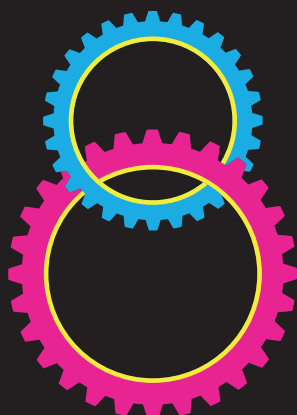


# TEHNOLOGIJADA 2022.

24. MEĐUNARODNO ZNANSTVENO-SPORTSKO NATJECANJE

ZBORNİK SAŽETAKA



TEHNOLOGIJADA  
ROVINJ 2022.

Rovinj, 2. – 8. svibnja 2022.



TEHNOLOGIJADA 2022.  
ZBORNİK SAŽETAKA

---

## **IMPRESUM**

### **ZA IZDAVAČA**

prof. dr. sc. Nikola Mrvac, dekan

### **IZDAVAČ**

Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

### **GLAVNI UREDNIK**

Marko Maričević

### **UREDNIŠTVO**

Rino Bolić

Lana Makovec

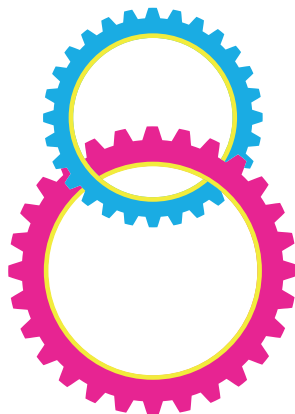
### **GRAFIČKI UREDNIK**

Zvonimir Džoić

# TEHNOLOGIJADA 2022.

24. MEĐUNARODNO ZNANSTVENO-SPORTSKO NATJECANJE

ZBORNİK SAŽETAKA ZNANSTVENIH RADOVA  
PREZENTIRANIH NA 24. MEĐUNARODNOM  
ZNANSTVENO-SPORTSKOM NATJECANJU  
TEHNOLOGIJADA 2022.



Rovinj, 2. – 8. svibnja 2022.



# SADRŽAJ

## FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE (SVEUČILIŠTE U ZAGREBU)

KARAKTERIZACIJA PH SENZORSKIH FILMOVA PRIPREMLJENIH SOL-GEL METODOM CHARACTERIZATION OF PH SENSOR FILMS PREPARED BY THE SOL-GEL METHOD .....	10
NOVI DERIVATI BENZOKSAZOLA I BENZOTIAZOLA: SINTEZA, STRUKTURNA KARAKTERIZACIJA I ANTIBAKTERIJSKA ISPITIVANJA NEW BENZOXAZOLE AND BENZOTHIAZOLE DERIVATIVES: SYNTHESIS, STRUCTURAL CHARACTERIZATION AND ANTIBACTERIAL STUDY .....	12
ODREĐIVANJE EKOTOKSIČNOSTI I BIOTIČKE RAZGRADNJE MIKROPLASTIKE U OKOLIŠU DETREMINATION OF ECOTOXICITY AND BIOTIC DEGRADATION OF MICROPLASTICS IN THE ENVIRONMENT.....	14
SINTEZA I BIOLOŠKA ISPITIVANJA KONJUGATA 2-SUPSTITUIRANIH BENZAZOLA I THIOUREE TE NJIHOVIH KOMPLEKSA S RU(II) SYNTHESIS AND BIOLOGICAL EVALUATION OF 2-SUBSTITUTED BENZAZOLE AND THIOUREA CONJUGATES AND THEIR COMPLEXES WITH RU(II).....	16
SINTEZA, STRUKTURNA KARAKTERIZACIJA I ANTIOKSIDATIVNA AKTIVNOST NOVIH KONJUGATA KUMARINA I IMIDAZO[4,5-B]PIRIDINA SYNTHESIS, STRUCTURAL CHARACTERIZATION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF NEW COUMARINE AND IMIDAZO [4,5-B] PYRIDINE CONJUGATES .....	18

## FAKULTET ZA KEMIJO IN KEMIJSKO TEHNOLOGIJO (SVEUČILIŠTE U LJUBLJANI)

3D NATISNJENI MOLEKULSKI MODELI V KEMIJSKIH UČILNICAH 3D PRINTED MOLECULAR MODELS IN CHEMISTRY CLASSROOMS .....	22
HIBRIDNE SOL-GEL PREVLEKE Z DODATKOM CERIJEVIH SOLI ZA IZBOLJŠANJE PROTIKOROZIJSKE ZAŠČITE AA7075-T6 HYBRID SOL-GEL COATINGS DOPED WITH CERIUM SALTS TO ENHANCE THE CORROSION PROTECTION OF AA7075-T6 .....	24
MODELIRANJE REVERZNO-FAZNIH KROMATOGRFSKIH SEPARACIJ S HANSENOVI PARAMETRI TOPNOSTI MODELLING REVERSED-PHASE CHROMATOGRAPHIC SEPARATIONS WITH HANSEN SOLUBILITY PARAMETERS .....	26
PRESEJALNI TEST ZA OPTIMIZACIJO VGRADNJE NESTANDARDNIH AMINOKISLIN V POROTVORNE PROTEINE S FUZIJSKIM ZELENIM FLUORESCENČNIM PROTEINOM (GFP) OPTIMIZING THE INCORPORATION OF NON-CANONICAL AMINO ACIDS INTO PORE-FORMING PROTEINS WITH THE GREEN FLUORESCENT PROTEIN (GFP) SCREENING ASSAY .....	28
UČINKOVITOST OZONACIJE ZA ZMANJŠEVANJE EMISIJ OKOLJSKO STABILNIH ANTIBIOTIKOV THE EFFICIENCY OF OZONATION FOR REDUCTION OF EMISSIONS OF ENVIRONMENTALLY PERSISTANT ANTIBIOTICS .....	30

## **GRAFIČKI FAKULTET (SVEUČILIŠTE U ZAGREBU)**

ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ MODELA ZAMJENSKOG DIJELA EKSTREMITETA RESEARCH AND DEVELOPMENT OF LIMB REPLACEMENT MODEL .....	34
MODEL ZAMJENE OPTIČKIH ELEMENATA KORISTEĆI EPOKSIDNU SMOLU I AGLAS MODEL OF REPLACEMENT OF OPTICAL ELEMENTS USING EPOXY RESIN AND PLEXIGLASS .....	35
NAPREDNI KOMPOZITI U 3D TISKU ADVANCED COMPOSITES IN 3D PRINT .....	36
UMJETNOM INTELIGENCIJOM POTPOMOŠNUTI ERP SUSTAV I UPRAVLJANJE ZALIHAMA ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTED ERP SYSTEM AND INVENTORY MANAGEMENT .....	37
ZAŠTITA I MODIFIKACIJA SVOJSTAVA FLEKSOTISKARSKOG UV LUMINISCENTNOG OTISKA DODATKOM $\text{SiO}_2$ , $\text{TiO}_2$ I ZNO NANOČESTICA PROTECTION AND MODIFICATION OF FLEX-PRINTING UV LUMINISCENT IMPRINT PROPERTIES WITH ADDITION OF $\text{SiO}_2$ , $\text{TiO}_2$ I ZNO NANOPARTICLES .....	38

## **KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET (SVEUČILIŠTE U SPLITU)**

ODREĐIVANJE PENICILAMINA U FARMACEUTSKIM PRIPRAVCIMA KINETIČKOM METODOM ANALIZE UZ SPEKTROFOTOMETRIJSKI DETEKTOR DETERMINATION OF PENICILLAMINE IN PHARMACEUTICAL FORMULATIONS USING KINETIC METHOD WITH SPECTROPHOTOMETRIC DETECTOR.....	42
SINTEZA I EVALUACIJA CITOTOKSIČNOSTI KONJUGATA 3-AMINOFENILBORONIČNE I CIMETNE KISELINE SYNTHESIS AND EVALUATION OF CYTOTOXICITY OF CINNAMIC ACID-3-AMINOPHENYLBORONIC CONJUGATE.....	44
ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE IONA TEŠKIH METALA ELEKTROKEMIJSKIM METODAMA DETERMINATION OF HEAVY METAL ION CONCENTRATION BY ELECTROCHEMICAL METHODS ....	46
UTJECAJ BRZINE VRTNJE TURBINSKOG MIJEŠALA NA SORPCIJU BAKRA NA ZEOLITU IMPACT OF TURBINE IMPELLER ON COPPER SORPTION ON ZEOLITE.....	47
ISPITIVANJE IONSKO – SELEKTIVNIH MEMBRANA NA BAZI $\text{FeS}$ , $\text{Ag}_2\text{S}$ I PTFE NA ODZIV PREMA ŽELJEZOVIM (II) I ŽELJEZOVIM (III) KATIONIMA TESTING OF RESPONSE OF THE ION SELECTIVE MEMBRANS MADE OF $\text{FeS}$ , $\text{Ag}_2\text{S}$ AND PTFE ON FERROUS AND FERRIC IONS .....	48

## **METALURŠKI FAKULTET SISAK (SVEUČILIŠTE U ZAGREBU)**

BIORAZGRADNJA MATERIJALA NA BAZI TERMOPLASTIČNOG ŠKROBA PROCESOM KOMPOSTIRANJA BIODEGRADATION OF MATERIALS BASED ON THERMOPLASTIC STARCH BY COMPOSTING PROCESS.....	52
PROCJENA UTJECAJA METALOGRAFSKE PRIPREME NA VICKERSOVU TVRDOĆU TITANSKE LEGURE NUMERIČKOM ANALIZOM ESTIMATION OF METALLOGRAPHIC PREPARATION ON THE VICKERS HARDNESS OF TITANIUM ALLOY BY NUMERICAL ANALYSIS .....	54



UTJECAJ RELATIVNOG STUPNJA SABIJANJA NA TVRDOĆU ČELIKA ZA POBOLJŠAVANJE INFLUENCE OF RELATIVE COMPRESSION DEGREE ON HARDNESS OF HARDENING STEEL .....	56
--	----

### **PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET (SVEUČILIŠTE U ZAGREBU)**

EKSPRESIJA REKOMBINANTNIH LITIČKIH POLISAHARIDNIH MONOOKSIGENAZA IZ PAPTATI EXPRESSION OF RECOMBINANT LYCIC POLYSACCHARIDE MONOOXIGENASES FROM FERNS ....	60
MOGUĆNOST PRIMJENE NIR-SPEKTROSKOPIJE U KONTROLI KVALITETE TABLETA S ACETILSALICILNOM KISELINOM KAO AKTIVNOM TVARI POTENTIAL APPLICATION OF NEAR INFRARED SPECTROSCOPY IN QUALITY MONITORING OF DRUGS WITH ACETYLSALICYLIC ACID AS ACTIVE SUBSTANCE.....	62
NEKODIRAJUĆA <i>ANTISENSE</i> RNA REGULIRA TRANSKRIPCIJU GENA <i>PHO5</i> NON-CODING ANTISENSE RNA REGULATES <i>PHO5</i> GENE TRANSCRIPTION .....	64
SINTEZA, KONFORMACIJSKA ANALIZA I BIOLOŠKA EVALUACIJA TRIPEPTIDÂ IZVEDENIH IZ FEROCEN-1,1'-DIAMINA S ALA-PRO SEKVENCOM SYNTHESIS, CONFORMATIONAL ANALYSIS, AND BIOLOGICAL EVALUATION OF TRIPEPTIDES DERIVED FROM FERROCENE-1,1'-DIAMINE AND ALA-PRO SEQUENCE .....	66
ULOGA RNA EGZOSOMA U ODRŽAVANJU STABILNOSTI STANIČNE STIJENKE KVASCA THE ROLE OF THE RNA EXOSOME IN MAINTAINING YEAST CELL WALL STABILITY .....	68

### **PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET (SVEUČILIŠTE J.J. STROSSMAYERA U OSIJEKU)**

PROIZVODNJA PIĆA NA BAZI SLADOVINE SA DODATKOM SOKA OD ARONIJE PRODUCTION OF WORT BASED BEVERAGE WITH THE ADDITION OF CHOKEBERRY JUICE.....	72
SUBKRITIČNA EKSTRAKCIJA BIOAKTIVNIH KOMPONENTI IZ TALOGA KAVE I LJUSKE CRVENOG LUKA SUBCRITICAL EXTRACTION OF BIOACTIVE COMPONENTS FROM SPENT COFFEE GROUNDS AND BROWN ONION SKINS .....	74

### **TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET (SVEUČILIŠTE U ZAGREBU)**

PRIMJENA VLAKANA SIDA HERMAPHRODITA L. ZA OJAČALA BIOKOMPOZITA APPLICATION OF SIDA HERMAPHRODITA L. FIBER FOR BIOCOMPOSITE REINFORCEMENTS.....	78
SMANJENJE OTPUŠTANJA ČESTICA MIKROPLASTIKE MODIFIKACIJOM POLIESTERSKE TKANINE KITOZANOM REDUCTION OF MICROPLASTIC PARTICLES RELEASE BY MODIFICATION OF POLYESTER FABRIC WITH CHITOSAN .....	79
UTJECAJ OBRADNE PROTIV GORENJA U PROCESIMA DIGITALNOG TISKA NA TKANINAMA U ATLAS I PLATNO VEZU INFLUENCE OF FIRE RETARDANT IN DIGITAL PRINTING PROCESSES ON FABRICS IN SATIN AND PLAIN WEAVE .....	80



**FAKULTET KEMIJSKOG  
INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE**  
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

**KARAKTERIZACIJA PH SENZORSKIH FILMOVA  
PRIPREMLJENIH SOL-GEL METODOM  
CHARACTERIZATION OF PH SENSOR FILMS  
PREPARED BY THE SOL-GEL METHOD**

**Inga Geršak\*, Katarina Marija Drmić**

Mentor: prof. dr. sc. Domagoj Vrsaljko, Marijan-Pere Marković

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije,  
Marulićev trg 19 10000 Zagreb  
igersak@fkit.hr

Smjesa za dobivanje pH senzorskih filmova pripravljena je sol-gel metodom uz uporabu tetraetoksisilana (TEOS) i feniltrimetoksisilana (FTMS) kao silanskih prekursora, etanola kao otapala i klorovodične kiseline (HCl) kao katalizatora uz dodatak metil crvenog kao pH indikatora. Testne pločice korištene kao nosači senzorskih filmova su proizvedene korištenjem stereolitografije (SLA), tehnologije 3D-ispisa, a materijal korišten za izradu bio je poliakrilat Clear V4 u obliku kapljevite smole. Cilj ovog rada bio je odrediti radno područje senzorskih filmova nakon imobilizacije pH indikatora te karakterizirati funkcionalne skupine. Za karakterizaciju funkcionalnih skupina korištena je infracrvena spektroskopija s Fourierovom transformacijom (FTIR), a stupanj očvršćenja (DOC) smole korištene za izradu pločica pomoću diferencijalne pretražne kalorimetrije (DSC). Također, istražen je stupanj bubrenja i promjena hidrofilnosti površine te utjecaj naknadnog očvršćivanja testnih pločica na adheziju filma. Funkcionalnost i radno područje senzorskog filma ispitani su postavljanjem testnih pločica prekrivenih pH senzorskim filmovima u deset otopina različitih pH vrijednosti. Nakon ispitivanja može se zaključiti da pH senzorski film mijenja boju ovisno o pH-vrijednosti otopine već nakon jedne minute što ukazuje na to da se ovako dobiveni senzorski filmovi mogu primjenjivati unutar cijevnih mili- i mikroreaktorima.

*Ključne riječi: pH senzorski filmovi, sol-gel metoda, stereolitografija*

The pH sensor film mixture was prepared by the sol-gel method. Tetraethoxysilane (TEOS) and phenyltrimethoxysilane (FTMS) were used as precursors with ethanol as solvent, hydrochloric acid was used as catalyst and methyl red as a pH indicator. The test plates used as sensor film carriers were manufactured using stereolithography (SLA), a 3D-printing technology. The material used for manufacturing was polyacrylate Clear V4 resin. The aim of this work was to determine the working range of the sensor films after immobilization of the pH indicator and to characterize the functional groups. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) was used to characterize the functional groups, and the degree of cure (DOC) of the resin used for fabrication of the plates was determined by the differential scanning calorimetry (DSC) method. In addition, the swelling and the change in the hydrophilicity of the surface as well as the effects of post-curing of the test plates on the film adhesion were investigated. The functionality and working range of the sensor film were investigated by placing the test plates covered with pH

sensor films in ten solutions with different pH values. After the test, it can be concluded that the pH sensor film changes color after one minute depending on the pH value of the solution and therefore can be applied inside tubular mili- and microreactors.

*Keywords: pH sensor films, sol-gel method, stereolithography*

**ACKNOWLEDGEMENTS:** *This work has been supported by European Regional Development Fund under the project: OS-Mi (KK.01.1.1.04.0006) and by Croatian Science Foundation under the project DOK-2021-02-5999.*

**NOVI DERIVATI BENZOKSAZOLA I BENZOTIAZOLA:  
SINTEZA, STRUKTURNA KARAKTERIZACIJA I  
ANTIBAKTERIJSKA ISPITIVANJA**

**NEW BENZOXAZOLE AND BENZOTHIAZOLE DERIVATIVES:  
SYNTHESIS, STRUCTURAL CHARACTERIZATION AND  
ANTIBACTERIAL STUDY**

**Antonija Jelčić i Antonija Mamić**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Tatjana Gazivoda Kraljević

Zavod za organsku kemiju  
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije  
Marulićev trg 19, Zagreb  
ajelcic@fkit.hr, amamic@fkit.hr

U radu je opisana sinteza novih derivata benzoksazola i benzotiazola, njihova strukturna karakterizacija  $^1\text{H}$ - i  $^{13}\text{C}$ -NMR spektroskopijom te antibakterijska aktivnost. Reakcijom 4-hidroksibenzaldehida i odgovarajućih alkilirajućih reagenasa pripremljeni su *O*-alkilirani benzaldehidi koji su uz različito supstituirane *ortho*-aminofenole, prevedeni u derivate Schiffovih baza čijom su oksidativnom ciklizacijom sintetizirani ciljani derivati benzoksazola. Propargilirani derivati benzoksazola i benzaldehida, ključni prekursori za klik reakcije, pripremljeni su mikrovalovima potpomognutom reakcijom derivata benzoksazola, odnosno 2-hidroksibenzaldehida s propargil-bromidom uz  $\text{K}_2\text{CO}_3$  kao bazu. Reakcijom ciklizacije dobiveni *O*-propargilbenzaldehyd je preveden s *ortho*-aminotiofenolom uz  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  kao oksidacijsko sredstvo u propargilirani derivat benzotiazola. Ciljani 1,2,3-triazolni derivati benzoksazola sintetizirani su bakrom(I) kataliziranim klik reakcijama s odgovarajućim azidima konvencionalno, dok su ciljani 1,2,3-triazolni derivati benzotiazola priređeni mehanokemijskim klik reakcijama. Svim novopripremljenim spojevima struktura je potvrđena  $^1\text{H}$ - i  $^{13}\text{C}$ - NMR spektroskopijom te je ispitano njihovo antibakterijsko djelovanje na Gram-pozitivne i Gram-negativne bakterije. Moguće biološke mete i farmakološko djelovanje sintetiziranih spojeva predviđeni su *in silico* analizom (PASS).

*Ključne riječi: benzoksazol, benzotiazol, Huisgenova 1,3-dipolarna cikloadicija, 1,2,3-triazol, klik reakcija, mehanokemijske reakcije, mikrovalovima potpomognute reakcije, eutektička otapala (DES), antibakterijska ispitivanja*

The paper describes the synthesis of new benzoxazole and benzothiazole derivatives, their structural characterization by  $^1\text{H}$ - and  $^{13}\text{C}$ -NMR spectroscopy and antibacterial activity. By the reaction of 4-hydroxybenzaldehyde and appropriate alkylating reagents, *O*-alkylated benzaldehydes were prepared and with various substituted *ortho*-aminophenols, were converted into derivatives of Schiff bases whose oxidative cyclization synthesized the target benzoxazole derivatives. Propargylated benzoxazole and benzaldehyde derivatives, key precursors for the click reaction, were prepared by microwave-assisted reaction of benzoxazole derivatives and

2-hydroxybenzaldehyde, apropos, propargyl bromide with  $K_2CO_3$  as a base. The cyclization reaction obtained O-propargylbenzaldehyde was converted with *ortho*-aminothiophenol using  $Na_2S_2O_5$  as oxidizing agent to the propargylated benzothiazole derivative. Targeted 1,2,3-triazole benzoxazole derivatives were synthesized conventionally by copper (I) catalyzed click reactions with the corresponding azides, while target 1,2,3-triazole benzothiazole derivatives were prepared by mechanochemical click reactions. The structures of all newly prepared compounds were confirmed by  $^1H$ - and  $^{13}C$ -NMR spectroscopy and an antibacterial study was examined on Gram-positive and Gram-negative bacteria. Possible biological targets and pharmacological activity of the synthesized compounds were predicted by *in silico* analysis (PASS).

*Key words: benzoxazole, benzothiazole, Huisgen 1,3-dipolar cycloaddition, 1,2,3-triazole, click reaction, mechanochemical reactions, microwave-assisted reaction, eutectic solvents (DES), antibacterial study*

## **ODREĐIVANJE EKOTOKSIČNOSTI I BIOTIČKE RAZGRADNJE MIKROPLASTIKE U OKOLIŠU**

### **DETERMINATION OF ECOTOXICITY AND BIOTIC DEGRADATION OF MICROPLASTICS IN THE ENVIRONMENT**

**Marija Kuštro**

Mentor: doc. dr. sc. Dajana Kučić Grgić

Zavod za industrijsku ekologiju,  
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu,  
Marulićev trg 19, 10000 Zagreb, Hrvatska  
mkustro@fkit.hr

Zbog sve veće upotrebe te nepravilnim rukovanjem i odlaganjem, plastika dospjeva u sve sastavnice okoliša gdje se pod utjecajem vremenskih uvjeta razlaže na manje čestice. Mikroplastika (MP) veličine je manje od 5 mm te je predmet brojnih istraživanja zbog potencijalnog štetnog utjecaja na žive organizme. MP-e sadrži u svom sastavu razne aditive zbog poboljšanja svojstava i tijekom vremena bivaju ispušteni u okoliš, što predstavlja dodatnu prijetnju organizmima. Potaknuti zabrinutošću za okoliš i zdravlje ljudi, provode se brojna ekotoksikološka istraživanja te se istražuju nove metode i tehnologije za uklanjanje MP-a, a jedna od njih je biotička razgradnja primjenom mikroorganizama.

U ovome radu provela su se ekotoksikološka ispitivanja utjecaja MP-a na slatkovodnu mikroalgu *Scenedesmus* sp. s ciljem utvrđivanja štetnog utjecaja. Mikroalga *Scenedesmus* sp. izlagala se različitim koncentracijama (50; 250; 500; 750 i 1000 mg/L) i veličinama čestica (100 – 300; 300 – 500 i 500 – 710  $\mu\text{m}$ ) polietilena (PE), polipropilena (PP), polistirena (PS), poli(vinil-klorida) (PVC) i poli(etilen-tereftalata) (PET). Pratio se broj živih stanica mikroalge (CFU) i morfološke promjene. Prema dobivenim rezultatima, vidljivo je da različite koncentracije i veličine čestica imaju različit utjecaj na mikroalgu. Sve vrste MP-a uzrokovale su najveću inhibiciju rasta pri najvećoj koncentraciji (1000 mg/L) i najmanjoj veličini čestica (100 – 300  $\mu\text{m}$ ). PE se pokazao najtoksičnijim polimerom s inhibicijom rasta od 12,99 %, dok se PET pokazao najmanje toksičan s inhibicijom rasta od 4,51 %. Mikrofotografije mikroalge snimljene optičkim mikroskopom ukazuju da MP-e nije uzrokovala morfološke promjene mikroalge. Shodno navedenom, zaključeno je da toksičan utjecaj MP-a na mikroalgu ovisi o veličini, koncentraciji i vrsti MP-a.

Nakon provedenog ekotoksikološkog ispitivanja provodio se pokus biorazgradnje PVC-a primjenom mikroorganizama, tj. kvasaca izoliranih iz okoliša – *Rhodotorula glutinis*, *Geotrichum candidum*, *Saccharomyces cerevisiae* i *Candida parapsilosis* tijekom 30 dana. Tijekom pokusa biorazgradnje pratili su se određeni pokazatelji poput: broja živih stanica kvasaca (CFU), promjene u morfologiji stanica kvasca, koncentracije organskog, anorganskog i ukupnog ugljika u sustavu (TOC, IC i TC), aditiva u MP-u (HPLC/MS analiza) te toksičnost vodene faze primjenom morske bakterije *Vibrio fischeri*. Čestice PVC-a analizirane su prije i nakon procesa biorazgradnje primjenom FTIR-ATR spektroskopije. Tijekom procesa biorazgradnje CFU vrijednost je rasla kod kvasaca, *Candida parapsilosis* i *Rhodotorula glutinis*, dok kod ostala dva kvasca taj trend nije bio vidljiv. Povećanje koncentracije TOC-a tijekom procesa ukazuje da je došlo do narušavanja



strukture MP-a i otpuštanja aditiva, što je HPLC/MS analizom dodatno potvrđeno. EC20 vrijednost vodene faze na kraju procesa iznosila je za *Rhodotorula glutinis* 1,43 %, *Geotrichum candidum* 7,10 %, *Saccharomyces cerevisiae* 1,07 % i *Candida parapsilosis* 30,23 %. FTIR-ATR spektroskopija pokazuje da je došlo do promjena u funkcionalnim skupinama, nastanku novih i gubitku postojećih skupina, te je vidljivo smanjenje intenziteta pikova apsorpcijskih vrpca, što ukazuje da kvasci učinkovito koriste MP-e kao izvor ugljika. Međutim, da bi došlo do potpune mineralizacije MP-a potrebno je istraživanja provoditi duže od 30 dana i ispitati optimalne uvjete biorazgradnje.

*Ključne riječi: mikroplastika, Scenedesmus sp., biorazgradnja, Rhodotorula glutinis, Geotrichum candidum, Saccharomyces cerevisiae, Candida parapsilosis*

**ZAHVALA:** Ovo istraživanje provedeno je u sklopu projekta *Primjena naprednih tehnologija obrade voda za uklanjanje mikroplastike (AdWaTMiR, IP-2019-04-9661)* financiranog od strane Hrvatske zaklade za znanost.

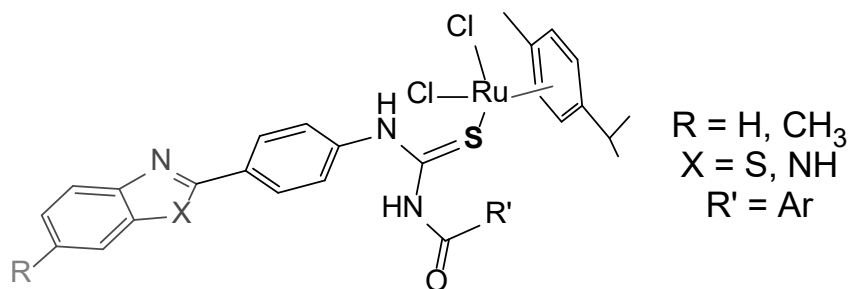
# SINTEZA I BIOLOŠKA ISPITIVANJA KONJUGATA 2-SUPSTITUIRANIH BENZAZOLA I TIOUREE TE NJIHOVIH KOMPLEKSA S RU(II) SYNTHESIS AND BIOLOGICAL EVALUATION OF 2-SUBSTITUTED BENZAZOLE AND THIOUREA CONJUGATES AND THEIR COMPLEXES WITH RU(II)

Leon Sačer, Josipa Šajnović

Mentor: prof.dr.sc. Silvana Raić-Malić

Zavod za organsku kemiju,  
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu  
lsacer@fkit.hr, jsajnovic@fkit.hr

Anorganska medicinska kemija, koja u posljednje vrijeme dobiva sve više na važnosti, usmjerena je na primjenu lijekova koji sadrže metale, inhibitore metaloenzima te metalnih kompleksa u dijagnostici tumorskih i neuroloških oboljenja. Biološko djelovanje metalnih kompleksa najčešće je posljedica katalitičke aktivnosti, oksidoredukcijskih i fotokemijskih svojstava ili ravnotežnih reakcija liganda i metalnog iona koje dovode do stvaranja biološki aktivnih vrsta. U medicinskoj kemiji acil-tiourea vrlo je interesantna farmakoforna skupina jer je hibrid amidne i tioamidne skupine, a takva molekularna okosnica sastoji se od sustava donora i akceptora vodikovih veza koji su sposobni sudjelovati u stvaranju elektrostatskih interakcija i vodikovih veza s biološkom metom, a pobočne skupine omogućuju fino podešavanje svojstava molekula te optimiranje fizikalno-kemijskih karakteristika značajnih za farmakološka svojstva molekule. U ovom je radu provedena sinteza konjugata benzazola i tiouree s potencijalnom citostatskom aktivnošću te njihovih metalnih kompleksa s Ru(II). Ciljani derivati *N*-aciltiouree pripremljeni su *one-pot* metodom iz acil-klorida, preko acil-tiocijanatnog intermedijara te adicijom 2-(4-aminofenil)benzazola. Derivati 2-(4-aminofenil)benzazola pripremljeni reakcijom kondenzacije *o*-aminotiofenola, odnosno *o*-fenilendiamina s *p*-aminobenzojevom kiselinom u polifosfornoj kiselini. Dobivene acil-tiouree korištene su kao monodentatni ligandi u sintezi kompleksa opće formule  $[Ru(p\text{-cimen})L]Cl_2$  gdje do koordinacije metalnog iona dolazi preko tiokarbonilne skupine. Kristalne strukture Ru(II) kompleksa određene su difrakcijom rendgenskog zračenja na monokristalu.



**Ključne riječi:** citostatska aktivnost, 2-(4-aminofenil)benzazol, *N*-aciltiourea, rutenijev(II) kompleks

Inorganic medicinal chemistry, which has lately become increasingly important, is focused on the use of metallodrugs, metalloenzyme inhibitors and metal complexes in diagnostics of cancer and neurological disorders. The biological activity of metal complexes is often the result of catalytic activity, redox and photochemical properties, or equilibrium reactions of the ligand and metal ion that lead to the formation of biologically active compounds. Acyl thiourea is a very interesting pharmacophore in medicinal chemistry as a result of being a hybrid of the amide and thioamide groups. As such, hydrogen bond donors and acceptors of acyl thiourea are able to participate in electrostatic interactions and hydrogen bond formation with biological targets. Also, side substituents allow fine-tuning of molecular properties and optimization of physicochemical characteristics which are significant for pharmacological properties of biologically active molecules. In this work, the synthesis of benzazole and thiourea conjugates with potential cytostatic activity and their Ru(II) complexes was performed. Targeted *N*-acylthiourea derivatives were prepared by *one-pot* method from acyl chloride, by addition of 2-(4-aminophenyl) benzazole, which was prepared by condensation of *o*-aminothiophenol or *o*-phenylenediamine with *p*-aminobenzoic acid in polyphosphoric acid, to an acyl thiocyanate intermediate. The obtained acyl thioureas were used as monodentate ligands in the synthesis of metal complexes with the chemical formula [Ru(*p*-cymene)L]Cl<sub>2</sub>, where the thiocarbonyl group coordinates metal ion. The crystal structures of the Ru(II) complexes were determined by single-crystal X-ray diffraction.

*Keywords:* cytotoxic activity, 2-(4-aminophenyl)benzazole, *N*-acylthiourea, ruthenium(II) complex

**SINTEZA, STRUKTURNA KARAKTERIZACIJA I ANTIOKSIDATIVNA  
AKTIVNOST NOVIH KONJUGATA KUMARINA I  
IMIDAZO[4,5-B]PIRIDINA**

**SYNTHESIS, STRUCTURAL CHARACTERIZATION AND ANTIOXIDANT  
ACTIVITY OF NEW COUMARINE AND  
IMIDAZO [4,5-B] PYRIDINE CONJUGATES**

**Corina Šljubura<sup>1</sup>**

Mentorica: prof. dr. sc. Marijana Hranjec <sup>1</sup>  
(komentorica: Kristina Starčević<sup>2</sup>, asistentica: Ida Boček<sup>1</sup>)

<sup>1</sup> Zavod za organsku kemiju, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije,  
Marulićev trg 19, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup> Zavod za kemiju i biokemiju, Veterinarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu,  
Heinzlova ul. 55, HR-10000 Zagreb, Hrvatska  
*csljubura@fkit.hr*

Derivati imidazo[4,5-b]piridaina, svestrani purinski izosteri, važna su skupina heterocikličkih spojeva jer pokazuju širok spektar biološkog djelovanja. U ovom radu opisana je sinteza i strukturna karakterizacija novih N-supstituiranih derivata imidazo[4,5-b]piridina. Ciljani spojevi priređeni su klasičnim reakcijama organske sinteze te sinteze potpomognute mikrovalovima. U prvom koraku sinteze, mikrovalovima potpomognutom aminacijom 2-klor-3-nitropiridina uz odgovarajući amin priređeni su 2-amino-3-nitropiridini. Diamino supstituirani piridini priređeni su redukcijom kataliziranom s Pd/C. U reakciji ciklokondenzacije diamino supstituiranih piridina s esterom priređeni su glavni prekursori, 2-cijanometilimidazo[4,5-b]piridini. Reakcijom aldolne kondenzacije iz glavnih prekursora te odgovarajućih odabranih aromatskih aldehida priređeni su iminokumarinski derivati. Amino supstituirani iminokumarin priređen je redukcijom nitro supstituiranog iminokumarina s SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O. Kod pripreve metoksi i nitro supstituiranih iminokumarina utvrđeno je nastajanje smjese iminokumarina i pentacikličkih derivata koji su uspješno razdvojeni kolonskom kromatografijom. Strukture novopriređenih spojeva potvrđene su <sup>1</sup>H i <sup>13</sup>C NMR spektroskopijom, kao i MS spektrometrijom. Ispitana je antioksidativna aktivnost priređenim spojevima metodama DPPH i FRAP.

*Ključne riječi: imidazo[4,5-b]piridini, aminacija, ciklokondenzacija, redukcija, MW potpomognuta sinteza, <sup>1</sup>H NMR i <sup>13</sup>C NMR spektroskopija, MS spektrometrija, antioksidativna aktivnost.*

Imidazo[4,5-b]pyridine derivatives, versatile purine isosters, are an important group of heterocyclic compounds since they exhibit a broad spectrum of biological activity. This work describes the synthesis and structural characterization of new N-substituted derivatives of imidazo[4,5-b]pyridine. The targeted compounds were prepared by using the standard reactions of organic synthesis and microwave-assisted synthesis. In the first step of the synthesis, 2-amino-3-nitropyridines were prepared by microwave-assisted amination of 2-chloro-3-nitropyridine with the corresponding amine. Diamino-substituted derivatives were prepared by the reduction

of catalyzed by Pd/C. The main precursors, 2-cyanomethylimidazo[4,5-b]pyridines were prepared in the cyclocondensation reaction of diamino-substituted pyridines with ester. Iminocoumarin derivatives were prepared in the reaction of aldol condensation from the main precursors and the corresponding aromatic aldehydes. Amino-substituted iminocoumarin was prepared by reduction of the nitro-substituted iminocoumarin with SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O. Methoxy and nitro substituted iminocoumarins were found to have mixtures of iminocoumarins and penta-cyclic derivatives. Column chromatography was used to separate that compounds. The structures of the newly prepared compounds were confirmed by <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR spectroscopy as well as MS spectrometry. The antioxidative activity of prepared compounds was determinate by using DPPH and FRAP method.

*Key words: imidazo[4,5-b]pyridines, amination, cyclocondensation, reduction, microwave-assisted synthesis, <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR spectroscopy, MS spectrometry, antioxidative activity*



**FAKULTETA ZA KEMIJO IN KEMIJSKO  
TEHNOLOGIJO**

SVEUČILIŠTE U LJUBLJANI

## 3D NATISNJENI MOLEKULSKI MODELI V KEMIJSKIH UČILNICAH 3D PRINTED MOLECULAR MODELS IN CHEMISTRY CLASSROOMS

**Martin Rihtaršič<sup>1</sup>, Tamara Ilioska<sup>1</sup>, Jan Hočevar<sup>1</sup>, Aleš Mavsar<sup>2</sup>, Jasna Zabel<sup>3</sup>, Žan Mole<sup>3</sup>, Erik Kerpan<sup>3</sup>, Jan Koler<sup>1</sup>, Janja Pust<sup>4</sup>, Marica Starešinič<sup>3</sup>, Jernej Iskra**

Mentor: Jernej Iskra<sup>1</sup>

1 Faculty of Chemistry and Chemical Technology, University of Ljubljana,  
Večna pot 113, 1000 Ljubljana, Slovenia

2 Faculty of Education, University of Ljubljana,  
Kardeljeva ploščad 16, 1000 Ljubljana, Slovenia

3 Faculty of Natural Sciences and Engineering, University of Ljubljana,  
Aškerčeva cesta 12, 1000 Ljubljana, Slovenia

4 Novo mesto Grammar School, Seidlova cesta 9, 8000 Novo mesto, Slovenia  
*martin.rihtarsic@hotmail.com*

Molekulski modeli so nepogrešljivo orodje učiteljev kemije.<sup>1</sup> Uporabljajo se kot pripomoček za vizualizacijo kemije in grajenje kemijske intuicije na molekularnem nivoju. Najpogostejši so kroglični modeli, kjer kroglice predstavljajo atome in palčke kovalentne vezi. Atome in vezi skupaj drži sila lepenja. Čeprav so tovrstni modeli široko sprejeti in uporabljeni pri učenju, imajo svoje omejitve. Modeli se s časom obrabijo, učencu pa vnesejo zmotno predstavo o razmerju velikosti atomov in energetiki tvorbe/prekinitve vezi.<sup>2</sup>

V našem delu smo te omejitve odpravili z načrtovanjem 3D natisnjenega seta molekulskih modelov, ki uporablja magnete. Atome in vezi smo narisali v programu Blender in natisnili s komercialno dostopnim 3D tiskalnikom. Magneti so pritrjeni na atome in vezi, s čimer je olajšana gradnja molekul in podaljšana življenjska doba seta. Velikosti atomov in dolžine vezi odražajo resnična velikostna razmerja. Molekulski modeli intuitivno in pravilno predstavljajo osnovne kemijske principe, npr. energetiko kovalentne vezi, geometrijo molekul in cis-trans izomerijo; in tudi naprednejše koncepte kot so konformacijska analiza, sterična oviranost, aksialna kiralnost in reakcijski mehanizmi.

*Ključne besede: molekulski modeli, 3D tisk, magneti, kemijsko izobraževanje, vizualizacije kemije*

Molecular models are an indispensable tool of Chemistry teachers.<sup>1</sup> They are used to help students visualize Chemistry and build chemical intuition at the molecular level. The most common of them are ball and stick models, where balls represent atoms and sticks represent covalent bonds. The atoms and bonds are held together by means of static friction. Although widely accepted and used in teaching, this design has its limitations. Models wear out with time and introduce crucial misconceptions, such as incorrect atom size ratios and unintuitive bond association/dissociation energetics.<sup>2</sup>

In our work, these limitations were tackled by designing a 3D printed molecular model set that implements magnets. Atoms and bonds were designed in Blender and printed using a commercially accessible 3D printer. Magnets are attached to atoms and bonds, which simplifies construction of molecules and increases set's durability. Atom sizes and bond lengths reflect



realistic size ratios. The molecular models intuitively and correctly represent basic chemical ideas, e.g., covalent bond energetics, molecular geometry, and cis-trans isomerism; as well as more advanced concepts such as conformational analysis, sterical hindrance, axial chirality, and reaction mechanisms.

*Keywords: Molecular Models, 3D print, Magnets, Chemical Education, Chemistry Visualization*

## HIBRIDNE SOL-GEL PREVLEKE Z DODATKOM CERIJEVIH SOLI ZA IZBOLJŠANJE PROTİKOROZIJSKE ZAŠČITE AA7075-T6

## HYBRID SOL-GEL COATINGS DOPED WITH CERIUM SALTS TO ENHANCE THE CORROSION PROTECTION OF AA7075-T6

**Chris Černe<sup>1,2</sup>, Peter Rodič<sup>1</sup>, Barbara Kapun<sup>1</sup>, Ingrid Milošev<sup>1</sup>**

Mentor: Peter Rodič<sup>1</sup>

1 Jožef Stefan Institute, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, Slovenia

2 University of Ljubljana, Faculty of Chemistry and Chemical Technology, Večna pot 113,  
1000 Ljubljana, Slovenia  
*chris.cerne@gmail.com*

Aluminijeva zlitina AA7075-T6 se zaradi svojih dobrih fizikalnih lastnosti, kot sta nizka gostota in visoka trdnost, pogosto uporablja v letalski industriji. Vendar se zaradi prisotnih legirnih elementov v zlitini, kot so Zn, Mg in Cu, njena korozijska odpornost v kloridnem mediju zmanjša. V preteklosti so za zaščito aluminijevih zlitin uporabljali konverzijske prevleke, ki so lahko vsebovale kromatne ione, vendar se zaradi visoke toksičnosti šestvalentnega kroma(VI) uporaba tovrstnih prevlek danes opušča.

Kot alternativo konverzijskim prevlekam smo proučevali hibridne sol-gel prevleke brez in z dodatkom cerijevih soli, s čimer lahko dosežemo zaporno in aktivno protikorozijsko zaščito. Sol-gel smo pripravili z združitvijo dveh ločeno pripravljenih raztopin iz: a) organskega (3-(metakriloksi)propil trimetoksisilana in metil metakrilata) in b) anorganskega dela (tetraetil ortosilikata). Cerijeve soli smo pred združitvijo dodali v anorganski sol. Potek sinteze hibridnega gela smo spremljali z infrardečo spektroskopijo v realnem času (FTIR). Prevleke so bile na površino zlitine nanese z metodo potapljanja. Debelino in sestavo prevleke na površini smo analizirali z vrstičnim elektronskim mikroskopom (SEM), korozijsko odpornost prevlek pa smo ovrednotili z elektrokemijskimi meritvami v 0,5 M NaCl in z izpostavitvijo v slani-vlažni komori v skladu s standardom ASTM 117.

Rezultati so potrdili, da sintetizirane hibridne sol-gel prevleke tvorijo enakomerno, nekaj mikrometrov debelo plast, ki je ključna za zagotavljanje učinkovite zaporne in aktivne protikorozijske zaščite zlitine AA7075-T6 v preučevanem mediju. Najbolj učinkovito protikorozijsko zaščito izkazuje prevleka z dodatkom cerijevega nitrata.

*Ključne besede: AA7075-T6, protikorozijska zaščita, hibridne sol-gel prevleke, cerijev nitrat*

The aluminium alloy AA7075-T6 is often used in aircraft applications due to its excellent physical properties, such as high strength and low density. However, due to the presence of Zn, Mg and Cu as its major alloying elements, the alloy has low corrosion resistance in a chloride-containing environment. In the past, chromate-containing conversion coatings were used for aluminium alloy corrosion protection, but nowadays such coatings are being eliminated due to the high toxicity and carcinogenicity of hexavalent chromium(VI).

In this study, hybrid sol-gel coatings without and with the addition of cerium salts were studied

as an alternative to conversion coatings. The sols were prepared by combining two separately prepared solutions: a) organic (3(methacryloyloxy)propyl trimethoxysilane and methyl methacrylate) and b) inorganic part (tetraethyl orthosilicate). To dop the coatings and achieve their active properties, cerium salts were added to inorganic sol before combining. The synthesis of the hybrid sol was analysed by in-situ Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). The coatings were applied on the alloy surface using a dip-coater. The coatings' thickness and composition were characterised by scanning electron microscopy (SEM). The corrosion performance of synthesised coatings was evaluated using electrochemical measurements in 0.5 M NaCl and during exposure in the salt spray chamber according to standard ASTM 117.

The results indicated that synthesized hybrid sol-gel coatings formed a continuous, few micrometres thick film, necessary to provide an excellent barrier and active properties. Thus, coated AA7075-T6 showed better corrosion performance in the studied media. The best corrosion protection of analysed samples showed coating, doped with cerium nitrate.

*Keywords: AA7075-T6, corrosion protection, hybrid sol-gel coatings, cerium nitrate*

## **MODELIRANJE REVERZNO-FAZNIH KROMATOGRFSKIH SEPARACIJ S HANSENOVI PARAMETRI TOPNOSTI**

## **MODELLING REVERSED-PHASE CHROMATOGRAPHIC SEPARATIONS WITH HANSEN SOLUBILITY PARAMETERS**

**David Ribar**

Mentor: prof. dr. Irena Kralj Cigić

University of Ljubljana, Faculty of chemistry and chemical technology,  
Večna pot 113, 1000 Ljubljana, Slovenia  
*ribar.david09@gmail.com*

Reverzno-fazna tekočinska kromatografija visoke zmogljivosti spada med najpomembnejše analizne tehnike pri raziskavah in v industriji. Osnovni retencijski mehanizem ostaja poglavitno nepojasnen zaradi njegove izredne kompleksnosti. Hkrati pa je napovedovanje retencije analitov eden izmed glavnih ciljev aktualnih kromatografskih raziskav.

V raziskovalnem delu smo raziskali primernost Hansenovih parametrov topnosti za modeliranje retencije analitov pri reverzno-faznih pogojih kromatografskih eksperimentov. Na osnovi Hansenovih parametrov topnosti je formalno matematično izpeljan teoretični model, ki vključuje kavitacijske volumne analitov. S tremi homolognimi ftalati smo ustvarili zbirko retencijskih podatkov s pomočjo serije kromatografskih eksperimentov. Na njihovi osnovi smo ustvarili model in ocenili učno ter generalizacijsko napako modela z razširjeno zbirko retencijskih podatkov preostalih analitov.

Statistično ovrednotenje modela je pokazalo ustreznost modela pri napovedovanju retencije analitov, vendar le za analite, ki so neposredno vključeni v izgradnjo modela. Zato se teoretičnega modela ne da posplošiti na preprost način. Identificirali smo obratnosorazmerno odvisnost vpliva spremembe temperature in spremembe mobilne faze na občutljivost retencije analitov. Povečanje volumskega deleža acetonitrila v binarni zmesi acetonitril-voda zmanjša vpliv spremembe temperature na občutljivost retencije. Pri 60 % volumskemu deležu acetonitrila v mobilni fazi se pojavi anomalija, ki nenadno zniža vpliv temperature na občutljivost retencije.

*Ključne besede: tekočinska kromatografija, HPLC, Hansenovi parametri topnosti, modeliranje retencije*

Reversed-phase HPLC is one of the most important analytical techniques in research and industry. The fundamental retention mechanism remains largely unexplained due to its immense complexity. Prediction of analyte retention is one of the main goals of modern chromatography research.

The suitability of Hansen solubility parameters for modelling analyte retention with reversed-phase chromatographic experiments was investigated. A novel theoretical model using Hansen solubility parameters as the basis for a complete mathematical derivation of the model was developed. The theoretical model also includes the cavitation volumes of the analytes. A set of three homologous phthalates was used for experimental chromatographic data collection

and subsequent model construction. The training error and the generalization error of the model was evaluated using a range of chemically diverse analytes.

Statistical evaluation of the results revealed that the model is suitable for analyte retention prediction but is limited to the analytes used in the model construction. Therefore, the resulting theoretical model cannot be easily generalised. A reciprocal relationship in the influence of a change in temperature and mobile phase composition on the sensitivity of retention is identified. An increase in the volume fraction of acetonitrile in a binary water-acetonitrile mobile phase lowers the effect of temperature variation on the retention sensitivity. At the mobile phase composition of 60 vol. % acetonitrile an anomaly is formed, whereby the temperature sensitivity of retention is suddenly lowered.

*Key words: liquid chromatography, HPLC, Hansen solubility parameters, retention modelling*

## **PRESEJALNI TEST ZA OPTIMIZACIJO VGRADNJE NESTANDARDNIH AMINOKISLIN V POROTVORNE PROTEINE S FUZIJSKIM ZELENIH FLUORESCENČNIM PROTEINOM (GFP)**

### **OPTIMIZING THE INCORPORATION OF NON-CANONICAL AMINO ACIDS INTO PORE-FORMING PROTEINS WITH THE GREEN FLUORESCENT PROTEIN (GFP) SCREENING ASSAY**

**Anamarija Agnič**

Mentors: Asst Res Prof Dr. Ana Crnković<sup>1</sup>,  
Prof. Dr. Gregor Anderluh<sup>1</sup> Co-mentor: Doc. Dr. Gregor Gunčar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Institute of Chemistry, Hajdrihova ulica 19, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

<sup>2</sup> University of Ljubljana, Faculty of Chemistry and Chemical Technology,

Večna pot 113, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

*anamarija.agnic1@gmail.com*

Aktualen bionanotehnološki pristop za zaznavanje analitov na osnovi njihove prepustnosti skozi proteinske pore je zmogljivo bioanalitsko orodje za določanje koncentracije majhnih organskih in anorganskih molekul, odčitavanje zaporedja nukleinskih kislin in sledenje poteku encimskih reakcij. Tovrstni biosenzorji temeljijo na lastnosti elektrolitov, da zaradi električne napetosti na membrani tečejo skozi vanjo vgrajeno poro in ustvarjajo električni tok. Ob prisotnosti analita, ki s svojim preходом skozi poro začasno delno ovira pretok ionov, pride do zmanjšanja izmerjenega električnega toka, kar lahko prevedemo v koncentracijo analita, prisotnega v preučevanem vzorcu. Nonamerna pora lizenin s strukturo  $\beta$ -sodčka iz deževnika *Eisenia fetida* izkazuje obetavne lastnosti za zaznavanje nekaterih bioloških molekul. Vgradnja nestandardnih aminokislin (v nadaljevanju ns-ak) na mesta v notranjosti kanala pore pripomore k razširitvi spektra analitov, ki jih lahko določamo, hkrati pa poveča selektivnost zaznave. Vgrajeni ns-ak ostanki z molekulami analita specifično interagirajo, lahko pa tudi služijo kot sidro za pripenjanje receptorskih molekul, ki prevzamejo vlogo prepoznavne manjših molekul. Na Odseku za molekularno biologijo in nanobiotehnologijo Kemijskega inštituta razvijamo presejalni test, s katerim bomo časovno in cenovno učinkovito identificirali pogoje, pri katerih se porotvorni protein z vgrajenimi ns-ak ostanki izraža v topni obliki. Pripravili smo konstrukte, ki poleg zapisa za lizenin vsebujejo fuzijo z zelenim fluorescenčnim proteinom (GFP). Presejalni test temelji na zaznavanju fluorescence ustrezno zvitega GFP, ki signalizira, da se fuzijski protein izraža v topni frakciji. Presejalni test za optimizacijo vgradnje ns-ak v porotvorne proteine z GFP je visokozmogljivostna metoda, ki jo lahko uporabimo za testiranje uspešnosti izražanja in iskanja primernejših pogojev za katerikoli protein, v katerega želimo vgraditi ns-ak.

*Ključne besede: GFP, lizenin, nanopora, presejalni test, vgradnja nestandardnih aminokislin*

Nanopore biosensing, a method based on the ability of various analytes to translocate through a protein pore, is a cutting-edge bionanotechnology tool used to detect small organic/inorganic molecules, perform DNA sequencing, or track the course of enzymatic reactions. The method is based on the property of electrolytes to flow through the pore and generate an electric current due to the applied voltage. As the analyte passes through the pore, it partially blocks the flow of ions through the pore, and the measured electric current is temporarily reduced. The signal generated by the blocked current can be converted to the concentration of the analyte under investigation. Lysenin, the nonameric  $\beta$ -barrel-forming pore from the earthworm *Eisenia fetida* shows promising properties for the detection of certain biological molecules. The incorporation of noncanonical amino acids (ncAAs) at positions within the pore channel broadens the spectrum of detectable analytes while increasing the selectivity of detection. The incorporated ncAA residues interact specifically with the analyte molecules or serve as attachment anchors for the receptor molecules that recognize smaller molecules. A screening assay is being developed in the Department of Molecular Biology and Nanobiotechnology at the National Institute of Chemistry, to determine more time- and cost-efficient conditions that will yield a sufficient amount of an expressed pore-forming protein with incorporated ncAA residues in the soluble fraction. Lysenin was fused to a green fluorescent protein (GFP). The GFP screening assay for optimization of ncAAs incorporation is a high-throughput method that can be used to test expression performance in low culture volumes and to search for more suitable conditions for incorporating ncAAs into any protein.

*Keywords: GFP, incorporation of non-canonical amino acids, lysenin, nanopore, screening assay*

## UČINKOVITOST OZONACIJE ZA ZMANJŠEVANJE EMISIJ OKOLJSKO STABILNIH ANTIBIOTIKOV

### THE EFFICIENCY OF OZONATION FOR REDUCTION OF EMISSIONS OF ENVIRONMENTALLY PERSISTANT ANTIBIOTICS

**Blaž Jančič**

Mentor: prof. dr. Andreja Žgajnar Gotvajn

University of Ljubljana, Faculty for Chemistry and Chemical Engineering,  
Večna pot 113, SI-1000 Ljubljana, Slovenia  
*bj0251@student.uni-lj.si*

Svetovna poraba antibiotičnih učinkovin predstavlja vedno večjo okoljsko problematiko. Pretirana raba ter nepopolna presnova botrujejo povečanim emisijam antibiotikov v okolje. Antibiotiki se z uveljavljenimi metodami čiščenja ne odstranijo, zato lahko prehajajo z odpadnimi vodami preko čistilnih naprav v okolje. Zaradi kontinuirnega vnašanja ter negativnega vpliva na organizme je odstranjevanje teh mikroonesnaževal ključnega pomena. Za razgradnjo antibiotičnih komponent predstavljajo napredni oksidacijski procesi najzanesljivejšo rešitev. Ozonacija spada med napredne oksidacijske procese, s katerimi oksidiramo kompleksne organske snovi v preproste in lažje razgradljive molekule.

Namen raziskave je bila določitev biorazgradljivosti antibiotika – gentamicin sulfata – ter njegovo odstranjevanje z ozonacijo v laboratorijskem reaktorju – koloni z mehurčki. Ozonacijo smo izvajali pri različnih koncentracijah antibiotika in različnih koncentracijah raztopljenega ozona, s čimer smo želeli optimizirati dozo ozona (mgozon mgantibiotik<sup>-1</sup>) za doseganje najvišje stopnje razgradnje. Učinkovitost odstranjevanja smo vrednotili s spremljanjem celotnega organskega ogljika (TOC) in kemijske potrebe po kisiku (KPK). Primerjali smo še izračunane kinetične parametre ter povprečno oksidacijsko stanje ogljika (MOC).

Rezultati so pokazali, da antibiotik gentamicin sulfat ni biorazgradljiv. Najučinkovitejša je bila ozonacija pri dozi ozona 50 mgozon mgantibiotik<sup>-1</sup>, kjer smo dosegli 62 % oksidacijo (KPK) in 41 % mineralizacijo (TOC). Ugotovljeno je bilo tudi, da se pri povišani dozi ozona, učinkovitost ozonacije poveča. Med ozonacijo se je število MOC v vseh poskusih zvišalo, kar nakazuje na delno oksidacijo antibiotika. Končne ugotovitve nakazujejo na velik potencial ozonacije za odstranitev težko biorazgradljivih in strupenih mikroonesnaževal.

*Ključne besede: antibiotiki, biorazgradljivost, gentamicin sulfat, odpadna voda, ozonacija*

Global consumption of antibiotics is a growing environmental concern. Excessive use and incomplete metabolism both contribute to increased antibiotic emissions into the environment. Antibiotics cannot be removed with established treatment methods, consequently, they can be transferred with wastewater through conventional treatment systems into the environment. Due to constant emissions and negative impacts on organisms, the removal of these micro-pollutants is crucial. For the degradation of antibiotics, advanced oxidation processes represent the most reliable solution. Ozonation belongs amongst advanced oxidation processes, with which



complex organic matter is oxidized into simple and readily degradable components. The research aimed to assess the biodegradability of the antibiotic – gentamicin sulfate – and its removal by ozonation in a laboratory bubble column reactor. Ozonation was carried out at different antibiotic concentrations and different concentrations of dissolved ozone, to optimize the ozone dose ( $\text{mg ozone mg antibiotic}^{-1}$ ) to achieve the maximum degradation rate. The removal efficiency was evaluated based on the total organic carbon (TOC) and chemical oxygen demand (COD) determinations. The kinetic parameters and the mean oxidation state of carbon (MOC) were also calculated.

Results showed the antibiotic gentamicin sulfate is not biodegradable. Ozonation was the most effective at an ozone dose of  $50 \text{ mg ozone mg antibiotic}^{-1}$ , where 66% oxidation (COD) and 41% mineralization (TOC) were achieved. It was concluded that ozonation efficiency increased with a higher ozone dose. The MOC values increased in all ozonation experiments, indicating partial oxidation of the antibiotic. Final findings indicate a high potential of ozonation for the removal of poorly biodegradable and toxic micro-pollutants.

*Keywords: antibiotics, biodegradability, gentamicin sulfate, ozonation, wastewater*



**GRAFIČKI FAKULTET**  
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

## ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ MODELA ZAMJENSKOG DIJELA EKSTREMITETA

### RESEARCH AND DEVELOPMENT OF LIMB REPLACEMENT MODEL

**Filip Pečarić, Petar Vračić**

Mentor: izv.prof.dr.sc. Dubravko Banić

Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Getaldićeva 2, 10000 Zagreb  
*fpecaric@grf.hr, pvracic@grf.hr*

U ovom istraživanju cilj je proučiti postojeće modele za zamjenu dijela ekstremiteta. Proučavana je zamjena stopala.

Nakon istraživanja postojećih modela razvijen je prijedlog modela stopala. Stopalo je oblikovano tako da se postigne optimum utrošenog materijala i da se za tu konstrukciju postignu optimalna mehanička svojstva. Računalna simulacija naprezanja modela i nalaženje slabe točke na kidanje provjerena je na 3d ispisanom modelu. Cilj istraživanja bio je napraviti model zamjenskog ekstremiteta (stopala) koje nema pogonske dijelove, već cijeli mehanizam radi na promjeni centra ravnoteže. Dodatni cilj je napraviti fizički prototip zadanog ekstremiteta.

*Ključne riječi: biomehanika, ekstremitet, prototip, centar ravnoteže*

The goal of this research is to study the existing model for a prosthetic extremity, in this case, a foot. After researching existing models and the way they work, our model has been made. The whole model is made so that use of material and the mechanical properties of the whole model would be optimal. Using a force simulation program, we were able to find key weak points in our suggested model, and engineer a solution to strengthen key parts. The model is not supposed to have any parts to power the movement, so one of our goals is to make the whole mechanism work by transferring the weight of the user. If possible, we will produce a physical prototype of our model.

*Keywords: Biomechanics, extremity, prototype, center of gravity*

## MODEL ZAMJENE OPTIČKIH ELEMENATA KORISTEĆI EPOKSIDNU SMOLU I AGLAS

## MODEL OF REPLACEMENT OF OPTICAL ELEMENTS USING EPOXY RESIN AND PLEXIGLASS

**Lana Makovec**

Mentor: doc. dr. sc. Katja Petric Maretić

Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Getaldićeva 2, 10000 Zagreb  
lmakovec@grf.hr

Jednostavni optički elementi poput leća i prizmi imaju široku komercijalnu primjenu te se primarno proizvode od stakla. Kompleksna proizvodnja čini cijeli proces vrlo skupim i obično fokusiranim na fiksnim veličinama i karakteristikama, odnosno, složenost procesa podiže cijene personaliziranih optičkih elemenata. U ovom radu razvijaju se metode izrade leća i prizmi koristeći brzo rastuće područje 3D printanja, CNC obradu pleksiglasa, termalno formiranje te lako dostupne materijale, istražujući njihova svojstva i performanse. Nakon CNC obrade, optički elementi od pleksiglasa spremni su za korištenje, no prednosti epoksidne smole kao što su veći indeks loma i jednostavna proizvodnja čine je glavnim fokusom ovog rada. Također se razvija i matematički model, nužan za variranje jakosti leća i za smanjenje artefakata kao što je sferna aberacija. Navedene metode omogućuju brzu i individualiziranu proizvodnju optičkih elemenata raznih karakteristika i namjena. To ih čini prihvatljivima za proizvodnju različitih optičkih elemenata višestruke namjene i primjenjivima u edukaciji.

*Ključne riječi:* optički elementi, epoksidne smola, aglas, 3D printanje, termoformiranje

Simple optical elements such as lenses and prisms have a wide commercial application and are primarily made of glass. Complex production makes the whole process very expensive and usually focused on fixed sizes and characteristics. The complexity of the manufacture process raises the price of personalized optical elements. In this paper, we developed methods of making lenses and prisms using a fast growing area of 3D printing, CNC processing plexiglass, thermal forming and available materials, exploring their properties and performance. After CNC processing, the plexiglass optical elements are ready for use, however, the advantages of epoxy resin such as higher refractive index and simple production is the main focus of this paper. We also developed mathematical model, necessary to vary the strength of the lens and to reduce artifacts such as spherical aberration. These methods enable fast and individualized production of optical elements of various characteristics and purposes. This makes them acceptable for production of various multi-purpose optical elements and applicable in education.

*Keywords:* optical elements, epoxy resin, aglass, 3D printing, termoforming

## **NAPREDNI KOMPOZITI U 3D TISKU**

### **ADVANCED COMPOSITES IN 3D PRINT**

**Lucijan Daničić**

Mentor: dr.sc. Alan Divjak

Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Getaldićeva 2, 10000 Zagreb  
*ldanicic@grf.hr*

Repro materijal u 3D tisak jako je napredovao u zadnjem desetljeću, stoga sam odlučio obraditi napredne materijale, u ovome slučaju kompozite. Istraživanje bi se bavilo opcijama za zamjenu regularnih plastika tj. standarda u 3D tisku, njihovom izradom, ali posebice njihovim poboljšanim svojstvima. Cilj je krajnja usporedba navedenih komponenti i pronalazak namjene u suvremenom svijetu.

*Ključne riječi: 3D tisak, napredni kompoziti, plastika*

Repro material in 3D printing has come a long way in the last decade, so I decided to process advanced materials, in this case composites. The research would deal with options for replacing regular plastics, ie standards in 3D printing, their production, but especially their improved properties. The goal is the ultimate comparison of these components and finding a purpose in the modern world.

*Keywords: 3D printing, advanced composites, plastic*

# UMJETNOM INTELIGENCIJOM POTPOMOĖNUTI ERP SUSTAV I UPRAVLJANJE ZALIHAMA

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTED ERP SYSTEM AND INVENTORY MANAGEMENT

**Kristina Puhanić, back. ing. graph. tech.**

Mentor: doc. dr. sc. Diana Bratić

Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Getaldićeva 2, 10000 Zagreb  
*kristina.puhanic@grf.hr*

Utjecaj umjetne inteligencije na sve sfere poslovanja i proizvodnje danas je sve veći, a to je naročito vidljivo u softverskim rješenjima za planiranje i praćenje svih segmenata u poduzeću. Stoga se u ovom znanstveno-istraživačkom radu kroz komparativnu analizu SAP S/4 HANA tradicionalnog ERP sustava i Microsoft Dynamics 365 inteligentnog ERP sustava nastojalo pokazati može li se optimizirati upravljanje zalihama i smanjiti troškove istih u grafičkim poduzećima.

U tu svrhu uz komparativnu analizu, u radu je primijenjen i dizajn ANN sustava s dvofaznim Back-Propagation algoritmom u poduzeću koji ima izgrađen jednostavni ERP sustav, te su opisane novonastale promjene. Također, pojašnjeni su parametri i tehnike koje su korištene, te su objašnjene simulacije za testiranje aplikacije.

Ovaj model primjenjiv je za sva proizvodna poduzeća, ali i za ostale komponente ERP sustava, ne samo za segment upravljanja zalihama.

*Ključne riječi: umjetna inteligencija, ERP sustav, upravljanje zalihama, grafička poduzeća*

The impact of artificial intelligence on all spheres of business and production is growing today, and this is particularly evident in software solutions for planning and monitoring all segments of the company. Therefore, in this research work through a comparative analysis of SAP S/4 HANA traditional ERP system and Microsoft Dynamics 365 intelligent ERP system sought to demonstrate how inventory management can be optimized and costs reduced in graphics companies. For this purpose, in addition to comparative analysis, the design of ANN systems with a two-phase Back-Propagation algorithm in a company with a simple ERP system was applied, and the new changes are described. Also, the parameters and techniques used were explained, as were simulations for application testing. This model is applicable to all manufacturing companies, but also other components of the ERP system, not just the inventory management segment.

*Keywords: artificial intelligence, ERP system, inventory management, graphic companies*

## **ZAŠTITA I MODIFIKACIJA SVOJSTAVA FLEKSOTISKARSKOG UV LUMINISCENTNOG OTISKA DODATKOM $\text{SiO}_2$ , $\text{TiO}_2$ I ZNO NANOČESTICA**

### **PROTECTION AND MODIFICATION OF FLEX-PRINTING UV LUMINESCENT IMPRINT PROPERTIES WITH ADDITION OF $\text{SiO}_2$ , $\text{TiO}_2$ I ZNO NANOPARTICLES**

**Ivona Jurišić**

Mentor: doc. dr. sc. Tamara Tomašegović

Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Getaldićeva 2, 10000 Zagreb  
*ijurisc@grf.hr*

Luminiscentni pigmenti primjenjuju se u zaštitne svrhe, kao i za dodavanje specijalnih efekata otisku. Sama UV luminiscentna boja može imati svrhu zaštite otiska, no ako je poznato da se ona nalazi na proizvodu, krivotvorenje postaje moguće. Cilj ovog rada bio je osigurati zaštitu UV luminiscentne boje od krivotvorenja dodatkom različitih vrsta nanočestica uz modifikaciju površinskih svojstava boje za prilagodbu tisku na različite predotisnute tiskovne podloge. U radu su mjereni kontaktni kutovi vode na otiscima za procjenu promjene polarnosti površine modificiranih premaza. Spektralna refleksija otisaka pokazala je da nanočestice ne utječu na efekt UV luminiscencije. Kao metoda za posrednu detekciju nanočestica korištena je FTIR-ATR spektroskopija, koja se pokazala kao primjerenom metodom provjere autentičnosti modificirane UV luminiscentne boje. Ovo istraživanje otvorilo je mogućnost primjene nanočestica u svrhu dodatne zaštite UV luminiscentnih premaza bez negativnog utjecaja na efekt UV luminiscencije, kao i u svrhu prilagodbe površinskih svojstava korištenih premaza tisku na podloge različitih površinskih svojstava.

*Ključne riječi: fleksotisak, zaštitni tisak, krivotvorenje, luminiscentni pigmenti, otisak, nanočestice*

Luminescent pigments are used for protective purposes and to add special effects to the prints. Luminescent ink itself may have the purpose of protecting the print, but if it is known to be present on the product, counterfeiting becomes possible. The aim of this research was to ensure the protection of flexographic UV luminescent print from counterfeiting by adding different nanoparticles to the ink. Modification of the surface properties of the ink due to the nanoparticles was aimed in order to adjust the ink's properties for printing on different printing substrates. Changes in the surface properties of modified UV luminescent inks were estimated by contact angles of the referent liquids on the prints. Spectral reflection of the prints showed that nanoparticles did not affect the visual effect of UV luminescence. FTIR-ATR spectroscopy was used as a method for indirect detection of nanoparticles and proved to be appropriate for verifying the authenticity of modified UV luminescent printing ink. This research opened the possibility of applying nanoparticles for additional protection of UV luminescent prints without negative impact on the luminescence effect, as well as for adapting the surface properties of used printing inks for printing on different substrates.

*Keywords: flexography, print protection, luminescence, nanoparticles*







**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
SVEUČILIŠTE U SPLITU

**ODREĐIVANJE PENICILAMINA U FARMACEUTSKIM  
PRIPRAVCIMA KINETIČKOM METODOM ANALIZE  
UZ SPEKTROFOTOMETRIJSKI DETEKTOR**

**DETERMINATION OF PENICILLAMINE IN PHARMACEUTICAL  
FORMULATIONS USING KINETIC METHOD WITH  
SPECTROPHOTOMETRIC DETECTOR**

**Josipa Dugeč**

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Lea Kukoč Modun

Zavod za Analitičku kemiju, Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu,  
Ruđera Boškovića 35, 21000 Split  
*josipadugec@gmail.com*

Korištenjem kinetičke spektrofotometrije razvijena je i vrednovana nova metoda određivanja penicilamina (PEN) u farmaceutskim pripravcima. Metoda se temelji na redoks reakciji između bis batokuproin bakrov(II) kompleksa i penicilamina pri čemu nastaje stabilan kompleks narančaste boje, bis batokuproin bakrov(I) kompleks. Nastali kompleks postiže apsorpcijski maksimum pri valnoj duljini od 483 nm. Optimizirani su parametri koji utječu na kemijsku reakciju. Kod izrade krivulja umjeravanja korištene su metoda početne brzine i metoda odabranog vremena. Krivulja umjeravanja metodom početne brzine linearna je u području koncentracija od  $6,0 \times 10^{-7}$  do  $4,0 \times 10^{-5}$  mol L<sup>-1</sup>, s granicom dokazivanja od  $5,0 \times 10^{-8}$  mol L<sup>-1</sup>. Nagib krivulje umjeravanja dobiven metodom početne brzine (1,0448) potvrđuje reakciju prvog reda. Krivulja umjeravanja metodom odabranog vremena (1min) linearna je u području koncentracija od  $2,0 \times 10^{-7}$  do  $4,0 \times 10^{-5}$  mol L<sup>-1</sup>, s granicom dokazivanja od  $4 \times 10^{-8}$  mol L<sup>-1</sup>. Predložena metoda uspješno je primijenjena kod određivanja penicilamina u komercijalnim farmaceutskim pripravcima što je uspoređeno s rezultatima dobivenim preporučenom metodom po farmakopeji.

*Ključne riječi: penicilamin, kinetička spektrofotometrija, redoks reakcija*

Kinetic spectrophotometry was employed for development and validation of new method for determination of penicillamine (PEN) in pharmaceutical formulation. The method is based on a redox reaction in which the reduction of copper(II) – neocuproine by penicillamine occurs, with formation of stable coloured, yellow-orange complex of copper(I) – neocuproine. The resulting complex exhibits an absorption maximum at  $\lambda = 483$  nm. The parameters of chemical reaction have been optimized. The initial rate and fixed time methods were utilized for constructing the calibration graphs. The graph for initial rate method was linear in concentration range from  $6.0 \times 10^{-7}$  to  $4.0 \times 10^{-5}$  mol L<sup>-1</sup> with the limit of detection  $5.0 \times 10^{-8}$  mol L<sup>-1</sup>. The slope of the initial method calibration curve (1.0448) confirmed the first order reaction. The graph for fixed time method (1 min) was linear in concentration range from  $2.0 \times 10^{-7}$  to  $4.0 \times 10^{-5}$  mol L<sup>-1</sup> with the limit of detection  $4.0 \times 10^{-8}$  mol L<sup>-1</sup>. No interferences were observed from the excipients that are commonly present in the pharmaceutical formulations. The proposed method was successfully applied for the determination of PEN in its commercial

pharmaceutical formulation, which is compared to the results obtained by the recommended method in Pharmacopoeia.

*Key words: penicillamine, kinetic spectrophotometry, redox reaction*

**SINTEZA I EVALUACIJA CITOTOKSIČNOSTI KONJUGATA  
3-AMINOFENILBORONIČNE I CIMETNE KISELINE**  
**SYNTHESIS AND EVALUATION OF CYTOTOXICITY OF CINNAMIC  
ACID-3-AMINOPHENYLBORONIC CONJUGATE**

**Lea Goreta, Miran Kemura**

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Miloš

Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, Hrvatska,  
Zavod za Biokemiju  
Ruđera Boškovića 35, 21000, Split  
*kemura.miran4@gmail.com*  
*leagoreta7@gmail.com*

Koncept ciljanih terapijskih lijekova prvi je uveo Paul Ehrlich početkom dvadesetog stoljeća. On je tvrdio da su za povećanje akumulacije aktivnih farmaceutskih sastojaka u ciljnom tkivu potrebne dvije komponente: prva koja djeluje prepoznavanjem i vezanjem za ciljne stanice, tkivo ili organ, dok druga djeluje kao terapeutsko sredstvo. U posljednje vrijeme derivati fenilboronične kiseline su u fokusu istraživanja zbog njihovog svojstva vezanja za glikane na staničnim membranama. Biološka aktivnost fenilboronične kiseline je trenutno predmet opsežnih istraživanja koja uključuju sintezu navedenih derivata i njihovu moguću primjenu u medicinske svrhe. Konjugat cimetne kiseline i 3-aminofenilboronične kiseline pokazuje zanimljivu sposobnost vezanja za sijalične kiseline (glikane), preko OH skupina 3-aminofenilboronične kiseline što pridonosi njegovom dužem zadržavanju na površini stanice, te na taj način omogućuje produljeno biološko djelovanje cimetne kiseline. U ovom radu, sinteza konjugata cimetne kiseline i 3-aminofenilboronične kiseline izvedena je amidacijom karboksilne skupine cimetne kiseline korištenjem dicikloheksilkarbodiimida u dikloreteru. Stvoreni konjugati su evaluirani vezanim sustavom HPLC-MS. Kao produkt sinteze identificiran je odgovarajući konjugat (15%) i anhidrid cimetne kiseline (85%), koji su in vitro pokazali citotoksični učinak na ljudskim stanicama raka grlića materice (HeLa stanične linije).

*Ključne riječi: citotoksičnost, cimetna kiselina, 3-aminofenilboronična kiselina, konjugat, sinteza*

The concept of targeted therapeutic drugs was first introduced by Paul Ehrlich in the early twentieth century, who argued that in order to increase the accumulation of the active pharmaceutical ingredient in the target tissue, two components are needed: the first functioning by recognizing and binding to target cells, tissue or organ, while the second functions as a therapeutic agent. Recently, phenylboronic acids have aroused great interest due to their possible uses for medical purposes and their biological activity is currently the subject of extensive research involving the synthesis of new derivatives of phenylboronic acids and their possible applications for medical purposes. The conjugates of biologically active organic acids with 3-aminophenylboronic acid show an interesting ability to bind to sialic acids (glycans), via OH groups of 3-aminophenylboronic acid which contributes to

longer retention of organic acids on the cell surface, and thus enabling their prolonged biological action. In this report, the synthesis of cinnamic acid-3-aminophenylboronic conjugate was performed by amidation of cinnamic acid carboxyl group using dicyclohexylcarbodiimide in diethylether. The conjugates created were evaluated by HPLC-MS. As a product of the synthesis, the corresponding conjugat (15%) and cinnamic acid anhydride (85%) were identified, which showed a cytotoxic effect on human cervical cancer cells and represent innovative solutions to treat this malignant disease.

*Keywords: Cytotoxicity, cinnamic acid, 3-aminophenylboronic acid, conjugate, synthesis*

## ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE IONA TEŠKIH METALA ELEKTROKEMIJSKIM METODAMA

### DETERMINATION OF HEAVY METAL ION CONCENTRATION BY ELECTROCHEMICAL METHODS

**Krišto Nikolina**

Mentor: Prof. dr. sc. Senka Gudić

Zavod za Elektrokemiju i zaštitu materijala,  
Kemijsko – tehnološki fakultet Split, Ruđera Boškovića 35, 21000 Split  
*nkkristo7@gmail.com*

U ovom radu je ispitana mogućnost uklanjanja  $\text{Cu}^{2+}$  iona iz vodene otopine  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  elektrokemijskim putem tj. procesom elektrotaloženja na elektrodi od Pt. Svrha mjerenja je bila snimanjem potenciodinamičkih polarizacijskih krivulja ( $i$ - $E$  ovisnosti) u otopinama poznatih koncentracija ( $c = 1.0, 2.5, 5.0, 7.5$  i  $10$  mM) te očitavanjem graničnih difuzijskih struja ( $i_d$ ) odrediti nepoznatu koncentraciju  $\text{Cu}^{2+}$  iona u  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  otopini.  $i$ - $E$  ovisnosti su snimane u području potencijala od potencijala otvorenog strujnog kruga do  $-3.0$  V uz različite brzine promjene potencijala ( $1, 5, 10, 20$  i  $50$  mV/s). Kod većih koncentracija  $\text{Cu}^{2+}$  iona, na površini Pt elektrode se taloži deblji sloj crvenkasto-smeđe prevlake bakra. Nadalje, granična difuzijska struja,  $i_d$ , raste linearno s porastom koncentracije  $\text{Cu}^{2+}$  iona u otopini elektrolita. Konstruiran je dijagram  $i_d = f(c)$  te su određene nepoznate koncentracije  $\text{Cu}^{2+}$  iona u tri nasumično pripremljene  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  otopine. Ustanovljeno je da se elektrokemijskim putem uspješno mogu ukliniti  $\text{Cu}^{2+}$  ioni iz vodenih otopina te odrediti njihova koncentracija.

In this paper, the possibility of removing heavy metal ions, specifically  $\text{Cu}^{2+}$  ions from an aqueous solution of  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  by electrochemical means (i.e. electrodeposition on the Pt electrode), was investigated. The purpose of the measurement was to determine the unknown concentration of  $\text{Cu}^{2+}$  ions in  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  solution by recording potentiodynamic polarization curves ( $i$ - $E$  dependences) in solutions of known concentrations ( $c = 1.0, 2.5, 5.0, 7.5$  and  $10$  mM) and reading the limiting diffusion currents ( $i_d$ ).  $i$ - $E$  dependences were recorded in the potential range from the open circuit potential to  $-3.0$  V at different scan rates ( $1, 5, 10, 20$  and  $50$  mV/s). At higher concentrations of  $\text{Cu}^{2+}$  ions, a thicker layer of copper coating is deposited on the Pt electrode surface. Furthermore, the limiting diffusion current,  $i_d$ , increases linearly with increasing concentration of  $\text{Cu}^{2+}$  ions in the electrolyte solution. A diagram  $i_d = f(c)$  was constructed and unknown concentrations of  $\text{Cu}^{2+}$  ions in three  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  solutions were determined. Heavy metal ions can be successfully electrochemically removed from polluted waters and their concentration can be determined.

*Keywords: heavy metal ions, copper, polarization measurements, electrodeposition, limiting diffusion current.*



## UTJECAJ BRZINE VRTNJE TURBINSKOG MIJEŠALA NA SORPCIJU BAKRA NA ZEOLITU

### IMPACT OF TURBINE IMPELLER ON COPPER SORPTION ON ZEOLITE

**Herceg Ana**

Mentor: Prof. dr. sc. Sandra Svilović

Zavod za Kemijsko inženjerstvo, Kemijsko – tehnološki fakultet u Splitu,  
Ruđera Boškovića 35, 21000 Split  
*ah18045@ktf-split.hr*

Ovim je radom ispitana kinetika sorpcije iona bakra na zeolitu NaX i utrošak snage miješanja pri četiri različite brzine vrtnje SBT miješala pri konstantnoj temperaturi suspenzije. Izvor iona bakra bila je otopina pripremljena otapanjem odgovarajuće mase  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Korištene su čestice zeolita NaX srednjeg promjera 0,0565 mm. Eksperimenti su provedeni u šaržnom reaktoru izrađenom od stakla opremljenome s razbijalima virova i SBT miješalom. Dobiveno vrlo dobro slaganje kinetičkih eksperimentalnih podataka s Blanchardovim, odnosno neslaganje istih s Weber -Morrisovim modelom, ukazuje da je reakcija najsporiji korak procesa, odnosno da ispitivana reakcija sorpcije iona bakra na zeolitu NaX prati kinetiku drugog reda.

*Ključne riječi: SBT miješalo, sorpcija, zeolit NaX, kinetika*

In this work, the sorption kinetics of copper ions on zeolite NaX and the mixing power consumption at four different mixing speed and constant suspension temperature has been studied. The zeolite NaX particles with a mean particle diameter of 0.0565 mm were used. The experiments were carried out in a glass batch reactor equipped with baffles and the SBT impeller. To gain valuable insight into hydrodynamic conditions, a computational fluid dynamics model was developed. Several kinetic models were used to test the experimental rate data and to examine the controlling mechanism of the sorption process. The Blanchard and Mixed surface reaction and diffusion controlled adsorption kinetic models were analysed using nonlinear least squares method while the Weber-Morris model was analysed using linear least squares method. A kinetic study has shown that the best fit is achieved when the Blanchard's and Mixed surface reaction and diffusion controlled adsorption kinetic models were applied and that the reaction is the slowest step of the process.

*Keywords: SBT impeller, sorption, NaX zeolite, kinetics*

## **ISPITIVANJE IONSKO – SELEKTIVNIH MEMBRANA NA BAZI FES, AG<sub>2</sub>S I PTFE NA ODZIV PREMA ŽELJEZOVIM (II) I ŽELJEZOVIM (III) KATIONIMA**

### **TESTING OF RESPONSE OF THE ION SELECTIVE MEMBRANS MADE OF FES, AG<sub>2</sub>S AND PTFE ON FERROUS AND FERRIC IONS**

**Klaudija Budimir**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ante Prkić

Zavod za Analitičku kemiju, Kemijsko-tehnološki fakultet,  
Sveučilište u Splitu, Ruđera Boškovića 35, 21000 Split  
*kludijabudimir049@gmail.com*

„Provedeno je testiranje odziva ion-selektivnih membrana na željezove(III) i željezove(II) katione pri pH=1, pH=1,5 i pH=4. U radu je opisana priprava otopina korištenih u radu te samo ispitivanje membrana u određenim otopinama. Izvedba samog eksperimenta odvijala se pomoću potenciometrijske metode koju odlikuju visoka isplativost i jednostavnost. Relativno dobre rezultate elektrode su pokazale na željezove(III) katione, dok za željezove(II) katione mjerenje nije bilo moguće provesti. Promjenom koncentracije i pH ispitivala se selektivnost same metode. Mjerenja su se provodila do trenutka kada razlika između dva mjerenja nije iznosila 1 mV.“

*Ključne riječi: potenciometrijski senzori, ion – selektivne elektrode, elektrodni potencijal*

The response of ion-selective membranes to iron(III) and iron(II) cations at pH = 1, pH = 1.5 and pH = 4 was tested. This thesis describes the preparation of solutions used in the work and testing of membranes in certain solutions. The experiment itself was performed using the potentiometric method which is characterized as cost-effective and simplicity. Relatively good electrode results were shown for iron(III) cations, while for iron(II) cations the measurement could not be performed. The selectivity of the method itself was examined by changing the concentration and pH. Measurements were performed until the difference between the two measurements was 1 mV.

*Keywords: potentiometric sensors, ion- selective electrode, electrode potential*





**METALURŠKI FAKULTET**  
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

# **BIORAZGRADNJA MATERIJALA NA BAZI TERMOPLASTIČNOG ŠKROBA PROCESOM KOMPOSTIRANJA**

## **BIODEGRADATION OF MATERIALS BASED ON THERMOPLASTIC STARCH BY COMPOSTING PROCESS**

**Lucia Kefurt**

Mentori: doc. dr. sc. Vesna Ocelić Bulatović, doc. dr. sc. Ivan Ivec

Zavod za procesnu metalurgiju, Zavod za fizičku metalurgiju, Metalurški fakultet, Sveučilište  
u Zagrebu, Aleja narodnih heroja 3, 44000 Sisak  
*kefa07@gmail.com*

Svakodnevna prekomjerna uporaba polimernih ambalažnih materijala dovodi do prezasićenosti našega planeta ambalažnim otpadom te do prijeko potrebnog pronalaska zamjenskog biorazgradivog polimernog materijala koji bi svojim karakteristikama bio primamljiv po pitanju potrošačke i ekološke svrhe.

Ovim radom ispitana je mogućnost biorazgradnje polimernih mješavina polietilena niske gustoće (PE-LD) i termoplastičnog (TPS) procesom kompostiranja. Fizikalno kemijski parametri značajni za samu provedbu procesa kompostiranja te mikrobiološka analiza kompostne mase su praćeni tijekom cijeloga procesa kompostiranja. Proces kompostiranja proveden je tijekom 16 dana u adijabatskom reaktoru na laboratorijskoj razini, a sama optimizacija procesa kompostiranja, važna za dizajniranje i rad postrojenja kompostiranja, provedena je primjenom kinetičkog modela prvog reda. Biorazgradnja polimernih PE-LD/TPS mješavina praćena je gubitkom mase te promatranjem promjena morfološke strukture svjetlosnim i pretražnim mikroskopom prije te nakon završetka procesa kompostiranja.

Dodavanje TPS-a polietilenu niske gustoće iskazuje se utjecajem i poticanjem biorazgradnje polimernih PE-LD/TPS mješavina. Dodatkom većeg udjela TPS-a omogućen je veći gubitak mase, odnosno brža razgradnja. TPS pogoduje biorazgradnji polimernih PE-LD/TPS mješavina zbog naglašene amorfne strukture i hidrofilnog karaktera te je dobar izvor hrane mikroorganizmima koji su upravo i odgovorni za biorazgradnju polimernih mješavina tijekom procesa kompostiranja.

*Ključne riječi: polietilen niske gustoće, termoplastični škrob, polimerne mješavine, proces kompostiranja, biorazgradnja, kinetika kompostiranja.*

Everyday overuse of polymeric packaging materials leads to the oversaturation of our planet with packaging waste and to the much-needed invention of alternative biodegradable polymeric materials that would be attractive in terms of consumer and environmental purposes.

This paper investigates the possibility of biodegradation of polymer blends of low-density polyethylene (PE-LD) and thermoplastic starch (TPS) by composting process. Physicochemical parameters important for the implementation of the composting process and microbiological analysis of the compost mass were monitored throughout the composting process. The composting process was carried out over 16 days in an adiabatic reactor at the laboratory level, as well as the optimization of the composting process itself, important for the design and operation

of the composting plant, was carried out using a first-order kinetic model. Biodegradation of polymer PE-LD / TPS blends was monitored by weight loss and observation of changes in morphological structure by light and scanning microscope before and after the composting process.

The addition of TPS to low-density polyethylene is demonstrated by influencing and promoting the biodegradation of polymer PE-LD / TPS blends. The addition of a higher share of TPS enabled higher loss of mass, i.e. faster decomposition. TPS favors the biodegradation of polymer PE-LD / TPS blends due to its accentuated amorphous structure and hydrophilic character, as well as being a good source of food for microorganisms that are responsible for the biodegradation of polymer blend during the composting process.

*Keywords: low-density polyethylene, thermoplastic starch, polymer blends, composting process, biodegradation, composting kinetics.*

**PROCJENA UTJECAJA METALOGRAFSKE PRIPREME NA  
VICKERSOVU TVRDOĆU TITANSKE LEGURE  
NUMERIČKOM ANALIZOM**

**ESTIMATION OF METALLOGRAPHIC PREPARATION ON THE  
VICKERS HARDNESS OF TITANIUM ALLOY  
BY NUMERICAL ANALYSIS**

**Klara Šimić, Jakov Stanešić**

Mentori: prof. dr. sc. Ljerka Slokar Benić, doc. dr. sc. Ivan Ivec

Zavod za fizičku metalurgiju, Metalurški fakultet, Sveučilište u Zagrebu,  
Aleja narodnih heroja 3, 44000 Sisak, Republika Hrvatska  
*stanesic.jakov@gmail.com*

Zbog svojih dobrih svojstava legure titana imaju sve veću primjenu u biomedicini. Međutim, u svrhu poboljšanja određenih svojstava, dizajniraju se legure na bazi titana novih kemijskih sastava. Da bi se njihova karakterizacija provela na odgovarajući i zadovoljavajući način, legure se prethodno moraju adekvatno metalografski pripremiti. S obzirom na to da su za standardizirane legure ti parametri dobro poznati, kod razvoja novih, ali sličnih materijala potrebno je utvrditi odgovaraju li ti uvjeti i za pripremu novih sastava. Pri tome je u svakom koraku istraživanja potrebno identificirati moguće opasnosti te poduzeti odgovarajuće mjere opreza. Stoga su u ovom istraživanju, uvažavajući sve mjere sigurnosti i opreza, rezanjem iz lijevanog štapa titanske legure dobiveni uzorci koji su uliveni u epoksidnu masu radi lakšeg rukovanja. Brušenje uzoraka je provedeno varijacijom vremena i sile, dok se brzina rotacije brusne ploče nije mijenjala. Površina uzoraka nakon brušenja promatrana je pod svjetlosnim mikroskopom te je svim uzorcima, pri različitim opterećenjima indentora, izmjerena Vickersova tvrdoća, kao svojstvo koje se najčešće ispituje pri karakterizaciji materijala. Nakon toga je provedeno poliranje uzoraka te im je ponovo izmjerena tvrdoća. Korištenjem rezultata mjerenja tvrdoće provedena je numerička analiza kojom je utvrđena funkcionalna ovisnost izmjerene tvrdoće o vremenu i sili brušenja te o sili indentacije.

*Ključne riječi: titanska legura, sigurnost, metalografska priprema, Vickersova tvrdoća, numerička analiza*

Due to their good properties, titanium alloys are increasingly applied in biomedicine. However, in order to improve certain properties, titanium-based alloys of new chemical compositions are designed. For their characterization to be carried out in an appropriate and satisfactory manner, the alloys must first be adequately metallographically prepared. Since these parameters are well known for standardized alloys, when developing new but similar materials, it is necessary to determine whether these conditions are suitable for the preparation of new compositions. At each step of the research, possible hazards should be identified and appropriate precautions should be taken. Therefore, in this study, taking into account all safety and precautionary measures, samples obtained by cutting from a cast rod of titanium alloy were mounted into the



epoxy mass for easier handling. Grinding of the samples was carried out by varying the time and force, while the speed of rotation of the grinding wheel did not change. The surface of the samples after grinding was observed under a light microscope and to all samples, at different indenter loads, were measured Vickers hardness, as a property that is most often tested in the characterization of the material. After that, the samples were polished and their hardness was measured again. Using the results of hardness measurements, a numerical analysis was performed by which the functional dependence of the measured hardness on the grinding time and force and on the indentation force was determined.

*Keywords: titanium alloy, safety, metallographic preparation, Vickers hardness, numerical analysis*

**UTJECAJ RELATIVNOG STUPNJA SABIJANJA NA  
TVRDOĆU ČELIKA ZA POBOLJŠAVANJE**  
**INFLUENCE OF RELATIVE COMPRESSION DEGREE ON  
HARDNESS OF HARDENING STEEL**

**Klara Šimić**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Martina Lovrenić-Jugović

Zavod za mehaničku metalurgiju, Metalurški fakultet, Sveučilište u Zagrebu,  
Aleja narodnih heroja 3, 44 000 Sisak, Republika Hrvatska  
*klaras0206@gmail.com*

Poznato je da postoji niz mehanizama očvršćenja metalnih materijala, a jedan od njih je očvršćenje hladnom deformacijom. S druge strane, izmjerena veličina tvrdoće materijala vrlo je dobar indikator stupnja njegove deformacije i njegovog očvršćenja. Kako bi se doveo u vezu stupanj deformacije i izmjerena tvrdoća materijala provedeno je ispitivanje tvrdoće valjkastih uzoraka čelika za poboljšavanje (Č.4732) podvrgnutih hladnoj deformaciji sabijanja pri različitim stupnjevima opterećenja. Sabijanje je postupak hladne deformacije u kojem se ostvaruje redukcija visine u smjeru prešanja i slobodno tečenje materijala u trasverzalnom smjeru. Budući pri sabijanju postoji utjecaj trenja, materijal pokazuje različit stupanj deformacije, a time i različite veličine tvrdoće. Postupak sabijanja valjkastih uzoraka proveden je na hidrauličkoj preši pri opterećenjima sabijanja od: 8t, 14t, 20t i 24t. Svakom uzorku na osnovu njegovih početnih i deformiranih izmjera izračunat je relativni stupanj deformacije. Sabijeni valjkasti uzorci najprije su razrezani uzdužno, zatim prešani u vodljivu masu, brušeni, polirani te nagriženi nitalom kako bi se provela metalografska analiza mikrostrukture pomoću invertnog svjetlosnog mikroskopa. Uzorcima se zatim pomoću tvrdomjera izmjerila tvrdoća metodom Vikersa na određenim mjestima uzdužnog presjeka. Kako bi se bolje objasnila različitost izmjerene tvrdoće po uzorku, provedena je i numerička simulacija sabijanja metodom konačnih elemenata u edukacijskoj verziji programa Autodesk Inventor Nastran. U radu su analizirane izmjerene vrijednosti tvrdoće o relativnom stupnju deformacije pri sabijanju. Ovisnosti su aproksimirane određenim krivuljama uz prikaz statističkih parametara. Evidentno je povećanje tvrdoće s relativnim stupnjem sabijanja što se i iz metalografskih snimki mikrostrukture može potvrditi.

*Ključne riječi: sabijanje, čelik za poboljšavanje, tvrdoća, metalografska analiza, numerička simulacija*

It is known that there are several mechanisms for strengthening metallic materials, and one of them is cold deformation strengthening. On the other hand, the measured value of the hardness of the material is a very good indicator of the degree of its deformation and its strengthening. To relate the degree of deformation and the measured hardness of the material, a test of the hardness of roller samples of hardening steel (Č.4732) subjected to cold compression deformation at different degrees of loading was performed. Compression is a process of cold deformation in which the reduction of height in the direction of compression and free flow of

material in the transverse direction is achieved. Because there is a friction effect during compression, the material shows different degrees of deformation and thus different hardness values. The compaction procedure of roller specimens was performed on a hydraulic press at compaction loads of 8t, 14t, 20t, and 24t. The relative degree of deformation was calculated for each sample based on its initial and deformed measurements. The compacted roller specimens were first cut longitudinally, then pressed into a conductive mass, ground, polished, and etched with nitrile to perform a metallographic analysis of the microstructure using an inverted light microscope. The samples were then used with a hardness tester to measure Vickers hardness at specific points in the longitudinal section. To better explain the difference in measured hardness per sample, a numerical simulation of finite element compression was performed in the educational version of Autodesk Inventor Nastran. The measured values of hardness on the relative degree of compression deformation are analyzed in this paper. The dependencies are approximated by certain curves with the display of statistical parameters. An increase in hardness with a relative degree of compression is evident, which can be confirmed from metallographic images of the microstructure.

*Keywords: compression, hardening steel, hardness, metallographic analysis, numerical simulation*



**PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI  
FAKULTET**  
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

## EKSPRESIJA REKOMBINANTNIH LITIČKIH POLISAHARIDNIH MONOOKSIGENAZA IZ PAPTATI

### EXPRESSION OF RECOMBINANT LYTIC POLYSACCHARIDE MONOOXIGENASES FROM FERNS

**Mirna Larva, univ. bacc. ing. biotechn.**

Mentor: Dipl.-Ing., Bakk.techn. Daniel Kracher

Institute for Molecular Biotechnology, Graz University of Technology,  
Petersgasse 14, 8010 Graz

Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb  
*mirna.larva@gmail.com*

Kontrolirana enzimaska razgradnja otpornih biopolimera otvara nove mogućnosti u korištenju obnovljivih bioloških resursa, utirući put tranziciji gospodarstva temeljenog na fosilnim gorivima u gospodarstvo temeljeno na obnovljivim izvorima energije. Nedavno otkrivene, litičke polisaharidne monooksigenaze (LPMO) igraju ključnu ulogu u razgradnji organskih polimera u prirodi te su time izazvale značajan industrijski i akademski interes. LPMO sadrže snažan redoks mehanizam koji im omogućuje razgradnju otpornih i prethodno teško razgradivih polisaharida poput celuloze i hitina. Zajednički mehanizam LPMO enzima koji im omogućuje dekonstrukciju i dekrizaciju različitih biopolimera, identificiran je kod mnogo različitih organizama (npr. virusi, bakterije, gljivice, insekti, biljke). Usprkos tome, novija literatura sugerira na postojanje bioloških funkcija izvan okvira razgradnje polisaharidnih sirovina. Polazni enzim u ovom istraživanju je insekticidni LPMO iz paprati *Tectaria macrodonta* (*TmLPMO*), kao jedini do danas identificirani LMPO biljnog podrijetla te obećavajući kandidat za razvoj bioloških insekticida. *TmLPMO* je po prvi puta okarakteriziran 2016. godine kao hitin razgrađujući enzim koji sadrži obilježja bakterijskih litičkih monooksigenaza s biološkom ulogom zaštite biljaka domaćina od zaraze kukcima sprječavanjem razvoja ličinki. Pregledane su dostupne baze podataka RNA sekvenci koristeći jedini poznati LPMO iz paprati kao predložak te na temelju toga je formirano filogenetičko stablo pomoću kojeg je identificirano više od 40 potencijalnih biljnih LPMO enzima. Uz paprat *T. macrodonta*, odabrane su dvije dodatne vrste paprati (*Onoclea sensibilis* i *Thyrsopteris elegans*) kao izvori LPMO enzima za prvu rekombinantnu ekspresiju u *E. coli* te za dokazivanje aktivnosti kao potvrdu uspješne ekspresije. Optimiziranim procesom ekspresije, uspješno su eksprimirani ciljani enzimi u *E. coli* te LPMO specifičnom metodom za određivanje aktivnosti i Western blot analizom, dokazano je da su produkti navedenih gena funkcionalne litičke monooksigenaze.

*Ključne riječi: litičke polisaharidne monooksigenaze (LPMO), paprati, razgradnja biopolimera*

Controlled enzymatic degradation of resistant biopolymers opens up new possibilities in using renewable biological resources, paving the way to transition from a fossil fuel-based economy to a renewable energy-based economy. Recently discovered, lithic polysaccharide monooxygenases (LPMOs) play a vital role in the degradation of organic polymers in nature and have thus evoked significant industrial and academic interest. LPMOs contain a powerful

redox mechanism that allows them to degrade resistant and previously challenging to degrade polysaccharides such as cellulose and chitin. A common mechanism of LPMO enzymes that deconstruct and decrystallize different biopolymers has been identified in many organisms (e.g., viruses, bacteria, fungi, insects, plants). Nevertheless, recent literature suggests the existence of biological functions outside the framework of the degradation of polysaccharide raw materials. The starting enzyme in this study is the insecticidal LPMO from the fern *Tectaria macrodonta* (*TmLPMO*), as the only LPMO of plant origin identified to date and a promising candidate for the development of biological insecticides. *TmLPMO* was first characterised in 2016. as chitin degrading enzyme, containing bacterial lytic monooxygenase characteristics with a biological role in protecting host plants from insect infection by preventing larval development. Available databases of RNA sequences were reviewed using the only known LPMO from ferns as a template. Based on this, a phylogenetic tree was formed by which over 40 potential plant LPMO enzymes were identified. In addition to the *T. macrodonta* fern, two additional fern species (*Onclea sensibilis* and *Thyrsopteris elegans*) were selected as sources of LPMO enzymes for the first recombinant expression in *E. coli* to demonstrate activity as confirmation of successful expression. Targeted enzymes in *E. coli* and LPMO-specific methods for determining activity and Western blot analysis were successfully expressed by optimising the expression process. The products of these genes were proved to be functional lytic monooxygenase.

*Keywords: biopolymer degradation, ferns, lytic polysaccharide monooxygenase (LPMO),*

## **MOGUĆNOST PRIMJENE NIR-SPEKTROSKOPIJE U KONTROLI KVALITETE TABLETA S ACETILSALICILNOM KISELINOM KAO AKTIVNOM TVARI**

## **POTENTIAL APPLICATION OF NEAR INFRARED SPECTROSCOPY IN QUALITY MONITORING OF DRUGS WITH ACETYLSALICYLIC ACID AS ACTIVE SUBSTANCE**

**Lara Skef, univ. bacc. ing. techn. aliment.**

Mentor: doc. dr. sc. Davor Valinger

Zavod za procesno inženjerstvo, Prehrambeno-biotehnološki fakultet,  
Sveučilište u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb  
*lara.skef@gmail.com*

Proizvodnja tableta strogo je reguliran proces od strane regulatornih agencija, s ciljem dobivanja strogo kontroliranog i ponovljivog proizvoda te minimaliziranja rizika za ljudsko zdravlje. Stoga je cilj ovoga rada bio ispitati potencijal primjene blisko infracrvene spektroskopije (NIRs), kao jednostavne i precizne analitičke metode, u kontroli kvalitete lijekova. Korišteno je 9 proizvoda različitih proizvođača dostupnih na hrvatskom tržištu različitih koncentracija acetilsalicilne kiseline, u obliku tableta, prahova i tekućih uzoraka. Praćena je mogućnost određivanja koncentracije aktivne tvari i prepoznavanja vrste uzoraka te, u tekućim uzorcima, promjena električne vodljivosti i ukupnih otopljenih čvrstih tvari u ovisnosti o volumnom udjelu acetilsalicilne kiseline. Za obradu podataka NIR spektara upotrebljena je analiza glavnih komponenti, na temelju čega su se pomoću umjetnih neuronskih mreža (ANN) predviđali spomenuti parametri u uzorcima. Rezultatima za uzorke tableta i prahova pokazana je iznimna sposobnost NIRs-a u kombinaciji s umjetnim neuronskim mrežama za određivanje koncentracije acetilsalicilne kiseline i prepoznavanja vrste uzorka s vrijednošću većom od 99 %. Isti trend rezultata dobiven je za tekuće uzorke, pri čemu su u rasponu od 99 % do najmanje 91 % uspješno povezani koncentracija acetilsalicilne kiseline te vrijednosti električne vodljivosti i ukupnih otopljenih tvari.

*Ključne riječi: acetilsalicilna kiselina, analiza glavnih komponenti, blisko-infracrvena spektroskopija, kontrola kvalitete, umjetne neuronske mreže*

Tablet production process is strictly regulated by regulatory agencies with the purpose of obtaining a repeatable product with minimal risks to human health. Therefore, the aim of this study was to examine the potential application of near-infrared spectroscopy (NIRs), as a quick and precise analytical method, in drug quality monitoring. Nine products by different manufacturers available on the Croatian market with various acetylsalicylic acid concentrations were used, in tablet, powder and liquid forms. Possibility of determination of acetylsalicylic acid concentration and samples type was monitored, together with change in electrical conductivity and total dissolved solids depending on the volume of acetylsalicylic acid in liquid samples. Principal component analysis was used to process the spectrum data. Based on those results artificial



neural networks (ANN) were then used to predict the above-mentioned parameters. Obtained results for tablet and powder samples showed exceptional ability (99 %) of NIRs in combination with artificial neural networks for determination of acetylsalicylic acid concentration and tablets/powder sample. Results for liquid samples showed similar trend in results, 99 % to at least 91 % accuracy was determined in correlation of concentration of acetylsalicylic acid with electrical conductivity and total dissolved solids values.

*Keywords: acetylsalicylic acid, near infrared spectroscopy, principal component analysis, artificial neural networks, colorimetry*

## NEKODIRAJUĆA ANTISENSE RNA REGULIRA TRANSKRIPCIJU GENA *PHO5*

## NON-CODING ANTISENSE RNA REGULATES *PHO5* GENE TRANSCRIPTION

Jurica Ljubas

Mentor: izv.prof.dr.sc. Igor Stuparević

Zavod za kemiju i biokemiju,  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb  
*ljubasjurica1207@gmail.com*

*Antisense* RNA su nekodirajući transkripti koji nastaju inicijacijom transkripcije sa 3' kraja kodirajućeg lanca gena. Brojna istraživanja pokazuju da se *antisense* RNA transkribiraju na velikom broju lokusa i da se njihova uloga povezuje s regulacijom ekspresije pripadajućih gena. Također, postoje indicacije da bi takvi transkripti mogli djelovati putem kromatin-modificirajućih i kromatin-remodelirajućih kompleksa. Prvotno, cilj ovog rada bio je istražiti ulogu *antisense* transkripcije u regulaciji ekspresije gena *PHO5* kvasca *S. cerevisiae*. Nastavno na to, cilj je bio i ispitati mehanizam regulatornog djelovanja *antisense* RNA. Gen *PHO5* odabran je budući da je na istome prethodno dobro istražen proces modificiranja i remodeliranja strukture kromatina prilikom aktivacije transkripcije, te je uočena stabilizacija *antisense* RNA prilikom inaktivacije ribonukleaze Rrp6, koja inače degradira nekodirajuće transkripte. Kako bi se dokazalo regulatorno djelovanje *antisense* RNA, korišten je CRISPRi sustav sačinjen od katalički-inaktivne endonukleaze Cas9 (*dCas9*) i molekule *guide* RNA, koja navodi *dCas9* na specifičnu regiju gena. CRISPRi sustavom ciljano je zaustavljena transkripcija *PHO5 antisense* RNA, što je rezultiralo bržom kinetikom aktivacije transkripcije gena *PHO5*. Dobiveni rezultat stoga upućuje na negativan regulatorni utjecaj *antisense* RNA na kinetiku ekspresije gena *PHO5*. Nadalje, dokazano je da *PHO5 antisense* RNA regulira ekspresiju gena *PHO5* preko kromatin-modificirajućih kompleksa, putem utjecaja na proces acetilacije histona. Naime, pokazano je da je histon-deacetilaza Rpd3 uključena u mehanizam putem kojeg stabilizacija *PHO5 antisense* RNA djeluje negativno na kinetiku ekspresije gena *PHO5*. Poveznica s procesom acetilacije histona dodatno je potvrđena činjenicom da stabilizacija *PHO5 antisense* RNA nije uzrokovala dodatni negativan učinak na ekspresiju gena *PHO5* u odnosu na inaktivaciju histon-acetiltransferaze Gcn5, koja je u velikoj mjeri zaslužna za modificiranje strukture promotora *PHO5* te je potrebna za fiziološku kinetiku aktivacije transkripcije gena.

*Ključne riječi: transkripcija, antisense RNA, regulacija, PHO5, kromatin-modificirajući kompleksi*

Antisense RNAs are defined as non-coding RNAs which are made upon transcriptional initiation from the 3' ends of genes. Numerous studies have shown that antisense RNAs are transcribed at a large number of loci and that they could play important roles in transcriptional regulation of corresponding genes. In addition to that, there are indications that such RNAs may regulate gene expression via chromatin-modifying and chromatin-remodeling complexes. First

aim of this work was to explore the role of antisense transcription in regulation of yeast *S. cerevisiae* *PHO5* gene expression. Second aim was to examine the mechanisms of transcriptional regulation through antisense RNAs. *PHO5* gene was chosen because the modifications and remodeling of its chromatin structure are well-studied, accompanied by the fact that an antisense RNA is transcribed at its locus and is stabilized upon inactivation of Rrp6 ribonuclease, which normally degrades non-coding transcripts. In order to explore the role of antisense transcription in regulation, we used CRISPRi system comprised of the catalitically-inactive endonuclease Cas9 (*dCas9*) and guide RNA, which guides *dCas9* protein to a specific gene region. Using CRISPRi, we specifically blocked only antisense transcription at the *PHO5* gene locus, which resulted in more rapid kinetics of *PHO5* gene transcriptional activation. That result indicates that antisense transcription has a negative effect on *PHO5* gene expression kinetics. Furthermore, Results of this work show that *PHO5* antisense RNA regulates *PHO5* gene expression via chromatin-modifying complexes by affecting histone acetylation. Histone-deacetylase Rpd3 is a part of a mechanism by which asRNA negatively affects *PHO5* gene expression kinetics. The link between antisense RNA and histone acetylation was further confirmed when *PHO5* antisense RNA stabilization did not cause an additional negative effect on *PHO5* gene expression compared to inactivation of histone-acetyltransferase Gcn5, which is the major histone-acetyltransferase acting at the *PHO5* promoter.

*Keywords: transcription, antisense RNA, regulation, PHO5, chromatin-modifying complexes*

**SINTEZA, KONFORMACIJSKA ANALIZA I  
BIOLOŠKA EVALUACIJA TRIPEPTIDÂ IZVEDENIH IZ  
FEROCEN-1,1'-DIAMINA S ALA-PRO SEKVENCOM**  
**SYNTHESIS, CONFORMATIONAL ANALYSIS, AND BIOLOGICAL  
EVALUATION OF TRIPEPTIDES DERIVED FROM  
FERROCENE-1,1'-DIAMINE AND ALA-PRO SEQUENCE**

univ. bacc. ing. techn. aliment. Marina Ivančić i

univ. bacc. ing. techn. aliment. Gloria Kovač

Mentor: doc. dr. sc. Monika Kovačević

Zavod za kemiju i biokemiju i Zavod za Prehrambeno-tehnološko inženjerstvo,  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6  
*marina.ivancic.sunshine@gmail.com, gloria.kovac.8@gmail.com*

Tvorba intramolekulskih vodikovih veza, koje induciraju nastajanje više elemenata sekundarne strukture (okreti, uzvojnice, plohe), moguća je konjugacijom ferocenske osnove i različito strukturiranih peptidnih lanaca. Iz tog se razloga aminokiselinski ferocenski derivati koriste kao peptidomimetici. Ugradnjom peptidnih sekvenci bogatih alaninom i prolinom postiže se bolja biološka aktivnost zbog njihovih brojnih poželjnih svojstava (visoka topljivost, stabilnost, biodostupnost). Pripravljene su ferocenski tripeptidi **Ac-L-Ala-L-Pro-NH-Fn-NH-D-Pro-Boc (12)** i **Ac-D-Ala-L-Pro-NH-Fn-NH-D-Pro-Boc (13)** s ciljem ispitivanja utjecaja ferocenskog sintona, kiralnosti aminokiselinskih podjedinica te utjecaja zaštitnih skupina na kiralno uređenje pripremljenih peptida i njihova biološka aktivnost. IR-, NMR- i CD-spektroskopskom analizom su ispitani tripeptidi te su potkrijepljeni DFT-računima. Biološka evaluacija uključila je određivanje antimikrobne aktivnosti disk-difuzijskom metodom i metodom razrjeđivanja hranjivog bujona uz određivanje MIC vrijednosti te antioksidacijske aktivnosti DPPH i FRAP metodom. Konformacijska analiza utvrdila je tvorbu intramolekulske vodikove veze (IHB)  $\text{NH}_{\text{Fn}}^2 \cdots \text{OC}_{\text{Ala}}$  koja dovodi do tvorbe  $\beta$ -okreta kod spojeva **12** i **13**. Dodatne vodikove veze, koje su pretpostavljene DFT-modeliranjem, nisu pronađene u otopini. Minimalne inhibicijske koncentracije veće su od 1,95 mM za oba spoja prema testiranim gram-pozitivnim, gram-negativnim bakterijama te kvascima. Sintetizirani spojevi koncentracije 0,46 mM pokazuju antioksidacijsku aktivnost ekvivalentnu 0,4 mM Trolox prema FRAP metodi, dok se antioksidacijska aktivnost tripeptidâ koncentracije 2,29 mM podudara s antioksidacijskom aktivnošću 0,5 mM Troloxa prema rezultatima DPPH metode.

*Ključne riječi: ferocen, peptidomimetici, konformacijska analiza, antimikrobna aktivnost, antioksidacijska aktivnost*

The formation of intramolecular hydrogen bonds, which induce the formation of several elements of the secondary structure (turns, coils, sheets), is possible by conjugation of the ferrocene core and differently structured peptide chains. For this reason, amino acid ferrocene derivatives are used as peptidomimetics. By incorporating peptide sequences rich in alanine and

proline, better biological activity is achieved due to their numerous desirable properties (high solubility, stability, bioavailability). Ferrocene tripeptides **Ac-L-Ala-L-Pro-NH-Fn-NH-D-Pro-Boc (12)** and **Ac-D-Ala-L-Pro-NH-Fn-NH-D-Pro-Boc (13)** were prepared to examine the influence of ferrocene synthon, the chirality of amino acid backbone, the influence of protecting groups on the chiral arrangement of prepared peptides and their biological activity. Tripeptides were examined by IR, NMR and CD spectroscopic analysis and supported by DFT calculations. Biological evaluation included determination of antimicrobial activity by disk-diffusion method and nutrient broth dilution method with determination of MIC values and antioxidant activity by DPPH and FRAP method. Conformational analysis determined the formation of intramolecular hydrogen bond (IHB)  $\text{NH}_{\text{Fn}}^2 \cdots \text{OC}_{\text{Ala}}$  leading to the formation of  $\beta$ -turns in compounds **12** and **13**. Additional hydrogen bonds, which were assumed by DFT modeling, were not found in solution. Minimum inhibitory concentrations are higher than 1.95 mM for both compounds against tested gram-positive, gram-negative bacteria and yeasts. The synthesized compounds with a concentration of 0.46 mM show antioxidant activity equivalent to 0.4 mM Trolox according to the FRAP method, while the antioxidant activity of tripeptides at a concentration of 2.29 mM coincides with the antioxidant activity of 0.5 mM Trolox according to DPPH method results.

*Keywords: ferrocene, peptidomimetics, conformational analysis, antimicrobial activity, antioxidant activity*

## ULOGA RNA EGZOSOMA U ODRŽAVANJU STABILNOSTI STANIČNE STIJENKE KVASCA

### THE ROLE OF THE RNA EXOSOME IN MAINTAINING YEAST CELL WALL STABILITY

Lucija Štrbac, univ. bacc.ing. biotechn., Marina Oskomić, univ. bacc.ing. biotechn.

Mentor: izv. prof. dr. sc. Igor Stuparević

Zavod za kemiju i biokemiju, Prehrambeno-biotehnoški fakultet,  
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb  
lstrbac@pbf.hr, moskomic@pbf.hr

RNA egzozom je proteinski kompleks ključan za razgradnju, kontrolu kvalitete i sazrijevanje RNA molekula u eukariota, čija se struktura i funkcija intenzivno istražuju tijekom zadnjih dvadeset godina. Obzirom na ulogu RNA egzozoma u procesiranju i razgradnji RNA supstrata, poznato je da mutacije u genima koji kodiraju za podjedinice egzozoma značajno utječu na ekspresiju gena, zbog čega su povezane s brojnim ljudskim bolestima, poput autoimunih bolesti i neurodegenerativnih poremećaja. Budući da je RNA egzozom evolucijski očuvan kompleks, u svrhu istraživanja mehanizma djelovanja te specifičnosti prema supstratima egzozoma, kao modelni organizam koristi se kvasac *Saccharomyces cerevisiae*. Egzozom kvasca sastoji se od 9 strukturnih i dvije katalitičke podjedinice, Dis3 i Rrp6, koje imaju 3'-5' egzoribonukleaznu aktivnost. Ovim radom pokazana je značajna uloga egzozoma u održavanju stabilnosti stanične stijenke kvasca, čime je objašnjen uzrok temperaturno-osjetljivog fenotipa mutanata za katalitičke podjedinice RNA egzozoma. Uzrok narušene stabilnosti stijenke ovih mutanata pronađen je u smanjenoj razini ekspresije gena koji kodiraju za proteine uključene u rani stadij glikozilacije, nužnog procesa za modifikaciju proteina stanične stijenke. Smanjena ekspresija tih gena u stanicama kojima nedostaje Rrp6 ili egzoribonukleazna aktivnost Dis3 dovodi do defekata u rastu i staničnoj morfologiji prilikom izlaganja povišenoj temperaturi ili tretmanu stresorima koji utječu na stabilnost stijenke. U skladu s tim, osmotska stabilizacija medija za uzgoj ili prekomjerna ekspresija gena *PSA1* ključnog za sintezu proces manozilacije, suprimiraju defektni fenotip ovih mutanata.

*Ključne riječi: kvasac Saccharomyces cerevisiae, RNA egzozom, Dis3, Rrp6, stanična stijenka, glikozilacija proteina, gen PSA1*

The RNA exosome is a protein complex crucial for the degradation, quality control, and maturation of RNA molecules in eukaryotes, whose structure and function have been intensively investigated over the past twenty years. Given the role of the RNA exosome in processing and degrading RNA substrates, mutations in genes encoding exosomal subunits are known to significantly affect gene expression, and are therefore associated with a number of human diseases, such as autoimmune diseases and neurodegenerative disorders. Since the RNA exosome is an evolutionarily conserved complex, the yeast *Saccharomyces cerevisiae* is used as a model organism for the purpose of investigating the mechanism of action and specificity

towards exosome substrates. The yeast exosome consists of 9 structural and two catalytic subunits, Dis3 and Rrp6, which have 3'-5' exoribonuclease activity. This paper demonstrates the significant role of the RNA exosome in maintaining yeast cell wall stability, thus explaining the cause of the temperature-sensitive mutant phenotype for catalytic RNA exosome subunits. The cause of impaired wall stability of these mutants was found in the reduced level of expression of genes encoding proteins involved in the early stage of glycosylation, a necessary process for cell wall protein modification. Decreased expression of these genes in cells lacking Rrp6 or exoribonuclease activity of Dis3 leads to defects in growth and cell morphology when exposed to elevated temperature or treated with stressors that affect wall stability. Accordingly, osmotic stabilization of the culture medium or overexpression of the *PSA1* gene crucial for the mannosylation process suppresses the defective phenotype of these mutants.

*Keywords: yeast Saccharomyces cerevisiae, RNA exosome, Dis3, Rrp6, cell wall, protein glycosylation, PSA1 gene*





**PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
SVEUČILIŠTE J.J. STROSSMAYERA U OSIJEKU

**PROIZVODNJA PIĆA NA BAZI SLADOVINE SA  
DODATKOM SOKA OD ARONIJE**  
**PRODUCTION OF WORT BASED BEVERAGE WITH  
THE ADDITION OF CHOKEBERRY JUICE**

**Jelena Nišević**

Mentor: doc. dr. sc. Kristina Mastanjević

Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek,  
Zavod za procesno inženjerstvo, F. Kuhača 18, 31000 Osijek  
*jnisevic@ptfos.hr*

Bezalkoholna pića na bazi sladovine popularna su u Srednjoj Europi, a i kod nas se lagano probijaju na tržište. Dodatak soka od aronije dodaje nutritivnu vrijednost sladovini. Cilj ovoga rada bio je proizvesti sladovinu koja se u daljnjem ispitivanju koristila za proizvodnju pića na bazi sladovine sa dodatkom soka od aronije. Također, ispitat će se i senzorska svojstva ovoga pića, te ustanoviti njegova prihvatljivost među širom populacijom. Sladovina je pripremljena standardnim postupkom od slada tipa Munich. U ohlađenu sladovinu dodan je sok od aronije te su tijekom istraživanja pripravljena tri napitka sa različitim koncentracijama soka od aronije (10, 20 i 30%). Senzorska analiza provedena je za sva tri napitka i pokazalo se da 30% soka od aronije ugodno djeluje na okus napitka, ali da ima prostora za poboljšanje. U tu svrhu dodano je 5 kapi eteričnog ulja mente i provedeno je gaziranje. U konačnici, rezultati su pokazali da je dodatak soka od aronije u iznosu od 30% senzorski prihvatljiviji uz dodatak eteričnog ulja mente i gaziranja. Osim senzorske analize, analizirani su i ukupni polifenoli te nutritivna vrijednost. Potrebno je provesti daljnja istraživanja u svrhu optimiranja ovog pića koje ima potencijalno pozitivan utjecaj na zdravlje.

*Ključne riječi: aronija; sladovina; eterično ulje mente; slad*

Non-alcoholic wort-based beverages are very popular in Central Europe. In Croatia, their production is just getting started. Adding the chokeberry to the wort, increases the nutritional value of this beverage. The main goal of this research was to produce wort, which is further used in the production of the wort-based beverage with the addition of chokeberry juice. In addition, sensory characteristics and the market acceptance will be analyzed. Wort has been prepared by the standard mashing process, using Munich malt. Chokeberry juice was added to the cooled wort. For the purpose of this research, three beverages with different concentrations (10, 20, 30%) were formulated, and all of the beverages were subjected to sensory analysis. Sensory analysis showed that wort with the addition of 30% chokeberry juice was the most accepted. This concentration of the chokeberry juice provides a pleasant taste of the beverage, but needs some improvement. To address this, mint essential oil was added (5 drops) to the mixture and carbonation was conducted. Overall, the results indicated that the wort-based beverage, with 30% added chokeberry juice, received better acceptance when carbonated and mixed with mint essential oil. Besides sensory analysis, polyphenol content was also analyzed, along with the

determination of nutritional value. However, in order to optimize the production this wort-based beverage, further research should be conducted.

*Keywords: chokeberry wort; mint essential oil; malt*

## **SUBKRITIČNA EKSTRAKCIJA BIOAKTIVNIH KOMPONENTI IZ TALOGA KAVE I LJUSKE CRVENOG LUKA**

### **SUBCRITICAL EXTRACTION OF BIOACTIVE COMPONENTS FROM SPENT COFFEE GROUNDS AND BROWN ONION SKINS**

**Muhamed Zećiri**

Mentor: prof. dr. sc. Sandra Budžaki

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek,  
Zavod za procesno inženjerstvo, Franje Kuhača 18, 31000 Osijek  
*mzeciri@ptfos.hr*

Jedan od pet glavnih izazova održivog gospodarenja otpadom u poljoprivredno-prehrambenoj industriji je razvoj inovativnih tehnika iskorištavanja otpada za proizvodnju kemikalija, finih kemikalija, bioaktivnih spojeva, enzima i funkcionalnih materijala.

U okviru ovog rada ispitana je mogućnost iscrpljivanja bioaktivnih komponenti iz taloga kave i ljuske crvenog luka primjenom subkritične ekstrakcije. Prije subkritične ekstrakcije uzorci taloga kave i ljuske crvenog luka podvrgnuti su odmašćivanju metodom po Soxhlet-u na automatskom uređaju za ekstrakciju (SocROC) upotrebom *n*-heksana kao otapala. Subkritična ekstrakcija odmašćenog otpada provedena je etanolom različite koncentracije (96 %, 75 %, 50 %) i vodom. Dobiveni ekstrakti analizirani su na udio suhe tvari, udio ukupnih polifenola, flavonoida, topivih proteina te ukupnih šećera kao i polifenolni profil.

Rezultati su pokazali da ljuska crvenog luka sadrži svega 1,3 %, a talog kave 10,6 % slobodnih masti. Subkritičnom ekstrakcijom odmašćenog taloga kave sa 96 %, 50 % etanolom i vodom iz taloga kave ukupno je ekstrahirano 18,8 %, a iz ljuske crvenog luka 15,2 % suhe tvari. Analiza ekstrakata pokazala je da je iz taloga kave ukupno ekstrahirano  $11,26 \pm 0,20$  g/100 g ukupnih polifenola,  $4,83 \pm 0,15$  g/100 g ukupnih flavonoida,  $11,25 \pm 0,18$  g/100 g topivih proteina,  $12,36 \pm 0,46$  g/100 g ukupnih šećera, a iz ljuske crvenog luka ukupnih polifenola  $8,40 \pm 0,38$  g/100 g, ukupnih flavonoida  $8,16 \pm 0,47$  g/100 g, topivih proteina  $3,47 \pm 0,11$  g/100 g te ukupnih šećera  $4,11 \pm 0,10$  g/100 g. HPLC analiza polifenolnog profila pokazala je da je talog kave najbogatiji na kafeinu, a ljuska crvenog luka na kvercetin. Pri tome je glavna kafeina 300 mg/100 g taloga kave ekstrahirana u 96 % etanolu, dok je u istom otapalu iz 100 g ljuske crvenog luka ekstrahirano čak 1,4 g kvercetina.

*Ključne riječi: talog kave, ljuska crvenog luka, subkritična ekstrakcija, kafein, kvercetin*

One of the five main challenges of sustainable waste management in the agri-food industry is the development of innovative waste recovery techniques for the production of chemicals, fine chemicals, bioactive compounds, enzymes and functional materials.

In this paper, the possibility of depletion of bioactive components from coffee grounds and red onion peel by subcritical extraction was investigated. Prior to subcritical extraction, samples of coffee grounds and onion peels were subjected to defatting by the Soxhlet method on an automatic extraction apparatus (SocROC) using

*n*-hexane as solvent. Subcritical extraction of defatted waste was performed with ethanol of different concentrations (96%, 75%, 50%) and water. The obtained extracts were analyzed for dry matter content, content of total polyphenols, flavonoids, soluble proteins and total sugars as well as polyphenolic profile.

The results showed that brown onion skins contains only 1.3%, and spent coffee grounds 10.6% of free fat. Subcritical extraction of defatted spent coffee grounds with 96%, 50% ethanol and water from spent coffee grounds extracted a total of 18.8% and from brown onion skins 15.2% of dry matter. Analysis of the extracts showed a  $11.26 \pm 0.20$  g / 100 g of total polyphenols,  $4.83 \pm 0.15$  g / 100 g of total flavonoids,  $11.25 \pm 0.18$  g / 100 g were extracted from coffee grounds soluble proteins,  $12.36 \pm 0.46$  g / 100 g of total sugars, and from red onion peel total polyphenols  $8.40 \pm 0.38$  g / 100 g, total flavonoids  $8.16 \pm 0.47$  g / 100 g, soluble proteins  $3.47 \pm 0.11$  g / 100 g and total sugars  $4.11 \pm 0.10$  g / 100 g. HPLC analysis of the polyphenolic profile showed that coffee grounds were the richest in caffeine and red onions in quercetin. The bulk of caffeine 300 mg / 100 g of coffee grounds was extracted in 96% ethanol, while in the same solvent from 100 g of red onion peel was extracted as much as 1.4 g of quercetin.

*Keywords: spent coffee grounds, brown onion skins, subcritical extraction, caffeine, quercetin*



**TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

**PRIMJENA VLAKANA SIDA HERMAPHRODITA L.  
ZA OJAČALA BİOKOMPOZITA**

**APPLICATION OF SIDA HERMAPHRODITA L. FIBER  
FOR BİOCOMPOSITE REINFORCEMENTS**

**Gabriela Vanja**

Mentor: prof. dr. sc. Sandra Bischof

Zavod za tekstilnu kemiju i ekologiju, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet,  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb  
*gvanja@tff.hr*

Virdžinijski sljez ili *Sida hermaphrodita* L. je višegodišnja biljka iz porodice Malvaceae (sljezovi) koja se koristi u medicinske svrhe, ali i za smanjenje erozije tla i čišćenje tla te u novije vrijeme i u energetske svrhe. U ovom je radu naglasak stavljen na primjenu ekološkog postupka predobrade celulozne biomase sljeza. Praćen je utjecaj primijenjenih sredstava i metoda obrade na kvalitetu dobivenih vlakana (ojačala) s ciljem njihove naknadne ugradnje u biokompozite. Da bi određena vrsta sirovine, kao što je to *Sida hermaphrodita*, postala potencijalni izvor energije u obliku biomase, moraju se prethodno utvrditi njene fizikalno–kemijske, strukturalne te ogrjevne vrijednosti zbog boljeg uvida u energetske isplativost kod proizvodnje zelene energije. Iz tog razloga je utvrđen sastav lignocelulozne biomase virdžinijskog sljeza i dobiveni su slijedeći rezultati sastava: 20-40% celuloze, 25-35% hemiceluloze te 20-25% lignina, dok se donja ogrjevna vrijednost kreće oko 16 MJ/kg što je iznimno dobro i ukazuje na mogućnost primjene virdžinijskog sljeza za biogoriva.

*Ključne riječi: virdžinijski sljez, energetska kultura, biomasa, ekološka predobrada, biokompoziti, biogoriva*

Virginia marshmallow or *Sida hermaphrodita* L. is a perennial plant from the Malvaceae family (mallow) used for medicinal purposes, but also to reduce soil erosion and soil cleansing, and more recently for energy purposes. In this paper, the emphasis is placed on the application of the ecological pretreatment of marshmallow biomass. The impact of applied agents and processing methods on the quality of extracted fibres (reinforcements) is monitored with the aim of their subsequent incorporation into biocomposites. In order for a certain type of raw material, such as *Sida hermaphrodita*, to become a potential source of energy in the form of biomass, its physico-chemical, structural and calorific values must be determined for better insight into energy viability for green energy production. For this reason, the composition of lignocellulosic biomass of Virginia mallow was determined and the results of composition are as follows: 20-40% cellulose, 25-35% hemicellulose and 20-25% lignin, while the lower calorific value is around 16 MJ/kg, what is very good and indicates the possibility of using Virginia marshmallow for biofuels.

*Keywords: Sida hermaphrodita L., energy culture, biomass, enzymatic pretreatment, biocomposites, biofuels*



**SMANJENJE OTPUŠTANJA ČESTICA MIKROPLASTIKE  
MODIFIKACIJOM POLIESTERSKE TKANINE KITOZANOM  
REDUCTION OF MICROPLASTIC PARTICLES RELEASE BY  
MODIFICATION OF POLYESTER FABRIC WITH CHITOSAN**

**Marko Liplin**

Mentor: prof. dr. sc. Tanja Pušić

Zavod za tekstilnu kemiju i ekologiju, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet,  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000, Zagreb  
*mliplin@ttf.hr*

Problematika otpuštanja čestica mikroplastike s poliesterskih tekstilija je tema koja zaokuplja pažnju istraživača iz raznih područja znanosti, jer je mikroplastika danas postala jedna od najozbiljnijih opasnosti za okoliš. Ovaj rad je načinjen u području tekstilne tehnologije, pri čemu je istražena modifikacija poliesterske tkanine kitozanom u svrhu smanjenog otpuštanja čestica mikroplastike u procesu pranja. Obradi kitozanom prethodila je alkalna hidroliza u dvije varijacije, bez i uz dodatak anionskog tenzida. Na neobrađenoj, alkalno hidroliziranim i kitozanom obrađenim tkaninama provedena je analiza mehaničkih i fizikalno-kemijskih svojstava u svrhu procjene stupnja modifikacije površine. Na temelju prekidne sile, pilinga, kontaktnog pH, pH vodenog ekstrakta, prijenosa vlage, opipa, analize površine, te gravimetrijske analize potvrđeno je da alkalna hidroliza uz dodatak anionskog tenzida nije prihvatljiva za pripremu površine poliesterske tkanine za obradu biopolimerom kitozanom.

*Ključne riječi: poliestar, mikroplastika, alkalna hidroliza, anionski tenzid, kitozan*

The issue of releasing microplastic particles from polyester textiles is a topic that captures the attention of researchers from various fields of science, because microplastics have become one of the most serious environmental hazards today. This work was done in the field of textile technology, where the modification of polyester fabric with chitosan was investigated in order to reduce the release of microplastic particles in the washing process. Chitosan treatment was preceded by alkaline hydrolysis in two variations, with and without the addition of anionic surfactant. Analysis of mechanical and physicochemical properties was performed on pristine, alkali hydrolyzed and chitosan-treated fabrics in order to estimate the degree of surface modification. Based on breaking force, peeling, contact pH, pH of an aqueous extract, moisture transport, touch, surface and gravimetric analysis, it was confirmed that alkaline hydrolysis with the addition of anionic surfactant is not acceptable for polyester fabric surface preparation for treatment with biopolymer chitosan.

*Keywords: Polyester, microplastic, alkaline hydrolysis, anionic surfactant, chitosan*

## UTJECAJ OBRADÉ PROTIV GORENJA U PROCESIMA DIGITALNOG TISKA NA TKANINAMA U ATLAS I PLATNO VEZU

### INFLUENCE OF FIRE RETARDANT IN DIGITAL PRINTING PROCESSES ON FABRICS IN SATIN AND PLAIN WEAVE

**Pavao Prahin**

Mentor: doc. dr. sc. Lea Botteri

Zavod za tekstilnu kemiju i ekologiju, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet,  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb  
*pprahin@tff.hr*

Požari su svakodnevna pojava koja ugrožava ljudske živote i uzrokuje veliku materijalnu štetu. U svakodnevnom životu okruženi smo tekstilnim proizvodima koji su često uzročnici i širitelji požara ukoliko nisu zaštićeni od gorenja. Iz tog razloga razvoj usporivača gorenja za tekstil predstavlja veliki izazov. Jedan od najčešće primjenjivanih i vodećih usporivača gorenja temelji se na derivatu N-metilolnihdimetilfosfino propionamida. S druge strane primjena digitalne tehnologije na tekstilu sve se više primjenjuje. Digitalni tisak na tekstilu, za razliku od analognog tiska, omogućava veću kreativnost u izboru oblika i boja željenog otiska te jednostavnost primjene uz značajne uštede vode i energije što ga čini ekološki prihvatljivijim. U ovom radu prikazan je utjecaj obrade protiv gorenja u procesima digitalnog tiska na tkaninama u atlas i platno vezu. Na tkaninama je proveden proces digitalnog tiska prije i nakon obrade protiv gorenja derivatom N-metilolnihdimetilfosfino propionamida. Ispitane su strukturne, konstrukcijske i mehaničke karakteristike tkanina u atlas i platno vezu, otpornost na gorenje vertikalnom metodom i graničnim indeksom kisika (LOI), te spektralne karakteristike digitalnog tiska. Uzorci obrađeni protiv gorenja, a zatim digitalno otisnuti imaju neznatno veće LOI vrijednosti od uzoraka koji su prvo digitalno otisnuti pa obrađeni protiv gorenja. S druge strane veću zasićenost boje digitalnog otiska imaju uzorci digitalno otisnuti prije obrade protiv gorenja. To pokazuje da je redoslijed obrada i digitalnog tiska bitan ovisno o funkcionalnosti ili estetskom dojmu.

*Ključne riječi: pamuk, usporivači gorenja, LOI, digitalni tisak*

Fires are an everyday occurrence that endangers human lives and causes huge material damage. In everyday life, we are surrounded by textile products that are often the cause and spread of fire if they are not protected from burning. For this reason, the development of flame retardants for textiles is a major challenge. One of the most commonly used and leading flame retardants is based on the N-methylol dimethylphosphino propionamide derivative. On the other hand, the application of digital technology on textiles is increasingly being applied. Digital printing on textiles, unlike analog printing, allows greater creativity in choosing the shape and color of the desired print and ease of use with significant savings in water and energy, which makes it more environmentally friendly. This paper the influence of fire retardant in digital printing processes on fabrics in satin and plain weave were presented. Digital printing process was performed on fabrics before and after flame retardant with N-methylol dimethylphosphino

propionamide derivative. The structural, constructional and mechanical characteristics of fabrics in satin and plain weave, vertical burning behavior, oxygen limit index (LOI), and the spectral characteristics of digital printing were examined. Samples treated with flame retardant firstly and then digitally printed have slightly higher LOI values than samples that were first digitally printed and then treated with flame retardant. On the other hand, samples of digitally printed before flame retardant treatment have a higher color saturation of the digital print. It is evident that the order of treatment and digital printing is important depending on the functionality or aesthetic impression.

*Keywords: cotton, flame retardant, LOI, digital printing*

Tehnologijada je znanstveno-sportski susret studenata i djelatnika s područja: grafičkih, biotehničkih, prehrambenih, kemijskih, metalurških i tekstilnih znanosti s ciljem promicanjem tih znanosti, okupljanjem i poticanjem suradnje studenata i znanstvenika različitih tehnoloških struka radi podupiranja djelotvornoga znanstvenog i gospodarskog razvitka. Osim znanstvenog aspekta, stavlja se naglasak i na važnost sporta i rekreacije za zdravlje studenata.

Tehnologijada je međunarodno znanstveno-sportsko natjecanje koje se održava jednom godišnje, s tradicijom dugom 50 godina. Predstavlja jedan od najvažnijih oblika suradnje tehnoloških fakulteta kao i same industrije na području znanosti, sporta i kulture. Tijekom Tehnologijade održavaju se brojna događanja, od predavanja i prezentacija, znanstveno tehnoloških dostignuća sudionika do izložbi, radionica i sportskih susreta.

Tehnologijada se kroz povijest održavala na čitavom području bivše Jugoslavije, ali od ponovnog organiziranja prve poslijeratne Tehnologijade ona se održava u Republici Hrvatskoj. Kao najbolji projekt svoje kategorije Tehnologijada je dobitnik i Rektorove nagrade Zagrebačkog Sveučilišta za 1997. godinu, što samo potvrđuje njezinu važnost za područje visokog obrazovanja Republike Hrvatske dugi niz godina.