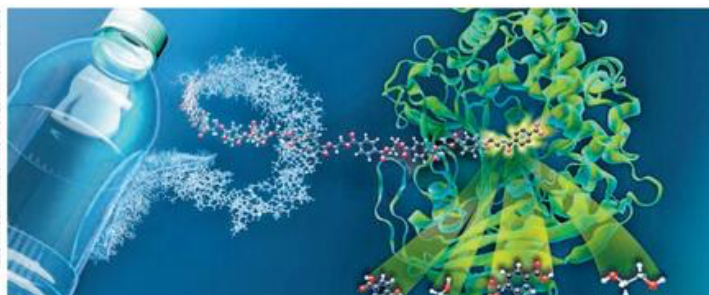


Věčný boj s plasty má řešení: inženýrství enzymů!

Nic netrvá věčně, až na struny do sekačky. Když všichni odejdou, kelímek od jogurtu s vámi zestárne. Každý umělohmotný hřeben, rybářský vlasec, barevné brčko, celkem **79 % všech kdy vyrobených plastů tu s námi stále ještě někde je**. A 50 % z nich sloužilo na jedno použití.

Každou jednu minutu je oceán zahlcen takovým množstvím plastů, které lze připodobnit k plně naložené lodi. V Tichomoří pluje umělý ostrov, tvořený plastovými odpadky, s rozlohou 1,6 milionu km², což je asi trojnásobek velikosti Francie. Žijeme v barevném, naleštěném a nerozbitném plastickém světě. Časy i věda se ale mění a vědci včetně těch z Masarykovy univerzity dnes dokážou plasty rozložit pomocí enzymů...



PROTEINOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Plasty mají řadu (ne)výhod, a tou nejdůležitější je trvanlivost. Jsou velmi odolné vůči přirozenému rozkladu. Výjimkou je



■ Prvním syntetickým plastem byl později velmi rozšířený bakelit. Od roku 1907 bylo pak vyvinuto nespočet různých druhů plastů.

jeden z nejdůležitějších plastů, polyethylentereftalát (PET). Původně pomalý proces jeho rozkladu působením enzymů se postupně vyvinul ve vysoce účinnou depolymerizaci v řádech několika hodin. Navíc se enzymatické recyklování PET ukázalo v současnosti jako vhodná metoda pro cirkulární ekonomiku plastů, přestože v posledních 16 letech bylo dů-

■ PET vnímáme spíše jako označení produktu v podobě plastové láhve, přitom se jedná o zkratku plastu polyethylentereftalátu, který patří do široké skupiny polyesterů.

kladně popsáno pouze několik pro tento účel vhodných enzymů. U některých z nich byly vylepšeny jejich vlastnosti metodami proteinového inženýrství.

PRVNÍ KRUČKY

První úspěch v rozkladu PET byl dosažen s kutinázou TjH – byl to vůbec první významný milník v rozkladu PET. Rolf-Joachim Mueller se svým vědeckým kolektivem pozorovali hmotnostní úbytek odpadních PET láhví na polovinu po tří-týdenní inkubaci s TjH. Zatímco enzymatická recyklace a upcyklace PET se nedávno objevily jako životaschopné metody likvidace pro cirkulární plastikovou ekonomiku, jenom několik enzymů bylo podrobeno proteinovému inženýrství pro zlepšení jejich vlastností. Šestnáctiletý intenzivní výzkum Tilla Tisa a kolektivu s PET hydrolázou, izolované z *Thermobifida fusca*, vedl ke zvýšení degradační aktivity o více než jeden řád

za využití proteinového a procesního inženýrství. V roce 2020 představil Vincent Tournier upravenou kutinázu, která dokáže rozložit odpadní PET během 10 hodin v průmyslovém měřítku. Uvolněné monomery mohou být ihned využity k syntéze nového polymeru, čímž se uzavírá recyklační smyčka.

HLEDÁNÍ NOVÝCH A LEPŠÍCH ENZYMŮ

Pozornost vědců byla zacílena rovněž na hledání nových enzymů, rozkládajících

PET při vysoké teplotě. Překvapivým zjištěním však bylo, že ekonomicky je výhodnější využívání vysoce katalyticky účinných enzymů než extrémně teplotně stabilních. Studium recyklace PET ukázalo, že délka reakce a cena enzymu ovlivňují procesní náklady více než cena energie, nutná k udržení vysoké operační teploty. Z tohoto hlediska je zajímavá PETáza, popsána Hongyuan Lu a kolektivem, která vykazuje zvýšenou teplotu tání a 300násobně vyšší hydrolytickou aktivitu. „Novým trendem ve výzkumu rozkladu PET je využití sekvenčních dat, získaných z rozsáhlých sekvenčních projektů pro získávání nových enzymů a návrh robustních proteinů s využitím znalostí sekvence a struktury,“ popsali vědci z Loschmidtových laboratoří a RECETOXu, Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity a Mezinárodního centra klinického výzkumu Fakultní nemocnice U sv. Anny v Brně, kteří na biodegradaci PET spolupracují s univerzitou v Greifswaldu. „Výzvou zůstává využití vysoko-průchozího screeningu, specifického pro enzymatickou degradaci PET a termofilních celobuněčných biokatalyzátorů,“ doplnili výzkumníci ve svém článku, publikovaném v *ACS Catalysis*, jenž je prestižním časopisem Americké chemické společnosti. ■ DAGMAR GARCIOVÁ

NA INTERAKCI ZÁLEŽÍ

Průmyslové využití enzymů pro rozklad PET je často omezeno neúčinnou interakcí mezi enzymem a polymerem. Změna velikosti vazebné štrébníky PET hydroláz umožňující lepší navázání polymeru nebo spojení enzymu s modulem specificky vázajícím polymer může zlepšit katalytické vlastnosti PET hydroláz. ■