

Zelena sinteza nanočestica iz ekstrakata gljiva

Viljevac, Vanesa

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:182:031656>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-08**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Department of Chemistry, Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Preddiplomski studij kemije

Vanesa Viljevac

**ZELENA SINTEZA NANOČESTICA IZ EKSTRAKATA
GLJIVA**

Završni rad

Mentor: izv. Prof. dr. sc. Vlatka Gvozdić

Osijek, 2023

Sažetak:

U ovome radu istražena je mogućnost zelene sinteze nanočestica srebra iz vodenog ekstrakta gljive *Irpex lacteus*. Sintetizirane nanočestice srebra okarakterizirane su metodama UV-Vis i FT- IR spektroskopije. Procijenjena je i sposobnost razlaganja boje vodene otopine berlinskog plavila. Rezultati UV-Vis spektroskopije pokazali su da je maksimum apsorpcije prisutan na 418 nm. Rezultati FT- IR spektroskopije ukazali su na biomolekule odgovorne za sintezu nanočestica srebra. Sintetizirane nanočestice srebra pokazale su dobru sposobnost razlaganja berlinskog plavila. Do potpune razgradnje došlo je nakon 24 sata. Vodeni ekstrakt gljive *Irpex lacteus* pokazao se kao iznimno dobar reducirajući i stabilizirajući agens.

Ključne riječi: zelena sinteza, nanočestice srebra, *Irpex lacteus*

Abstract:

This study explored the potential for green synthesis of silver nanoparticles from the aqueous extract of the fungus *Irpex lacteus*. The synthesized silver nanoparticles were characterized using UV-Vis and FT-IR spectroscopy. Additionally, the ability to degrade the color of an aqueous solution of methylene blue was evaluated. The results of UV-Vis spectroscopy indicated a maximum absorption peak at 418 nm. The results of FT-IR analysis indicated the possible biomolecules responsible for capping the silver nanoparticles. The synthesized silver nanoparticles exhibited excellent methylene blue degradation capability, with complete degradation occurring after 24 hours. The aqueous extract of *Irpex lacteus* proved to be an exceptionally effective reducing and stabilizing agent.

Key words: green synthesis, silver nanoparticles, *Irpex lacteus*

Sadržaj

1. UVOD	1
2. MATERIJALI I METODE	4
2.1. Biljni materijal	4
2.2. Pribor i kemikalije.....	6
2.3. Priprema biljnog materijala.....	6
2.4. Sinteza nanočestica srebra (AgNPs, eng. <i>Silver Nanoparticles</i>).....	7
2.5. Metode.....	10
2.5.1. UV-Vis spektroskopija.....	10
2.5.2. Spektroskopija s Fourierovom transformacijom (FT- IR)	11
2.5.3. Obrada podataka.....	11
3. REZULTATI.....	12
3.1. UV-Vis spektroskopija.....	12
3.2. FT- IR spektroskopija	14
3.3 Razgradnja metilenskog plavila	16
4. ZAKLJUČAK	18
5. LITERATURA:.....	19

1. UVOD

Zbog naglog razvitka tehnologije, industrije i znanosti tijekom druge polovice 20.st. došlo je do značajnog porasta životnog standarda u razvijenim zemljama svijeta. To je dovelo do porasta ekoloških problema kao što su učestale kiše, pojava ozonskih rupa te nakupljanja organskih zagađivača u biosferi. S obzirom na novonastala zagađenja okoliša znanstvenici su se okrenuli novim metodama u kemiji kojim bi se moglo pomoći očuvanju okoliša [1].

Zelena kemija uključuje pristup u kemiji koji podrazumijeva smanjenje ili u potpunosti uklanjanje upotrebe i proizvodnje štetnih tvari, a samim time i smanjenje štetnih produkata [2]. Proces učinkovite zelene sinteze podrazumijeva uporabu prirodnih reducirajućih tvari kao i stabilizirajuće tvari bez uporabe toksičnih, skupih kemikalija koje zahtijevaju veliku količinu energije. Zelena kemija uključuje čiste i ekološki prihvatljive metode sinteze [3].

S obzirom na brzi napredak industrije i urbanizacije, bilo je potrebno okrenuti se prirodi stoga su znanstvenici počeli otkrivati njene tajne, a ujedno su se okrenuli i prirodnim izvorima što je dovelo do brzog napretka u sintezi nanočestica. Nanotehnologija je pokazala značajnu primjenu u liječenju ljudskih oboljenja [4][5][6].

U postupku zelene sinteze nanočestica potrebno je koristiti materijale i kemikalije koje ne pokazuju štetno djelovanje za samu sintezu kao ni za okoliš. Prirodno sintetizirane nanočestice su prihvatljivije od nanočestica dobivenih kemijskim i fizikalnim metodama [4]. Glavno područje nanotehnologije je sinteza i primjena materijala koji imaju veličinu od 1 do 100 nanometara. Nanočestice ili nanomaterijali posjeduju jedinstvene osobine kao što je visok omjer površine prema volumenu, visoka reaktivnost i poboljšanje katalitičkih i bioloških svojstava zbog čega su takvi materijali vrlo prikladni za područja poljoprivrede i biomedicine. Do danas je razvijen niz različitih nanomaterijala od kojih se trenutno mnoga istražuju kako bi se mogli primijeniti za liječenje različitih bolesti koje ugrožavaju život, uključujući i rak.

Veliku pažnju privukli su neki plemeniti metali poput srebra, zlata i platine. U poljoprivredi su nanomaterijali se pokazali iznimno korisnim u primjeni nanognojiva i nanopesticida, ali i za poticanje rasta biljaka [6].

Nanočestice srebra važne su i zbog svog širokog spektra antimikrobnih svojstava. Prianjaju na stanične stijenke i membrane mikroorganizama te mogu prodrijeti i unutar stanica, oštećuju staničnu strukturu, potiču proizvodnju reaktivnih spojeva kisika te mijenjaju

mehanizam prijenosa signala. Biogene metode sinteze nanočestica srebra daju nanomaterijale koje imaju manju toksičnost, bolje fizikalne i kemijske karakteristike, veću stabilnost te općenito predstavljaju manji rizik za zdravlje i okoliš. Biogena sinteza nanočestica može se provesti upotrebom bakterija, gljiva i biljaka ili nusproizvoda koji nastaju njihovim metabolizmom. Od navedenih organizama koji se mogu koristiti u zelenoj sintezi, gljive se često koriste kao agensi za sintezu nanočestica, pri čemu njihovi ekstrakti imaju reducirajuća i stabilizirajuća svojstva [7].

Mikonanotehnologija je interdisciplinarna znanost mikologije i nanotehnologije te ima znatan potencijal zbog širokog spektra djelovanja i raznolikosti gljiva. Gljive imaju nekoliko prednosti u zelenoj sintezi naspram drugih bioloških organizama, budući da su relativno jednostavne za uzgoj i izolaciju [8]. Bijele trule gljive iz skupine *Basidiomycota* čine oko 1600 do 1700 vrsta gljiva. Navedena vrsta gljiva se odlikuje sposobnošću depolimerizacije i mineralizacije lignina koristeći se u razgradnji nizom izvanstaničnih enzima. U skupinu bijelih trulih gljiva spadaju gljive kao što su *P. chrysosporium*, *Pleurotus ostreatus* i *Trametes versicolor*, *Irpex lacteus* [9].

Irpex lacteus najčešće raste na umirućem drveću uzrokujući trulež bijele boje, zbog čega se cijela skupina te gljive naziva bijela trula gljiva. *Irpex lacteus* pokazuje iznimnu otpornost na onečišćivače, a učinkovita je i u procesima biodegradacije [9]. Ove patogene gljive proizvode enzime koji razgrađuju drvo i oštećuju biljke. *Irpex lacteus* je gljiva bijele truleži, te je povezana s proizvodnjom nespecifičnih ekstracelularnih enzima proteinaza i celulaza [8][10]. Istražuje se i zbog svoje sposobnosti razgradnje štetnih spojeva u okolišu. Pokazalo se da gljiva sadrži dobru sposobnost i za dekolorizaciju različitih spojeva, uključujući azo boje, antrakinonske boje u zagađenom tlu i fitalocianinske boje u stacionarnim tekućinama[10].

Ljekovite su gljive važan izvor prirodnih tvari različite strukture i različitih bioloških svojstava. Gljiva *Irpex lacteus* široko je rasprostranjena i koristi se kao ljekovita gljiva ponajviše zbog njenih diuretičkih i antibakterijskih svojstava, ali i protuupalnog djelovanja. Nakon provedenih kliničkih ispitivanja počela se koristiti u Kini kao terapija u liječenju glomerulonefritisa. Njen kemijski sastav istražen je sustavno tek 2020. godine kada je utvrđeno prisustvo 15 do tada neopisanih seskviterpena, a među njima i dva najvažnija irpeksolaktin A-N i irlaktin K. [11].

S obzirom na činjenicu da je na našim prostorima pojava ove gljive na stablima voćaka vrlo česta, njen će vodeni ekstrakt bez ikakve prethodne obrade biti upotrijebljen u sintezi

nanočestica srebra. U ovom radu istražit će se sposobnost vodenog ekstrakta gljive *Irpex lacteus* uzorkovane s dvije voćke (trešnja i šljiva) u sintezi nanočestica srebra. Karakterizacija dobivenih nanočestica biti će izvršena metodama UV-Vis i FT-IR spektroskopije, a ujedno će biti istražena njihova sposobnost razgradnje vodene otopine berlinskog plavila.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Biljni materijal

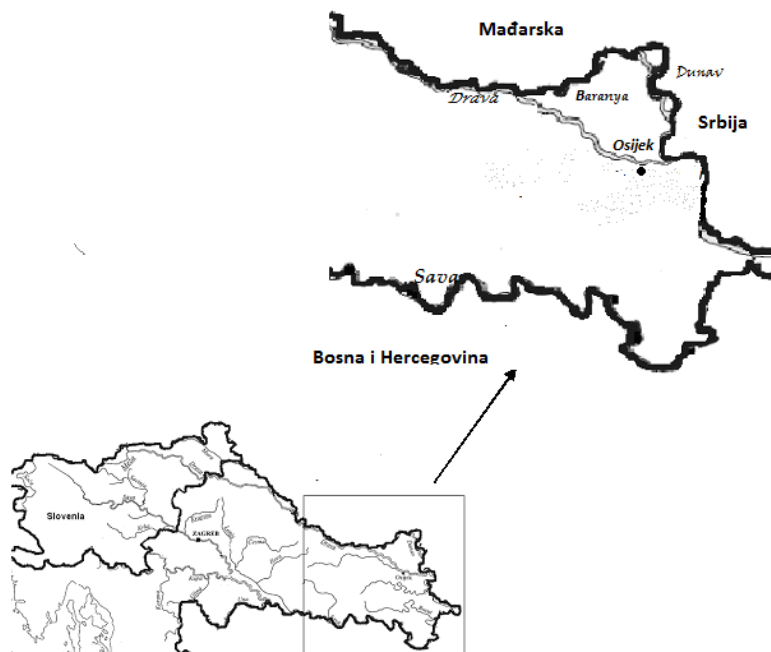
Gljive su uzorkovane s drveta šljive i drveta trešnje na području grada Osijeka (slika 2). Na slici 1 prikazana je grana drveta trešnje s kojega je uzet uzorak. U tablici 1 prikazana je taksonomija gljive.

Tablica 1. Taksonomija gljive *Irpex lacteus*, preuzeto s Open Tree of Life.
<https://tree.opentreeoflife.org/opentree/argus/opentree14.7@ott60033/Irpex-lacteus>

Carstvo	Fungi
Divizija	Basidiomycota
Razred	Agaricomycetes
Red	Polyporales
Porodica	Meruliaceae
Rod	<i>Irpex</i>
Vrsta	<i>Irpex lacteus</i>



*Slika 1. Grana drveta trešnje i gljiva *Irpex lacteus**



Slika 2. Lokacija na kojoj su prikupljeni uzorci

2.2. Pribor i kemikalije

U radu su korištene kemikalije analitičke čistoće. U pripremi otopina, biljnih ekstrakata, ispiranju i pranju posuđa korištene su deionizirana voda i ultračista voda.

Korištene kemikalije:

- Ultračista voda i deionizirana voda
- AgNO_3 ($M= 169,86 \text{ g/mol}$)

Pribor korišten u svrhu eksperimentalnog dijela ovog rada su: nožić, pinceta, stakleni štapić, staklene laboratorijske čaše (250 mL, 100 mL, 50 mL, 10 mL), menzura, termometar, boca za destiliranu vodu, lijevak, špatula, Petrijeva zdjelica, filter papir (Whatman No1) .

Od električnih uređaja korišteni su električno grijače tijelo, analitička vaga, magnetska miješalica, uređaj za ultračistu vodu, ultrazvučna kupka.

2.3. Priprema biljnog materijala

Prikupljena gljiva se uz pomoć nožića usitnila na sitnije komade. Izvagano je 7,5g usitnjene gljive i premješteno u staklenu čašu u koju je dodano 100 mL ultračiste vode. Za dobivanje potrebnog ekstrakta koji će se koristiti u svrhu daljnjeg istraživanja pripremljena otopina je zagrijavana na električnom grijačem tijelu 30 minuta. Prilikom zagrijavanja bilo je važno održavati temperaturu otopine između 70°C i 80°C uz konstantno miješanje pomoću staklenog štapića. Nakon 30 minuta zagrijavanja pripremljena je otopina ostavljena u ultrazvučnoj kupki u trajanju od 15 minuta, poslije čega je profiltrirana pomoću Whatman No.1 filter papira.



Slika 3. Ekstrakt gljive Irpex lacteus

Dobiveni ekstrakt prikazan na slici 3 bio je žućkaste boje, a korišten je u daljnjem postupku sinteze nanočestica.

2.4. Sinteza nanočestica srebra (AgNPs, eng. *Silver Nanoparticles*)

Za sintezu s nanočestica srebra korištena je otopina srebrovog nitrata AgNO_3 koncentracije 0.01 mol/L.

U 100 mL pripremljenog biljnog ekstrakta dodano je 100 mL otopine AgNO_3 poslije čega je otopina stavljena u ultrazvučnu kupku u trajanju od 30 minuta. Stvaranje nanočestica srebra praćeno je uz pomoć promjene boje i UV-Vis spektroskopijom. Boja reakcijske smjese se nakon 30 minuta počela mijenjati iz svijetlo žute u crveno smeđu.(Slika 4).



Slika 4. Reakcijska smjesa ekstrakta gljive i srebrova nitrata

Nakon stajanja otopine u trajanju od 30 minuta došlo je do promijene boje iz žućkaste do smeđe (slika 4) što je posljedica fenomena rezonancije površinskih plazmona (engl. *Surface plasmon resonance*) [12][13].



Slika 5. Sintetizirane nanočestice srebra

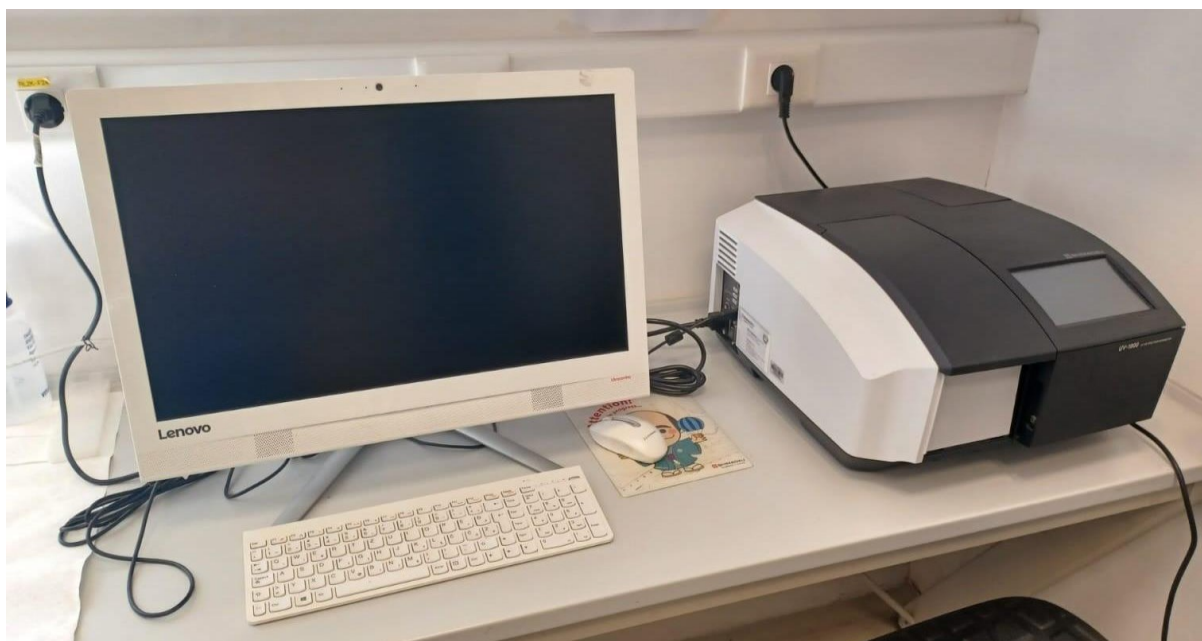
Sintetizirane nanočestice su centrifugirane i isprane nekoliko puta deioniziranom vodom (slika 5), poslije čega su osušene u struji zraka i spremljene za daljnju analizu.

2. 5. Metode

2. 5. 1. UV-Vis spektroskopija

UV-Vis spektroskopija je analitička metoda koja se koristi za proučavanje apsorpcije svjetlosti u vidljivom i ultraljubičastom dijelu elektromagnetskog spektra. Pomoću UV-Vis spektroskopije omogućena je identifikacija i kvantifikacija kemijskih spojeva jer svaki spoj ima karakterističan spektar apsorpcije svjetlosti koji se može koristiti za njegovu identifikaciju te za određivanje koncentracije tog spoja u proučavanom uzorku [14].

Za obradu i analizu podataka na UV-Vis spektrofotometru koristio se uređaj marke Shimadzu (slika 6). Navedeni uređaj nalazi se na Odjelu za kemiju.



Slika 6. UV-Vis Spektrofotometar

2. 5. 2. Spektroskopija s Fourierovom transformacijom (FT- IR)

Spektroskopija s Fourierovom transformacijom ili FT-IR spektroskopija je analitička metoda koja se koristi za proučavanje interakcija među molekulama i za identifikaciju funkcionalnih skupina u spojevima putem analize infracrvenog dijela spektra. Analiza se obavlja pomoću infracrvenog zračenja koje se raspršuje ili apsorbira pri prolasku kroz promatrani uzorak. Za pripremljeni uzorak biljnog ekstrakta i nanočestica srebra, FT-IR spektroskopska metoda analize se koristila u svrhu detektiranja nastanka nanočestica srebra i biomelekula koje su bile odgovorne u procesu njihovog nastanka [15].

Na slici 7 je prikazan uređaj FT- IR spektrofotometar marke Shimadzu koji se nalazi na Odjelu za kemiju.



Slika 7. FT- IR Spektrofotometar odjela za kemiju

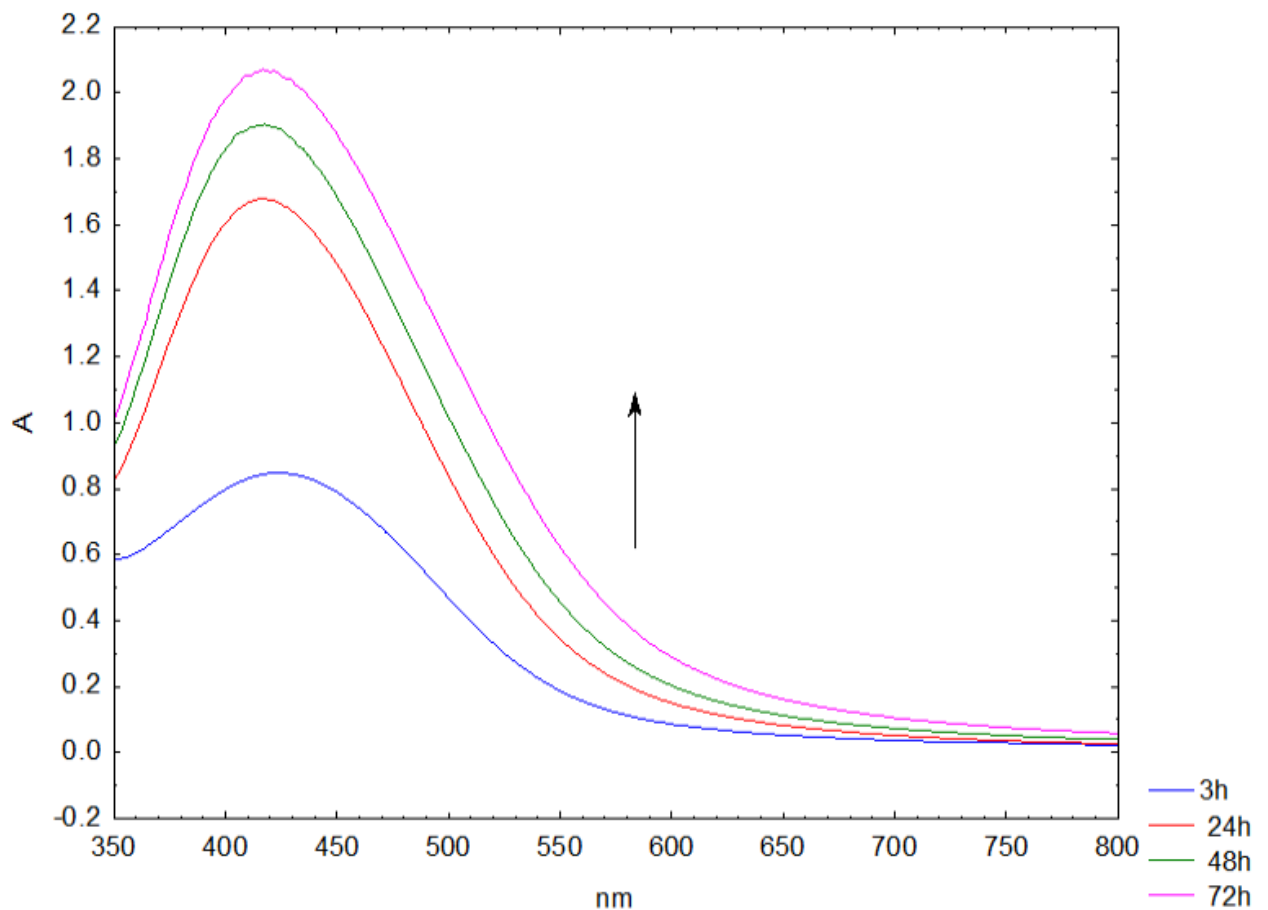
2.5.3. Obrada podataka

Podatci su obrađeni u programima: Excel i Statistica Tibco verzija 14.0.0. 15.

3. REZULTATI

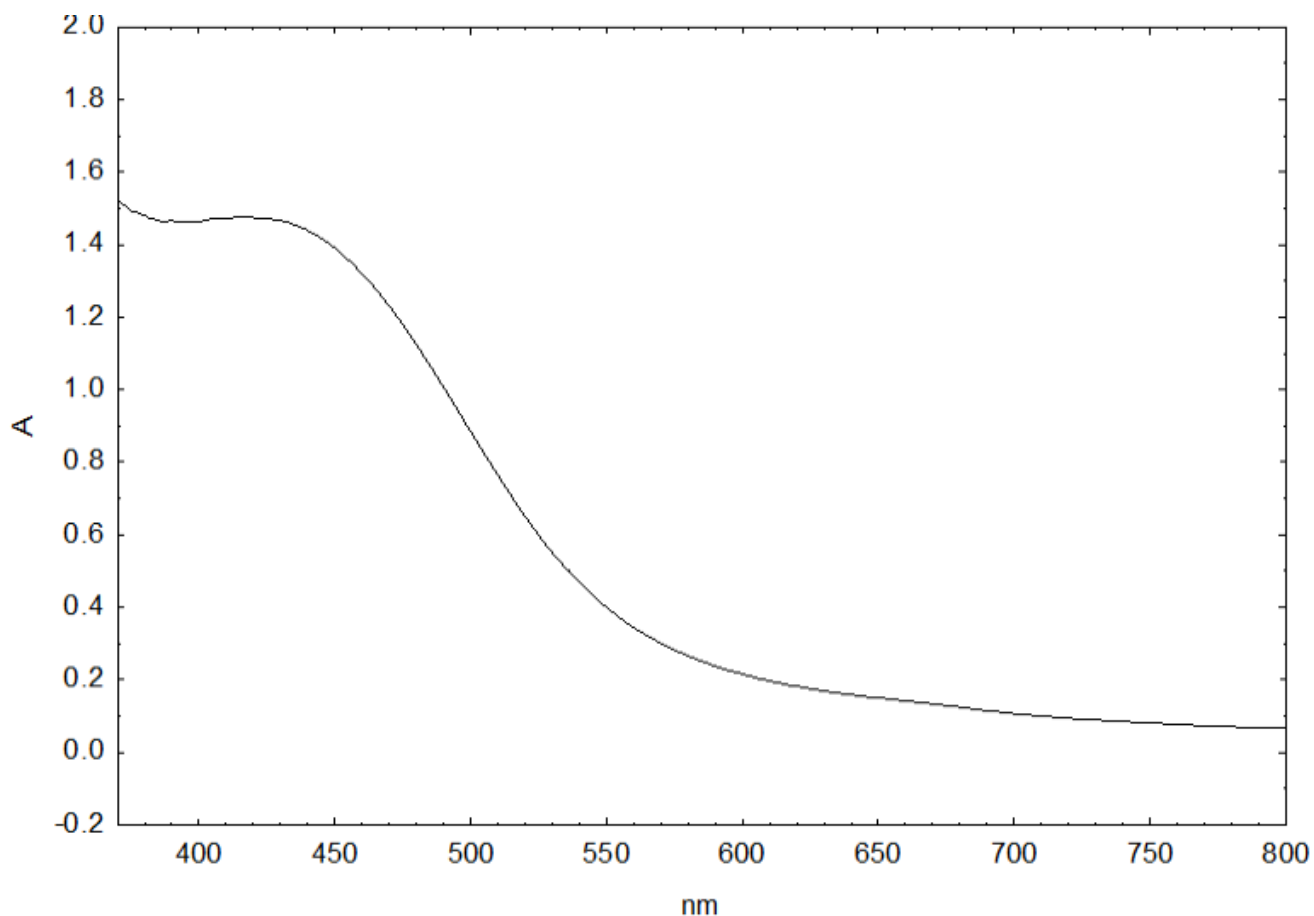
3.1. UV-Vis spektroskopija

Na slici 8 vidljivi su rezultati UV-Vis spektroskopije nanočestica srebra dobivenih iz ekstrakta gljive uzorkovane s drveta trešnje. Jasno izraženi apsorpcijski maksimumi smješteni između 425 nm i 418 nm, ukazuju na formiranje nanočestica. Na slici 8 vidljiv je pomak apsorpcijskog pomaka s 425 nm na 418nm. Pomak prema manjim valnim duljinama (plavi pomak) ukazuje na smanjenje veličine nanočestica srebra, što je suprotno pomaku prema većim valnim duljinama što je pokazatelj njihove aglomeracije [16].



Slika 8. UV-Vis Spektar uzorka gljive sa drveta trešnje u ovisnosti o vremenu

Na slici 9 prikazan je spektar dobiven nakon sinteze nanočestica srebra na istoj vrsti gljive *Irpex laceus*, ali uzorkovane sa sasušenog drveta šljive. Nakon nekoliko dana praćenja UV-Vis spektroskopijom ostao je i nadalje vidljiv samo slabo izražen apsorpcijski maksimum pri cca 417 nm. Iako su za pripremu ekstrakata gljive s drveta šljive i s drveta trešnje korištene iste metode i materijali te su ispitivanja izvedena pod istim uvjetima, rezultati sinteze bili su različiti, a ovi provedeni na ekstraktu s drveta šljive nisu bili zadovoljavajući.

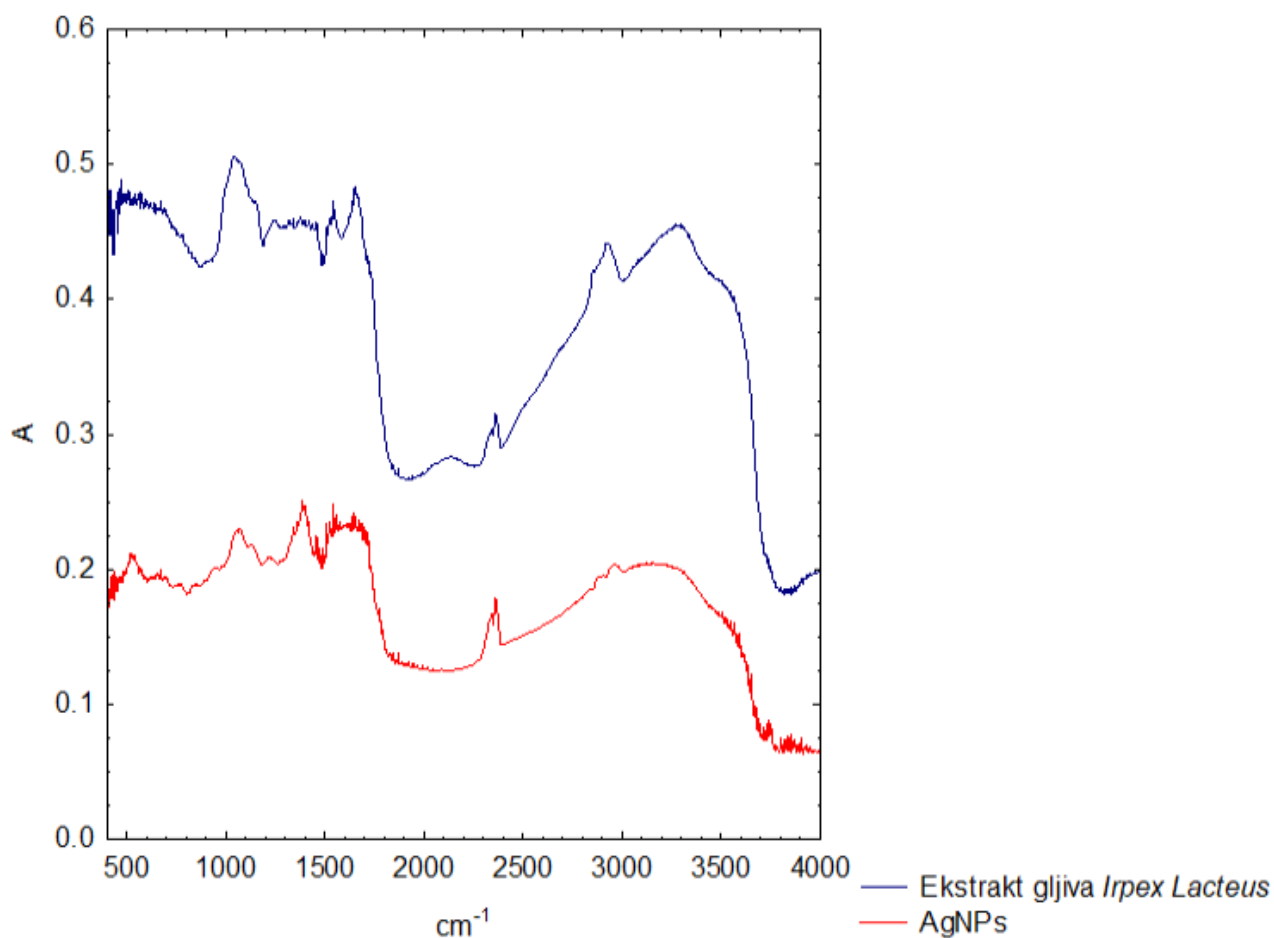


Slika 9. UV-Vis spektar uzorka gljive sa drveta šljive

Zbog navedenih razloga ekstrakt dobiven s drveta šljive nije podvrgnut daljnjim analizama. Jedno od mogućih objašnjenja neuspjele sinteze nanočestica srebra moglo bi biti to što na potpuno osušenom drvetu šljive gljiva nije imala na raspolaganju dovoljno hranjivih tvari, stoga nije niti mogla pokazati takav kapacitet stvaranja nanočestica kakav je imala gljiva uzorkovana na još relativnom „zdravom“ drvetu trešnje.

3.2. FT- IR spektroskopija

Kako bi se utvrdile glavne funkcionalne skupine ekstrakta gljive koje su učestvovala u procesu nastanka nanočestica srebra, dobivene nanočestice pomiješane su s KBr-om u omjeru 1:100, a rezultat je prikazan na slici 10. Usporedbe radi, prikazani su odvojeno spektri ekstrakta i spektar sintetiziranih nanočestica. S obzirom na velik broj vrpci prisutnih u ekstraktu gljive ($900\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$) moguće je zaključiti da je ekstrakt bogat biomolekulama.



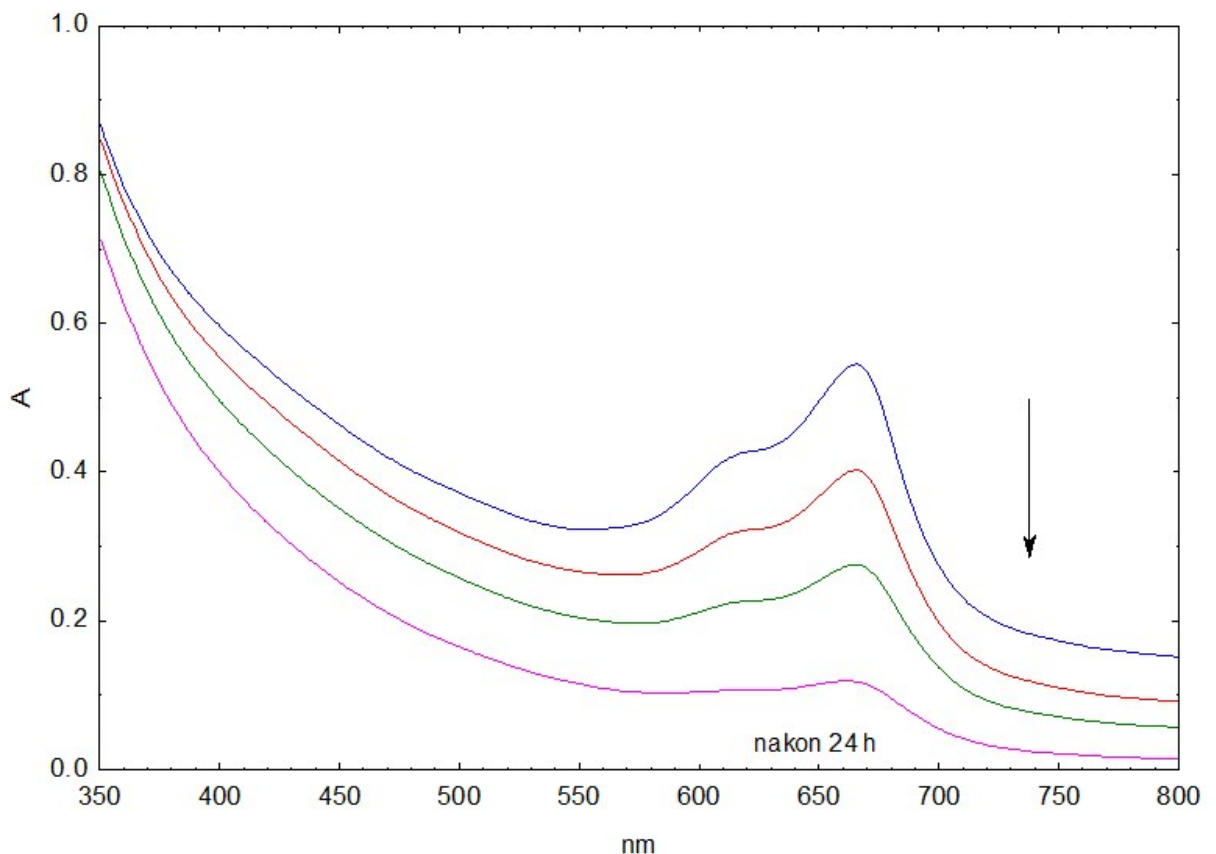
Slika 10. FT- IR spektar uzorka gljive sa drveta trešnje

Vrpce vidljive na spektru ekstrakta gljive (slika 10) *Irpex lacteus* (plava boja) pojavljuju se pri 3300 cm^{-1} , 2947 cm^{-1} , 1653 cm^{-1} , 1543 cm^{-1} , 1383 cm^{-1} , 1240 cm^{-1} , 1082 cm^{-1} i 528 cm^{-1} što se pripisuje vibracijama istezanja -OH skupina alkohola, fenola ili -N-H amina, -CH

istezanju alkana, -C=C alkena ili savijanju -N-H primarnih amina, -N-O nitro spojeva, -C-H alkana, -C-N- aromatskih amina, -C-N alifatskih amina i savijanja -C-C- . Nakon reakcije s AgNO₃ snimanje je ponovljeno, a dobiveni rezultat za nanočestice srebra, prikazan je na slici 10 crvenom bojom. Usporedbom spektara ekstrakta i nanočestica srebra postaju vidljivi pomaci, smanjenje intenziteta i potpuno nestajanje nekih od vrpca prisutnih u ekstraktu gljive. Registrirani su pomaci sa 3300 cm⁻¹ u 3302 cm⁻¹, 2947 cm⁻¹ u 2951 cm⁻¹, 1653 cm⁻¹ u 1670 cm⁻¹, 1543 cm⁻¹ u 1558 cm⁻¹, 1383 cm⁻¹ u 1421 cm⁻¹, 1240 cm⁻¹ u 1255 cm⁻¹, 1082 cm⁻¹ u 1085 cm⁻¹, 528 cm⁻¹ u 543 cm⁻¹ , a došlo je također i do pojave uočljivog smanjenja intenziteta kako vrpca pri 3302 cm⁻¹, 2947 cm⁻¹ tako u određenom stupnju i ostalih vrpca. Ovi rezultati upućuju na zaključak da su u procesu sinteze nanočestica srebra iz vodenog ekstrakta gljive *Irpex lacteus* sudjelovale vjerojatno karboksilne, hidroksilne i amidne skupine.

3.3 Razgradnja metilenskog plavila

Razvojem tekstilne industrije pojavio se problem zagađenja okoliša uzrokovan tekstilnim bojama. Provedbom određenih istraživanja procjenjuje se da prilikom bojenja 10-15% bojila bude otpušteno u vodu bez prethodne obrade. S nastalim problemom počelo je proučavanje novih metoda zbrinjavanja nastalih otpadnih boja. Za tretman takvih otpadnih voda koriste se metode poput adsorpcije, koagulacije i proces membranskih filtracija. Nakon primjene navedenih metoda moguća je pojava sekundarnog problema zagađenja jer se voda ne očisti u potpunosti u prvoj fazi, stoga dio onečišćenja prelazi u drugu fazu [17].



Slika 11. Degradacija metilenskog plavila pomoću nanočestica srebra

Na slici 11 prikazani su rezultati razgradnje metilenskog plavila pomoću nanočestica srebra (1mg/L) dobivenih uz pomoć vodenog ekstrakta gljive. Apsorpcijski spektri pokazali su maksimum pri valnoj duljini od cca 615 nm. Praćeni maksimum značajno se mijenjao tijekom

promatranog vremenskog razdoblja razgradnje. Vrijednosti apsorpcije opadale su s povećanjem vremena izlaganja sunčevom svjetlu, a nakon 24 sata izmjerena je najmanja vrijednost, što je upućivalo na potpunu razgradnju boje. Navedene tvrdnje ukazuju na razgradnju kromofora koji su organski nezasićene tvari odgovorne za karakterističnu boju metilenskog plavila. Dobiveni rezultati ukazuju na visoku fotokatalitičku aktivnost nanočestica srebra dobivenih iz ekstrakta gljive *Irpex lacteus* [17].

4. ZAKLJUČAK

„Zelena kemija“ se definira kao područje kemije koje razvija proizvode i procese koji minimalno utječu na okoliš, pri čemu koristi u cilju smanjenja onečišćenja koristi obnovljive izvore i napredne metode sinteze. Istraživanja na gljivi *Irpex lacteus* široko rasprostranjenoj u svijetu, na našem području do sada nisu učinjena. Rezultati ovoga rada pokazali su da je vodeni ekstrakt gljive *Irpex lacteus* pogodan za sintezu nanočestica, pri čemu se on ujedno pokazao kao iznimno dobar reducirajući i stabilizirajući agens. Potrebna su dodatna istraživanja u smislu pronalaženja najboljih uvjeta njihove sinteze, određivanja veličine kristalita, kao i istraživanja njihovih antibakterijskih svojstava.

5. LITERATURA

- 1- Butumović M.(2019) *Zelena Kemija*. Završni rad. Zagreb: sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno- matematički fakultet.
- 2- Jadoun S. et al.(2021) Green synthesis of nanoparticules using plant extracts: a review. *Enviromental Chemistry Letters*, Vol. 19, No. 1, str. 355- 374.
- 3- Dubey M., Bhadauria S. i Kushwah B. S.(2009) Green Synthesis od Nanosilver Particles from Extract of *Eucaliptus Hybrida*(Safeda) Leaf. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, Vol. 4, No. 3.
- 4- Hussain I. et al.(2016) Green synthesis of nanoparticles and its potential application. *Biotechnol Lett*, 38: 545- 560.
- 5- Yemul N. B., Kanade M. B., Murumkar C. V.(2019). Synthesis of Silver Nanoparticles by using *Irpex lacteus* (Meruliaceae) a wood rotting Aphyllophore. *International Journal od Science Research and Reviews*, Vol. 8, No. 2.
- 6- Rai M. et al.(2021). *Fusarium AS A Novel Fungus for the Synthesis of Nanoparticles: Mechanism and Applications*. *Journal of Fungi*, Vol. 7, No. 139.
- 7- Guilger- Casagrande M. i Lima R.(2019) Synthesis of Silver Nanoparticles Mediated by Fungi: A Review. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, Vol. 7, No. 287.
- 8- Rai M. dr., Bridge P. D.(2009) *Applied mycology*. Wallingford, Oxfordshire, VB; CABI
- 9- Novotný Č. et al. (2009) *Irpex lacteus*, a White- Rot Fungus with Biotechnological Potential- review. *Folia Microbiologica*, Vol. 54, No. 5.
- 10- Kasinath A. et al.(2003) Decolorization od synthetic dyes by *Irpex lacteus* in liquid cultures and packed- bed bioreactor. *Enzyme and Microbial Technology* Vol. 32, No. 1.
- 11- H.- P. Chen et al.(2020) Irlactane and Tremulane Sesquiterpenes from the Cultures of the Medicinal Fungus *Irpex lacteus* HFG1102. *Natural Products and Bioprospecting* Vol. 10, 89- 100.
- 12- Ibrahim H. M. M.(2015) Green synthesis of silver nanoparticles using banana peel extract and their antimicrobial activity against representative microorganisms. *Journal od Radiation Research and Applied Sciences* Vol. 8, No. 3.

- 13- Hou W., Cronin S. B.(2013) A Review of Surface Plasmon Resonance- Enhanced Photocatalysis. *Advanced Functional Materials* Vol. 23.
- 14- Picollo M., Aceto M., Vitorino T.(2019) UV-Vis spectroscopy. *Physical Sciences Reviews*, Vol. 4, No. 4.
- 15- Puviarasan N., Arjunan V., Mohan S.(2002) FT- IR and FT- Raman Studies on 3-Aminophthalhydrazide and N- Aminophthalimide. *Turkish Journal of Chemistry*, Vol. 25, No. 3.
- 16- Ndikau M., et al.(2017) Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using *Citrullus lanatus* Fruit Rind Extract. *International Journal of Analytical Chemistry*, Vol. 2017, Article ID 8108504, 9 stranica.
- 17- Jun Y., Chaoxia W.(2010) Decolorization of Methylene Blue with TiO₂ Sol via UV Irradiation Photocatalytic Degradation. *International Journal of Photoenergy* Vol. 2010.