

Srpsko hemijsko društvo
Serbian Chemical Society



XLIX savetovanje
SRPSKOG HEMIJSKOG DRUŠTVA

KNJIGA RADOVA

49th Meeting of
the Serbian Chemical Society

Proceedings

Kragujevac, 13-14. maj 2011.
Kragujevac, May 13-14, 2011

54(082)(0.034.2)

66(082)(0.034.2)

СРПСКО хемијско друштво (Београд). Саветовање (49 ; 2011 ; Крагујевац)

Knjiga radova [Elektronski izvor] = Proceedings / XLIX savetovanje Srpskog hemijskog društva, Kragujevac, 13-14. maj 2011. = XLIX Meeting of the Serbian Chemical Society, Kragujevac, May 13-14, 2011 ; [organizator] Srpsko hemijsko društvo = [organized by] The Serbian Chemical Society ; [urednici, editors Živoslav Tešić, Miloš Đuran, Aleksandar Dekanski]. – Beograd : Srpsko hemijsko društvo = Serbian Chemical Society, 2011 (Beograd : Razvojno-istraživački centar grafičkog inženjerstva TMF). – 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemska zahteva: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovnog ekrana. –
Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst ćir. i lat. - Tiraž 200. -
Bibliografija uz većinu radova. - Abstracts. - Registar.

ISBN 978-86-7132-046-7

1. Српско хемијско друштво (Београд)

а) Хемија - Зборници б) Технологија - Зборници

COBISS.SR-ID 183592972

XLIX savetovanje Srpskog hemijskog društva, Kragujevac, 13-14. maj 2011.

KNJIGA RADOVA

49th Meeting of the Serbian Chemical Society, Kragujevac, Serbia, May 13-14, 2011

PROCEEDINGS

Izdaje / Published by

Srpsko hemijsko društvo / Serbian Chemical Society

Karnegijeva 4/III, Beograd, Srbija, tel./fax: 011 3370 467; www.shd.org.rs, E-mail: Office@shd.org.rs

Za izdavača / For Publisher

Ivanka POPOVIĆ, predsednik Društva

Urednici / Editors

Živoslav TEŠIĆ

Miloš ĐURAN

Aleksandar DEKANSKI

Dizajn, slog i kompjuterska obrada teksta / Design, Page Making and Computer Layout

Aleksandar DEKANSKI

Tiraž / Circulation

200 primeraka / 200 Copy

Umnožavanje / Copying

Razvojno-istraživački centar grafičkog inženjerstva TMF - Karnegijeva 4/III, Beograd, Srbija

ISBN 978-86-7132-046-7

**XLIX savetovanje Srpskog hemijskog društva finansijski je pomoglo
49th Meeting of the Serbian Chemical Society is financially supported by**

Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije



Ministry of Education and Science of Republic of Serbia

Sadržaj / Contents

PLENARNA PREDAVANJA / PLENARY LECTURES

Ruthenium anticancer drugs	2
<i>Enzo Alessio, Ioannis Bratsos, Teresa Gianferrara</i>	
Green chemistry: recent results in the development of agricultural films and pots from waste polysaccharides	3
<i>Mario Malinconico</i>	
Oblici (specije) arsena u vodi - razdvajanje, pretkoncentrovanje i određivanje	5
<i>Ljubinka V. Rajaković</i>	
Arsenic Species in Water - Separation, Preconcentration and Determination	

PREDAVANJA PO POZIVU / INVITED LECTURES

Enzimsko procesovanje alergena hrane	10
<i>Dragana J. Stanić-Vučinić</i>	
Enzymatic processing of food allergens	
The interacion of transition metal complexes with phospholipids and enzymes involved in phospholipid metabolism	11
<i>Tina Kamčeva, Bojana Damnjanović, Maja Radisavljević, Iva Vukićević, Živadin Bugarčić, Jürgen Arnhold, Marijana Petković</i>	
Interakcija kompleksa prelaznih metala sa fosfolipidima i enzimima uključenim u metabolizam fosfolipida	

SAOPŠTENJA / CONTRIBUTIONS

ANALITIČKA HEMIJA / ANALYTICAL CHEMISTRY

Keto-enol Tautomerism of Aryldiketo Acids in Aqueous Solution: NMR Spectroscopy and Cyclic Voltammetry Study	16
<i>Tatjana Ž. Verbić, Mire Zloh, Dalibor M. Stanković, Milica N. Sentić, Dragan D. Manojlović, Ivan O. Juranić</i>	
Proučavanje keto-enolne tautomerije arildiketo kiselina u vodenoj sredini upotrebom NMR spektroskopije i ciklične voltametrijе	
Isotopic fingerprinting of metals by MALDI TOF MS	21
<i>Tina T. Kamčeva, Maja Radisavljević, Iva Vukićević, Bojana Damnjanović, Milovan Stoiljković, Marijana Petković</i>	
Izotopski „otisak prsta“ metala upotrebom MALDI TOF MS	
Određivanje Ag⁺ i Cl⁻ jona u uzorcima ekoloških voda primenom jednostavnog poli(vinil hlорid-ko-vinil acetat)/srebro potenciometrijskog senzora	25
<i>D. M. Sejmanović, B. B. Petković, M. V. Budimir, S. P. Sovilj, V. M. Jovanović</i>	
Determination of Silver and Chloride Ions in Environmental Water Samples by Simple PVCAC/Ag Potentiometric Sensor	
Ravnoteže kompleksiranja Gd(III)-jona sa nekim fluorohinolonima	29
<i>Ivan Ž. Jakovljević, Ivan Lazarević, Ljubinka Joksović, Andrija Ćirić, Ratimir Jelić, Predrag Đurđević</i>	
Complex formation equilibria between Gd(III)-ion and some fluoroquinolones	
HPLC Determination of Tetracycline in Human Control Serum	33
<i>S. Sunarić, R. Pavlović, S. Mitić, A. Pavlović, S. Tošić</i>	
HPLC određivanje tetraciklina u humanom kontrolnom serumu	

Adsorption of pesticides onto the carbonized short hemp fibers activated with potassium hydroxide	37
<i>Marija M. Vukčević, Marina Radišić, Ana Kalijadis, Biljana Babić, Biljana Pejić, Zoran Laušević, Mila D. Laušević</i>	
Adsorpcija pesticida na karbonizovanim kratkim vlaknima konoplje aktiviranim kalijum hidroksidom	
Termohromno ponašanje i termodinamika hlora kompleksa kobalta(II) u smeši amonijum-nitrat – formamid	42
<i>Sanja D. Dožić, Milan B. Vraneš, Slobodan B. Gadžurić</i>	
Termochromic Behaviour and Thermodynamic of Cobalt(II) Chloro Complexes in Ammonium Nitrate – Formamide Mixture	
Računarsko modelovanje humane krvne plazme	46
<i>Ivan T. Lazarević, Ivan Jakovljević, Andrija Ćirić, Ratomir Jelić, Milena Jelikić-Stankov, Predrag Đurđević</i>	
Computer modeling of human blood plasma	
FIZIČKA HEMIJA / PHYSICAL CHEMISTRY	
Određivanje prividnih i parcijalnih molarnih zapremina u sistemu amonijum-nitrat – N,N-dimetilformamid	50
<i>Milan Vraneš, Sanja Dožić, Sanja Čalasan, Slobodan Gadžurić</i>	
Apparent and Partial Molar Volumes in Ammonium Nitrate – N,N-Dimethylformamide Mixture	
Membranska pertrakcija lutecijuma u kontaktoru sa jednom kapilarnom membranom: uticaj zapremine akceptora na efikasnost procesa	55
<i>Ksenija R. Kumrić, Jelena S. Đorđević, Tatjana M. Trtić-Petrović</i>	
Membrane pertraction of lutetium with a single hollow fibre membrane: influence of the acceptor volume on the process efficiency	
ELEKTROHEMIJA / ELECTROCHEMISTRY	
Uticaj vrste polimera na oblik i veličinu nanočestica srebra dobijenih elektrohemijском sintezom	60
<i>Ž. Jovanović, J. Stojkowska, A. Krklješ, N. Bibić, B. Obradović, Z. Kačarević-Popović, V. Mišković-Stanković</i>	
The effect of polymer type on the size and shape of electrochemically synthesized Ag nanoparticles	
ATR-FTIR i XRD analiza kompozitnih hidroksiapatit/lignin prevlaka dobijenih postupkom elektroforetskog taloženja	64
<i>Sanja Eraković, Đorđe Veljović, Papa Diouf, Tatjana Stevanović, Miodrag Mitrić, Đorđe Janačković, Vesna Mišković-Stanković</i>	
ATR-FTIR and XRD evaluation of composite hydroxyapatite/lignin coatings obtained by electrophoretic deposition method	
UV-Vis spectroelectrochemical study of substituted 4–oxothiazolidine derivatives in aprotic medium	68
<i>Isidora Cekić-Lasković, Dragica M. Minić, Rade Marković, Elena Volanschi</i>	
ULj -VID spektroelektrohemijско proučavanje supstituisanih 4–oksotiazolidinskih derivata u nevedenoj sredini	
Volfram-karbid kao nosač nanočestica Pt u elektrohemijскоj oksidaciji metanola	72
<i>M.D. Obradović, B.M. Babić, N.V. Krstajić, S.Lj. Gojković</i>	
Tungsten carbide as support of Pt nanoparticles in electrochemical methanol oxidation	
Koroziona stabilnost prevlaka viniltrioksilana na aluminijumu u rastvorima NaCl	76
<i>Željka S. Jovanović, Ingrid Milošev, Radmila M. Jančić-Heinemann, Jelena B. Bajat, Vesna B. Mišković-Stanković</i>	
Corrosion stability of Vinyltriethoxysilane Coatings on Aluminium in Sodium Chloride Solutions	

HEMIJSKO INŽENJERSTVO / CHEMICAL ENGINEERING

Segregacija u fluidizovanom sloju voda-polidisperzna smeša čestica	80
<i>Mihal M. Đuriš, Zorana Lj. Arsenijević, Željko B. Grbavčić, Radmila V. Garić-Grulović</i>	
Segregation in fluidization bed water-polydisperse particle mixtures	
Modeling of the kinetics of aqueous Pb sorption on synthetic and natural apatite	85
<i>Tatjana Kaluđerović Radoičić, Slavica Raičević</i>	
Modelovanje kinetike sorpcije olova na prirodnom i sintetičkom apatitu	
Prenos toplote zid-pseudofluid u vertikalnom toku tečnost krupne čestice	89
<i>Radmila V. Garić-Grulović, Željko B. Grbavčić, Nevenka M. Bošković-Vragolović, Zorana Lj. Arsenijević</i>	
Wall-to-pseudofluid heat transfer in vertical flow of liquid coarse particles	
Ravnoteža tečnost-tečnost u vodenim rastvorima tečnih polietilen glikola sa toluenom.....	94
<i>Gorica Ivaniš, Jelena Vuksanović, Zoran Višak, Emila Živković, Nikola Grozdanić, Mirjana Kijevčanin</i>	
Liquid-Liquid Equilibria in Aqueous Solution of Liquid Polyethylene Glycol and Toluene	
Temperature influence on change of thermodynamic and transport properties of the binary systems containing dimethylphthalate (or dimethyladipate) and alcohols.....	98
<i>Andjela Knežević-Stevanović, Divna Bajić, Jovan Jovanović, Dušan Grozdanić, Ivona Radović, Slobodan Šerbanović, Mirjana Kijevčanin</i>	
Uticaj temperature na promenu termodinamičkih i transportnih osobina binarnih smeša dimetilftalata (ili dimetiladipata) i alkohola	

NAUKA O MATERIJALIMA / MATERIALS SCIENCE

Mechanical and optical properties of composite material poly (methyl methacrylate)-bismuth-silicon-oxide	103
<i>Ivana M. Radović, Dušica B. Stojanović, Petar S. Uskoković, Slobodanka N. Kostić, Milka M. Jakovljević, Vesna J. Radojević and Radoslav R. Aleksić</i>	
Mehanička i optička svojstva kompozitnog materijala poli (metilmetakrilat)-bizmut-silicijum-oksidi	

METALURGIJA / METALLURGY

Investigation of archaeometallurgical findings from Šetaće and Paulešti localities near Bor	107
<i>Dragana Živković, Nada Štrbac, Miroslav Sokić, Velibor Andrić, Branka Andjelić, Igor Jovanović, Marija Jovičić, Dušica Nikolić</i>	
Ispitivanje arheometalurških nalaza sa lokaliteta Šetaće i Paulešti u okolini Bora	
Fazne promene tokom oksidacije halkopiritnog i polimetaličnog koncentrata ležišta "Rudnik"	111
<i>Miroslav Sokić, Nada Štrbac, Branislav Marković, Vladislav Matković, Dragana Živković, Ivan Mihajlović, Ljubiša Balanović, Aleksandra Mitovski</i>	
Phase changes during oxidation of chalcopyrite and polimetalic concentrate from the ore body "Rudnik"	

HEMIJA ŽIVOTNE SREDINE / ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

Decolorization of the textile dye Reactive Blue 19 by the UV/H₂O₂ process	115
<i>Miljana D. Radović, Jelena Z. Mitrović, Ivana S. Kostić, Danijela V. Bojić, Branislava D. Kocić, Aleksandar Lj. Bojić</i>	
Dekolorizacija tekstilne boje Reactive Blue 19 UV/H₂O₂ procesom	
Depozit hlorporifosa u zasadu višnje i šljive.....	118
<i>Bojana, D. Špirović, Milica M. Mojašević, Vesela Ž. Karan, Majda E. Milak, Nenad D. Tamaš</i>	
Chlorpyrifos deposit in sour cherry and plum orchards	
Kvalitet vode Dunava, Donjeg Podunavlja, u periodu od 1999. do 2009. godine	122
<i>Rodoljub D. Čučulović, Ana A. Čučulović, Dejan P. Marković, Dragan A. Marković</i>	
Water quality of the Danube, the Lower Danube, in the period 1999. by 2009.	

A proper evaluation of interaction between solvent and thiophene from the middle distillation fraction of oil through extraction	126
<i>Yana K. Koleva and Yordanka Ts. Tasheva</i>	
Primena unapređenih oksidacionih postupaka, AOP-a, za uklanjanje boje Ractive black 5 iz vode	129
<i>Milica N. Sentić, Goran Roglić, Dragan Manojlović, Jelena Nešić, Biljana Dojčinović</i>	
The application of advanced oxidation processes, AOPs, for removing Reactive black 5 dye from the water	
Concentration levels of POPs in the biotic material in Novi Sad, Serbia	133
<i>Tamara Vukavić, Mirjana Vojinović Miloradov, Ivana Mihajlović, Maja Turk Sekulić, Jelena Radonić</i>	
Koncentracioni nivoi perzistentnih organskih polutanata u biotskom materijalu u Novom Sadu, Srbija	
BIOHEMIJA / BIOCHEMISTRY	
Poređenje kolorimetrijskog i masenospektrometrijskog eseja za određivanje aktivnosti pankreasne fosfolipaze A₂	137
<i>Iva A. Vukićević, Tina Kamčeva, Maja Radisavljević, Marijana Petković</i>	
Comparison of colorimetric and mass spectrometric assays to determine the activity of pancreatic phospholipase A₂	
Modeling Dopamine D2 Receptor Second Extracellular Loop	141
<i>Vladimir Šukalović, Jelena Penjišević, Goran Roglić, Deana Andrić, Vukić Šoškić, Slađana Kostić-Rajačić</i>	
Modelovanje druge ekstracelularne petlje dopaminskog D2 receptora	
Termodinamička analiza razvijanja izoformi eksterne invertaze	146
<i>Uroš Ž. Andjelković, Jurij Lah</i>	
Thermodynamic analysis of unfolding of external invertase isoforms	
BIOTEHNOLOGIJA / BIOTECHNOLOGY	
Karakterizacija lipaze iz <i>Candida utilis</i> dobijene tehnikom gajenja na čvrstoj podlozi korišćenjem uljane pogače maslina kao supstrata	151
<i>Omar Ali Saied moftah, Sanja Grbavčić, Nevena D. Luković, Milena G. Žuža, Dejan I. Bezbradica, Zorica D. Knežević-Jugović</i>	
Characterization of <i>Candida utilis</i> lipase produced by solid state fermentation using olive oil cake as a substrate	
Delimično prečišćavanje prirodnih koagulanata iz zrna pasulja primenom hromatografije sa izmenom jona na IRA 900	155
<i>Marina B. Šćiban, Mirjana G. Antov, Jelena M. Prodanović, Mile T. Klašnja, Dragana V. Kukić</i>	
Partial purification of natural coagulants obtained from common bean seeds by ion exchange chromatography on IRA 900	
HEMIJA I TEHNOLOGIJA MAKROMOLEKULA / CHEMISTRY & TECHNOLOGY OF MACROMOLECULES	
Uticaj sastava hidrogelova na bazi hitozana na kontrolisano otpuštanje diazepama, paracetamola i diklofenaka	159
<i>M. Lučić, N. Milosavljević, S. Grujić, M. Laušević, M. Kalagasidis Krušić</i>	
Chitosan hydrogels for controlled drug release of diazepam, paracetamol and diclofenac	
NEORGANSKA HEMIJA / INORGANIC CHEMISTRY	
Inhibitorski efekat kompleksa platine (II) na fosfolipazu A₂	163
<i>Maja Radisavljević, Tina Kamčeva, Iva Vukićević, Ilija Brčeski, Živadin D. Bugarčić, Marijana Petković</i>	
Inhibitory effect of platinum (II) complexes on phospholipase A₂	

ORGANSKA HEMIJA / ORGANIC CHEMISTRY

Kinetic and mechanism of the addition of piperidine and benzylamine to the acrylacrylic acid phenylamides.....	167
<i>Ilija N. Cvijetić, Maja D. Vitorović-Todorović, Ivan O. Juranić, Đura Nakarada, Milica Radulović, Branko J. Drakulić</i>	
Кинетика и механизам адисије пиперидина и бензиламина на фениламиде ароилакрилних киселина	

TEKSTILNO INŽENJERSTVO / TEXTILE ENGINEERING

Uticaj selektivne TEMPO-oksидacije na mehanička svojstva vlakana pamuka.....	172
<i>Jovana Ž. Milanović, Mirjana Kostić, Biljana Pejić, Petar Škundrić</i>	
Influence of selective TEMPO-oxidation on mechanical properties of cotton fibers	
Biosorpcija jona Cd²⁺, Zn²⁺ i Pb²⁺ kratkim vlaknima konoplje: Matematički model.....	176
<i>Biljana M. Pejić, Marija Vukčević, Ivana Pajić-Lijaković, Mirjana Kostić, Jovana Milanović, Petar Škundrić</i>	
Biosorption of Cd²⁺, Zn²⁺ i Pb²⁺ ions by short hemp fibers: Mathematical model	
Uticaj hemijskog modifikovanja na električnu otpornost pamučnih pređa.....	180
<i>Ana D. Kramar, Koviljka Asanović, Jovana Milanović, Mirjana Kostić</i>	
Influence of chemical modification on electrical resistance of cotton yarns	
Adsorpciono ponašanje direktne boje na pamuku u vodi bez drugih dodataka.....	184
<i>Danica Šaptović, Medina Honić-Avdović, Predrag Ranđelović, Slađana Jovanović, Dragan Đorđević</i>	
Adsorption behavior of direct dye on cotton in water without other auxiliaries	
Uticaj prisustva nanočestica srebra na antibakterijsku aktivnost i obojenje pamučne tkanine.....	189
<i>Vesna M. Lazić, Zoran V. Šaponjić, Vesna V. Vodnik, Suzana I. Dimitrijević, Petar M. Jovančić, Jovan M. Nedeljković, Maja M. Radetić</i>	
The influence of silver nanoparticles on antibacterial activity and color of cotton fabric	

KERAMIKA / CERAMISC

Sinterabilnost kordijeritnih prahova sintetizovanih koloidnim sol-gel postupkom.....	193
<i>Noshat M. El Buaishi, Violeta M. Arsovski, Đorđe N. Veljović, Jasmina S. Kovrlija, Đorđe T. Janačković, Rada D. Petrović</i>	
Sinterability of Cordierite Powders Synthesized by Colloidal Sol-Gel Method	

NASTAVA HEMIJE / CHEMICAL EDUCATION

У свету хемије ученика седмог разреда.....	198
<i>Борис Пејин, Гордана Јовић, Љиљана Вуковић, Јасминка Королија</i>	
In a chemistry world of seventh-grade primary school students	
Осмаци као наставници на првом часу хемије у основној школи.....	201
<i>Борис Пејин, Љубинка Пешић-Илић, Љиљана Бошковић, Василије Планић, Јасминка Королија</i>	
Eighth-grade students as teachers on a first chemistry class in primary school	
Открића хемичара у блиској будућности која би одушевила основце.....	205
<i>Борис Пејин, Гордана Јовић, Љиљана Вуковић, Јасминка Королија</i>	
The discoveries of chemists in near future which would delight primary school students	

INDEX AUTORA / AUTHOR INDEX.....	210
---	------------

Uticaj prisustva nanočestica srebra na antibakterijsku aktivnost i obojenje pamučne tkanine

Vesna M. Lazić, Zoran V. Šaponjić*, Vesna V. Vodnik*, Suzana I. Dimitrijević**, Petar M. Jovančić,
Jovan M. Nedeljković*, Maja M. Radetić

*Katedra za tekstilno inženjerstvo, Tehnološko-metalurški fakultet,
Univerzitet u Beogradu, Karnegijeva 4, 11120 Beograd, Srbija*

**Institut za nuklearne nauke "Vinča", P.O. Box 522, 11001 Beograd, Srbija*

***Katedra za biohemijsko inženjerstvo i biotehnologiju, Tehnološko-metalurški fakultet,
Univerzitet u Beogradu, Karnegijeva 4, 11120 Beograd, Srbija*

Uvod

Danas je oko 50 % tekstilnih proizvoda bazirano na pamučnim vlaknima (Co) koja su izuzetno pogodna za proizvodnju tekstila za sportsku, medicinsku (zavoji, flasteri, gaze, tuferi) i higijensko-zaštitnu (hirurški mantili, kape i maske, uniforme, posteljina) namenu¹. Međutim, Co vlakna mogu biti dobra podloga za rast mikroorganizama i često je pamučnim proizvodima potrebno obezbediti antimikrobna svojstva². Za postizanje antimikrobne zaštite do skora su korišćeni različiti agensi koji su bili toksični ili nedovoljno efikasni³. Od davnina je poznato da srebro poseduje izuzetna antimikrobna svojstva. Nije toksično za ljudske ćelije i poseduje antimikrobna svojstva za više od 650 vrsta mikroorganizama, pri čemu oni vremenom ne postaju rezistentni na ovaj metal, što nije slučaj sa antibioticima⁴. Razvoj jednostavnih postupaka za sintezu nanočestica srebra omogućio je njihovu primenu i na tekstilne materijale. Koncept primene nanočestica srebra na tekstilne materijale bazira se na činjenici da se upotrebom malih količina nanočestica mogu postići izuzetni antimikrobni efekti koji imaju dugotrajnu postojanost, a da se pri tome za njihovu sintezu ne koriste toksična organska jedinjenja. Zahvaljujući velikom odnosu površine i zapremine, nanočestice pokazuju izuzetnu reaktivnost. Poslednjih godina više istraživačkih grupa se bavilo antimikrobnom aktivnošću tekstilnih materijala modifikovanih nanočesticama srebra⁵⁻¹⁴. Međutim, malo se pažnje poklanja sinergizmu između bojenja i nanošenja nanočestica srebra na tekstilne materijale, što je veoma važno s tehnološkog aspekta. Stoga je cilj ovog rada da se ispita antibakterijska efikasnost Co tkanina koje su obojene direktnim bojama i naknadno modifikovane koloidnim nanočesticama srebra. Takođe je praćen uticaj prisustva nanočestica srebra na obojenje Co tkanina.

Materijal i metode

Materijal

Kao supstrat je korišćena odskrobljena i beljena pamučna tkanina (Co, 168 g/m²). Nečistoće sa tkanine su uklonjene pranjem u 0,5 % rastvoru nejonskog sredstva za pranje (odnos kupatila 1:50) na 50°C u vremenu od 15 min. Nakon jednostrukog ispiranja u toploj vodi (50°C, 3 min) i trostrukog ispiranja u hladnoj vodi (3 min), tkanina je osušena na sobnoj temperaturi.

Za bojenje Co tkanine korišćene su direktne boje Tubantin Yellow GR (C.I. Direct Yellow 86, DY86), Tubantin Red GBLL (C.I. Direct Red 79, DR79) i Tubantin Blue GLL 300 (C.I. Direct Blue 78, DB78). Bojenje je vršeno na 100°C u vremenu od 45 min u kupatilu sledećeg sastava: 2,0 % boje, Sarabid (0,5 g/l), Na₂SO₄ (10 g/l) i Na₂CO₃ (1 g/l). Nakon dvostrukog ispiranja u vodi, Co tkanina je tretirana rastvorom koji je sadržao CH₃COOH (0,3 ml/l) i Rewin MRT (3,0 %) u vremenu od 20 min na 40°C.

Sinteza nanočestica srebra je bazirana na redukciji vodenog rastvora AgNO₃ pomoću jakog redukcionog sredstva NaBH₄ u inertnoj atmosferi¹⁵⁻¹⁶. Postupak sinteze koloidnog rastvora nanočestica srebra koncentracije 50 mg/l detaljno je opisan u prethodnim radovima¹³⁻¹⁴. Jedan gram Co tkanine je potapan u 45 ml koloidnog rastvora nanočestica srebra u vremenu od 5 minuta, a zatim sušen na sobnoj temperaturi. Posle 5 min pečenja na 100 °C, uzorci su ispirani dva puta u dejonizovanoj vodi (5 min), a zatim sušeni na sobnoj temperaturi.

Metode

Morfologija vlakana je praćena skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM, JEOL JSM-6610LV). Pre analize uzorci su prevučeni slojem zlata.

Antibakterijska aktivnost Co tkanina obrađenih nanočesticama srebra ispitivana je primenom indikatorskih bakterija *Escherichia coli* (Gram-negativna) ATCC 25922 i *Staphylococcus aureus* (Gram-pozitivna) ATCC 25923.

Test metoda kojom je određivana antibakterijska aktivnost materijala detaljno je opisana u literaturi¹³⁻¹⁴. Procenat bakterijske redukcije (R , %) je izračunat prema jednačini:

$$R = \frac{C_0 - C}{C_0} 100\% \quad (1)$$

gde je: C_0 – broj kolonija bakterija izraslih posle kontakta sa kontrolnim uzorkom (obojena C_0 tkanina koja nije obrađena nanočesticama srebra), a C - broj kolonija bakterija izraslih posle kontakta sa obojenim C_0 tkaninama obrađenim nanočesticama srebra⁵⁻⁶.

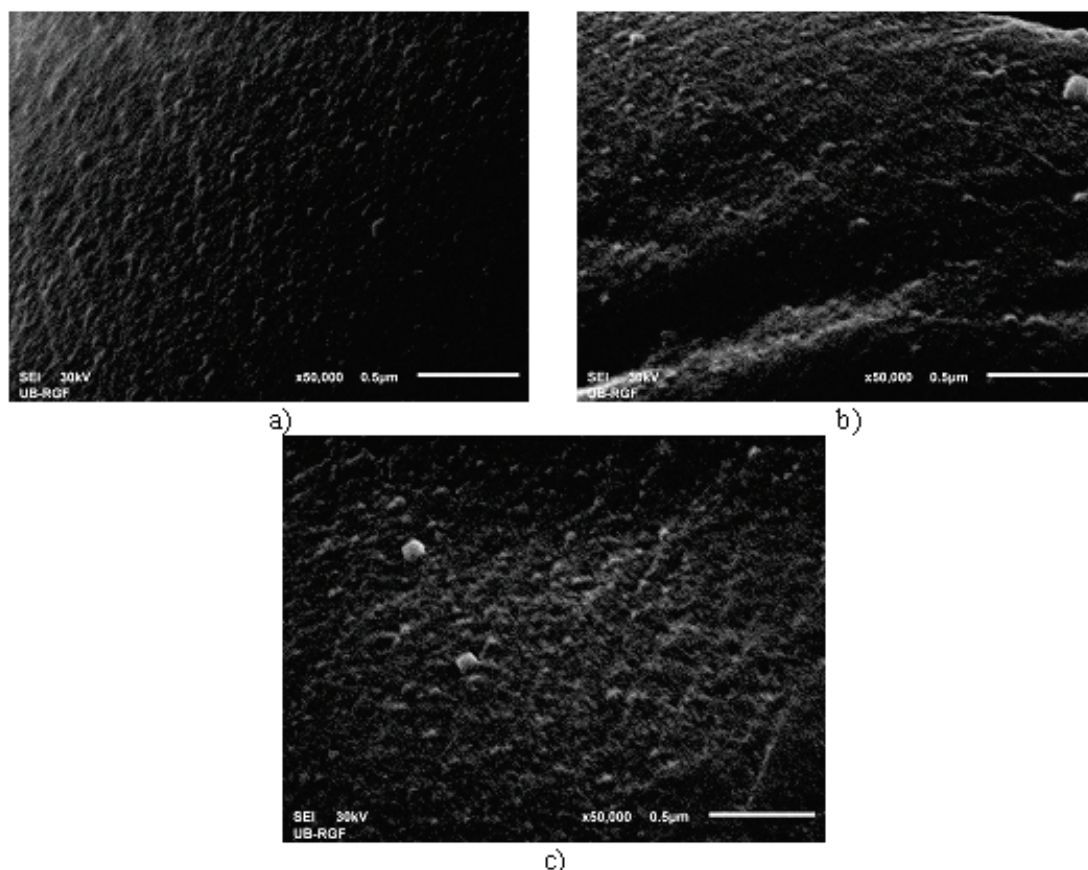
Koordinate boje C_0 tkanina (CIE L^* , a^* , b^*) su određene pomoću refleksionog spektrofotometra Datacolor SF300 UV, korišćenjem standardnog izvora svetlosti D_{65} pri standardnom uglu posmatrača od 10° . Pomoću CIE koordinata je utvrđena razlika u obojenju (ΔE^*) C_0 tkanina usled prisustva nanočestica srebra prema sledećoj jednačini:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (2)$$

gde su: ΔL^* - razlika u svetlini boje između C_0 tkanine modifikovane nanočesticama srebra i kontrolne tkanine; Δa^* - razlika u vrednosti crveno/zeleno koordinate boje između C_0 tkanine modifikovane nanočesticama srebra i kontrolne tkanine; Δb^* - razlika u vrednosti žuto/plavo koordinate boje između C_0 tkanine modifikovane nanočesticama srebra i kontrolne tkanine.

Rezultati i diskusija

Obojene C_0 tkanine modifikovane su koloidnim nanočesticama srebra ($Co+DY86+Ag$, $Co+DR79+Ag$, $Co+DB78+Ag$) približno sfernog oblika i srednjeg prečnika oko 10 nm ¹³. Prisustvo nanočestica srebra na površini obojenih C_0 vlakana potvrđeno je skenirajućom elektronskom mikroskopijom (Slika 1). Na Slici 1 se jasno uočavaju sferni aglomerati nanočestica srebra veličine $40\text{-}80\text{ nm}$ koji su ravnomerno raspoređeni po površini vlakana. Uniformnost deponovanih nanočestica srebra je posebno izražena na C_0 tkanini koja je prethodno obojena bojom $DY86$ (Slika 1a).



Slika 1. SEM mikrotografije $Co+DY86+Ag$ (a) $Co+DR79+Ag$ (b) i $Co+DB78+Ag$ (c) vlakana

Antibakterijska aktivnost Co tkanina modifikovanih nanočesticama srebra testirana je na bakterije *E. coli* i *S. aureus*. Procentualne vrednosti redukcije bakterija Co+DY86+Ag, Co+DR79+Ag i Co+DB78+Ag tkaninama su prikazane u Tabeli 1. Rezultati ukazuju da se maksimum redukcije bakterija *E. coli* i *S. aureus* (R=99,9 %) postiže nezavisno od boje kojom je prethodno obojena Co tkanina. Prisustvo boja na Co tkaninama nema negativan uticaj na antibakterijsku efikasnost nanočestica srebra, kako su analogni rezultati dobijeni na istom supstratu koji nije prethodno bojen¹⁴.

Tabela 1. Antibakterijska aktivnost obojenih Co tkanina naknadno modifikovanih koloidnim rastvorom nanočestica srebra

Uzorak	Bakterija	Početni broj kolonija bakterija (CFU)	Broj kolonija bakterija na uzorku (CFU)	R / %
Co+DY86		1,2×10 ⁵	1,2×10 ⁵	
Co+DY86+Ag			15	99,9
Co+DR79	<i>E. coli</i>	4,4×10 ⁵	5,7×10 ⁴	
Co+DR79+Ag			<10	99,9
Co+DB78		2,5×10 ⁵	7,5×10 ⁴	
Co+DB78+Ag			<10	99,9
Co+DY86		1,1×10 ⁴	2,3×10 ³	
Co+DY86+Ag			<10	99,9
Co+DR79	<i>S. aureus</i>	1,1×10 ⁴	1,2×10 ³	
Co+DR79+Ag			<10	99,9
Co+DB78		1,1×10 ⁴	4,0×10 ³	
Co+DB78+Ag			<10	99,9

Uticaj prisustva nanočestica srebra na obojenje Co tkanina je praćeno merenjem refleksije i posrednim utvrđivanjem CIE L*, a* i b* koordinata boje. Vrednosti L*, a* i b* koordinata boje Co tkanina, kao i razlika u obojenju nastalih usled prisustva nanočestica srebra date su u Tabeli 2. Jasno je da deponovane nanočestice srebra značajno utiču na promenu obojenja Co tkanina, kada se uzme u obzir da su razlike u obojenju $\Delta E^* > 1$ vizuelno uočljive. Najveća razlika u obojenju je uočena na Co+DY86+Ag tkanini koja je postala tamnija i manje žuta. Podaci iz Tabele 2 takođe ukazuju da Co+DR79 tkanina nakon modifikovanja nanočesticama srebra postaje tamnija, manje crvena i žuta, a Co+DB78 tkanina tamnija, manje crvena i manje plava. Do sličnih rezultata se došlo u ranijim istraživanjima kada je pokazano da na promenu obojenja u velikoj meri utiče redosled operacija bojenja i nanošenja koloidnih nanočestica srebra¹⁴.

Tabela 2. Promena obojenja Co tkanina modifikovanih koloidnim nanočesticama srebra

Uzorak	L*	a*	b*	ΔE^*
Co+DY86	74,10	21,76	79,82	
Co+DY86+Ag	65,63	21,86	71,82	11,65
Co+DR79	36,16	44,15	10,73	
Co+DR79+Ag	35,38	41,60	11,92	2,92
Co+DB78	26,82	0,79	-23,43	
Co+DB78+Ag	26,66	-2,31	-15,99	8,06

Zaključak

Pamučne tkanine obojene direktnim bojama i modifikovane koloidnim nanočesticama srebra pokazuju odličnu antibakterijsku efikasnost prema bakterijama *E. coli* i *S. aureus*. Prisustvo ravnomerno deponovanih aglomerata nanočestica srebra na površini pamučnih vlakana potvrđeno je skenirajućom elektronskom mikroskopijom. Usled prisustva nanočestica srebra dolazi do značajnih promena u obojenju pamučnih tkanina, što je najočiglednije u slučaju uzorka koji je bio obojen žutom bojom C.I. Direct Yellow 86.

Zahvalnica: Zahvaljujemo se Ministarstvu za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije za finansiranje projekata 45020 i 172056. Takođe se zahvaljujemo dr Aleksandru Pačevskom (Univerzitet u Beogradu) na izvođenju SEM analize uzoraka.

The influence of silver nanoparticles on antibacterial activity and color of cotton fabric

*This study discusses the effect of silver nanoparticles on antibacterial activity of dyed cotton fabrics. Additionally, the influence of silver nanoparticles presence on the color change of cotton fabrics was studied. Cotton fabrics were dyed with direct dyes: C.I. Direct Yellow 86, C.I. Direct Red 79 and C. I. Direct Blue 78. Dyed fabrics were modified with colloidal silver nanoparticles that were synthesized without using any stabilizer. The antibacterial activity of fabrics was tested against Gram-negative bacteria *Escherichia coli* and Gram-positive bacteria *Staphylococcus aureus*. Color change of cotton fabrics was evaluated via determination of CIE L*, a* and b* coordinates by reflection spectrophotometer. SEM analysis revealed that nearly spherical agglomerates of silver nanoparticles with dimensions between 40-80 nm were evenly deposited onto the surface of cotton fibers independently of applied dye. All cotton fabrics exhibited excellent antibacterial activity against both investigated bacteria. However, the presence of silver nanoparticles negatively affects the color of dyed cotton fabrics. This was particularly pronounced in the case of fabric that was dyed with yellow dye C.I. Direct Yellow 86. These results indicate that more attention should be paid on the order of dyeing and loading of colloidal silver nanoparticles.*

Literatura

1. R. Czajka, *Fibers and Textiles in eastern Europe* **13** (2005) 13
2. Y. Gao, R. Cranston, *Textile Research Journal* **78** (2008) 60
3. V. Ilić, Z. Šaponjić, V. Vodnik, R. Molina, S. Dimitrijević, P. Jovančić, J. Nedeljković, M. Radetić, *Journal of Materials Science* **44** (2009) 3983
4. J. S. Kim, E. Kuk, K. N. Yu, J. H. Kim, S. J. Park, Y. S. Lee, D. H. Jeong, M.H. Cho, *Nanomedicine* **3** (2007) 95
5. H. J. Lee, S. Y. Yeo, S. H. Jeong, *Journal of Materials Science* **38** (2003) 2199
6. S. H. Jeong, Y. H. Hwang, S. C. Yi, *Journal of Materials Science* **40** (2005) 5413
7. N. Vigneshwaran, A. A. Kathe, P. V. Varadarajan, R. P. Nachane, R. H. Balasubramanya, *Nanoscience and Nanotechnology* **7** (2007) 1893
8. D. Pohle, C. Damm, J. Neuhof, A. Rösch, H. Münstedt, *Polymers & Polymer composites* **15** (2007) 357
9. N. Durán, P. Marcato, G. I. H. De Souza, O. L. Alves, E. Esposito, *Journal of Biomedical Nanotechnology* **3** (2007) 203
10. M. Gorenšek, P. Recelj, *Textile Research Journal* **77** (2007) 138
11. I. Perelshtein, G. Applerot, N. Perkas, G. Guibert, S. Mikhailov, A. Gedanken, *Nanotechnology* **19** (2008) 1
12. M. Gorenšek, M. Gorjanc, V. Bukošek, J. Kovač, Z. Petrović, N. Puač, *Textile Research Journal* **80** (2010) 1633
13. M. Radetić, V. Ilić, V. Vodnik, S. Dimitrijević, P. Jovančić, Z. Šaponjić, P. Jovančić, *Polymers for Advanced Technologies* **19** (2008) 1816
14. V. Ilić, Z. Šaponjić, V. Vodnik, B. Potkonjak, P. Jovančić, J. Nedeljković, M. Radetić, *Carbohydrate Polymer* **78** (2009) 564
15. V. V. Vuković, J. M. Nedeljković, *Langmuir* **9** (1993) 980
16. Z. V. Šaponjić, R. Csencsits, T. Rajh, N. Dimitrijević, *Chemistry of Materials*. **15** (2003) 4521