



## PRIOPĆENJE ZA MEDIJE

Petra Buljević Zdjelarević / Ured za odnose s javnošću  
Institut Ruđer Bošković / +385 99 267 9514 / @buljevic@irb.hr

# Nova metoda za učinkovitu razgradnju PET plastike

*Iako je Međunarodna unija za čistu i primijenjenu kemiju 2019. godine uvrstila mehanokemiju među deset kemijskih inovacija koje će promijeniti svijet, učinkovita mehanokemijska razgradnja PET-a još nije bila opisana u znanstvenoj literaturi, sve do sada!*

**Zagreb, 25. 2. 2021.** – Najnoviji rezultati istraživanja kemičara Instituta Ruđer Bošković (IRB) pokazuju da mehanokemijsko mljevenje i starenje, kao dvije komplementarne tehnike u čvrstom stanju, pri sobnoj temperaturi i tlaku, posjeduju izniman potencijal za alkalnu razgradnju otpadne PET plastike i na većim skalama. Rezultati su objavljeni u uglednom časopisu ChemSusChem, a zbog izuzetno dobrih recenzija, kojima se ovaj rad svrstao među pet posto top publikacija u području, zaradio je i VIP status i naslovnicu ovog uglednog časopisa.

Zagađenje okoliša plastičnim otpadom posljednjih desetljeća postao je problem čije se rješenje teško nazire, pogotovo u kontekstu sve veće proizvodnje i potražnje za plastičnim materijalima. I dok su inovacije u području polimerne kemije sredinom 20. stoljeća stubokom promijenile naše živote, izvanredna svojstva plastike poput otpornosti, kemijske stabilnosti, čvrstoće i brojnih drugih svojstava ujedno predstavljaju problem kada se takvi materijali žele reciklirati.

Od 1950-ih kada je započela masovna proizvodnja plastičnih masa, proizvedeno je više od 6 milijardi tona plastike, od čega je samo 9 posto reciklirano, a preko 60 posto je završilo kao otpad u okolišu. Pri tome su vodeni ekosustavi posebno pogođeni, a znanstvenici smatraju da će do 2050. godine u svjetskim morima i oceanima biti više plastike nego ribe.

Poli(etilen-tereftalat) (PET) koji se najviše koristi u proizvodnji plastičnih boca i ambalaže, tekstila i tankih filmova, umjetni je polimer sastavljen od ponavljajućih jedinica ili monomera koji su međusobno povezani esterskim vezama. Otuda potječe i popularni naziv poliester koji se upotrebljava ponajviše u tekstilnoj industriji.

Među europskim zemljama, Njemačka prednjači u količini reciklirane PET plastike, gdje se reciklira preko 90 posto boca. Prema podacima Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, u 2018. godini na hrvatskom je tržištu plasirano gotovo 490 milijuna komada PET boca, dovoljno za prekrivanje površine otoka Silbe.

Za razliku od plastičnih materijala poput polietilena iz plastičnih vrećica, polipropilena u ambalaži za hranu ili polistirena u čašicama za kavu ili jogurt koji su kemijski vrlo inertni, PET je podložan razgradnji odnosno depolimerizaciji na sastavne dijelove.

To se postiže u procesima hidrolize i glikolize koji se odvijaju pri visokim temperaturama od 100 do 300 stupnjeva Celzijusa i tlakovima čak do 200 bara u odgovarajućem organskom otapalu.

U posljednje vrijeme, pažnja znanstvenika se usmjerava na mogućnost razgradnje otpadnog PET-a pomoću enzima, tzv. PETaza koji djeluju pri znatno nižim temperaturama, ali zahtijevaju supstrate s niskim stupnjem kristaliničnosti ili potpuno amorfni PET kako bi se ostvarili dobri prinosi.

Istražujući mogućnost primjene kugličnog mljevenja u procesu depolimerizacije otpadne PET ambalaže i tekstila, dr. sc. **Vjekoslav Štrukil** iz Laboratorija za fizikalno-organsku kemiju uspješno je pri sobnoj temperaturi i tlaku razgradio PET na monomer tereftalnu kiselinu, koja je ujedno i polazna sirovina za proizvodnju ove plastike.



## Mehanokemijom do razgradnje PET-a

Mljevenje u čvrstom stanju tzv. mehanokemija, postalo je vrlo popularno zbog izuzetno visoke učinkovitosti, jednostavnosti, brzine, kao i činjenice da se ovom tehnikom znatno smanjuje upotreba toksičnih organskih otapala ili pak potpuno izbjegava njihovo korištenje u kemijskim reakcijama.

"Zanimljivo je napomenuti kako je Međunarodna unija za čistu i primijenjenu kemiju (IUPAC) 2019. godine uvrstila mehanokemiju, kao i razgradnju polimera na monomere među deset kemijskih inovacija koje će promijeniti svijet. Unatoč tome, mehanokemijska depolimerizacija PET-a još nije bila opisana u znanstvenoj literaturi", ističe dr. Štrukil.

U radu pod naslovom "[Highly Efficient Solid-State Hydrolysis of Waste Polyethylene Terephthalate by Mechanochemical Milling and Vapor-Assisted Aging](#)" opisana je vrlo učinkovita alkalna hidroliza otpadnog PET-a u čvrstom stanju pri sobnoj temperaturi i tlaku, postignuta mljevenjem ili pak tzv. starenjem u okolini bogatoj vlagom ili parama jednostavnih alkohola. Zbog izuzetno dobrih recenzija, pri čemu su recenzenti ocijenili rad kao vrlo važan u području i to među top 5 posto radova, dobio je i VIP status.

Kuglično mljevenje bez upotrebe organskih otapala je omogućilo praktički kvantitativnu pretvorbu otpadnog PET-a u sirovu tereftalnu kiselinu u kratkom vremenu s iskorištenjima od 99 posto.

Dobivena tereftalna kiselina je visoke čistoće, veća čak od 98 posto, što je važan parametar u postupku proizvodnje recikliranog PET-a, a postignuta je i sto postotna selektivnost reakcije u smjesama različitih vrsta plastike čime se nastojalo oponašati realne uzorke.

Osim mljevenjem, visoka učinkovitost alkalne depolimerizacije ostvarena je i starenjem, pri čemu se smjesa polaznih sirovina u čvrstom stanju homogenizira kratkim mljevenjem i zatim ostavlja stajati pri definiranim uvjetima temperature i vlažnosti zraka. Istraživanje je pokazalo da se proces razgradnje PET-a učinkovito odvija pri visokim relativnim vlažnostima zraka i blago povišenoj temperaturi. Međutim, ako se depolimerizacija izvodi u parama alkohola pri sobnoj temperaturi od 25 stupnjeva Celzijusa, pretvorba PET-a u tereftalnu kiselinu doseže visokih 99 posto.

## Eksperimenti u doba pandemije i potresa

"Dio eksperimenata je započeo netom prije proglašenja općeg zatvaranja u 3. mjesecu, a zatim nas je još pogodio i potres, što je usporilo odnosno potpuno onemogućilo istraživanja. Samim time je taj dio rezultata bio izgubljen te je bilo potrebno sve ponoviti. Ipak, zatvaranje je donijelo neke nove ideje pa sam povratkom na radno mjesto krajem svibnja fokus istraživanja usmjerio na starenje PET plastike u parama različitih tekućih faza poput acetonitrila, metanola ili etanola. Pomalo iznenađujuće, pare jednostavnih alkohola su se pokazale kao još efikasniji medij za razgradnju PET-a pri sobnoj temperaturi i tlaku", objašnjava dr. Štrukil.

Publicirani rezultati pokazuju da mehanokemijsko mljevenje i starenje, kao dvije komplementarne tehnike u čvrstom stanju, također posjeduju potencijal za alkalnu razgradnju otpadne PET plastike i na većim skalama.

Uzimajući u obzir veliku količinu PET-a u okolišu kao polazne sirovine za dobivanje monomera, opisana metodologija bi mogla poslužiti kao platforma za razvoj novih, visokoučinkovitih i ekološki prihvatljivih postupaka proizvodnje tereftalne kiseline iz otpada umjesto iz neobnovljivih izvora kao što su fosilna goriva.

## KONTAKT SUGOVORNIKA NA TEMU:

Dr. sc. Vjekoslav Štrukil, viši znanstveni suradnik  
Zavod za organsku kemiju i biokemiju /Laboratorij za fizikalno-organsku kemiju  
E: [Vjekoslav.Strukil@irb.hr](mailto:Vjekoslav.Strukil@irb.hr) / T: +385 1 456 1008