



## 1. Dekodiran enzim MHETaza

Izvor: Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie | 12. travnja 2019.

Plastike su izvrsni materijali: iznimno svestrani i gotovo vječno postojani. Ali to je i problem, jer se i oko 100 godina nakon proizvodnje čestice plastike nalaze svugdje – u podzemnoj vodi, oceanima, zraku i prehrambenom lancu. Godišnje se proizvede oko 50 milijuna tona industrijski važnog polimera PET. Samo mali dio plastike trenutačno se reciklira skupim i energetski dugotrajnim postupcima koji daju ili degradirane proizvode ili pak ovise o dodavanju “svježe” sirove nafte.

Godine 2016. skupina japanskih istraživača otkrila je bakteriju koja raste na PET-u i djelomično se njime hrani. Otkrili su da ta bakterija posjeduje dva posebna enzima, PETase i MHETase, koji su sposobni razgraditi plastične polimere PET. PETase razbija plastiku na manje PET sastavne dijelove, ponajprije MHET, što MHETase dalje dijele na dva osnovna sastavna dijela, tereftalnu kiselinu i etilen glikol. Obje komponente vrlo su vrijedne za sintezu novog PET-a bez dodavanja sirove nafte – za zatvoreni održivi ciklus proizvodnje i oporavka.

U travnju 2018. strukturu PETase konačno je samostalno riješilo nekoliko istraživačkih skupina... Međutim, PETase čini samo dio rješenja. Jednako je važno karakterizirati strukturu i drugog enzima, MHETaze. Međutim, potrebna su dodatna sveobuhvatna istraživanja kako bi se povećala učinkovitost enzima PETase i MHETase.

Rezultati tih istraživanja dostupni su u radu:

C. J. Palm, L. Reisky, D. Böttcher, H. Müller, E. A. P. Michels, M. C. Walczak, L. Berndt, M. S. Weiss, U. T. Bornscheuer, G. Weber, Structure of the plastic-degrading Ideonella sakaiensis MHETase bound to a substrate, *Nat. Commun.* **10** (1) (2019), doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09326-3>.

## 2. “Koktel” enzim koji razgrađuje plastiku najavljuje novu nadu za uklanjanje plastičnog otpada

Izvor: Sveučilište u Portsmouthu | 28. rujna 2020.

Znanstvenici su preoblikovali enzim PETase koji razgrađuje plastiku i stvorili “koktel”- enzim koji može razgraditi plastiku i do šest puta brže. Drugi enzim, pronađen u istoj bakteriji koja živi i hrani se na otpadu odbačenih plastičnih predmeta u kombinaciji s PETasom može ubrzati razgradnju plastike.

Prvobitno otkriće postavilo je mogućnost revolucije u recikliranju plastike stvarajući potencijalno niskoenergetsko rješenje za rješavanje plastičnog otpada. Istraživačka grupa je u laboratoriju modificirala prirodni enzim PETase kako bi oko 20 % brže razgradio plastični otpad.



Slika 1 – Plastične boce i ostali otpad  
(autor: © vladimirzuev / stock.adobe.com)

Sada je taj isti transatlantski tim istraživača kombiniranjem PETase s još jednim enzimom s nazivom MHETase (monohidroksietil tereftalat je enzim uključen u završni korak razgradnje poli(etilen-tereftalata) – PET) generirao dodatna, značajna poboljšanja: jednostavno miješanje PETase i MHETase udvostručilo je brzinu razgradnje PET-a stvarajući od dva enzima ‘super-enzim’ s dodatnim porastom aktivnosti za tri puta.

Iz saznanja da PETase napada površinu plastike, a MHETase je dalje usitnjava, bilo je logično vidjeti mogu li se upotrebljavati zajedno oponašajući ono što se događa u prirodi.

Profesor McGeehan je rekao da su prvi eksperimenti pokazali da su enzimi zajedno doista bolje djelovali, pa su odlučili pokušati povezati i ispitati djelovanje tog postupka.

“Trebalo je mnogo raditi na obje strane Atlantika, ali vrijedilo je truda – bili smo zadovoljni kad smo vidjeli da je naš novi himerni enzim i do triput brži od prirodno razvijenih zasebnih enzima, otvarajući nove puteve za daljnja poboljšanja”.

Izvorno otkriće enzima PETase navijestilo je prvu nadu da bi rješenje globalnog problema zagađenja plastikom moglo biti nadohvat ruke iako sama PETase još nije dovoljno brza da proces učini komercijalno održivim za rukovanje tonama bačenih PET boca koje preplavljuju planet. Kombinirajući ga s drugim enzimom i udružujući ih kako bi djelovali još brže, znači da je napravljen još jedan korak prema pronalaženju rješenja za plastični otpad.

PETase i nova kombinirana MHETase-PETase razgrađuju PET plastike, vraćajući je u svoje izvorne sastavne dijelove. To omogućuje proizvodnju i ponovnu beskonačnu upotrebu plastike, smanjujući sadašnje oslanjanje na fosilne izvore poput nafte i plina.

Profesor McGeehan upotrijebio je dijamantni izvor svjetlosti u Oxfordshireu, odnosno sinkrotron koji rabi intenzivne rendgenske zrake znatno sjajnije od Sunca te djeluje kao dovoljno moćan mikroskop za promatranje pojedinih atoma. To je timu

omogućilo rješavanje 3D strukture enzima MHEtaze, dajući im molekularne nacрте za započinjanje inženjerstva bržeg enzimskog sustava.

Novo istraživanje kombiniralo je strukturne, računске, biokemijske i bioinformatičke pristupe kako bi se dobio uvid u njegovu molekularnu strukturu i kako ona funkcionira. Studija je bila ogroman timski napor koji je uključivao znanstvenike na svim razinama njihovih karijera.

Jedna od najmlađih autorica, Rosie Graham, zajednička doktorandica iz Portsmouth CEI-NREL rekla je: “Moj najdraži dio istraživanja je spoznaja da, bilo da se radi o kavi, u vlaku ili kad prolazimo sveučilišnim hodnicima, ideje započinju u bilo kojem trenutku.

To je doista izvrsna prilika za učenje i rast u sklopu te suradnje između Velike Britanije i SAD-a, a još više za doprinos još jednom dijelu priče o upotrebi enzima za rješavanje plastičnog otpada, jednog od naših najvećih zagađivala.”

Centar za enzimске inovacije uzima enzime iz prirodnog okoliša i pomoću sintetske biologije prilagođava ih stvaranju novih enzima za industriju.

Rezultati istraživanja dostupni su u radu\*:

B. C. Knott, E. Erickson, M. D. Allen, J. E. Gado, R. Graham, F. L. Kearns, I. Pardo, E. Topuzlu, J. J. Anderson, H. P. Austin, G. Dominick, C. W. Johnson, N. A. Rorrer, C. J. Szostkiewicz, V. Copié, C. M. Payne, H. L. Woodcock, B. S. Donohoe, G. T. Beckham, J. E. McGeehan, Characterization and engineering of a two-enzyme system for plastics depolymerization, *P. Natl. Acad. Sci.* **117** (41) (2020) 25476–25485, doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.2006753117>.

### 3. Podmorski potresi mijenjaju znanosti o klimi

Izvor:

[www.sciencedaily.com/releases/2020/09/200918185050.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2020/09/200918185050.htm) | Kalifornijski institut za tehnologiju, Izvornik napisala Emily Velasco | 18. rujna 2020.

Iako su klimatske promjene ljudima najočitije kao nesezonski topli zimski dani ili otapanje ledenjaka, čak 95 % dodatne topline zarobljene na Zemlji stakleničkim plinovima zadržava se u svjetskim oceanima. Iz tog je razloga kontrola temperature oceanskih voda prioritet za klimatske znanstvenike, a sada su istraživači Caltecha (Sveučilište u Pasadeni, Kalifornija) otkrili da im seizmička tutnjava na morskom dnu za to može pružiti dodatni alat.

U novom radu objavljenom u časopisu *Science* istraživači pokazuju kako su u stanju iskoristiti postojeću opremu za seizmičko praćenje, kao i povijesne seizmičke podatke, da bi utvrdili koliko se temperatura oceana tijekom vremena na Zemlji promijenila i nastavlja mijenjati, čak i na dubinama koje su obično izvan dosega konvencionalnih alata.

To čine slušajući zvukove mnogih potresa koji se redovito događaju pod oceanom, kaže Jörn Callies, docent za znanost o okolišu i inženjerstvo na Caltechu i koautor studije. Callies napominje da su ti potresni zvukovi snažni i putuju oceanom na velike udalje-

nosti bez značajnog slabljenja, što ih čini jednostavnim za nadgledanje.

Wenbo Wu, postdoktorand geofizike i vodeći autor članka, objašnjava da kada se potres dogodi ispod oceana, većina njegove energije putuje kroz zemlju, ali dio te energije prenosi se u vodu kao zvuk. Ti se zvučni valovi šire iz epicentra potresa baš poput seizmičkih valova koji putuju zemljom, ali zvučni se valovi kreću mnogo manjom brzinom. Kao rezultat, zemaljski valovi najprije stižu na seizmičku nadzornu stanicu, a nakon toga zvučni valovi, koji će se pojaviti kao sekundarni signal istog događaja. Učinak je otprilike sličan onome kao kad se bljesak munje često može vidjeti nekoliko sekundi prije nego što se začuje gmljavina.

“Te zvučne valove u oceanu seizmometri mogu jasno zabilježiti na mnogo većoj udaljenosti od groma – na tisuće kilometara”, kaže Wu. “Zanimljivo je da su čak i glasniji od vibracija koje putuju duboko u čvrstu Zemlju, koje seizmolozi šire koriste.”

Brzina zvuka u vodi povećava se kako temperatura vode raste, tako da vrijeme potrebno da zvuk prijeđe određenu udaljenost u oceanu može biti iskorišteno za utvrđivanje temperature morske vode.

“Ključno je da koristimo ponavljajuće potrese – potrese koji se iznova i iznova događaju na istom mjestu”, napominje Wenbo Wu. U ovom primjeru promatramo potrese koji su se dogodili na Sumatri u Indoneziji i mjerimo kada stignu u središnji Indijski ocean. Treba im oko pola sata da prijeđu tu udaljenost, a temperatura vode uzrokuje otprilike jednu desetinu sekunde razlike. To je vrlo mala frakcijska promjena, ali je možemo izmjeriti.”

Wu dodaje da, budući da upotrebljavaju seizmometar koji se nalazi na istom mjestu u središnjem Indijskom oceanu od 2004. godine, mogu analizirati podatke prikupljene svaki put za vrijeme potresa, na primjer, na Sumatri i tako odrediti temperaturu oceana u to vrijeme. “Koristimo male potrese koji su premali da bi nanijeli štetu i ljudi ih niti ne osjete”, kaže Wu. “Ali seizmometar ih može otkriti s velike udaljenosti, omogućavajući nam tako da u jednom mjeranju nadgledamo promjene temperature oceana na određenom putu.”

Callies kaže da podatci koje su analizirali potvrđuju da se Indijski ocean zagrijava, kao što pokazuju i podatci prikupljeni drugim metodama, ali da bi se mogao zagrijavati i brže nego što je prethodno procijenjeno: “Ocean ima ključnu ulogu u brzini promjene klime i glavni je rezervoar energije u klimatskom sustavu, a posebno je važno kontrolirati duboke oceane. Jedna od posebnih prednosti naše metode je ta što postoji vrlo malo uobičajenih mjerenja zvučnih valova na dubini ispod 2000 m.”

Ovisno o tome s kojim nizom prethodnih podataka se uspoređuju rezultati, čini se da je zagrijavanje oceana čak 69 % veće nego što se vjerovalo. Međutim, Callies upozorava da se ne donose nikakvi neposredni, preuranjeni zaključci, jer treba prikupiti i analizirati više podataka.

S obzirom na to da se podmorski potres događa u cijelom svijetu, Callies kaže da bi trebalo biti moguće proširiti sustav koji su razvili on i njegovi kolege istraživači tako da se u svim oceanima može nadzirati temperatura vode. Wu dodaje da su ta istraživanja, koja upotrebljavaju postojeću infrastrukturu i opremu, relativno jeftina.

“Smatramo da to možemo učiniti u mnogim drugim regijama”, kaže Callies. “I radeći ovo, nadamo se da ćemo pridonijeti spoznajama o tome kako se zagrijavaju naši oceani.”

\* Studija je objavljena u časopisu *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Tim su vodili znanstvenici koji su projektirali PETase, profesor John McGeehan, direktor Centra za enzimске inovacije (CEI) na Sveučilištu Portsmouth i dr. Gregg Beckham, viši znanstveni novak u Nacionalnom laboratoriju za obnovljive izvore energije (NREL) u SAD-u.

Referencija časopisa:

W. Wu, Z. Zhan, S. Peng, S. Ni, J. Callies, Seismic ocean thermometry, *Science* 369 (6510) (2020) 1510–1515, doi: <https://doi.org/10.1126/science.abb9519>.