

sveučilišta i gospodarstvo povratnim utjecajima uzajamno vući naprijed.

U tako priželjkivanom razvoju, sveučilišta će moći na prihvatljiv način dati svoj doprinos samo ako se i sama aktivno otvore međunarodnoj utakmici, intenzivirajući već postojeće i ulazeći u nove raznovrsne oblike suradnje i participacije. Mali visokoškolski sustavi kakav je hrvatski ne mogu na održiv način razvijati i držati visoku razinu kvalitete za cijelu paletu istraživanja i studijskih programa svih razina potrebnih zemlji i gospodarstvu, već i stoga što su im raspoloživi bro-

jevi istraživača-nastavnika i studenata, posebno onih na posljediplomskoj razini, jednostavno premali. Održivost se, međutim, može ostvariti udruživanjem s inozemnim sveučilištima koja su u sličnoj poziciji, posebno onima koja imaju što ponuditi i kojima mi imamo što ponuditi. Dosadašnja međunarodna uspješnost naših studenata i znanstvenika u mnogim poljima akademske i istraživačke suradnje u tom je smislu naš dobar polog koji omogućava budućim generacijama studenata da tu dobru tradiciju nastavite i održe.

## LITERATURA

1. Poseban prilog: *Studiji 2005./06.*, Vjesnik, 28. 6. 2005.
2. Marinković Škomrlj, E.: *Moguć fiasko Bolonjskog procesa bit će ozbiljan politički problem*, www.novilist.hr, 20. 9. 2005.
3. Grbić, G.: *Za provođenje ciljeva bolonje nisu osigurana sredstva*, www.novilist.hr, 4. 10. 2005.
4. Polić Bobić, M.(ur.): *Prvi koraci u Bolonjskom procesu*, Tempus projekt, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2005.

## Suvremeni trendovi pri stvaranju makromolekula

Priredila: Đurđica ŠPANIČEK

### Uvod

Suvremeni trendovi pri stvaranju makromolekula mogu se podijeliti u četiri glavna područja. To su:

1. živuća i kontrolirana polimerizacija
2. višestruko vezanje vodikovim vezama u supramolekulnim nakupinama
3. nanokompoziti
4. biomaterijali.

Procesi anionske polimerizacije tradicionalno se primjenjuju za sintezu makromolekula polimernih materijala kontrolirane mase i krojenoga kemijskog sastava. Strogi laboratorijski zahtjevi i netolerancija funkcionalnih grupa ograničili su potencijalnu primjenu tih procesa. Kontrolirana polimerizacija slobodnim radikalima alternativni je način za proizvodnju dobro definiranih polimernih proizvoda. Proces stabilne polimerizacije slobodnim radikalima (e. *stable free radical polymerization, SFRP*) primijenjen je za sintezu kontroliranih makromolekula s različitim monomernim spojevima. Interakcija višestrukih vodikovih veza, kada se koriste u konjukciji sa živućom polimerizacijom, omogućuje *krojenje* polimerne građe te postizanje željenih mehaničkih i fizičkih svojstava. Mogućnost kontroliranja strukture polimera i njegove funkcionalnosti omogućuje sintezu makromolekula pogodnih za proizvodnju npr. nanokompozita i biomaterijala. Svojstva polimera mogu se *oblikovati* prema namjeni, npr. za raslojavanje gline ili biomedicinske uređaje. Sinergija navedenoga omogućuje bolje razumijevanje strategije stvaranja makromolekula, a povećava i broj i složenost potencijalnih primjena.

### Živuća i kontrolirana polimerizacija

Važno rastuće područje polimerijskih znanosti je priprava makromolekula kontrolirane i funkcionalne građe. Priprava kontrolirane građe makromolekula tradicionalno je bila moguća primjenom živućih polimerizacija kao što su anionska, kationska i polimerizacija prijelaza grupa. Međutim, posljednjih je godina razvoj područja kemije slobodnih radikala omogućio sintezu polimera takve kontrolirane i funkcionalne građe.

Živuća je polimerizacija lančana polimerizacija u kojoj nema kinetičkog koraka terminacije i prijenosa lanca, što omogućuje sintezu polimera vrlo kontrolirana oblika. Pri živućim se polimerizacijama može kontrolirati mnogo temeljnih polimernih varijabli, čime se utječe na uporabna svojstva polimera. Živuća se polimerizacija nastavlja dok se ne potroši monomer, a slijedna adicija monomera rezultira u kontinuiranoj polimerizaciji. Adicija drugog monomera dovodi do stvaranja blok-kopolimera. U živućim polimerizacijama prosječna brojčana molekularna masa izravno je proporcionalna konverziji. Molekularna masa može se kontrolirati stehiometrijom reakcije, a broj aktivnih krajeva lanaca konstantan je tijekom reakcije. Brza inicijacija u odnosu na propagaciju dovodi do uske raspodjele molekularne mase polimera. Prisutnost živućeg kraja lanca na kraju polimerizacije također omogućuje pripravu funkcionaliziranog kraja lanca u kvantitativnom smislu.

Još je 1929. g. Ziegler opisao polimerizaciju n-butadiena primjenom n-butil litija. Opisani mehanizam sastojao se od inicijacije i propagacije, ali je napomenuta relativna ne-

važnost terminacije i prijenosnih koraka. To je bio prvi anionski polimerizacijski sustav. Međutim, taj rad tada nije nastavljen, a razvijen je neživuci mehanizam polimerizacije butadiena. Godine 1955. netopivi metal litija korišten je i za polimerizaciju izoprena, koja je rezultirala dobivanjem poli(izoprena) sa svojstvima vrlo sličnima prirodnom kaučuku. Szwarc je 1956. osmislio naziv *živuće* za takve tipove polimerizacije. U svom početnom radu Szwarc je opisao prirodu živućega anionskog sustava kako bi se spoznala važnost živućih anionskih krajeva lanaca u sintezi složenije građe makromolekula. Od tada se anionska polimerizacija široko rabi za proizvodnju polidiena. Izopren i butadien čine većinu monomera za komercijalne svrhe i bili su čest predmet istraživanja. Ti su dieni polimerizirani u različitim reakcijskim uvjetima, koji uključuju primjenu različitih inhibitora i uključivanje mnogobrojnih aditiva u namjeri da se kontrolira polimerna stereokemija, granatost, stupanj terminacije i funkcionalizacija. Živuća anionska polimerizacija koristi se za polimerizaciju različitih monomera, uključujući alkil akrilate, alkil metakrilate i cikličke diene.

Mehanizam živuće polimerizacije nudi mogućnost kontrole molekularne mase, raspodjele molekularnih masa, arhitekture (kao kod dobro definiranih blok-kopolimera), funkcionalizaciju krajnjih grupa, ali jednako tako zahtijeva stroge uvjete reakcije kao što su potpuna odsutnost kisika i vode te ultračista otapala i reaktanti. Dodatno, procesi živuće polimerizacije inkompatibilni su s brojem funkcionalnosti. Kao posljedica tih faktora, komercijalna primjena živućih polimerizacija ograničena je na nekoliko sustava. Poželjna je alternativa razvoj kemije radikalne poli-

\*Uobičajeni je naziv na engleskome jeziku *design of macromolecules*. U hrvatskome jeziku engleska riječ *design* ima više značenja: projektiranje, konstruiranje, dizajniranje, crtanje pa i stvaranje. U ovome slučaju činilo se primjerenim englesku sintagmu *design of macromolecules* prevesti sa *stvaranje makromolekula*.

merizacije koja dopušta proizvodnju kontrolirane strukture polimera slične onoj koja se može postići primjenom procesa živuće polimerizacije. Zamijećeni nedostatak radikalne polimerizacije jest očigledna nemogućnost kontrole karakteristika polimera kao što su molekularna masa, njezina distribucija i topologija. Ograničen stupanj kontrole i funkcionalnosti može se uvesti primjenom radikalne polimerizacije preko adicije funkcionaliziranih inicijatora ili agensa prijenosa lanca. Noviji razvoj u procesima kontrolirane radikalne polimerizacije, uključujući radikalnu polimerizaciju (*SFRP*), radikalnu polimerizaciju prijenosom atoma (e. *atom transfer radical polymerization, ATRP*) i radikalnu adicijsku polimerizaciju prijenosom fragmenata (e. *radical addition-fragmentation polymerization, RAFT*), bitno je povećao mogućnost proizvodnje polimera dobro definirane strukture primjenom procesa slobodnih radikala.

Načelo živuće polimerizacije primijenjeno je i na radikalnoj polimerizaciji korištenjem agensa prijenosa inicijatora terminatora kako bi se smanjila ireverzibilna terminacija lanca u procesima radikalne polimerizacije. Korak reverzibilne radikalne terminacije pomaže kontrolirati ireverzibilnu terminaciju lanca i rezultira takvim tijekom polimerizacije koji linearno povisuje molekularnu masu s vremenom, slično živućoj anionskoj polimerizaciji.

*RAFT* ima prednost pred ostalim kontroliranim radikalnim polimerizacijama zbog neosjetljivosti na kiseline, hidrosilne i tercijarne aminogrupe. *RAFT* se koristi za sintezu polimera s relativno uskom raspodjelom molekularne mase na osnovi akrilata i metakrilata, etilen oksida, akrilamida i metakrilamida te stirena.

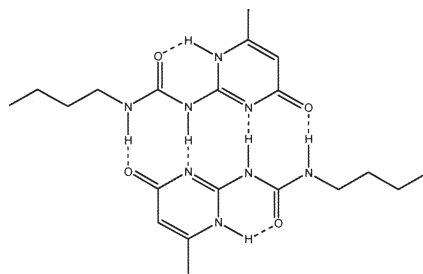
## Vodikove veze u polimerima

Konvencionalne sinteze makromolekula uključuju i stupnjeviti rast te lančanu polimerizaciju kako bi nastale ponavljane jedinice povezane ireverzibilnim kovalentnim vezama. Visoka molekularna masa tih ireverzibilno vezanih sustava poželjna je kako bi se postigla optimalna fizička svojstva i komercijalna iskoristivost. Međutim, kako raste molekularna masa, znatno raste i viskoznost polimerne taljevine. Iako je visoka molekularna masa potrebna za postizanje povoljnih fizičkih svojstava, viskoznost taljevine postaje, s porastom molekularne mase, ograničavajući faktor. Termoreverzibilni polimeri moguće su rješenje te dileme. U idealnom slučaju, pri tipičnoj uporabnoj temperaturi primjene reverzibilna interakcija ostala bi stabilna, ali pri temperaturama taljenja interakcija je nestabilna, izazivajući disocijaciju polimera u oligomere niže molekularne mase. Takva idealizirana makromolekula imala bi oboje: i že-

ljena fizička svojstva zbog visoke molekularne mase i nisku viskoznost taljevine tijekom proizvodnje i oblikovanja proizvoda. Nekoliko takvih sustava već se proučava kao moguća alternativa sadašnjim ireverzibilnim postupcima sinteze, uključujući vodikove veze, ionsku interakciju te sustave pokrenute svjetlošću i pH.

Višestruko vodikovo vezanje tijekom sinteze molekula privuklo je veliku pozornost zbog sklonosti stvaranju novih supramolekulnih struktura koje pokazuju termoreverzibilne karakteristike. Nadalje, reverzibilno molekularno prepoznavanje ostvarivo je zbog relativno slabih nekovalentnih veza u usporedbi s kovalentnim vezama. Višestruko vodikovo povezivanje skelama klasificirano je u dvije različite skupine:

1. samokomplementarne višestruke vodikove veze (e. *self-complementary multiple hydrogen bonds, SCMHB*), koje nastaju između identičnih jedinki spojenih vodikovom vezom, i
2. komplementarne višestruke vodikove veze (e. *complementary multiple hydrogen bonds, CMHB*), koje se stvaraju između disimilarnih jedinica vezanih vodikovim vezama koje sadržavaju mjesta komplementarnog donora i akceptora (slika 1).



SLIKA 1. Primjer višestrukog vezanja vodikovim vezama u 2-ureido-4-pirimidon derivativima

Nakupine molekula koje sadržavaju *SCMHB* jedinice, pokazuju svojstva nalik na polimere, uključujući smanjenje smicanja u rastaljenoj fazi, viskoelastično ponašanje u čvrstoj fazi i karakteristično staklište.

Supramolekularne strukture koje posjeduju *CMHB* jedinice, česte su u biološkim sustavima: takvo je heterocikličko povezivanje između adenina, guanina, timina, uracila i tirozina u *DNK* i *RNK*.

Neka od novijih istraživanja usredotočena su na uvođenje *SCMHB* i *CMHB* s relativno visokim konstantama dimerizacije u makromolekule radi poboljšanja mehaničkih svojstava. Stroga dimerizacija zamijećena je u nepolarnim otapalima. Na taj je način pripremljen elastoplastomer derivatizacijom poli(izoprena) modificiranoga maleinskim anhidridom s 3-amino-1,2,4-triazolom. Zanimljivo je da *SCMHB* mreže pokazuju slična

mehanička svojstva kao guma, a termoreverzibilna disocijacija javlja se približno pri 180 °C. Ranija istraživanja nastojala su uključivati sintezu dobro definiranih *SCMHB* polimera kao što su staklasti poli(stiren) (PS), gumasti poli(izopren) (PI) i mikrofazno separirani PS-b-PI blok-kopolimer s dobro definiranom molekularnom masom i uskom raspodjelom molekularne mase. Ustanovljen je odnos između strukture krajnjih grupa i fizičkih svojstava kao što je staklište i viskoznost taljevine i morfologije.

Istraživane su i makromolekule koje sadržavaju *CMHB* jedinice na osnovi heterocikličkih nukleinskih kiselina te je sintetiziran i karakteriziran cijepljeni kopolimer koji sadržava takvu kiselinsku osnovu i L aminokiselinu na poli(etilen iminu). Provedena je i sinteza poli(akril-metakrilata) koji sadržavaju nukleinske kiselinske osnove, fotokemijskim procesom.

Većina polimera koji sadržavaju *CMHB* dobivena je kombinacijom nukleinskih kiselina i sintetskih polimera koji sadržavaju hidrofilne jedinice, kao što su šećeri, poli(etilen imini), PEG ili poli(peptidi), zbog ograničenih selektivnih procesa sinteze te ograničene topljivosti nukleinske kiselinske osnove i rezultirajućeg polimera. Ipak, uvođenje *CMHB* na osnovi heterociklički deriviranih nukleinskih kiselina u nepolarne polimere posebno je važno jer nepolarni polimeri ne interferiraju s direkcionalnim vodikovim vezama.

## Nanokompoziti

U nastojanju da se poboljšaju mehanička svojstva polimernih materijala, dodaju im se punila i ojačavala. Takvi materijali imaju vrlo različite primjene, npr. u transportu, građevinarstvu, elektronici i kao proizvodi široke potrošnje. Najčešće se dodaju staklena ili ugljična vlaknata punila u nasumično disperznom stanju. Iako ta punila povisuju mehanička svojstva osnovnog polimera, javljaju se i negativni učinci, kao što je sniženje duktilnosti, slabija prerađljivost i loša površinska glatkoća. Takvi se konvencionalni kompoziti ne mogu prerađivati kao filmovi ili vlakna. Smatra se kako je uzrok tomu razlika u dimenzijama punila (mikrometar) i polimera (nanometar). Ta razlika u dimenzijama dvaju komponenti rezultira relativno slabim međudjelovanjima. Kako bi se minimalizirala ta loša strana i poboljšalo međudjelovanje komponenti, predloženi su novi tipovi kompozita u kojima je međudjelovanje komponenti na nanometarskoj razini.

Takvi se nanokompoziti sastoje od polimerne matrice i interdispersirane gline. Postoji vrlo velik broj različitih mogućih struktura za kombinaciju polimer-glina. Na jednom su kraju spektra dobro uređeni piramidni slojevi, što rezultira strukturom polimernih lanaca između kojih su umetnuti silikatni glineni slojevi (slika 2.a). Na drugoj je strani raspršeni materijal u kojem je glineni dio izgubio svoj sređeni oblik dugoga dosega i do-

bro je dispergirani u polimernoj matrici (slika 2.c).

Postoji velik broj intermedijarnih strukturnih mogućnosti između ta dva krajnja slučaja. Jedan od njih je primjer na slici 2.b, kod kojega su male nakupine glinenih slojeva raspršene u polimernoj matrici. Raspršeni nanokompoziti pokazuju prihvatljivu krutost, čvrstoću i barijerna svojstva s manjim udjelom punila negoli konvencionalni kompoziti. Nanokompoziti pokazuju povećanu kemijsku postojanost, povećanu dimenzijsku stabilnost i smanjeno bubrenje zbog djelovanja otapala. Do poboljšanja ponašanja nanokompozitnih materijala dolazi zbog poboljšanih međupovršinskih svojstava i jedinstvene fazne morfologije. Uglavnom, što je veći udio raspršenosti u nanokompozitu, to su bolja svojstva. To se može pripisati većoj homogenosti faza u raspršenom sustavu i činjenici da svaki nanosloj u raspršenom nanokompozitu može pridonijeti međuslojnom djelovanju u matrici.

Kako bi se postiglo odgovarajuće miješanje polimerne matrice i glinenih slojeva radi postizanja željenih svojstava, potreban je dobar odabir gline. Za polimerne nanokompozite uglavnom se koriste dva osnovna tipa: smetična i slojevita silikatna kiselina. Slojeviti materijali pogodni su za sintezu nanokompozita zbog svoje laminatne strukture, koja dovodi do visoke međuslojne čvrstoće i krutosti. Smetični oblik, kao što je montmorilonit, favorizira se iz dva razloga. Prvo, omogućuje kemijsku modifikaciju koja olakšava kompatibilizaciju s organskom matricom, dopuštajući raspršenje u nanometarskoj skali. Drugo, može se pronaći u prirodi u mineraloški čistom stanju, što snižuje troškove. Struktura tipičnoga smetičnog nanosloja sa-

stoji se od oktaedarskog kompleksa metala  $[M(OH)_6]$  koji je u sendviču između dva sloja silikatnog tetraedra (slika 3).

Osnovna oksidna rešetka dijeli se s talkom ili tinjcem. Defekti lokalizirani primarno u oktaedarskoj ravni, daju negativan naboj uravnotežen s izmjenjivim kationima smještenima u međuslojnom prostoru koji dijeli ploče. To je važno svojstvo smetične gline jer se kationi mogu zamijeniti organofilnim molekulama koje dopuštaju umetanje organskih molekula u glinenu matricu. Kao dodatak polimerima, najviše je proučavan smetični tip gline.

Za dodavanje polimera u smetične glinene nanoslojeve koriste se tri osnovne metode: metoda dodavanja monomera, metoda uobičajenog otapala i metoda dodavanja polimerne taljevine.

Metoda umetanja monomera uključuje najprije umetanje monomera u glinenu matricu, koja se nakon toga polimerizira. Kako su međuslojevi gline uglavnom hidrofilni, umetanje polimera provodi se bez reakcije modifikacije u glinenim nanoslojevima. Općenito, reakcija izmjene iona provodi se zamjenom metalnog kationa glinenog nanosloja, obično natrija, molekulom koja je organofilna, te dopušta tako umetanje željenog monomera. Monomer se bira tako da ili polimerizira u prisutnosti glinenog nanosloja ili polimerizacija može biti inicirana primjenom radikalne polimerizacije. Polimeri kojima se glina dodaje na taj način su, među ostalim, poliamid 6, PET i polistiren. Ustanovljeno je da dodavanje gline u različitim vremenima tijekom polimerizacije PET-a rezultira različitim fizikalnim svojstvima.

Tijekom procesa uobičajenim otapalom polimer i glina suspendirani su u otapalu u kojem se obje komponente dobro otapaju. Kako bi se postiglo otapanje dvaju različitih materijala, glina se treba podvrgnuti izmjeni iona, uglavnom amonijevim ionom koji sadržava 10 do 12 ugljikovih atoma. Ugljikovi lanci duži od toga mogu učiniti organofilnu glinu previše hidrofobnom. U otopini se polimer umeće u glinene nanoslojeve i, nakon isparavanja otapala, dobiva se homogeni nanokompozit. Nanokompoziti nastali tim postupkom uključuju polipropilen i poli(etilen oksid), PET i polistiren.

Postupak dodavanja polimerne taljevine također je uobičajeni način za uključivanje polimera u glinene nanoslojeve. Postupak počinje zagrijavanjem smjese polimer/glina iznad tališta polimera, što omogućuje polimeru da teče u nanoslojeve gline. I u ovom je postupku potrebna reakcija izmjene iona u glini prije uključivanja polimera. Nanokompoziti nastali na ovaj način uključuju poli(etilen-oksid), PET i polistiren.

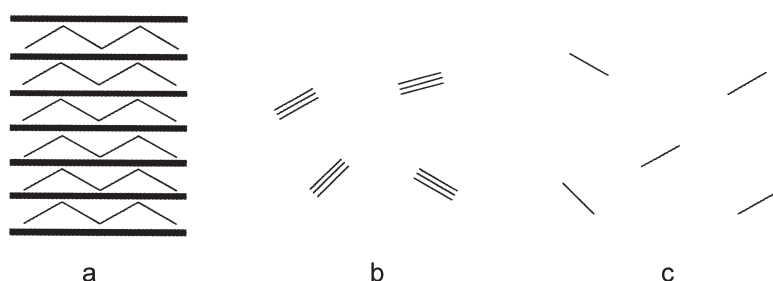
Polimerni silikatno oslojeni nanokompozit prvi je opisao Blumstein 1961. godine, izvješćujući o polimerizaciji vinilnog monomera koji je bio uključen u montmorilonitnu glinu. Istraživanja nanokompozita polimer-glina nisu bila proširenija i produbljenija sve do devedesetih godina dvadesetoga stoljeća, kada se javilo zanimanje za poboljšanje svojstava uobičajenih kompozita. Tada je došlo do brzog razvoja istraživanja nanokompozita na teorijskom planu i na području sinteze. Iako o nanokompozitima i razlozima poboljšanja njihovih svojstava još mnogo toga ostaje nepoznato, i dalje se razvijaju mnogobrojni materijali poboljšanih svojstava.

## Biomaterijali

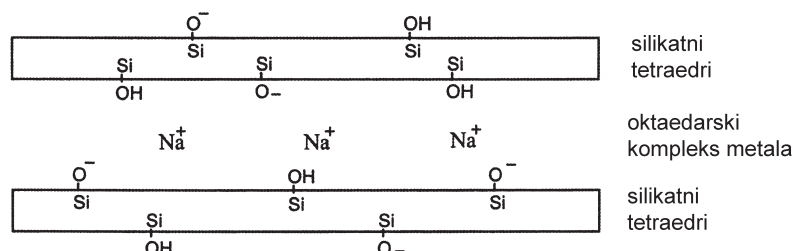
Biomaterijali se primjenjuju u medicini za nadomještanje živih materijala, čime se omogućuje popravak, rekonstrukcija ili zamjena oštećenoga odnosno oboljeloga tkiva ili interakcija s biološkim sustavom.

Alifatski poliesteri kao poli(laktidi) ili poli(glikolidi) i njihovi kopolimeri, biomaterijali su koji se ekstenzivno istražuju još od 1970. godine.

Iako su prvobitno razvijani kao materijali za izradbu ambalaže i primjenu u poljoprivredi, biomaterijali danas imaju široku primjenu u biomedicinskoj i farmaceutskoj industriji kao kontrolirani sustavi isporuke lijekova i kao kirurški uređaji za učvršćivanje (kirurški konac, stezaljke, igle i pločice za kosti). Sustavi kontrolirane isporuke lijekova na osnovi polimera ne primjenjuju se samo u medicini već i u veterini te području agrokemije, gdje je njihova uporaba omogućila da



SLIKA 2. Moguće nanokompozitne strukture polimer-glina: a - piramidni slojevi gline s umetnutim polimernim lancima, b - umetnuti slojevi gline u polimernoj matrici, c - raspršeni slojevi gline unutar polimerne matrice



SLIKA 3. Primjer strukture oslojene silikatne gline



se aktivni sastojci iz pesticida i kontraceptiva kontrolirano doziraju uz biorazgradnju nosećega medija na kraju uporabe. Kopolimeri DL-laktida (DL-LA) i glikolida (GA) najkorisniji su kao nositelj ako se kopolimer sastoji od 20 – 50 % GA i polimera molekulne mase od približno 25 000 g/mol. Jednako je tako ustanovljeno da suvremeni postupci dopuštaju inkorporaciju lijekova koji variraju u sastavu i molekularnoj masi.

Micelle blok-kopolimera poli(DL-mliječne kiseline) (PLA) i poli(etilen glikola) (PEG) istražuju se kao nositelji lijeka u injektabilnim sustavima zbog svoje biorazgradljivosti koja je posljedica bioresorbno PLA segmenta i PEG segmenta topljivog u vodi i postojanog na proteine. PEG također posjeduje iznimna fiziokemijska i biološka svojstva, koja uključuju otapanje ne samo u vodi već i u organskim otapalima, netoksičnost, ne djeluje na imunitet i bubrezi ga mogu filtrirati pri molekularnim masama manjim od 10 000 g/mol. Velik se broj istraživanja koncentrirao na sintezu takvih polimera s galen-

skim sastavom (postupno otpuštanje lijeka i ciljanje na tumore). Tako su Wang i suradnici proučavali kontrolirano otpuštanje etanidazola, spoja koji je izotoksičan za stanice tumora i može kemijski senzibilizirati neke alkalne agense, aktivirajući njihove sposobnosti uništenja tumorskih stanica inkapsuliranih u raspršenim suhim mikrosferama poli(DL-laktid-glikolida) (PLGA) uprešanih u implantirani disk. Razgradnja polimera prevladavajući je mehanizam u otpuštanju lijeka. Nakon početnog otpuštanja od 1 % koji se postiže prvi dan, ukupno otpuštanje tijekom prvoga tjedna manje je od 2 %. Drugi val otpuštanja javlja se nakon mjesec dana i slijedi ga vrlo polagano otpuštanje do konačnog stanja. Uključivanje PEG-a malih molekularnih masa (molekularne mase oko 3 350 g/mol) omogućuje postupno otpuštanje tijekom 2 mjeseca.

Poli(glikolid), poli(laktid) i poliglikolid-kolaktid (PGLA), kao sintetski pripravljena sredstva za spajanje koja se mogu apsorbirati zbog spontane razgradnje, omogućuju

tim polimerima primjenu u proizvodnji čvrstih vlakana. *Dexon*, višestruki PGA, i *Vicryl*, kopolimer koji se sastoji od 8 % PLA i 92 % PGA, navedeni su kao najviše korištena sredstva za spajanje sa sposobnošću apsorpcije. Postoji cijeli niz prednosti biorazgradljivih usadaka kao alternativa do sada korištenim metalnim usadcima. Jedna od njih je osjetljivost većine pacijenata na metale poput nikla te potreba naknadnoga operativnog odstranjivanja metalnih dijelova nakon zacjeljivanja kostiju. Drugi motiv za široku primjenu biorazgradljivih alifatskih poliestera i njihovih kopolimera u biomedicinskoj i farmaceutskoj industriji može se pripisati njihovoj *in vitro* i *in vivo* hidrolitičkoj razgradnji u netoksične produkte.

## LITERATURA:

1. Elkins, C. L. et al.: *Recent trends in macromolecular design*, *Plastics Engineering*, 4/2003, 58-69.

## KALENDAR STRUČNIH SKUPOVA

Priredila: Gordana BARIĆ

## 2006. godina

24. - 25. 1. **Latex 2006**, Frankfurt, Germany  
**Obavijesti:** Dr. Sally Humpreys, Business Manager, Rapra Technology Ltd, Shawbury, Shropshire, SY4 4NR, United Kingdom, Tel.: +44 1939 25 03 83, Faks: +44 1939 25 11 18, E-mail: Shumphreys@rapra.net, www.rapra.net/conferences/latex06/index.asp
14. - 17. 3. **Materials-Energy-Design 2006**, Dublin, Irland  
**Obavijesti:** Doc. dr. sc. Zdravko Schauerl, Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, Ivana Lučića 5, HR-10000 Zagreb, Croatia, Tel./Fax: +385 1 61 57 126, E-mail: zdravko.schauerl@fsb.hr, hdm@fsb.hr, www.dit.ie/DIT/news/events/2006-</MED06-Masch-06.doc
21. - 22. 03. **High Performance Fillers Conference 2006**, Frankfurt, Germany  
**Obavijesti:** Dr. Sally Humpreys, Business Manager, Rapra Technology Ltd, Shawbury, Shropshire, SY4 4NR, United Kingdom, Tel.: +44 1939 25 03 83, Faks: +44 1939 25 11 18, E-mail: Shumphreys@rapra.net, www.rapra.net/conferences/hpfillers06/index.asp
25. - 26. 4. **Joining Plastics 2006**, London, United Kingdom  
**Obavijesti:** Dr. Sally Humpreys, Business Manager, Rapra Technology Ltd, Shawbury, Shropshire, SY4 4NR, United Kingdom, Tel.: +44 1939 25 03 83, Faks: +44 1939 25 11 18, E-mail: Shumphreys@rapra.net, www.rapra.net/conferences/JoiningPlastics06/index.asp
16. - 17. 5. **Blowing Agents and Foaming Processes 2006**, München, Germany  
**Obavijesti:** Dr. Sally Humpreys, Business Manager, Rapra Technology Ltd, Shawbury, Shropshire, SY4 4NR, United Kingdom, Tel.: +44 1939 25 03 83, Faks: +44 1939 25 11 18, E-mail: Shumphreys@rapra.net, www.rapra.net/conferences/blowingagents06/index.asp
28. 5. - 1. 6. **4<sup>th</sup> Croatian Symposium on Electrochemistry**, Primošten, Croatia  
**Obavijesti:** Prof. dr. sc. Ljerka Duić, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zavod za elektrokemiju, Marulićev trg 19, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, Tel.: +385 1 45 97 141, Faks: +385 1 45 97 130, E-mail: lduic@marie.fkit.hr, www.hdki/4HSE/Introduction.htm
3. - 6. 6. **Deutsche Kautschuk-Tagung**, Nürnberg, Germany  
**Obavijesti:** Dipl.-Vw. Fritz Katzensteiner; Deutsche Kautschukgesellschaft e.V., Postfach 90 03 60, D-60443 Frankfurt a. M. Deutschland, Tel.: +49 69 79-36-153, Faks: +49 69 79-36-155, E-mail: info@dkg-rubber.de, www.dkg-rubber.de
19. - 20. 9. **Silicone Elastomers 2006**, Frankfurt, Germany  
**Obavijesti:** Dr. Sally Humpreys, Business Manager, Rapra Technology Ltd, Shawbury, Shropshire, SY4 4NR, United Kingdom, Tel.: +44 1939 25 03 83, Faks: +44 1939 25 11 18, E-mail: Shumphreys@rapra.net, www.rapra.net/conferences/siliconeelastomers06/index.asp
17. - 18. 10. **Plastics Additives – Addcon World 2006**, Cologne, Germany  
**Obavijesti:** Dr. Sally Humpreys, Business Manager, Rapra Technology Ltd, Shawbury, Shropshire, SY4 4NR, United Kingdom, Tel.: +44 1939 25 03 83, Faks: +44 1939 25 11 18, E-mail: Shumphreys@rapra.net, www.rapra.net/conferences/addcon06/index.asp
8. - 9. 11. **Termoplastics Elastomers – TPE 2006**, München, Germany  
**Obavijesti:** Dr. Sally Humpreys, Business Manager, Rapra Technology Ltd, Shawbury, Shropshire, SY4 4NR, United Kingdom, Tel.: +44 1939 25 03 83, Faks: +44 1939 25 11 18, E-mail: Shumphreys@rapra.net, www.rapra.net/conferences/tpe06/index.asp
5. - 6. 12. **RubberChem 2006**, München, Germany  
**Obavijesti:** Dr. Sally Humpreys, Business Manager, Rapra Technology Ltd, Shawbury, Shropshire, SY4 4NR, United Kingdom, Tel.: +44 1939 25 03 83, Faks: +44 1939 25 11 18, E-mail: Shumphreys@rapra.net, www.rapra.net/conferences/rubberchem/index.asp
12. - 14. 12. **The Ravage of the Planet 2006**, Bariloche, Argentina  
**Obavijesti:** Rachel Green, Wessex Institute of Technology, Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton, SO40 7AA, United Kingdom, Tel.: +44 238 029 32 23, Faks: +238 029 28 53, E-mail: rgreen@wessex.ac.uk, www.wessex.ac.uk/conferences/2006/planet06/index.html