

## Új ötletek a műanyag hulladék hasznosítására

A műanyag hulladék Európában erősen szorgalmazott hasznosítása csak akkor lesz sikeres, ha gazdaságos eljárással a friss alapanyaggal egyenértékű anyagot tudnak előállítani belőle. Egy kutatócsoport az eszköz- és járműbontók poliolefinfrakciójának sűrűség szerinti szétválasztására javasol új módszert; egy másik a használt PET palackok anyagából mikroorganizmusok közreműködésével biodegradálható műanyagot gyártana.

*Tárgyszavak: műanyag hulladék; hulladékkezelés, hasznosítás; poliolefin; PET; szétválasztás; biotechnológia; biodegradálhatóság.*

Európában 2005-ben 22 millió tonna műanyag hulladék keletkezett az elhasznált termékekből. Ennek 53%-át lerakókban helyezték el, 29%-át elégették és a belőle keletkezett energiát hasznosították, 18%-át ismételten műanyagként dolgozták fel. Az EU 2004/12/EC jelű direktívája szerint 2008 után a csomagolóeszközökből származó műanyag hulladék 22,5%-át újra műanyagként kell hasznosítani (visszaforгатni, reciklálni). Ezt a követelményt csak néhány országban tudják teljesíteni, Németországban pl. már 2002-ben 49% volt a visszaforgatás aránya, Franciaországban ebben az évben viszont mindössze 15%, az Egyesült Királyságban 2003-ban 17,9%.

A gyártás, feldolgozás folyamatában keletkező hulladék (vágási hulladék, selejt, gépbeállítás után a gyártási paraméterek stabilizálásáig kapott szabványon kívüli termékek) visszadolgozása azonban a legtöbb üzemben a technológia részét képezi. Az ilyen hulladék homogén, általában nem szennyezett, és őrlés után egyszerűen hozzákeverhető a friss granulátumhoz. A hozzákeverhető arányt a technológiai utasítások tartalmazzák.

Bonyolultabb feladat a „szemétben” megjelenő műanyagok hasznosítása. A használat után kiselejtezett termékek műanyag alkatrészeiben is bekövetkezhet öregedés, degradáció, ezenkívül az ilyen hulladék erősen szennyezett is lehet. Nagyon komoly gondot okoz az, hogy a „szemét” műanyag tartalma a legkülönbözőbb műanyagokból áll, amelyek nem vagy csak kevéssé férnek össze egymással, ezért az ilyen vegyes keverékből csak nagyon gyenge minőségű termékek állíthatók elő. *Jó minőségű, piacképes árut csak típusonként szétválogatott, alaposan megtisztított műanyag hulladékból lehet gyártani.*

### A poliolefin hulladék szétválasztása

A műanyag hulladék hasznosításának kötelezettsége ma már nemcsak a csomagolóeszközökre terjed ki, hanem a gépkocsik és a villamos és elektronikus eszközök mű-

anyagtartalmára is. Ennek jelentős hányada poliolefin (polietilén és polipropilén). Valamennyi poliolefinféleség sűrűsége  $<1000 \text{ kg/m}^3$ , ezért ezek vizes úsztatással (flotálással) könnyen elkülöníthetők a többi műanyagtól. További feladat a különböző poliolefinok szétválasztása. *A gépkocsik szétszerelésekor elkülönített műanyag hulladékban a PP:PE aránya 70:30, a csomagolóeszközökében 25:75 körül van. A szétválasztott polimerek akkor válnak jól hasznosítható másodnyersanyaggá, ha fajtatisztaságuk legalább 97%. Ennek elérésére többféle módszert fejlesztettek ki.*

*A szétválasztásra kipróbált vagy jelenleg alkalmazott eljárások*

*Szelektív oldással majd kicsapással nemcsak a tiszta polimer nyerhető vissza, de annak töltőanyag-tartalma is eltávolítható. Németországban egy 0,5 t/h teljesítményű kísérleti üzemben próbálták ilyen technológiával szétválasztani PVC és ABS keverékét. Az üzem létrehozása a robbanásveszély és az oldószergőzök miatt alkalmazandó biztonsági berendezésekkel együtt 1 millió EUR-ba került. Műszaki nehézségek is adódtak, nem minden műanyagkeverékhez sikerült szelektív oldószert találni, és a kicsapás sem volt könnyű. Töltőanyagot tartalmazó hulladék hasznosításakor azonban vannak az eljárásnak előnyei.*

Egy kutatócsoport *elektrosztatikus eljárással* PP/PE keverékből 99,9%-os tisztaságú PE-t és 99,5%-os tisztaságú PP-t nyert ki egy 300 kg/h teljesítményű berendezésben, amelynek teljesítménye 500 vagy 1000 kg/h-ra növelhető. Az eredeti keverékből azonban csak a PE 61,5%-át, a PP 54,8%-át sikerült ilyen minőségben visszanyerni, ami gazdaságtalanná tette az eljárást.

*A PP és a PE olvadáspontja* közötti hőmérsékletre melegített dobban forgatta a polimerkeveréket egy másik kutatócsoport. A kisebb olvadáspontú PE ráolvadt a dob falára, a PP szilárd fázisban maradt. A ráolvadt réteg eltávolítása nehézkes volt; a kísérletet nem követte ipari megvalósítás.

*Széles körben alkalmazzák ezzel szemben a közeli infravörös spektroszkópián alapuló (NIR) eljárást*, amellyel alumíniumot, PP-t, PE-t, PET-et és PS-t lehet egymástól elválasztani. Németországban ezt az eljárást használják a háztartási szemét csomagolóanyagainak szétválasztására. A rendszer csak a legalább 20–50 mm méretű darabokat ismeri fel, emiatt pl. a palackok kupakja az energiahasznosításra (elégetésre) szánt maradékba kerül.

*Az úsztatás/flotálás* nagy fajtatisztaságot eredményező és jó hatásfokkal alkalmazható elválasztási módszer olyankor, ha elég nagy a különbség a szétválasztandó anyagok sűrűsége között. A poliolefin és a PET palackok elkülönítésére pl. nagyszerűen bevált. Ezzel az eljárással problematikusabb a poliolefinok szétválasztása. A járművek szétszerelő telepeiről származó műanyag hulladék PP-frakciójának 80%-a  $<910 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű; gyakorlatilag valamennyi PE-LD és a PE-HD 98%-ának sűrűsége  $>910 \text{ kg/m}^3$ -nél. A PP és a polietilének tehát elvileg elkülöníthetők egy  $910 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű közegben. A közepes,  $910\text{--}930 \text{ kg/m}^3$  közötti sűrűségű polietilének egy második lépésben lehetnének elválaszthatók a  $>930 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű PE-HD-től. Ehhez

azonban kis molekulatömegű alkoholokat kellene közegként használni, ami nem volna gazdaságos, és környezetvédelmi gondokkal is járna.

Egy, a **delfti Műszaki Egyetemhez** kötődő hollandiai kutatócsoport új módszert ajánl a poliolefinok szétválasztásához. A *inverz mágneses sűrűségseparátornak* (IMDS, *inverse magnetic density separator*) nevezett eljárás nanométer méretű ferrit-részecskéket tartalmazó és mágnesezhető vizes közegen alapul, amelyben kialakul a mágneses mező gradiense, és ez különböző mélységű rétegekbe rendezi a különböző sűrűségű részecskéket. Egyetlen folyamatban többféle sűrűségű részecskék választhatók szét nagy fajtatisztasággal és jó hatásfokkal. A vizes közeg semmiféle környezetterhelést nem okoz, és gazdaságos is lehet.

### *Zúzó-aprító berendezések műanyag hulladékának elemzése*

A kutatók becslései szerint az EU 25 országában az elhasznált eszközöket összezúzó-aprító berendezésekből évente mintegy 7,5 millió t ún. zúzalék (*shredder residue*) kerül ki, ebből kb. 3 millió t a kiselejtezett gépkocsiból származik. Öt országból származó egy-egy mintában elemezték a zúzalék poliolefin tartalmának PP és PE arányát. A 2005-ben vett *franciaországi* legkönnyebb, „pelyhes” frakcióban ez az arány 80:20 volt, az összes poliolefin mindössze 9 %(m/m). Itt ismeretlen a zúzó-berendezésbe bevitt eszközök összetétele. Az ugyancsak 2005-ös *svájci* fémmentes „nehéz” frakcióban 25 %(m/m) poliolefin, 5% gumi volt, a PP:PE 60:40. A zúzóberendezésben kb. 35%-ban használt járművet aprítottak fel. 2007-ben vették a *belgiumi* mintát, amely kizárólag gépkocsibontásból származott. Ennek könnyű frakciójából flotálással különítették el az 1000 kg/m<sup>3</sup>-nél kisebb sűrűségű részt, amelynek 90%-a volt poliolefin, a PP:PE arány pedig 70:30. Ugyancsak használt autók zúzaléka volt az *ausztriai* minta, amelynek 1000 kg/m<sup>3</sup>-nél könnyebb részében 87 %(m/m) poliolefin tartalmát találtak, 50:50 PP:PE aránnyal. A könnyű frakcióban ezeken kívül gumit és fát mutattak ki. A hollandiai mintában NIR-eljárással végzett előválogatás után csak az 50–120 mm-es darabok maradtak vissza. A könnyű frakció poliolefin tartalma 66 %(m/m), a NIR-rel elkülönített PP-frakció PP:PE aránya 97:3 volt. Az *1. táblázat* mutatja a zúzalék <1000 kg/m<sup>3</sup> sűrűségű poliolefin-koncentrátumában kimutatható különböző sűrűségű komponensek megoszlását, továbbá a különböző sűrűségű frakciók polimertípus szerinti részarányát.

A kutatók az elemzések alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az EU 25 országában a gépkocsibontók zúzalékából kb. 200–250 ezer t PP nyerhető vissza. A gyakorlati megvalósítás szempontjából döntő, hogy milyen fajtatisztaságban és milyen hatásfokkal különíthetők el a zúzalék poliolefin koncentrátumából a különböző sűrűségű összetevők. Az erre a célra ajánlott IMDS eljárás sikeressége jórészt attól függ, hogy a poliolefin koncentrációban milyen arányban vannak jelen a különböző sűrűségű komponensek.

A hollandiai autóbontóból származó  $<1000 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű zúzalék sűrűség szerinti frakcióinak részaránya és az egyes frakciók polimertípusok szerinti megoszlása

Sűrűség, $\text{kg/m}^3$	A zúzalék megoszlása sűrűség szerint, %	A sűrűség szerinti frakciók megoszlása poliolefinfajták szerint, %		
		PP	PE-LD	PE-HD
<900	39,5	72,5	0,0	0,9
900-910	9	6,9	0,0	0,3
910-920	4,5	16,3	18,0	1,0
920-930	6	1,1	82,0	3,4
930-940	9	0,8	0,0	26,1
940-950	15,5	0,3	0,0	33,5
950-960	8,5	0,1	0,0	18,0
960-1000	8	2,0	0,0	16,8
Összesen	100,0	100,0	100,0	100,0

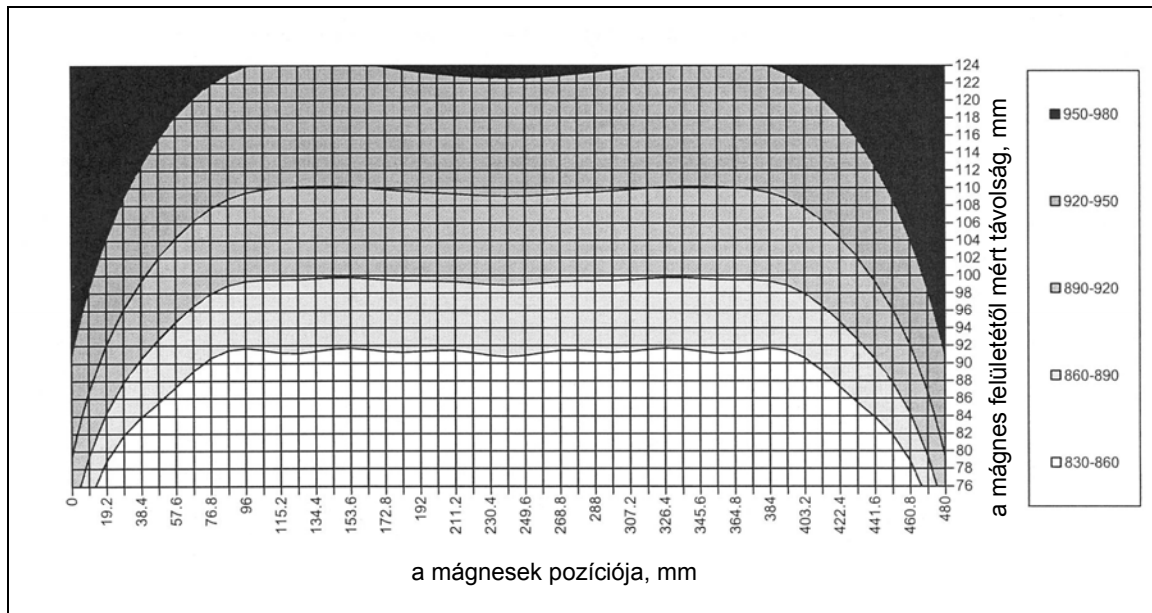
#### *PP/PE keverék szétválasztása az IMDS berendezésben*

A mágneses szeparátorok ismert berendezések, és sokféle formájú változatuk van. A legtöbbjük alkalmas formában meghajlított elektromágnes, amelynek pólusai között a mágnesezhető folyadékot tartalmazó tartály helyezkedik el. Mágneses indukció hatására kialakul a mágneses tér, amelynek erővonalai vízszintesek, a folyadék pedig a gravitáció és a mágneses tér együttes hatásának eredményeképpen úgy rétegződik, hogy a legkisebb sűrűségű réteg a mágneshez legközelebb, a legnagyobb sűrűségű réteg attól legtávolabb található, ilyen módon a folyadékban függőleges irányban sűrűséggradiens alakul ki (1. ábra).

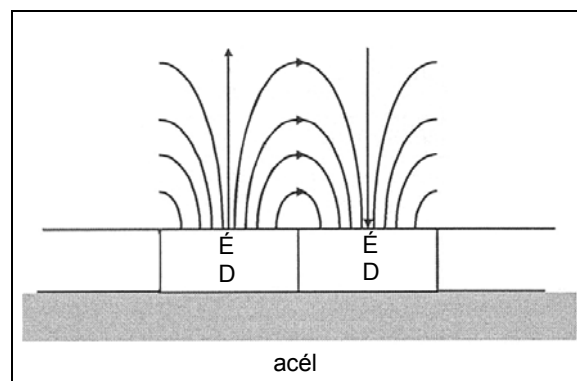
A jelenleg alkalmazott mágneses szeparátorok általában bonyolult formájúak, és kevésbé alkalmasak ipari alkalmazásra. A kutatócsoport által kifejlesztett IMDS berendezés újdonsága abban van, hogy a folyadékot két párhuzamos vízszintes sík lemez között áramoltatják, amelyek mérete tetszés szerint növelhető, és tetszés szerinti számú mágneset helyeznek el rajtuk úgy, hogy az egymás melletti mágnesek pólusai ellentétes helyzetben vannak (2. ábra). Ezáltal elég hosszú úton lehet a szétválasztandó részecskéket úsztatni a mágneses folyadékban ahhoz, hogy az eredetileg turbulens áramlás laminárisra váljék, másrészt hogy valamennyi részecske el tudja érni a sűrűségével azonos folyadék réteget. A mágneses tér utolsó szakaszába elválasztó lemezt építettek be, hogy a szétválasztott frakciókat kinyerjék. A szétválasztás elvét a 3. ábra mutatja.

A kutatók szétválasztási próbáikat a svájci zúzalék  $<1000 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű frakciójával végezték. A kísérleti berendezés hossza 60 cm volt. A mágneses folyadékot 20 cm/s sebességgel áramoltatták. A kinyert PP frakció fajtatisztasága 98,1%, a visszanyert polimer aránya 72,4% volt, a PE frakcióé ugyanilyen sorrendben 75,5%, ill. 98,4%. A PE viszonylag gyenge fajtatisztaságának oka, hogy az áramlás nem volt tel-

jesen mentes a turbulenciától. A 4. ábra azt mutatja, hogy mennyi időre van szüksége a PP és PE részecskéknek, hogy a mágneses folyadékba adagoláskor elfoglalt helyüktől függően elfoglalják helyüket a sűrűségüknek megfelelő rétegben. A kutatók kiszámították, hogy a nagy fajtatisztaságú PE kinyeréséhez ehhez legalább 1,4 m hosszú szétválasztó kamrát kellett volna alkalmazniuk.



1. ábra A mágneses erővonalak és a mágneses folyadék sűrűség szerinti rétegződése 332 A/m mágnesezés mellett (mágnes az ábra alsó részén)

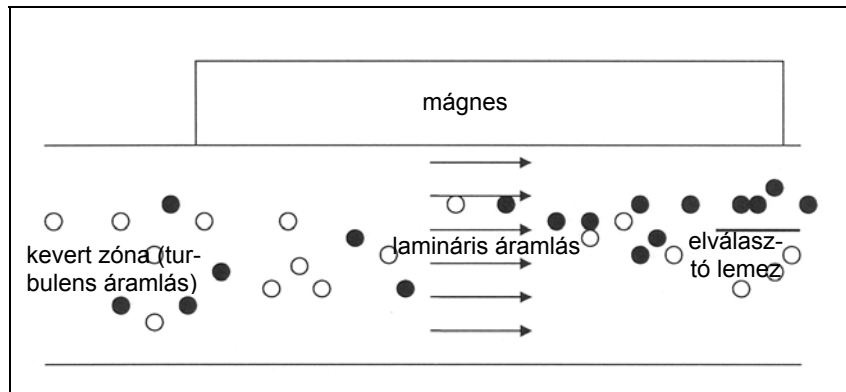


2. ábra Az IMDS berendezés mágnesének elhelyezkedése

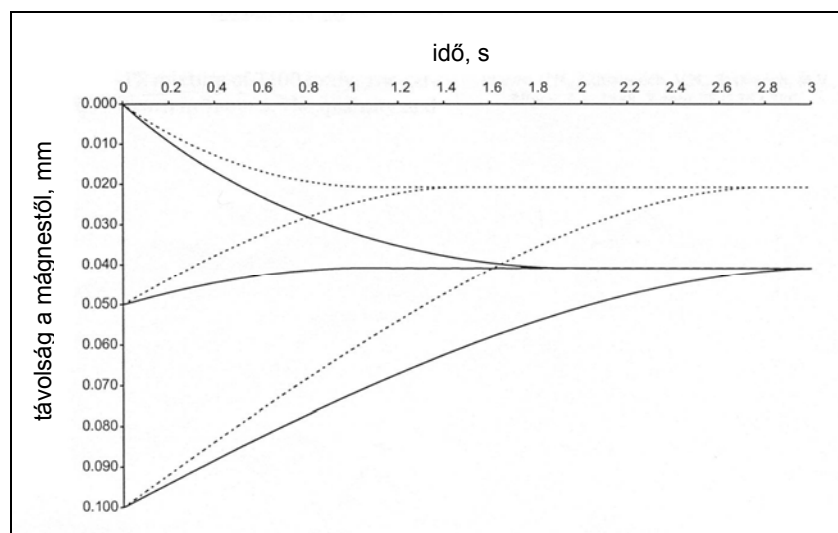
Az elvégzett gazdaságossági számítások szerint egy 5 t/h teljesítményű IMDS berendezés kb. 1 millió EUR-ba kerülne, és kb. 6 évig lehetne gazdaságosan használni. A mágneses folyadék veszteségét 1%-ra becsülik. A folyadékveszteség, ill. a folyadék regenerálása a szétválasztott poliolefinzúzalék tonnájaként 10 EUR volna. Ha a berendezést évente 5000 h hosszát üzemeltetnék, három teljes munkaidejű gépkezelőt kelle-



ne alkalmazni. Feltételezve, hogy a betáplált keverék 70% PP-t tartalmazna és a kinyérés 70% volna, évente 12 600 kg PP-t nyernének vissza. Emellett 5400 t fajtatiszta PE és 7100 t PP/PE keverék is képződne. A folyamat teljes költsége évi 25 ezer t betáplált zúzalék mellett tonnánként 24 EUR volna.



3. ábra A szétválasztás elve az IMDS berendezésben (a fekete körök a PP, a fehér körök a PE részecskéket képviselik)



4. ábra A PE és a PP részecskék szimulált mozgásának vonalai az áramló mágneses folyadékban (mágnesezés 332 A/m-rel, a folyamos vonalak a PE, a szaggatott vonalak a PP részecskék útját jelzik)

## PET hulladékból biodegradálható műanyag mikroorganizmusok segítségével

A csomagolóipar az üdítőitalok és az ásványvizek forgalmazásában az üvegpalackokról szinte teljesen áttért a PET palackok használatára. A többször használható palackok nem nyerték el az ipar és a vásárlók tetszését, ezért a használt palackok óriási

mennyiségben jelennek meg a szemétben. Az USA-ban 2006-ban 2,4 millió t PET-et hoztak forgalomba palack formájában, és ennek mindössze 23,5%-át hasznosították; zömük a lerakókban végezte pályafutását annak ellenére, hogy a palackok anyagának hasznosítására vannak iparilag megvalósított eljárások. A PET palackok flotálással könnyen elkülöníthetők az ugyancsak gyakran előforduló poliolefin (polietilén, elsősorban PE-HD vagy az újabban PP) palackoktól, mert az előbbieknél  $>1000 \text{ kg/m}^3$ , az utóbbiaknak  $<1000 \text{ kg/m}^3$  a sűrűsége. A PET újrahasznosításának egyik szokásos módja az őrlés utáni megömlesztés és szálhúzás; a nem szőtt szálpaplanokat téli és sportruházatban hőszigetelő bélésnek alkalmazzák. Kifejlesztettek egy olyan eljárást is, amelyben alapos tisztítás és a használt polimer feljavítása után a visszanyert anyagból ismét élelmiszeriparban használható palackot gyártanak.

Írországi kutatók német kutatók részvételével egészen új megoldással kísérleteznek. A munkaigényes és költséges tisztítást elhagyva a PET palackokat  $450 \text{ }^\circ\text{C}$ -on pirolizálják, a szilárd maradéokra olyan baktériumokat telepítenek, amelyek a maradékot szén- és energiaforrásként használják fel, és anyagcseréjük révén sejtjeikben poli(hidroxi-alkanoát) (PHA) polimert halmoznak fel. Ez a biotechnológia nem ismeretlen eljárás, eredetileg cellulózalapú növényi hulladékon fejlesztették ki (fermentálás). A technológia egyik újdonsága, hogy kőolaj helyett megújuló nyersanyagforrásra épül, másik előnye, hogy a mikroorganizmusok szervezetében szintetizált polimerek természetes körülmények között képesek lebomlani (biodegradálhatók). Az utóbbi tulajdonságú polimerek iránt a közelmúltban megnőtt a kereslet.

A *PHA gyűjtőfogalom*, olyan poliésztercsoportot jelöl, amelynek tagjai (R)-3-hidroxialkán-savak észtereiből épülnek fel. A 3–5 szénatomszámú monomerekből és rövid láncokból álló PHA típusok merevek és törékenyek, a 6–14 szénatomszámú monomerekből állóak elasztomerszerűek.

A fermentálással kapott PHA előállításának költségeit alapvetően a kiindulási nyersanyag ára határozza meg. Ha ez hulladékból nyerhető ki, a költségek jelentősen csökkenhetnek.

A kutatócsoport kísérleteit nem hulladékkal, hanem friss PET granulátummal végezte. A pirolízist elektromosan fűtött, 130 mm átmérőjű,  $450 \text{ }^\circ\text{C}$ -os laboratóriumi fluidágyas berendezésben végezték levegő kizárásával. A fluidágy anyaga kvarchomok volt, a PET granulátumot csigás adagolóval,  $1 \text{ kg/h}$  sebességgel táplálták a fluidágyba. A forró pirolízisemlékeket ciklonon keresztül vezették, majd lehűtötték. A pirolízisemlékeket és részarányukat a 2. táblázat tartalmazza. A tápoldat céljára a szilárd fázist nátrium-hidroxidban oldották fel. A folyékony, olajszerű fázist és a gázokat elégették.

A szakirodalomban nagyon kevés olyan mikroorganizmusról tudósítottak, amely képes a tereftálsavat (TA) lebontani, de soha nem próbálták mikroorganizmusokat PET bomlástermékeivel táplálni. A szakirodalomban említett törzsek közül hármat szereztek be (*Comamonas YZW-D*, *C. testosteroni T-2*, *C. testosteroni PSB-4*), ezek egyike sem akkumulált PHA-t a sejtjeiben. A kutatók ezért egy PET gyár granulátummal kevert talajából gyűjtöttek 32-féle különböző morfológiájú baktériumokat, és olyan tápoldatban tartották őket, amelyben az egyetlen szén- és energiaforrás a TA

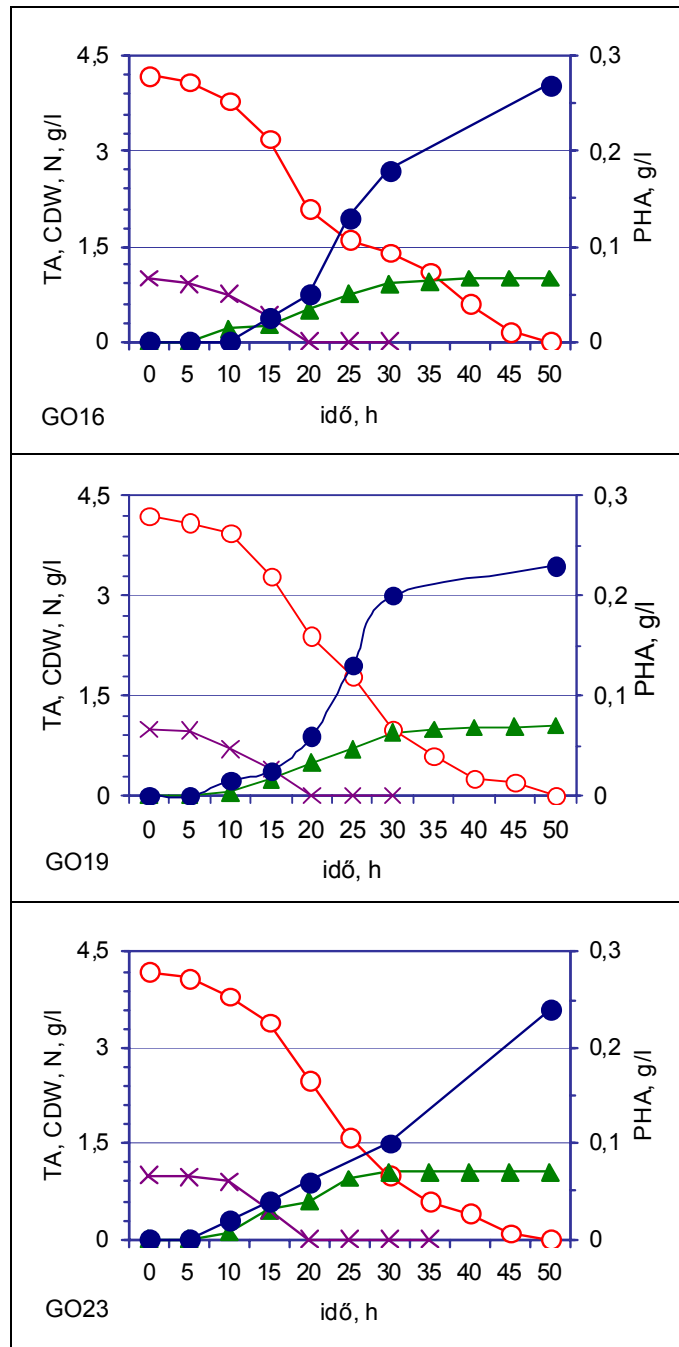
volt. Három törzs szervezetében észleltek PHA akkumulációt, amely felgyorsult, ha nitrogénszegény környezetben tartották őket. A kiválasztott három baktériumtörzs: **GO16**, génbanki jelzése DQ133506; **GO19**, *putida*, AY512611; **GO23**, *Pseudomonas frederiksbergensis*, AJ249382.

2. táblázat  
A PET 450 °C-on végzett pirolízisének bomlástermékei

Bomlástermékek	Mennyiség, %(m/m)
<b>Szilárd anyagok</b>	<b>77</b>
tereftálsav	51,0
oligomerek	20,0
benzoesav	1,0
egyéb	5,0
<b>Folyékony (olajszerű) anyagok</b>	<b>6,3</b>
etilénglikol	0,75
acetaldehid	5,10
egyéb	0,45
<b>Gázok</b>	<b>18</b>
szén-dioxid	13,0
szén-monoxid	3,5
hidrogén	0,18
etilén	1,0
egyéb	0,34

A baktériumtörzseket 250 ml-es Erlenmeyer lombikba helyezték, ebbe 50 ml tápoldatot öntöttek. A tápoldat 4,2 g/l Na-tereftalátot tartalmazott; szervesen nitrogéntartalmát nátrium-ammónium-foszfáttal ( $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) 1 g/l-ben (67 mg N/l tápoldat) határozták meg. A lombikokat 30 °C-on 48 óra hosszat rázták, eközben folyamatosan mérték a TA és a nitrogén fogyását, továbbá a cellák szárazanyagának tömegnövekedését és ennek PHA-tartalmát. Az adatokat az 5. ábra mutatja. A növekedés leggyorsabb szakaszában a GO16 törzs TA fogyasztása 0,135 g/l/h. a GO19-é 0,157 g/l/h, a GO23-é 0,121 g/l/h volt. A görbékkel látható, hogy a leggyorsabb növekedés a nitrogén elfogyása körül lépett fel. A későbbiekben a TA fogyása gátolta a növekedést. Mindhárom baktériumtörzs ugyanannyi idő alatt fogyasztotta el az összes TA-t.





5. ábra PHA felhalmozódása a GO16, GO19 és GO23 sejtjeiben az idő függvényében.  
 Jelmagyarázat: Tereftálsav (TA) fogyása – fehér kör; poli(hidroxi-alkanoát) (PHA) képződése – fekete kör; sejtömeg szárazanyaga (CDW) – fekete háromszög; nitrogéntartalom – X.

A baktériumok szervezetében felhalmozott PHA testük sejtjeinek szárazanyagára, mint 100%-ra vetítve (a „hozam”) GO16-GO19-GO23 sorrendben 27, 23, ill. 14% volt. A PHA hőre lágyuló műanyag, a molekuláit alkotó fő monomer a 3-hidroxi-dekánsav, ezt követi a 3-hidroxi-oktánsav; a 3-hidroxi-dodecánsav, a 3-hidroxi-dodekánsav. 3-hidroxi-hexánsav monomert valamennyi PHA-ban 1%-ban mutattak ki. A polimerek jellemző adatait a 3. táblázat mutatja.

3. táblázat

A három baktériumtörzs sejtjeiben szintetizálódott PHA típusok néhány tulajdonsága

Tulajdonság	GO16	GO19	GO23
<b>Összetétel</b>			
PHA a sejtek szárazanyagának (CDW) %-ában	27	23	24
ebből 3-hidroxi-hexánsav, 3HH (PHA=100%)	1	1	1
3-hidroxi-oktánsav, 3HO	21	23	14
3-hidroxi-dekánsav, 3HD	48	45	42
3-hidroxi-dodekánsav, 3HDDA	14	14	22
3-hidroxi-dodecánsav, 3HDDE	16	17	21
<b>Termikus tulajdonságok</b>			
Olvadási hőmérséklet, °C	35	34	35
Üvegesedési hőmérséklet, °C	-53	-53	-53
<b>Molekulatömeg</b>			
M <sub>w</sub> tömeg szerinti molekulatömeg)	7,4x10 <sup>4</sup>	12,3x10 <sup>4</sup>	9,3x10 <sup>4</sup>
M <sub>n</sub> (szám szerinti molekulatömeg)	3,7x10 <sup>4</sup>	5,2x10 <sup>4</sup>	4,4x10 <sup>4</sup>
M <sub>w</sub> /M <sub>n</sub> (polidiszperzitás)	1,97	2,37	2,10
<b>Kristályossági fok, %</b>	26,8	18,7	31,1

Termogravimetriás mérések szerint bomlási görbékük maximuma 308 °C-nál észlelhető, 350 °C-nál egy „váll” van a görbének, a bomlás 370 °C körül befejeződik, és szenes maradék marad vissza. A maradék 600 °C körül meggyullad és hamu nélkül elég.

## Összefoglalás

Mind a zúzalék poliolefintartalmának, mind pedig a használt PET palackok anyagának kezelésére javasolt új eljárások jelenleg alig többek az ötletnél, de megvalósíthatóságukat laboratóriumban bizonyították. Ha sikerül ezeket ipari méretű eljárásá fejleszteni, a hulladékból nagyon jó minőségű, egyáltalán nem „másodlagos” alapanyagot lehet majd gazdaságosan előállítani a műanyag-feldolgozók számára.

Összeállította: Pál Károlyné

Bakker, E. J.; Rem, P. C.; Fraunholcz, N.: Upgrading mixed polyolefin waste with magnetic density separation. = Waste Management, 29. k. 2009. p. 1712–1717.

Kenny, Sh. T.; Runic, J. N. stb.: Up-cycling of PET (polyethylene terephthalate) to biodegradable plastic PHA (polyhydroxyalkanoate). = Environmental Science and Technology, 42. k. 20. sz. 2008. okt. 15. p. 7696–7701.

## Röviden...

### Jó hír a gyártóknak, rossz hír a termékhamisítókknak

Becslések szerint a termékhamisítók a világon évente mintegy 300 milliárd EUR kárt okoznak, és a tendencia növekvő. A **Sachtleben Chemie GmbH** (Duisburg) egy újfajta jelölést fejlesztett ki az anyagok, többek között a műanyagok biztonságos megjelölésére. *Olyan részecskék beépítéséről van szó, amelyek nem távolíthatók el, nem másolhatók és csak speciális eljárással tehetők láthatóvá.* A cég a speciális adalékot más adalékokkal együtt – a megrendelő kívánsága szerint – mesterkeverék formájában gyártja és szállítja. A receptúrában mintegy 1%-ot kitevő adalék a szokásos feldolgozási eljárásokban semmiféle problémát nem okoz. A jelölés meglétét a termékgyártó „házi” módszerrel ellenőrizheti, de jogi eljárás keretében független vizsgálati szakvéleményt szükséges beszerezni.

Az újfajta jelöléssel ellátott termékek gyártója vagy szabadalomtulajdonosa termékhamisítás gyanúja esetén az analitikai vizsgálat negatív eredménye után azonnal jogorvoslást kérhet, mert egyértelműen bizonyítani tudja a termékhamisítás tényét.

A biztonság fokozása érdekében a Sachtleben és az adalékot igénybevevő cégek titoktartási szerződést kötnek, és az adalék gyártása, raktározása és szállítása is szigorú szabályok szerint történik.

O. S.

Kunststoffe, 99. k. 5. sz. 2009. p. 81.

### Detektálható műanyag gépelemek

Az élelmiszeripari gépekhez felhasznált anyagok detektálhatósága fontos követelmény. Ennek akkor van jelentősége, ha a gép meghibásodik, és emiatt a gépalkatrész vagy annak töredéke az élelmiszerbe kerül. A fémszennyeződések mágnessel jól kimutathatók ilyen esetekben. A műanyagok gépipari alkalmazását eddig gátolta, hogy detektálhatóságuk nem volt megoldva.

A németországi **Lehmann & Voss** (Hamburg) bejelentette, hogy kidolgozta *Luvocom* márkanévű ütészálló műanyag keverékét, amely lágy mágnesezhető adalékot tartalmaz, és ezáltal a szokásos detektorokkal jelenléte – még igen kis mennyiségben is – kimutatható. Ezzel a műanyagok élelmiszeripari gépekhez való szélesebb körű alkalmazása elől elhárult az akadály. A drága acél kiváltása mellett további előny a műanyagok kisebb tömege, amely miatt a gépek kevesebb energia felhasználásával szállíthatók.

O. S.

GAK, 62. k. 5. sz. 2009. p. 262.