idealni je 13:1. Prosječni sadržaj dušika u supstratu za proizvodnju šampinjona u prosjeku iznosi 1,12 % (mokro stanje) i 2,65 % (suho stanje), ugljika od minimalno 10,60 % do maksimalno 18,80 %, fosfora 0,29 % (mokro stanje) i 0,69 % (suho stanje) i kalija od minimalno 0,8 % do maksimalno 1,3 %. Prosječna količina željeza se kreće od minimalno 0,04 % do maksimalno 0,57 % i cinka od minimalno <0,01 do maksimalno 0,01 %. Elektrokonduktivitet svježeg komposta iznosi 13,30 dSm^{-1}. Prema pravilniku o zaštiti od onečišćenja poljoprivrednog zemljišta NN9/2014 najviša dozvoljena količina olova u supstratu za proizvodnju gljiva iznosi 100 mg/kg i kadmija 2 mg/kg.

pH Prema rezultatima laboratorijskih mjerenja pH supstrata mađarskog porijekla se kretao od najmanjeg pH =6,06 na početku proizvodnje do najvećeg na kraju proizvodnje pH = 6,55, a u supstratu nizozemskog porijekla od pH=5,90 do pH=6,54 što je u skladu sa mjerenjima Fidanze et al.

Elektrokonduktivitet (EC) pokazatelj je sadržaja topivih soli u supstratu i mijenja se ovisno o količini i vrsti iona u otopini. EC se prema rezultatima laboratorijskih mjerenja u supstratu mađarskog porijekla kretao od najmanjeg 7,79 dSm^{-1} na početku do najvećeg 8,88 dSm^{-1} na kraju proizvodnog ciklusa, dok u supstratu nizozemskog porijekla od najmanjeg 8,05 dSm^{-1} do najvećeg 9,74 dSm^{-1} na kraju proizvodnog ciklusa. Prema Vukobratović et al. (2008) najviši EC od svih organskih gnojiva ima pileći gnoj 8,51 do 12,15 dSm^{-1}, pa dobiveni rezultati dokazuju da je kod supstrata oba porijekla korišteno kompostirano pileće gnojivo kao osnovni dio supstrata.

Suha tvar (ST) se postupno povećavala prema kraju uzgojnog ciklusa i na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla. Najniža vrijednost izmjerena u supstratu mađarskog porijekla 46,59 bila je na početku uzgoja, a najveća je izmjerena na kraju 53,46. U supstratu nizozemskog porijekla najniža vrijednost izmjerena na početku iznosila je 37,12 i najveća na kraju 51,63.

Sadržaj dušika se postupno smanjivao od početka uzgojnog ciklusa prema kraju unutar svakog mjeseca proizvodnje. Najviši sadržaj N izmjeren na početku uzgojnog ciklusa na supstratu mađarskog porijekla iznosio je 2,61 %, a najniži na kraju uzgojnog ciklusa 2,24 %. Na supstratu nizozemskog porijekla najviši sadržaj N na početku uzgojnog ciklusa iznosio je 2,42 %, a najniži na kraju 2,26 % što je nešto veći iznos nego u mjerenjima Fidanze et al.

Sadržaj ugljika se također postupno smanjivao prema kraju uzgojnog ciklusa unutar svakog mjeseca proizvodnje. Najviši sadržaj izmjeren u supstratu mađarskog porijekla iznosio je 27,58 %, a najniži na kraju uzgojnog ciklusa 22,09 %. Najviši sadržaj izmjeren u supstratu nizozemskog porijekla na početku uzgojnog ciklusa bio je 29,16 %, a najniži na kraju uzgojnog ciklusa 23,80 %.

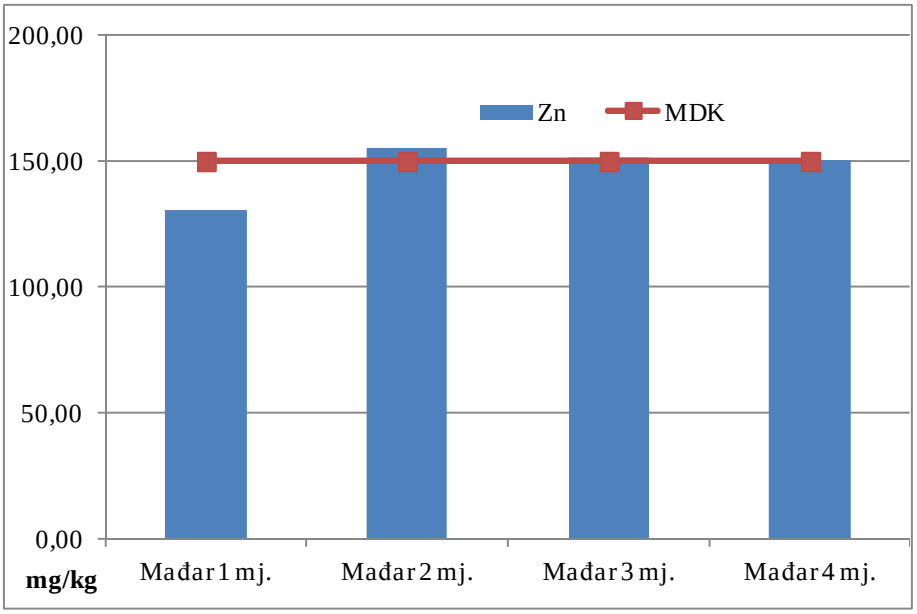
C/N odnos se u nekim slučajevima smanjivao prema kraju uzgojnog ciklusa, a u nekima povećavao. Na supstratu mađarskog porijekla najniži C/N odnos iznosio je 9,68 na kraju, a najviši je bio 12,13 na početku drugog mjeseca proizvodnje. Na supstratu nizozemskog porijekla najviši odnos iznosio je 13,42 na kraju prvog mjeseca proizvodnje, a najniži je bio 10,51 na kraju drugog mjeseca proizvodnje. Razgradnja organske tvari rezultira padom C/N odnosa, a ovakav tijek kod nizozemskog supstrata vjerojatno je posljedica C/N odnosa početne sirovine za kompostiranje prema Lončarić et al. (2005).

Sadržaj fosfora također je imao tendenciju pada prema kraju uzgojnog ciklusa unutar svakog mjeseca proizvodnje tako da se kretao od 1,98 % na početku mjerenja i na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla, a na kraju proizvodnog ciklusa 1,85 %. Ovako utvrđeni sadržaj fosfora vrlo je visok s obzirom na rezultate drugih istraživača i vjerojatno je posljedica agrotehnike uzgoja pšenice čija je slama dio analiziranog supstrata. Isto tako, upotreba pilećeg organskog gnojiva kao dijela supstrata za posljedicu može imati visok sadržaj fosfora.

Sadržaj kalija također je imao tendenciju pada prema kraju uzgojnog ciklusa unutar svakog mjeseca proizvodnje tako da je najveći iznosio 1,10 % na početku uzgojnog ciklusa i 0,95 % na kraju uzgoja i na jednom i drugom supstratu.

Koncentracija Fe je sustavno rasla od početka prema kraju proizvodnog ciklusa i najniža koncentracija izmjerena u supstratu mađarskog porijekla se kretala od 1207,50 mg/kg na početku uzgoja do najveće na supstratu nizozemskog porijekla 4695,28 mg/kg na kraju uzgoja.

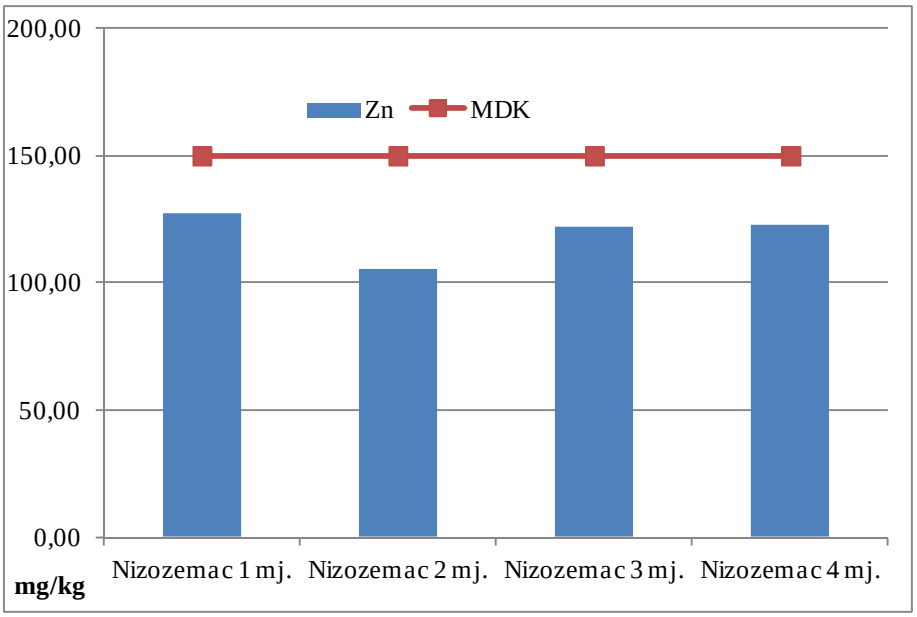
Koncentracija Zn je postupno rasla prema kraju proizvodnog ciklusa unutar svakog mjeseca proizvodnje. Najniža koncentracija Zn u mađarskom supstratu izmjerena je na referentnoj traci u drugom i trećem mjesecu uzgoja i iznosila 143,3 mg/kg, a najveća na kraju prvog mjeseca uzgoja 174,63 mg/kg. Samo u drugom mjesecu uzgoja koncentracija je prelazila maksimalno dopuštene granice propisane Pravilnikom o zaštiti od onečišćenja poljoprivrednog zemljišta (NN 9/2014) (grafikon 36).



Grafikon 36. Koncentracija Zn u supstratu mađarskog porijekla po mjesecima proizvodnje

Najniža koncentracija na početku u supstratu nizozemskog porijekla iznosila je 100,48 mg/kg u drugom mjesecu uzgoja na kraju berbe, a najviša na kraju prvog mjeseca uzgoja 146,00 mg/kg (grafikon 37).

Kod supstrata nizozemskog porijekla nisu utvrđene više koncentracije Zn od onih dopuštenih Pravilnikom (grafikon 37).

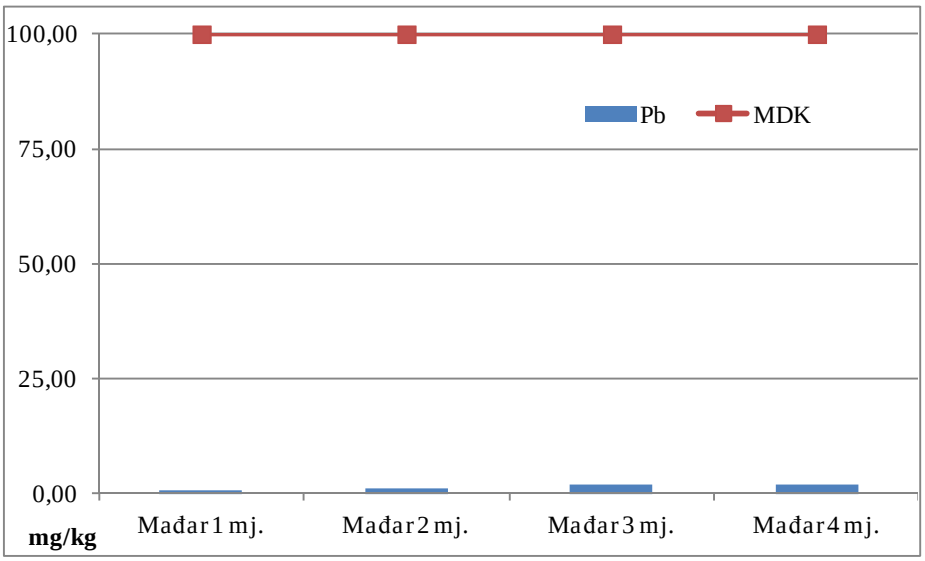


Grafikon 37. Koncentracija Zn u supstratu nizozemskog porijekla po mjesecima proizvodnje

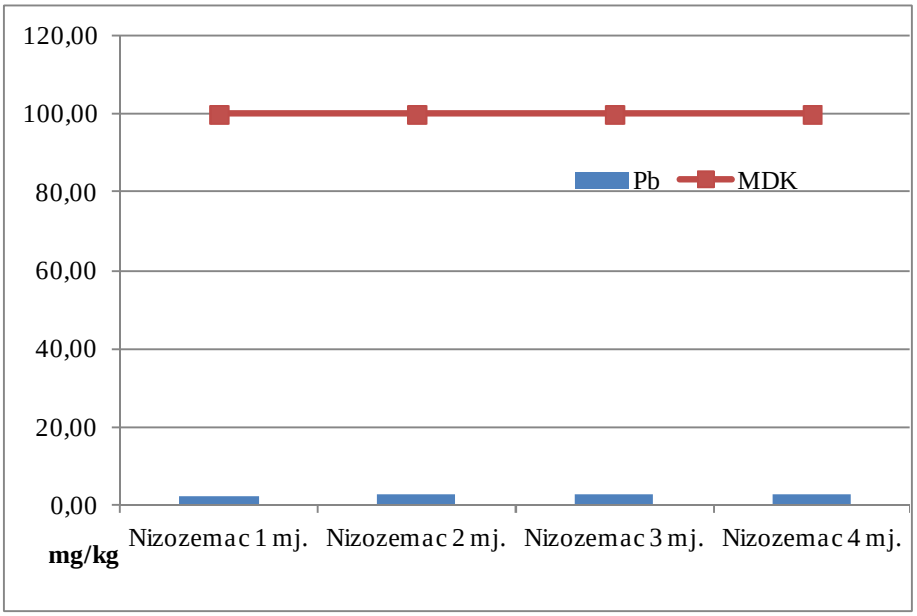
Koncentracija olova na supstratu mađarskog porijekla se kretala od najmanje na početku uzgojnog ciklusa koja je iznosila 0,62 mg/kg na početku prvog mjeseca uzgoja do najviše na kraju proizvodnog ciklusa 3,48 mg/kg na kraju četvrtog mjeseca proizvodnje. Na supstratu nizozemskog porijekla se kretala od najmanje 2,15 mg/kg na referentnoj traci u trećem i četvrtom mjesecu uzgoja do najviše na kraju uzgojnog ciklusa 4,24 mg/kg u trećem mjesecu proizvodnje. Koncentracija olova je znatno viša na supstratu nizozemskog porijekla nego na supstratu mađarskog porijekla, ali još uvijek u granicama maksimalno dopuštenih količina (grafikon 38 i 39) .

Pretpostavka je da se repromaterijal (slama) koja se koristi u Nizozemskoj za proizvodnju supstrata sakuplja negdje blizu prometnica, talionica ili neke industrije koja proizvodi veće količine olovnih rezidua koje se onda nakupljaju u slami koja se zatim sakuplja i prerađuje u supstrat za proizvodnju šampinjona, dok mađarski proizvođač vjerovatno otkupljuje slamu iz ruralnih područja već zbog svoje geografske orjentacije prema manje industrijski razvijenim područjima Europe. Prema Deklaraciji proizvođača supstrata za proizvodnju supstrata za uzgoj šampinjona Bio-fungi Kft izdanoj od Ministarstva za poljoprivredu države Mađarske maksimalno dopuštena količina Pb u supstratu za proizvodnju šampinjona iznosi 100 mg/kg suhe tvari. Stoga se može zaključiti da su i jedan i drugi

supstrat prema sadržaju Pb u granicama MDK te su pogodni za uzgoj šampinjona (grafikon 38).



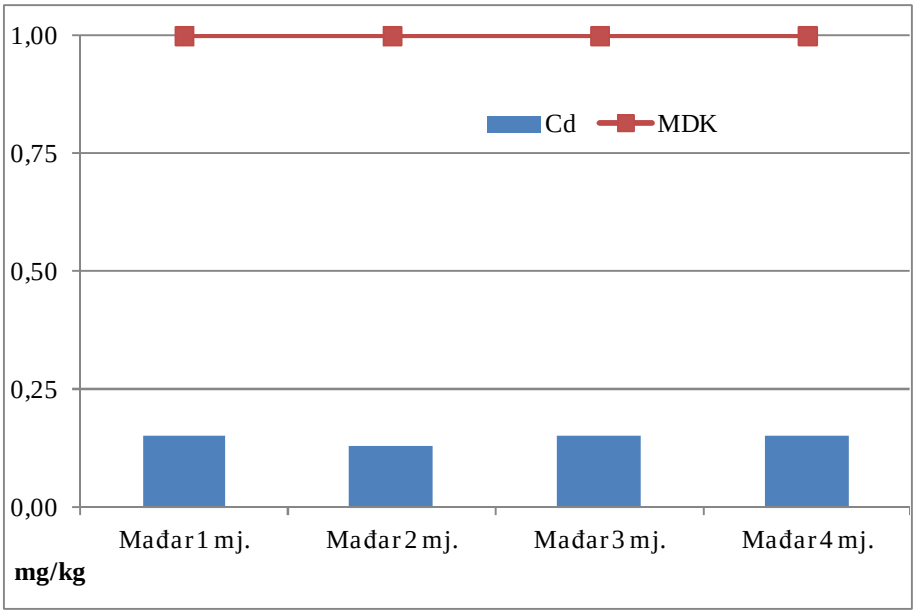
Grafikon 38. Koncentracija Pb u supstratu mađarskog porijekla po mjesecima proizvodnje



Grafikon 39. Koncentracija Pb u supstratu nizozemskog porijekla po mjesecima proizvodnje

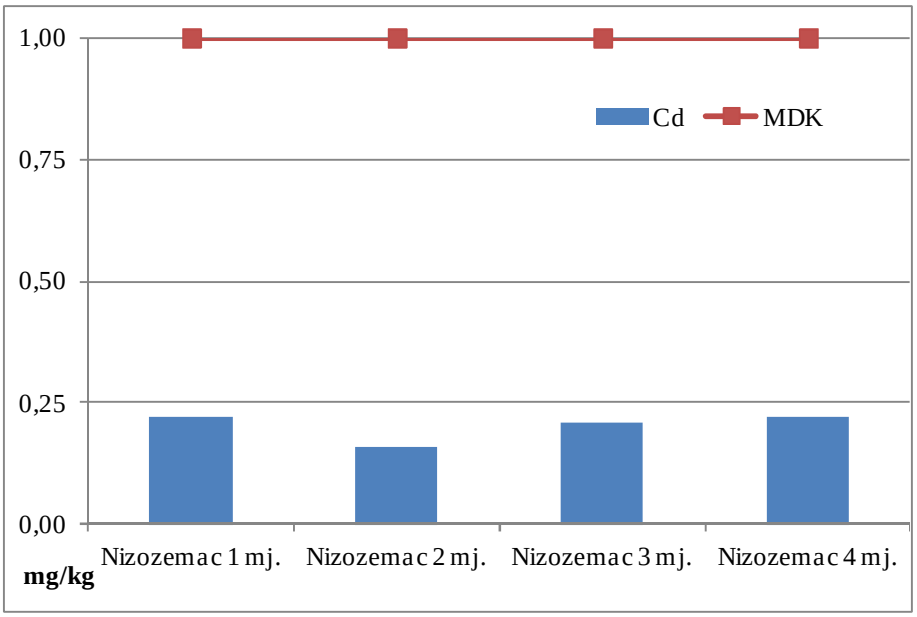
U supstratu nizozemskog porijekla izmjereno je u prosjeku 2,89 mg/kg Pb, značajno veća količina Pb nego u supstratu mađarskog porijekla u kojem je izmjerena prosječna količina 1,67 mg/kg (gtafokon 39).

Koncentracija kadmija na supstratu mađarskog porijekla se kretala od najniže na početku uzgojnog ciklusa koja je iznosila 0,11 mg/kg u trećem i četvrtom mjesecu uzgoja do najviše na kraju proizvodnog ciklusa 0,21 mg/kg u istim mjesecima uzgoja (grafikon 40).



Grafikon 40. Koncentracija Cd u supstratu mađarskog porijekla po mjesecima proizvodnje

Na supstratu nizozemskog porijekla se kretala od najniže 0,15 mg/kg na početku prvog mjeseca uzgoja do najviše na kraju prvog i četvrtog mjeseca uzgojnog ciklusa 0,26 mg/kg.



Grafikon 41. Koncentracija Cd u supstratu nizozemskog porijekla po mjesecima proizvodnje

Prosječna koncentracija Cd u supstratu nizozemskog porijekla iznosila je 0,28 mg/kg, dok je koncentracija u supstratu mađarskog porijekla iznosila 0,16 mg/kg. Pretpostavka je da je repromaterijal za supstrat nizozemskog porijekla prikupljan na područjima gdje je veća upotreba mineralnih gnojiva te se stoga pojavljuju tako visoke količine Cd u nizozemskom supstratu (grafikon 41).

4.2. Korelacije svih utvrđenih svojstava supstrata

Iz korelacija svih utvrđenih svojstava oba supstrata može se zaključiti da i kod jednog i kod drugog supstrata postoji pozitivna korelacija između pH i Fe, pH i Pb te između P i K. To upućuje na povezanost većih vrijednosti (pH) sa većim vrijednostima Fe i Pb te P i K, odnosno manjih vrijednosti (pH) sa manjim vrijednostima Fe i Pb te P i K. Osim toga na supstratu mađarskog porijekla utvrđena je pozitivna korelacija između pH i Cd, Fe i Pb, Pb i Cd te C i K što također znači da se sa većom vrijednosti jednih se povećavaju i vrijednosti drugih ili smanjenjem jednih se smanjuju i druge.

Negativna korelacija na supstratu mađarskog porijekla utvrđena je između suhe tvari (ST) i P, ST i K te Cd i K što znači da povećanje vrijednosti jednog parametra uvjetuje smanjenje vrijednosti drugog parametra.

Pozitivna korelacija na supstratu nizozemskog porijekla osim već spomenutih korelacija koje su iste na oba supstrata utvrđena je i između pH i ST, ST i Zn, Zn i Cd te Fe i Cd što znači da se sa većom vrijednosti jednih povećavaju i vrijednosti drugih odnosno smanjivanjem jednih se smanjuju i druge vrijednosti.

Negativna korelacija utvrđena je između elektrokonduktiviteta (EC) i Fe, ST i P, te ST i K što znači da povećanje vrijednosti jednog parametra uvjetuje smanjenje vrijednosti drugog parametra.

4.3. Utjecaj porijekla supstrata na sva utvrđena svojstva supstrata

Statističkom analizom su obrađena sva ispitivana kemijska svojstva supstrata i dobiveni rezultati su obrađeni u skladu sa određenim parametrima koje su ustanovili Fidanza i sur.

Istraživanjem je utvrđeno da se pH parametar sustavno povećava od početka prema kraju uzgojnog ciklusa i u prosjeku se kretao od 6,06 do 6,23. Prema Fidanzi i sur. idealni pH svježeg komposta iznosi 6,6. Vrijednosti supstrata korištenih u istraživanju kretale su se od 5,95 do 6,50. Podešavanje pH se postiže dodavanjem gipsa. Često se dodaje previše gipsa koji podiže pH na više od 6,0. Gips je možda najvažniji dodatak neophodan za konstantnu kvalitetu komposta. Važan je zbog tri razloga; 1. Snižavanje pH vrijednosti komposta, 2. Smanjivanje osjetljivosti na prisutnost amonijaka u momentu inokulacije 3. Kao pufer za oksalnu kiselinu za vrijeme rasta micelija. Ukratko gips služi za stabilizaciju i korekciju komposta tako da ako proces kompostiranja i ne napreduje optimalno još uvijek se može proizvesti kompost dobre kvalitete. Da bi se postigli takvi pozitivni efekti treba dodati ne više od 22 kg na 1000 kg komposta faze 1. Gips nije skup materijal te se dopušta vlaga 5-30%, ali ga prije upotrebe treba izmiješati sa pilećim gnojivom. Efektivno iskorištenje gipsa je 100% (1 kg gipsa ostaje 1 kg gipsa i u kompostu). Ako se stavi previše gipsa dobiva se kompost sa visokim sadržajem pepela uzrokovan prevelikom količinom gipsa i tada gljive imaju smanjenu količinu organske tvari potrebne za rast te je i prinos niži. Teško je postići optimalnu količinu vlage, jer je voda vezana uz organsku tvar, a ne uz

pepel. Ako je struktura dobra i ako se upotrijebi amonij sulfat (pozitivno utječe na pH i sadržaj N), može se smanjiti količina dodanog gipsa.

Elektrokonduktivitet (EC) svježeg komposta prema Fidanzi i sur. iznosi 13,30 dSm^{-1}. U slučaju istraživanih supstrata EC se u prosjeku kretao od 7,70 do 8,85 što su nešto niže vrijednosti nego što su ih ustanovili Fidanza i sur. Razlog je možda kompost sa manjim sadržajem vode. Optimalna vlaga inkubiranog komposta zavisi od stupnja razgradnje strukture. Ako je sadržaj vlage previsok, biti će premala izmjena plinova između komposta i zraka u prostoriji što dovodi do neaktivnosti komposta. Sa druge strane preniski sadržaj vlage znači da micelij preuzima premalo hraniva iz komposta. Ako se prilikom proizvodnje komposta za proizvodnju gljiva ustanovi da je presuh može se dodati još vode prilikom punjenja tunela. Problem je dodavanje vode već inkubiranom kompostu što može dovesti do neželjenih posljedica. Proizvođač šampinjona može provjeriti vlagu tako da stisne šakom količinu komposta koja stane u šaku. Ako se kompost raspadne nakon što se šaka otvori znači da ima premalo vlage. U takvom slučaju se mora dodati voda. Inkubiranom kompostu se voda može dodati ili kod proizvođača komposta ili kod uzgajivača, ali treba znati prepoznati momenat kada se treba dodati i količinu vode koja se treba dodati. Drugi razlog je možda varijetet šampinjona koji su ispitivali Fidanza i sur. koji se razlikuje od varijeteta koji se uzgajaju na materijalu koji je bio predmet istraživanja. Razni varijeteti gljiva imaju svoje specifične zahtjeve. Hibridi npr. preferiraju manje vlažni medij, a intermedijarni hibridi preferiraju više prosušeni kompost.

Suha tvar (ST) se sustavno povećavala prema kraju uzgojnog ciklusa tako da se na kraju kretala od 44,45 do 44,89 mg/kg.

Prosječni sadržaj dušika u supstratu za proizvodnju šampinjona u prosjeku iznosi 1,12% (mokro stanje) i 2,65% (suho stanje). Ako je pileći gnoj koji se upotrebljava za proizvodnju supstrata za uzgoj šampinjona kontaminiran više od očekivanog može se dogoditi problem sa koncentracijom N. Stoga se obavezno treba napraviti analiza svake ture pilećeg gnojiva koje se upotrebljava za proizvodnju komposta. Veliki je problem ako u supstratu ostane NH_3, jer se u takvom supstratu razvijaju patogeni mikrorganizmi koji sprečavaju razvoj primordija šampinjona. U prvom mjesecu uzgoja na mađarskom supstratu % N se sustavno smanjivao od 2,61 % na početku na 2,24 % na kraju uzgojnog ciklusa dok je u supstratu nizozemskog porijekla u početku uzgoja iznosio 2,32 %, a na kraju 2,33 %. U drugom mjesecu uzgoja % N je na supstratu mađarskog porijekla ostao isti

tijekom ciklusa uzgoja 2,27 %, dok je u nizozemskom porastao sa 2,42 % na početku do 2,26 % na kraju. U trećem mjesecu uzgoja u supstratu mađarskog porijekla % N se smanjio sa 2,61 % na 2,24 %, a u supstratu nizozemskog porijekla je ostao isti 2,32 %. U četvrtom mjesecu % N na mađarskom supstratu je izmjeren 2,24 %, a na supstratu nizozemskog porijekla se smanjio sa 2,42 % na 2,26 %. Na referentnim trakama oba supstrata je % N veći nego na početku i kraju uzgojnog perioda, vjerovatno zbog gljiva koje se nisu ubirale tako da se sačuvao veći postotak dušika.

Prosječni sadržaj ugljika u supstratu za proizvodnju šampinjona kreće se od minimalno 10,60 % do maksimalno 18,80 %. U prvom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla se % C smanjio sa 26,87 % na 25,34%, dok se kod nizozemskog povećao sa 29,16 % na 31,31 %. U drugom mjesecu uzgoja se % C smanjio i na supstratu mađarskog porijekla (27,71 % na 23,80 %), i na supstratu nizozemskog porijekla (27,71 % na 23,80 %). U trećem mjesecu uzgoja se na mađarskom smanjio (26,87 % na 25,34 %), a u nizozemskom se povećao (29,1 % na 31,31 %). U četvrtom mjesecu uzgoja se % C smanjio na oba supstrata. Prema izmjerenim količinama može se zaključiti da su oba supstrata imala veći % C nego su izmjerili Fidanza i sur.

Ustanovljeni C/N odnos u kompostu za proizvodnju gljiva se kreće od minimalno 10,5 do maksimalno 14,90, a idealni je 13:1. U prvom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla se C/N odnos povećao (10,28 na 11,31), a u nizozemskom (12,56 na 13,42). U drugom mjesecu se smanjio u oba supstrata, u mađarskom (12,13 na 9,68), a u nizozemskom (11,45 na 10,51). U trećem mjesecu se povećao na oba supstrata, u mađarskom (10,28 na 11,31), a u nizozemskom (12,56 na 13,42). U četvrtom mjesecu se ponovno smanjio na oba supstrata, u mađarskom (10,89 na 10,39), a u nizozemskom (11,38 na 10,09). Prema ustanovljenim graničnim vrijednostima prema Fidanzi i sur. ove vrijednosti odgovaraju referentnim veličinama.

Prosječna količina Fe se kreće od minimalno 0,04 % do maksimalno 0,57 %. U prvom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla na početku proizvodnog ciklusa količina Fe je pala sa 1397,73 mg/kg na 1238,16 mg/kg na kraju uzgojnog ciklusa. Na nizozemskom supstratu se povećala koncentracija sa 1154,68 mg/kg na početku uzgoja na 1340,49 mg/kg na kraju. U drugom mjesecu na mađarskom supstratu se povećala količina Fe od 1772,13 mg/kg na početku do 3814,13 na kraju uzgoja. U nizozemskom se povećala od 1207,50 mg/kg na početku na 1276,94 mg/kg na kraju. U trećem mjesecu uzgoja se na

mađarskom povećala od 3416,00 mg/kg na početku na 4695,28 mg/kg na kraju. U nizozemskom se povećala sa 1318,40 mg/kg na 1535,76 mg/kg na kraju uzgoja. U četvrtom mjesecu uzgoja se na mađarskom supstratu povećala sa 3416,00 mg/kg na 4695,00 mg/kg na kraju. Na nizozemskom se povećala sa 1318,00 mg/kg na početku do 2036,00 mg/kg na kraju uzgoja. Iz navedenog se može zaključiti da se količina Fe sustavno povećavala osim u jednom slučaju i da ga je bilo više u mađarskom nego u nizozemskom supstratu. Isto tako, koncentracija Fe u mađarskom supstratu u trećem i četvrtom mjesecu bila je značajno veća nego u nizozemskom, a istovremeno u tim mjesecima bili su zabilježeni i najniži prinosi.

Prosječna količina Zn se kreće od minimalno <0,01 do maksimalno 0,01 %. U prvom mjesecu uzgoja na mađarskom supstratu se povećala količina od 152,02 mg/kg na početku do 174,63 mg/kg na kraju uzgoja. U nizozemskom se povećala sa 119,27 mg/kg na početku do 146,00 mg/kg na kraju. U drugom mjesecu se na mađarskom smanjila sa 158,49 mg/kg na početku do 147,23 mg/kg na kraju uzgoja. U nizozemskom se također smanjila sa 109,41 mg/kg na 100,18 mg/kg. U trećem mjesecu na mađarskom se povećala sa 149,9 mg/kg na 161,2 mg/kg, a u nizozemskom se povećala sa 103,5 mg/kg na 139,6 mg/kg. U četvrtom mjesecu se u mađarskom povećala sa 148,9 mg/kg na 160,4 mg/kg, a u nizozemskom sa 104,50 mg/kg na 140,6 mg/kg. Iz navedenoga se može zaključiti da je samo u drugom mjesecu uzgoja na oba supstrata došlo do pada koncentracije Zn, a u svim ostalima mjesecima uzgoja koncentracija se povećavala.

Prema Deklaraciji proizvođača supstrata za proizvodnju supstrata za uzgoj šampinjona Bio-fungi Kft izdanoj od Ministarstva za poljoprivredu države Mađarske maksimalno dopuštena količina Pb u supstratu za proizvodnju šampinjona iznosi 100 mg/kg suhe tvari i Cd 2 mg/kg.

U mađarskom supstratu u prvom mjesecu uzgoja količina Pb se povećala od 0,62 mg/kg na početku uzgoja do 0,80 mg/kg na kraju uzgoja. U nizozemskom se povećala sa 2,20 mg/kg na 2,40 mg/kg na kraju uzgoja. U drugom mjesecu se u mađarskom supstratu povećala količina sa 1,08 mg/kg na početku do 1,53 mg/kg na kraju uzgoja. U nizozemskom se povećala sa početnih 2,57 mg/kg na 3,25 mg/kg na kraju uzgoja. U trećem mjesecu se u mađarskom povećala sa 1,74 mg/kg na početku do 3,48 mg/kg na kraju, a u nizozemskom sa 2,87 mg/kg na 4,24 mg /kg na kraju uzgoja. U četvrtom mjesecu uzgoja se koncentracija u mađarskom povećala sa 1,73 mg/kg na 3,48 mg/ kg do

kraja uzgojnog perioda, a u nizozemskom sa 2,91 mg/kg na 4,12 mg/kg na kraju. Iz navedenog se može zaključiti da je u nizozemskom bila veća koncentracija Pb, ali još uvijek u dozvoljenim količinama.

Kako je već navedeno najveća dozvoljena količina Cd u supstratu za proizvodnju gljiva iznosi 2 mg/kg. U prvom mjesecu uzgoja u mađarskom supstratu količina Cd se povećala sa 0,13 mg/kg na 0,16 mg/kg. U nizozemskom se povećala sa 0,15 mg/kg na 0,26 mg/kg. U drugom mjesecu se u mađarskom smanjila količina sa 0,13 mg/kg na početku do 0,11 mg/kg na kraju uzgojnog ciklusa, a u nizozemskom se smanjila sa 0,17 mg/kg na 0,15 mg/kg. U trećem mjesecu se u mađarskom povećala sa 0,11 mg/kg na 0,21 mg/kg, dok se u nizozemskom povećala sa 0,17 mg/kg na 0,25 mg/kg. U četvrtom mjesecu se u mađarskom povećala sa 0,11 mg/kg na 0,21 mg/kg, a u nizozemskom se povećala sa 0,17 mg/kg na uzgojnog ciklusa osim u jednom mjesecu uzgoja, ali još uvijek u dozvoljenim granicama 0,26 mg/kg. Iz navedenog se može zaključiti da se količina Cd u supstratu povećavala prema kraju uzgoja.

4.4. Prinos gljiva

Prinos gljiva ovisi o sinergiji više faktora neophodnih za dobru kvalitetu komposta, te o mogućnostima izvođenja tehnoloških zahtjeva u procesu proizvodnje šampinjona. Sharma et al (2000.) razvili su model predviđanja potencijalnog prinosa koji ovisi o interakciji fizikalnih, kemijskih i bioloških faktora prilikom pripreme komposta za proizvodnju šampinjona. Prema tome modelu prinos 90 % ovisi o kombinaciji pH, suhe tvari, dušika, ugljika, vodika, pepela, bakra, željeza i natrija u kompostu. Prinos se kretao od 138 kg do 305 kg gljiva po toni komposta odnosno od 13,8% do 30,5 %. Prinos koji je postignut u proizvodnji koja se odvijala za vrijeme provođenja pokusa prikazan je grafički na str. 62. Iz grafikona se može vidjeti da je prinos na supstratu nizozemskog porijekla bio nešto veći nego na supstratu mađarskog porijekla. U prvom mjesecu uzgoja na mađarskom supstratu ubrano je 50175 g šampinjona na 144 kg supstrata što u postotku iznosi 34,84 %. U drugom mjesecu uzgoja ubrano je 42502 g na 144 kg supstrata što u postotku iznosi 29,51 %. U trećem mjesecu ubrano je 18430 g na 144 kg supstrata što u postotku iznosi 12,79 %. U četvrtom mjesecu ubrano je 33321 g na 144 kg supstrata što u postotku iznosi

23,13 %. U prvom mjesecu uzgoja na nizozemskom supstratu ubrano je 54574 g šampinjona na 160 kg supstrata što u postotku iznosi 34,10 %. U drugom mjesecu uzgoja ubrano je 41888 g na 160 kg supstrata što u postotku iznosi 26,18 %, U trećem mjesecu ubrano je 50555 g na 160 kg supstrata što u postotku iznosi 31,59 %. U četvrtom mjesecu ubrano je 48817 g na 160 kg supstrata što u postotku iznosi 30,51 %. Iz priloženog se vidi da je na mađarskom supstratu ubrano sveukupno u četiri mjeseca uzgoja 100,30 % šampinjona, a na nizozemskom supstratu je ubrano 122,38 % šampinjona što je za 22,08 % više prinosa. S obzirom da su oba supstrata imala iste uvjete uzgoja, viši prinos na nizozemskom supstratu bio je posljedica kvalitetnijeg supstrata.

4.5. Sadržaj makroelemenata i mikroelemenata u gljivama

Prilikom istraživanja istražene su količine makroelemenata (Fe mg/kg, Zn mg/kg, N % i P %) i mikroelemenata (Cd mg/kg i Pb mg/kg) zastupljene u proizvedenim šampinjonima. Šampinjoni su odličan izvor proteina i prosječno sadrže (3g/100g), ugljikohidrata, (1,98g/100g) masnoća, (0,34g/100g) vlakana, (1g/100g) vode (2,45g/100g), vit. B_1 (7 %), vit. B_2 (34%), vit. B_3 (24 %), vit. B_6 (8 %), vit. B_9 (4 %), vit. B_{12} (2 %), vit. C (3 %) i vit. D (1 %). Osim toga odličan su izvor makroelemenata i mikroelemenata. Sadrže u prosjeku Fe 0,5mg/100g (4 %), Mg (3 %), P 86 mg/100g (12 %), K 318 mg/100g (7 %), Zn 0,52mg/kg (5 %). Prema Pravilniku europske komisije EC No 466/2001 maksimalno dozvoljena količina Pb u gljivama iznosi 0,3 mg/kg i Cd 0,2 mg/kg.

Uddin et al. (2011.) navode da se gljive općenito smatraju važnim segmentom ljudske prehrane još od davnih vremena. Tokom vremena potrošnja je rasla, a osobito danas zahvaljujući spoznajama o njihovom blagotvornom utjecaju na ljudsko zdravlje po pitanju prehrambenih svojstava i zaštite od bolesti. Prema Purves et al. (2004.) gljive imaju nizak nivo prehrambene vrijednosti, ali posjeduju hranjive elemente polisaharidne strukture. U staničnim stijenkama nalaze se velike količine beta glukana koji se danas koristi u farmaciji za proizvodnju pripravaka za podizanje imunog sistema. Yilmaz et al. (2003.) navode da su gljive izvrstan izvor najboljih biljnih i životinjskih bjelančevina. Zbog svog kemijskog sastava gljive se preporučuju kao zdrava prehrambena namirnica osobito za bolesnike koji boluju od visokog tlaka, povišenog holesterola i kancerogenih oboljenja (Manzi at al. 2001., C. Radulescu et al. 2012.) su napisali da različiti teški metali kao As,

Cd, Ni i Hg koji se akumuliraju u gljivama u većim koncentracijama su sa jedne strane toksični za ljude, a sa druge strane elementi kao Fe, Zn, Mn, Cu, Cr, i Se kao aktivatori enzima su neophodni za normalno funkcioniranje ljudskog metabolizma, ali u malim koncentracijama. Ovi esencijalni elementi postaju toksični u situacijama kad se poveća njihova koncentracija iznad dozvoljene. Poznato je da sadržaj teških metala ovisi i o vrsti gljive, mjestu sakupljanja, starosti micelija i udaljenosti od zagađivača. Haldiman et al. (1995.) promatrali su sadržaj metala u prvom valu berbe kultivirane plemenite pečurke (*Agaricus bisporus)*. Također, promatran je sadržaj metala u divlje uzgojenim pečurkama (*Agaricus bisporus*) i isti je bio znatno veći nego kod plemenite pečurke u intenzivnom uzgoju. Moguće objašnjenje je možda u tome da to ne ovisi samo o supstratu nego i o starosti micelija, koji u prirodi može egzistirati godinama dok u intenzivnom uzgoju nekoliko mjeseci. Prema tome kadmij i živa se pojavljuju u znatno manjoj količini kod intenzivno uzgojenih pečurki nego kod divljih vrsta pečurki.

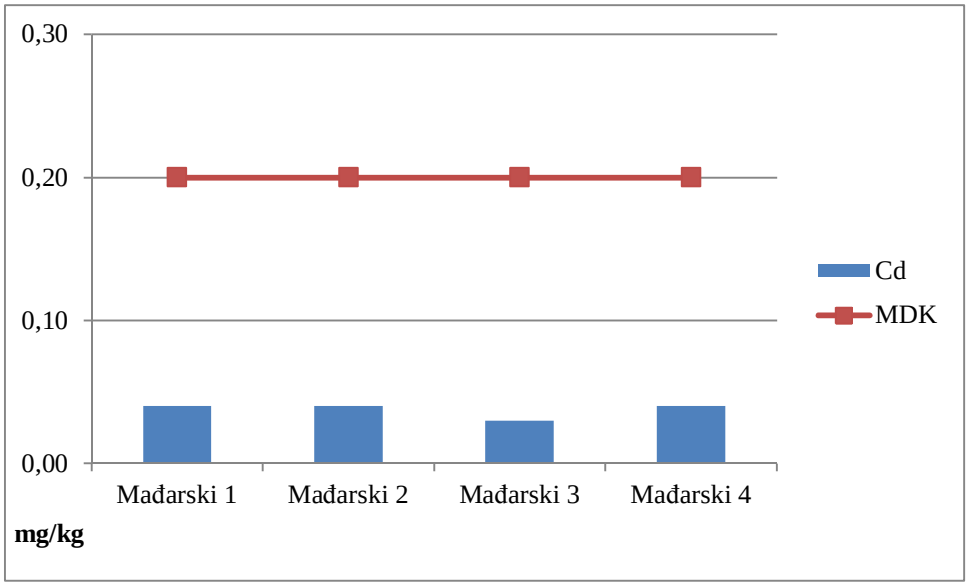
Općenito mikroelementi se mogu akumulirati u plodnim tijelima direktno iz atmosfere ili putem micelija koji uzima elemente u tragovima iz tla sa drugim esencijalnim elementima u tragovima kao Zn i Cu (Jennings et al. 1996.). Za mikroelemente kao Cd, As i Ni osnovni način usvajanja je putem micelija (Gast et al. 1988., Michelot et al. 1998.). Način usvajanja olova je uvijek predmet rasprave, jer se čini da se najviše usvaja iz zraka. Tuzen et al. 1998. tvrde da ispiranje vodom može smanjiti koncentraciju Pb prosječno za 68 %. To indicira da se većina Pb usvaja iz atmosfere. Garcia et al. 1998.; Kalač et al. 2001. primijetili su da na nakupljanje teških metala u gljivama dosta utjecaja imaju okolišni uvjeti i neki faktori uvjetovani samim gljivama (npr. starost micelija). Okolišni faktori kao količina organske tvari, pH, i koncentracija metala u tlu i faktori uvjetovani samim gljivama kao; vrsta gljive, morfološki dijelovi plodnog tijela, stadij razvoja, starost micelija i biokemijski sastav utječu na nakupljanje teških metala u gljivama.

4.5.1. Šampinjoni proizvedeni na supstratu mađarskog porijekla

U prvom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla. Sadržaj N u ubranim šampinjonima se smanjio sa 10,45 % na 7,62 %. Sadržaj P se smanjio sa početnih na 10,41 % na 9,86 %. Sadržaj kalija se kretao od 4,2 % do 4,3%. Sadržaj Fe se sustavno povećavao

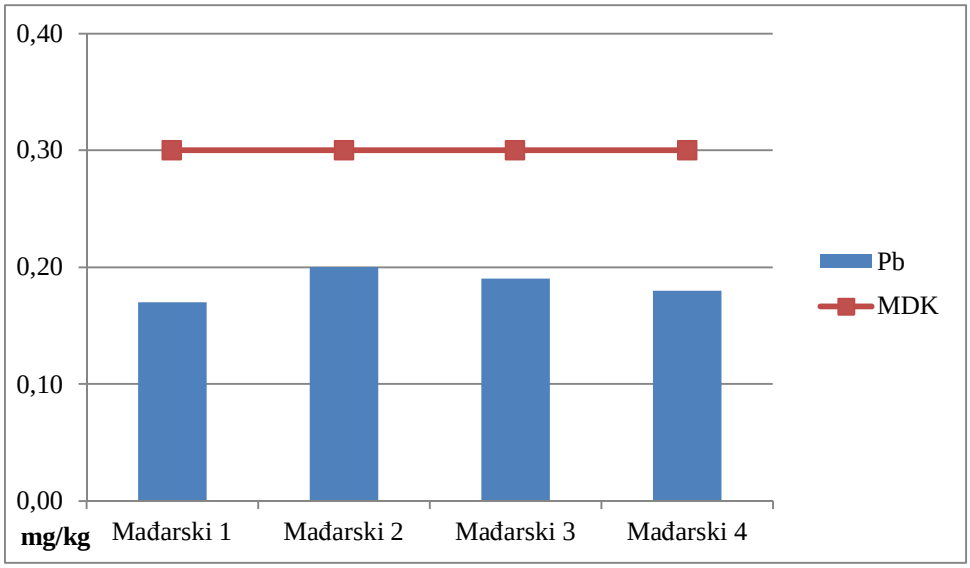
prema kraju berbe sa početnih 84,10 mg/kg na 123,14 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Zn se povećala sa 84,41 mg/kg na početku berbe na 116,14 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Pb se povećala tijekom razdoblja berbe od početnih 0,04 mg/kg na 0,33 mg/kg. Koncentracija Cd se nije mijenjala tijekom berbe i ostala je na 0,04 mg/kg. U drugom mjesecu uzgoja sadržaj N se povećao sa 7,37 % na početku berbe do 7,88 % na kraju berbe. Sadržaj P se povećao sa početnih na 8,68 % na 11,29 %. Sadržaj kalija se kretao od 3,9 % na početku do 4,2 % na kraju berbe. Koncentracija Fe se povećala od početnih 84,10 mg/kg na 123,14 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Zn je iznosila 88,58 mg/kg na početku berbe, a najveća je bila u drugom valu 115,51 mg/kg. Koncentracija Pb se povećala tijekom razdoblja berbe od početnih 0,14 mg/kg na 0,34 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Cd se nije mijenjala tijekom berbe i ostala je na 0,04 mg/kg. U trećem mjesecu uzgoja sadržaj N se povećao sa 7,07 % na početku berbe do 7,77 % na kraju berbe. Sadržaj P se povećao sa početnih na 9,70 % na 11,53 %. Sadržaj kalija se kretao od 3,8 % na početku, a najveći je bio u drugom valu 4,6 %. Koncentracija Fe se povećala od početnih 85,72 mg/kg na 140,53 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Zn se povećala sa 88,45 mg/kg na početku berbe na 110,02 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Pb se povećala tijekom razdoblja berbe od početnih 0,09 mg/kg na 0,37 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Cd se nije mijenjala tijekom berbe i ostala je na 0,04 mg/kg. U četvrtom mjesecu uzgoja sadržaj N se povećao sa 7,01 % na početku berbe do 7,82 % na kraju berbe. Sadržaj P se povećao sa početnih 9,12 % na 12,18 %. Sadržaj kalija se kretao od 3,5 % do 4,6 % na kraju berbe. Koncentracija Fe se povećala od početnih 85,08 mg/kg na 149,16 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Zn se povećala sa 91,56 mg/kg na početku berbe na 106,15 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Pb se povećala tijekom razdoblja berbe od početnih 0,07 mg/kg na 0,32 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Cd se nije mijenjala tijekom berbe i ostala je na 0,04 mg/kg.

Iz navedenih rezultata se može primjetiti da se količina Fe, Zn, N, P i Pb u ubranim šampinjonima sustavno povećavala prema kraju berbe, dok je količina Cd ostala jednaka tijekom čitavog procesa proizvodnje.



Grafikon 42. Sadržaj Cd u gljivama ubranim na supstratu mađarskog porijekla

Prema Pravilniku europske komisije EC No 1881/2006 koncentracije Cd u supstratu mađarskog proizvođača se nalaze u dopuštenim granicama (grafikon 42).



Grafikon 43. Sadržaj Pb u gljivama ubranim na supstratu mađarskog porijekla

Prema Pravilniku europske komisije EC No 1881/2006 koncentracije Pb u supstratu mađarskog proizvođača se nalaze u dopuštenim granicama (grafikon 43).

4.5.1.2. Koncentracije mikroelemenata i makroelemenata prema dijelovima šampinjona

Ohtonen, R. (1982.) uočio je da razlike u koncentraciji elemenata u tragovima između klobuka i stapke imaju veze sa distribucijom ostalih esencijalnih elemenata u plodnom tijelu. Npr. Fe, Mg i Zn su u nekim vrstama izmjereni u većim količinama u klobuku nego u stapci. Ovo upućuje da teški metali i drugi mikroelementi mogu onemogućiti gljive da usvoje makroelemente jer se akumuliraju na sličan način. Seeger et al. (1976.) su ustanovili da različiti dijelovi plodnih tijela imaju različite sposobnosti akumulacije mikroelemenata. Neki elementi kao Cd (Seeger et al. 1976.) su se više koncentrirali u klobuku nego u stapci. Najveće koncentracije su pronađene u dijelovima gdje se stvaraju spore, sporoforima. Meisch et al. (1977.), Melgar et al. (1998.) Thomet et al. (1999.) su istraživali koncentraciju kadmija i cinka u različitim dijelovima plodnog tijela gljive i micelija dviju divljih vrsta *Agaricus macrosporus* i *Agaricus silvicola* i u kultiviranoj vrsti *Stropharia rugosoannulata*. Kadmij se distribuirao na karakterističan način u plodnom tijelu kod sve tri vrste.

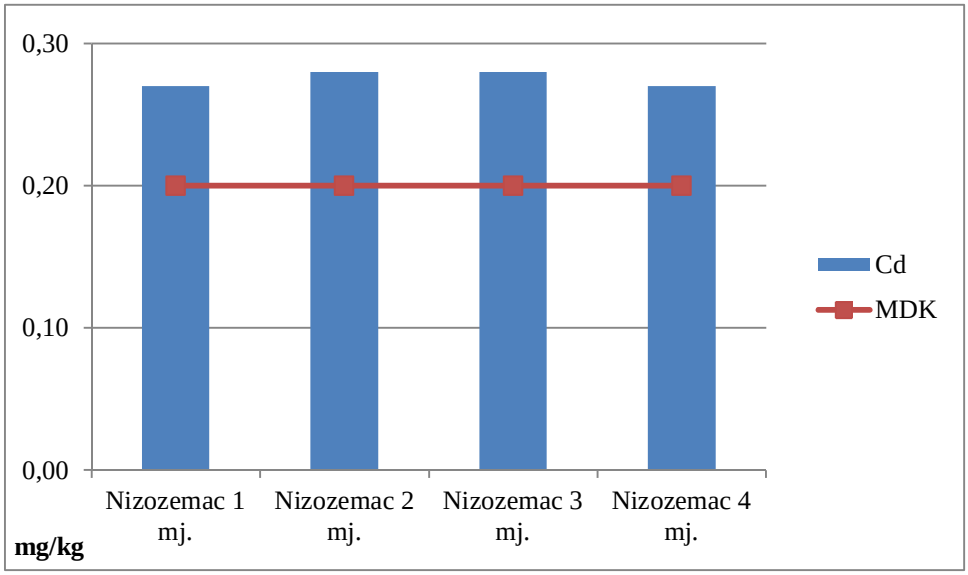
U prvom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla sadržaj izmjerenog N u klobuku je iznosio 9,22 %, a u stapci 8,03 %. Sadržaj P je iznosio 10,29 % u klobuku i 9,90 % u stapci. Sadržaj K u klobuku je bio 4,3 % i u stapci 4,1 %. Nadalje u klobuku je izmjereno 93,54 mg/kg Fe, dok je u stapci izmjereno 108,15 mg/kg. Koncentracija Zn je bila 119,07 mg/kg u klobuku i 94,98 mg/kg u stapci. Količina izmjerenog Pb u klobuku je bila 0,19 mg/kg i u stapci 0,16 mg/kg. Koncentracija Cd je iznosila 0,05 mg/kg u klobuku i 0,03 mg/kg u stapci. U drugom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla količina izmjerenog N u klobuku je iznosila 8,33 %, a u stapci 7,30 %. Sadržaj P je bio 11,76 % u klobuku i 9,73 % u stapci. Sadržaj K u klobuku je iznosio 4,3 % i u stapci 3,8 %. Nadalje izmjereno je 100,25 mg/kg Fe u klobuku, dok je u stapci izmjereno 105,98 mg/kg. Koncentracija Zn se kretala od 120,40 mg/kg u klobuku do 89,22 mg/kg u stapci. Količina izmjerenog Pb u klobuku je bila 0,21 mg/kg i u stapci 0,20 mg/kg. Koncentracija Cd je iznosila 0,05 mg/kg u klobuku i 0,03 mg/kg u stapci. U trećem mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla količina izmjerenog N u klobuku je iznosila 7,26 %, a u stapci 7,30 mg/kg. Sadržaj P je bio 13,15 % u klobuku i 10,07 % u stapci.Koncentracija Fe u klobuku je iznosila 112,17 mg/kg, dok je u stapci izmjereno 107,64 mg/kg. Nadalje Zn je izmjereno

115,55 mg/kg u klobuku i 91,78 mg/kg u stapci. Količina izmjerenog Pb u klobuku je bila 0,23 mg/kg i u stapci 0,15 mg/kg. Koncentracija Cd je bila 0,04 mg/kg u klobuku i 0,04 mg/kg u stapci. U četvrtom mjesecu uzgoja na supstratu mađarskog porijekla količina izmjerenog N u klobuku je iznosila 7,35 %, a u stapci 7,33 %. Sadržaj P je iznosio 12,20 % u klobuku i 10,06 % u stapci. Izmjeren je sadržaj K 4,7% u klobuku i 4,1 % u stapci. Koncentracija Fe je bila 116,03 mg/kg u klobuku, dok je u stapci izmjereno 109,17 mg/kg. Nadalje Zn je izmjereno 120,32 mg/kg u klobuku i 91,99 mg/kg u stapci. Količina izmjerenog Pb u klobuku je bila 0,19 mg/kg i u stapci 0,17 mg/kg. Koncentracija Cd je bila 0,05 mg/kg u klobuku i 0,03 mg/kg u stapci. Iz navedenih rezultata mjerenja se može zaključiti da je veća količina Fe izmjerena u stapci, količine izmjerenog Pb i Cd su bile jednake u klobuku i stapci, dok je za ostale mjerene elemente (Zn, N, P) veća količina izmjerena u klobuku.

4.5.1.3. Šampinjoni proizvedeni na supstratu nizozemskog porijekla

U prvom mjesecu uzgoja u gljivama proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla sadržaj N u ubranim šampinjonima se smanjio prema kraju berbe sa 8,02 % na početku do 7,71 % na kraju berbe. Sadržaj P se povećao sa početnih na 10,81 % na 11,98 % na kraju berbe. Sadržaj kalija se povećao sa početnih 3,5 % do 3,8 % na kraju berbe. Koncentracija Fe se sustavno povećavala prema kraju berbe sa početnih 82,65 mg/kg na 90,77 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Zn se povećala sa 82,05 mg/kg na početku berbe na 103,65 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Pb se povećala tijekom razdoblja berbe od početnih 0,18 mg/kg na 0,29 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Cd se smanjila tijekom berbe sa početnih 0,48 mg/kg na 0,12 mg/kg na kraju berbe. U drugom mjesecu uzgoja u gljivama proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla sadržaj N u ubranim šampinjonima se povećao sa 6,93 % na 7,74 %. Sadržaj P se povećao sa početnih na 8,41 % na 11,89 %. Sadržaj K je bio najniži u prvom valu 3,2 %, a najviši u drugom valu 4,6 %. Koncentracija Fe se sustavno povećavala prema kraju berbe sa početnih 79,02 mg/kg na 90,95 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Zn se povećala sa 79,42 mg/kg na početku berbe na 101,71 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Pb se povećala tijekom razdoblja berbe od početnih 0,18 mg/kg na 0,33 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Cd se smanjila

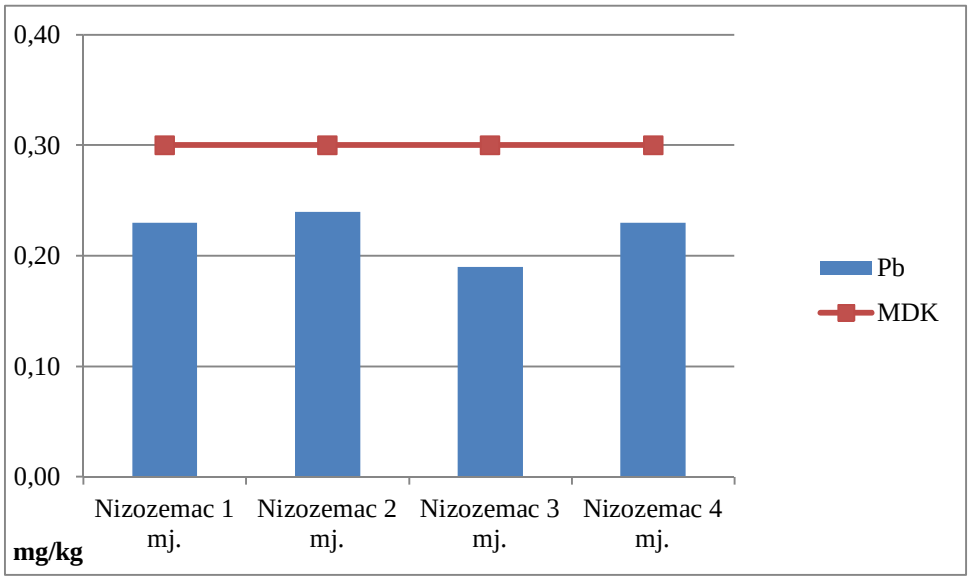
tijekom berbe sa početnih 0,49 mg/kg na 0,15 mg/kg na kraju berbe. U trećem mjesecu uzgoja u gljivama proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla sadržaj N u ubranim šampinjonima se povećao sa 7,00 % na 9,93 %. Sadržaj P se povećao sa početnih na 10,71 % na 11,65 % na kraju berbe. Sadržaj K se povećao sa 3,6 % na početku uzgoja na 4,3 % na kraju uzgoja. Koncentracija Fe se sustavno povećavala prema kraju berbe sa početnih 81,96 mg/kg na 94,89 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Zn se povećala sa 78,80 mg/kg na početku berbe na 100,65 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Pb se povećala tijekom razdoblja berbe od početnih 0,17 mg/kg na 0,26 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Cd se smanjila tijekom berbe sa početnih 0,50 mg/kg na 0,15 mg/kg. U četvrtom mjesecu uzgoja u gljivama proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla Sadržaj N u ubranim šampinjonima se povećao sa 6,89 % na 8,24 %. Sadržaj P se povećao sa početnih na 10,75 % na 12,05 %. Koncentracija Fe se sustavno smanjivala prema kraju berbe sa početnih 133,87 mg/kg do 91,29 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Zn se povećala sa 78,17 mg/kg na početku berbe do 104,89 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Pb se povećala tijekom razdoblja berbe od početnih 0,17 mg/kg na 0,26 mg/kg na kraju berbe. Koncentracija Cd se smanjila tijekom berbe sa početnih 0,50 mg/kg na 0,09 mg/kg.



Grafikon 44. Sadržaj Cd u gljivama ubranim na supstratu nizozemskog porijekla

Prema Pravilniku europske komisije EC No 1881/2006 koncentracije Cd u supstratu nizozemskog proizvođača se nalaze izvan dopuštenih granica u sva četiri mjeseca

proizvodnje (grafikon 44). Kako je jedan od osnovnih sastojaka supstrata za proizvodnju gljiva slama pšenice za pretpostaviti je da je lsma pšeica korištena u ovim supstratima bila pod utjecajem visoke gnojidbe fosfornim gnojivima. U takvim slučajevika kao prateći element često se javlja i Cd koji je vjerojatno u gljivi pristučanijem obliku nego što je to slučaj kod supstrata mađarskog porijekla. Na to upućuje i koeficijent akumulacije koji kod supstarta nizozemskog porijekla iznosi 1,45 , a za supstrat mađarskog porijekla 0,3 tj. gotovo pet puta je veći koeficijent akumulacije Cd u plod gljive iz supstrata nizozemskog porijekla. Prema tehnološkoj sudiji „Optimalno vođenje procesa uzgoja šampinjona„ iz 2013. prosječna potrošnja šampinjona u Republici Hrvatskoj iznosi 1,5 kg po stanovniku godišnje. Uzimajući u obzir tu činjenicu i uzimajući u obzir da se gljiva konzumira u svježem stanju (dok se prekorače doze odnose na suhu tvar) ne postoji opasnost po zrdavlje od konzumiranja gljiva porijekolom sa nizozemskog supstrata. Isto tako, sve gljive koje se nalaze na hrvatskom tržištu proizvedene su na supstratu mađarskog porijekla, jer je supstrat nizozemskog porijekla preskup za domaću prozvodnju (Tehnološka studija, 2013.).



Grafikon 45. Sadržaj Pb u gljivama ubranim na supstratu nizozemskog porijekla

Prema Pravilniku europske komisije EC No 1881/2006 koncentracije Pb u supstratu nizozemskog proizvođača se nalaze u dopuštenim granicama (grafikon 45).

Iz navedenih rezultata se može primjetiti da se količina Fe, Zn, N, P i Pb u ubranim šampinjonima sustavno povećavala prema kraju berbe, dok se količina Cd smanjivala tijekom čitavog procesa proizvodnje.

4.5.1.4. Koncentracije mikroelemenata i makroelemenata prema dijelovima šampinjona

U prvom mjesecu uzgoja u gljivama proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla u klobuku je izmjereno 9,22 % N, a u stapci 8,03 %.Sadržaj P je bio 10,29 % u klobuku, a u stapci 9,90 %. Izmjeren je sadržaj K u klobuku 4,3 %, a u stapci 4,1 %. Nadalje izmjereno je Fe u klobuku 93,54 mg/kg, a u stapci 108,15 mg/kg. Koncentracija Zn se kretala od 119,07 mg/kg u klobuku do 94,98 mg/kg u stapci. Pb je izmjereno 0,19 mg/kg u klobuku i 0,16 mg/kg u stapci. Koncentracija K u klobuku je iznosila 0,05 mg/kg i 0,03 mg/kg u stapci. U drugom mjesecu uzgoja u gljivama mađarskog porijekla izmjereno je N 8,33 % u klobuku i 7,30 % u stapci. Sadržaj P je iznosio 11,76 % u klobuku i 9,73 % u stapci. Sadržaj K je bio 4,3 % u klobuku i 3,8 % u stapci. Nadalje izmjereno je Fe 100,25 mg/kg u klobuku i 105,98 mg/kg u stapci. Koncentracija Zn je bila 120,41 mg/kg u klobuku, a u stapci 89,22 mg/kg. Izmjerena koncentracija Pb je bila 0,21 mg/kg u klobuku i 0,20 mg/kg u stapci. Koncentracija Cd se kretala od 0,05 mg/kg u klobuku do 0,03 mg/kg u stapci. U trećem mjesecu uzgoja u gljivama proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla u klobuku je izmjereno N 7,26 % u klobuku i 7,30 mg/kg u stapci. Sadržaj P je iznosio 13,15 mg/kg u klobuku i 10,07 mg/kg u stapci. Izmjeren je sadržaj K 4,5 % u klobuku i 3,9 mg/kg u stapci. Koncentracija Fe se kretala od 112,17 mg/kg u klobuku do 107,64 mg/kg u stapci. Izmjerena koncentracija Zn je bila 115,55 mg/kg u klobuku i 91,78 mg/kg u stapci. Koncentracija Pb se kretala od 0,23 mg/kg u klobuku i 0,15 mg/kg u stapci. Nadalje izmjerena je koncentracija Cd 0,04 mg/kg u klobuku i 0,03 mg/kg u stapci. U četvrtom mejsecu uzgoja u gljivama proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla u klobuku je izmjereno N 7,35 % u klobuku i 7,33 % u stapci. Sadržaj P je bio 12,20 mg/kg u klobuku i 10,06 % u stapci. Nadalje izmjeren sadržaj K je bio 4,7 % u klobuku i 4,1 % u stapci. Koncentracija Fe je bila 93,54 mg/kg u klobuku i 108,15 mg/kg u stapci. Koncentracija Zn u stapci je iznosila 119,07 mg/kg u klobuku i 94,98 mg/kg u stapci. Nadalje koncentracija Pb je bila 0,19 mg/kg u klobuku i 0,16 mg/kg u stapci. Koncentracija Cd se kretala od 0,05 mg/kg u klobuku i 0,03 mg/kg u stapci. U prvom

mjesecu uzgoja u gljivama proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla količina izmjerenog N u klobuku je iznosila 8,06 %, a u stapci 6,67 %. Sadržaj P je bio 12,48 % u klobuku i 9,87 % u stapci. Sadržaj K je bio 3,8 % u klobuku i 3,4 % u stapci. Koncentracija Fe u klobuku je iznosila 80,98 mg/kg, dok je u stapci izmjereno 94,93 mg/kg. Nadalje izmjereno je 105,08 mg/kg Zn u klobuku i 79,69 mg/kg u stapci. Koncentracija izmjerenog Pb u klobuku je bila 0,23 mg/kg i u stapci 0,24 mg/kg. Nadalje izmjereno je Cd 0,34 mg/kg u klobuku i 0,19 mg/kg u stapci. U drugom mjesecu uzgoja u gljivama proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla količina izmjerenog N u klobuku je iznosila 7,56 %, a u stapci 6,71 %. Sadržaj P je bio 11,96 % u klobuku i 9,52 % u stapci. Izmjeren je sadržaj K 4,4 % u klobuku i 3,7 % u stapci. Koncentracija Fe u klobuku je bila 79,65 mg/kg, dok je u stapci izmjereno 98,22 mg/kg. Nadalje izmjereno je 102,66 mg/kg Zn u klobuku i 76,89 mg/kg u stapci. Koncentracija izmjerenog Pb u klobuku je bila 0,25 mg/kg i u stapci 0,24 mg/kg. Nadalje koncentracija Cd je bila 0,35 mg/kg u klobuku i 0,21 mg/kg u stapci. U trećem mjesecu uzgoja u gljivama proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla količina izmjerenog N u klobuku je iznosila 7,54 %, a u stapci 7,05 %. Izmjeren je sadržaj P 11,89 % u klobuku i 11,68 % u stapci. Sadržaj K se kretao od 4,3 % u klobuku do 3,9 % u stapci. Koncentracija izmjerenog Fe u klobuku je bila 80,99 mg/kg, dok je u stapci izmjereno 100,43 mg/kg. Nadalje izmjereno je 101,04 mg/kg Zn u klobuku i 77,11 mg/kg u stapci. Koncentracija izmjerenog Pb u klobuku je bila 0,18 mg/kg i u stapci 0,20 mg/kg.Cd je izmjereno 0,33 mg/kg u klobuku i 0,23 mg/kg u stapci. U četvrtom mjesecu uzgoja u gljivama proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla količina izmjerenog N u klobuku je iznosila 7,57 %, a u stapci 7,23 mg/kg. Sadržaj P je bio 11,92 % u klobuku i 12,06 % u stapci. Koncentracija Fe u klobuku je bila 114,40 mg/kg Fe, dok je u stapci izmjereno 98,60 mg/kg. Nadalje izmjereno je 103,08 mg/kg Zn u klobuku i 78,19 mg/kg u stapci. Koncentracija izmjerenog Pb u klobuku je bila 0,25 mg/kg i u stapci 0,22 mg/kg. Kadmija je izmjereno 0,34 mg/kg u klobuku i 0,21 mg/kg u stapci.

Iz navedenih rezultata mjerenja se može zaključiti da je veća količina Fe izmjerena u stapci, količine izmjerenog Pb su bile jednake u klobuku i stapci, dok je za ostale mjerene elemente (Zn, N, P) veća količina izmjerena u klobuku u gljivama porijeklom sa obadva supstrata. Količina Cd u šampinjonima ubranim na supstratu mađarskog porijekla je bila ista tijekom proizvodnog ciklusa i u klobuku i u stapci, dok je u gljivama ubranim na supstratu nizozemskog porijekla bila veća u klobuku nego u stapci. Metali kao željezo,

bakar, cink i mangan su esencijalni metali koji imaju važnu ulogu u biološkom sistemu, dok aluminij i živa nisu esencijalni metali i toksični su čak i u tragovima (Unak et al. 2007.). Iz predočenih rezultata istraživanja može se uočiti da je u šampinjonima ubranim na mađarskom supstratu tijekom svakog sljedećeg vala berbe došlo do povećanja koncentracije Fe, Pb, Zn, dok je koncentracija Cd ostala ista. U šampinjonima ubranim na nizozemskom supstratu došlo je tijekom uzgojnog ciklusa također do porasta koncentracije Fe, Zn i Pb, ali je koncentracija Cd padala tijekom proizvodnog ciklusa. Pretpostavka je da je supstrat nizozemskog porijekla napravljen od slame skupljene u području koje se tretiralo većim količinama mineralnih gnojiva te da se kao posljedica toga pojavila razlika u pogledu koncentracije Cd. Prema Sastre et al. (2002.) teški metali se smatraju jednim od glavnih izvora zagađenja okoliša od kada imaju značajan utjecaj na ekologiju. Prema Seeger (1982.) bitan je sistem prehranjivanja gljiva, odnosno bitno je radi li se o saprofitima, parazitima ili mikorizi. Sposobnost usvajanja metala karakterizirana je bioakumulacijskim faktorom, omjerom sadržaja u suhoj tvari fruktificirajućeg tijela i suhoj tvari supstrata. Oba elementa, kadmij i živa, jako se akumuliraju u mnogim vrstama gljiva. Zasićenost metalima razmatrana je i u gljivama koje su rasle u jako onečišćenim područjima, kao što su područja uz visokofrekventne autoceste (Cuny et al. 2001.), zonama ispušnih plinova (Lepšova i Mejstrik 1988.) i unutar gradova (Kussi et al. 1981., Svoboda et al 2003.). Tako se i došlo do prvih spoznaja o sposobnosti gljiva da akumuliraju teške metale.

Tuzen et al. (1997.) potvrdili su da kultivirani *Agaricus bisporus* ima sposobnost akumulacije teških metala prvenstveno Pb, Cd, Hg, Fe, Cu, Mn, i Zn. Prema Rattan et al. (2005.) u zadnje vrijeme se sve više govori o nakupljanju teških metala u tlu i biljkama zbog potencijalne opasnosti po ljudsko zdravlje. Nakupljanje teških metala u biljkama ovisi o biljnim vrstama i sposobnosti biljaka da usvoje teške metale. Chen et al. (2005.) navode da navodnjavanje onečišćenom vodom, čvrsti otpad, unošenje mulja, industrijske aktivnosti, ispušni plinovi prijevoznih sredstava su glavni izvor kontaminacije tla teškim metalima i hrane koja se proizvodi na takvim onečišćenim područjima. Općenito otpadne vode sadrže znatnu količinu hranjivih tvari i toksičnih teških metala koji dovode do problema u poljoprivrednoj proizvodnji. Na neki takav ili sličan način je supstrat nizozemskog porijekla dobio rezidue Cd koje su na kraju utjecale i na sadržaj Cd u šampinjonima. Turkekul et al. (2004.) navode da gljive u usporedbi sa biljkama mogu

nakupljati u sebi veće količine kadmija, bakra, olova i žive. Činjenica o kojoj govori Turkekul prema Svobodi et al. (2003.) navodi na zaključak da gljive imaju poseban mehanizam koji im omogućuje usvajanje teških metala iz tla. Prema Mench et al. (1989.) Cd je vrlo pokretan u tlu i lako se transferira i akumulira u korijenju, lišću i stapci biljaka. Kadmij je jako toksičan metal koji se uglavnom koristi u Ni-Cd baterijama i kao pigment za plastiku i staklo, stabilizator za PVC, zaštitna oplata za čelik i legure prema Scoullos et al (2001.) što doprinosi onečišćenju okoliša. Iyengar et al. (2005.) navode da konzumiranje hrane onečišćene teškim metalima može ozbiljno iscrpiti esencijalne elemente u ljudskom tijelu što dalje povlači za sobom pad imunološkog sistema, oštećenje psiho-socijalnih sposobnosti, pothranjenost i pojavu kancerogenih oboljenja probavnog trakta. Primjećeno je da se teški metali sakupljaju u daleko većim koncentracijama u gljivama nego u ostalim poljoprivrednim kulturama. To upućuje da gljive imaju vrlo efikasan mehanizam koji im omogućuje nakupljanje teških metala iz ekosistema. Poznato je da mnoge divlje vrste jestivih gljiva nakupljaju veće količine teških metala kao živa, cink, bakar, kadmij, nikal, aluminij, krom, željezo, olovo i mangan (Kalač et al. 1991.; Demirbas 2000., 2001.a; Svoboda et al. 2000.; Kalač i Svoboda 2001.; Falandysz et al. 2003.; Dursun at al. 2006.; Cocchia et al. 2006.; Chen et al. 2009.). Utvrđeno je da se pranjem i ljuštenjem pokožice šampinjona (*Agaricus bisporus*) na klobuku i stapci može smanjiti sadržaj kadmija, olova i bakra oko 30-40 % (Žrodovski, 1995.). U supstratu mađarskog porijekla su mjerenja pokazala povećanje koncentracije Fe, Pb, Zn i Cd tijekom uzgojnog ciklusa. Prosječna koncentracija Cd u supstratu mađarskog porijekla bila je 0,14 mg/kg. U supstratu nizozemskog porijekla se koncentracija Fe, Zn, Pb i Cd također povećavala tijekom uzgojnog ciklusa. Međutim prosječna koncentracija Cd 0,23 mg/kg bila je statistički značajno veća u supstratu nizozemskog porijekla nego u supstratu mađarskog porijekla.

U šampinjonima proizvedenim na supstratu mađarskog porijekla se koncentracija Fe, Pb i Zn također povećavala tijekom ciklusa uzgoja, međutim koncentracija Cd se nije mijenjala i prosječno je iznosila 0,04 mg/kg. U šampinjonima proizvedenim na supstratu nizozemskog porijekla koncentracija Fe, Pb i Zn se također povećavala tijekom ciklusa uzgoja, međutim koncentracija Cd u gljivama sa nizozemskog supstrata se smanjivala tijekom berbe. Prosječna koncentracija Cd u gljivama ubranim na nizozemskom supstratu je iznosila 0,28 mg/kg što je statistički značajno veća vrijednost. Prosječna koncentracija Pb u supstratu mađarskog porijekla iznosila je 1,67 mg/kg, a u supstratu nizozemskog

porijekla bila je značajno veća 2,87 mg/kg. Prosječna koncentracija Pb u gljivama ubranim na supstratu mađarskog porijekla iznosila je 0,18 mg/kg u gljivama ubranim na supstratu nizozemskog porijekla bila je veća i iznosila je 0,22 mg/kg. Prijenos cinka i kadmija iz tla u gljivu ovisio je o specifičnosti vrste, o dostupnosti ovih dvaju teških metala i o starosti micelija. Meisch et al. 1977., Melgar et al. 1998., Thomet et al, (1999.). U pogledu transporta mikroelemenata u tijelu gljive ustanovljeno je da je koncentracija Pb, Cd i Zn bila veća u klobuku, a da je koncentracija Fe bila veća u stapci u gljivama ubranim i na jednom i na drugom supstratu. Također se može primjetiti da je prosječna koncentracija Zn u oba supstrata (137,39 mg/kg) bila vrlo slična koncentraciji u gljivama (97,93 mg/kg). Prosječna koncentracija Fe u oba supstrata iznosila (2084,55 mg/kg) dok je bila višestruko manja u gljivama (100,07 mg/kg) ubranim na oba supstrata. Osim toga u gljivama ubranim na oba supstrata koncentracija Fe bila je veća u stapci nego u klobuku. Iz toga se može zaključiti da je Fe značajno manje pokretno nego Zn.

4.6. Koeficijent akumulacije esencijalnih i toksičnih teških metala u plod gljive

U sklopu istraživanja izračunati su koeficijenti akumulacije za Pb, Cd, Fe i Zn s obzirom na gljive ubrane na supstratu mađarskog i nizozemskog porijekla i s obzirom na klobuk i stapku.

U gljivama sa mađarskog supstrata najmanji koeficijent akumulacije izmjeren za Fe 0,04, a najveći za Zn 0,66. Koeficijent akumulacije za Cd bio je 0,30. Obzirom da Zn i Cd imaju isti način translokacije unutar biljke bitno je primjetiti da je koeficijent akumulacije za esencijalni teški metal Zn bio za 2,2 puta veći nego za toksični teški metal Cd. Unutar četiri berbe najviše je varirao koeficijent akumulacije za Pb. U prva dva mjeseca je iznosio 0,24 i 0,23, dok se u trećem mjesecu smanjio na 0,03 odnosno 0,07. Pretpostavka je da je slama koja je korištena za izradu supstrata za prva dva uzgoja prikupljana negdje uz prometnice što je neminovno dovelo do onečišćenja sa ispušnim plinovima jer se Pb najviše usvaja upravo iz zraka što dokazuje i (Žrodovski, 1995.). koji je utvrdio da se pranjem i ljuštenjem pokožice klobuka i stapke šampinjona (*Agaricus bisporus*) može smanjiti sadržaj kadmija, olova i bakra oko 30-40%.

Najviši stupanj akumulacije pri ispitivanju posebno klobuka i posebno stapke u gljivama porijeklom sa mađarskog supstrata utvrđen je za Zn u klobuku što je za 1,28 puta više nego u stapci. Pri ispitivanju translokacije Pb iz stapke u klobuk u gljivama mađarskog porijekla utvrđeno je da je koeficijent akumulacije u klobuku bio veći u prosjeku za 1,21 puta. Za element Fe utvrđen je koeficijent akumulacije isti za klobuk i za stapku. Pri ispitivanju Cd utvrđeno je da je u klobuku bilo 1,6 puta više nego u stapci.

Pri ispitivanju gljiva porijeklom sa nizozemskog supstrata utvrđeno je da je najveći koeficijent akumulacije utvrđen za toksični teški metal Cd bio 1,45, dok je za Zn iznosio 0,78. S obzirom da Zn i Cd imaju isti put usvajanja koeficijent usvajanja za Cd je bio od 1,85 puta veći. Pretpostavka je da je slama koja je korištena za izradu supstrata sakupljana na području gdje je uslijed prevelike uporabe mineralnih gnojiva u tlu ostala veća količina rezidua Cd koji je usvojila pšenica čija slama je korištena za izradu supstrata za proizvodnju gljiva. Najmanji koeficijent usvajanja bio je za Fe 0,06 koje se zbog slabe pokretljivosti teško usvaja i kod drugih poljoprivrednih kultura. Koeficijent akumulacije za Pb bio je prosječno 0,08 odnosno manji nego kod gljiva mađarskog porijekla što navodi na zaključak da slama nije sakupljana u blizini prometnica.

Pri ispitivanju translokacije pojedinih elemenata posebno u klobuk i posebno u stapku u gljivama ubranim na supstratu nizozemskog porijekla najveći koeficijent akumulacije utvrđen je za toksični teški metal Cd i bio je 1,63 puta veći u klobuku nego u stapci. U usporedbi sa koeficijentom akumulacije za esencijalni teški metal Zn koji ima isti put translokacije utvrđeno je da je koeficijent akumulacije za Cd bio 2,01 puta veći nego za Zn. Za Fe je utvrđeno da je koeficijent akumulacije u klobuk bio manji za 1,17 puta nego u stapku. Nadalje za Zn je utvrđeno da je koeficijent akumulacije u klobuk bio veći za 1,63 puta.

5. ZAKLJUČCI

1. Pogodnost supstrata i njegova agrokemijska svojstva usko su povezana s prinosom i kakvoćom ploda gljive.
2. Prema rezultatima mjerenja pH, elektrokonduktiviteta (dSm^{-1}), suhe tvari, % N, % C, Zn (mg/kg), Fe (mg/kg), Pb (mg/kg), Cd (mg/kg) utvrđeno je da supstrat mađarskog i supstrat nizozemskog porijekla imaju zadovoljavajuća agrokemijska svojstva za proizvodnju šampinjona.
3. Analizom prinosa sa mađarskog i nizozemskog supstrata došlo se do zaključka da je nizozemski supstrat dao bolje rezultate po pitanju prinosa. S obzirom da su i jedan i drugi supstrat imali jednake uvjete u proizvodnji može se zaključiti da je stoga supstrat nizozemskog porijekla ekonomski isplativiji u pogledu količine proizvedenih šampinjona.
4. Na mađarskom supstratu ubrano je sveukupno u četiri mjeseca uzgoja 100,30 % šampinjona, a na nizozemskom supstratu je ubrano 122,38 % šampinjona što je za 22,08 % više prinosa.
5. Maksimalno dozvoljena količina Pb u supstratu za proizvodnju šampinjona je 100 mg/kg, a u supstratu mađarskog porijekla je prosječna količina bila 1,67 mg/kg što je u granicama propisanim pravilnikom.
6. U supstratu nizozemskog porijekla izmjerena je prosječna količina Pb 2,87 mg/kg što je također u granicama propisanim pravilnikom.
7. Maksimalno dozvoljena količina Cd propisana pravilnikom u supstratu je 2 mg/kg. U supstratu mađarskog porijekla izmjerena je prosječna količina Cd 0,14 mg/kg što je u granicama propisanim pravilnikom. U supstratu nizozemskog porijekla izmjerena količina bila je 0,28 mg/kg Cd što je u granicama propisanim pravilnikom.
8. Maksimalno dozvoljena količina Pb u gljivama propisana pravilnikom je 0,3 mg/kg. U gljivama ubranim na supstratu mađarskog porijekla izmjereno je Pb u prosjeku 0,18 mg/kg što je u granicama propisanim pravilnikom.
9. U gljivama ubranim na supstratu nizozemskog porijekla izmjerena je prosječna količina Pb 0,22 mg/kg što je u granicama propisanim pravilnikom.

10. Maksimalno dozvoljena količina Cd u plodu gljiva iznosi 0,2 mg/kg. U gljivama ubranim na supstratu mađarskog porijekla prosječna količina Cd iznosila je 0,04 mg/kg što je u granicama propisanim pravilnikom.
11. U gljivama ubranim na supstratu nizozemskog porijekla prosječna količina Cd izmjereno je 0,28 mg/kg što je iznad granice propisane pravilnikom.
12. Koncentracije Pb i Cd su se mijenjale ovisno o etapama berbe .
13. Koncentracije Pb u oba supstrata su rasle prema kraju uzgojnog perioda.
14. Koncentracija Cd u gljivama ubranim na mađarskom supstratu se nije mijenjala tijekom uzgojnog ciklusa, dok se koncentracija u gljivama ubranim na nizozemskom supstratu smanjivala prema kraju uzgojnog ciklusa.
15. Koncentracija teških metala Pb i Cd u plodu gljive zavisna je od količine Pb i Cd u supstratu.
16. U supstratu nizozemskog porijekla izmjereno je u prosjeku 0,22 mg/kg Cd, a u gljivama ubranim na istom izmjereno je 0,28 mg/kg Cd.
17. U supstratu mađarskog porijekla izmjereno je u prosjeku 0,14 mg/kg Cd, a u gljivama ubranim na istom izmjereno je 0,04 mg/kg Cd.
18. U supstratu mađarskog porijekla prosječna količina Pb iznosila je 1,67 mg/kg , a u gljivama ubranim na istom supstratu iznosila je 0,18 mg/kg.
19. U supstratu nizozemskog porijekla izmjerena je prosječna količina Pb 2,87 mg/kg, a u gljivama ubranim na istom supstratu iznosila je 0,22 mg/kg.
20. Količina Pb zavisna je o količini Pb u supstratu odnosno postoji pozitivan transfer u plod odnosno gljivu.
21. Koncentracija mikroelemenata Zn i Fe u plodu gljive povezana je s koncentracijom Zn i Fe u supstratu.
22. U nizozemskom supstratu izmjereno je u prosjeku 119,41 mg/kg Zn, dok je u gljivama ubranim na istom izmjereno 90,46 mg/kg.
23. U mađarskom supstratu izmjereno je u prosjeku 155,38 mg/kg Zn, a u gljivama je izmjereno 105,41 mg/kg Zn.
24. U nizozemskom supstratu izmjereno je Fe u prosjeku 1473,11 mg/kg, a u gljivama 93,52 mg/kg.
25. U supstratu mađarskog porijekla izmjereno je Fe u prosjeku 2695,78 mg/kg, a u gljivama 106,61 mg/kg.

26. Klobuk je sadržavao više Zn, Cd i Pb, jedino se Fe nalazilo više u stapci.
27. Najviši koeficijent akumulacije u gljivama mađarskog porijekla izmjeren je za Zn i iznosio je 0,66. Najmanji je bio za Fe 0,04. Koeficijent akumulacije za Pb iznosio je 0,14, a za Cd 0,30.
28. Koeficijent akumulacije u gljivama mađarskog porijekla u klobuku za Fe bio je isti kao i prosjek za čitavu gljivu. Koeficijent akumulacije za Zn bio je 0,76 odnosno nešto viši nego za cijelu gljivu. Koeficijent akumulacije za Pb bio je nešto viši od prosjeka za čitavu gljivu i iznosio je 0,17. Koeficijent akumulacije za Cd bio je 0,35, nešto viši u klobuku nego u čitavoj gljivi.
29. Koeficijent akumulacije u stapci u gljivama mađarskog porijekla bio je za Fe jednak kao i u klobuku odnosno cijeloj gljivi. Za Zn je iznosio 0,59, što je niže nego u klobuku i čitavoj gljivi. Za Pb je iznosio 0,22 što je više nego u stapci i čitavoj gljivi. Za Cd je iznosio 0,14 što je niže nego u klobuku i čitavoj gljivi.
30. Najviši koeficijent akumulacije u gljivama nizozemskog porijekla izmjeren je za Cd i iznosio je 1,45. Najmanji je bio za Fe 0,06. Koeficijent akumulacije za Pb iznosio je 0,08 i za Zn 0,78.
31. Koeficijent akumulacije u gljivama nizozemskog porijekla u klobuku za Fe iznosio je 0,06 što je isto kao u čitavoj gljivi. Za Zn je iznosio 0,89 što je više nego u čitavoj gljivi. Koeficijent akumulacije za Pb bio je jednak u klobuku kao i u čitavoj biljci, a za Cd je iznosio 1,79 što je više nego prosjek za čitavu gljivu.
32. Koeficijent akumulacije u gljivama nizozemskog porijekla u stapci za Fe iznosio je nešto više 0,07 nego što je izmjereno u klobuku i čitavoj biljci. Za Zn je iznosio 0,67 što su niže vrijednosti nego u čitavoj biljci i klobuku. Koeficijent akumulacije za Cd iznosio je 1,10 i bio je manji nego u klobuku i čitavoj biljci.

6. LITERATURA

1. Atkins F. C., (1968.): Mushroom growing to-day, Faber α Faber limited, 24 Russell Square, London Airaksinen.
2. Chen, Y., Wang, C., Wang, Z., 82005.9. residues and source identification of persistent organic pollutants in farmland soils irrigated by effluents from biological treatment plants. Environmet International 31, 778e783.
3. Chen, X. H., Zhou, H.B., Qui, G. Z., (2009.): Analysis of several heavy metal sin wild edible mushroom from regions of China. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 83, 280-285.
4. Chiktmmah, N., Beelman, R., LaBorde, L., (2008.): Sphagnum peat mushroom casing soils: composition, function and microbyology (composting and raw materials). Mushroom News.
5. Cocchia, l., Vescovia, L., Petrinid, L. E., Petrini, O. (2006.) Heavy metals in edible mushrooms in Italy. Food chemistry, 98, 277-284.
6. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, L 364/5
7. Coskuner, Y, Ozdemir, Y. (2000.):Acid and EDTA blanching effects on the essential element content of mushrooms (*Agaricus bisporus*), Journal of the science of food and agriculture 80, pp. 2074-2076.
8. Cuny, D., Wan Haluwyn, C., Pesch ,R., (2001.): Biomonitoring of trace elements in air and soil compartments along the major motorway in France. Water Air Soil Pollut; 125:273-289.
9. Das, N., (2005.): Heavy metals biosorption by mushrooms, Review article, Indian institute of Technology.
10. Demirbas, A., (2000.): Accumulation of heavy metals in some edible mushrooms from Turkey. Food chemistry, 68, 415-419.
11. Demirbaú, A. 2001b. Heavy metal bioaccumulation by mushrooms from artificially fortified soils. Food Chemistry 74: 293-301. Michelot, D. Poirier, F. & Melendez-Howell, L. M. 1999. Metal content profiles in mushrooms collected in primary

forests of Latin America. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 36: 256-26.

12. Dursun, N., Ozcan, M. M., Kasik, G., Ozturk, C.,(2006.): Mineral contents of 34 species of edible mushrooms growing wild in Turkey, Journal of the Science of Food and Agriculture, 86, 1087-1094.
13. Eger, G., (1961.): Untersuchungen über die Function der Deckschicht bei der Früchtkörperbildung des Kulturchampignons, *Psalliota bispora* Lange. Archiv für Mikrobiologie 39:313-34.
14. Falandysz, J., Kawano, M., Swiezkowski, A., Brzostowski, A., Dadej, M. (2003.) Total mercury in wild growing higher mushrooms and underlying soil from Wdzyzde Landscape park, Northern Poland. Food Chemistry 81, 21-26.
15. Fermor, T.R., P. Randle, J. F. Smith (1985,): Kompost kao supstrat i njegova priprema, The biology and technology of the cultivated mushrooms. John Wiley and Sons, Chichster, U. K.
16. Flegg, P.B,, Spencer, D.M., Wood, D.A., (1985.): The biology of the cultivated mushroom. Chichester, UK: John Wiley & Sons. p 141–177.
17. Garcia, M. A., Alonso, J., Fernandez, M. I., Melgar, M. J. (1998): Lead content in edible wild mushrooms in Northwest Spain as indicator of environmetal contamination. Archives Environmetal Contamination and Toxicology, 34, 330-335.
18. Gast, C. H., Jansen, E., Bierling, J., Haanstra, L., (1988.): Heavy metals in mushrooms and their relationship with soil characteristics. Chemosphere 17:789-799.
19. Haldimann, M., Bajo, C., Haller, T., Venner, T., Zimmerli, B., (1995.): Contents of arsenic, lead, cadmium, mercury and selenium in cultivated mushrooms. Mitteil Gebiete Lebensmittelunters Hyg. 86:463-484.
20. Hayes ,W.A., Randle, P.E., Last, F.T., (1969.): The nature of the microbial stimulus affecting sporophore stimulation in *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. Ann Appl Biol 64:177-187.
21. Hunte W., Grabbe K., (1989.): Champignonanbau, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
22. ISO, (1998.): Soil Quality. Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation. International standard. ISO 14235:1998(E). International Organization for Standardization. Geneve. Switzerland.

23. Iyengar, V., Nair, P., (2000.): Global outlook on nutrition and the environment: meeting the challenges of the next millennium. Science of the Total Environment 249, 331e346.
24. Jennings, D. H. & Lysek, G. 1996. Fungal biology: Understanding the fungal lifestyle. 1st edition. BIOS Scientific Publishers Ltd, Oxford, UK.
25. Kalač, P., Burda, J., Staškova, I., (1991.): Concentrations of lead, cadmium, mercury and copper in mushrooms in the vicinity of a lead smelter. Sci Total Environ ;105:109-119.
26. Kalač, P., Nižnanska, M., Bevilaqua,D., Staškova, I., (1996.): Concentration of mercury, copper, cadmium and lead in fruiting bodies of edible mushrooms in the vicinity of a mercury smelter and a copper smelter. Sci Total Environ; 177:251-258.
27. Kalač, P., Svoboda, L., (2001.): A review of trace element concentrations in edible mushrooms. Food Chem. 69:273-281.
28. Karte, F., (1983.): Exotoxicology of cadmium: general overview. Exotoxicol. Environ. Sof., 7:3:8.
29. Kuusi, T., Laaksovirta, K., Liukkonen-Lilja, H., Lodenius, M., Piepponen, S., (1981.): Lead, cadmium and mercury contents of fungi in the Helsinki area and in unpolluted control areas. Z Lebensm Unters Forsch; 173:261-267.
30. Lepšova, A., Mejstrik, V., (1988.): Accumulation of trace elements in the fruiting bodies of macrofungi in the Krušne Hory Mountains, Czechoslovakia. Sci Total Environ; 76: 117-128.
31. Lončarić, Z., Engler M., Karalić, K., Bukvić, G., Lončarić R., Kralik, D. (2004.): Ocjena kvalitete vermikompostiranog goveđeg gnoja. Poljoprivreda. 11(1):57.-63.
32. Manzi, P., Aguzzi, A., Pizzoferato, L. (2001.): Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy, Food chemistry, 73, 321-325.
33. Mench, M., Tancogne, J., Gomez, A., (1989.): Cadmium bioavailability to *Nicotiana tabacum*, *Nicotiana rustica* L. and *Zea mays* L. grown in soli amended or not amended with cadmium nitrate. Springer Online Journal Archives 1860-2000.
34. Michel, F.C.Jr., Pecchia, J.A., Rigot, J., Keener, H.M. (2004.): Mass and Nutrient Losses During the Composting of Dairy Manure Amended with sawdust or Straw. Compost Science and Utilization, 12: 323-334.

35. Noble, R., Gaze, R.H. ,(1995.): Properties of casing peat types and additives and their influence on mushroom yield and quality. In: Elliott TJ, ed. Science and cultivation of edible fungi. Rotterdam: Balkema. p 305–312.
36. Ohtonen, R. 1982. Mineral concentrations in some edible fungi and their relation to fruit-body size and mineral status of substrate. Anneles Botanici Fennici 19: 203-209.
37. Park, J.Y., Agnihotri, V.P., (1969.): Bacterial metabolites trigger sporophore formation in *Agaricus bisporus*. Nature (Lond.) 222:984.
38. Pravilnik o zaštiti od onečišćenja poljoprivrednog zemljišta NN 9/2014.
39. Purves, W., Sadava, D., Orians, G., Heller, H.C., (2004.): Life: The science of Biology. Sinauer associates: Sunderland, 1121.
40. Rattan, R.K., Datta, S.P., Chhonkar, P.K., Suribabu, K., Singh, A.K., (2005.).: Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater-a case study. Agriculture. Ecosystem and Environment 109, 310e322.
41. Romaine C. P., Royse D. J., (2012.): Encyclopedia of Biotechnology in Agriculture and Food Sanders, J.R., Adams, T.M. and Christensen, B.T., (1986.): Extractability and bioavailability of zinc, nickel, cadmium and copper in three Danish soils sampled years after application of sewage sludge. Journal of the Science of Food and Agriculture. **37**, 1155-1164.
42. Seeger, R., (1982.): Toxic heavy metals in mushroom s. Dtsch Apoth Z ;122:1835-1844.
43. Seeger, R., Meyer, E. & Schönhut, S. (1976.) Blei in Pilzen [Lead in mushrooms]. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung 162: 7-10.
44. Segula, M., Levanon, D., Danai, O., Henis, Y., (1987.): Nutritional supplementation to the casing soil: Ecological aspects and mushroom production. Mushroom Science XII Proceedings oft he Twelth International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi, pp:417-426.
45. Sharma, HS., Kilpatrick, M., (2000.): Mushroom (*Agaricus bisporus*) compost quality factors for predicting potential yield of fruiting bodies Can J. Microbiol. 46 (6): 515-9.
46. Soros, C., (2006.): Development and application of analytical method for arsenic speciation of environmental samples, Corvinus University of Budapest.

47. Stihi, C., Radulescu, C., Busuioc, G., Popescu, I. V., Gheboianu, A., Ene, (2009.) A. studies on accumulation of heavy metals from substrate to edible wild mushrooms, Faculty of Sciences and Arts, Sciences Department, 130024.
48. Straatsma G., Gerrits J.P.G., Gerrits T.M., Humb J.M., L.J.D. van Griensven, (1991.): Growth kinetics of *Agaricus Bisporus* mycelium on solid substrate (mushroom compost), Journal of general microbiology; 137, 1471-1477.
49. Svoboda, L., Kalač, P., (2003.): Contamination of two edible *Agaricus* spp. mushrooms growing in a town with cadmium lead and mercury. Bull. Environ. Contam. Toxicol.; 71:123-130.
50. Svoboda, L., Zimmermannova, K., Kalač, P., (2000.): Concentrations of mercury, cadmium, lead and copper in fruiting bodies of edible mushrooms in an emission area of a copper smelter and a mercury smelter. Sci Total Environ; 246:61-67.
51. Thomet, U., Vogel, E., Krahenbuhl, U., (1999.): The uptake of cadmium and zinc by mycelia and fruiting bodies of edible mushrooms, Eur. Kood Res. Technol. 209:317-324.
52. Thomet, U., Vogel E., Krahenbuhl U., (1999.): The uptake of cadmium and zinc by mycelia and their accumulation in mycelia and fruiting bodies of edible mushrooms, Eur Food Res Technol 209:317-324.
53. Tiquia, S.M. and Tam, N.F.Y., (2000.): Co-composting of spent pig litter and sludge with forced-aeration. Bioresource Technology 72: 1-7.
54. Tiquia, S.M. and Tam, N.F.Y., (2002.): Characterization and composting of poultry litter in forced-aeration piles. Process Biochemistry 37:869-880.
55. Turkekul, I., Elmastas M., Tuzen M., (2004): Determination of iron, cooper, manganese, zinc, lead and cadmium in mushrooms samples from Tokat, Food Chem. Turkey, 84. 389-392
56. Tuzen, M. (2003.): Determination of heavy metals in soil, mushroom and plant samples by atomic absorption spectrometry, Michrochemical journal 74, Issue 3, 289-297.
57. Tuzen, M., Ozdemir, M., Demirbas, A. ,(1998.): Heavy metal bioaccumulation by cultivated *Agaricus bisporus* from artificially enriched substrates, Zeitschrift fur Lebensmitteluntersuchung und Forschung A, vol. 206, number 6.

58. Tuzen, M., Ozdemir, M., Demirbas A.,(1998.); Study of heavy metals in some cultivated and uncultivated mushrooms of Turkish origin, Food Chemistry, Issue 2, 247-251.
59. Uddin, Yesmin, M. N., Khan, S., Tania, M. A., Moonmoon, M., Ahmed, S., (2011.): Production of Oyster Mushrooms in Different Seasonak Conditions of Bangladesh, Journal of scientific Research, 3 (1):161-167.
60. Unak, P., Lambrecht, F.Y., Biber, F. Z., Darcan, S., (2007): Iodine measurments by isotope dilution analysis in drinkingwater in Western Turkex, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 273, 649-651.
61. Vukobratović, M., Lončarić, Z., Vukobratović, Ž., Dadaček, N., (2008) Promjene kemijskih svojstava stajskih gnojiva pri kompostiranju, ISSN 1330,7142
62. Vukadinović, V., Bertić, B.,(1989.): Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
63. Yilmaz F., Isiliglu M., Merdivan M., (2003.): Heavymetals in some macrofungi, Turk J. Bot. 27, 45-56.
64. Zarski, T.P., Zarska, H., Arkuszewska, E., Valka, J., Sokol, J., Beseda, I., (1999.): The bioindicative role of mushrooms in the evaluation of environmental contamination with mercury compounds. In: Ekologia, vol. 18, no. 2, p. 223-229.
65. Žrodlowski, Z., (1995.),:The influence of washing and peeling of mushrooms *Agaricus bisporus* on the level of heavy metal contaminants. Pol. J. Food Nutr. Sci., 45:26-23.
66. http://www.mushroombusiness.com/cultivation_tips/ash_content_in_compost.php (20.3.2013.)
67. http://www.mushroombusiness.com/content/articles/detail/300/watering-compost-rage-or-necessity (22.3.2013.)
68. http://www.mushroombusiness.com/cultivation_tips/dose_or_overdose.php (22.3.2013.)
69. http://www.mushroombusiness.com/content/tips/detail/22/mycelium-growth (20.3.2013.)
70. http://www.mushroombusiness.com/content/tips/detail/45/compost-activity(20.3.2013.)

71. http://www.powerofmushrooms.com.au/health-nutrition/health-nutrition/the-minerals-in-mushrooms/
72. *http://horttech.ashspublications.org/* (25.3.2013.)
73. http://www.mushroomcompost.org/NPK2.pdf.(22.03.2013.)

7. SAŽETAK

Proizvodnja gljiva u zaštićenim prostorima je vrlo zahtjevna grana agronomije i da bi se dobili zadovoljavajući rezultati potrebno je izvrsno poznavanje tehnologije proizvodnje kao i visoka kvaliteta supstrata za proizvodnju. Supstrat za proizvodnju gljiva se sastoji od fermentirane slame, pilećeg gnojiva i gipsa. Omjer navedenih sastojaka, kvaliteta navedenih komponenti te tehnologija proizvodnje su ključni faktori za proizvodnju kvalitetnog supstrata.

Istraživanje je provedeno tijekom četiri vegetacijska ciklusa na dvije vrste supstrata za proizvodnju šampinjona. U svakom vegetacijskom ciklusu su sakupljana tri vala berbe. Pokus je postavljen u 4 ponavljanja po dizajnu slučajnog bloknog rasporeda sa 2 faktora. U svakom ponavljanju se koristilo po dva briketa površine 38cm x 58cm, težine 36 kg inokuliranog komposta. Sve se pratilo kroz četiri vegetacijska ciklusa tako da je sveukupno u istraživanju korišteno 128 briketa.

Praćeni parametri su bili: kemijski sastav supstrata (pH, EC, ST, C/N, % N, % P, % K) na početku uzgoja i na kraju proizvodnog ciklusa, ukupan prinos gljiva, sadržaj teških metala Pb i Cd u supstratu i gljivama (posebno stapke, posebno klobuka), sadržaj esencijalnih mikroelemenata Zn i Fe u supstratu i gljivama (posebno stapke, posebno klobuka).

Rezultati mjerenja su pokazali da je najviši prosječni % N izmjeren u supstratu mađarskog porijekla iznosio 2,64 % na početku uzgoja, a najniži 2,22 % na kraju uzgojnog ciklusa. Na supstratu nizozemskog porijekla najniži izmjereni % N iznosio je 2,24 %, a najviši je iznosio 2,64 %. U supstratu mađarskog porijekla najviša izmjereni sadržaj C iznosio je 26,87 %, a najniži 22,09 %, dok je u supstratu nizozemskog porijekla najviši sadržaj bio 31,31 %, a najniži 23,80 %. Ustanovljeni C/N odnos u mađarskom supstratu se kretao od najnižeg 10,28 do najvišeg 12,13 dok je u supstratu nizozemskog porijekla najviši izmjereni C/N odnos iznosio je 13,42, a najniži 10,09. Najniža količina Fe izmjerena u supstratu mađarskog porijekla iznosila je 1397,73 mg/kg, a najviša količina je

iznosila 4695,28 mg/kg. U supstratu nizozemskog porijekla najniža izmjerena količina Fe iznosila je 1154,68 mg/kg, a najviša je iznosila 2036 mg/kg. U mađarskom supstratu najniža izmjerena količina Zn iznosila je 143,3 mg/kg, a najviša količina iznosila je 174,63 mg/kg. Nadalje u nizozemskom supstratu najniža količina Zn iznosila je 100,18 mg/kg, a najviša je iznosila 146 mg/kg. U mađarskom supstratu najniža izmjerena količina Pb iznosila je 0,62 mg/kg, a najviša 3,48 mg/kg. U nizozemskom supstratu najniža izmjerena količina Pb iznosila je 2,20 mg/kg, a najviša je iznosila 4,24 mg/kg. Najniža količina Cd izmjerena u mađarskom supstratu iznosila je 0,11 mg/kg, a najviša 0,21 mg/kg. U supstratu nizozemskog porijekla najniža količina Cd iznosila je 0,15 mg/kg, a najviša 0,26 mg/kg.

Rezultati izmjera N, P, K, Fe, Zn i Pb u gljivama mađarskog porijekla su pokazali da je došlo do povećanja koncentracije prema kraju uzgojnog ciklusa dok se koncentracija Cd nije mijenjala. U gljivama ubranim na nizozemskom supstratu se koncentracija N, P, K, Fe, Zn i Pb povećavala prema kraju proizvodnje dok se koncentracija Cd smanjivala.

U gljivama porijekla sa mađarskog supstrata najniži izmjereni sadržaj N iznosio je 7,01 %, a najviši 8,20 %. U gljivama nizozemskog porijekla najniži izmjereni sadržaj N iznosio je 6,37 %, a najviši 9,93 %. Nadalje u gljivama mađarskog porijekla najniži sadržaj P iznosio je 8,68 %, a najviša 13,60 %. U gljivama nizozemskog porijekla najniži sadržaj P iznosio je 8,41 %, a najviši 13,18 %. Najniži sadržaj K u gljivama mađarskog porijekla iznosio je 3,5 %, a najviši 4,7 %. U gljivama nizozemskog porijekla najniži sadržaj K iznosio je 3,2 %, a najviši 4,3 %. Najniža koncentracija Fe u mađarskim gljivama iznosila je 84,10 mg/kg, a najviša 149,16 mg/kg. Nadalje u nizozemskim gljivama najniža utvrđena koncentracija Fe iznosila je 79,02 mg/kg, a najviša 94,89 mg/kg. U gljivama mađarskog porijekla najniža koncentracija Zn iznosila je 84,41 mg/kg, a najviša 119,22 mg/kg. Najniža koncentracija Zn u nizozemskim gljivama iznosila je 78,17 mg/kg, a najviša 104,89 mg/kg. Najniža utvrđena koncentracija Pb u mađarskim gljivama iznosila je 0,04 mg/kg, a najviša 0,37 mg/kg. U gljivama nizozemskog porijekla najniža izmjerena koncentracija Pb iznosila je 0,15 mg/kg, a najviša 0,33 mg/kg. Nadalje najniža utvrđena koncentracija Cd u gljivama mađarskog porijekla iznosila je 0,03 mg/kg, a najviša 0,04 mg/kg. U gljivama nizozemskog porijekla najniža izmjerena koncentracija Cd iznosila je 0,12 mg/kg, a najviša 0,50 mg/kg.

Prema očekivanju u gljivama ubranim na supstratu nizozemskog porijekla izmjerena je veća količina Cd nego u gljivama na supstratu mađarskog porijekla što potvrđuje pretpostavku da količina Cd u gljivama ovisi o količini Cd u supstratu. Količina Cd u gljivama ubranim na supstratu nizozemskog porijekla se nalazi izvan granica propisanih Pravilnikom europske komisije EC No 466/2001.

Mjerenja koja su se radila posebno u stapci posebno u klobuku su pokazala da je veća koncentracija Zn, Cd i Pb izmjerena u klobuku u gljivama ubranim na oba supstrata, dok je koncentracija Fe bila veća u stapci. Pretpostavka je da je Fe teže pokretno te da je zbog toga izmjerena veća količina u stapci nego u klobuku.

Najviši koeficijent akumulacije u gljivama mađarskog porijekla izmjeren je za Zn i iznosio je 0,66. Najmanji je izmjeren za Fe i iznosio je 0,04. Koeficijent akumulacije za Pb iznosio je 0,14, a za Cd 0,30.

Najviši koeficijent akumulacije u gljivama nizozemskog porijekla izmjeren je za Cd i iznosio je 1,45. Najmanji je bio za Fe 0,06. Koeficijent akumulacije za Pb iznosio je 0,08 i za Zn 0,78.

Na mađarskom supstratu ubrano je sveukupno u četiri mjeseca uzgoja 100,30 % šampinjona, a na nizozemskom supstratu je ubrano 122,38 % šampinjona što je za 22,08 % više prinosa.

Ključne riječi: supstrat,šampinjoni, teški metali, prinos, koeficijent akumulacije

8. SUMMARY

Mushroom production in controlled environment is extremely challenging branch of agriculture and excellent knowledge of production technology as well as high quality substrate for the production is necessary to obtain satisfactory results. The substrate for mushroom production consists of fermented straw, chicken manure and gypsum. The ratio of listed ingredients, the quality of the components and production technology are key factors for the production of high-quality substrates.

The research was conducted during the four cycles of vegetation on two types of substrates for the production of mushrooms. In each cycle of vegetation three waves of harvest were collected. The experiment was set up in four repetitions per completely randomized block design with two factors. In each repetition two briquettes of inoculated compost with the surface of 38cm x 58cm, weighing 36 kg were used. Everything was monitored through four cycles of vegetation, so overall the study included 128 briquettes.

The monitored parameters were: the chemical composition of substrates (pH, EC, ST, C / N, % N, % P, % K) at the beginning of cultivation and at the end the production cycle, the total yield of mushrooms, heavy metal content of Pb and Cd in the substrate and in the mushrooms (specifically for the stems and specifically for the caps), the content of essential trace elements Zn and Fe in the substrate and in the mushrooms (specifically for the stems and specifically for the caps).

The measurement results have shown that the highest average N content measured in the substrate of Hungarian origin was 2.64 % at the beginning of the cultivation, and 2.22 % at the end of the production cycle. In the substrate of Dutch origin lowest measured N content was 2.24 %, and the highest was 2.64 %. In the substrate of Hungarian origin, the highest measured C content was 26.87%, while the lowest was 22.09 %, whereas the substrate of Dutch origin, had the highest content of 31.31 %, while the lowest was 23.80 %. Detected C / N ratio in the Hungarian substrate ranged from the lowest ratio of 10.28 to the highest of 12.13, while in the substrate of Dutch origin highest measured C / N ratio was 13.42 and the lowest was 10.09. The lowest amount of Fe measured in the substrate of Hungarian origin was 1397.73 mg / kg and the maximum amount reached was 4695.28 mg/kg. In the substrate of Dutch origin lowest measured amount of Fe was 1154.68 mg/kg

and the highest was 2036 mg/kg. In the Hungarian substrate lowest measured amount of Zn was 143.3 mg/kg and the highest amount was 174.63 mg/kg. Furthermore in the Dutch substrate lowest amount of Zn was 100.18 mg/kg and the highest was 146 mg/kg. In the Hungarian substrate lowest measured amount of Pb was 0.62 mg/kg, while the highest was 3.48 mg/kg. In the Dutch substrate lowest measured amount of Pb was 2.20 mg/kg and the highest was 4.24 mg/kg. The lowest amount of Cd measured in the Hungarian substrate was 0.11 mg/kg, while the highest was 0.21 mg/kg. In the substrate of Dutch origin lowest amount of Cd was 0.15 mg/kg and the highest was 0.26 mg/kg.

The results of measurements of N, P, K, Fe, Zn and Pb in the mushrooms from the substrate of Hungarian origin have shown that there was an increase in concentration towards the end of the production cycle while Cd concentrations did not change. In the mushrooms grown in Dutch substrate concentration of N, P, K, Fe, Zn and Pb increased towards the end of production while the concentration of Cd has decreased.

The mushrooms from the Hungarian substrate had the lowest measured N content of 7.01 % and the highest was 8.20 %. The lowest measured N content in mushrooms from substrate of Dutch origin was 6.37 % and the highest was 9.93 %. Furthermore the mushrooms from the substrate of Hungarian origin had lowest P content of 8.68 % and the highest was 13.60 %. The mushrooms from substrate of Dutch origin had 8.41 % as the lowest P content and the highest was 13.18 %. The lowest K content in the mushrooms from the substrate of Hungarian origin was 3.5% and the highest was 4.7 %. In the mushrooms from substrate of Dutch origin lowest K content was 3.2 % and the highest 4.3 %. The lowest concentration of Fe in the mushrooms from the Hungarian substrate was 84.10 mg/kg and the highest was 149.16 mg/kg. Furthermore in the mushrooms from the substrate of Dutch origin lowest determined concentration of Fe was 79.02 mg/kg and the highest was 94.89 mg/kg. In the mushrooms from the substrate of Hungarian origin lowest concentration of Zn was 84.41 mg/kg and the highest was 119.22 mg/kg. The lowest concentration of Zn in the mushrooms from the substrate of Dutch origin was 78.17 mg/kg while the highest was 104.89 mg/kg. The lowest concentration of Pb found in the mushrooms from the Hungarian substrate was 0.04 mg/kg, the highest 0.37 mg/kg. The mushrooms from the substrate of Dutch origin had lowest measured Pb concentration of 0.15 mg/kg and the highest was 0.33 mg/kg. Furthermore the lowest concentration of Cd

found in the mushrooms from the substrate of Hungarian origin was 0.03 mg/kg and the highest was 0.04 mg/kg. The mushrooms from Dutch substrate had lowest measured Cd concentration of 0.12 mg/kg and the highest was 0.50 mg/kg.

As expected, in the mushrooms grown on the substrate of Dutch origin the amount of measured Cd was higher than in the mushrooms from the substrate of Hungarian origin, what confirms the assumption that the amount of Cd in mushrooms depends on the amount of Cd in the substrate. The amount of Cd in the mushrooms grown on a substrate of Dutch origin is above the limits set by the European Commission Regulations EC No. 466/2001.

Measurements that were done specifically in the stalks and in the caps have shown that higher concentrations of Zn, Cd and Pb were measured in the caps of the mushrooms picked on both substrates, while the Fe concentration was higher in the stalks. The assumption is that the Fe is less mobile and that is why a greater amount was measured in the stalks than in the caps.

The highest coefficient of accumulation in the mushrooms from the substrate of Hungarian origin was measured for Zn and amounted to 0.66. The lowest was measured for Fe and amounted to 0.04. The coefficient of accumulation for Pb was 0.14 and 0.30 for Cd.

The highest coefficient of accumulation in the mushrooms from the substrate of Dutch origin was measured for Cd and amounted to 1.45. The lowest was 0.06 for Fe. The coefficient of accumulation for Pb was 0.08 and 0.78 for Zn.

The Hungarian substrate yield was 100.30%, while the Dutch substrate was 122.38% which is 22.08% more yield for Dutch.

Key words: substrate, mushrooms, heavy metals, yield, acummulation coefficient

9. PRILOG

ŽIVOTOPIS

16.07.1965. rođena u Slavonskom Brodu
supruga Damira, majka Bernarda

Školovanje

1979. – 1983. gimnazija „Matija Mesić“ u Slavonskom Brodu
1983. – 1988. dipl. ing. agronomije, smjer VVV, Agronomski fakultet u Zagrebu
2009. – 2014. doktorski studij smjer Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku

Zaposlenje

1989. – 1990. Euro Brod- konzalting i prodaja
menadžer u odjelu prodaje supstrata za biljnu proizvodnju
1990. – 2009. Uzgoj gljiva Romanjek d.o.o.
direktor, tehnolog (nadzor proizvodnje), ugovaranje prodajnih uvjeta
2009.-- Veleučilište u Slavonskom Brodu
predavač

Suradnica na stručnim projektima
IPA IV – Razvoj ljudskih potencijala – DELTA, Voditelj-ica poljoprivrednog gospodarstva (suradnik)
Floral future IPA IV- Žene na tržištu rada

Stručna i znanstvena usavršavanja

1999. sudjelovanje na stručnom simpoziju gljivarstva u Maastrichtu
2001. sudjelovanje na stručnom simpoziju „Agriculture“ u Veroni
2005. pohađala stručni seminar u Budimpešti o managementu i tehnologiji proizvodnje šampinjona koji je održala „Visoka škola gljivarstva“ iz Nizozemske
2007. sudjelovanje na stručnom seminaru u Budimpešti koji je održala nizozemska Visoka škola gljivarstva
2010. Pohađala edukaciju „Za unapređenje kapaciteta nastavnog osoblja na projektu IPAIV-DELTA“, Poreč Institut za poljoprivredu i turizam, Poreč
2010. Sudjelovanje na 5.stručnom seminaru gljivarstva koji je organizirala tvrtka Bio-fungi iz Aporke - Mađarska

2010. Sudjelovanje na 47. Simpoziju agronoma, Opatija
2011. Edukacija „Unapređenje tehnike aplikacije pesticida prema EN-13790 (I, II)
2011. Pohađala edukaciju Andragoški modeli poučavanja
2012. Sudjelovanje na 49. Simpoziju agronoma, Dubrovnik
2013. Sudjelovanje na 6. Međunarodnom znanstveno stručnom skupu- Hrvatsko oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo i europske integracije, Sveti Martin na Muri

Ostale dužnosti u ustanovi
Član uredništva Godišnjeg izvještaja za 2010.
Član uredništva 2. Zbornika radova Veleučilišta u Slav, Brodu
Član povjerenstva za završni ispit na Programu osposobljavanja za poslove voditelj-ica agroturističkog gospodarstva
Član povjerenstva za popis materijala i sitnog inventara pri godišnjem popisu imovine i obveza za 2010., 2011., 2012., 2013.
Zapisničar na sjednicama Vijeća poljoprivrednog odjela Veleučilišta u Slav. Brodu
Član uredništva Godišnjeg izvještaja za 2011.
Član uredništva 3. Zbornika radova Veleučilišta u Slav, Brodu
Član uredništva Godišnjeg izvještaja za 2012.
Član uredništva 4. Zbornika radova Veleučilišta u Slav, Brodu
Predsjednica povjerenstva za Erasmus-međunarodnu razmjenu studenata i nastavnog osoblja 2013-2014
Član uredništva Godišnjeg izvještaja za 2013.
Član uredništva 5. Zbornika radova Veleučilišta u Slav, Brodu

Poznavanje stranih jezika
engleski – aktivno u govoru i pismu
njemački – pasivno u govoru i pismu
španjolski – aktivno u govoru i pismu