

PREGLED TEHNIČKE LITERATURE I DOKUMENTACIJE

Uređuje: Domagoj Vrsaljko



ORGANSKA KEMIJSKA INDUSTRIJA

Kotiba Hamad i sur.

Mješavine PLA:

budućnost zelene, lagane i žilave plastike

(Polylactic acid blends:

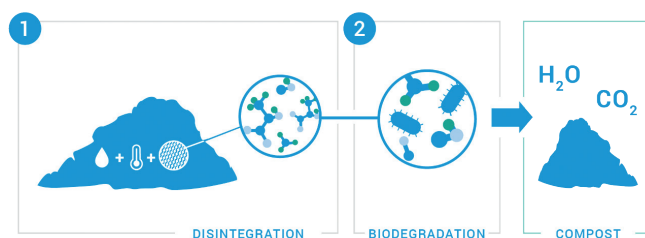
the future of green, light and tough)

Poli(mliječna kiselina) ili polilaktid (PLA) je biorazgradljivi plastomerni alifatski poliester formule $[-C(CH_3)HC(=O)O-]_n$. Jedan od načina dobivanja je kondenzacijom mliječne kiseline $CH_3CH(OH)COOH$ uz gubitak vode. PLA se osim kondenzacijom mliječne kiseline može pripremiti, što u praksi i jest najvažniji postupak, polimerizacijom otvaranja prstena laktida, cikličkog dimera, osnovne jedinice koja se ponavlja.

PLA je privukao veliku pozornost tijekom posljednjih 20 godina zbog svoje dobre obradivosti i svojstava u usporedbi s drugim biorazgradljivim polimerima. Uz to, njegova su svojstva usporediva, a neka čak i bolja od svojstava polimera dobivenih iz nafte, poput polietilena (PE), polipropilena (PP), polistirena (PS), polikarbonata (PC) i poli(etilen-tereftalata) (PET). Primjerice, u usporedbi s PS-om, PLA pokazuje visoku čvrstoću i žilavost, ali i loša barijerna svojstva propusnosti plinova poput vodene pare i metana. Na početku razvoja PLA-e posebna pažnja posvećena je razvoju novih metoda i tehnika polimerizacije kojima bi se postigla PLA velikih molekulskih masa. Polimerizacija otvaranjem prstena laktidnih monomera primijenjena je za sintezu PLA materijala s velikom molekulskom masom (većom od $\sim 100\,000\text{ g mol}^{-1}$) i poboljšanih svojstava. Taj postupak tvrtka NatureWorks Co. primjenjuje od 2003. godine za proizvodnju jeftinih PLA materijala (jeftinijih od 2,5 USD/kg). Unatoč dostupnosti i poboljšanim svojstvima, PLA još uvijek ima niz nedostataka koji ograničavaju njezinu primjenu za neke namjene. Na primjer, iako je

žilavost PLA-e veća od one PS-a, i dalje je niža od žilavosti PET-a i PC-a; što ograničava primjenjivost PLA-e kao strukturnog materijala. Osim toga, biomedicinska primjena PLA-e ograničena je njezinom malom brzinom biorazgradnje te hidrofobnošću.

Modifikacija svojstava materijala na osnovi PLA-e miješanjem polimera radi postizanja pogodnih svojstava za različite primjene posljednjih nekoliko godina dobiva značajnu pozornost. Cilj ovog rada je sažeti dostupne informacije o razvoju proizvodnje i svojstvima polimernih mješavina na osnovi PLA-e. Osim toga, raspravlja se i o strategijama miješanja i kompatibilizacije polimernih mješavina na osnovi PLA-e te su navedeni postupci pripreme i karakterizacije PLA smjesa s biorazgradljivim i nerazgradljivim polimerima. Na kraju su predstavljeni rezultati ispitivanja biorazgradnje, mehanička svojstva i dugoročni potencijal polimernih mješavina na osnovi PLA-e.



Slika 1 – Biorazgradljivost je sposobnost biološke razgradnje organskih materijala od strane živih organizama do osnovnih tvari kao što su voda, ugljikov dioksid, metan, osnovni elementi i biomasa. Vлага i toplina u kompostu cijepaju polimerne lance, stvarajući manje polimere i na kraju mliječnu kiselinu. Mikroorganizmi u kompostu i tlu troše manje fragmente polimera i mliječne kiseline kao hranjive tvari. Budući da je mliječna kiselina široko pronađena u prirodi, velik broj organizama sposoban je metabolizirati mliječnu kiselinu (izvor: <https://www.natureworkslc.com/>).

Prog. Polym. Sci. 85 (2018) 83–127

Wei Zhang i sur.

Elektrovodljivi hidrogelovi

za fleksibilne sustave za pohranu energije

(Electrically conductive hydrogels

for flexible energy storage systems)

Gelom se smatra elastična polimerna mreža ispunjena tekućinom. Hidrogel se, stoga, sastoji od vode i mreže hidrofilnih polimernih lanaca. Za sposobnost bubrenja i zadržavanja velikog dijela vode zaslužne su hidrofilne funkcionalne skupine vezane na hidrogelnu polimernu okosnicu; dok se otpor otapanju može pripisati umreženoj hidrogelnoj strukturi, gdje kohezijske sile generirane kovalentnim vezama između polimernih lanaca sprječavaju daljnji prodor vode. Elektrovodljivi hidrogelovi (engl. *electrically conductive hydrogels*, ECH) nova su klasa hidrogelova koji kombiniraju hidrofilnu maticu s elektrovodljivim punilima, poput metalnih nanočestica, vodljivih polimera ili materijala na osnovi ugljika.

Za napajanje nosivih elektroničkih uređaja dizajnirani su različiti fleksibilni sustavi za pohranu energije koji rade u



Slika 2 – Hidrogel je mreža hidrofilnih polimernih lanaca ispunjena vodom. S reverzibilnom sposobnošću bubrenja, elektrovodljivi hidrogelovi mogu se dizajnirati za izmjenu tekućine ili promjenu volumena s kontroliranim odgovorima na promijenjene okolišne uvjete, poput električnog ili magnetskog polja, svjetlosti i ionske vodljivosti. Zbog toga je raspon teoretske primjene elektrovodljivih hidrogelova vrlo širok, od obnovljivih izvora energije, fleksibilne elektronike i inženjerstva zaštite okoliša do medicinskih uređaja i sustava za isporuku lijekova (izvor: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogel>).

uvjetima uzastopnog savijanja, istezanja i uvijanja. Superkondenzatori i baterije smatraju se najperspektivnijim izvorima energije za nosivu elektroniku; međutim moraju biti elektrokemijski održivi i mehanički robusni. Elektrovodljivi hidrogelovi, kombinirajući električna svojstva vodljivih materijala s jedinstvenim značajkama hidrogela, idealni su za projektiranje i izradu fleksibilnih superkondenzatora i baterija. Elektrovodljivi hidrogelovi dovoljno su fleksibilni za izdržavanje velikih mehaničkih deformacija; u sebi mogu sadržati veliku količinu otopine elektrolita u 3D nanostrukturiranoj vodljivoj

mreži, pružajući iznimno veliku površinu za potrebne elektrokemijske reakcije. Ovaj rad daje pregled materijala i postupaka izrade elektrovodljivih hidrogelova, demonstrirajući napredak teorije perkolacije u materijalima za elektrovodljive hidrogelove, a zatim predstavlja i njihovu učinkovitu primjenu u fleksibilnim sustavima za pohranu energije te raspravlja o izazovima i mogućnostima u tom području.

Prog. Polym. Sci. 88 (2019) 220–240

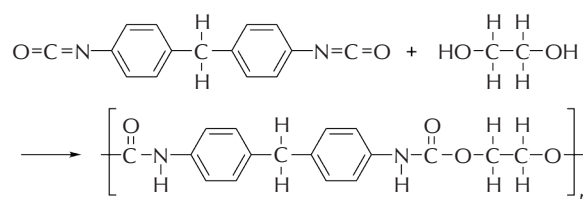
Fengwei Xie i sur

Degradacija i stabilizacija poliuretanskih elastomera

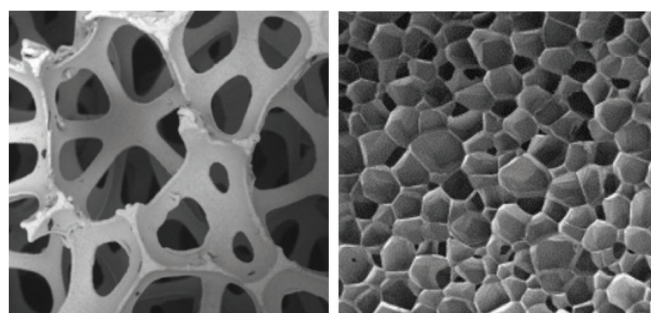
(Degradation and stabilization of polyurethane elastomers)

Poliuretani (PU) su vrlo svestrana skupina polimera zbog niza kemikalija koje se mogu upotrebljavati u njihovoj sintezi, što rezultira mnoštvom struktura i svojstava. Poliuretanski elastomeri upotrebljavaju se u širokom spektru krajnjih tržišta kao što su obuća, transport, kotači, građevinarstvo, strojevi, sportska oprema, električna i elektronička, pomorska i druge specijalne primjene. Uz to, poliuretanski elastomeri imaju kombinaciju izvrsnih mehaničkih, fizikalnih i kemijskih svojstava te iznimne biokompatibilnosti. Upravo je to razlog da su poliuretanski materijali također popularni u biomedicinskoj primjeni, posebno u izdržljivim predmetima vezanim uz kardiovaskularne sustave poput vrećica s krvlju, vaskularnih katetera i graftova, ventrikularnih pomoćnih mjehura, umjetne dijafragme srca, cijelog umjetnog srca, arteriovenskih šantova, elektrostimulatora srca i srčanog zaliska.

Ovaj rad predstavlja sveobuhvatan pregled literature o raznim vrstama degradacije poliuretanskih elastomera, uključujući foto-, toplinsku, ozonolitičku, hidrolitičku, kemijsku, enzimsku, *in-vivo/in-vitro* oksidativnu, biološku i mehaničku degradaciju. Sažeti su podatci o stabilnosti poliuretanskih elastomera na osnovi različitih građevnih blokova makrodijola (poliester, polieter, polikarbonat, polibutadien i poliizobutilen), izocijanata (aromatski i alifatski) i produživači lanca (dioli, trioli i diamini) te su predstavljeni različiti mehanizmi razgradnje. Izbor komponenti znatno utječe ne samo na strukturu i svojstva materijala već i na dugoročnu stabilnost materijala. Naveden je i prodiskutiran niz stabilizatora, uključujući organske i anorganske aditive za bolju stabilnost protiv različitih vrsta degradacije, s naglaskom na njihovu učinkovitost i mehanizme djelovanja. Također se objavljuje perspektiva novih poliuretanskih materijala sa željenim strukturama i svojstvima u kombinaciji s iznimnom stabilnošću.



Slika 3 – Poliuretanski polimeri sastoje se od organskih jedinica spojenih uretanskim vezama. Uretani nastaju reakcijom između izocijanata ($R-N=C=O$) i alkohola ($R-OH$), pa oni različitim ljudima znače različite stvari. Za kemičara su polimeri koji sadrže uretanske skupine ($-NH-CO-O-$) proizvedene reakcijom poliola s izocijanatom, inženjeru su oni materijali koji nude kombinaciju jedinstvenih svojstava koja proizvodima omogućuju zadovoljenje niza zahtjevnih primjena, a za ekonomista su to materijali koji su vrlo isplativi i za obradu i za upotrebu. Poliuretani mogu biti ili termoreaktivni ili plastomerni, što će ovisiti o različitim kemijskim strukturama koje mogu postojati u poliuretanu (izvor: <https://en.wikipedia.org/wiki/Polyurethane>).



Slika 4 – Poliuretani se često upotrebljavaju u obliku pjene koja može biti otvorenih (lijeva slika) ili zatvorenih ćelija (desna slika). Razumijevanje razlika između pjene otvorenih ili zatvorenih ćelija može biti presudno za ispravno funkcioniranje proizvoda. Izolacijski materijali od poliuretanske pjene izrađeni su od dvije komponente koje se pjene nakon što dođu u kontakt. Tijekom ekspanzije stvaraju se mjehurići. U otvorenoj pjeni s raspršenim ćelijama mjehurići pucaju, ostavljajući iza sebe samo nosače – mjesto na kojem su se dva mjehurića dodirivala, a ako mjehurići ne pucaju, stvaraju se međusobno povezane zatvorene ćelije (izvor: <https://www.jm.com/>).

Prog. Polym. Sci. 90 (2019) 211–268

Christos L. Chochos i sur.

Trenutačno stanje, izazovi i perspektive polimernih poluvodiča visokih performansi za organske fotonaponske module

(Current status, challenges and future outlook of high performance polymer semiconductors for organic photovoltaics modules)

Jedinstvena svojstva organskih fotonaponskih modula (engl. *organic photovoltaics*, OPV), poput mehaničke fleksibilnosti, prozirnosti i procesne sposobnosti, čine ih primjenjivima na mnogim područjima. Sukladno tome, tehnologija organskih fotonaponskih modula i dalje se pojavljuje kao stvarna alternativa za određene programe za koje je dodana funkcionalnost već postojećim elementima ključna prodajna točka. Prijenosna/fleksibilna/nosiva elektronika i integrirani fotonaponski elementi za gradnju neki su od najznačajnijih primjera u rješavanju te tehnologije. Mogućnost proizvodnje modula brzinom do nekoliko metara u sekundi, uz nisku cijenu i brze proizvodne tehnike, omogućuje prevlačenje fotoaktivnog područja u jednom danu, za što je u proizvodnom pogonu sa silicijem trebala cijela godina.

Tijekom godina postignut je velik napredak počevši od ranih laboratorijskih izvještaja, kroz viziju jeftine fotonaponske tehnologije početkom devedesetih, pa sve do prijelaza tisućljeća u kojem je učinkovitost konverzije tih modula porasla na oko 1 %. Organski fotonaponski moduli trenutačno postižu učinkovitost pretvorbe energije od približno 5 % (uređaji s jednim spojem), koji su prikladni samo na tržišnim nišama koje zahtijevaju lagane i fleksibilne module kao što je tržište potrošačke elektronike. Međutim, očekuje se značajan porast učinkovitosti pretvorbe energije tehnologije fotonaponskih modula zbog kontinuiranog poboljšanja polimera visokih performan-

si, boljeg razumijevanja fotofizičkih mehanizama, morfologije tankog filma i samostalnog sastavljanja lanca polimera u glavni aktivni sloj. U ovom pregledu sumiran je napredak na polju konjugiranih polimera visokih performansi identificiranjem prikladnih polimera za jednostavnu sintezu pri čemu se dobivaju materijali visokih čistoća. To je vrlo važan napredak s obzirom na to da se kemija funkcionalno konjugiranih polimera suočava s velikim izazovima, a prikladni materijali moraju postići širok spektar specifikacija da bi postali odgovarajući izbor za fotonaponske module velike učinkovitosti.



Slika 5 – Tvrtka Solvis jedna je od hrvatskih tvrtki koja se bavi proizvodnjom klasičnih fotonaponskih modula. Fotonaponski moduli upotrebljavaju se za pretvorbu svjetlosti u električnu energiju pomoću poluvodičkih materijala koji pokazuju fotonaponski učinak, fenomen proučavan u fizici, fotokemiji i elektrokemiji. Fotonaponski učinak komercijalno se primjenjuje za proizvodnju električne energije, ali i kod fotosenzora (izvor: <https://solvis.hr/>).

Prog. Polym. Sci. 91 (2019) 51–79



HDKI
HRVATSKO DRUŠTVO
KEMIJSKIH INŽENJERA I
TEHNOLOGA

Srećko Tomas
RUŽIČKINI DANA
40 godina VUKOVAR 1978. – 2018.

Knjigu je moguće kupiti po cijeni od **200,00 kn**
(PDV uključen).

Narudžbe se primaju telefonom (095/9060–959) ili
elektroničkom poštom (hdki@hdki.hr)

Studenti ostvaruju **50 %** popusta uz predočenje
indeksa, a članovi Društva **20 %**.