

Plastspisende bakterier

Problem: Bruk av syntetiske polymerer som plast har de siste årene blitt mer og mer vanlig, og produksjonen av disse øker eksponentielt.^[4] Plast har mange fordeler som allsidighet, lav kostnad, og lang holdbarhet, men bruken av plast har nå blitt så utbredt at det har skapt store problemer for miljøet på global skala.^[3] Plasttyper som er produsert av petroleum, som PVC, PET, og PS, er ikke biologisk nedbrytbare og kan ha en nedbrytningstid på opptil 400 år.^[4] Dette kommer av at det er lettere for organismer å bryte ned peptid-bindinger, som finnes i mange organiske molekyler, enn å bryte ned karbon-karbon-bindingene som finnes i plast.^[8] Plastavfallet som i dag finnes i naturen fører altså med seg mange negative konsekvenser, og vil fortsette å gjøre det, dersom man ikke finner en løsning.

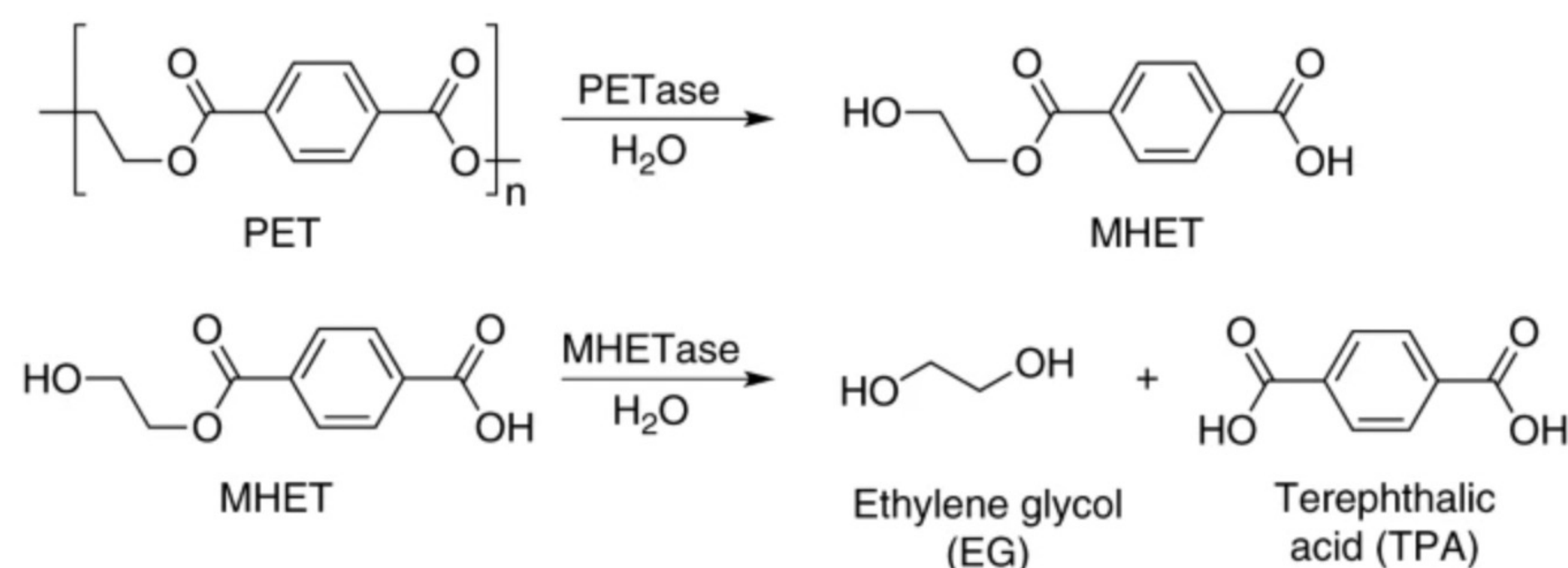
Løsning: I miljøer med mye plast, som for eksempel søppeldynger, finnes det bakterier som naturlig har utviklet evnen til å bryte ned plast ved at de produserer plastnedbrytende enzymer. Disse enzymene bryter ned PET-plast, som er den mest brukte polymeren i verden.^[6] Enzymene bryter platen ned til de opprinnelige komponentene som dermed kan brukes til å produsere ny plast igjen. Dette gjør at man kan oppnå full resirkulering av platen. Ved å optimalisere disse enzymene kan de brukes til plastnedbryting i stor skala.



Figur 1: Plastavfall er et stort miljøproblem^[9]

Enzymer:

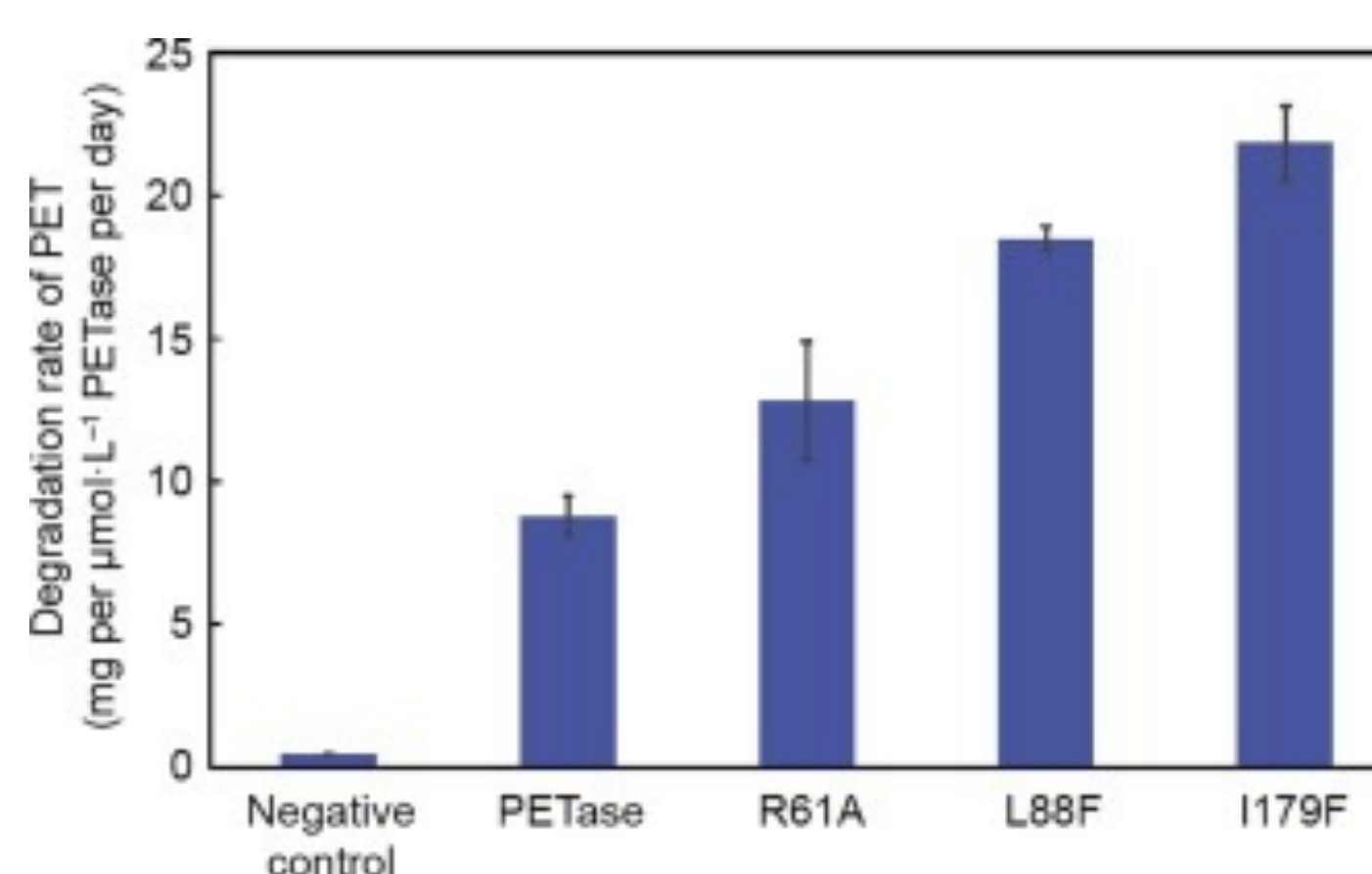
I 2016 rapporterte japanske forskere funnet av bakterien Ideonella sakaiensis 201-F6. Bakterien bruker plasttypen PET som hovedenergikilde. Ved hjelp av enzymet PETase brytes PET ned til mono-2-hydroksyetyl-tereftalsyre, forkortet MHET. Videre brytes MHET ned av enzymet MHETase til monomerene tereftalsyre og etylenglykol, forkortet TPA og EG^[1], se Figur 2. TPA og EG kan metaboliseres av mikroorganismer og brytes helt ned,^[2] i tillegg til å kunne resirkuleres tilbake til PET.^[1]



Figur 2: To-trinns nedbrytning av PET ved PETase og MHETase^[5]

Produksjon:

MHETase og PETase produseres av Ideonella sakaiensis - en bakterie som er observert i miljøer med høy forekomst av PET, hvor den har utviklet seg naturlig. Bakterien er en mulig løsning på problemet med opphopning av plast globalt, men fordi dagens plastforbruk er så stort og stadig øker, må bakteriens plastnedbrytende enzymer effektiviseres. Forskere ved universitetet i Tianjin i Kina har utviklet muterte versjoner av enzymet PETase og sammenliknet effektiviteten av de forskjellige mutantene. Mutasjon av det aktive setet på PETase ga mindre sterisk hindring, slik at reaksjonen mellom PET og PETase ble mer effektiv.^[7] Den naturlige forekomne versjonen av PETase er funnet til å bryte ned 8.2 mg per $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ PET daglig, mens de tre muterte versjonene av enzymet er funnet til å bryte ned henholdsvis 13.5, 17.5 og 22.5 mg per $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ PET daglig, som vist i Figur 3. Dette vil si at de undersøkte mutantene var opptil 2.7 ganger mer effektive enn det opprinnelige enzymet.



Figur 3: Nedbrytningsrate for naturlig PETase og for tre ulike muterte versjoner^[7]

Implikasjoner: Dersom PETase og MHETase kan lages i stor industriell skala, vil det kunne bidra til at mye av plastavfallet som i dag havner i naturen heller kan brytes ned til sine originale komponenter og gjenbrukes. Selv om PET er den vanligste plasttypen, utgjør den bare en liten del av plastavfallet i verden, og det jobbes derfor med å effektivisere og å utvide hvilke plasttyper som kan brytes ned. Siden oppdagelsen av PETase har forskere ved universitetet i Portsmouth finjustert enzymet på et molekylært nivå til å bli enda mer effektivt, og gitt det evnen til å også bryte ned PEF, en alternativ form for PET. Denne oppdagelsen tyder på at det kan være mulig å forbedre enzymet videre til å kunne bryte ned enda flere typer plast.^[2]

For at denne metoden for resirkulering av plast skal kunne brukes i stor skala, må det være mulig å produsere store mengder enzymer, og prosessen må også gjøres økonomisk lønnsom. Uavhengig av om dette er mulig, må det også tenkes på at dette er en teknologiløsning som fikser et symptom på problemet, men ikke selve problemet, altså overforbruket av plast. Dersom det blir mulig å gjennomføre på en lønnsom måte i stor skala, vil man fortsatt ha et overforbruk av plast, noe som blant annet krever mye energi i produksjonen. Denne løsningen kan også føre til nye problemer, da man ikke nødvendigvis vet hvordan bakteriepopulasjoner som tas i bruk vil påvirke miljøene de blir introdusert til, og om de eventuelt vil spre seg på ugunstige måter.

Referanser:

- [1] Austin, P.H. et.al. (2018). «Characterization and engineering of a plastic-degrading aromatic polyesterase». <https://www.pnas.org/content/115/19/E4350>. Hentet: 09.04.21
- [2] Buczek, M. (2018). «Digesting the Indigestible: How Microbes are Chewing up our Big Plastic Problem». https://asm.org/Articles/2018/July/digesting-the-indigestible-how-microbes-are-chewin?fbclid=IwAR28ltd4qElvkXn9njxsbbQuPbciflJaFfCDft2yjX077p3mVY_zMqG7p6A. Hentet: 09.04.21
- [3] Knott, B.C. et.al. (2020). «Characterization and engineering of a two-enzyme system for plastics depolymerization». https://www.pnas.org/content/117/41/25476?fbclid=IwAR1RTSHzUFN1vNoo4Gw1FOq7fC03p_ecgbJwnFTFu276Jo7DPAVzcfRynZ4. Hentet: 09.04.21
- [4] Parker, L. (2019). «The world's plastic pollution crisis explained». <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plastic-pollution>. Hentet: 09.04.21
- [5] Palm, G.J. et. al. (2019). «Structure of the plastic degrading Ideonella sakaiensis MHETase bound to a substrate». <https://www.nature.com/articles/s41467-019-09326-3>. Hentet: 09.04.21
- [6] Plastics insight. «Polyethylene Terephthalate (PET): Production, Price, Market and its Properties». <https://www.plasticsinsight.com/resin-intelligence/resin-prices/polyethylene-terephthalate/>. Hentet: 09.04.21
- [7] Ma, Y. et.al. (2018). «Enhanced Poly(ethylene terephthalate) Hydrolase Activity by Protein Engineering». <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809918301899#f0015>. Hentet: 14.04.21
- [8] Wolchover, N. (2009). «Why Doesn't Plastic Biodegrade?». <https://www.livescience.com/33085-petroleum-derived-plastic-non-biodegradable.html>. Hentet: 14.04.21
- [9] «Governments agree landmark decisions to protect people and planet from hazardous chemicals and waste, including plastic waste » (2019). <http://www.brsmeas.org/?tabid=8005>. Hentet: 14.04.21