



# 23. TEHNOLOGIJADA

U ORGANIZACIJI

SVEUČILIŠTA U ZAGREBU TEKSTILNO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA

06. – 12. svibanj 2019., Makarska, Hrvatska



**ORGANIZACIJSKI ODBOR:**

**Tea Jovanović.** *Predsjednica Organizacijskog odbora*  
**Paula Marasović,** *voditeljica Znanstvenog dijela*  
**Juro Živičnjak,** *zamjenik voditeljice Znanstvenog dijela*  
**Pavao Prahin,** *voditelj Sportskog dijela*  
**Anja Miljković,** *zamjenica voditelja Sportskog dijela*



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



## SINTEZA IONSKIH KAPLJEVINA I EUTEKTIČKIH OTAPALA

## SYNTHESIS OF IONIC LIQUIDS AND DEEP EUTECTIC SOLVENTS

Albina Šimičević

Mentor: prof. dr. sc. Bruno Zelić

Zavod za reakcijsko inženjerstvo i katalizu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb

asimicevi@fkit.hr

"Zelena" kemija je dio kemije koja se u zadnja dva desetljeća intenzivno razvija, a koja između ostalog kao prioritet stavlja korištenje supstancija neopasnih za ljude i okoliš. Kao potencijalna zamjena za organska otapala, koja svojom hlapljivošću i toksičnošću negativno djeluju na ljudsko zdravlje i okoliš, sve se više koriste ionske kapljive i eutektička otapala. Zbog svojih svojstava ionske kapljive mogu se prilagoditi specifičnostima različitih procesa, a njihova je primjena u velikom broju industrijskih procesa od pročišćavanja plinova ili tla sve do proizvodnje biodizela. Jednostavno ih je sintetizirati i prilagoditi zahtjevima procesa, ali je njihova ekološka prihvatljivost postala upitna. Naime, pri sintezi ionskih kapljiva u nekim slučajevima koriste se tvari nepovoljnog učinka na okoliš koje svojim ispuštanjem mogu uzrokovati štetno djelovanje na ekosustave ili primjerice toksične soli koje štetno djeluju na zdravlje. Eutektička otapala za razliku od ionskih kapljiva se mogu prirediti iz prirodnih supstancija te zbog toga nemaju negativan učinak na okoliš što im je osnovna prednost u odnosu na ionske kapljive. Primjena eutektičkih otapala je već i sada rasprostranjena, a koriste se u elektrokemijskim procesima, sintezi materijala i pročišćavanju biodizela. U ovom trenutku postoji čitav niz procesa koji se razvijaju, a u kojima se koriste eutektička otapala te je stoga za očekivati da će eutektička otapala, kao i ionske kapljive, pronaći široku industrijsku primjenu.

*Ključne riječi: ionske kapljive, eutektička otapala, sinteza, svojstva, primjena*

"Green" chemistry is part of chemistry that is intensifying in the last two decades, which among other things puts the use of substances that are not dangerous to humans and the environment as a priority. As a potential substitute for organic solvents, which volatility and toxicity negatively affect human health and the environment, ionic liquids and eutectic solvents are increasingly used. Because of its properties, ionic liquids can be adapted to the specificities of different processes, and their application has been found in a large number of industrial processes for purifying gases or soils all the way up to biodiesel production. They are simply synthesized and can adapt to process requirements, but their ecological acceptability has become questionable. In some cases, in the synthesis of ionic liquids, substances of adverse environmental effects are used, which by their release can cause negative effects on ecosystems or, for example, toxic salts that are harmful to human health can be used. Eutectic solvents, unlike ionic liquids, can be prepared from natural substances and therefore have no negative effect on the environment that is their primary advantage over ionic liquids. The application of eutectic solvents is already well-spread and they are used in electrochemical processes, synthesis of materials and biodiesel purification. At this point there is a whole series of evolving processes in which eutectic solvents are used and therefore it is expected that eutectic solvents, as well as ionic liquids, will find a wide industrial application.

*Keywords: ionic liquids, eutectic solvents, synthesis, properties, application*



## SINTEZA I KARAKTERIZACIJA STRONCIJEM SUPSTITUIRANIH KALCIJEVIH FOSFATA

## SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF STRONTIUM SUBSTITUTED CALCIUM PHOSPHATES

Ana Gudelj, Karla Zadro

Mentor: prof. dr. sc. Hrvoje Ivanković

Zavod za anorgansku kemijsku tehnologiju i nemetale, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19, 1000 Zagreb

agudelj@fkit.hr, kzadro@fkit.hr

Tkivno inženjerstvo novo je i brzorastuće područje istraživanja fokusirano na razvoj bioloških nadomjestaka koji ponovno uspostavljaju, održavaju ili poboljšavaju funkciju oštećenog tkiva. Brojna istraživanja ukazala su na važnost elemenata u tragovima za stvaranje koštanog tkiva. Nestehiometrijski supstituirani kalcijevi fosfati koji uključuju i druge ione, pretežito  $\text{CO}_3^{2-}$  te tragove  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ , i dr najbliži su po kemijskom sastavu prirodnoj ljudskoj kosti. U ovome radu kalcijevi fosfati (CaP) dopirani stroncijevim ionima (0, 1, 5 i 10 mol%) pripremljeni su metodom taloženja, a kao prekursor kalcijeva iona korišten je aragonit dobiven iz biogenog izvora (sipina kost). Sastav dobivenih uzoraka utvrđen je rendgenskom difrakcijskom analizom (XRD) i infracrvenom spektroskopijom s Fourierovom transformacijom (FTIR). Rezultati XRD analize dodatno su obrađeni pomoću računalnog programa DIFFRAC.SUITE TOPAS V.5.0. Kemijski sastav određen je pomoću masene spektroskopije s induktivno spregnutom plazmom, a morfologija kristala pretražnim elektronskim mikroskopom (SEM). Uzorci su dodatno toplinski obrađeni pri 1200 °C kako bi se utvrdila njihova toplinska stabilnost. Pripremljeni uzorci CaP sastoje se od hidroksiapatita (HAp), oktakalcijevog fosfata pentahidrata (OCP) i amorfno kalcijevog fosfata (ACP), a toplinski obrađeni uzorci od  $\beta$ -trikalcijskog fosfata ( $\beta$ -TCP) i ACP-a. Uz supstituciju  $\text{Ca}^{2+}$  sa  $\text{Sr}^{2+}$  ionima, dolazi i do supstitucije s  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  i  $\text{CO}_3^{2-}$  ionima kao rezultat korištenja biogenog izvora. Povećanjem udjela stroncija dolazi do povećanja parametara jedinične ćelije HAp-a i OCP-a. Utvrđeno je da stroncij u HAp ulazi na Ca1 pozicije, u OCP na Ca3, Ca4, Ca7 i Ca8 pozicije, a u  $\beta$ -TCP na Ca1, Ca2, Ca3 i Ca4 pozicije.

*Ključne riječi: kalcijev fosfat, biogeni izvor, stroncij, supstitucija*

Tissue engineering is new research area focused on the development of biological substitutes which can renew, maintain or improve the function of damaged tissue. Numerous studies have demonstrated the importance of trace elements for bone tissue regeneration. Non-stoichiometric calcium phosphates (CaP) substituted with trace elements, including mostly  $\text{CO}_3^{2-}$  and traces of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  ions, are similar to the chemical composition of the natural bone mineral. Strontium substituted CaPs (0, 1, 5, and 10 mol%) were prepared by wet precipitation method. Aragonite was obtained from biogenic source (cuttlefish bone) and was used as a precursor of calcium ion. Composition of prepared samples was determined by X-ray diffraction (XRD) analysis and Fourier-transform infrared spectroscopy. Results of XRD analysis were additionally processed by computer software DIFFRAC.SUITE TOPAS V.5.0. Chemical composition was determined by *inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)*, while crystal morphology was observed with a scanning electron microscope (SEM). Samples were heat treated at 1200°C to determine thermal stability. Prepared CaPs are composed of hydroxyapatite (HAp), octacalcium phosphate pentahydrate (OCP) and amorphous calcium phosphate (ACP), while heat treated samples of  $\beta$ -tricalcium phosphate ( $\beta$ -TCP) and ACP. Along with substitution of  $\text{Ca}^{2+}$  with  $\text{Sr}^{2+}$  ions, substitution with  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  and  $\text{CO}_3^{2-}$  ions occurred, as a result of using biogenic source. Along with Sr-substitution level lattice parameters increase in as-prepared CaPs, due to larger ionic radius of substituted  $\text{Sr}^{2+}$  ion. The  $\text{Sr}^{2+}$  ion occupies Ca1 site in HAp, sites Ca3, Ca4, Ca7, Ca8 in OCP and Ca1, Ca2, Ca3, Ca4 sites in  $\beta$ -TCP.

*Keywords:* calcium phosphate, biogenic source, strontium, substitution

**MIKROKAPSULIRANJE DJELATNE TVARI METAKRILATNIM KOPOLIMERIMA****MICROENCAPSULATION OF ACTIVE INGREDIENT WITH METHACRYLATE COPOLYMERS****Antonija Matal, Monika Leskovar****Mentor: prof. dr. sc. Gordana Matijašić**

Zavod za mehaničko i toplinsko procesno inženjerstvo, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb

amatal@fkit.hr; mleskovar@fkit.hr

Dronedarod-hidroklorid je lijek za regulaciju srčane aritmije. Njegova najveća prednost je smanjen toksični utjecaj na druge organe zbog toga što ne sadrži jodnu skupinu. Mikrokapsuliranje je proces u kojem su vrlo sitne kapljice ili čestice, tekućeg ili krutog materijala, okružene česticama drugog materijala ili obložene kontinuiranim filmom polimernog materijala. Postoje različite metode mikrokapsuliranja, a najčešće se upotrebljava metoda sušenja raspršivanjem zbog svoje jednostavnosti i ekonomičnosti te odvijanju procesa u jednom koraku.

Cilj ovog rada je pripremiti mikrokapsule dronedaron-hidroklorida obložene metakrilatnim kopolimerima za kontrolu oslobađanja. Eksperimenti su provedeni u laboratorijskom sušioniku s raspršivanjem. Ispitivan je utjecaj različitih kopolimera i njihovih udjela te procesnih uvjeta sušenja na brzinu oslobađanja djelatne tvari iz mikrokapsula. Djelotvornost mikrokapsuliranja ispitana je spektrofotometrijski određivanjem sadržaja dronedaron-hidroklorida u mikrokapsulama. Morfologija mikrokapsula ispitana je pretražnim elektronskim mikroskopom. Reološko ponašanje i viskoznost priređenih otopina dobiveni su mjerenjem na rotacijskom viskozimetru. Provedeno je *in vitro* ispitivanje oslobađanja dronedaron hidroklorida, a profili oslobađanja opisani su odgovarajućim kinetičkim modelima.

*Ključne riječi: dronedaron-hidroklorid, metakrilatni kopolimeri, sušenje raspršivanjem, mikrokapsuliranje, brzina oslobađanja*

Dronedarone hydrochloride is an antiarrhythmic drug for the regulation of cardiac arrhythmia. Due to the loss of iodine group the risk of toxic effect on other organs is reduced. Microencapsulation is a process by which tiny droplets of liquid or solid material are coated with a continuous film of polymeric material. There are numerous methods of microencapsulation, but the spray drying is the most used one due to its efficiency and low cost rates. Microencapsulation by spray drying technique is a single-stage process.

The aim of this study was to produce microcapsules of dronedarone hydrochloride coated with methacrylate copolymers with an extended release profile. Experiments were performed in laboratory scale spray dryer. Influence of copolymer type, its ratio to dronedarone hydrochloride and different process conditions on the release rate was tested. The efficiency of microencapsulation process was tested spectrophotometrically by determining the content of dronedarone hydrochloride in microcapsules. The morphology of the microcapsules was tested using scanning electron microscope. The rheological behavior and viscosity of solutions was detected using rotational viscosimeter. Dronedarone hydrochloride release profiles were obtained by *in vitro* tests and described with appropriate kinetic models.

*Keywords: dronedarone hydrochloride, methacrylate copolymers, spray drying, microencapsulation, release rate*

**SIMULACIJA I VOĐENJE PROCESA IZMJENE TOPLINE****SIMULATION AND CONTROL OF HEAT EXCHANGE PROCESS****Igor Kultan****Mentor: dr. sc. Ivan Mohler, dr. sc. Željka Ujević Andrijić, prof. dr. sc. Nenad Bolf**

Zavod za mjerenja i automatsko vođenje procesa, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb

ikultan@fkit.hr

Predmet ovog istraživanja je modeliranje i vođenje te analiza rada i simulacija procesa izmjene topline koja se odvija u laboratorijskom izmjenjivaču topline. Regulacija temperature izmjenjivača topline ključna je za djelotvornost samog procesa izmjene topline te ostalih nadovezujućih toplinskih i/ili separacijskih procesa, potrošnju energije i pomoćnih medija te u konačnici za kvalitetu poluproizvoda i proizvoda.

U prvoj dijelu rada razvijen je teorijski model procesa izmjene topline za različite režime rada izmjenjivača topline na temelju fundamentalnih jednadžbi, a parametri modela (koeficijent prijenosa topline) određeni su eksperimentalno. Primjenom simulacije analizirano je dinamičko vladanje sustava i shodno tome projektirano je vođenje procesa izmjene topline. Ispitana su dva režima rada, istostrujni i protustrujni te kaskadno i unaprijedno vođenja procesa izmjene topline.

U drugom dijelu rada na temelju dinamičkog modela procesa projektiran je i primijenjen napredni algoritam za vođenje za precizniju regulaciju temperature u izmjenjivaču topline. Rezultati eksperimentalnog istraživanja su vrednovani primjenom standardnih statističkih kriterija (srednje apsolutno odstupanje, korijen srednje kvadratne pogreške, maksimalno odstupanje) i kriterija (prebačaj i brzina dolaska u radnu točku) za ocjenu kvalitete vođenja. Provedbom ovog istraživanja usavršene su vještine analize procesa, identifikacije modela, izrade simulacije procesa na temelju modela te projektiranja vođenja procesa i njegova primjena.

*Ključne riječi: matematičko modeliranje, simulacija procesa, izmjena topline, vođenje procesa*

The subject of this research paper was modeling and simulation, as well as conducting and analyzing the heat exchange process which is taking place in the laboratory heat exchanger. Heat exchange temperature regulation is key to the effectiveness of the heat exchange process itself and other heat and / or separation processes, power and utilities and ultimately the quality of semi-finished products and products.

In the first part of the paper, a theoretical model of heat exchange process was developed for different heat exchanger modes based on fundamental equations, and model parameters (heat transfer coefficients) were experimentally determined. Using the simulation, the dynamics of the system was analyzed, and the heat change process was designed accordingly. Two modes of operation were studied, co current and counter-current and cascade and feedforward control of heat exchanger. In the second part of the work, based on the dynamic process model, an advanced guiding algorithm was designed and applied to control the temperature in the heat exchanger.

In the second part of the work, based on the dynamic process model, an advanced guiding algorithm was designed and applied to control the temperature in the heat exchanger. The results of the experimental research were evaluated by applying standard statistical criteria (mean absolute deviation, root mean square error, maximum deviation) and process control criteria (shift and rate of arrival to workpoint). From this research, the skills of process analysis, model identification, simulation of the process based on the model and process designing and its application have been improved.

*Keywords: mathematical modeling, process simulation, heat exchange, process control*





## EKSTRAKCIJA IZOTOPA TALIJA I INDIJA KAO HOMOLOGA NIHONIJA U IONSKE KAPLJEVINE

EXTRACTION OF THALLIUM AND INDIUM ISOTOPES AS THE HOMOLOGUES OF NIHONIUM INTO  
THE IONIC LIQUIDS

Juraj Milačić

Mentor: **prof. dr. sc. Jan John**<sup>1</sup>, **izv. prof. dr. sc. Hrvoje Kušić**<sup>2</sup><sup>1</sup>Department of Nuclear Chemistry, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Czech Technical University in Prague, Břehová 7, 115 19 Praha 1<sup>2</sup>Zavod za polimerno inženjerstvo i organsku kemijsku tehnologiju, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Savska cesta 16, 10000 Zagreb

milacic.juraj@gmail.com

Proučavana je ekstrakcija talija i indija, kao homologa nihonija, iz vodenih otopina HCl u hidrofobne ionske kapljvine. U prisutnosti oksidirajućeg agensa NaClO<sub>2</sub> talij se učinkovito ekstrahira u sve ispitivane ionske kapljvine u rasponu koncentracija od 0,2 do 5 mol/dm<sup>3</sup> HCl-a. U odsutnosti NaClO<sub>2</sub>, ekstrakcija talija snažno ovisi o koncentraciji HCl-a, te ne dolazi do ekstrakcije indija. Koristeći ionske kapljvine [C<sub>6</sub>mim][NTf<sub>2</sub>] i [Tbma][NTf<sub>2</sub>], moguće je postići separaciju talija i indija tj. separacijske faktore SF(Tl/In) > 4 × 10<sup>4</sup>. Stoga se sustav s oksidirajućim agensom NaClO<sub>2</sub> može smatrati dobrim polazištem za proučavanje kemijskih svojstava nihonija.

*Ključne riječi : talij, indij, superteški elementi, ionske kapljvine, ekstrakcija kapljvina-kapljvina*

Extraction of thallium and indium, as the homologues of nihonium, from HCl solutions into hydrophobic ionic liquids was studied. In the presence of NaClO<sub>2</sub> as the oxidizing agent, thallium is effectively extracted into all the tested ionic liquids from 0.2 to 5 M HCl. In absence of NaClO<sub>2</sub>, thallium extraction strongly depends on the HCl concentration and no extraction of indium was observed. Using [C<sub>6</sub>mim][NTf<sub>2</sub>] and [Tbma][NTf<sub>2</sub>], the thallium/indium separation factors SF(Tl/In) > 4 × 10<sup>4</sup> can be achieved. Hence, the system with NaClO<sub>2</sub> oxidizing agent can be considered a candidate for the future studies of nihonium chemical properties.

*Keywords: thallium, indium, superheavy elements, ionic liquids, liquid–liquid extraction*



**UNIVERZA V LJUBLJANI**  
**FAKULTETA ZA KEMIJO IN KEMIJSKO TEHNOLOGIJO**





## MOŽNOST UPORABE ODPADNE GLIVNE BIOMASE ZA ADSORPCIJO TEŽKIH KOVIN

## THE POSSIBILITY OF USING WASTE FUNGAL BIOMASS FOR HEAVY METAL ADSORPTION

Ula Rozman

Mentorica: **doc. dr. Gabriela Kalčikova**University of Ljubljana, Faculty of Chemistry and Chemical Technology  
Večna pot 113, 1000 Ljubljana, Slovenia

ula.rozman@gmail.com

Težke kovine uvrščamo med nevarna onesnaževala, ki se v tleh kopičijo zaradi industrijskih dejavnosti kot so galvanizacija, metalurgija, rudarstvo in proizvodnja kemikalij. Za odstranjevanje težkih kovin iz vod se običajno uporabljajo fizikalno-kemijske metode kot so ekstrakcija, ionska izmenjava, kemijska precipitacija, membranska separacija in adsorpcija. Slednja velja za eno izmed pogostejše uporabljenih metod, saj je ekonomsko dostopna in učinkovita metoda. V zadnjem času se preiskuje predvsem možnost uporabe različnih bioloških materialov, med katerimi je še posebno zanimiva uporaba nežive biomase. Neživa biomasa ima veliko sposobno odstranjevanja težkih kovin (tudi pri nizkih koncentracijah), strupenost kovin ne vpliva na adsorpcijsko kapaciteto sistema, uporabljeno biomaso pa lahko enostavno regeneriramo. Neživi biomasi lahko z različnimi aktivacijskimi metodami še izboljšamo učinkovitost odstranjevanja. V okviru raziskovalnega dela smo ugotavljali možnost uporabe odpadne glivne biomase za adsorpcijo svinca (II) ( $Pb(NO_3)_2$ ) in kadmija (II) ( $Cd(NO_3)_2$ ). Uporabljena biomasa je bila podgobje glive *Ganoderma lucidum* skupaj s substratom, na katerem je gliva kultivirana za proizvodnjo prehranskih dodatkov. Suho biomaso smo obdelali s tremi različnimi kemikalijami in učinkovitost odstranjevanja je bila za neobdelano in obdelano biomaso nad 86.6 % za svinec (II) in 84.1 % za kadmij (II). Za razlago mehanizma adsorpcije smo uporabili psevdo-drugi-red Lagergrenovega modela. Z rezultati smo pokazali, da je odpadna glivna biomasa učinkovit adsorbent za odstranjevanje težkih kovin.

*Ključne besede: adsorpcija, Ganoderma lucidum, težke kovine.*

Because of increasing industrial activity (metallurgy, tanning industry, chemical manufacturing, mining, battery manufacturing, etc.) heavy metal pollution has become serious environmental problem. Various treatment technologies have been applied to remove heavy metals from aqueous solution, such as extraction, ion exchange, chemical precipitation, membrane separation and adsorption. Among them, adsorption is regarded as one of the most popular, economic and effective way for the removal of heavy metals. In the last decades, the possibility of using biomass for adsorption of heavy metals has been investigated. Dried biomass has high efficiency (also at low metal concentrations), it is not affected by the heavy metal toxicity and it can be modified through activation methods in order to improve its performance. At the same time, waste biomass can be utilised to meet goals of circular economy. In our study, we investigate the possibility of using dried waste biomass of fungus *Ganoderma lucidum* as biosorbent for removal of lead (II) ( $Pb(NO_3)_2$ ) and cadmium (II) ( $Cd(NO_3)_2$ ). Applied biomass was mycelium of *Ganoderma lucidum* together with substrate on which fungus is cultivated for the production of dietary supplements. The dried biomass was pretreated with three different techniques and the removal efficiency of untreated and pretreated biomass was above 86.6 % for lead (II) and 84.1 % for cadmium (II). The kinetic mechanism of the adsorption was well described by pseudo-second-order Lagergren model. It was confirmed, that fungal waste biomass can be efficiently used for removal of metals.

*Keywords: adsorption, Ganoderma lucidum, heavy metals.*

**ZAŠČITA MAGNEZIJEVE ANODE S POLIMERNIMI MEMBRANAMI****MAGNESIUM ANODE PROTECTION WITH POLYMERIC MEMBRANES****Blaž Slabajna****Mentor: dr. Alen Vižintin**

National Institute of Chemistry, Hajdrihova 19, SI-1001 Ljubljana, Slovenia

slabajna.blaz@gmail.com

Baterijske sisteme uporabljamo za napajanje mobilnih telefonov, vse bolj pogosto jih vgrajujejo tudi v vozila. Že te dve osnovni aplikaciji narekujejo tri zaželene lastnosti baterije – nizko celokupno maso, veliko količino shranjene električne energije in vzdržljivost.

Magnezij ima nizek redukcijski potencial, visoko teoretično gravimetrično kapaciteto in visoko volumetrično kapaciteto. Je osmi najpogostejši element v Zemljini skorji in je manj občutljiv na vlago in zrak kot alkalijske kovine. V primerjavi z litijem ima še eno pomembno lastnost – ne tvori dendritov, zato ga lahko uporabljamo kot samostoječ anodni material. Pred litijem ima torej veliko prednosti, ki pa jih še ne znamo dovolj dobro izkoristiti. Kljub temu, da magnezij ne tvori dendritov, prihaja do prenehanja delovanja baterij. Namen raziskovalnega dela je bil z zaščitnim slojem na magneziju podaljšati življenjsko dobo baterije. Pripravil sem dve različni polimerni membrani - prvo sem raztopil v acetonu oziroma acetonitrilu in jo nanašal na brušeno folijo magnezija, ter počakal, da je topilo izhlapelo. Drugi tip membrane je bil pripravljen z zamreževanjem pod UV svetlobo. Iz zaščitnih magnezijev anod sem sestavil simetrične baterije in testiral galvanostatsko ciklanje (GCPL) in impedančno spektroskopijo (EIS). Posnete so bile tudi SEM slike elektrod pred in po testiranju.

Ustvarjeni zaščitni sloji so podaljšali število ciklov baterije. Nezaščiten magnezij je prešel v nedelovanje po nekaj urah, medtem ko so zaščitene elektrode dosegle tudi preko 80 ur, oziroma preko 500 ciklov polnjenja in praznjenja.

*Ključne besede: magnezij, zaščita magnezija, polimerna membrana*

Battery systems are used for charging our mobile phones and they are also making a breakthrough in the automotive industry. These applications dictate the three most desired qualities of a battery – low mass, great amount of stored energy and long endurance.

Magnesium has a low reduction potential, high theoretical gravimetric capacity and high volumetric capacity. It is the eighth most abundant element in the Earth's crust and is less reactive in humidity and air than alkali metals. Compared to lithium, magnesium does not form dendrites so we can use it as a metal anode. Magnesium has many advantages over lithium, but we do not yet know how to take advantage of them.

Despite magnesium not forming dendrites, batteries stop working over time. The purpose of my research was to extend the life expectancy of magnesium batteries with a protective layer on magnesium. There were two different polymeric membranes prepared. The first was dissolved in acetone or acetonitrile, deposited on magnesium foil and left for the solvent to evaporate. The second membrane was prepared with polymerization under UV light. Protected magnesium was used for testing symmetric batteries with galvanostatic cycling (GCPL) and impedance spectroscopy (EIS). SEM images of fresh and cycled electrodes were also obtained.

Experiments concluded that the protective membranes extended the number of cycles. Unprotected magnesium batteries stopped working after a few hours, while protected electrodes operated for more than 80 hours, which meant over 500 charging cycles.

*Keywords: magnesium, protection of magnesium, polymeric membrane*



## FUNKCIONALIZACIJA GRAFENSKIH NANOTRAKOV ZA UPORABO V POLIMERNIH NANOKOMPOZITIH

## FUNCTIONALIZATION OF GRAPHENE NANORIBBONS FOR USE IN POLYMER NANOCOMPOSITES

Mark Kozamernik

Mentor: doc. dr. Boštjan Genorio

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

mk1354@student.uni-lj.si

Grafen je trdna 2D struktura z  $sp^2$  vezanimi ogljikovimi atomi v kristalni mreži oblike satovja. Iz vidika materialov je grafen predvsem zanimiv zaradi izjemno dobre električne prevodnosti, termične obstojnosti in velike specifične površine. Grafenski nanotrakovi (GNR) so ozki trakovi grafena s širino <50 nm v kvazi 1D obliki. Z dodajanjem GNR-jev v polimere se lahko pridobiva tako imenovane polimerne nanokompozite, ki imajo izboljšane električne, termične in mehanske lastnosti. Namen tega dela je sinteza in funkcionalizacija GNR-jev z namenom uporabe v električno prevodnih vlaknih. Slednja spadajo v področje pametnega tekstila, ki vključuje številne funkcije uporabe kot so sproščanje zdravil, senzorji, pretvorba in shranjevanje energije.

Eksperimentalni del temelji na delu s tremi komercialnimi materiali večstenskih ogljikovih nanocevk (MWCNT): SUN, M-grade NTL in C-grade NTL, ki se med seboj razlikujejo po premeru, dolžini in čistosti. GNR-ji so bili pridobljeni z reakcijo med MWCNT-ji in Na/K zlitino, ki temelji na odpiranju ogljikovih nanocevk. Izvedena je bila selektivna funkcionalizacija po robovih GNR-jev, tako da se je izboljšala topnost in kompatibilnost materiala, brez večjih izgub v električni prevodnosti. Funkcionalizacija je v prvi stopnji potekala s suhim ledom in nato še z  $\alpha$ -aminokaprolaktamom. Funkcionalizirani GNR-ji so bili karakterizirani s SEM mikroskopijo, EGA (TGA-MS), Ramansko in IR spektroskopijo. Na podlagi dobljenih rezultatov, (vrhovi IR spektrov in naklon TGA krivulje), lahko sklepamo, da je funkcionalizacija C-grade NTL in SUN vzorca potekla najbolje, saj sta dosegla najvišjo stopnjo funkcionalizacije, kar je lahko tudi posledica visokega razmerja med robovi in površino materiala.

*Ključne besede: grafen, grafenski nanotrakovi, funkcionalizacija, polimerni nanokompoziti*

Graphene is a solid 2D structure with  $sp^2$  bonded carbon atoms in a crystalline honeycomb structure. In materials science graphene is particularly interesting due to extremely good electrical conductivity, thermal stability and large specific surface area. Graphene nanoribbons (GNR) are narrow stripes of graphene with a width of <50 nm in the quasi-1D form. GNRs can be blended with polymers into nanocomposite materials. These materials have enhanced electrical, thermal and mechanical properties. The purpose of this work is to synthesize and functionalize GNRs for the use in electrically conductive fibers which are part of smart textiles and have many applications such as drug release, sensors, energy storage and conversion.

Experimental work is based on three different commercially available multi-walled carbon nanotubes (MWCNT): SUN, M-grade NTL and C-grade NTL which differ in length, width and purity. GNRs were produced by longitudinal splitting of MWCNTs with Na/K alloy. Selective functionalization on the edge of GNRs was performed so that solubility and compatibility of the material were increased without major losses in electrical conductivity. Functionalization was carried out in the first stage with dry ice and then with  $\alpha$ -aminocaprolactam. Functionalized GNRs were characterized by SEM microscopy, EGA (TGA-MS), Raman and IR spectroscopy. On the basis of acquired results (peaks of the IR spectra and TGA curve) we can conclude that functionalization of the C-grade NTL and SUN samples was most successful as the highest degree of functionalization was achieved which may be due to high edge-surface ratio of the material.

*Keywords: graphene, graphene nanoribbons, functionalization, polymer nanocomposites*

**VPLIV PREDČIŠČENJA ODPADNE VODE S KAVITACIJO NA DELOVANJE ULTRAFILTRACIJSKIH  
MODULOV****IMPACT OF CAVITATIONAL PRETREATMENT ON THE ULTRAFILTRATION MODULES PERFORMANCE****Anja Vehar****Mentor: izr. prof. dr. Andreja Žgajnar Gotvajn**University of Ljubljana, Faculty for Chemistry and Chemical Engineering,  
Večna pot 113, SI-1000 Ljubljana, SloveniaHidria Holding, d. o. o.  
Spodnja Kanomlja 23, SI-5281 Spodnja Idrija, Slovenia

anja.vehar15@gmail.com

Raziskovalno delo se osredotoča na kombinacijo tehnik hidrodinamske kavitacije (HC) in ultrafiltracijskih modulov (UFM) z votlimi vlakni za čiščenje industrijske odpadne vode iz livarske industrije. Tovrstna odpadna voda je onesnažena z različnimi hidravličnimi in termostatskimi olji, lubrikanti, obdelovalnimi emulzijami, nafto in trdnimi delci. Ker se ta odpadna voda naprej odvaja v kanalizacijski sistem, jo je potrebno delno očistiti, da ne povzroča težav pri obdelavi na komunalni čistilni napravi. V eksperimentalnem delu smo določili karakteristike odpadne vode, ki je bila prečiščena v kombinaciji HC in UFM ali samo z UFM. Pri osmih vzorcih so bile narejene analize pH, električne prevodnosti, suhe snovi, kemijske potrebe po kisiku (KPK), vsebnosti celotnega organskega ogljika (TOC) in vsebnosti kovin z metodo induktivno sklopljene plazme z masno spektrometrijo (ICP-MS). V obdobju dveh let pa so bili merjeni pretoki očiščene odpadne vode in nastale gošče v procesu čiščenja z UFM. Rezultati so pokazali, da čiščenje s HC v kombinaciji z UFM nekoliko pripomore k učinkovitosti glede na odstranjevanje KPK, TOC, kroma in bakra, medtem ko ne vpliva na zmanjševanje vsebnosti suhe snovi, železa, cinka, molibdena, kositra, antimona in svinca. Kombinacija obeh postopkov čiščenja tudi ni vplivala na količino očiščene odpadne vode in količino nastale odpadne gošče. Ugotovljeno je bilo, da uvedba predčiščenja s HC za dani sistem ni smiselna.

*Ključne besede: hidrodinamska kavitacija, industrijska čistilna naprava, livarska industrija, ultrafiltracijski moduli*

Research work focuses on the combination of hydrodynamic cavitation (HC) and ultrafiltration modules (UFM) with hollow fibers for foundry industrial wastewater treatment. This wastewater is polluted with different hydraulic and thermostatic oils, lubricants and handling emulsions, petrol and solid particles. Since this wastewater goes to the sewerage system, it must be partly treated, so it does not cause troubles in the municipal wastewater treatment plant. In the experimental work, we determined the characteristics of the wastewater treated with the combination of HC and UFM or only UFM. Eight samples were tested for pH, conductivity, dry matter, chemical oxygen demand (COD), total organic carbon (TOC) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) to determine metals present. The volumes of treated wastewater and formed sediment were measured for two years. Results showed, that the combination of HC and UFM had improved treatment efficiency according to COD, TOC, Cr and Cu removal, but it had not improved removal of dry matter, Fe, Zn, Mo, Sn, Sb and Pb. The combination of treatment did not affect the amount of treated water as well as formation of sludge. We found out, that HC is not suitable option of pretreatment for given system.

*Keywords: foundry industry, hydrodynamic cavitation, industrial wastewater treatment plant, ultrafiltration module*



## VPLIV KLIMATSKIH SPREMENB NA POŽARNO VARNOST GOZDOV

## THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON FOREST FIRE SAFETY

Peter Kočman

Mentor: **izr. prof. dr. Simon Schnabl**University of Ljubljana, Faculty for Chemistry and Chemical Engineering,  
Večna pot 113, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

kocman.peter96@gmail.com

Diplomsko delo je rezultat zbiranja statističnih podatkov, ki so jih pridobile industrijsko neodvisne organizacije in nekateri moji kolegi na področju klimatskih sprememb in gozdnih požarov. Glavno motivacijsko gonilo za nastanek dela, je želja po čim bolj objektivnem opisu stanja na tem področju, kjer si mnoge klimatske študije močno nasprotujejo pri interpretaciji izmerjenih/pridobljenih podatkov. V vsebini dela so opisani mehanizmi gorenja, širjenja požarov in vplivi klimatskih sprememb na različne aspekte gozdov, kot ekosistemov, ki so pomembni za požarno varnost le teh. Osrednje teme razprave so vplivi povišanih temperatur, premiki klimatskih pasov, podaljševanje sušnih obdobj, migracije insektov, ekstremni vremenski dogodki, ekonomska škoda, ekološka škoda, kdo je ogrožen in napovedi na osnovi trendov spreminjanja. Z študijo trendov sem želel predvsem ugotoviti, če se ozračje spreminja tudi v Sloveniji in bližnji okolici, kako spreminja, kakšne so lahko posledice v prihodnjih letih, ali izvajamo zadostne preventivne ukrepe in ali smo pripravljeni na učinkovito izvedbo ukrepov v primeru neželjenega dogodka. Gozdni požar je kratka oblika nekontroliranega širjenja ognja po gozdni površini. Proces gorenja pospešuje predvsem veter in nizka vlažnost goriva. Odvisnost celotnega procesa gozdnega požara enostavno opišemo z tremi soodvisnimi faktorji: vremenom, gorivom in topografijo. Izmed treh sta stanje vremena in goriva vseskozi prisotni spremenljivki, ki najbolj vplivata na stopnjo tveganja za nastanek požara, hkrati pa narekujejo tudi njegovo intenziteto in hitrost širjenja. Vglavnem so gozdni požari nezaželeni dogodki, ki ogrožajo prosto živeče živali, obgozdno infrastrukturo in posledično tudi človeka. Rezultat končanega gozdnega požara je najpogosteje velika pogorela površina in hkrati ogromna finančna škoda.

*Ključne besede: Požar, gozd, klimatske spremembe, varnost*

The diploma is result of collecting statistical data, obtained by industrially independent organizations in the field of climate change and forest fires. The content of the work describes the mechanisms of combustion, spread of fire and the effects of climate change on various aspects of forests, as ecosystems, that are important for the forest fire safety. The main topics of the discussion are the effects of elevated temperatures, migration of insects, extreme weather events, economic damage, ecological damage, who is threatened and forecasts based on changing trends. By studying the trends, I wanted to primarily find out if the atmosphere is changing in Slovenia as well as in the vicinity, how it changes and what the consequences might be in the coming years. Forest fire is a form of uncontrolled spread of fire across the forest surface. The burning process is primarily driven by wind and low fuel humidity. The dependence of the entire process of forest fire is easily described by three interdependent factors: weather, fuel and topography. Of the three, the state of weather and fuel, are constantly present variables that have the greatest influence on the degree of risk for the occurrence of a fire, and at the same time dictate its intensity and rate of spread. In the wild, forest fires are unwanted events that threaten wildlife, environmental infrastructure and consequently also human beings. The result of a finished forest fire is most often a large burned area and at the same time enormous financial damage.

*Keywords: Forest, fire, climate change, safety*



## SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

### GRAFIČKI FAKULTET



**ANALIZA UTJECAJA TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA FOTOGRAFIJE I NEFOTOGRAFIJE KAO ELEMENT 3D  
ROTIRAJUĆEG LINIJSKOG ZASLONA****ANALYSIS OF PHOTOGRAPHIC IMAGING AND NONIMAGE TECHNICAL CHARACTERISTICS IMPACT AS  
THE 3D ROTATING LINE DISPLAY ELEMENT****Fabijan Nushi**Mentor: **doc. dr. sc. Miroslav Mikota**Katedra za grafički dizajn i slikovne informacije, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu,  
Getaldićeva 2, 10000 Zagreb

fabijan.nushi@gmail.com

3D hologramski rotirajući linijski zasloni (*3D Hologram LED fan*) su novi inovativni uređaji koji reproduciraju trodimenzionalni prikaz omogućavajući novi način vizualne komunikacije do sada viđen samo u znanstveno fantastičnim filmovima ili serijama. Računalne tehnologije, s naglaskom na tehnologiju računalne grafike, mijenjaju se i napreduju izuzetnom brzinom. S obzirom na to da živimo u vremenu digitalizacije i obilja informacije, tempo života je samim time brži te se, shodno tome, javljaju potrebe za 3D multimedijalnim prikazima, a njihova se dostupnost razvija izuzetnom brzinom. Uređaj pomoću RGB LED diode osvjetljava piksele dok se linijski zaslon okreće kako bi proizveo punu 3D hologramsku simulaciju. Današnja istraživanja u ovom području idu k olakšavanju vizualnih instalacija za razne događaje poput koncerata, sajmova, izložbi i slično. Za ovaj rad korištena dva zasebna 3D hologramska rotirajuća linijska zaslona. Na taj način su definirana svojstva 3D hologramske simulacije u prostoru te eventualna ovisnost o vanjskim utjecajima, kao i to reagiraju li ljudi jednako na prikaze s iste udaljenosti ili kuta promatranja 3D hologramske simulacije i fotografijom te 3D hologramske simulacije i „nefotografije“. Temeljem rezultata istraživanja se može optimizirati utjecaj koje 3D hologramske simulacije imaju na čovjeka i način kako ga ljudi doživljavaju. Ujedno, na taj se način može utjecati na percepciju konzumenta-promatrača njegovim postavljanjem na optimalnu poziciju gledanja.

*Ključne riječi: 3D rotirajući linijski zaslon, fotografska slika, hologramska simulacija, GIF*

3D hologram rotating line displays (*3D Hologram LED fan*) are new innovative devices that reproduce a three-dimensional display enabling a new way of visual communication so far seen only in science fiction films or series. Computer technologies, with a focus on computer graphics technology, are changing and advancing at exceptional speed. Since we live in the time of digitization and abundance of information, the pace of life is faster and therefore the needs for 3D multimedia presentations are emerging and their availability is developing at exceptional speed. The RGB LED diode illuminates the pixels while the line screen turns to produce a full 3D hologram simulation. Today's research in this area is geared towards facilitating visual installations for various events such as concerts, fairs, exhibitions and the like. For this work, two separate 3D hologram rotating line screens were used. In this way, the 3D hologram simulation properties in the space are defined and the potential dependence on external influences, as well as whether people respond to equations of the same distance or angle of observation of 3D holograms simulation and photography, and 3D holograms simulation and "non-photographic". Based on the results of the research, it is possible to optimize the impact of 3D hologram simulations on man and the way people experience it. Also, this can affect the perception of the consumer-observer by placing it at the optimum viewing position.

*Keywords: 3D hologram rotating line display, photographic image, holograms simulation, GIF*





## CIJANOTIPIJA I DIGITALNA SIMULACIJA CIJANOTIPIJE

## CYANOTYPE AND DIGITAL SIMULATION OF CYANOTYPE

Josipa Lešić

Mentor: doc. dr. sc. Miroslav Mikota

Katedra za grafički dizajn i slikovne informacije, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet,  
Getaldićeva 2, 10000 Zagreb

josipalesic\_97@outlook.com

Cijanotipija je alternativna izvorna fotografska tehnika koju je otkrio Sir John Herschel sredinom 19. stoljeća te je predstavljala alternativu tada složenim postupcima dobivanja fotografske slike crno-bijelim negativ-pozitiv postupkom temeljenim na talbotipiji. Postupak dobivanja cijanotipije je jednostavan te, za razliku od talbotipije, ne koristi se srebro za formiranje fotografske slike - pozitiv. U izvornom se cijanotipijskom postupku podlogu, najčešće akvarel papir, tkaninu i sl., oslojava fotoosjetljivim slojem temeljenom na kalijevom željezo cijanidu i amonijevom željezo citratu te se na oslojenu podlogu Sunčevim svjetlom kontaktno kopira fotografski negativ. Nakon osvjetljavanja, podloga se ispiri, a rezultat je slika cijanplave boje. Cijanotipiju karakterizira i jednostavna mogućnost regeneracije slike izbljednute uslijed izlaganja svjetlu, stavljanjem cijanotipije u tamni prostor. Iako je izvorni postupak cijanotipije kao postupak dobivanja pozitiv napušten dvadesetih godina 20. stoljeća, iz navedenih razloga – specifičnosti podloga i boje te činjenice da je, i zbog mogućnosti regeneracije, sačuvan relativno veliki broj cijanotipija, cijanotipija je i danas predmet kreativnih istraživanja u fotografskom mediju. Razvoj digitalnog fotografskog sustava – obrade digitalnog zapisa fotografske slike i tehnika ispisa digitalnog zapisa, omogućio je razvoj digitalnih simulacija izvornih fotografskih tehnika pa tako i cijanotipije. Cilj ovog rada je istražiti mogućnost digitalne simulacije cijanotipije definiranjem postupka obrade digitalnog zapisa fotografske slike što je posebno zanimljivo u različitim područjima kreativne i promotivne fotografije.

*Ključne riječi: cijanotipija, digitalni fotografski sustav, simulacija cijanotipije*

Cyanotype is an alternative original photographic technique discovered by Sir John Herschel in the mid-19th century and it was an alternative to the complex procedures of obtaining photographic images by the black-and-white negative-positive process based on talbotype. The cyanotype process is simple and, unlike talbotype, silver is not used to form a photographic image - the positive one. In the original cyanotype process, the substrate, most commonly watercolor paper, fabric, and similar, is stained with a photo-sensitive layer based on potassium iron cyanide and ammonium iron citrate, and is exposed by photographic negativities on the photo-sensitive surface of Sunlight. After lightening, the substrate is washed off, and the result is the image of the cyanobacterial color. Cyanotype is also characterized by a simple possibility of regeneration of the image faded by exposure to light, by placing the cyanotype in the dark space. Although the original cyanotype process as a process of getting positive abandoned in the twenties of the 20th century, for these reasons - the specificity of the substrate and the color and the fact that, due to the possibility of regeneration, a relatively large number of cyanotypes have been preserved, cyanotype is still a subject of creative research in the photographic medium. The development of the dictation photographic system - processing of digital image recordings and digital printing techniques enabled the development of digital simulations of original photographic techniques and also of cyanotypes. The aim of this paper is to explore the possibility of digital simulation of cyanotypes by defining a digital image processing process, which is particularly interesting in different areas of creative and promotional photography.

*Keywords: cyanotype, digital photographic system, cyanotype simulation*

**PRIMJENA RAČUNALNO GENERIRANIH HOLOGRAMA U INDIVIDUALIZIRANOM ZAŠTITNOM TISKU****APPLICATION OF COMPUTER GENERATED HOLOGRAMS IN INDIVIDUALIZED SECURITY PRINT****Valentina Vidaković****Mentor: izv.prof.dr.sc. Damir Modrić**

Mentor asistent: Vladimir Cviljušac, mag. ing. techn. graph.

Katedra za temeljna i opća znanja, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Getaldićeva 2, 10000 Zagreb,  
Hrvatska

valentina.vidakovic97@gmail.com

Holografija je tehnika zapisa i rekonstrukcije svjetlosne valne fronte objekta. Jedno od područja grafičke tehnologije je primjena holograma u zaštitnom tisku. Računalno generiranje holograma rješava bitne nedostatke klasične holografije i nudi nove mogućnosti koji ranije nisu bile izvedive. Dosadašnja postignuća u području računalno generirane holografije su većinom dobivena sofisticiranim postupcima, tehnikama i alatima. Iz navedenoga proizašla je potreba za pronalaskom ekonomičnijih i efikasnijih postupaka, te u konačnici, rezultata. U radu su ispitane mogućnosti primjene tiskanih računalno generiranih holograma kao individualiziranih zaštitnih elemenata na grafičkim proizvodima, dok je cilj prikazati postupak njihova dobivanja klasičnim foto postupkom koji se tijekom istraživanja pokazao najkvalitetnijim za ispis. Metoda izračuna se bazira na interferenciji koja predstavlja superpoziciju svih svjetlosnih valova koji izlaze iz točaka 3D modela s referentnim valom iste valne duljine u pojedinom pikselu holograma. Nastala interferentna struktura predstavlja enkodiranu svjetlosnu valnu frontu snimanog objekta, odnosno računalno generirani binarni hologram. Na stvarnom primjeru definirani su kriteriji za digitalnu i optičku rekonstrukciju, a kao rezultat dobivaju se individualizirani hologrami koji imaju široku primjenu u zaštiti grafičkih proizvoda poput vrijednosnica, osobnih dokumenata i ambalaže.

*Ključne riječi: računalno generirani hologram, zaštitni tisak, individualiziran hologram, svjetlosni val*

Holography is the technique of recording and reconstruction of the object's light wavefront. One of the areas in holography graphic technology deals with are computer generated holograms. Computer-generated holography solves the crucial deficiencies of the classical holography and offers new possibilities which were not possible before. Previous achievements in the field of computer-generated holography were mostly obtained by sophisticated methods, techniques and tools. Therefore, the need to find more economical and efficient procedures occurred, and ultimately, results. The paper examines the possibilities of using printed computer generated holograms as individualized security elements on graphic products, while its goal is to display the process of their obtaining through classic photo process which proved to be supreme in print, compared to other techniques that were tested. The calculation method is based on the interference that represents the superposition of all the light waves that output from the 3D point model with the reference wave of the same wavelength in a single hologram pixel. The resulting interfering structure represents the encoded light wavefront of the recorded object, i.e. a computer generated binary hologram. Criteria for numerical and optical reconstruction have been defined on real examples and as a result Individualized holograms are created that have a wide range application on graphic products such as securities, personal documents and packaging.

*Keywords: computer-generated holograms, security print, individualized hologram, light*



## TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI ASPEKTI SOCIOLOGIJE DIZAJNA U AMBALAŽI SLATKIŠA

## TEHNICAL ASPECTS OF SOCIOLOGICAL DESIGN IN CANDY PACKAGING

Marija Detelić

Mentor: dr. sc. Jurica Dolić

Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet  
Katedra za likovnu kulturu i grafički dizajn, Getaldićeva 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

marija.detelic4@gmail.com

Dizajn prehrambene ambalaže odavno je prešao samo ulogu zaštite proizvoda. Tehnički aspekt dizajna je sve više zastupljen jer ambalaža uz kvalitetu najbolje predstavlja sam proizvod. Prema časopisu *Food and beverages packing* čak više od 73% potrošača spremno je izdvojiti više novaca za bolju ambalažu. Mogućnosti kod ambalaže slatkiša su brojne, a ciljana publika se kreće od djece do odraslih. Upravo zbog tehničkog aspekta izgleda jedan brand nadmašuje drugi. Potrošači očekuju proizvode privlačnog okusa, a svoja očekivanja temelje na estetskoj vrijednosti proizvoda. Glavna podjela tehničkih segmenata temelji se na samom obliku ambalaže, materijala ambalaže i onoga što je na istoj otisnuto. Elementi koji tvore otisnuti dizajn su određeni bojom, tipografijom i ilustracijama. Kombinacija svega navedenog stvara vizualni podražaj koji kod kupca želi izazvati glad ili privući pozornost. Tehničkim oblicima se želi predstaviti okus proizvoda (npr. šareno pakiranje razigranog dizajna za bombone voćnih okusa). U tehnološkom aspektu ambalaža mora odgovarati proizvodu kojeg skladišti. Boje kojima se otiskuje ambalaža ne smiju biti otrovne ili imati intenzivan miris. U vremenu kada je konkurencija opsežna, dizajn ambalaže slatkiša je upravo ono što će jednu čokoladu istaknuti od druge. Sociologija dizajna ambalaže ovog asortimana proizvoda objašnjava koji su to tehnički segmenti koji čine neki slatkiš vizualno privlačnijim te zbog čega mame oko potrošača.

*Ključne riječi: dizajn, ambalaža, slatkiši*

The design of food packaging has outgrown the role of protection long time ago. The technical aspect of design is represented today like never before because the packaging along with quality is responsible for presenting the product on the market. According to Food and Beverage Packaging, more than 73% of consumers are willing to spend more money for better packaging. There are many options for candy packaging, and targeted audience ranges from children to adults. Precisely because of the technical aspect, one brand surpasses the other. Consumers expect products of attractive taste, and their expectations are based on the aesthetic value of the product. The main division of the technical segments is based on the very form of packaging, packaging material and what is printed on it. The elements that make up the printed design are determined by color, typography and illustrations. The combination of all of the above creates a visual inspiration that wants to cause hunger or attract attention to the customer. Technical forms are intended to present the taste of the product (eg a colorful package of playful designs for fruit candy). In the technological aspect, the packaging must correspond to the product to be stored. The printed ink should not be poisonous or have an intense smell. In a time when competition is extensive, the packaging design of the candy is exactly what one chocolate will point out of the other. The packaging design sociology of this product assortment explains what are the technical segments that make some candy more visually appealing and because of that it makes the consumer more interested.

*Key words: design, packaging, candy*

## UTJECAJ VRSTE TISKOVNE PODLOGE NA FOTOOKSIDACIJSKU STABILNOST TERMOKROMNOG OTISKA

### THE INFLUENCE OF THE PRINTING SUBSTRATE ON THE PHOTOOXIDATION STABILITY OF THE THERMOCHROMIC PRINT

**Lucija Madjanović**

Mentorica: **prof. dr. sc. Mirela Rožić**

Katedra za temeljna i opća znanja, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Getaldićeva 2, 10000 Zagreb  
lucijamadjanovic@gmail.com

Cilj ovog istraživanja je ispitivanje fotooksidacijske stabilnosti otiska UV sušeće sitotiskarske boje na tiskovnim podlogama različitih fizikalno-kemijskih svojstava. U radu je ispitana fotooksidacijska stabilnost otisaka UV sušeće sitotiskarske termokromne boje na tri različite tiskovne podloge. Kao tiskovne podloge upotrijebljene su: sintetički papir, voluminozni papir i reciklirani papir. Poznato je da su termokromna bojila UV nestabilna i to je razlog zašto se termokromne boje uglavnom koriste samo za aplikacije koje nisu izravno izložene sunčevoj svjetlosti. Vizualna procjena, SEM analiza otisaka prije i nakon fotooksidacije te kolorimetrijska mjerenja pokazuju najveću fotooksidacijsku stabilnost otiska na voluminoznom papiru, a najslabiju na sintetičkom papiru. Rezultati također upućuju na bolju fotooksidacijsku stabilnost mikrokapsula u boji u odnosu na njezino vezivo.

*Cljučne riječi: papir, termokromne boje, fotooksidacija*

The aim of this study is to examine the photooxidation stability of the UV curable thermochromic screen printing ink on the print substrates of different physico-chemical properties. In this paper, the photooxidation stability of the UV curable thermochromic screen printing ink was tested on three different printing substrates. As a printing substrates, synthetic paper, voluminous paper and recycled paper were used. It is known that thermochromic colorants are unstable when exposed to UV light and that is why thermochromic inks are mostly used only for applications that are not directly exposed to sunlight. Visual evaluation, SEM print analysis before and after photooxidation, and colorimetric measurements show the highest photooxidative stability of the print on voluminous paper and the lowest on synthetic paper. The results also indicate a better photooxidation stability of the microcapsules in ink relative to the ink's binding agent.

*Keywords: paper, thermochromous ink, photodiodisation*



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**PRIMJENA MODIFICIRANE UGLJIKOVE ELEKTRODE ZA VOLTAMETRIJSKO ODREĐIVANJE TEŠKIH METALA U PREHRAMBENIM PROIZVODIMA****APPLICATION OF MODIFIED CARBON ELECTRODE FOR VOLTAMMETRIC DETERMINATION OF HEAVY METALS IN DIETARY PRODUCTS****Ljubica Bosnić****Mentor: doc.dr.sc. Ivana Škugor Rončević**Sveučilište u Splitu, Kemijsko – tehnološki fakultet, Zavod za Opću i anorgansku kemiju  
Ruđera Boškovića 35, HR – 21 000 Split

lb10221@ktf-split.hr

U ovom završnom radu su određivane koncentracije teških metala, olova i kadmija, u realnim uzorcima meda i šećera. Na elektrodi od staklastog ugljika (GC) kronamperometrijski je formiran film hidroksiapatita (HAp) te su pomoću voltametrijskih metoda (ciklička voltametrija, pravokutnovalna voltametrija) ispitane njegove osobine te potencijalna primjena za određivanje koncentracije teških metala (olova i kadmija). Prilikom mjerenja korištene su tri elektrode: radna elektroda (GC elektroda), referentna elektroda (Ag/AgCl) i prouelektroda (platinska žica). Hidroksiapatit posjeduje veliku poroznost te sposobnost prihvatanja drugih iona kao supstituenata. Nanošenjem ovog filma, elektrodi je povećavana osjetljivost te granica detekcije do jako niskih koncentracija teških metala. Izmjerena i određena koncentracija u šećeru Pb iznosila je 823,7  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , dok je koncentracija Cd iznosila 860,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Izmjerena i određena koncentracija Pb u medu iznosila je 4410,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , dok je koncentracija Cd iznosila 387,4  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Određene koncentracije olova i kadmija u oba realna uzorka premašuju njihove maksimalne vrijednosti u medu i šećeru koje su propisane Pravilnikom kao dozvoljene.

Ključne riječi: teški metali, šećer, med, hidroksiapatit, staklasti ugljik

In this bachelor thesis, concentrations of heavy metals (Pb and Cd) in real samples of sugar and honey are determined. Hydroxyapatite (HAp) film was chronoamperometrically formed on the glassy carbon (GC) electrode and voltammetric methods (cyclic voltammetry, square wave voltammetry) were used for testing its properties and potential application for determination of heavy metals concentrations (Pb and Cd). Three electrodes were used for measurements: working electrode (GC electrode), reference electrode (Ag/AgCl) and counter electrode (platinum wire). Hydroxyapatite has great porosity and ability to accept other ions as substituents. The presence of HAp increased the sensitivity and capacity of GC electrode for the determination of heavy metals accurately at very low level. The concentration of Pb that was determined in sugar was 823,7  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , while detected concentration of Cd was 860,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . The concentration of Pb determined in honey sample was 4410,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , while detected concentration of Cd was 387,4  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . The resulting concentrations of lead and cadmium in both real samples exceed maximal allowed values in honey and sugar prescribed by the Ordinance as permissible.

Ključne riječi: heavy metals, sugar, honey, hydroxyapatite, glassy carbon

**ISPITIVANJE ODZIVA MEMBRANE NA BAZI  $\text{Ag}_2\text{S}:\text{AgCl}:\text{PTFE} = 1:1:2$  S UDJELOM NANOČESTICA ZnO  
0.2, 0.4, 0.6%****TESTING OF THE MEMBRANE RESPONSES MADE OF  $\text{Ag}_2\text{S}:\text{AgCl}:\text{PTFE} = 1:1:2$  WITH ZnO  
NANOPARTICLES FRACTION OF 0.2, 0.4, 0.6 %****Iva Dešpoja**Mentor: **doc. dr. sc. Ante Prkić**Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Zavod za analitičku kemiju  
Ruđera Boškovića 35, HR – 21000 Split

id10240@ktf-split.hr

Ispitan je odziv ionsko–selektivnih membrana na srebrove i kloridne ione pri  $\text{pH} = 1$  i  $\text{pH} = 2$ . Svako je mjerenje ponovljeno dva puta. Ispitivanje odziva izvršeno je potenciometrijski zbog jednostavnosti metode, niske cijene i praktičnosti. Selektivnost metode povećana je promjenom reakcijskih uvjeta, odnosno promjenom  $\text{pH}$  vrijednosti otopine uzorka.

Membrane su se ispitivale na odziv na osnovne ione (kloridne i srebrove ione) u elektrokemijskoj ćeliji koristeći otopine srebrovog nitrata i perklorne kiseline metodom slijednog razrjeđivanja. Za svako mjerenje zabilježeno je vrijeme potrebno za uspostavu stabilnog potencijala. Razrjeđivanje je trajalo dok razlika između dvaju mjerenja nije iznosila 1-2 mV.

*Ključne riječi:* potenciometrija, kloridni ioni, srebrovi ioni, membranske ionsko-selektivne elektrode

The main purpose of this thesis is testing the response of ion–selective membranes on silver and chloride ions at  $\text{pH} = 1$  and  $\text{pH} = 2$ . Each measurement was performed in duplicate. The potentiometric method was used to test the response because of its simplicity, low cost and practicality. The selectivity of the method is increased by changing the reaction conditions such as the  $\text{pH}$  value of the sample solution.

Membrane electrodes are tested for response on primary ions (chloride and silver ions) in electrochemical cell by silver nitrate and perchloric acid solution using sequentially dilution method. Time required for establishing stable potential was recorded for each measurement. Dilution was made until the potential difference between two measurements reached about 1-2 mV.

*Keywords:* potentiometry, chloride ions, silver ions, membrane ion-selective electrode





**PRIMJENA KVASCA KAO POTENCIJALNOG BIOKATALIZATORA U PROCESU PROIZVODNJE TEKUĆEG  
ORGANSKOG GNOJIVA FERMENTACIJOM KOPRIVE (*URTICA DIOICA* L.) I KAMILICE (*CHAMOMILLA  
RECUTITA* L. RAUSCHERT)**

**APPLICATION OF YEAST AS A POTENTIAL BIOCATALYST IN THE PROCESS OF PRODUCTION OF  
LIQUID ORGANIC FERTILIZER BY FERMENTATION OF NETTLE (*URTICA DIOICA* L.) AND CHAMOMILE  
(*CHAMOMILLA RECUTITA* L. RAUSCHERT)**

**Zvonimir Jukić**

**Mentor: doc. dr. sc. Mario Nikola Mužek**

Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu,  
Ruđera Boškovića 35, 21000 Split

[zvonimir.jukic@ktf-split.hr](mailto:zvonimir.jukic@ktf-split.hr)

Istraživanje se temelji na primjeni kvasca u proizvodnji tekućeg organskog gnojiva fermentacijom koprive i kamilice u trajanju od 15 dana, u seriji uzoraka s dodatkom različitih masenih udjela kvasca, čijom se analizom, u odnosu na referentni uzorak, ispituje kinetička aktivnost. Cilj ispitivanja kinetičke aktivnosti je postaviti kinetičke modele za pripravljane uzorke pomoću kojih bi se procijenilo koji uzorak je optimalan, odnosno reprezentativan u slučaju komercijalizacije uzoraka. Optimalan uzorak bi u ovom slučaju predstavljao uzorak koji je pripremljen u što kraćem vremenu te sa što manje utrošenog biokatalizatora, a da kvaliteta proizvoda zadovoljava standarde. Istraživanja su do sada pokazala da ovaj tip gnojiva ima svoje područje primjene, kao kiseli preparat, s pH vrijednošću od 4,02 i električnom provodnošću  $3410 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Za ispitivanje je pripremljeno pet uzoraka: jedan referentni uzorak te četiri uzorka uz dodatak kvasca kao biokatalizatora. Referentni uzorak je pripremljen otapanjem 90 g suhe biljne mase u 3 L odstajale vode (45 g koprive i 45 g kamilice). Ostali uzorci su pripremljeni kao i referentni, uz dodatak kvasca u masenim udjelima od 5 %, 10 %, 20 % i 30 %. Uzorci su, nakon početnih mjerenja, postavljeni u izolacijsku komoru sačinjenu od ekspaniranog polistirena da bi se vanjski utjecaji sveli na minimum, a sve zbog lakšeg određivanja kinetičkog modela. Usavršavanjem ovog tipa gnojiva može se dobiti ekološki prihvatljiva i ekonomski isplativa alternativa postojećoj proizvodnji mineralnih gnojiva.

*Ključne riječi: kopriva, kamilica, kvasac, kinetička aktivnost, organsko gnojivo*

The research is based on the application of yeast in the production of liquid organic fertilizer by fermentation of nettle and chamomile during 15 days, in a series of samples with the addition of different mass. % of yeast, whose analysis, in comparison with the reference sample, examines kinetic activity. The aim of kinetic activity testing is to determine kinetic models of prepared samples in order to estimate which sample is optimal, or representative, if the process is commercialized. The optimum sample in this case means the higher the process speed with the less consumed biocatalyst, and that the product quality meets the standards. So far, researches have shown that this type of fertilizer has its application area as an acidic fertilizer with a pH value of 4,02 and an electrical conductivity of  $3410 \mu\text{Scm}^{-1}$ . For the research five samples were prepared: one reference and four samples with the addition of yeast as a biocatalyst. The reference sample was prepared by dissolving 90 g of dry plant material in 3 L of water (45 g of nettle and 45 g of chamomile). The other samples were prepared in the same way as reference sample, with addition of yeast in 5 %, 10 %, 20 % and 30 % by mass. %. The prepared samples, after the initial measurements, were placed in an expanded polystyrene insulation chamber to minimize external influences, all because of the easier kinetics model determination. By improving this type of fertilizer, an ecologically and economically sustainable alternative to the existing mineral fertilizer production can be obtained.

*Keywords: nettle, chamomile, yeast, kinetic activity, organic fertilizer*

**KOROZIJSKA ZAŠTITA KOSITRA MODIFIKACIJOM POVRŠINE MASNIM KISELINAMA****CORROSION PROTECTION OF TIN BY SURFACE MODIFICATION WITH FATTY ACIDS****Andela Lukin****Mentor: doc. dr. sc. Ivana Škugor Rončević**Sveučilište u Splitu, Kemijsko – tehnološki fakultet, Zavod za opću i anorgansku kemiju  
Ruđera Boškovića 35, HR – 21000 Split

al10285@ktf-split.hr

U radu su prikazani rezultati ispitivanja utjecaja 1 mmol/dm<sup>3</sup> otopina palmitinske i stearinske kiseline (aditiva) na korozijsko ponašanje elektrode od kositra. Više masne kiseline, kao potencijalni inhibitori korozije, nanosene su pomoću metode urona te *dip - coating* metodom. Ispitivanja su provedena u 0,5 mol/dm<sup>3</sup> otopina NaCl. Elektrokemijska ispitivanja izvršena su mjerenjem potencijala otvorenog strujnog kruga, cikličke voltometrije, linearne kvazi - potenciostatske polarizacije i elektrokemijske impedancijske spektroskopije. Prije elektrokemijskih mjerenja, površinu elektrode smo analizirali optičkim mikroskopom te FTIR spektroskopijom. Rezultati, nakon elektrokemijskih ispitivanja, su pokazali da porastom broja ciklusa nanošenja aditiva *dip - coating* metodom te nanošenjem aditiva metodom urona dolazi do snižavanja vrijednosti gustoće korozijske struje i povećanja polarizacijskog otpora što ukazuje na inhibicijsko djelovanje korištenih aditiva na koroziju kositra. Korištenjem FTIR spektroskopije i optičkog mikroskopa potvrđeno je postojanje zaštitnog filma masne kiseline na površini elektrode od kositra.

*Ključne riječi:* kositar, inhibicija korozije, masne kiseline, elektrokemijska ispitivanja

This thesis presents results of the research on influence of 1 mmol/dm<sup>3</sup> palmitic and stearic acid on corrosion behavior of tin electrode. Fatty acids, which were used as potential inhibitors, were applied using the immersion method and dip - coating method. Tests were conducted in electrolyte 0,5 mol/dm<sup>3</sup> NaCl solution. Electrochemical tests were performed by the open circuit potential measurements, cyclic voltammetry, linear quasi potentiostatic polarization and electrochemical impedance spectroscopy measurements. Before electrochemical measurements, the surface of the electrode was analysed by optical microscope and FTIR spectroscopy. The results of electrochemical measurements have shown that by increasing the number of additive application cycles with dip - coating method and application of the additive by the immersion method lead to decrease of the value of the corrosion current density and the increased of the polarization resistance, which indicated the inhibitory effect of used additives on the corrosion of tin. The existence of protective fatty acid film on the surface of the tin electrode was confirmed using the FTIR spectroscopy and optical microscope.

*Keywords:* tin, corrosion inhibition, fatty acids, electrochemical methods

**TITRACIJE TEMELJENE NA REAKCIJI NASTAJANJA SLABO TOPLJIVOG TALOGA: USPOREDBA  
TEORIJSKIH KRIVULJA TITRACIJE S EKSPERIMENTALNIM VRIJEDNOSTIMA**

**PRECIPITATION TITRATIONS: COMPARISON OF THEORETICAL TITRATION CURVES WITH  
EXPERIMENTAL VALUES**

**Martina Miše**

Mentor: **doc. dr. sc. Lea Kukoč Modun**

Sveučilište u Splitu, Kemijsko – tehnološki fakultet, Zavod za analitičku kemiju  
Ruđera Boškovića 35, HR – 21000 Split

mm10305@ktf-split.hr

Cilj ovog rada je usporedba teorijskih titracijskih krivulja sa eksperimentalnim vrijednostima, za titracije temeljene na ravnotežama između čvrste, slabo topljive tvari i njenih iona u otopini. Teorijske titracijske krivulje biti će izračunate korištenjem znanja iz ravnoteža između čvrste, slabo topljive tvari i njenih iona u otopini te programa za tablično računanje (Excel). Eksperimentalna završna točka titracije određena korištenjem vizualnih indikatora (Mohrova i Volhardova metoda), biti će uspoređena sa točkom ekvivalencije koja je izračunana teorijski. Nadalje, određivanje završne točke titracije smjese analita provest će se potenciometrijski.

*Ključne riječi: taložna titracija, potenciometrija, Mohrova i Volhardova metoda*

The mean of this work is to compare of theoretical titration curve for precipitation titrations with experimental values. The titration curves will be calculated using equilibrium calculations and spreadsheet (Excel). The experimental end point, using selected visual indicator (Mohr and Volhard method), would be compared with equivalence point calculated using equilibrium calculations. Also, the end point of precipitation titration of the mixture of analyte will be located using potentiometric titration.

*Keywords: precipitation titration, potentiometric titration, Mohr and Volhard method*



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**METALURŠKI FAKULTET**

**PRIMJENA NUMERIČKE SIMULACIJE U LIJEVANJU I SKRUĆIVANJU ODLJEVKA****AN APPLICATION OF NUMERICAL SIMULATION OF POURING AND SOLIDIFICATION CASTINGS****Ivana Gavranović**Mentori: <sup>1</sup>izv.prof.dr.sc. Zdenka Zovko Brodarac, <sup>1</sup>Tomislav Rupčić, mag.ing.met.,  
<sup>2</sup>Vanja Šuica, mag.ing.met., <sup>3</sup>Almir Mahmutović, dipl.ing.met.<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Zavod za procesnu metalurgiju Aleja narodnih heroja 3, HR-44000 Sisak; <sup>2</sup>Saint-Jean Industries d.o.o., Dr. Mile Budaka 1, HR-35108 Slavonski Brod; <sup>3</sup>TC Livarstvo d.o.o., Teslova ulica 30, SI-1000 Ljubljana

ivanagavranovic04@gmail.com

Primjena aluminija i njegovih legura ima sve veći udio u autoindustriji prvenstveno zbog niske gustoće, dobrih mehaničkih svojstava u lijevanom stanju, vrlo dobrih toplinskih i električnih svojstava, dobre strojne obradivosti, otpornosti na koroziju te sveukupnom doprinosu smanjenoj potrošnji goriva i emisiji CO<sub>2</sub>. Optimizacija procesa lijevanja i skrućivanja postiže se uporabom CAE (Computer Aided Engineering) tehnologija. Cilj optimizacije je ušteda materijala, smanjenje mase, povećanje dopuštenog opterećenja, naprezanja, krutosti i sl. Uporaba numeričke simulacije lijevanja i skrućivanja kao dijela CAE tehnologije postaje nezamjenjiva u ekonomičnoj proizvodnji ispravnih odljevaka. Računalnom simulacijom se na temelju toplinsko-tehnološkog proračuna određuje prijenos topline i mase u sustavu odljevak – kalup. Rezultat simulacije je 3D grafički prikaz toplinskih polja u različitim fazama lijevanja i skrućivanja. U ovom radu prikazana je numerička simulacija procesa lijevanja i skrućivanja odljevka od aluminijske AlSi7Mg0,3 legure primjenom tehnologije gravitacijskog lijevanja u trajni kalup sa zakretanjem. Za numeričku simulaciju lijevanja i skrućivanja korišten je programski paket ESI ProCAST temeljen na metodi konačnih elemenata (MKE). Numeričkom simulacijom prikazat će se temperaturna raspodjela zona u odljevku tijekom ulijevanja i skrućivanja, udio krute faze tijekom skrućivanja, vrijeme skrućivanja, udio i raspodjela poroznosti, brzine ulijevanja taline tj. zakretanja kokile. Rezultati numeričke simulacije preglednošću pružaju najbrži uvid u potencijalno predviđanje grešaka. Korekcije numeričkog modela radi otklanjanja grešaka, omogućavaju ispravnu tehnološku razradu procesa lijevanja i dobivanje virtualnog odljevka prema principu „ispravno po prvi puta“. Kada virtualni odljevak i njegov realni prototip zadovolje sve postavljene zahtjeve pristupa se pouzdanoj industrijskoj proizvodnji.

*Ključne riječi: numerička simulacija, metoda konačnih elemenata, lijevanje, skrućivanje, poroznost*

Application of aluminum and its alloys is increasing its application in automotive industry due to its low density, good mechanical properties in as-cast condition, very good thermal and electrical properties, good machining, corrosion resistance and overall contribution in reduced consumption of fuel and CO<sub>2</sub> emission. Optimization of pouring and solidification process is achieved by using CAE (Computer Aided Engineering) technologies. The aim of optimization is saving material, reduction of weight, increasing in permitted load, stress, rigidity, etc. Application of numerical simulation of pouring and solidification as a part of CAE technology becomes irreplaceable in economical production of sound castings. Determination of heat and mass transfer in casting – mold system can be determined using computer simulation based on the thermally-technological calculation. Result of simulation is 3D graphical display of thermal fields in different phases of pouring and solidification. This investigation represents numerical simulation of aluminum AlSi7Mg0,3 alloy casting process using gravity tilt casting technology. Program package ESI ProCAST, based on the finite element method (FEM), is used for numerical simulation of casting process. Numerical simulation reveals temperature distribution during pouring and solidification processes, content of solid phase during solidification, time of solidification, content and distribution of porosity, melt rate during pouring i.e. mold rotation rate. Results of numerical simulation enable fastest overview in potential prediction of casting defects occurrence. Correction of numerical model in order to avoid appearance of defects provides correct technological elaboration of casting process and obtaining virtual casting corresponding to the principle “right from the first time”. Reliable industrial production begins when virtual and real prototype appoints all requirements.

*Keywords: numerical simulation, finite element method, casting, solidification, porosity*

**NUMERIČKA ANALIZA HLAĐENJA TURBINSKIH LOPATICA FILMOM ZRAKA SA I BEZ UBRIZGAVANJA  
VODENE MAGLE****NUMERICAL ANALYSIS OF TURBINE BLADES FILM COOLING WITH AND WITHOUT WATER MIST  
INJECTION****Dominik Pavlović****Mentor: doc.dr.sc. Jakov Baleta, Damijan Cerinski, mag. ing. aeroing.**Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Zavod za mehaničku metalurgiju  
Aleja narodnih heroja 3, HR-44000 Sisak

dominik.pavlovic12@gmail.com

Plinske turbine predstavljaju ključan dio modernih termoenergetskih postrojenja i mlaznih motora. Povećanjem ulazne temperature dimnih plinova u turbinu raste i efikasnost pretvorbe entalpije dimnih plinova u mehanički rad na vratilu turbine. Međutim, teorijska efikasnost limitirana je stvarnom maksimalnom dozvoljenom temperaturom materijala turbinskih lopatica. Kako bi se riješio taj problem lopatice plinskih turbina se hlade tangencijalnim ubrizgavanjem filma hladnog zraka kroz rupice smještene uz korijen lopatica. Na efikasnost hlađenja filmom zraka utječu sljedeći faktori: stvaranje depozita u blizini rupica za hlađenje, oblik rupica i istrujnih kanala te protok i temperatura zraka za hlađenje. Također, efikasnost hlađenja moguće je dodatno povećati ubrizgavanjem kapljica vodene magle u struju zraka, čime se koristi latentna toplina isparavanja vode. Parametarsku analizu efikasnosti hlađenja moguće je provesti eksperimentalnim putem, ali to je vrlo zahtjevno sa stanovišta vremenskih i financijskih resursa. Naglim razvojem sve dostupnijih računala kojima svjedočimo u posljednjih nekoliko desetljeća, računalna dinamika fluida se pojavila kao jednakovrijedan pristup u razvoju novih proizvoda zahvaljujući mogućnosti da se stvarni uvjeti jeftino ispituju u virtualnom okruženju. Upravo je tema ovoga rada korištenjem računalne dinamike fluida analizirati utjecaj različitih konfiguracija rupa i ubrizgavanja vodene magle na učinak hlađenja turbinskih lopatica. Prvo je numerički okvir, kojega čine spregnuti matematički modeli, validiran na eksperimentalnim podacima iz literature, a zatim je izvršena parametarska analiza utjecaja hlađenja. Rezultati ukazuju da najbolju efikasnost hlađenja ostvaruje tzv. konzolna konfiguracija, a istu je moguće dodatno povećati iskorištavanjem latentne topline kapljica vode.

*Ključne riječi: računalna dinamika fluida, hlađenje filmom zraka, turbinske lopatice, plinska turbina*

Gas turbines represent key component of modern power plants and jet engines. With increasing flue gas temperature at the turbine inlet, the conversion efficiency of flue gas into mechanical work increases. However, theoretical efficiency is limited by the maximum allowable temperature of blade material. In order to solve this problem turbine blades are cooled by tangential injection of cooling air film through the holes at the root of the blades. Film cooling efficiency is influenced by the following factors: deposit formation near cooling holes, shape of the holes and adjacent channels, and flowrate and temperature of cooling air. Also, the cooling efficiency can be further improved by injecting water mist into the airflow, using latent heat of droplet evaporation. Parametric analysis of cooling efficiency could be performed experimentally, but this is very expensive and time consuming. With rapid development of more accessible computers within the recent decades, Computational Fluid Dynamics (CFD) has emerged as an equally valid approach in the development of new products, thanks to its ability to simulate real conditions inexpensively. Hence, the subject of this work is analysis of the effect of different cooling hole configurations and water mist injection on the turbine blades cooling efficiency by CFD. First, numerical framework was validated by experimental data from the literature and then, a parametric analysis of the cooling efficiency was performed. Results indicate that the best cooling efficiency is achieved by the console configuration, which can be further increased by exploiting the latent heat of water droplets.

*Keywords: computational fluid dynamics, film cooling, turbine blades, gas turbine*



**PRIMJENA SUVREMENIH METODA ZA ISTRAŽIVANJE POČETKA PLASTIČNOG TOKA ČELIKA KOD  
HLADNE DEFORMACIJE****APPLICATION OF MODERN METHODS FOR RESEARCH BEGINNING OF PLASTIC FLOW OF STEEL  
DURING COLD DEFROMATION****Filip Skender****Mentori: Tin Brlić mag.ing.met, prof.dr.sc Stoja Rešković**Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Zavod za mehaničku metalurgiju  
Aleja narodnih heroja 3, HR-44000 Sisak

filip.skender1@gmail.com

Čelik je danas najrasprostranjeniji materijal na svijetu stoga se na njemu i dalje provode intenzivna istraživanja. Razvitkom suvremene tehnologije, došlo je do razvoja novih metoda istraživanja u procesima deformacije materijala. Metodama termografije i digitalne korelacije slike moguće je istražiti naprezanja i deformacije, te fenomene koji se pojavljuju na početku plastičnog toka materijala tijekom hladne deformacije. Cilj ovoga rada je pojasniti ponašanje čelika na početku plastičnog toka tijekom hladne deformacije. Provedena su ispitivanja metodama termografije i digitalne korelacije uz istovremeno statičko vlačno ispitivanje, te metalografska ispitivanja za određivanje promjena mikrostrukture tijekom deformacije. Istraživanja provedena u radu jasno su pokazala promjene u čeliku na početku plastičnog toka i tijekom hladne deformacije. Metalografska ispitivanja su pokazala male promjene deformacija. Primjena novih suvremenih metoda ispitivanja su pokazala da se mogu otkriti vrlo značajna ponašanja čelika tijekom deformacije što nije moguće niti jednom drugom danas poznatom metodom.

*Cljučne riječi: početak plastičnog toka, termografija, digitalna korelacija slike, čelik*

Today, steel is most widespread material in the world therefore intensive research has been carried out on it. New modern research methods have been developed in the process of materials deformation by the development of modern technology. Thermography and digital image correlation can be used to research stress and strains, as well as phenomena occurring at the beginning of plastic material flow during cold deformation. The goal of this paper is to clarify the steel behavior at the beginning of the plastic flow during cold deformation. Studies were performed using thermography and digital image correlation simultaneously with static tensile testing. Metallographic tests were carried out to determine microstructure changes during deformation. The research carried out in this paper clearly showed changes in steel at the beginning of plastic flow and during cold deformation. Metallographic tests showed small strain changes. Application of new modern testing methods has shown that significant steel behavior can be detected during deformation, which is not possible by any other today known method.

*Keywords: beginning of plastic flow, thermography, digital image correlation, steel*





**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET**



## NOVI ASPEKTI ENZIMA KOJI SUDJELUJU U RAZGRADNJI LIGNOCELULOZE

## NEW ASPECTS OF ENZYMES WORKING IN LIGNOCELLULOSE DEGRADATION

Marija Hanžek

Mentori: **priv. doz. dr. Roland Ludwig, prof. dr. sc. Božidar Šantek**Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zavod za biokemijsko inženjerstvo  
University of Natural Resources and Life sciences, Beč

mhanzek3@gmail.com

Zbog povećane globalne potražnje za energijom, fosilne izvore potrebno je zamijeniti obnovljivim izvorima energije (npr. biomasom). Otkriće LPMO (litičke polisaharid monoooksigenaze) bilo je ključno za razumijevanje prirodne razgradnje biomase. Glavna prepreka u istraživanju LPMO je nedostatak jednostavnog protokola za istraživanje enzimske aktivnosti pomoću spektroskopije. Sukladno tome, cilj ovog rada bio je razviti i potvrditi protokol za utvrđivanje enzimske aktivnosti te istodobno okarakterizirati LPMO izoliranu iz plijesni *Neurospora crassa*. Dokazano je da je reduktant 2,6-DMP (2,6-dimetoksifenol), zajedno sa novootkrivenim kosupstratom  $H_2O_2$ , najbolja kromogenska komponenta sa visokim molarnim apsorpcijskim koeficijentom ( $24.8 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ) u vidljivom dijelu spektra (469 nm). Optimalna aktivnost LPMO je u neutralnom prema bazičnom pH području. Najniža koncentracija LPMO koja može biti izmjerena je  $\sim 0.0125 \mu\text{M}$ .

*Ključne riječi: LPMO, 2,6-dimetoksifenol, vodikov peroksid, analiza, spektrofotometrija*

Fossil fuels have to be replaced by renewable energies (e.g. biomass) due to increasing global demand for energy. The discovery of LPMOs (lytic polysaccharide monoxygenases) was a breakthrough in understanding of how nature degrades biomass. The main obstacle in LPMO research is the lack of an easy to use spectroscopic activity assay. Accordingly, the aim of this thesis was to develop and validate an activity assay and concomitantly characterize the LPMO from the fungi *Neurospora crassa*. 2,6-DMP (2,6-dimethoxyphenol) as reductant in addition with the new co-substrate  $H_2O_2$  was proven to be the best chromogenic compound with a high extinction coefficient ( $24.8 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ) in the visible range (469 nm). The optimal LPMO activity was observed in the neutral to basic pH range. The lowest concentration of LPMO, which could be measured was  $\sim 0.0125 \mu\text{M}$ .

*Keywords: LPMO, 2,6-dimethoxyphenol, hydrogen peroxide, assay, spectrophotometry*

**USPOSTAVA METODE ZA RELATIVNU KVANTIFIKACIJU PROTEINA STANIČNE STIJENKE KVASCA  
*SACCHAROMYCES CEREVISIAE*****ESTABLISHMENT OF A METHOD FOR RELATIVE QUANTIFICATION OF YEAST *SACCHAROMYCES  
CEREVISIAE* CELL WALL PROTEINS**

Marko Jurković

Mentor: **doc. dr.sc. Igor Stuparević**Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zavod za kemiju i biokemiju, Pierottijeva  
6, 10 000 Zagreb

Kvasac *Saccharomyces cerevisiae* ima dugu primjenu u biotehnologiji te je modelni eukariotski organizam u znanstvenim istraživanjima zbog mogućnosti jednostavne manipulacije njegova genoma te brzog, jednostavnog i jeftinog uzgoja. Stanica kvasca okružena je staničnom stijenkom koja služi kao prvi kontakt stanice s okolinom, a građena je od polimera ugljikohidrata glukana i hitina na koje su vezani proteini. Sastav stanične stijenke se mijenja tijekom životnog ciklusa kvasca, no te promjene u sastavu su relativno slabo istražene. Cilj ovoga rada bio je upostava metode za relativnu kvantifikaciju proteina stanične stijenke kvasca *Saccharomyces cerevisiae*. Za uspostavu takve metode bilo je potrebno prvo konstruirati sojeve s mjerljivom razlikom u koncentraciji proteina stijenke od interesa, zatim kvantitativno ekstrahirati taj protein iz stanica te kvantificirati njegovu razinu u uzorcima, za što je u ovome radu korištena metoda western blot. Metoda za relativnu kvantifikaciju proteina stanične stijenke uspostavljena je tako da su prvo konstruirani diploidni sojevi kvasca u kojima su jedna ili dvije kopije gena *BGL2* označene hemaglutininskom (HA) sekvencom. Iz konstruiranih sojeva brzom i jednostavnom metodom za izolaciju svih proteina izoliran je protein stijenke od interesa Bgl2-HA čija je razlika u razini između uzoraka naposljetku uspješno detektirana metodom western blot pomoću označenih antitijela specifičnih za HA oznaku.

*Ključne riječi: kvasac Saccharomyces cerevisiae, stanična stijenka, protein Bgl2, western blot*

Yeast *Saccharomyces cerevisiae* has long been used in biotechnology and is a model eukaryotic organism in scientific research due to simple manipulation of its genome and rapid, simple and inexpensive cultivation. The yeast cell is surrounded by a cell wall that serves as the first contact point between the cell and its environment, and it consists of carbohydrate polymers glucan and chitin to which proteins are bound. The composition of the cell wall changes over the life cycle of yeast, but these changes in composition are relatively poorly studied. The aim of this paper was to establish a method for relative quantification of yeast *Saccharomyces cerevisiae* cell wall proteins. To establish such a method, it was necessary to construct strains with a measurable difference in the concentration of the cell wall protein of interest, then quantitatively extract this protein and quantify its level in the samples, for which the western blot method was used. The method for the relative quantification of cell wall proteins was established by first constructing diploid yeast strains in which one or two copies of *BGL2* gene were tagged with the haemagglutinin (HA) sequence. From constructed strains, using a fast and simple method for isolating all cellular proteins, cell wall protein Bgl2-HA was isolated and differences in its concentration between the samples were successfully detected by western blotting using labeled antibodies specific to the HA tag.

*Keywords: yeast Saccharomyces cerevisiae, cell wall, Bgl2 protein, western blot*



## KATALIZA KASKADNE REAKCIJE POMOĆU IMOBILIZIRANOG MULTIENZIMSKOG SUSTAVA

## CASCADE REACTION CATALYSIS VIA IMMOBILIZED MULTI-ENZYMATIC SYSTEM

Božidar Duić

Mentori: **prof.dr.sc. Bernd Nidetzky, prof.dr.sc. Anita Slavica**Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zavod za biokemijsko inženjerstvo, Pierottijeva 6,  
Zagreb

Tehničko sveučilište u Grazu, Institut za biotehnologiju i biokemijsko inženjerstvo, Petersgasse 12, Graz

bozidar.duic@yahoo.com

Ko-immobilizirani multienzimski sustavi nameću se kao alternativa konvencionalnim višestupanjskim metodama sinteze. Strategija korištena u ovom radu, kako bismo proveli kaskadnu reakciju sinteze celodekstrina, bila je nekovalentna ko-immobilizacija sekvencijalnih enzima na anionski nosač omogućena fuzijom enzima od interesa s bazičnim domenama  $Z_{basic2}$  (veličine 7 kDa koje posjeduju grupirane pozitivno nabijene aminokiselinske ostatke).  $Z_{basic2}$  proteini pokazali su visoku čvrstoću vezanja, no vezanje je potpuno reverzibilno, odnosno moguće je eluirati proteine povećanjem ionske jakosti otopine. Također, bazične domene omogućuju odgovarajuću orijentaciju immobiliziranih enzima na nosaču kako bi se zadržala njihova biološka aktivnost. Heterogeni katalizator korišten je u 5 reakcijskih ciklusa (8 h jedna reakcija) te je potvrđena stabilnost katalizatora i nakon 40 h u reakcijskim uvjetima. Provedene su kvalitativne i kvantitativne analize produkata tankoslojnom tekućinskom kromatografijom (TLC) i tekućinskom kromatografijom visoke učinkovitosti (HPLC). Ovom metodom immobilizacije omogućena je kontrola omjera udjela različitih enzima na nosaču, što posljedično dovodi do lakše optimizacije konverzije supstrata te regulacije stupnja polimerizacije krajnjeg produkta.

*Ključne riječi:* ko-immobilizacija enzima,  $Z_{basic2}$ , orijentirano vezanje, fuzijski protein, celodekstrin

Co-immobilized multi-enzymatic systems are put forward as an alternative to conventional multistep synthetic methods. The strategy used in this work, to carry out the cascade reaction of cellodextrin synthesis, was non-covalent co-immobilization of sequential enzymes on an anionic carrier enabled by the fusion of enzymes of interest with basic domains  $Z_{basic2}$  (size of 7 kDa that exposes clustered positive charges from multiple amino acid residues).  $Z_{basic2}$  proteins showed very strong binding, yet binding is fully reversible, i.e. it is possible to elute the proteins by increasing the ionic strength of the solution. In addition, basic domains ensure preferred orientation of immobilized enzymes on the carrier to retain the biological activity of the catalyst. To confirm the stability of the catalyst, it was used in 5 reaction cycles (8 h per reaction) and stability was shown even after 40 h under reaction conditions. Qualitative and quantitative analysis of reaction products was carried out via thin-layer chromatography (TLC) and high-performance liquid chromatography (HPLC). This method of immobilization facilitates the control of the proportion of each enzyme on the carrier, which consequently leads to easier optimization of substrate conversion and degree of polymerization regulation in the final product.

*Keywords:* enzyme co-immobilization,  $Z_{basic2}$ , oriented binding, fusion protein, cellodextrin

**EKSTRAKCIJE BIOAKTIVNIH SPOJEVA IZ MAJČINE DUŠICE SA „ZELENIM OTAPALIMA“  
PRIMJENOM VISOKONAPONSKOG PRAŽNjenja****HIGH VOLTAGE DISCHARGES FOR „GREEN SOLVENT“ EXTRACTION OF BIOACTIVE COMPOUNDS  
FROM THYME****Andreja Poljanec i Elena Mikolaj****Mentor: prof.dr.sc. Anet Režek Jambrak**Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo  
Pierottijeva 6, Zagreb

andrejapoljanec93@gmail.com, elena.mikolaj@yahoo.com

Svrha istraživanja bila je utvrditi učinkovitost netoplinske metode ekstrakcije primjenom tretmana visokonaponskog električnog pražnjenja. Cilj je bio ekstrahirati fenolne komponente iz autohtonog mediteranskog bilja - majčine dušice, te odrediti antioksidacijski kapacitet ekstrakata. Tijekom istraživanja uzorci su bili tretirani, prema dizajnu eksperimenta, u plazma generatoru IMP-SSPG-1200 pri frekvenciji 100 Hz i različitim vrijednostima napona u struji dušika (20 kV i 25 kV), odnosno u struji argona (15 kV i 20 kV). Ekstrakcija tretiranih i netretiranih uzoraka (1 g usitnjenog suhog bilja u 50 mL otapala) provodila se 3 i 9 minuta u 0%-tnoj, 25%-tnoj i 50%-tnoj otopini etanola. Istraživanje je usmjereno na očuvanje okoliša korištenjem tzv. "zelenih otapala" te kraće vrijeme ekstrakcije uz niže temperature tretmana u odnosu na konvencionalne metode. Rezultati su pokazali da uzorci tretirani visokonaponskim pražnjenjem imaju veći udio fenolnih spojeva i veći antioksidacijski kapacitet od netretiranih uzoraka. Najviši udio ukupnih fenola ekstrahiranih iz majčine dušice iznosi 42.86 mg GAE (ekvivalent galne kiseline)/g, postignut pri uvjetima ekstrakcije 9 min, u 50%-tnoj otopini etanola, u struji dušika pri 20 kV. Razvijeni su i regresijski modeli za predviđanje sadržaja ukupnih fenola i antioksidacijskog kapaciteta sličnih uzoraka na temelju analitičkih podataka i blisko infracrvene spektroskopije (NIRS). Predikcijski modeli smanjuju utrošak otapala na dodatne analize, a do rezultata se dolazi brzo, neinvazivnom metodom (NIRS).

*Ključne riječi:* majčina dušica, zelena ekstrakcija, visokonaponsko električno pražnjenje, ukupni fenoli, antioksidacijski kapacitet

The purpose of the study was to determine the effectiveness of non-thermal extraction methods by using high-voltage electrical discharge (HVED) treatment. The aim was to extract phenolic components from autochthonous Mediterranean herbs - thyme, and determine the antioxidant capacity of the extracts. During the experiment, the samples were treated in the plasma generator IMP-SSPG-1200 by frequency of 100 Hz and different voltage values in the nitrogen (20 kV and 25 kV) or argon (15 kV and 20 kV) gas. Extraction duration of treated and untreated samples (1 g of grained dried herbs in 50 mL of solvent) was 3 and 9 minutes in 0%, 25% and 50% solution of ethanol. The research is focused on environment ecology by using "green solvents", shorter extraction time and lower treatment temperatures than conventional methods have. Obtained results demonstrate that the samples treated with HVED have higher concentration of phenolic compounds and antioxidant capacity than the untreated samples. The highest concentration of total phenolic compounds (TPC) from the thyme was 42.86 mg GAE (equivalent of Gallic acid)/g, achieved during 9 min treatment, in 50% solution of ethanol, in the nitrogen gas at 20 kV. Regression models were developed for prediction TPC and antioxidant capacity of similar samples based on analytical data and near-infrared spectroscopy (NIRS). Prediction models reduce the need for extended chemical analyzes by using non-invasive method (NIRS).

*Keywords:* thyme, green extraction, high-voltage electrical discharge, total phenolic compounds, antioxidant capacity



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**PREHRAMBENO - TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**BIOKATALITIČKA SINTEZA BIODIZELA POMOĆU LIPAZA *Burkholderia cepacia* I *Pseudomonas fluorescens* IZ SVJEŽEG SUNCOKRETOVOG ULJA****BIOCATALYTIC SYNTHESIS OF BIODIESEL BY LIPASE *Burkholderia cepacia* I *Pseudomonas fluorescens* FROM SUNFLOWER OIL****Barišić Iva, Brkić Sanja**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Sandra Budžaki

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Zavod za Procesno inženjerstvo

Franje Kuhača 20, 31000 Osijek

ibarisic@ptfos.hr; sbrkic@ptfos.hr

Biodizel je smjesa metilnih estera masnih kiselina, a najčešće se dobiva procesom transesterifikacije ulja uz prisustvo kemijskih katalizatora. U industrijskoj proizvodnji biodizela kao katalizator se obično koristi natrijeva lužina, no zbog energetske-ekoloških nedostataka ovakvog procesa sve više se istražuju mogućnosti zamjene kemijskih katalizatora biokatalizatorima – lipazama. Lipaze (EC 3.1.1.3), odnosno triacilglicerol acilhidrolaze, su enzimi biljnog, životinjskog ili mikrobnog podrijetla. Reakcija transesterifikacije ulja i metanola katalizirana lipazama odvija se u blagim reakcijskim uvjetima bez nastajanja sporednih produkata što ih čini ekološki i energetski učinkovitijima. Nedostatak biokatalitičke sinteze biodizela, za razliku od kemijskih, je visoka cijena i mala stabilnost lipaza. U ovom radu provedena je biotehnološka karakterizacija lipaza podrijetlom iz bakterija namijenjenih industrijskoj primjeni: Amano lipaza iz *Burkholderia cepacia* i *Pseudomonas fluorescens*. Pomoću dva testa za određivanje biokatalitičke aktivnosti enzima (spektrofotometrijski i titrimetrijski) na dva različita supstrata za lipazu (*p*-nitrofenil palmitat i maslinovo ulje) određeni su optimalni pH i temperatura. U optimalnim uvjetima provedena je sinteza biodizela, sa svakom lipazom odvojeno, iz svježeg suncokretovog ulja i metanola u kotlastom reaktoru. Udio metilnih estera masnih kiselina u sirovom biodizelu određen je plinskom kromatografijom na temelju čega je procijenjeno koja je od dvije ispitivane lipaze pogodnija za biokatalitičku sintezu biodizela.

**Ključne riječi:** biodizel, Amano lipaze, aktivnost, pH optimum, temperaturni optimum

Biodiesel is a mixture of fatty acid methyl esters, mostly produced by transesterification of oil in the presence of chemical catalysts. In the industrial production of biodiesel sodium hydroxide as a catalyst, is usually used, but due to the environmental and energetic disadvantages of this process, the possibilities of replacing chemical catalyst with biocatalysts-lipases are increasingly being investigated. Lipases (EC 3.1.1.3), or triacylglycerol acylhydrolases, are enzymes of plant, animal or microbial origin. The reaction of transesterification of oils and methanol catalyzed by lipases occurs under gentle reaction conditions without the formation of by-products, which makes them environmentally and energetically more efficient. The disadvantage of biocatalytic synthesis of biodiesel, unlike chemical, is high price and low lipase stability. In this paper, the biotechnological characterization of lipases for industrial use, Amano lipase from *Burkholderia cepacia* and *Pseudomonas fluorescens* was carried out. The optimal pH and temperature of enzymatic reaction were determined by spectrophotometric and titrimetric methods using two different lipase substrates (*p*-nitrophenyl palmitate and olive oil). Under determined optimal conditions, the biodiesel synthesis was carried out, with each lipase separately, from fresh sunflower oil and methanol in the batch reactor. The percentage of fatty acid methyl esters in crude biodiesel was determined by gas chromatography, and based on these results lipase more suitable for biocatalytic synthesis of biodiesel was suggested.

**Keywords:** biodiesel, Amano lipase, activity, pH optimum, temperature optimum





## POBOLJŠANJE AROMATSKOG PROFILA BRAZILSKOG PIĆA CACHAÇA

## IMPROVEMENT OF AROMATIC PROFILE OF BRAZILIAN DRINK CACHAÇA

Josipa Grgić

Mentor: izv.prof.dr.sc. Anita Pichler

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Zavod za prehrambene tehnologije, Katedra za prehrambeno inženjerstvo  
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

jgrgic2@ptfos.hr

Cachaça je jako alkoholno piće koje se proizvodi fermentacijom i destilacijom soka šećerne trske. Postupak proizvodnje cachaça je unazad nekoliko godina unaprijeđen, no aromatski profil ovoga pića se i dalje može poboljšati. Kao i kod vina, dio aromatskih komponenti se nalazi u samoj sirovini, a drugi dio nastaje alkoholnom fermentacijom, odležavanjem i njegovanjem. Također, na nastanak mnogih aromatskih spojeva utječe i vrsta i soj kvasca koji se koristi prilikom fermentacije. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi može li se korištenjem različitih sojeva kvasaca vrsta *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces uvarum* i *Saccharomyces kudriavzevii* pozitivno utjecati na aromatski profil cachaça. *Saccharomyces cerevisiae* sojevi, inače korišteni za fermentaciju soka šećerne trske, ne omogućavaju stvaranje željene arome radi čega su se, prilikom istraživanja, također koristili sojevi *Saccharomyces uvarum* i *Saccharomyces kudriavzevii* vrsta koji doprinose stvaranju aromatskih komponenti. Utvrđeno je da prilikom korištenja *Saccharomyces uvarum* i *Saccharomyces kudriavzevii* sojeva možemo poboljšati aromatski profil cachaça, ali da ovi sojevi nisu sposobni provesti fermentaciju u potpunosti. Nasuprot tome, *Saccharomyces cerevisiae* sojevi u potpunosti su završili fermentaciju, ali su dali manje koncentracije određenih aromatskih spojeva.

*Ključne riječi:* Cachaça, aromatski profil, fermentacija, kvasac

Cachaça is a alcoholic beverage obtained by fermentation and distillation of sugar cane juice. The cachaça production process has been improved for a few years, but the aromatic profile of this drink can still be improved. As with wine, some of the aromatic components are found in the raw material and the other part is formed by alcoholic fermentation, aging and nourishment. Also, the appearance of many aromatic compounds is influenced by the yeast specie and strain used during fermentation. The aim of this study was to determine whether the different strains of species *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces uvarum* and *Saccharomyces kudriavzevii* could positively affect the aromatic profile of cachaça. *Saccharomyces cerevisiae* strains, otherwise used for the fermentation of sugar cane juice, do not allow the formation of the desired aroma, for which, during the study, *Saccharomyces uvarum* strains and *Saccharomyces kudriavzevii* strains were used. It was found that when using *Saccharomyces uvarum* and *Saccharomyces kudriavzevii* strains, the aromatic profile of cachaça can improve but that these strains are not able to complete the fermentation. On the other hand, *Saccharomyces cerevisiae* strains have completely fermented but have given less concentration of certain aromatic compounds.

*Keywords:* Cachaça, aromatic profile, fermentation, yeast

## SINTEZA KINAZOLINONA U EUTEKTIČKIM OTAPALIMA NA BAZI KOLIN-KLORIDA

### SYNTHESIS OF QUINAZOLINONES IN CHOLINE CHLORIDE BASED DEEP EUTECTIC SOLVENTS

**Leon Grbeš**

Mentor: **izv. prof. dr. sc. Maja Molnar**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Zavod za primijenjenu kemiju i ekologiju  
Franje Kuhača 18, 31000 Osijek

Leon.Grbes@ptfos.hr

Eutektička otapala se primjenjuju u kemijskim sintezama kao prihvatljiva alternativa konvencionalnim organskim otapalima. Za razliku od konvencionalnih otapala, koja mogu biti štetna po zdravlje i okoliš, eutektička otapala se sintetiziraju iz netoksičnih, biorazgradivih komponenti, pri čemu se dobiju otapala koja karakterizira nizak tlak para, podesiva fizikalno-kemijska svojstva te temperatura leđišta niža od temperature leđišta pojedinih komponenata. U ovom radu cilj je ispitati mogućnost primjene takvih otapala na bazi kolin-klorida i različitih donora vodikovih veza, u sintezi različitih derivata kinazolin-4(3H)-ona.

*Ključne riječi:* zelena kemija, eutektička otapala, kinazolin-4(3H)-oni, ultrazvučna sinteza

Deep eutectic solvents are often utilized in organic chemical synthesis and they are referred to as an acceptable alternative to conventional organic solvents. Conventional solvents are often harmful to human health and environment, while deep eutectic solvents are synthesized from non-toxic, biodegradable components which mixed together form a eutectic mixture, characterized by low vapour pressure, tuneable physical and chemical properties and a melting point lower than the one of each component. The goal in this work is to examine a potential application of such choline chloride based deep eutectic solvents in synthesis of quinazolin-4(3H)-one derivatives.

*Keywords:* deep eutectic solvents, quinazolin-4(3H)-ones, ultrasound synthesis, green chemistry



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**ISPITIVANJE I MOGUĆNOSTI OBJEKTIVNE KARAKTERIZACIJE VLAŽNIH MARAMICA ZA JEDNOKRATNU UPORABU****TESTING AND POSSIBILITY OF OBJECTIVE CHARACTERIZATION OF DISPOSABLE WET WIPES****Ana Viljevac****Mentor: doc. dr. sc. Maja Somogyi Škoc**Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila  
Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb

ana.viljevac23@hotmail.com

Tehnički tekstil je skupni naziv za različite vrste linearnih, plošnih i konfekcioniranih proizvoda koji se izrađuju od vlakana, a primjenjuju se za tzv. netekstilne svrhe, tj. u raznim granama industrije, građevinarstvu, poljoprivredi, medicini, osobnoj zaštiti i zaštiti okoliša što se obuhvaća pojmom tehničke svrhe. To su zapravo materijali i proizvodi izrađeni prvenstveno zbog njihovih tehničkih svojstava i učinkovitosti, a ne zbog estetskih ili dekoracijskih karakteristika. Obzirom na svoju široku i raznoliku primjenu došlo je do njegove klasifikacije, prema čemu se tehnički tekstil svrstava u 12 područja. U ovom radu obrađeno je jedno područje, tj. tekstil koji se koristi u kućanstvu (engl. Hometech). Takav tekstil ima široki spektar uporabe - podnih i zidnih obloga, mreža protiv komaraca, maramica od netkanog tekstila, tekstila za uređenje interijera i namještaja, plišanih igračka, filtera za usisivače i dr.

U središtu zanimanja rada su komercijalno dostupne jednokratne maramice od netkanog tekstila koje svoju primjenu pronalaze u području čišćenja - za osobnu higijenu i njegu. Pregledom literature ustanovljeno je kako do sada nisu provedena istraživanja vezana uz objektivnu karakterizaciju takovih proizvoda, te je cilj rada bio ispitati svojstva netkanih maramica za kućanstvo i njihovo ponašanje u različitim uvjetima uporabe. Stoga je u eksperimentalnom dijelu provedeno ispitivanje temeljnih karakteristika tekstilnih uzoraka, sposobnosti upijanja tekućine, čvrstoće, sposobnosti razgradnje te pH vodenog ekstrakta. Kao rezultat ispitivanja, dan je prijedlog metodologije za objektivnu karakterizaciju vlažnih maramica za jednokratnu uporabu, gdje su predloženi kriteriji za ocjenu njihove učinkovitosti i određeni najznačajniji parametri za ocjenu netkanih maramica.

*Ključne riječi: tehnički tekstil, kućanski tekstil, jednokratne netkane maramice, objektivna karakterizacija*

Technical textile is the common name for various types of linear, flat and finished products made of fibers, and are applied for so-called non-technical purposes, i.e. in various branches of industry, construction, agriculture, medicine, personal and environmental protection, which are covered by the term technical purposes. Actually, these are materials and products made primarily because of their technical properties and efficiency, not due to aesthetic or decorative features. Due to its broad and varied application, technical textiles was classified in 12 areas. This work deals with one area, i.e. Hometech. Such textiles have a wide range of applications, from floor and wall coverings, mosquito nets, nonwoven textile wipes, textiles for interior decoration and furniture, stuffed toys, vacuum cleaners, etc.

In the focus of this work was commercially available disposable nonwoven wipes, with the application in the area of cleaning - for personal hygiene and care. A search of the literature showed that investigation related to the objective characterization of such products has not been carried out so far, so that aim of this work was to examine the properties of disposable nonwoven wipes and their behavior under different conditions of application. Therefore, in the experimental part, the basic textile samples characterization was performed, the ability to absorbency of liquid, strength, ability of degradation and pH of the aqueous extract. As a result of these tests, methodology proposal of objective characterization of nonwoven wipes was given, as well as criterias for evaluation of their efficiency. It was determined also the most significant parameters for the evaluation of nonwoven wipes.

*Keywords: technical textiles, homotech, disposable nonwoven wipes, objective characterization*

**DALJINSKI UPRAVLJANI SVJETLOSNI EFEKTI NA ODJEĆI****REMOTE CONTROLLED LIGHT EFFECTS ON CLOTHING****Daniel Časar Veličan****Mentor: prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale**Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zavod za odjevnu tehnologiju  
Prilaz baruna Filipovića 28 a, Zagreb

daniel.casar.velican@ttf.hr

U prezentaciji će biti prikazani daljinski upravljani svjetlosni efekti na odjeći. Za njezinu realizaciju je potrebno da se u odjevni predmet ugradi mikrokontroler s baterijskim upravljanjem i minijaturni radio prijemnik za prihvatanje upravljačkih signala te izlazne naprave u vidu matrice LED elemenata koje služe za uspostavu svjetlosnih efekata, kao prijemni dio. Sastavni dio odjavnog predmeta predstavlja i odašiljač, kao predajni dio, putem kojega se daljinski upravlja mikrokontrolerom. Unaprijed smišljenim svjetlosnim efektima upravlja se s pomoću programa pohranjenog u mikrokontroler. Svjetlosni efekti mogu se postizati tako da se upravlja bojom, intenzitetom i različitim prostornim uključanjem pojedinih svjetlećih elemenata (LED dioda) različitog vremenskog trajanja.

Ukoliko se svjetleći elementi formiraju u obliku matrice, na njima je moguć prikaz slova, odnosno teksta ili vizualnih simbola. Može se istodobno daljinski upravljati i s više odjavnih predmeta s ugrađenim svjetlosnim efektima ukoliko je na scenskom nastupu angažirano više osoba. Time se može dodati dopunska kreativna komponenta i dramatičnost, odnosno upečatljivost scenskog nastupa na televiziji te kazališnoj i filmskoj kostimografiji, na glamuroznim priredbama poput modnih revija, plesnih nastupa i slično. Osim programskog daljinskog upravljanja, moguće je daljinski upravljati svjetlosnim efektima koji se mogu postizati na način da simboliziraju promjene emocionalnog statusa, intenziteta i ritma glazbe ili prema nekim drugim zamislima kreatora scenskih nastupa kojima se želi pojačati određeni dojam.

*Ključne riječi:* daljinsko upravljanje, odjeća, LED, svjetlosni efekti

In this presentation will be showed remote controlled light effects on clothing. For its realization, it is necessary to incorporate in clothing item a microcontroller with battery management and a miniature radio receiver for the reception of the control signals and the output device in the form of LED element matrices that serve for the establishment of light effects as a reception part. An integral part of the clothing is also an emitter, as a transmitter part, through which microcontroller is remotely controlled. By a program stored in the microcontroller pre-designed light effects are conducted. Light effects can be achieved by controlling colour, intensity, and various spatial inclusion of individual light diode (LED) of varying duration.

If the light elements are formed in the form of a matrix, it is possible to display letters, text or visual symbols. At the same time, it is also possible to operate remotely with more clothing items with built-in light effects if more people are engaged on stage. By this can be added additional creative component and dramatic or striking performance of the scene effect in television shows, theatre and film costume design, the glamorous performances such as fashion shows, dance performances etc. In addition to program remote control, it is possible to remotely manage light effects that can be achieved in a way that symbolizes changes in emotional status, intensity and rhythm of music, or in some other scenarios of stage performers that want to enhance a certain impression.

*Keywords:* remote control, clothing, LED, light effects



### 3D OBLIKOVANJE INDIVIDUALIZIRANOG ERGONOMSKOG AUTOSJEDALA

#### 3D DESIGN OF INDIVIDUALIZED ERGONOMIC CAR SEAT

Paula Godec

Mentor: **doc. dr. sc. Slavica Bogović**

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zavod za odjevnu tehnologiju  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb

pgodec@ttf.hr

U radu je provedeno 3D oblikovanje i dizajniranje individualiziranog autosjedala. U tu svrhu je skenirano ljudsko tijelo primjenom 3D skenera ljudskog tijela Vitus Smart koji je instaliran u Zavodu za odjevnu tehnologiju Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta. Uz pomoć 3D programskog paketa Blender oblikovano je individualizirano ergonomsko autosjedalo po mjeri vozača. Ergonomski oblik postiže se uporabom poliuretanske pjene (spužve). Pri oblikovanju su uzete u obzir sve karakteristike korištenog materijala. Autosjedalo čine tri glavne komponente: metalna konstrukcija, poliuretanska pjena te navlaka. Metalni dio sjedala konstruira se primarno prema namijenjenom prostoru u automobilu, a nakon toga se oblikuje prema dizajnu samog sjedala. U ovom radu je stavljen naglasak na 3D oblikovanje poliuretanske pjene koja je neizostavan dio svakog autosjedala. Koristi se u sjedalu, naslonu te na bočnim stranama autosjedala. Kako su sjedalo i naslon izloženi najvećem pritisku tijekom vožnje, tako se za njih koriste materijali veće debljine: za sjedalo do 10 cm, za naslon do 5 cm debljine, a za bočne strane debljina iznosi do 1 cm. Na ergonomiju osim poliuretanske pjene utječe i materijal od kojeg je napravljena navlaka za autosjedalo. Za navlaku je predviđena tekstilija od mikrovlakana (Alcantara) sirovinskog sastava 68% poliester i 32% poliuretan.

*Ključne riječi: 3D skeniranje ljudskog tijela, 3D oblikovanje, anatomija ljudskog tijela, ergonomija, autosjedalo*

In this work was carried out the 3D shaping and design of an individualized car seat. For this purpose, the human body was scanned using the 3D scanner of the human body Vitus Smart, which was installed at the Department of Clothing Technology at the University of Zagreb Faculty of Textile Technology. With the help of the 3D Blender program package, an individualized ergonomic car seat was tailored to fit the driver. The ergonomic shape is achieved by using a polyurethane foam (sponge). All characteristics of the used material have been taken into account during 3D shaping. The car seat consists of three main components: metal skeleton, polyurethane foam and cover. The metal skeleton of the seat is constructed primarily for the intended space in the car, and then is shaped according to the design of the seat itself. In this work special attention has been paid to the 3D design of polyurethane foam, which are an inevitable part of each car seat. They are used in the seat itself, as well as on backrest and sides of the car seat. As the seat itself and backrest of the car seat are exposed to the highest pressure during driving, they are made from the material of greater thickness: for seat up to 10 cm, for backrest up to 5 cm, while for sides thickness is up to 1 cm. Except the polyurethane foam, on the ergonomics also influence the material from which the car seat cover is made. For the cover is used textile material made from microfibers (Alcantara), composed of polyester (68%) and polyurethane (32%).

*Key words: 3D human body scan, 3D shaping, human body anatomy, ergonomics, car seat*





## RAČUNALNA KONSTRUKCIJA ZAŠTITE PRSNOG KOŠA ZA ŽENE U HOKEJU NA TRAVI NA TEMELJU 3D OBLIKOVANOG ŠTITNIKA

### COMPUTER CONSTRUCTED PROTECTION FOR WOMEN IN FIELD HOCKEY BASED ON 3D SHAPED CHEST PROTECTOR

**Paula Milošević**

Mentor: **doc. dr. sc. Slavica Bogović**

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zavod za odjevnu tehnologiju  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb

pmlosevi@ttf.hr

Spoj sporta i novih tehnologija rezultiralo je izradom individualiziranih zaštitnih odjevnih predmeta. Tijekom igre često se riskiraju ozlijeđe kako bi se postigli što bolji rezultati te je važno koristiti funkcionalnu i kvalitetnu zaštitnu odjeću i opremu. Zaštitna odjeća izrađuje se za dio tijela koji je izložen stalnim udarcima. Nove tehnologije kao što su 3D skener, CAD/CAM sustavi odjevne industrije, računalni programi za 3D oblikovanje te 3D tiskalo omogućuju izradu individualiziranog zaštitnog odjevnog predmeta te dodatne opreme za velik broj sportova i različite tipove tijela. Prilikom izrade takvog odjevnog predmeta potrebno je analizirati i utvrditi potrebne elemente zaštite za određeni sport. Osim toga je nužno imati virtualni oblik ljudskog tijela u položajima specifičnim za vrstu sporta. S obzirom da je većina opreme napravljena za muško tijelo postoji velika potreba za razvojem individualizirane zaštitne opreme i odjeće za žensko tijelo. 3D skener dostupan za izradu eksperimenta nalazi se u Zavodu za odjevnu tehnologiju Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta. Skeniranjem se dobije četveroslojni oblak točaka (500 000 do 600 000 koordinata), a potrebna je transformacija višeslojnog oblaka točaka u jednoslojan. Na temelju oblikovanog elementa zaštite i mjerama ljudskog tijela konstruira se i modelira kraj zaštite prsnog koša. 3D obrada omogućava virtualni prikaz prsne zaštite na kojoj je moguće napraviti dodatne preinake. Obrada i modeliranje oblaka točaka rezultira prsnom zaštitom koja u velikoj mjeri štiti gornji dio trupa od ozljeda tijekom sporta.

*Ključne riječi: individualizirana zaštita prsnog koša, 3D skeniranje, 3D oblikovanje, računalna konstrukcija i modeliranje*

Combination of sports and new technologies resulted in the construction of individualized protective garment items. During the game, injuries are often at risk for better results achievement, so it is important to use functional and high quality protective equipment. Protective garment is made for part of the body exposed to constant stroke. New technologies such as 3D scanner, CAD / CAM clothing industry systems, 3D shaping softwares and 3D printers enable fabrication of individualized protective clothing and accessories for large number of sports and different body types. During design of such a garment item, it is necessary to analyze and determine the necessary protection elements for a particular sport. Besides, it is necessary to have a virtual form of the human body in sport-specific positions. Since most of the equipment is made for a male body there is a great need for the development of individualized protective equipment and clothing for the female body. The 3D scanner used in this experiment is located at the Department of Clothing Technology at the University of Zagreb Faculty of Textile Technology. Four-layer cloud of points is obtained by scanning (500 000 – 600 000 coordinates), but transformation of the multilayer cloud to single layer is required for further work. Based on the shaped element of protection and human body measures, chest protection is constructed and modelled. 3D shaping provides virtual look of the protection to which further modifications can be made. Processing and modelling of cloud points results in a chest protection that largely protects upper body from injuries during sport.

*Keywords: individualized chest protection, 3D scanning, 3D shaping, computer design and modeling*

## UREĐAJ ZA POHRANJIVANJE STATIČKOG NABOJA IZ TEKSTILNIH MATERIJALA

### DEVICE FOR STORAGE OF STATIC CHARGE OF TEXTILE MATERIAL

**Juro Živičnjak**

**Mentor: prof. dr. sc. Dubravko Rogale**

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zavod za odjevnu tehnologiju  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb

juro.zivicnjak@ttf.hr

U Zavodu za odjevnu tehnologiju Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta realiziran je i instaliran originalni triboelektrični generator za pohranjivanje statičkog naboja, koji se može javiti na različite načine, a jedan od njih je trljanje dvaju tekstilnih materijala. Uređaj se sastoji od mehaničkog i generatorskog dijela. Mehanički dio uređaja služi za postavljanje tekstilnih materijala u odgovarajući položaj, kroz koji se ostvaruje zadovoljavajući kontakt između površina uzoraka tekstilnih materijala te se provodi ispitivanje u kojem se bilježi količina statičkog naboja koji se generira uslijed 10 ciklusa (linearnog) trljanja, pod konstantnim opterećenjem mase od jednog kilograma. Triboelektrični generator je drugi dio uređaja, koji prikuplja, pohranjuje, prikazuje i po potrebi predaje određenu količinu generiranog naboja te ima mogućnost promjene kapaciteta generatora na 2, 20 ili 200 nC.

Izvedena su ispitivanja korištenja elektrostatičkog naboja iz odjeće kao obnovljivog izvora električne energije za napajanje ili nadopunu baterija uređaja koje čovjek nosi sa sobom ili za napajanje elektroničkih komponenti ugrađenih u pametnu i inteligentnu odjeću. Analizirane su značajke pojedinih kombinacija tekstilnih materijala, njihova izdašnost i mogućnosti primjene kao i nedostaci.

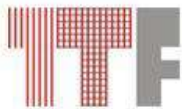
**Glavne riječi:** statički naboj, tekstilni materijali, triboelektrični generator

At the Department of Clothing Technology at the University of Zagreb Faculty of Textile Technology, an original triboelectric generator for storage of static charge has been developed and installed. Phenomenon of static charge can occur in many different ways, and one of them is by rubbing of two textile materials. The device is made up of mechanical and storage part. The mechanical part of the device serves for placement of the textile materials in the appropriate position, through which satisfactory contact between two surfaces of the textile materials is obtained. Then, a test is carried out, where the amount of static charge generated by 10 cycles of (linear) rubbing under a constant load of one kilogram is recorded. The triboelectric generator is the second part of a device that collects, stores, displays and if it is necessary gives out a certain amount of generated charge. Also it has the ability to change the generator capacity to 2, 20 or 200 nC.

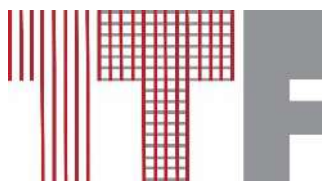
Examination of the use of electrostatic charge obtained from clothing as a renewable power source for powering or recharging the battery of a device carried by person itself, as well as for supplying electronic components embedded in smart and intelligent clothing was carried out. Features of individual textile materials combinations, their abundance, ability of application and their disadvantages were also analysed.

**Key words:** static charge, textile materials, triboelectric generator

STUDENT  
SKI ZBOR  
SVEUČILIŠTA  
UZAGREBU



Sveučilište u Zagrebu / University of Zagreb  
**Tekstilno-tehnološki fakultet**  
Faculty of Textile Technology



STUDENT  
SKI ZBOR  
SVEUČILIŠTA  
UZAGREBU



**Coca-Cola HBC**  
**Hrvatska**



HRVATSKA  
GOSPODARSKA  
KOMORA



premifab



KONFEKCIJA KRAPINA



