

Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa  
Sekcija za makromolekule HDKI-ja  
Sekcija za kemijsko inženjerstvo HDKI-ja  
Hrvatska gospodarska komora

# V. hrvatski simpozij o kemiji i tehnologiji makromolekula

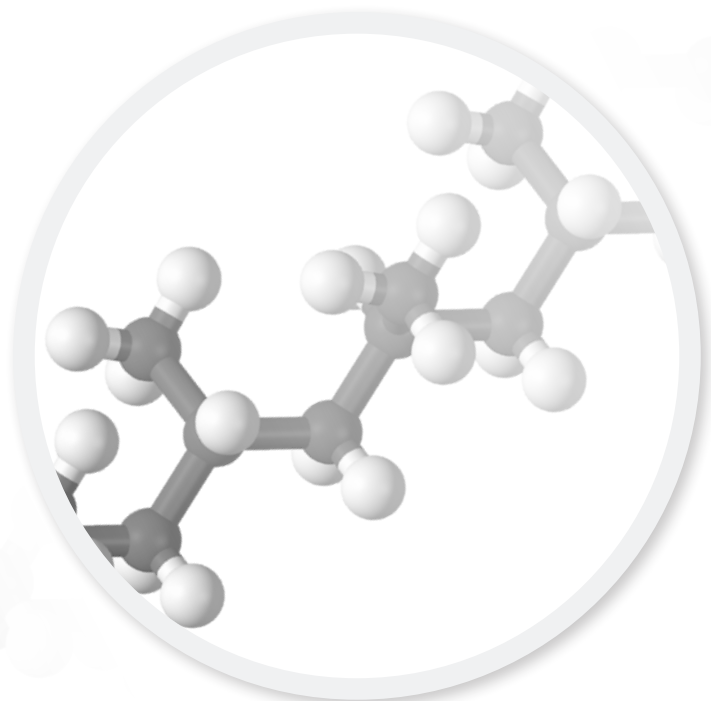
u funkciji pametne specijalizacije

14. lipnja 2016.

Hrvatska gospodarska komora

Rooseveltov trg 2

10 000 Zagreb



## KNJIGA SAŽETAKA



**Izdavač / *Published by***

Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa / *Croatian Society of Chemical Engineers*

**Za izdavača / *For the publisher***

Ante Jukić

**Urednik / *Editor***

Sanja Lučić Blagojević

**Grafički urednik / *Graphical editor***

Zdenko Blažeković

**Recenzenti / *Reviewers***

Fabio Faraguna

Ante Jukić

Sanja Lučić Blagojević

Jelena Macan

**Tekst pripremili / *Text prepared by***

AUTORI, koji su odgovorni za tekst sažetaka

*AUTHORS, who are fully responsible for the abstracts*

**Priprema / *Layout***

Sanja Lučić Blagojević

ISBN 978-953-6894-56-7

**Organizatori / Organizers**

Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa /  
*Croatian Society of Chemical Engineers*  
Hrvatska gospodarska komora/ *Croatian Chamber of Economy*

**Organizacijski i programski odbor /  
*Organizing and Program Committee***

Sanja Lučić Blagojević, predsjednica / *Chair*  
Jelena Macan, tajnica / *Secretary*  
Zdenko Blažeković  
Fabio Faraguna  
Ante Jukić  
Renata Patarčić  
Gordana Pehnac Pavlović

**Sponzor / Sponsor**



**Donator / Donator**



## UVODNIK

Nakon dužeg niza godina od strane *Hrvatskog društva kemijskih inženjera i tehnologa (HDKI)* potaknuto je okupljanje znanstvenika i gospodarstvenika koji se bave kemijom i tehnologijom makromolekula.

*V. hrvatski simpozij o kemiji i tehnologiji makromolekula u funkciji pametne specijalizacije* organiziran je u suradnji *Sekcije za makromolekule* i *Sekcije za kemijsko inženjerstvo* HDKI-ja te Hrvatske gospodarske komore. Cilj ovog simpozija je okupljanje i povezivanje znanstvenih i gospodarskih resursa u Republici Hrvatskoj koji se bave kemijom i tehnologijom makromolekula te uspostava njihove međusobne suradnje.

Poseban naglasak simpozija je područje pametnih specijalizacija u kojima svoje mjesto imaju makromolekulski materijali:

- napredni materijali za razne namjene u ambalažnoj, automobilskoj i farmaceutskoj industriji i medicini te brojnim drugim granama
- problemi zbrinjavanja polimernog otpada.

Pametna specijalizacija Republike Hrvatske definirana je strateškim dokumentom donesenim krajem 2015. godine kao novi koncept inovacijske politike strukturiran s ciljem promidžbe učinkovite i djelotvorne uporabe javnih ulaganja u istraživanje i razvoj. Njezin je cilj potaknuti inovacije za postizanje gospodarskog rasta i prosperiteta, omogućavajući državama da se fokusiraju na svoje prednosti.

Nadamo se da će ovaj skup potaknuti i pojačati suradnju znanstvenika i gospodarstva i omogućiti usmjeravanje resursa u za Hrvatsku važne smjerove razvoja.

Sanja Lučić Blagojević,  
predsjednica *Organizacijskog i programskog odbora*

## SADRŽAJ

<b>PROGRAM SKUPA</b>	1
<b>SAŽETCI</b>	4
<i>Bruno Grubešić</i> Značaj Strategije Pametne Specijalizacije u jačanju konkurentnosti gospodarstva RH	5
<i>Ante Jukić, Elvira Vidović, Fabio Faraguna</i> Primjeri suradnje u području industrijske proizvodnje primjene i uporabe polimernih materijala	6
<i>Ana Rešček, Zlata Hrnjak-Murčić</i> Aktivna polimerna ambalaža za pakiranje hrane – moguća suradnja	7
<i>Zlata Hrnjak Murčić, Ljerka Kratočil Krehula</i> Zbrinjavanje plastičnog otpada	8
<i>Elvira Vidović, Ivana Tepeš</i> Bio-poli(etilen-furanoat) oporabljiva zamjena za PET	9
<i>Marica Mlinac Mišak</i> Antimikrobna rješenja za proizvode od plastike	10
<i>Tomislav Ćurko, Ivan Mesić</i> Problemi zbrinjavanja polimernog otpada	11
<i>Mirna Petković Didović, Paul Sotta, Cédric Lorthioir</i> Analiza kokristalizacije u alifatsko-aromatskom kopoliamidu pomoću nuklearne magnetske rezonancije čvrstog stanja	12
<i>Ivona Jerković, Ana Marija Grancarić, Vladan Končar</i> Međupovršinske pojave tekstilnih senzora za <i>in situ</i> praćenje stanja tekstilom ojačanih 2D termoplastičnih kompozita	13
<i>Davor Kovačević</i> Polielektrolitni višeslojevi: teorija i primjena	15
<i>Vedrana Lovinčić, Zana Hajdari, Domagoj Vrsaljko</i> Modifikacija mehaničkih svojstava materijala koji se koriste u 3D tiskanju	16
<i>Anamarija Rogina, Antonia Ressler, Patricia Rico, Lidija Pribolšan, Igor Matić, Gloria Gallego Ferrer, Inga Marijanović, Marica Ivanković, Hrvoje Ivanković</i> Polimerni kompoziti i hidrogelovi kao obećavajući materijali za obnovu tkiva	17
<i>Matko Erceg, Zoran Grubač, Irena Krešić, Bruno Jakša Čizmić</i> Ionska vodljivost polimernih kompozita na osnovi poli(etilen-oksida)	18
<i>Fabio Faraguna, Elvira Vidović, Ante Jukić</i> Primjena funkcionaliziranih ugljikovih nanocijevi kao punila u polimernim nanokompozitima	19
<i>Anabela Kos, Emi Govorčin Bajsić, Vesna Ocelić Bulatović</i> Priprema i karakterizacija biokompozita na osnovi LDPE-a i rižinih ljuskica	20
<i>Matija Bjelobradić, Fabio Faraguna, Zlatko Kraljević, Ante Jukić</i>	21

Optimiranje recepture EPDM izolacijske gumene mješavine s ciljem smanjenja utroška energije potrebne za vulkanizaciju	
<i>Matea Stanojević, Mirela Leskovac, Lucija Foglar, Anita Tarbuk</i> Hidrolitička razgradnja PCL/PLA mješavina uz prisutnost hidrofilne komponente	22
<i>Sanja Lučić Blagojević, Dina Schlosser, Nina Stančić, Mario Šantolić</i> Utjecaj višestjenih ugljikovih nanocijevčica na svojstva polietilena	23
<i>Gabrijela Ljubek, Jelena Perić Ivanagić, Stjepan Kožuh, Marijana Kraljić Roković</i> Priprava kompozita polipirrol/ugljikove nanocijevi i njegova primjena u superkondenzatorima	24
<i>Ljiljana Marinić Pajc, Maja Fabulić Ruszkowski, Lucija Konjević, Dijana Blažek, Miro Licitar, Dunja Šeremešić</i> Karakterizacija naftnih mješavina s pirolitičkim uljem na osnovi polimernog otpada	25
<i>Klaudia Paljar, Jelena Macan</i> Priprava SiO <sub>2</sub> kontrolirane poroznosti kao nosača za lipazu	26
<i>Tihomir Pospišil, Lejla Ferhatović Hamzić, Lada Brkić Ahmed, Marija Lovrić, Srećko Gajović, Leo Frkanec</i> Bioinspirirani tripeptidni hidrogelovi kao perspektivni biomaterijali u tkivnom inženjerstvu	27
<i>Irina Pucić, Vesna Borjanović</i> Nanokompoziti poli(etilen-tereftalata) ozračeni različitim vrstama zračenja	28
<i>Marko Racar, Ana Špehar, Davor Dolar, Krešimir Košutić</i> Primjena kompozitnih UF/NF/RO membrana za obradu i uporabu otpadnih voda iz pogona za termičku obradu nusproizvoda životinjskog podrijetla	29
<i>Iva Rezić, Maja Somogyi Škoc, Ana Vrsalović Presečki, Tatjana Haramina, Roland Ludwig, Martina Marchetti-Deschmann, Günter Allmaier</i> Sinteza i ciljana primjena metalnih nanočestica u ambalaži hrane	30
<i>Ivan Spajić, Denis Sačer, Marijana Kraljić Roković, Zoran Mandić</i> Površinska modifikacija grafenova oksida aromatskim aminima	31
<i>Sanja Lučić Blagojević, Martina Zeljko, Mario Šantolić</i> Utjecaj modifikacije višestjenih ugljikovih nanocijevčica na svojstva poliuretana	32
<i>Katarina Mužina, Mirna Vujnović, Mirela Leskovac</i> Pčelinji vosak u službi znanosti	33
<i>Marija Vuković Domanovac, Dajana Kučić, Tomislav Domanovac</i> Biorazgradivost polimera u okolišu	34
<i>Anita Tarbuk, Zbigniew Draczynski, Katia Grgić, Maciej Bogun</i> Sorption properties of nanocomposite precursor polyacrilic fibers	35
<b>POPIS SUDIONIKA</b>	36
<b>SPONZORI / DONATORI</b>	40

# **PROGRAM SKUPA**



<b>Otvaranje simpozija</b>	
<b>9:00 - 9:20</b>	<b>Tomislav Radoš</b> , podpredsjednik HGK-a <b>Ante Jukić</b> , predstavnik HDKI-ja: <b>Sanja Lučić Blagojević</b> , predsjednica Organizacijskog i programskog odbora
<b>Sekcija: Pametna specijalizacija, suradnja znanosti i industrije</b>	
<b>9:20 – 9:50</b>	<b>Bruno Grubešić</b> Značaj Strategije Pametne Specijalizacije u jačanju konkurentnosti gospodarstva RH
<b>9:50 – 10:10</b>	<b>Ante Jukić</b> , Elvira Vidović, Fabio Faraguna Primjeri suradnje u području industrijske proizvodnje primjene i uporabe polimernih materijala
<b>10:10 – 10:30</b>	<b>Ana Rešček</b> , Zlata Hrnjak-Murgić Aktivna polimerna ambalaža za pakiranje hrane – moguća suradnja
<b>Sekcija: Zbrinjavanje polimernog otpada</b>	
<b>10:30 – 10:50</b>	<b>Zlata Hrnjak Murgić</b> , Ljerka Kratofil Krehula Zbrinjavanje plastičnog otpada
<b>10:50 – 11:10</b>	<b>Elvira Vidović</b> , Ivana Tepeš Bio-poli(etilen-furanoat) oporabljiva zamjena za PET
<b>11:10 – 11:30</b>	<b>Marica Mlinac Mišak</b> Antimikrobna rješenja za proizvode od plastike
<b>11:30 – 11:50</b>	<b>Tomislav Ćurko</b> , Ivan Mesić Problemi zbrinjavanja polimernog otpada
<b>11:50 – 12:20h</b>	<b>Pauza za kavu</b>
<b>Sekcija: Napredni polimerni materijali</b>	
<b>12:20 – 12:40</b>	<b>Mirna Petković Didović</b> , Paul Sotta, Cédric Lorthioir Analiza kokristalizacije u alifatsko-aromatskom kopoliamidu pomoću nuklearne magnetske rezonancije čvrstog stanja
<b>12:40 – 13:00</b>	<b>Ivona Jerković</b> , Ana Marija Grancarić, Vladan Končar Međupovršinske pojave tekstilnih senzora za <i>in situ</i> praćenje stanja tekstilom ojačanih 2D termoplastičnih kompozita
<b>13:00 – 13:20</b>	<b>Davor Kovačević</b> Polielektrolitni višeslojevi: teorija i primjena
<b>13:20 – 13:40</b>	<b>Vedrana Lovinčić</b> , Zana Hajdari, Domagoj Vrsaljko Modifikacija mehaničkih svojstava materijala koji se koriste u 3D tiskanju
<b>13:40 – 14:00</b>	<b>Anamarija Rogina</b> , Antonia Ressler, Patricia Rico, Lidija Pribolšan, Igor Matić, Gloria Gallego Ferrer, Inga Marijanović, Marica Ivanković, Hrvoje Ivanković Polimerni kompoziti i hidrogelovi kao obećavajući materijali za obnovu tkiva
<b>14:00 – 15:00</b>	<b>Posterska sekcija</b>
<b>15:00 – 16:00</b>	<b>OKRUGLI STOL</b> Strategija pametne specijalizacije – izazov i prilika za rast hrvatskog gospodarstva. Imamo li plan?
<b>16:00 – 16:10</b>	<b>Zatvaranje simpozija</b>

## Posterska izlaganja

1. *Matko Erceg, Zoran Grubač, Irena Krešić, Bruno Jakša Čizmić*  
Ionska vodljivost polimernih kompozita na osnovi poli(etilen-oksida)
2. *Fabio Faraguna, Elvira Vidović, Ante Jukić*  
Primjena funkcionaliziranih ugljikovih nanocijevi kao punila u polimernim nanokompozitima
3. *Anabela Kos, Emi Govorčin Bajsić, Vesna Ocelić Bulatović*  
Priprava i karakterizacija biokompozita na osnovi LDPE-a i rižinih ljuskica
4. *Matija Bjelobradić, Fabio Faraguna, Zlatko Kraljević, Ante Jukić*  
Optimiranje recepture EPDM izolacijske gumene mješavine s ciljem smanjenja utroška energije potrebne za vulkanizaciju
5. *Matea Stanojević, Mirela Leskovac, Lucija Foglar, Anita Tarbuk*  
Hidrolitička razgradnja PCL/PLA mješavina uz prisutnost hidrofilne komponente
6. *Sanja Lučić Blagojević, Dina Schlosser, Nina Stančić, Mario Šantolić*  
Utjecaj višestjenih ugljikovih nanocijevčica na svojstva polietilena
7. *Gabrijela Ljubek, Jelena Perić Ivanagić, Stjepan Kožuh, Marijana Kraljić Roković*  
Priprava kompozita polipirol/ugljikove nanocijevi i njegova primjena u superkondenzatorima
8. *Ljiljana Marinić Pajc, Maja Fabulić Ruszkowski, Lucija Konjević, Dijana Blažek, Miro Licitar, Dunja Šeremešić*  
Karakterizacija naftnih mješavina s pirolitičkim uljem na osnovi polimernog otpada
9. *Klaudia Paljar, Jelena Macan*  
Priprava SiO<sub>2</sub> kontrolirane poroznosti kao nosača za lipazu
10. *Tihomir Pospišil, Lejla Ferhatović Hamzić, Lada Brkić Ahmed, Marija Lovrić, Srećko Gajović i Leo Frkanec*  
Bioinspirirani tripeptidni hidrogelovi kao perspektivni biomaterijali u tkivnom inženjerstvu
11. *Irina Pucić, Vesna Borjanović*  
Nanokompoziti poli(etilen-tereftalata) ozračeni različitim vrstama zračenja
12. *Marko Racar, Ana Špehar, Davor Dolar, Krešimir Košutić*  
Primjena kompozitnih UF/NF/RO membrana za obradu i uporabu otpadnih voda iz pogona za termičku obradu nusproizvoda životinjskog podrijetla
13. *Iva Rezić, Maja Somogyi Škoc, Ana Vrsalović Presečki, Tatjana Haramina, Roland Ludwig, Martina Marchetti-Deschmann, Günter Allmaier*  
Sinteza i ciljana primjena metalnih nanočestica u ambalaži hrane
14. *Ivan Spajić, Denis Sačer, Marijana Kraljić Roković, Zoran Mandić*  
Površinska modifikacija grafenova oksida aromatskim aminima
15. *Sanja Lučić Blagojević, Martina Zeljko, Mario Šantolić*  
Utjecaj modifikacije višestjenih ugljikovih nanocijevčica na svojstva poliuretana
16. *Katarina Mužina, Mirna Vujnović, Mirela Leskovac*  
Pčelinji vosak u službi znanosti
17. *Marija Vuković Domanovac, Dajana Kučić, Tomislav Domanovac*  
Biorazgradivost polimera u okolišu
18. *Anita Tarbuk, Zbigniew Draczynski, Katia Grgić, Maciej Bogun*  
Sorption properties of nanocomposite precursor polyacrilic fibers

## **SAŽETCI**

# **ZNAČAJ STRATEGIJE PAMETNE SPECIJALIZACIJE U JAČANJU KONKURENTNOSTI GOSPODARSTVA RH**

## **IMPORTANCE OF SMART SPECIALIZATION STRATEGY FOR STRENGTHENING COMPETITIVENESS OF CROATIAN ECONOMY**

Bruno Grubešić

Ministarstvo gospodarstva, Ulica grada Vukovara 78, 10 000 Zagreb,  
Bruno.Grubesic@mingo.hr

Strategija pametne specijalizacije Republike Hrvatske (S3 RH) je strateški dokument donesen u ožujku 2016. godine i zapravo predstavlja novi koncept ekonomskog razvoja i ulaganja koji spaja industrijsku i inovacijsku politiku u cilju razvoja inovativne ekonomije s naglaskom na investicije temeljene na znanju i inovativnosti. Sam koncept je lansiran 2008 (D. Foray, P.A. David i B.H. Hall), a u Financijskoj perspektivi EU 2014-2020 usvajanje strategija pametne specijalizacije u zemljama članicama EU preduvjet je za korištenje ESI fondova za tematski cilj Istraživanje, razvoj i inovacije.

Proces izrade S3 RH započeo je u 2013. godini i pratio je metodologiju Europske komisije uz opsežan proces poduzetničkog otkrivanja i može se svesti na sljedeće ciljeve S3 RH:

- Stvaranje učinkovitog nacionalnog inovacijskog sustava
- Poticanje znanstvene izvrsnosti i komercijalizacije rezultata istraživanja i razvoja
- Povećanje ulaganja poslovnog sektora u istraživanje, razvoj i inovacije
- Razvoj pametnih vještina
- Jačanje konkurentnosti i strukturne promjene hrvatskog gospodarstva

Sukladno navedenoj metodologiji i u suradnji s drugim tijelima državne uprave te zainteresiranim sudionicima, uz analitičke podloge i dokazivanje potrebitih materijalnih i drugih resursa, S3 RH prepoznaje sljedeća Tematska prioritetna područja:

- Zdravlje i kvaliteta života
- Energija i održivi okoliš
- Promet i mobilnost
- Sigurnost
- Hrana i bioekonomija

Pored navedenih tematskih prioritetnih područja prepoznata su i dva horizontalna područja ulaganja s primjenom na navedenih 5 tematskih prioritetnih područja: ICT i Ključne razvojne tehnologije (Key-enabling technologies) kao i 13 pod-tematskih prioritetnih područja.

S3 RH navodi i provedbene mehanizme svih tijela uključenih u provedbu S3 RH kao i planirana ulaganja više od milijardu EUR sredstava iz ESI fondova u sklopu provedbe S3 RH. Kako bi istraživačko-razvojni ili inovativni projekt bio sufinanciran iz sredstava ESI fondova on mora biti prepoznat i vezan uz jedno ili više prioritetnih područja S3 RH.

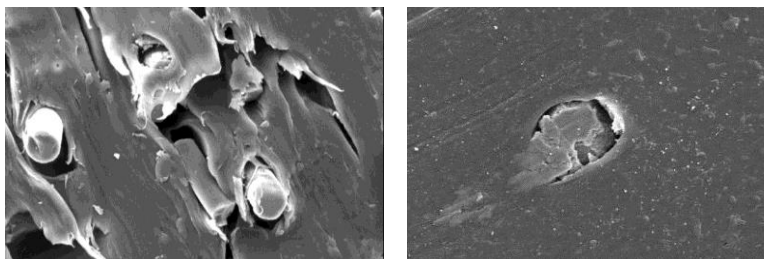
# PRIMJERI SURADNJE U PODRUČJU INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE, PRERADE I UPOTREBE POLIMERNIH MATERIJALA

## PARTNERSHIP BETWEEN INDUSTRIA AND ACADEMIA IN AREA OF POLYMER MATERIALS

Ante Jukić, Elvira Vidović, Fabio Faraguna

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb  
ajukic@fkit.hr

Suradnja znanstveno-istraživačkih grupa sa sveučilišta ili instituta i proizvodnih tvrtki na razvitku proizvoda i tehnologija poželjna je i nezamjenjiva. Nažalost, u Hrvatskoj je razmjerno rijetka iz raznih razloga, ali to se zadnjih godina ubrzano mijenja jer se otvaraju natječaji koji potiču i propisuju upravo takvu suradnju. Ona se može ostvariti u raznim oblicima i ovdje će biti predstavljeni neki od njih. Najpoželjnija jest ona na istraživačkim projektima koji po temi mogu biti temeljni, razvojni i primjenski te traju do nekoliko godina. Primjer takve suradnje je projekt „Nanostrukturirani i funkcionalni polimerni materijali – NanFun“ financiran od Končar Instituta za elektrotehniku i Hrvatske zaklade za znanost, izvođen od 2011. do 2013. Glavni cilj projekta bio je priprava nanostrukturiranih polimernih materijala (ugljkove nanocijevi / funkcionalni kopolimeri) sa svojstvima prigušenja buke i vibracija koji će imati moguću primjenu u tračnim vozilima Končar Grupe. Istraživačko-razvojni projekti mogu biti ostvareni i u znatno kraćem vremenu, na primjer „Razvoj samo-regulirajućih grijaćih kabela“ u suradnji s Elka d. o. o. gdje je u nekoliko mjeseci provedena analiza komercijalnih proizvoda i otkriven mehanizam promjene otpora poliolefinskih samoregulirajućih kablova s promjenom temperature. Najviše primjera suradnje obuhvaća manje i brze projekte gdje se treba provesti stručna ekspertiza kako bi se ustanovilo određena svojstva proizvoda ili riješilo problematične i neželjene pojave. Tvrtke s kojima je ostvaren takav vid suradnje su Elka (kabeli), Metalska industrija Varaždin (brtve, organska otapala) i INA Maziva (polimerni aditivi mazivih ulja).



Neophodno je ovdje naglasiti da je sve ove projekte bilo moguće uspješno osmisliti i riješiti zahvaljujući redovitim znanstvenim istraživanjima (ranije financirana od Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta) čime su stečena znatna vlastita znanja i iskustvo.

# **AKTIVNA POLIMERNA AMBALAŽA ZA PAKIRANJE HRANE – MOGUĆA SURADNJA**

## **ACTIVE POLYMER FOOD PACKAGING – POSSIBLE COOPERATION**

Ana Rešček<sup>1</sup>, Zlata Hrnjak-Murgić<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PIK Vrbovec - mesna industrija d.d., Zagrebačka 148, 10340 Vrbovec, Hrvatska,  
ana.rescek@pik-vrbovec.hr

<sup>2</sup> Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19,  
10000 Zagreb, Hrvatska, zhrnjak@fkit.hr

Polimerni ambalažni materijali danas imaju vrlo značajnu ulogu u pakiranju hrane pa tako aktivna ambalaža, koja u sebi ima ugrađene aktivne tvari, može doprinijeti smanjenju propadanja mnogih namirnica, bilo izravnom ili neizravnom oksidacijom, ugradnjom nanohvatača kisika, antimikrobnih tvari i drugih aktivnih komponenti. Suradnja Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu i PIK Vrbovec - mesne industrije d.d. iz Vrbovca ostvarena je tijekom izrade doktorskog rada kod pripreme i karakterizacije ambalažnih nanokompozitnih polietilenskih filmova za pakiranje hrane. Ambalažni materijal s aktivnim tvarima pripremao se kao dvoslojni film gdje je komercijalni film presvučen tankim premazom filma koji sadrži aktivne tvari. Uzorci su okarakterizirani određivanjem barijernih i antimikrobnih svojstava, ali i određivanjem mehaničkih i toplinskih svojstava jer su sva navedena svojstva od iznimnog značaja za polimernu ambalažu. Moguće teme za nova istraživanja u sklopu EU projekata kod pakiranja svježeg mesa su razvoj ambalažnog materijala koji sprječava promjenu boje crvenog mesa, razvoj samorashladnog pakiranja kao i razvoj transparentnih polimernih materijala za pakiranje hrane s barijerom na VIS zračenje u cilju smanjenja fotooksidacijskih procesa.

# ZBRINJAVANJE PLASTIČNOG OTPADA

## DISPOSAL OF PLASTIC WASTE

Zlata Hrnjak-Murgić, Ljerka Kratofil Krehula

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu  
Marulićev trg 19, 10000 Zagreb, krehula@fkit.hr, zhrnjak@fkit.hr

Sve intenzivnija primjena polimernih materijala, uz posljedično povećanje količine ovakvog otpada, dovodi do potrebe za prikladnim mjerama njegova zbrinjavanja. Povećanje količine otpada općenito donosi brojne negativne posljedice: narušava se prirodna ravnoteža, onečišćuje se okoliš, ugrožava ljudsko zdravlje i život, nastaju klimatski poremećaji, kao i problemi u gospodarstvu. Polimerni materijali u većini slučajeva nisu biorazgradljivi pa se takav otpad ne može uključiti u prirodne kružne tokove. Iz navedenih je razloga gospodarenje polimernim otpadom iznimno važna djelatnost koja zahtijeva stručan pristup, u skladu s donošenjem i provođenjem zakonskih propisa. Plastični otpad čini vrlo velik udio u komunalnom otpadu, najvećim dijelom kao ambalaža, pa se njegova količina na odlagalištima nastoji svesti na najmanju moguću mjeru što je obuhvaćeno europskom direktivom koja nalaže potpuni prestanak odlaganja polimernog otpada do 2020. godine („Zero Plastics to Landfill by 2020“). Zbog toga se sve intenzivnije provode postupci recikliranja, a potpuno se nastoji izbjegavati odlaganje plastičnog otpada jer je ovakav postupak štetan za okoliš i potpuno ekonomski neprihvatljiv. Primjena određenog postupka recikliranja ovisi o vrsti plastičnog otpada, raspoloživoj količini i heterogenosti te o organizaciji prikupljanja, tj. društvenoj infrastrukturi. Cjelokupan proces zbrinjavanja plastičnog otpada sastoji se od prikupljanja, transporta i pripreme za obradu (pranje, usitnjavanje). Ovako pripremljeni plastični otpad može se zatim reciklirati mehaničkim i kemijskim postupcima ili energetski oporaviti.

# BIO-POLI(ETILEN-FURANOAT) OPORABLJIVA ZAMJENA ZA PET

## BIOBASED PEF-RECYCABLE REPLACEMENT FOR PET

Elvira Vidović, Ivana Tepeš

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb  
evidov@fkit.hr

Primjena polimera koji se dobivaju iz biosirovina značajno se povećava. Zadnjih godina taj je rast puno veći nego kod konvencionalne plastike. Njihovi proizvodni kapaciteti iznosili su  $5,1 \cdot 10^6$  tona te su predstavljali 2 % od ukupne proizvodnje konstrukcijskih polimera ( $256 \cdot 10^6$  tona) 2013. godine. Prema predviđanjima proizvodni kapaciteti će se utrostručiti u kratkom periodu, na  $17 \cdot 10^6$  tona 2020. godine. Najveća kapitalna ulaganja predviđaju se u Aziji. Među *drop-in* polimerima (dobivanje i prerada mogući upotrebom postojeće infrastrukture) na tržištu prednjače biološki nerazgradivi polimeri poli(etilen-tereftalat) (PET) i polietilen (PE), koji se barem djelomično dobivaju iz biosirovina. Bio-PET najzastupljeniji je na tržištu a očekuje se udvostručenje njegovog udjela do 2018. godine. Slijede ga bio-PE i polilaktidna kiselina (PLA). Međutim, čini se kako će njihov rast nadmašiti potpuno novi polimer, za kojeg se očekuje da uđe na tržište u 2017. godini. Riječ je o poli(etilen-furanoatu) (PEF), proizvodu koji se 100 % proizvodi iz obnovljivih sirovina: iz 2,5-furandikarboksilne kiseline i monoetilen-glikola. Premda je PEF sličan PET-u prednosti su mu bolja svojstva, osobito višekratno poboljšanje barijernih svojstava (Tablica) [1], što je iznimno važno kod primjene za proizvodnju ambalažnih boca.

		PEF	PET
<b>Barijerna svojstva</b>	O <sub>2</sub>	6–10 x	1
	CO <sub>2</sub>	4–6 x	1
	H <sub>2</sub> O	2 x	1
<b>Mehanička svojstva</b>	Modul	~1,6 x	1
<b>Toplinska svojstva</b>	T <sub>g</sub> (°C)	86–87	74–79
	T <sub>m</sub> (°C)	213–235	234–265

Dodatna prednost PEF niža je temperatura prerade zbog niže temperature taljenja te mogućnost recikliranja. PEF kao zamjena za PET smanjuje ovisnost o fosilnim sirovinama, što bi moglo imati izniman značaj uzimajući u obzir promjenu raspoloživosti aromata zbog rastuće zastupljenosti plina iz škrljaca. Dakle, u skladu s pozitivnom zakonskom regulativom, uvođenje PEF višestruko doprinosi smanjenju ovisnosti o fosilnim sirovinama što potvrđuje praćenje životnog ciklusa, koji započinje s ugljičnim dioksidom iz atmosfere, koji se pretvara u ugljikohidrate kroz fotosintezu.

[1] [http://www.enf2015.eu/wp-content/uploads/2015/06/PlenaryII\\_PEF\\_a\\_100\\_bio-based\\_polyester\\_Gert-JanGruter\\_11062015\\_final.pdf](http://www.enf2015.eu/wp-content/uploads/2015/06/PlenaryII_PEF_a_100_bio-based_polyester_Gert-JanGruter_11062015_final.pdf) (pristupljeno ožujak 2016)



## **ANTIMIKROBNA RJEŠENJA ZA PROIZVODE OD PLASTIKE**

### **ANTIMICROBIAL SOLUTIONS FOR PLASTIC ARTICLES**

Marica Mlinac Mišak

Patent Portae j. d. o. o. , Drenovačka 5, 10000 Zagreb-HR, mmisak@inet.hr

Antimikrobni aditivi imaju važnu ulogu u zaštiti od mikroba uključujući bakterije, alge, gljivice, i plijesni. Ovi se aditivi svrstavaju u dvije kategorije, organski i anorganski, a time je određen i njihov način djelovanja. Dok biocidni aditivi ubijaju mikroorganizme, biostatični sprječavaju njihovu reprodukciju.

U biostatične organske antimikrobne aditive ubrajaju se dobro poznati izotiazolinoni, koji uključuju *n*-oktilizotiazolinon (OIT), dikloro-*n*-oktil-izotiazolinon (DCOIT) i druge, kao što su butil-benzizotiazolinoni (BBIT).

Biocidni antimikrobni aditivi na osnovi srebra, primarno oni koji otpuštaju ione srebra, su vrlo djelotvorni u borbi protiv bakterija ali u višim koncentracijama i prema gljivicama i algama. Ovaj tip biocide na osnovi srebra posebno se upotrebljava za proizvode od plastike u medicine i farmaciji.

Proizvodi od plastike, modificirani antimikrobnim dodacima, nezamjenjivi su i u stalnoj su primjeni u bolnicama, ambulancama, dječjim vrtićima, školama te hotelima, kao i javnim sanitarnim prostorima, gdje je velika mobilnost ljudi i velika vjerojatnost prijenosa zaraza mikrobima.

Drugi dio primjene antimikrobnih aditiva odnosi se na antimikrobnu plastičnu ambalažu u farmaciji.

Razvoj nanotehnologija, omogućio je novi pristup u primjeni antimikrobnih aditiva u plastici.

## **PROBLEMI ZBRINJAVANJA POLIMERNOG OTPADA**

### **PROBLEMS OF PLASTIC WASTE DISPOSAL**

Tomislav Ćurko, Ivan Mesić

Čistoća d. o. o. , Stjepana Radića 33, 23000, Zadar, Hrvatska,  
tomislav.curko@cistoca-zadar.hr, ivan.mesic@cistoca-zadar.hr

Opće je poznato da razvoj društva u cjelini prati i povećanje količine otpada. Pogotovo je značajan polimerni otpad koji je kao materijal ušao u ljudsku svakodnevicu te čini njen neizostavni dio. Pristupanjem RH u Europsku uniju kao jedno od bitnih pregovaračkih poglavlja je i zaštita okoliša te uspostava gospodarenja otpadom.

Prije otprilike 11 godina, 2005. godine počinje uspostava odvojenog sakupljanja otpada pa tako i polimernog. Poseban naglasak se stavlja na ambalažni otpad što je u tom trenutku dovelo do početaka rješavanja navedenog otpada, pogotovo uvođenjem povratne naknade za sakupljenu ambalažu od pića. Isto tako pokušajem uvođenja sustavnog gospodarenja navedenim otpadom pojavljuju se brojni problemi u gospodarenju navedenim otpadom, odnosno uspostavom sustavnog gospodarenja otpadom.

[1] Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13)

[2] Pravilnik o ambalaži i otpadnoj ambalaži (NN 88/15)

**ANALIZA KOKRISTALIZACIJE  
U ALIFATSKO-AROMATSKOM KOPOLIAMIDU  
POMOĆU NUKLEARNE MAGNETSKE REZONANCIJE  
ČVRSTOG STANJA**

**CO-CRYSTALLIZATION PHENOMENON  
IN ALIPHATIC-AROMATIC COPOLYAMIDE:  
A <sup>13</sup>C SOLID-STATE NMR STUDY**

Mirna Petković Didović<sup>1</sup>, Paul Sotta<sup>2</sup>, Cédric Lorthioir<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Braće Branchetta 20, 51000 Rijeka, Hrvatska,  
mirnapd@medri.uniri.hr

<sup>2</sup>Institut de chimie et des matériaux, Université Paris-Est Créteil, 2-8 Rue Henri Dunant,  
F-94320 Thiais, France, lorthioir@icmpe.cnrs.fr

<sup>3</sup>Solvay Axel'one, Laboratoire Polymères et Matériaux Avancés, 87 Rue Frères Perret,  
F-69192 St Fons, France, paul.sotta-exterieur@solvay.com

Kristalasti kopoliamidi koriste se u automobilskoj i računalnoj industriji za izradu dijelova koji su kod uporabe izloženi visokim temperaturama tijekom duljih vremenskih razdoblja, stoga se neprekidno provode istraživanja u svrhu poboljšanja njihovih toplinskih i mehaničkih svojstava. Jedan od načina kako se postižu poboljšanja je dodatak aromatskih prstenova u lanac alifatskog poliamida, tj. kopolimerizacija alifatskih i aromatskih monomera. Međutim, kopolimerizacija može uzrokovati smanjenje udjela kristalne faze (što doprinosi pogoršanju svojstava) ukoliko dvije vrste monomera nisu kompatibilne za kokristalizaciju, stoga je utvrđivanje sposobnosti kokristalizacije od velike važnosti kod ovih materijala. Fenomen kokristalizacije uobičajeno je proučavan putem promjene tališta kopoliamida u ovisnosti o udjelu pojedine sastavnice [1]. Kako ta metoda zahtjeva niz uzoraka različitog sastava, što često nije dostupno, u ovom je istraživanju proučavano i pokazano kako nuklearna magnetska rezonancija čvrstog stanja može na više načina dati tražene odgovore sa samo jednim uzorkom.

[1] T. F. Novitsky, C. A. Lange, L. J. Mathias, S. Osborn, R. Ayotte, S. Manning, *Polymer* **51** (2010) 2417–2425.

# MEĐUPOVRŠINSKE POJAVE TEKSTILNIH SENZORA ZA *IN SITU* PRAĆENJE STANJA TEKSTILOM OJAČANIH 2D TERMOPLASTIČNIH KOMPOZITA

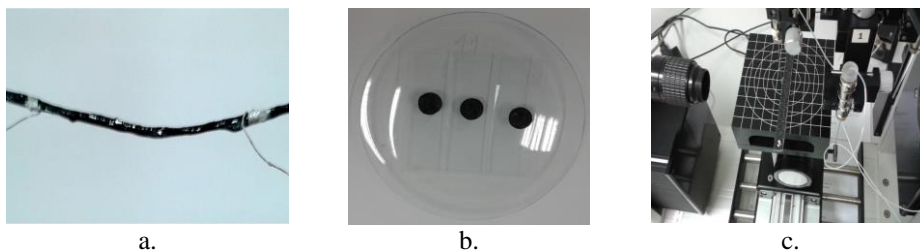
## INTERFACE PHENOMENA OF TEXTILE SENSORS FOR *IN SITU* STRUCTURAL HEALTH MONITORING OF TEXTILE REINFORCED 2D THERMOPLASTIC COMPOSITES

Ivona Jerković<sup>1</sup>, Ana Marija Grancarić<sup>1</sup>, Vladan Končar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Prilaz baruna Filipovića 28 a,  
HR - 10000, Zagreb, Hrvatska, ivona.jerkovic@tff.hr, amgranca@tff.hr

<sup>2</sup>Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles, GEMTEX, 2 allée Louise et  
Victor Champier, FR - 59056, Roubaix, Francuska, vladan.koncar@ensait.fr

Pametni tekstil ima značajnu ulogu u području europskog tekstila i pomaže tekstilnoj industriji u transformaciji u industrijski i tržišno konkurentnu granu [1]. Svojstva tekstilom ojačanih termoplastičnih kompozita nisu ograničena samo karakteristikama vlakana i polimerne matrice. Velikim dijelom značajne su i njihove jače adhezijske veze [2,3] koje pružaju bolja svojstva ovih kompozita, kao što su interlaminarna posmična čvrstoća, otpornost na koroziju, itd. [3,4] Zamor materijala i tolerancije oštećenja pod snažnim su utjecajem napuknuća matrice koja nastaju između vlakana kao mikropukotine ili između slojeva kao delaminacija slojeva [4]. E-staklena (GF), E-staklena/polipropilenska (GF/PP) i E-staklena/poliamidna 6.6 (GF/PA6.6) filamentna pređa, *P-D FibreGlass Group*, korištene su za izradu poli(3,4-etilendioksitiofen)-poli(stirensulfonat) (PEDOT:PSS) tekstilnih senzora (Slika 1a) za *in situ* praćenje stanja tekstilom ojačanih 2D termoplastičnih kompozita [5]. Primijenjena je metoda dodirnog kuta kao jednostavna, vrlo korisna i visokoosjetljiva metoda, te važan parametar u znanosti o međupovršinama [6].



Slika 1. Tekstilni GF/PP senzor (a), polipropilenske tablete za mjerenja dodirnog kuta (b) i DataPhysics OCA 20 instrument s tekstilom ojačanim 2D termoplastičnim kompozitom s ugrađenim tekstilnim senzorom (c)

Tanki filmovi dimenzija 100 mm (dužina) x 10 mm (širina) pripremljeni su nanosom 500  $\mu\text{L}$  PEDOT:PSS vodljive disperzije s mikropipetom na pleksiglas površinu. Za mjerenje dodirnog kuta i određivanje komponenti slobodne površinske energije (SFE) filamentne pređe, izdvojeni su filamenti ( $\sim 150$  mg) E-stakla (GF), polipropilena (PP), poliamida 6.6 (PA6.6). Tablete promjera 10 mm i debljine  $\sim 3$  mm (Slika 1b) pripremljene su pomoću preše *Atlas Manual Hydraulic Press* (Specac, SAD). Mjerenja dodirnih kuteva izvedena su izravno na PEDOT:PSS vodljivim filmovima i tekstilnim sensorima, dok su pripremljene epruvete tekstilom ojačanih 2D termoplastičnih kompozita s ugrađenim tekstilnim sensorima dimenzija  $10 \times 140 \times 1.5$  mm<sup>3</sup>. Dodirni kutevi mjereni su na instrumentu Dana Physics OCA 20 s tri različite kapljevine: destilirana voda, formamid i dijodometan pri temperaturi od 23 °C. Konačno, njihov SFE je izračunat prema Wuovoj teoriji [6].

SFE tablete GF iznosi  $\sim 74$  mJ/m<sup>2</sup>, PP  $\sim 20$  mJ/m<sup>2</sup>, PA6.6  $\sim 50$  mJ/m<sup>2</sup>, dok za tablete GF/PP i GF/PA6.6, SFE iznosi 53 mJ/m<sup>2</sup> i 62 mJ/m<sup>2</sup>. SFE vodljivih filmova iznosi 35-37 mJ/m<sup>2</sup>. Disperzna komponenta ima glavnu ulogu u ukupnom izračunu SFE svih uzoraka, za razliku od E-stakla gdje polarna komponenta ima veći utjecaj. U slučaju tekstilnih senzora, najviši SFE pokazuje GF/PP senzor,  $\sim 48$  mJ/m<sup>2</sup>. Niži SFE GF senzora nego što je očekivano, 37 mJ/m<sup>2</sup>, može se objasniti kvalitetnijim postupkom naslojavanja pomoću aluminijskih valjaka, te boljom adhezijom pređe i nanosa. SFE tekstilom ojačanih 2D termoplastičnih kompozita s ugrađenim tekstilnim sensorima pod utjecajem je ponajviše polimera PP ili PA6.6 radi procesa konsolidacije tekstilnih predoblika pod različitim uvjetima. Izračunati parametri optimalne adhezije pokazuju da sustavi *tablete*-PEDOT:PSS *vodljivi filmovi* pružaju niske energije međupovršine, što je blizu optimalnim termodinamičkim uvjetima kada je energija međupovršine minimalna i teži nuli.

#### Zahvala

Autori zahvaljuju Europskoj komisiji na financijskoj potpori projektu MAPICC 3D, iz poziva FP7-NMP-2010-3,4-1: *One-shot Manufacturing on large scale of 3D up graded panels and stiffeners for lightweight thermoplastic textile composite structures*.

- [1] L. Van Langenhove, M. L. Rambašek, The future of smart textiles according to Systex, 12<sup>th</sup> Autex World Textile Conference, Zadar, Croatia, 13–15 June, 2012, 61–68.
- [2] J. L. Thomason, C. C. Kao, J. Ure, *et al.*, The strength of glass fibre reinforcement after exposure to elevated composite processing temperatures, *J. Mater. Sci.* **49** (1) (2014) 153–162.
- [3] E. Mäder, S. L. Gao, R. Plonka, *et al.*, Investigation on adhesion, interphases, and failure behaviour of cyclic butylene terephthalate (CBT<sup>®</sup>) glass fiber composites, *Compos. Sci. Technol.* **67** (15) (2007) 3140–3150.
- [4] N. G. Karsli, A. Aytac, Effects of maleated polypropylene on the morphology, thermal and mechanical properties of short carbon fiber reinforced polypropylene composites, *Materials & Design* **32** (7) (2011) 4069–4073.
- [5] A. M. Grancarić, A. Tarbuk, I. Jerković, *et al.*, Surface free energy of multilayered weft-knitted fabrics and related composite plates, *CompositeWeek Leuven (TexComp-11)*, Leuven, Belgium, 16–20 September, 2013, TexComp-11-1-TexComp-11-8.
- [6] A. M. Grancarić, A. Tarbuk, E. Chibowski, Slobodna površinska energija, *Tekstil* **57** (1) (2008) 29–39.

# POLIELEKTROLITNI VIŠESLOJEVI: TEORIJA I PRIMJENA

## POLYELECTROLYTE MULTILAYERS: THEORY AND APPLICATIONS

Davor Kovačević

Zavod za fizikalnu kemiju, Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet,  
Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, davor.kovacevic@chem.pmf.hr

Adsorpcija polielektrolita na čvrste supstrate omogućuje ciljanu modifikaciju različitih površina. Posljednjih dvadesetak godina, od kada je uvedena *layer-by-layer* metoda konstrukcije polielektrolitnih višeslojeva, zanimanje za proces stvaranja takvih slojevitih struktura kontinuirano raste. Polielektrolitni višeslojevi su površinske presvlake koje nastaju naizmjeničnom adsorpcijom pozitivno i negativno nabijenih polielektrolita (polikationa i polianiona) na čvrstu površinu. Kod procesa stvaranja polielektrolitnih višeslojeva uočeni su neki efekti koji još nisu u potpunosti razjašnjeni. Npr., pokazano je da rast višesloja može biti linearan ili eksponencijalan. Također, zabilježen je značajan utjecaj ionske jakosti, vrste dodanog elektrolita i pH na proces nastajanja višeslojeva. [1]

Odgovori na neka pitanja vezana uz nastajanje i svojstva polielektrolitnih višeslojeva mogu se pronaći u istraživanjima polielektrolita u otopini i polielektrolitnih kompleksa. Kompleksiranje polielektrolita istraženo je [2,3] na primjeru poli(alilamonijevog) kationa i poli(stirensulfonatnog) aniona. Proces je ispitan u vodenim otopinama binarnih 1:1 elektrolita metodama izotermne titracijske mikrokalorimetrije, dinamičkog raspršenja svjetlosti, elektrokinetike i spektrofotometrije. Pokazano je da pri nižim množinskim omjerima monomernih jedinica dolazi do nastajanja nabijenih polielektrolitnih kompleksa, dok blizu ekvivalencije i nižim koncentracijama soli dolazi do flokulacije. Međutim, usprkos sličnoj energetici stvaranja kompleksa i precipitata u prisustvu različitih soli, opažena je jasna korelacija entalpija stvaranja kompleksa s odgovarajućim entalpijama hidratacije aniona (Hofmeisterova serija). Osim pružanja dubljeg uvida u proces interpolielektrolitne neutralizacije, opisani rezultati mogu se koristiti kao temelj za daljnju modifikaciju odgovarajućih višeslojeva jednostavnim mijenjanjem ionskih uvjeta tijekom njihove pripreme. To bi moglo biti od izrazite važnosti s obzirom na njihovu primjenu u biotehnologiji i biomedicini. Adsorpcija bioloških (proteini, bakterije) ili biomimetičkih struktura na neki umjetni materijal (u ovom slučaju polielektrolitni višesloj) može omogućiti dodatni razvoj u području istraživanja bioosjetljivih površina, inženjeringu tkiva i dopremi lijekova.

[1] D. Kovačević, S. van der Burgh, A. de Keizer, M. A. Cohen Stuart, *Langmuir*, **18** (2002) 5607–5612.

[2] J. Požar i D. Kovačević, *Soft. Matter*. **10** (2014) 6530–6545.

[3] J. Požar, J. Salopek, M. Poldrugač, D. Kovačević, *Colloids Surf. A*, u tisku.

# **MODIFIKACIJA MEHANIČKIH SVOJSTAVA MATERIJALA KOJI SE KORISTE U 3D TISKANJU**

## **MODIFICATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS USED FOR 3D PRINTING**

Vedrana Lovinčić<sup>1</sup>, Zana Hajdari<sup>2</sup>, Domagoj Vrsaljko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>EURCO d.d., H. V. Hrvatinića 87, 32100 Vinkovci, Hrvatska, vedrana.lovincic@eurco.hr

<sup>2</sup>Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19,  
10000 Zagreb, Hrvatska, zhajdari@fkit.hr, dvrsal@fkit.hr

Akrilonitril butadien stiren (ABS) i polilaktid (PLA) dva su najčešće korištena polimera za 3D tisak proizvoda metodom taložnog sraščivanja (FDM, engleski *Fused Deposition Modeling*). ABS je termoplastični polimer petrokemijskog podrijetla, velike žilavosti i otpornosti na udar. PLA je također termoplastičan polimer, a s obzirom da je biološkog podrijetla predstavlja zamjenu za plastične materijale petrokemijskog podrijetla. PLA je i biorazgradljiv polimer. Oba polimera se mogu miješati sa standardnim poliolefinima, poput polietilena visoke gustoće (PE-HD) i polietilena niske gustoće (PE-LD), te se na taj način dobivaju nemješljive polimerne mješavine različitih morfologija i mehaničkih svojstava.

U svrhu istraživanja pripremljene su mješavine ABS/PE-HD i ABS/PE-LD te PLA/PE-HD i PLA/PE-LD u različitim omjerima. Polimernim mješavinama ispitana su toplinska, morfološka i mehanička svojstva te se pokazalo da je dodatkom polietilena moguće značajno modificirati mehanička svojstva materijala koji se koriste u 3D tiskanju.

# **POLIMERNI KOMPOZITI I HIDROGELOVI KAO OBEĆAVAJUĆI MATERIJALI ZA OBNOVU TKIVA**

## **POLYMER COMPOSITES AND HYDROGELS AS PROMISING MATERIALS FOR TISSUE REGENERATION**

Anamarija Rogina<sup>1</sup>, Antonia Ressler<sup>1</sup>, Patricia Rico<sup>2</sup>, Lidija Pribolšan<sup>3</sup>, Igor Matić<sup>3</sup>, Gloria Gallego Ferrer<sup>2</sup>, Inga Marijanović<sup>3</sup>, Marica Ivanković<sup>1</sup>, Hrvoje Ivanković<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup>Center for Biomaterials and Tissue Engineering, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Španjolska

<sup>3</sup>Prirodoslovno-matematički fakultet, 102a Horvatovac, 10000 Zagreb, Hrvatska

Oštećenja koštanog tkiva i zatajenje organa uzrokovano defektima, prijelomima i drugim ozljedama predstavljaju jedan od većih problema očuvanja ljudskog zdravlja. Biološka inertnost postojećih komercijalnih usadaka onemogućuje njihovo prožimanje i srastanje s okolnim tkivom. Stoga je danas liječenje tkivnih oštećenja usmjereno prema regenerativnoj medicini. Regenerativne metode u liječenju koštanih defekata temelje se na primjeni matičnih stanica uzgojenih na biorazgradivom poroznom materijalu koji oponaša izvanstaničnu matricu prirodne kosti s obzirom na površinska, kemijska, biološka i mehanička svojstva. Kompozitni materijali na temelju biorazgradivih polimera i hidroksiapatitne keramike imaju veliki potencijal u obnovi oštećenog tkiva, kao autogeni ili alogeni nadomjestci, zbog sinergije svojstava polimerne (biorazgradivost, biokompatibilnost, mehanička izdržljivost) i hidroksiapatitne faze (bioaktivnost, bioresorpcija).

Naša dosadašnja istraživanja ukazala su na važnost mineraloškog sastava visoko poroznih biomaterijala, pripremljenih metodom toplinski inducirane fazne separacije i ekstrakcije, za uzgoj koštanog tkiva. Statičko i dinamičko *in vitro* uzgajanje mišjih osteoblastnih i ljudskih matičnih stanica potvrdilo je osteogeni utjecaj hidroksiapatita na razvoj novog tkiva. Na temelju dobivenih rezultata utvrđen je optimalni sastav biomaterijala za staničnu adheziju, umnažanje i diferencijaciju. Pozitivni rezultati osteogeneze na poroznim biomaterijalima usmjerili su istraživanja na modifikaciju mehaničkih svojstava s ciljem približavanja čvrstoći prirodne ljudske kosti. Kombinacijom 3D-tiskanih sintetskih biorazgradivih polimera i visokoporozne strukture prirodnog biorazgradivog polimera i hidroksiapatita dobiven je osteogeni biomaterijal visoke tlačne čvrstoće.

Najnovija istraživanja potencijalnih koštanih nadomjestaka usmjerena su na sintezu injekcijskih hidrogelova kao „staničnih dostavljača“ koji mogu smanjiti operacijsku invazivnost. Rezultati *in vitro* inkapsulacije stanica ukazali su na njihovu dobru životnu aktivnost i dispergiranoš, a time i na potencijalnu primjenu injekcijskih hidrogelova kao medija za stanični uzgoj.



## **IONSKA PROVODNOST POLIMERNIH KOMPOZITA NA OSNOVI POLI(ETILEN-OKSIDA)**

### **IONIC CONDUCTIVITY OF POLY(ETHYLENE OXIDE) BASED POLYMER COMPOSITES**

Matko Erceg<sup>1</sup>, Zoran Grubač<sup>1</sup>, Irena Krešić<sup>1</sup>, Bruno Jakša Čizmić

<sup>1</sup>Kemijsko-tehnološki fakultet, Rudera Boškovića 35, 21000, Split, Republika Hrvatska,  
merceg@ktf-split.hr

Suvremeni način života podrazumijeva korištenje prijenosnih uređaja, poput mobitela i prijenosnih računala, koji zahtijevaju prijenosni i dugotrajni izvor energije - baterije. U stalnoj potrebi za manjim, tanjim, lakšim, sigurnijim i ekološki prihvatljivijim uređajima, upravo vrsta elektrolita u baterijama ima važnu ulogu. U tom smislu se dosta istražuju kruti polimerni elektroliti (eng. *Solid Polymer Electrolytes*, SPE), a poli(etilen-oksida) (PEO) je praktički jedini prihvatljivi polimer za tu svrhu. Visoki stupanj kristalnosti PEO-a negativno utječe na njegovu ionsku provodnost pri sobnoj temperaturi budući da se ionska provodnost odvija primarno u amorfnoj fazi. Stoga je smanjenje udjela kristalne, odnosno povećanje udjela amorfne faze, ključ za poboljšanje ionske provodnosti polimernih elektrolita na osnovi PEO-a.

Smanjenje stupnja kristalnosti i posljedično poboljšanje elektrokemijskih svojstava (ionske provodnosti) polimernih elektrolita na osnovi PEO-a moguće je postići dodatkom anorganskih nanočestica u matricu PEO-u. Utjecaj dodatka litijevog montmorilonita (LiMMT) kao anorganskih nanočestica na kristalnost PEO-a ispitan je primjenom infracrvene spektroskopije s Fourierovom transformacijom (FTIR) i diferencijalne pretražne kalorimetrije (DSC). U kristalnom stanju makromolekule PEO-a zauzimaju spiralnu ili helikoidalnu konformaciju, a FTIR analiza ukazuje da se u kompozitima s LiMMT-om narušava spiralna struktura makromolekula PEO-a. Diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom (DSC) potvrđeno je da dodatak LiMMT-a smanjuje kristalnost PEO-a. Ionska provodnost PEO/LiMMT kompozita određena je elektrokemijskom impedancijskom spektroskopijom (EIS). EIS pokazuje značajan porast ionske provodnosti u PEO/LiMMT kompozitima pri sobnoj temperaturi u odnosu na izvorni PEO.

# PRIMJENA FUNKCIONALIZIRANIH UGLJIKOVIH NANOCIJEVI KAO PUNILA U POLIMERNIM NANOKOMPOZITIMA

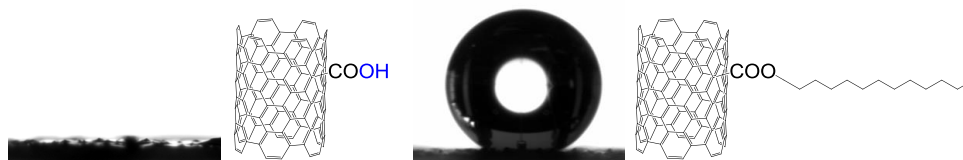
## APPLICATION OF FUNCTIONALIZED CARBON NANOTUBES AS FILLERS IN POLYMER NANOCOMPOSITES

Fabio Faraguna, Elvira Vidović, Ante Jukić

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb  
ffaragun@fkit.hr

Priprema lakih, višefunkcionalnih materijala zadovoljavajućih mehaničkih svojstava koji bi zamijenili konvencionalne materijale od velikog je interesa, zbog čega rastu ulaganja u istraživanje polimernih nanokompozita. Ugljikove nanocijevi cilindrične su strukture nanometarskog promjera, koje su građene od ugljikovih atoma i posjeduju izvanredna mehanička i električna svojstva. Dodatak ugljikovih nanocijevi polimerima može poboljšati njihova mehanička svojstva, toplinsku i električnu vodljivost te, ovisno o funkcionalizaciji, doprinijeti specifičnoj funkcionalnosti materijala. Glavni izazov pripreme komercijalnih nanokompozita je postizanje dobre raspodjele punila kroz polimernu matricu. Navedenom izazovu može se pristupiti različitim načinom pripreme (umješavanje nanocijevi u talinu ili otopinu polimera te *in situ* polimerizacijom polimera s nanocijevima), funkcionalizacijom nanocijevi (kovalentnom, nekovalentnom) ili kombinacijom ta dva pristupa.

U ovom istraživanju višestjenčane ugljikove nanocijevi kovalentno su funkcionalizirane kemijski različitim skupinama da bi im se poboljšala raspodjela i interakcije s polimernom matricom. Funkcionalizirane nanocijevi analizirane su Ramanovom spektroskopijom, spektroskopijom rendgenskim zrakama, termogravimetrijskom analizom te metodom određivanja kontaktnog kuta. Nanokompoziti su priređeni *in situ* polimerizacijom i dodatkom nanocijevi u otopinu polimera. Praćen je utjecaj funkcionalnih skupina na poboljšanje raspodjele nanocijevi u polimernoj matrici (pretražna elektronska mikroskopija), te mehaničkih (dinamička mehanička analiza, Oberstova metoda) i toplinskih (diferencijalna pretražna kalorimetrija, termogravimetrijska analiza) svojstava nanokompozita.



Slika 1. Promjena kontaktnog kuta kapi vode na površini filma nanocijevi ovisno o hidrofobnosti funkcionalne skupine kemijski vezane za nanocijev.

## **PRIPRAVA I KARAKTERIZACIJA BIOKOMPOZITA NA OSNOVI LDPE-a I RIŽINIH LJUSKICA**

### **PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF LDPE / RICE HUSK BIOCOMPOSITES**

Anabela Kos, Emi Govorčin Bajsić, Vesna Ocelić Bulatović

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19,  
10 000 Zagreb, Hrvatska, anabela.kos3@gmail.com; egovor@fkit.hr; vocelic@fkit.hr

Upotreba nerazgradivih polimera kao ambalažnih materijala smatra se velikim ekološkim problemom današnjice zbog lošeg utjecaja na biljni i životinjski svijet. Folije polietilena niske gustoće (LDPE) primjenjuju se u pakiranju hrane zbog dobrih mehaničkih svojstava, dobre prerade te fleksibilnosti. Međutim nedostatak LDPE-a kao nerazgradivog ambalažnog materijala je veliki utjecaj na onečišćenje okoliša. Biljke uzgojene kao sirovine za proizvodnju prirodnih vlakana predstavljaju izvor sirovina neovisan o naftnim derivatima, pa su osobito zanimljive zbog svoje dostupnosti, obnovljivosti te prihvatljivosti s aspekta zaštite okoliša.

Cilj ovog istraživanja bio je priprema biokompozita umješavanjem prirodne lignoceluloze, rižine ljuskice (RLJ) u LDPE u svrhu dobivanja biorazgradivog polimernog materijala. Nakon pripreme biokompozita s različitim udjelima rižinih ljuskica (5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %) ispitan je utjecaj udjela rižinih ljuskica na toplinska i morfološka svojstva biokompozita.

Toplinska stabilnost čistog LDPE-a, te biokompozita LDPE/RLJ ispitana je primjenom termogravimetrijske analize (TGA) u atmosferi dušika. Dinamičko mehaničkom analizom (DMA) određeni su modul pohrane ( $E'$ ) i modul gubitka ( $E''$ ) u funkciji temperature za čisti LDPE i biokompozite LDPE/RLJ, a za određivanje faznih prijelaza primijenjena je diferencijalna pretražna kalorimetrija (DSC).

Karakterizacija pripremljenih biokompozita LDPE/RLJ potvrđuje da dodatkom i povećanjem udjela RLJ stupanj kristalnosti neznatno raste što znači da RLJ djeluju kao nukleacijski agens. Temperatura početka razgradnje čistog LDPE-a pomiče se na više vrijednosti dodatkom RLJ što ukazuje na povećanje toplinske stabilnosti LDPE-a dodatkom RLJ. Na osnovi porasta staklišta može se zaključiti da dodatkom RLJ dolazi do interakcije između RLJ i LDPE-a. Interakcije između čestica punila i polimera smanjuju pokretljivost segmenata polimernog lanca. Vrijednost modula pohrane na 25 °C raste dodatkom RLJ uslijed ojačavajućeg utjecaja RLJ koji se može javiti zbog specifičnih interakcija i nastajanja čvrste mreže s polimernom matricom.



# **HIDROLITIČKA RAZGRADNJA PCL/PLA MJEŠAVINA UZ PRISUTNOST HIDROFILNE KOMPONENTE**

## **HYDROLYTIC DEGRADATION OF PCL/PLA BLENDS WITH THE PRESENCE OF HYDROPHILE COMPONENT**

Matea Stanojević<sup>1</sup>, Mirela Leskovac<sup>1</sup>, Lucija Foglar<sup>1</sup>, Anita Tarbuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19,  
10000 Zagreb, Republika Hrvatska, mlesko@fkit.hr

<sup>2</sup>Tekstilno tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000  
Zagreb, Republika Hrvatska

Polikaprolakton (PCL) i polilaktid (PLA) važni su predstavnici biorazgradivih alifatskih poliestera. Biorazgradivost ovih polimera čini ih važnim sirovinama za proizvodnju biomedicinskih materijala, primjerice u inženjerstvu tkiva, kontroliranoj dostavi lijekova, ortopediji itd.

Kombinacija fleksibilnog polimera polikaprolaktona s polimerom visoke krutosti i čvrstoće polilaktidom omogućava dobivanje materijala različitih fizičkih svojstava i biorazgradivosti. Na taj način, ovisno o udjelu pojedinog polimera mogu se sustavno podešavati svojstva mješavine prema zahtjevima primjene.

U ovom radu istražen je utjecaj hidrofilne komponente hidroksipropil celuloze (HPC) na svojstva i brzinu hidrolitičke razgradnje mješavina PCL/PLA. Hidrolitička razgradnja provedena je u kontroliranim uvjetima pri 37 °C u HBSS otopini u vremenskom periodu od šest tjedana. PCL i PLA polimeri te PCL/PLA (50/50) i PCL/PLA/HPC (45/45/10) mješavine pripravljene su na Brabender gnjetelici zamiješavanjem u talini. Hidrolitička razgradnja provedena je na prešanim pločicama određenih dimenzija. Hidrolitička stabilnost periodički je praćena mjerenjem gubitka mase uzoraka. Promjene svojstava površine praćene su mjerenjem kontaktnog kuta s vodom a strukturna analiza primjenom infracrvene spektroskopije (FTIR-ATR). Prije i nakon hidrolitičke razgradnje ispitana su mehanička (rastezno ispitivanje) i toplinska svojstva (diferencijalna pretražna kalorimetrija i termogravimetrijska analiza) te morfologija površine (pretražna elektronska mikroskopija).

Utvrđeno je da HPC ima znatan utjecaj na svojstva mješavina PCL/PLA te brzinu hidrolitičke razgradnje. Visoka hidrofilnost HPC polimera omogućava bržu difuziju vode u unutrašnjost materijala čime utječe na brzinu razgradnje mješavine PCL/PLA.

# UTJECAJ VIŠESTJENIH UGLJIKOVIH NANOCJEVČICA NA SVOJSTVA POLIETILENA

## INFLUENCE OF MULTIWALL CARBON NANOTUBES ON POLYETHYLENE PROPERTIES

Sanja Lučić Blagojević, Dina Schlosser, Nina Stančić, Mario Šantolić

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19,  
10000 Zagreb, Republika Hrvatska, e-mail: slucic@fkit.hr

Polimerni nanokompoziti kao napredni materijali danas se vrlo intenzivno istražuju s ciljem poboljšanja svojstava ili postizanja potpuno novih svojstava polimera. Višestjene ugljikove nanocjevčice (MWCNT) izuzetno su zanimljive kako nanopunila za polimerne materijale zbog svojih jedinstvenih mehaničkih i električnih svojstava.

U radu je istraživana učinak dodatka višestjenih ugljikovih nanocjevčica u rasponu masenih udjela 0 – 4 % na svojstva polietilena visoke gustoće (PE-HD) i polietilena niske gustoće (PE-LD). Uzorci nanokompozita pripremljeni su postupkom iz taline u dvopužnom ekstruderu te nakon toga preoblikovani u pločice prešanjem na hidrauličkoj preši. Toplinska svojstva u neizotermnim i izotermnim uvjetima istraživana su diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom (DSC), a toplinska stabilnost termogravimetrijskom analizom (TGA). Mehanička i relaksacijska svojstva istraživana su na univerzalnoj kidalici, a vodljivost metodom četiri kontakta.

DSC rezultati pokazali su da dodatak MWCNT ubrzava kristalizaciju obje vrste polietilena u neizotermnim i izotermnim uvjetima, te da je učinak u neizotermnim uvjetima znatnije izražen za PE-LD. Uočeno je da MWCNT potiču kristalizaciju PE-HD, ali imaju suprotan učinak na kristalizaciju PE-LD. Rezultati termogravimetrijske analize upućuju da se dodatkom MWCNT znatno poboljšava toplinska stabilnost oba polimera, te da je ovaj učinak znatno izraženiji za PE-HD kojem se dodatkom do 4 % MWCNT temperatura početka razgradnje povećava za 35 °C. Karakteristične veličine rasteznog ispitivanja (modul, prekidna čvrstoća, prekidno istezanje) rastu do određenog udjela MWCNT, koji ovisi o vrsti polietilena. Za oba istraživana polimera dodatkom MWCNT relaksacija naprezanja se smanjuje a zaostalo naprezanje povećava. Rezultati mjerenja vodljivosti na dostupnoj opremi pokazali su da u ispitivanom području koncentracija MWCNT za sustave PE-LD + MWCNT nije dostignut prag vodljivosti, dok je za sustave PE-HD s 4 % postignuta vodljivost reda veličine  $10^{-6}$  S cm<sup>-1</sup>, čime su dostignute najniže granice za primjenu kao antistatičkog materijala te za elektrostatsko bojanje.

# PRIPRAVA KOMPOZITA POLIPIROL/UGLJIKOVE NANOCIJEVI I NJEGOVA PRIMJENA U SUPERKONDENZATORIMA

## PREPARATION OF POLYPYRROLE/CARBON NANOTUBES COMPOSITE AND ITS APPLICATION IN SUPERCAPACITORS

Gabrijela Ljubek<sup>1</sup>, Jelena Perić Ivanagić<sup>2</sup>, Stjepan Kožuh<sup>3</sup>,  
Marijana Kraljić Roković<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska,  
gabrijela.ljubek@oblak.rgn.hr

<sup>2</sup>Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb, Hrvatska,  
mkralj@fkit.hr

<sup>3</sup>Metalurški fakultet, Aleja Narodnih heroja 3, 44103 Sisak, Hrvatska, kozuh@simet.hr

Superkondenzatori imaju veliku gustoću snage i dug životni vijek zbog čega zauzimaju značajno mjesto kao izvori energije. Međutim, količina energije koja se može uskladištiti u superkondenzatoru je manja u odnosu na količinu energije koja se može uskladištiti u galvanskom članku, te se velika pažnja posvećuje razvoju aktivnih materijala koji mogu povećati količinu uskladištene energije. Najčešće korišten materijal je aktivni ugljik, ali se mogu upotrijebiti i metalni oksidi te vodljivi polimeri. Mehanizam skladištenja naboja kod aktivnog ugljika se temelji na nabijanju/izbijanju elektrokemijskog dvosloja. Kod vodljivih polimera i metalnih oksida skladištenje naboja se temelji na reverzibilnim redoks reakcijama, a njihovo elektrokemijsko ponašanje je slično ponašanju sustava kod kojih dolazi do nabijanja/izbijanja dvosloja, stoga ovi materijali posjeduju pseudokapacitivna svojstva [1]. Polipirol je vodljivi polimer koji ima dobru električnu provodnost i dobra pseudokapacitivna svojstva, a njegova sinteza kemijskim i elektrokemijskim metodama je jednostavna i jeftina. Svojstva polipirola moguće je poboljšati formiranjem kompozita s metalnim oksidima ili materijalima na bazi ugljika [2,3].

U ovom radu su elektrokemijskim putem priređeni slojevi polipirola i kompoziti polipirol/ugljkove nanocijevi koji su ispitani metodama cikličke voltametrije, elektrokemijske kvarc kristalne nanovage i elektrokemijske impedancijske spektroskopije. Kao osnovni elektrolit korištena je 0.5 mol dm<sup>-3</sup> otopina natrijevog sulfata. Morfološke karakteristike uzoraka određene su korištenjem pretražne elektronske mikroskopije. Utvrđeno je da kompoziti polipirol/ugljkove nanocijevi pokazuju bolja pseudokapacitivna svojstva u odnosu na polipirol, te su stoga upotrijebljeni u izradi asimetričnog superkondenzatora.

[1] A. Burke, *Journal of Power Sources* **91** (2000) 37–50.

[2] S. Bose, T. Kuila, Md. E. Uddin, N. H. Kim, A. K. T. Lau, J. H. Lee, *Polymer* **51** (2010) 5921–5928.

[3] D. Sačar, D. Čapeta, I. Šrut Rakić, R. Peter, M. Petravić, M. Kraljić Roković, *Electrochimica Acta* **193** (2016) 311–320.

# **KARAKTERIZACIJA NAFTNIH MJEŠAVINA S PIROLITIČKIM ULJEM NA OSNOVI POLIMERNOG OTPADA**

## **CHARACTERIZATION OF CRUDE OIL BLENDS BY PYROLYSIS OIL-BASED WASTE POLYMERS**

Ljiljana Marinić Pajc<sup>1</sup>, Maja Fabulić Ruszkowski<sup>2</sup>, Lucija Konjević<sup>1</sup>,  
Dijana Blažek<sup>1</sup>, Miro Licitar<sup>1</sup>, Dunja Šeremešić<sup>1</sup>

ljiljana.marinic-pajc@ina.hr, maja.fabulic-ruszkowski@ina.hr, lucija.konjevic@ina.hr,  
dijana.blazek@ina.hr, miro.licitar@ina.hr, dunja.seremesic@ina.hr

<sup>1</sup>Služba Centralni ispitni laboratorij, INA d.d., Lovinčićeva 4, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup>Služba napredne tehnologije i razvoj proizvoda, INA d.d., Lovinčićeva 4, 10000 Zagreb,  
Hrvatska

Cilj rada je ispitati mogućnost primjene pirolitičkog ulja kao rafinerijske sirovine u procesu rafinerijske prerade nafte. U tu svrhu provedena je usporedna karakterizacija mješavina različitih nafta s pirolitičkim uljem.

Naime, poznato je da ubrzani razvoj različitih grana industrije dovodi do znatnog povećanja otpada. Akumulacija polimernog otpada predstavlja veliki ekološki problem a njegovim zbrinjavanjem zaštićujemo okoliš i zdravlje ljudi te potičemo održivi gospodarski razvoj. Polimerni otpad treba smatrati kao vrijednu sirovinu ili obnovljivi izvor energije, čijom primjenom bi se smanjila potražnja za konvencionalnim izvorima energije (nafta, prirodni plin, ugljen).

Naftne mješavine priređene su dodatkom pirolitičkog ulja dobivenog pirolizom odnosno termičkom obradom smjese plastičnog otpada ili otpada automobilskih guma. Karakterizacija različitih naftnih mješavina provedena je različitim analitičkim metodama i tehnikama. Na osnovi provedene karakterizacije različitih mješavina provest će se evaluacija, te donijeti odluka o njihovoj mogućoj preradi u našim rafinerijama.



**PRIPRAVA SiO<sub>2</sub> KONTROLIRANE POROZNOSTI KAO  
NOSAČA ZA LIPAZU  
SYNTHESIS OF POROUS SILICA FOR LIPASE  
IMMOBILIZATION**

Klaudia Paljar, Jelena Macan

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19, 10 000 Zagreb, Hrvatska,  
kpaljar@fkit.hr

Sol-gel postupkom pripremljeni su uzorci poroznog SiO<sub>2</sub>. Kao izvor silicija korišten je tetraetoksisilan (TEOS), dok su kao predlošci za stvaranje pora korišteni poli(etilen-oksid)-*block*-poli(propilen-oksid)-*block*-poli(etilen-oksid) Pluronic P123, poli(etilen-oksid) (PEO<sub>x</sub>) i nekoliko vrsta želatine. Ispitani su i određeni pogodni uvjeti za reakcije hidrolize i kondenzacije TEOS-a. Sinteza je provedena jednostupanjskim i dvostupanjskim procesom te pri različitim vrijednostima pH. Uspješno su sintetizirani mezoporozni SiO<sub>2</sub> materijali velike specifične površine (267,3 – 635,0 m<sup>2</sup>/g) različitih oblika i veličine pora, što je potvrđeno elektronskom mikroskopijom i adsorpcijsko-desorpcijskom analizom. Utvrđeno je da je pH vrijednost 0,6 pogodna ukoliko se koristi želatina kao predložak, dok je za P123 i PEO<sub>x</sub> pogodnija pH vrijednost 1,5. Na pripremljene materijale vezan je enzim lipaza. Uspješnost modifikacije ispitana je termogravimetrijskom analizom i infracrvenom spektroskopijom, a aktivnost enzima ispitana je reakcijom sa triacetinom.

# **BIOINSPIRIRANI TRIPEPTIDNI HIDROGELOVI KAO PERSPEKTIVNI BIOMATERIJALI U TKIVNOM INŽENJERSTVU**

## **BIOINSPIRED TRIPEPTIDE HYDROGELS AS POTENTIAL BIOMATERIALS IN TISSUE ENGINEERING**

Tihomir Pospišil<sup>1</sup>, Lejla Ferhatović Hamzić<sup>2</sup>, Lada Brkić Ahmed<sup>2</sup>, Marija Lovrić<sup>2</sup>, Srećko Gajović<sup>2</sup>, Leo Frkanec<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory for Supramolecular Chemistry, Ruđer Bošković Institute, Bijenička 54, 10000 Zagreb, Croatia. e-mail: tpospis@irb.hr

<sup>2</sup>Croatian Institute for Brain Research, University of Zagreb, School of Medicine, Šalata 12, 10000 Zagreb, Croatia. e-mail: srecko.gajovic@cmj.hr

Hydrogel biomaterials, closely mimicking the three-dimensional extracellular matrix, are considered to be an ideal material for cell and tissue scaffolding applications. The dynamic nature of the noncovalent hydrogels fibril network allows the hydrogel material to spontaneously adjust to the surrounding environment and the cells to migrate through the matrix comparing to covalent hydrogels whose pores are chemically constrained and relatively inflexible [1,2].

A new type of such supramolecular hydrogel has been designed and synthesized. The self-assembling tripeptide hydrogelator Ac-FFA-NH<sub>2</sub> was prepared using classical methods of solution-state peptide synthesis. Prepared peptide-type hydrogelator forms fibrils by self-assembly giving stable hydrogel. Gel morphology was determined by electronic microscopy.

Series of experiments have been performed in order to assess *in vitro* biocompatibility of the novel material. HEK293T cells have been used as a reproducible model cell line and were cultured following established proliferation protocols. Results showed high viability and high proliferation rate of the cells distributed throughout the supramolecular hydrogel structure compared to Matrigel. The obtained material was proved to serve as stabile and biocompatible physical support in improving HEK293T cells biological outcome *in vitro*. Furthermore, these results suggest further evaluation of *in vitro* biocompatibility and bioactivity on the neural stem cells upon encapsulation in order to be investigated for possible brain tissue engineering application.

[1] W. Y. Seow, C. A. E. Hauser, *Mater. Today* **17** (2014) 381–388.

[2] P. D. Tatman *et al.*, *Biomater. Sci.* **4** (2016) 543–554.

# **NANOKOMPOZITI POLI(ETILEN-TEREFTALAT)A OZRAČENI RAZLIČITIM VRSTAMA ZRAČENJA**

## **DIFFERNTLY IRRADIATED POLY(ETHYLENE- TEREPHTHALATE) NANOCOMPOSITES**

Irina Pucić<sup>1</sup>, Vesna Borjanović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Ruđer Bošković, 10000 Zagreb, Hrvatska, pucic@irb.hr

<sup>2</sup>Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu, 10000 Zagreb, Hrvatska

Ionizing and UV radiation produce reactive species in irradiated material. The concentration and distribution of reactive species depends on the radiation type – electromagnetic radiation like gamma or X-rays has high penetration but relatively few reactive species form relatively far apart. Particulate radiations like protons or neutrons produce high concentration of ionizations and break a lot of chemical bonds along its tracks but have much lower penetration. All ionizing radiation types have enough energy to break any type of chemical bonds while UV, that is also an electromagnetic radiation but of lower energy, can induce breaking only of some less stable chemical bonds. The type of radiation and its quantity, dose, are not the only factors that determine the response of polymers and (nano)composites. It depends also on the chemical structure of the polymer matrix so the overall outcome can be degradation, cross-linking and/or latent track formation.

Poly(ethylene terephthalate) (PET) is widely used thermoplastic polymer with excellent engineering properties and its radiation stability is expected to increase with addition of appropriate (nano)fillers. Two PET nanocomposites, one containing nano-diamonds (ND) and the other containing combination of nano-diamonds and graphene nanoplatelets (NGP) [1] were studied. DSC showed that the crystallinity of PET was just minimally affected by introduction of nanofillers. Pure PET and the nanocomposites were irradiated with gamma radiation, high energy protons and UV radiation. Various irradiation types produced different outcomes. DSC revealed that ordered amorphous phase of irradiated samples was more influenced than its mobile segment while the crystalline phase was the least affected. Only slight changes were observed in PET and the nanocomposites irradiated up to 0.5 MGy with gamma irradiation. Proton irradiation produced much more damage. Graphene containing nanocomposite was more resistant to proton irradiation than the one containing only nano-diamonds. On the other hand UV radiation produced the most significant degradation in all samples and particularly in graphene containing nanocomposite.

[1] L. Bistričić, V. Borjanović, M. Leskovic, L. Mikac, G. E. McGuire, O. Shenderova, N. Nunn, *Journal of Polymer Research* **22** (3) (2015) 12 p (published online).

**PRIMJENA KOMPOZITNIH UF/NF/RO MEMBRANA ZA  
OBRADU I OPORABU OTPADNIH VODA IZ POGONA  
ZA TERMIČKU OBRADU NUSPROIZVODA  
ŽIVOTINJSKOG PODRIJETLA**

**APPLICATION OF COMPOSITE UF/NF/RO  
MEMBRANES FOR TREATMENT AND REUSE OF  
RENDERING PLANT WASTEWATER**

Marko Racar<sup>1</sup>, Ana Špehar<sup>2</sup>, Davor Dolar<sup>1</sup>, Krešimir Košutić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb,  
mracar@fkit.hr, dolar@fkit.hr, kkosutic@fkit.hr

<sup>2</sup> Agroproteinka, Strojarska cesta 11, 10361 Sesevski Kraljevec, ana@agroproteinka.hr

Primjena naprednih tehnologija obrade voda kao što su tlačne membranske tehnologije postaje sve intenzivnija zbog sve strožih regulativa vezanih za emisiju efluenta otpadnih voda kao i ekonomskim interesom za njihovom ponovnom upotrebom. Postrojenja za termičku obradu nusproizvoda životinjskog podrijetla, koriste znatne količine vode za pranje i održavanje higijenskih uvjeta unutar postrojenja, te tako proizvode otpadnu vodu opterećenu mikroorganizmima, organskim tvarima i povećanim sadržajem soli. Oporaba takve vrste otpadne vode moguća je primjenom tankoslojnih kompozitnih ultrafiltracijskih (UF), nanofiltracijskih (NF) i reverzno osmotskih (RO) membrana koje omogućavaju učinkovito uklanjanje mikroorganizama, suspendiranih čestica i mutnoće, te smanjenje sadržaja organskih tvari, soli i nutrijenata.

U ovom radu ispitane su tri UF (MW, GM i CQ), dvije NF (NF270 i NF90) i jedna RO (XLE) membrana u dvostupanjskom procesu obrade efluenta nakon biološke obrade u šaržnom bioreaktoru (SBR). U prvom stupnju korištene su UF, a u drugom stupnju NF i RO membrane. Ispitane su membranske performanse, a separacijska učinkovitost je praćena analizom struje permeata mjerenjem ključnih parametara električne provodnosti, mutnoće, pH, sadržaja ugljika, nitrita, nitrata i fosfora u svim koracima procesa. Praćena je promjena protoka uslijed blokiranja membrane te ispitano čišćenje membrana. S obzirom na separacijsku sposobnost, permeabilnost te povrat fluksa nakon čišćenja, odabrane su membrane s najboljim performansama. Za prvi stupanj najboljom se pokazala MW, a za drugi NF90 membrana.

# SINTEZA I CILJANA PRIMJENA METALNIH NANOČESTICA U AMBALAŽI HRANE

## SYNTHESIS AND TARGETED APPLICATION OF METALLIC NANOPARTICLES IN FOOD PACKAGING

Iva Rezić<sup>1</sup>, Maja Somogyi Škoc<sup>1</sup>, Ana Vrsalović Presečki<sup>2</sup>, Tatjana Haramina<sup>3</sup>, Roland Ludwig<sup>4</sup>, Martina Marchetti-Deschmann<sup>5</sup>,  
Günter Allmaier<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Tekstilno-tehnološki fakultet, Prilaz b. Filipovića 28a, 10000 Zagreb, iva.rezic@ttf.hr

<sup>2</sup>Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb, Hrvatska,

<sup>3</sup>Fakultet strojarstva i brodogradnje, I. Lučića 5, 10000 Zagreb, Hrvatska,

<sup>4</sup>University of Natural Resources and Life Sciences, Muthgasse 18/2, 1190 Vienna, Austria

<sup>5</sup>Vienna University of Technology, Getreidemarkt 9/164, A 1060 Vienna, Austria

Snažan razvoj nanotehnologije revolucionizirao je primjenu nanočestica u raznim područjima tehnoloških i znanstvenih inovacija, od specijalizirane elektronike do vrhunskih sofisticiranih medicinskih postupaka [1]. Ambalažna industrija prepoznala je važnost polimernih materijala presvučenih tankim slojem nanočestica. Danas ih se učestalo koristi zahvaljujući poboljšanim svojstvima novih materijala: boljim mehaničkim, termičkim, biorazgradivim i ostalim svojstvima kojima se produžuje trajnost i sigurnost pakiranog proizvoda. Nadalje, napredni materijali mogu se pronaći ne samo u ambalaži hrane, već i u raznim drugim polimernim proizvodima (primjerice tekstilu, geotekstilu, zaštitnoj i sportskoj odjeći, ambalaži za piće i tkaninama za interijere automobila). [2]

Zbog navedenih je razloga, zahvaljujući Hrvatskoj zakladi za znanost, od 2015. godine financiran projekt „STARS“ kojim je uspostavljena međunarodna interdisciplinarna istraživačka skupina znanstvenika koji sintetiziraju nove metalne nanočestice pomoću ekološki prihvatljivih enzimski kataliziranih reakcija te ih zatim nanose na razne polimerne materijale. Pri tome je fokus na izolaciji i primjeni pet različitih enzima kako bi se sintetizirale metalne nanočestice, odredila kinetika i mehanizam provedenih reakcija te zatim provela karakterizacija raznim instrumentalnim metodama (GEMMA, PDMA, MALDI-TOF-MS/MS i drugim tehnikama) [3]. Nakon nanošenja pojedinih ciljanih nanočestica na polimere, planiraju se razviti novi materijali s namjenskom primjenom u ambalaži prehrambenih proizvoda, čime ovaj projekt sudjeluje u razvoju inovacija primjenjivih u prehrambenoj i ambalažnoj industriji.

[1] I. Rezić, *Analysis and Risk of Nanomaterials in Environmental and Food Samples*, Elsevier, 2012.

[2] I. Rezić, *Trends Anal Chem* **30** (2011) 1159–1167.

[3] G. Allmaier, C. Laschober, W. W. Szymanski, *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* **19** (2008) 1062–1068.

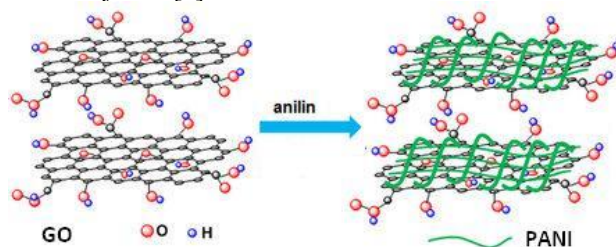
# POVRŠINSKA MODIFIKACIJA GRAFENOVA OKSIDA AROMATSKIM AMINIMA

## SURFACE MODIFICATION OF GRAPHENE OXIDE WITH AROMATIC AMINES

Ivan Spajić, Denis Sačer, Marijana Kraljić Roković, Zoran Mandić

Sveučilište u Zagrebu: Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19,  
10 000, Zagreb, Hrvatska, zmandic@fkit.hr

Grafenov oksid (GO) [1], dvodimenzionalna je makromolekula koja je u novije vrijeme privukla veliku pažnju zbog svojih odličnih fizikalno-kemijskih svojstava. Osim odličnih mehaničkih, toplinskih, elektronskih i optičkih svojstava uz veliku specifičnu površinu, GO u svojoj strukturi posjeduje različite kisikove skupine [2] (epoksidne, hidroksilne, karbonilne i karboksilne) zaostale nakon procesa oksidacije grafita. Ove skupine osim što definiraju fizikalno-kemijska svojstva GO, pružaju i reaktivna mjesta za daljnju kemijsku modifikaciju čime se otvara širok spektar mogućnosti sinteze pametnih makromolekularnih materijala specifičnih svojstava [3].



S tim ciljem priredeni GO nanosen je na zlatom prevučenu kvarcnu elektrodu te je provedena funkcionalizacija GO s anilinom s ciljem poboljšanja elektrokemijskih svojstava. Ispitivanja modificiranih GO elektroda su provedena metodom cikličke voltametrije (CV), elektrokemijske kvarc kristalne nanovage (EQCM), rendgenske fotoelektronske spektroskopije (XPS) i infracrvene spektroskopije s Fourierovim transformacijama signala (FTIR). Funkcionalizirani GO je pokazao vrlo dobra elektrokemijska svojstva, dobru električnu provodnost te obećavajuće rezultate za primjenu ovakvih materijala na području pametnih specijalizacija i u spremnicima energije kao što su superkondenzatori.

[1] D. R. Dreyer, S. Park, C. W. Bielawski, R. S. Ruoff, The chemistry of graphene oxide, *Chem. Soc. Rev.* **39** (2010) 228–240.

[2] D. Chen, H. Feng, J. Li, Graphene Oxide: Preparation, Functionalization, and Electrochemical Applications, *Chem. Rev.* **11** (2012) 6027–6053.

[3] H. Wang, Q. Hao, X. Yang, L. Lu, X. Wang, *Electrochem. Commun.* **11** (2009) 1158–1161.

# UTJECAJ MODIFIKACIJE VIŠESTJENIH UGLJIKOVIH NANOCJEVČICA NA SVOJSTVA POLIURETANA

## INFLUENCE OF MULTIWALL CARBON NANOTUBES MODIFICATION ON POLYURETHANE PROPERTIES

Sanja Lučić Blagojević, Martina Zeljko, Mario Šantolić

<sup>1</sup>Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska, e-mail: slucic@fkit.hr

Poliuretani su značajna skupina polimera čija se svojstva mogu znatno razlikovati ovisno o udjelu i vrsti mjernih jedinica. U ovim polimerima zbog nekompatibilnosti mekih nepolarnih i tvrdih polarnih segmenta dolazi do fazne separacije i formiranja domena. U ovom radu istraživana je učinak dodatka višestjenih ugljikovih nanocjevčica (MWCNT) te MWCNT modificiranih –COOH skupinama u rasponu udjela od 0 do 4 % mas. na svojstva poliuretana. Učinak dodatka nanopunila na sferolitnu strukturu poliuretana te raspodijeljenost nanopunila u PU matrici analizirana je optičkom polarizacijskom mikroskopijom. Uzorci nanokompozita pripremljeni su postupkom iz otopine poliuretana u acetonu te polaganim sušenjem otopina na sobnoj temperaturi. Toplinska svojstva u neizotermnim i izotermnim uvjetima istraživana su diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom (DSC), a toplinska stabilnost termogravimetrijskom analizom (TGA). Električna vodljivost uzoraka određena je metodom četiri kontakta.

Optička polarizacijska mikroskopija pokazala je da dodatak oba punila narušava krupnu sferolitnu morfologiju poliuretana. Uočeno je da su na makrorazini modificirane MWCNT-COOH bolje dispergirane u masi uzorka nego čiste MWCNT. DSC rezultati pokazali su da pri neizotermnim uvjetima do određenog udjela dodatak obje vrste MWCNT ubrzava kristalizaciju mekog segmenta poliuretana, pri čemu je ubrzanje izraženije u sustavima s MWCNT. Rezultati entalpija kristalizacije pokazuju da MWCNT, unatoč lošijoj raspodijeljenosti u masi uzorka, znatnije potiču kristalizaciju mekog segmenta PU nego MWCNT-COOH. U uvjetima izotermne kristalizacije MWCNT također znatnije ubrzavaju kristalizaciju nego MWCNT-COOH.

Rezultati termogravimetrijske analize upućuju da se dodatkom obje vrste MWCNT znatno poboljšava toplinska stabilnost u čitavom rasponu udjela nanopunila. Temperatura maksimalne brzine razgradnje poliuretana pomiče se za oko 45 °C prema višim temperaturama, pri čemu je ovaj učinak neznatno izraženiji za sustave s MWCNT. Rezultati vodljivosti pokazali su da se, u odnosu na čisti PU koji ima provodnost reda veličine  $10^{-14}$  S cm<sup>-1</sup>, vodljivost nanokompozita s 0,2 mas. % znatno povećava na vrijednost reda veličine  $10^{-6}$  S cm<sup>-1</sup>. Daljnjim povećanjem do 4 mas. % obje vrste MWCNT, vodljivost se dalje povećava do vrijednosti većih od  $10^{-2}$  S cm<sup>-1</sup>. Ovaj učinak povećanja vodljivosti neznatno je više izražen u sustavima s MWCNT-COOH.

## PČELINJI VOSAK U SLUŽBI ZNANOSTI

## BEESWAX IN THE SERVICE OF SCIENCE

Katarina Mužina, Mirna Vujnović, Mirela Leskovic<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19,  
10000 Zagreb, Republika Hrvatska, mlesko@fkit.hr

Pčelinji vosak (eng. *beeswax*, BW) je složena smjesa zasićenih i nezasićenih linearnih i složenih monoestera, ugljikovodika, slobodnih masnih kiselina, slobodnih masnih alkohola i manjeg udjela drugih tvari koje proizvode pčele radilice.

PCL i PLA biorazgradivi alifatskih poliesteri, predstavljaju važne sirovine za proizvodnju biorazgradive plastike i biomedicinskih materijala. Promjenom udjela pojedinog polimera značajno se mijenjaju svojstva PCL/PLA mješavina od fleksibilnog polimera poput PCL do krto i čvrstog polimera poput PLA, što omogućava njihovu široku primjenu. Može se očekivati da će dodatak hidrofobnog BW u PCL/PLA mješavine i PCL polimer rezultirati novim svojstvima.

U ovom radu istražen je utjecaj pčelinjeg voska (BW) kao a) kompatibilizatora u PCL/PLA mješavinama te kao b) jedne od komponenata PCL/BW mješavine. Binarne mješavine PCL/PLA i PCL/BW te ternarne mješavine PCL/BW/PLA pripremljene su zamiješavanjem u talini na Brabender gnjetilici, a pločice za ispitivanja dobivene su prešanjem na hidrauličkoj preši.

Površinske karakteristike PCL/BW/PLA i PCL/BW mješavina određene su primjenom metode kontaktnog kuta, a interakcije na međupovršini procijenjene su na osnovi proračuna parametara adhezije. Strukturna analiza provedena je FTIR-ATR spektroskopijom, a toplinska svojstva određena su diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom (DSC) i termogravimetrijskom analizom (TGA). Mehanička svojstva PCL/PLA i PCL/BW/PLA mješavina određena su rasteznim ispitivanjem na mehaničkoj kidalici.

Utvrđeno je da dodatak male količine pčelinjeg voska ( $w = 5 \%$ ) značajno utječe na površinska svojstva PCL/PLA mješavina. TGA analizom utvrđeno je da BW značajnije utječe na promjenu toplinskih svojstava PLA što rezultira pomakom temperature početka razgradnje PLA prema višim vrijednostima. DSC analizom utvrđen je utjecaj BW na stupanj kristalnosti PCL i PLA polimera. Dodatak BW u PCL/PLA i PCL značajno utječe na konačna svojstva mješavina.



# BIORAZGRADIVOST POLIMERA U OKOLIŠU

## BIODEGRADABILITY OF POLYMERS IN ENVIRONMENTAL

Marija Vuković Domanovac<sup>1</sup>, Dajana Kučić<sup>1</sup>, Tomislav Domanovac<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19, HR-10000, Zagreb, Hrvatska, mvukovic@fkit.hr, dkucic@fkit.hr

<sup>2</sup> IPZ Uniprojekt TERRA, Voćarska cesta 68, HR-10000, Zagreb, Hrvatska, tomislav@ipz-uniprojekt.hr

With increasing global consumption and their natural resistance to degradation, plastic materials and their accumulation in the environment is of increasing concern. Approximately 140 million tonnes of synthetic polymers are produced worldwide each year. These polymers are extremely stable, and do not readily enter into the degradation cycles of the biosphere.

The term biodegradation indicates the predominance of biological activity in this phenomenon. Biodegradation can be a key feature of synthetic polymers within the frame of sustainable development. Polymers are widely used and our daily life could not be imagined without them. Biodegradable plastics, as novel materials, make claims to be environmentally friendly. Biodegradable plastic is plastic that decomposes naturally in the environment. This is achieved when microorganisms in the environment metabolize and break down the structure of biodegradable plastic.

Environmental factors not only influence the polymer to be degraded, they also have a crucial influence on the microbial population and on the activity of the different microorganisms themselves. Factors such as humidity, temperature, pH, the presence or absence of oxygen and the supply of different nutrients have important effects on the microbial degradation of polymers.

Within the frame of the sustainable development, new materials are being conceived in order to increase their biodegradability properties. A redesign of plastic materials and development of biodegradable plastics produced from renewable sources is currently widely researched.

[1] J. P. Eubeler, M. Bernhard, S. Zok, T. P. Knepper, *Trends Anal. Chem.* **28** (2009) 1057–1072.

[2] K. Leja, G. Lewandowicz, *Polish J. of Environ. Stud.* **19** (2010) 255–266.

[3] H. K. Webb, J. Arnott, R. J. Crawford, E. P. Ivanova, *Polymers* **5** (2013) 1–18.

# **SORPCIJSKA SVOJSTVA NANOKOMPOZITNIH PREKURSORSNIH POLIAKRILONITRILNIH VLAKANA**

## **SORPTION PROPERTIES OF NANOCOMPOSITE PRECURSOR POLYACRILIC FIBERS**

Anita Tarbuk<sup>1</sup>; Zbigniew Draczynski<sup>2</sup>, Katia Grgić<sup>1</sup>, Maciej Bogun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, Department of Textile Chemistry and Ecology, Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb, Croatia; anita.tarbuk@ttf.hr

<sup>2</sup>Łódź University of Technology, Faculty of Material Technologies and Textile Design, Department Material and Commodity Sciences and Textile Metrology, Stefana Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, Poland

The carbon fibers (CFs) have wide application of which usage in medicine, and manufacturing of the polymer-carbon composites, are perhaps the most important. The aimed CFs properties, such as for bone tissue regeneration, antibacterial or magnetic properties, can be achieved by nanoadditives incorporation in the properly designed and controlled manufacturing processes of precursor fiber. The common precursor for CFs production are polyacrylonitrile (PAN) fibers. Since the porous structure formation and higher sorption properties are important for the final carbon fiber absorption of body fluids, in this paper the sorption properties of nanocomposite precursor polyacrylonitrile (PAN) fibers was researched.

For that purpose PAN fibers were produced by the wet spinning method from the Mavilon™ (Zoltek Company) copolymer of 93–94 wt% acrylonitrile units; 5–6 wt% methyl acrylate and about 1 % alkyl sulfonate. 3 wt% of nanopowders of bioglass, CaO/SiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (54/40/6) and hydroxyapatite, Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>, (HAp) obtained at AGH Krakow were introduced at the stage of preparing the spinning solution. Sorption properties were determined through equilibrium moisture content (ASTM D2654-89a:1990); Water Retention Value (DIN 53814:1961). The swelling was monitored during electrokinetic potential (zeta, ZP) measurement by the streaming potential method using the SurPASS electrokinetic analyzer (Anton Paar GmbH, Austria) and compared to unmodified PAN fibers. Additionally, scanning electron microscopy images (SEM JSM 5400) were taken.

The result showed slightly improved moisture sorption of PAN modified fibers. However, considering the results of water retention, which includes adsorption of non-ionic surfactant, it significantly increased with nanoadditives. For these fibers the decrease in the ZP was observed probably as a result of fiber swelling what leads to a transfer of the electrochemical double layer into the solid and, therefore, of the shear plane into the electrolyte solution. Considering SEM images, it is evident porous structure formation which results in additional surface area for sorption.

## **POPIS SUDIONIKA SIMPOZIJA**

<b>Prezime, Ime</b>	<b>Ustanova</b>	<b>e-pošta</b>
Andričić, Branka	Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu	branka@ktf-split.hr
Blažeković, Zdenko	HDKI	kui@hdki.hr
Blažić, Roko	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	rblazic@fkit.hr
Bogdanić, Grozdana	Institute of Chemical Process Fundamentals, The Czech Academy of Sciences, E. Hála Laboratory of Separation Processes	bogdanic@icpf.cas.cz
Brlenić, Valentina	C.I.O.S. MBO d.o.o.	valentina.brlenic@cios.hr
Budiselić, Alma	CHROMOS boje i lakovi d.d.	Petra.Premuzic@chromos-bil.hr
Ćurko, Tomislav	Čistoća Zadar	tomislav.curko@cistoca-zadar.hr
Defterdarović, Nafis	u mirovini	nafis.defterdarovic@zg.ht.hr
Dolar, Davor	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	dolar@fkit.hr
Domanovac, Tomislav	IPZ Uniprojekt TERRA	tomislav@ipz-uniprojekt.hr
Dulčić, Dajana I.	Grad Trogir	staybymedajana@gmail.com
Erceg, Matko	Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu	merceg@ktf-split.hr
Faraguna, Fabio	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	ffaragun@fkit.hr
Foglar, Lucija	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	lfoglar@fkit.hr
Frkanec, Leo	Institut Ruđer Bošković	frkanec@irb.hr
Govorčin Bajsić, Emi	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	egovor@fkit.hr
Grgić, Katia	Tekstilno-tehnološki fakultet	katia.grgic@ttf.hr
Grilec, Josip	Stražaplastika	josip.grilec@strazaplastika.hr
Grubešić, Bruno	Ministarstvo gospodarstva	Bruno.Grubestic@mingo.hr
Hajdari, Zana	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	zhajdari@fkit.hr
Hrnjak-Murgić, Zlata	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	zhrnjak@fkit.hr
Jerković, Ivona	Tekstilno-tehnološki fakultet	ivona.jerkovic@ttf.hr

Jukić, Ante	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	ajukic@fkit.hr
Jurkin, Tanja	Institut Ruđer Bošković	tjurkin@irb.hr
Kljajić, Filip	Hrvatska udruga inovatora poduzetnika (u mirovini)	fili.kljajic@gmail.com
Kos, Anabela	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	anabela.kos3@gmail.com
Kovačević, Davor	Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet	davor.kovacevic@chem.pmf.hr
Kraljević, Zlatko	Elka d.o.o.	Zlatko.Kraljevic@elka.hr
Kraljić Roković, Marijana	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	mkralj@fkit.hr
Kučić, Dajana	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	dkucic@fkit.hr
Kurtanjek, Želimir	Sveučilište u Zagrebu (u mirovini)	zelimir.kurtanjek@gmail.com
Leskovac, Mirela	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	mlesko@fkit.hr
Livada, Hrvoje	BIFIX d.o.o.	hrvoje.livada@bifix.hr
Lovinčić, Vedrana	EURCO d.d.	vedrana.lovincic@eurco.hr
Lučić Blagojević, Sanja	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	slucic@fkit.hr
Lukić, Sanjin	6. maj d.o.o.	sanjin.lukic@6maj.hr
Ljubek, Gabrijela	Rudarsko-geološko-naftni fakultet	gabrijela.ljubek@oblak.rgn.hr
Macan, Jelena	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	jmacan@fkit.hr
Marinić-Pajc, Ljiljana	INA Industrija nafte d.d.	ljiljana.marinic-pajc@ina.hr
Matijaković, Nives	Institut Ruđer Bošković	nives.matijakovic@irb.hr
Mihaljević, Branka	Institut Ruđer Bošković	mihozeg@irb.hr
Mlinac Mišak, Marica	Patent Portae j.d.o.o	mmisak@inet.hr
Mužina, Katarina	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	katarina.muzina@gmail.com
Očelić Bulatović, Vesna	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	vocelic@fkit.hr
Paljar, Klaudia	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	kpaljar@fkit.hr
Patarčić, Renata	HGK	rpatarcic@hgk.hr

Pehnec Pavlović, Gordana	HGK	gpehnec@hgk.hr
Perić Ivanagić, Jelena	Nastavni zavod za javno zdravstvo "Dr. Andrija Štampar"	jelena.peric-ivanagic@stampar.hr
Petković Didović, Mirna	Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci	mirnapd@medri.uniri.hr
Pospišil, Tihomir	Institut Ruđer Bošković	tpospis@irb.hr
Prapotnik, Bruno	Comprom plus d.o.o. Varaždin	Elvira.Rozmaric@comprom.com
Pucić, Irina	Institut Ruđer Bošković	pucic@irb.hr
Pustak, Anđela	Institut Ruđer Bošković	apustak@irb.hr
Racar, Marko	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	mracar@fkit.hr
Rajner, Franjo	Čistoća d.o.o.	zop@cistoca-vz.hr
Ressler, Antonia	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	antonia.ressler@gmail.com
Rešček, Ana	Pik Vrbovec	ana.rescek@pik-vrbovec.hr
Rezić, Iva	Tekstilno-tehnološki fakultet	iva.rezic@tff.hr
Rogina, Anamarija	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	arogina@fkit.hr
Salopek, Jasmina	Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet	jsalopek@chem.pmf.hr
Schlosser, Dina	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	dina.sch@hotmail.com
Somogyi Škoc, Maja	Tekstilno-tehnološki fakultet	maja.somogyi@tff.hr
Spajić, Ivan	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	ispajic@fkit.hr
Stančić, Nina	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	nina.stancic0@gmail.com
Stanojević, Matea	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	mlesko@fkit.hr
Stipanelov Vrandečić, Nataša	Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu	nstip@ktf-split.hr
Šantolić, Mario	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	santolic@fkit.hr
Šimunić, Stefanija	u mirovini	stefanijas@yahoo.com
Tarbuk, Anita	Tekstilno-tehnološki fakultet	anita.tarbuk@tff.hr
Težak, Đurđica	u mirovini	djurdjicatezak@yahoo.com

Tomerlin, Renata	Podravka	renata.tomerlin@podravka.hr
Ujlaki, Davor	Muraplast	davor@muraplast.hr
Uzel, Tomislav	Flora Vtc d.o.o.	tomislav.uzel@flora-vtc.hr
Vadla, Jelena	Čistoća d.o.o.	zop@cistoca-vz.hr
Vampovac-Rebić, Inga	Flora Vtc d.o.o.	tomislav.uzel@flora-vtc.hr
Vidović, Elvira	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	evidov@fkit.hr
Vrsalović Presečki, Ana	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	avrsalov@fkit.hr
Vrsaljko, Domagoj	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	dvrsal@fkit.hr
Vujnović, Mirna	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	vujnovicmirna@gmail.com
Vuković Domanovac, Marija	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	mvukovic@fkit.hr
Wichterle, Ivan	Institute of Chemical Process Fundamentals, The Czech Academy of	wichterle@icpf.cas.cz
Zeljko, Martina	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije	martinazeljko7@gmail.com
Željko, Mirko	AD Plastik	

**SPONZOR / SPONSOR**

**KEFO**®  
SINCE 1949



**DONATOR / DONATOR**

 **PAN-PEK**®







**IZDAVAČ | *Published by:***

Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa  
2016.