

LJUBIŠA NIKOLIĆ<sup>1</sup>  
VESNA NIKOLIĆ<sup>1</sup>  
MIROSLAV STANKOVIĆ<sup>2</sup>  
ZORAN TODOROVIĆ<sup>1</sup>  
ZORICA VUKOVIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tehnološki fakultet,  
Leskovac

<sup>2</sup>IHTM – Centar za katalizu  
i hemijsko inženjerstvo,  
Beograd

NAUČNI RAD

678.7+62-405.8:577.15:541.182.64

## POROZNI POLI(METILMETAKRILAT) I POLI(METILMETAKRILAT-CO-AKRILAMID)

U ovom radu su ispitivane karakteristike dve vrste poroznih polimera: poli(metilmetakrilata) i kopolimera metilmetakrilata i akrilamida. Poli(metilmetakrilat) je sintetisan u suspenziji pri čemu je etilenglikol dimetakrilat iskorišćen kao umreživač, poli(vinilpirolidon) kao zaštitni koloid a benzoil peroksid kao inicijator. Sinteza poli(metilmetakrilat-co-akrilamida) je započeta u emulziji u prisustvu natrijum dioktil sulfosukcinata, nastavljena sol-gel procesom i završila u čvrstom stanju. Kao inicijator je korišćen kalijum persulfat, a tetrametilol glikoluril kao umreživač. Obe vrste sinteze su vođene u prisustvu etil acetata. Dobi-jenim polimerima je određena poroznost, specifična površina i raspodela veličina pora pomoću živine porozimetrije. Iskorišćeni su kao inertni nosači za imobilizaciju enzima i celih ćelija kvasca *Saccharomyces cerevisiae*.

Sinteza poroznih polimera je uvek predmet velikog interesovanja, jer se pri tom dobijaju materijali različite namene. Ako imaju otvorene pore mogu se koristiti kao polazne supstance za dobijanje različitih tipova jonoizmenjivačkih smola, kao adsorbenti, inertni nosači čestica katalizatora, enzima ili celih ćelija mikroorganizama.

Makroporozni kopolimer na bazi metilmetakrilata (MMA) sintetisan suspenzionom kopolimerizacijom sa glicidilmetakrilatom [1–3] može se iskoristiti za selektivnu sorpciju jona metala, a poznata je i sinteza u nadkritičnim uslovima u ugljen dioksidu sol – gel polimerizacijom [4,5]. U patentnoj literaturi Sjedinjenih Američkih Država postoje patenti o poroznom poli(metilmetakrilatu) PMMA kao implantantnom materijalu u humane svrhe [6–8].

Cilj ovog rada je sinteza dva različita makroporozna kopolimera koja su na bazi istog monomera metilmetakrilata. Jedan PMMA, je sintetisan polimerizacijom MMA u suspenziji umrežavanjem sa etilenglikol dimetakrilatom. Drugi makroporozni kopolimer, poli(metilmetakrilat-co-akrilamid), je kopolimer metilmetakrilata i akrilamida, jednog izrazito nepolarnog i jednog izrazito polarnog monomera. Poli(metilmetakrilat-co-akrilamid) je reakcijama kondenzacije umrežen sa tetrametilol glikolurilom da bi nakon odstranjivanja inertnih komponenata koje su služile za stvaranje pora, sintetisani kopolimer zadržao svoju strukturu. Očekuje se da poli(metilmetakrilat-co-akrilamida) ima veću poroznost od makroporoznog PMMA, a da se može iskoristiti u iste svrhe.

Dobijenim makroporoznim kopolimerima je određena poroznost, specifična površina i raspodela veličina pora pomoću živine porozimetrije. Određeni su uslovi za njihovo korišćenje kao inertnih nosača za imobilizaciju enzima i celih ćelija kvasca *Saccharomyces cerevisiae*.

Adresa autora: Ljubiša Nikolić, Tehnološki fakultet, Bulevar oslobođenja 124, 16000 Leskovac, Srbija  
E-mail: nljubisa@yahoo.com  
Rad primljen: Oktobar 3 2006  
Rad prihvaćen: Oktobar 26, 2006

### EKSPERIMENTALNI DEO

Reagensi:

Metilmetakrilat 98%, MMA (Merck, Darmstadt, Germany)

Formaldehid 37% (Merck, Darmstadt, Germany)

Etilenglikol dimetakrilat 98%, EGDM (Aldrich Milwaukee, WI, USA)

Poli(vinilpirolidon), PVP ( $M_w \approx 360.000$ ) (Aldrich Milwaukee, WI, USA)

Benzoil peroksid 97%, BP (Aldrich Milwaukee, WI, USA)

Hidrazin 35% (Aldrich Milwaukee, WI, USA)

Akrilamid 97%, AA (Aldrich Milwaukee, WI, USA)

Natrijum dioktil sulfosukcinat 99%, DOSS (Sigma Chemicals Co., St. Luis, USA)

Glikoluril (tetrahidro-imidazo[4,5-d]imidazol-2,5-dion) 98%, GLY (Aldrich Milwaukee, WI, USA)

Kalijum persulfat 98%, KP (Riedel-de Haën, Seelze, Germany),

Etil acetat 99%, EA (Zorka, Šabac, SR),

$\alpha$ -Amilaza (iz *Bacillus subtilis*; Serva Feinbiochemica GmbH & Co.)

### Sinteza poli(metilmetakrilata) i poli(metilmetakrilat-co-akrilamida)

Porozni poli(metilmetakrilat) je sintetisan postupkom u suspenziji, pri čemu smeša dispergovanih supstanci u organskoj fazi (MMA, EGDM i EA) ne prelazi 10%. Kao zaštitni koloid korišćen je PVP u količini od 1%, kao inicijator BP 1,5% u odnosu na masu monomera, dok su EA i EGDM uzimani u različitim količinama u reakcionoj smeši, a njihovi zapreminski udeli u organskoj fazi su prikazani su u tabeli 1. Vreme trajanja polimerizacije je 4 h na temperaturi od 70°C, a zatim je polimer ispiran i kuvan u vreloj vodi da bi otpario EA.

Sinteza metilol derivata glikolurila izvedena je u rastvoru dinatrijum-hidrogen-fosfata koncentracije 0,01 mol/dm<sup>3</sup> (pH = 9,5) na temperaturi 60°C u toku 1,5 h. Potreban molski odnos glikoluril/formaldehida za dobija-

Tabela 1. Sastav organske faze za sintezu poroznih uzoraka PMMA

Table 1. The composition of the organic phase for the synthesis of porous samples of PMMA

Zapreminski udeo MMA	Zapreminski udeo EGDM	Zapreminski udeo EA
0,637	0,077	0,286
0,589	0,125	0,286
0,492	0,222	0,286
0,732	0,125	0,143
0,404	0,125	0,471

nje tetrametilol-glikolurila (1,3,4,6-tetrakis-hidroksimetil-tetrahydro-imidazo[4,5-d]imidazol-2,5-dion) je bio 1:4.

Sinteza poroznog kopolimera metilmetakrilata i akrilamida izvodena je u emulziji sa sledećim sastavom: DOSS (iznad kritične micelarne koncentracije) 0,2 mas.%, KP 0,82 mas.%, AA 2,28 mas.%, tetrametilol-glikolurila 0,56 mas.%, vode 71,64 mas.% i smeše EA 5,26 mas.% i MMA 19,24 mas.%. Zbog prisutnog akrilamida u vodenoj fazi, a naročito pri zagrevanju zbog uticaja povišene temperature u fazi predpolimerizacije, emulzija i pored dodatog stabilizatora nije u potpunosti stabilna i sporo se raslojava. Reakcija predpolimerizacije vođena je 30 min. na 60°C dok nije dostignuto stanje mekog tečljivog gela, zatim je smeša razlivena u kalupe željenih oblika (ako su potrebne čestice većih dimenzija, npr. reda veličine nekoliko mm, sferne, cilindrične, u obliku pločica i sl.) i nastavljena je polimerizacija reakcione smeše sol-gel procesom. Obrada čestica kopolimera vršena je zagrevanjem u destilovanoj vodi na temperaturi do 80°C. Vreme zagrevanja na ovoj temperaturi je bilo 30 min. Pri tome etilacetat, koji je inkorporiran uglavnom između segmenata koje čine monomerne jedinice metilmetakrilata, otparava i izlazi iz polimera. U isto vreme, zaostale količine inicijatora završavaju reakciju polimerizacije i počinje reakcija kondenzacije hemijskih grupa radi stvaranja poprečnih veza u polimernom materijalu, čime će se uspostaviti i fiksirati trodimenzionalna mreža polimernih lanaca. Pri tom je vršeno i ispiranje polimernog materijala od primenjenog emulgatora i zaostalih količina nepolimerizovanih monomera. Dalja obrada polimernog materijala vršena je zagrevanjem u destilovanoj vodi uz mešanje. Zapremina vode prema zapremini polimera koji se obrađuje je 2:1 u svakoj šarži i vršena je zamena vode posle prve faze zagrevanja. U drugom stadijumu je primenjen linearni program uvećanja temperature sa 0,5 stepena/min do temperature ključanja vode, a zatim je na temperaturi ključanja držano 20 min. Zagrevanje polimernih čestica izvođeno je suvim zagrevanjem vazduhom temperature od 130°C, čime je u potpunosti završena reakcija umrežavanja, izvršeno je potpuno fiksiranje nagrađene polimerne mreže, pore se definitivno otvore, i izvršeno je potpuno sušenje polimernog materijala [9,10].

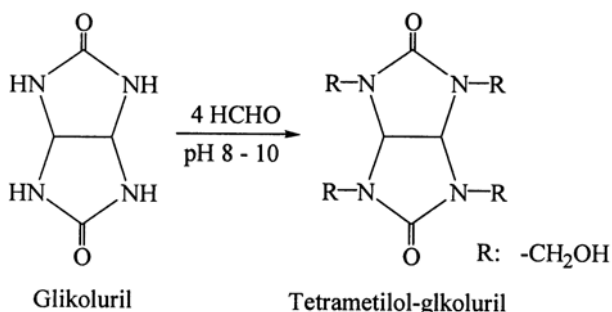
## Karakterizacija dobijenih polimera

**Živina porozimetrija.** Na živinom porozimetru Carlo Erba 2000 određena je kumulativna raspodela zapremine pora po veličini pora, specifična površina i ukupna poroznost za uzorke poroznog polimera.

**SEM mikroskopija.** Uzorak polimera je pripremljen tehnikom katodnog raspršivanja pomoću raspršivača jona JEOL JFC-1100E. Time je na površinu uzorka polimera nanešen tanak sloj zlata od nekoliko nm. SEM mikroskopija je urađena na skenirajućem elektronskom mikroskopu JEOL JSM - 5300

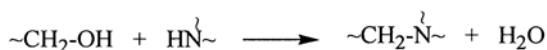
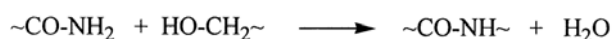
## REZULTATI I DISKUSIJA

Reakcija sinteze kopolimera metilmetakrilata i akrilamida počinje sintezom umreživača, tetrametilol-glikolurila, koja se odvija u baznoj sredini, pri čemu su reaktanti glikoluril i formaldehid.

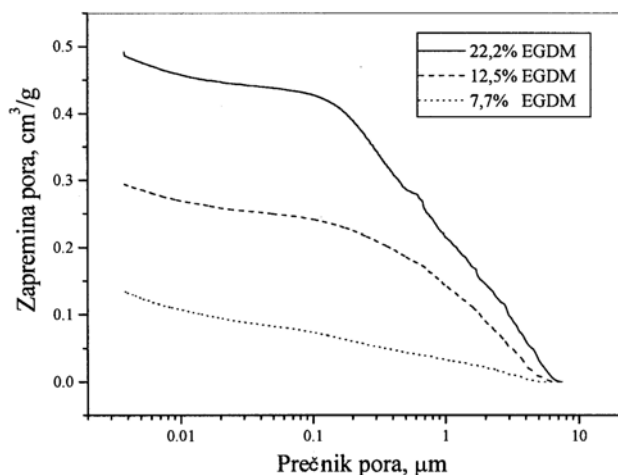


S obzirom na odnos vodene i organske faze 2,92:1, početna struktura emulzije za sintezu kopolimera poli(metilmetakrilat-co-akrilamida) je voda u ulju, jer se emulzija ulje u vodi gradi tek pri odnosu vodene i organske faze većem od 4:1 [11]. Organsku fazu čini smeša metilmetakrilata i etilacetata. U vodenoj fazi se nalazi inicijator, akrilamid i umreživač. Na površini dodira faza se nalazi emulgator. Ovakva raspodela sastojaka emulzije do formiranja gela u predpolimerizaciji je indikativna za stvaranje blok kopolimera.

Nakon završene faze polimerizacije, u stvaranju poprečnih veza među lancima polimera učestvuju amidne grupe iz poliakrilamida i metilolne grupe iz tetrametilol-glikolurila, a reakcije se odvijaju na temperaturi iznad 90°C:

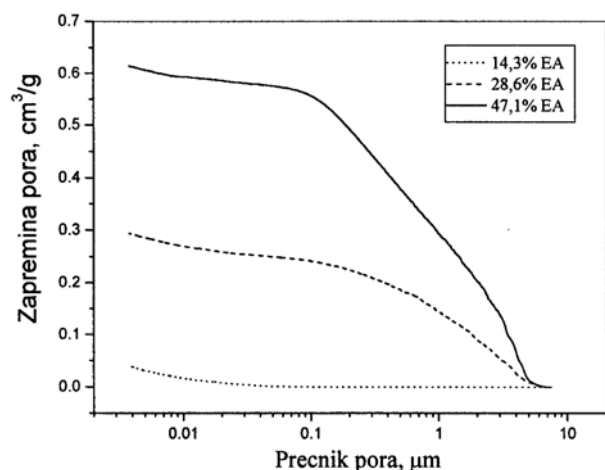


Struktura kopolimera se može odrediti pomoću više metoda. Prvi pokazatelj da se radi o umreženom polimernom materijalu je ispitivanje na rastvaranje. Uzorci sintetisanog umreženog kopolimera su potapani u vodu i nepolarne organske rastvarače (ksilen, toluol, hloroform, ugljendetrahlorid), alkohole (metanol, etanol, n-



Slika 1. Kumulativne krive raspodele zapremine pora uzoraka poroznog PMMA umreženih različitim količinama EGDM (uslovi reakcije: 28,6% EA, 1% PVP, 1,5% BP, 4 h, 70°C)

Figure 1. Cumulative pore volume distribution curves of porous PMMA samples crosslinked with different amounts of EGDM (reaction conditions: 28,6% EA, 1% PVP, 1,5% BP, 4 h, 70°C).

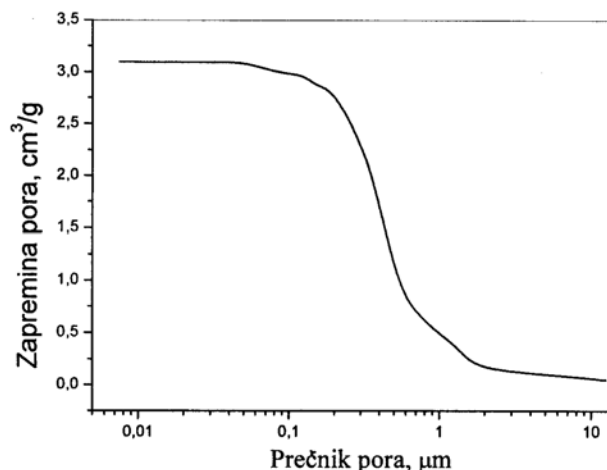


Slika 2. Kumulativne krive raspodele zapremine pora za uzorke poroznog PMMA sintetisane uz korišćenje različitih količina inerte komponente, EA (uslovi reakcije: 12,5% EGDM; 1% PVP, 1,5% BP, 4 h, 70°C)

Figure 2. Cumulative pore volume distribution curves of porous PMMA samples synthesized in the presence of different amounts of inert component, EA (reaction conditions: 12,5% EGDM; 1% PVP, 1,5% BP, 4 h, 70°C).

propanol), u piridin i tetrahidrofuran, i nakon dužeg mešanja (i do 24 h) konstatovano da se kopolimer ne rastvara i ne bubri u primenjenim rastvaračima.

Rezultati dobijeni živinom porozimetrijom prikazani su u obliku kumulativne raspodele zapremina pora u zavisnosti od prečnika pora za PMMA koji je sintetisan sa promenljivim sadržajem EGDM-a, uz konstantnu koncentraciju EA-a (slika 1) i sa promenljivom koncentracijom EA-a uz konstantnu koncentraciju EGDM (slika 2), dok je na slici 3 prikazana kumulativna kriva raspodele veličine pora poroznog poli(metilmetakrilat-co-akrilamida)



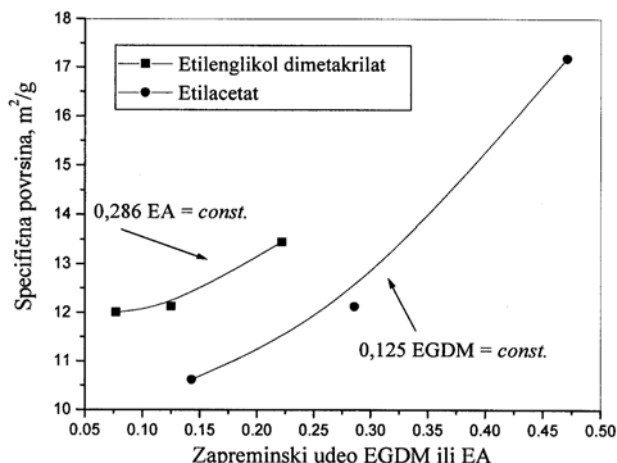
Slika 3. Kumulativna kriva raspodele zapremine pora poroznog poli(metilmetakrilat-co-akrilamida) umreženog sa tetrametilol glikolurilom

Figure 3. Cumulative pore volume distribution curve of porous poly(methyl methacrylate-co-acrylamide) crosslinked by tetramethylol glycoluril

da). Sa slike 1 se može videti da se sa povećanjem koncentracije EGDM-a (od 7,7 do 22,2 mas.%) uz konstantnu koncentraciju EA, dobija veća ukupna poroznost PMMA. Iako je ista koncentracija EA (28,6 mas.%) kao inertnog sredstva za stvaranje pora, dobijeni su uzorci PMMA sa različitim zapreminom pora jer se prilikom procesa stvaranja pora i isparavanja EA kod uzoraka sa manjom koncentracijom EGDM-a zbog malog broja veza umreženja kontrahovao PMMA. Veća koncentracija EGDM-a je stvorila veći broj veza umreženja i stabilizovala početnu strukturu. S druge strane, razumljivo je povećanje ukupne zapremine pora sa povećanjem koncentracije EA-a, kao što pokazuju rezultati sa slike 2. Najveću kumulativnu zapreminu pora pokazuje uzorak kopolimera poli(metilmetakrilat-co-akrilamida) umreženog sa tetrametilol glikolurilom, 3,2 cm<sup>3</sup>/g. Razlog je verovatno u tome što se ovakva struktura može dobiti sa velikim učešćem inertnih komponenti u reakcionoj smeši koje ne otežavaju izvođenje polimerizacije i dobijanje kopolimera praktično u bloku, a u isto vreme i veliki broj ostvarenih veza umreženja, s obzirom da u njima učestvuju tetrafunkcionalni molekuli tetrametilol-glikolurila i amidne grupe iz akrilamida.

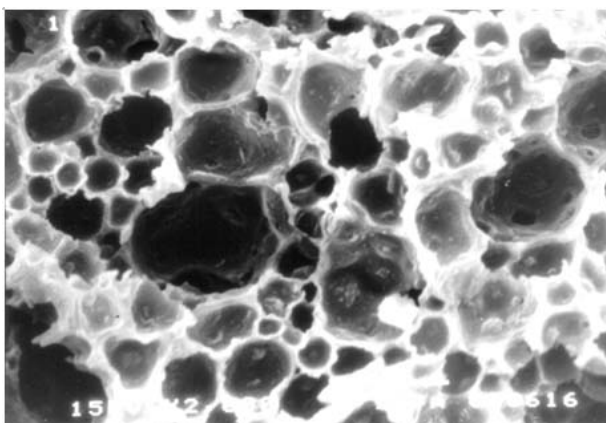
Na slici 4 prikazana je promena specifične površine sintetisanih uzoraka PMMA. Evidentno je povećanje specifične površine PMMA sa povećanjem koncentracija EA i EGDM.

Deo strukture poroznog poli(metilmetakrilat-co-akrilamida) umreženog sa tetrametilol glikolurilom prikazan je na SEM fotografiji na slici 5. Pored obilja malih pora primećuje se prisustvo i veoma velikih pora reda veličine 10 μm, što pruža mogućnosti za korišćenje ovakvog polimernog materijala za imobilizaciju ne samo enzima već i celih ćelija, kao što su npr. ćelije kvasca *Saccharomyces cerevisia*. Takav sistem sa imobilisanim



Slika 4. Promena specifične površine poroznog PMMA u zavisnosti od udela EGDM-a (kada je udeo EA konstantan) ili EA-a (kada je udeo EGDM konstantan)

Figure 4. Change of the porous PMMA specific surface, depending on the EGDM fraction (when the EA fraction was constant) or EA (when the EGDM fraction was constant)



Slika 5. SEM fotografija poroznog poli(metilmetakrilat-ko-akrilamida) umreženog tetrametilol glikolurilom; uvećanje 2000x, bar = 10 μm.

Figure 5. SEM micrograph of porous poly(methyl methacrylate-co-acrylamide) crosslinked by tetramethyl glycoluril; magnified x2000, bar = 10 μm.

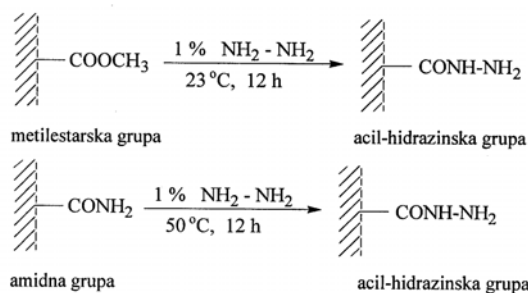
ćelijama kvasca *Saccharomyces cerevisiae* je iskorišćen za fermentaciju glukoze u etanol [12].

Polimer-analogne reakcije, na površini uzoraka poli(metilmetakrilata) ili poli(metilmetakrilat-ko-akrilamida), koja je dostupna kvašenju, izvode se sa hidrazinom [13,14]. Iz poli(metilmetakrilata) metilestarska grupa, a iz kopolimera obe grupe (metilestarska i amidna) mogu reagovati sa hidrazinom. U oba slučaja kao rezultat se dobija acil-hidrazinska grupa, koja se daljim reakcijama, kao što je prikazano na šemi, može prevesti u acil-azidnu. Acil-azidna grupa spontano reaguje na relativno niskim temperaturama (4°C) sa amino grupama, koje se uvek mogu naći na velikim molekulima proteina (pa i enzima) a koje potiču od aminokiselina u njihovom sastavu kao što su lizin, asparagin, glutamin i sl. Time se kova-

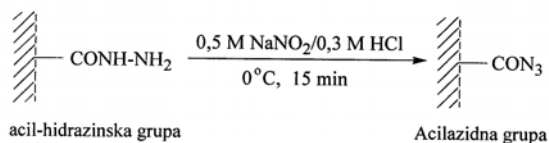
Tabela 2. Uporedni prikaz parametara za porozne polimere  
Table 2. Comparative presentation of porous polymer parameters

Parametar	Poli (metilmetakrilat)	Poli(metilmetakrilat-co-akrilamid)
Kumulativna zapremina pora, cm <sup>3</sup> /g	0,05 – 0,61	3,2
Najzastupljenije pore prečnika, μm	0,1 – 5	0,2 – 2
Specifična površina, m <sup>2</sup> /g	10,5 – 17,2	22,7
Grupe dostupne za polimer analogne reakcije (određene reakcijom sa hidrazinom), %	10	25

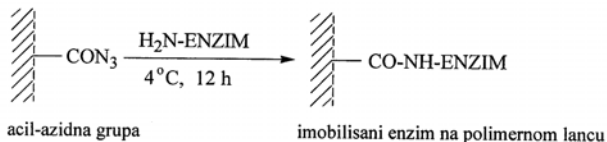
leno imobilise molekul enzima na čvrstu česticu polimera. Ista grupa na polimeru se može iskoristiti i za povezivanje sa drugim jedinjenjima koja sadrže amino grupe. Iz promene koncentracije rastvora hidrazina (što se meri pH-metrijskom titracijom hidrazina rastvorom HCl-a) pre i posle reakcije sa polimerom, može se odrediti količina proreagovanih grupa na polimeru koje su dostupne rastvoru hidrazina za reagovanje (tabela 2).



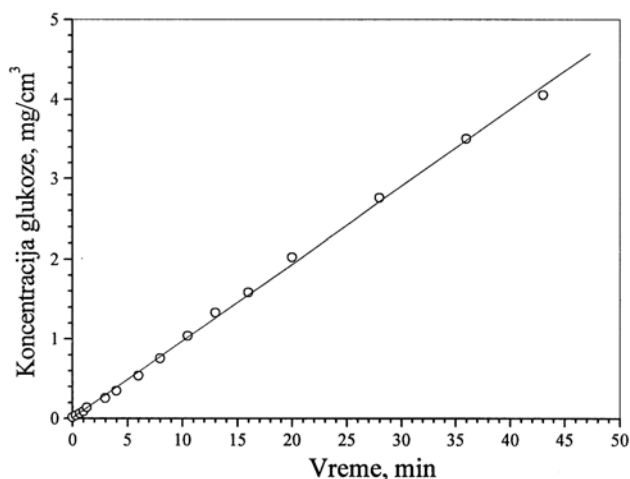
Ispiranje bidestilovanom vodom na 0°C.



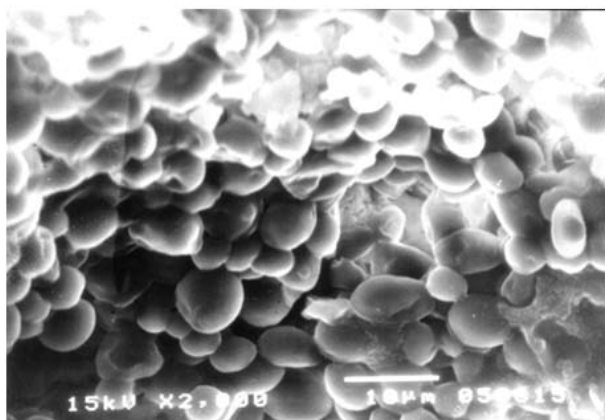
Ispiranje fosfatnim puferom, pH 7,5, 50 mM, a zatim kuplovanje sa enzimom:



Imobilisani enzim ( $\alpha$ -amilaza) u šaržnom postupku razgrađuje skrob iz 2%-tnog rastvora do glukoze čija se koncentracija meri spektrofotometrijski pomoću pikrinske kiseline u natrijum karbonatu. Iz količine izdvojene glukoze u toku vremena (slika 6) određuje se brzina hidrolize skroba, koja iznosi 0,394 mg skroba/min-g poli-



Slika 6. Koncentracija glukoze iz skroba hidrolizovanog pomoću imobilisane  $\alpha$ -amilaze na poroznom poli(metilmetakrilatu)  
Figure 6. Glucose concentration from hydrolyzed starch by  $\alpha$ -amylase enzyme immobilized on porous poly(methyl methacrylate).



Slika 7. SEM fotografija poroznog poli(metilmetakrilat-co-akrilamida) sa imobilisanim ćelijama kvasca *Saccharomyces cerevisiae*, uvećanje 2000x, bar = 10  $\mu$ m  
Figure 7. SEM micrograph of crosslinked porous copolymer with immobilized yeast *Saccharomyces cerevisiae* cells, magnified x2000, bar = 10  $\mu$ m.

mera. Posle 28 dana brzina hidrolize skroba je opala na 0,321 mg skroba /min-g polimera.

Na slici 7 je prikazana SEM fotografija poroznog poli(metilmetakrilat-co-akrilamida) kao primer korišćenja kopolimera kao inertnog nosača za imobilizaciju celih ćelija kvasca *Saccharomyces cerevisiae*, pri čemu je ceo sistem iskorišćen za fermentaciju glukoze u etanol u bioreaktoru sa vibracionom mešalicom [12].

## ZAKLJUČAK

Izvršena je sinteza makroporoznog umreženog poli(metilmetakrilata) i kopolimera metilmetakrilata i akrilamida, poli(metilmetakrilat-co-akrilamida). Pokazano je

da se sa povećanjem koncentracija agensa za umrežavanje i inertne komponente za stvaranje pora povećava i ukupna zapremina pora određena živinom porozimetrijom. Prisustvo malih količina akrilamida (do 10% od mase kopolimera) znatno uvećava kumulativnu zapreminu pora, s tim što se postupak sinteze takvog kopolimera mora izvoditi po proceduri koja se bitno razlikuje od suspenzione polimerizacije kakva se promjenjuje za sintezu poroznog PMMA korišćenjem EGDM kao umreživača. Dobijeni poli(metilmetakrilat) i poli(metilmetakrilat-co-akrilamid) mogu se iskoristi za imobilizaciju enzima (i drugih jedinjenja koja imaju slobodnu amino grupu), dok se u poroznom poli(metilmetakrilat-co-akrilamidu) mogu imobilisati i cele ćelije živih mikroorganizama.

Ovaj rad je rezultat projekta TR-6708B koga finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne okoline Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] S. Jovanović, A. Nastasović, N. Jovanović, K. Jeremić, Z. Savić, The influence of inert component composition on the porous structure of glycidyl methacrylate/ethylene glycol dimethacrylate copolymers, *Angew. Makromol. Chem.* **219** (1994) 161-168.
- [2] S. Jovanović, A. Nastasović, T. Novaković, N. Jovanović, Uticaj sastava inertne komponente na parametre porozne strukture GMA-co-EGDMA, *Hem. Ind.* **53** (1999) 372-376.
- [3] S. Jovanović, A. Nastasović, N. Jovanović, T. Novaković, Z. Vuković, K. Jeremić, Synthesis, properties and applications of crosslinked macroporous copolymers based on methacrylates, *Hem. Ind.* **54** (2000) 471-479.
- [4] A. Cooper, C. Wood, A. Holmes, Synthesis of Well-Defined Macroporous Polymer Monoliths by Sol-Gel Polymerization in Supercritical CO<sub>2</sub>, *Ind. Eng. Chem. Res.* **39** (2000) 4741-4744.
- [5] A. Cooper, Polymer synthesis and processing using supercritical carbon dioxide, *J. Mater. Chem.*, **10** (2000) 207-234.
- [6] D.C. MacGregor, Cardiovascular prosthetic devices and implants with porous systems, US Patent 4,101,984 (1978).
- [7] D.C. MacGregor, Cardiovascular prosthetic devices and implants with porous systems, US Patent 4,627,836 (1986).
- [8] A.J. Russell, Protein-containing polymers and a method of synthesis of protein-containing polymers in organic solvents, US Patent 5,482,996 (1996).
- [9] Lj. Nikolić, D. Skala, V. Nikolić, J. Stamenković, D. Babić, S. Ilić-Stojanović, Methyl Methacrylate and Acrylamide Crosslinked Macroporous Copolymers, *Journal of Applied Polymer Science*, **91** (2004) 387-395.
- [10] Lj. Nikolić, V. Nikolić, D. Skala, J. Stamenković, V. Veljković, M. Lazić, Makroporozni kopolimer metilmetakrilata i akrilamida, postupak sinteze i korišćenje kao nosača za mikroorganizme i enzime, P-606/02 (2002)
- [11] T.F. Brownscombe, W.P. Gergen, M.R. Bass, M. Mores, K.P. Wong, Process for preparing low density porous crosslinked polymeric materials, US Patent 5,189,070 (1993)

- [12] Lj. Nikolić, Povratno mešanje tečne faze i kinetika procesa alkoholne fermentacije u trofaznom bioreктору sa vibracionom mešalicom, Doktorska teza, Univerzitet u Nišu, 2003.
- [13] K. Mosbach, *Methods in Enzymology*, Academic Press, London, 1988 p. 24-26
- [14] J. Woodward, *Immobilised Cells and enzymes*, Prevod na ruski jezik, MIR Moskva, 1988, str. 89-90

## SUMMARY

### POROUS POLY(METHYLMETHACRYLATE) AND POLY(METHYLMETHACRYLATE-CO-ACRYLAMIDE)

(Scientific paper)

Ljubiša Nikolić<sup>1</sup>, Vesna Nikolić<sup>1</sup>, Miroslav Stanković<sup>2</sup>, Zoran Todorović<sup>1</sup>, Zorica Vuković<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Technology, Bulevar oslobođenja 124, 16000 Leskovac

<sup>2</sup>CTM – Center for catalysis and chemical engineering, Njegoševa 12, 11000 Belgrade

The characteristics of two types of porous polymers: poly(methyl methacrylate) and copolymers of methyl methacrylate and acrylamide were investigated in this study. Poly(methyl methacrylate) was synthesized in suspension, using ethylene glycol dimethacrylate as the cross-linking agent, poly(vinyl pyrrolidone) as the protective colloid, and benzoyl peroxide as the initiator. The synthesis of poly(methyl methacrylate-co-acrylamide) was initiated in emulsion in the presence of dioctyl sulfosuccinate sodium salt, followed by a sol-gel process, and completely reacted to the solid state. Potassium persulfate was used as the initiator, and tetramethylol glycoluril as the cross-linking agent. Both types of syntheses were carried out in the presence of ethyl acetate. The porosity, specific surface and distribution of the pore sizes of the obtained polymers were determined by mercury porosimetry. The polymers were used as inert carriers for the immobilization of enzymes and whole cells of *Saccharomyces cerevisiae* yeast.

Key words: Poly(methyl methacrylate) • Poly(methyl methacrylate-co-acrylamide) • Porous polymers • Specific surface • Immobilization of enzymes •

Ključne reči: Poli(metilmetakrilat) • Poli(metil metakrilat-co-akrilamid) • Porozni polimeri • Specifična površina • Imobilizacija enzima •