

MŰANYAGFAJTÁK, KOMPOZITOK, BIOMŰANYAGOK

Hogyan is állunk a biobázisú műanyagokkal?

A világ a műanyag hulladék csökkentését követeli, elsősorban a csomagolóanyagok gyártóitól és alkalmazóitól. Ezekben megvan a jó szándék, igyekeznek korlátozni a felhasznált csomagolóanyagok mennyiségét, és megpróbálják „eltüntetni” ezeket, amikor használatuk után hulladékká válnak. A másik követelés a fenntartható megújuló források jóval nagyobb mértékű alkalmazása. Mindkét igény kielégítésében hasznosak lehetnek a biopolimerek, amelyeknek van nem degradálható és degradálható változata. Ilyenek már évek óta ott vannak a piacon, de lassan terjednek. Fejlesztésük időszerűvé vált, és ennek nyomán hamarosan sokkal keresettebbek lesznek.

Tárgyszavak: csomagolóipar. műanyag hulladék; biopolimer; degradálható; újrahasznosítás; komposztálás; fejlesztés; monomerek.

A tájakat elronditó szeméthegek és a tengereken úszó hulladékszigetek, a sajtóban ezekről megjelent cikkek és képek világszerte a műanyagok ellen fordították a közvéleményt. Ennek nyomán egyes országokban már betiltották vagy korlátozták a műanyag hordtáskák, a szívószálak, az egyszeri használatra szánt étkezési edények és evőeszközök használatát. A jövőben a tilalom más műanyag termékekre is kiterjedhet. A kőolaj alapú műanyagokat a klímaváltozás elleni küzdelem hátramosztójának tartják. Sokan a biobázisú és a biodegradálható műanyagok alkalmazását vélik alternatív környezetbarát megoldásnak. Egyes országokban a komposztálható műanyagok nagyobb mértékű felhasználását ösztönzik.

A jelenlegi tervek (és törvények) a körkörös gazdaságot szeretnék megvalósítani, azaz az egyszer már feldolgozott műanyagot a feleslegessé vált termékből visszanyerve azt újból és újból ismét feldolgoznák. Ez nem új ötlet, hiszen a fémeket, az üveget, a papírt már magától értetődően „reciklálják”. Csakhogy a felsorolt anyagok hulladékárama egynemű, a belőle készített új termék anyaga nem különbözik a korábbi termék anyagától. A műanyagok sokfélesége, a hulladék bizonytalan összetétele viszont számos gondot okoz. Nem véletlenül a PET palackok anyagának visszaforgatása a gyakorlatban bevált legjobb eljárás, mert ezek viszonylag könnyen összegyűjthetők, a benne forgalmazott ital kiürítése után viszonylag tiszták, és a mai fogyasztási szokások között igen nagy mennyiségben állnak rendelkezésre.

A kőolajból gyártott műanyagok széntartalma az olaj föld alatti rejtékhelyéből kerül a felszínre. Ha minden műanyagot újra és újra műanyagként lehetne felhasználni, a szén egy zárt körben forogna, nem növelné a levegő szén-dioxid-tartalmát. De egyrészt a műanyagok a feldolgozási folyamatok és a használat révén fizikai és kémiai változásokat szenvednek, és több újrafeldolgozás után már nem azonosak az eredeti anyaggal, degradálódnak, esetleg el is égetik őket, és széntartalmuk végül mégis felszabadulhat. Még nagyobb probléma, hogy a műanyag termékek közül csak kb. felének anyagát lehet ismételtelen feldolgozni, másik fele különböző okok miatt (pl. mert üvegszállal erősítették) a körkörös gazdaságba nem vonható be.

Ha egy műanyagot megújuló forrásból – azaz növényi alapanyagból – állítanak elő, annak széntartalma a növény levegőből kivont szén-dioxidjából származik. *Kiszámították, hogy 1 t bio-PE előállításakor a növényi alapanyag levegőből kivont 3 t CO₂ széntartalma épül be a polimerbe. 1 t kőolaj alapú PE szintetizálásakor ezzel szemben 2 t CO₂ szabadul fel.* Ezek az előnyök azonban nem érvényesülnek eléggé a piacon. *Becslések szerint a biobázisú hőre lágyuló műanyagok gyártókapacitása 2018-ban alig több mint 2 millió tonna, fajta szerinti megoszlásukat az 1. táblázat tartalmazza, a biobázisú hőre keményedő epoxidok és poliuretánoké 5 millió tonna volt. Az elmúlt három néhány gyártóhelyet leállítottak; néhány tervezett beruházást pedig elhalasztottak.*

Az elmúlt 10 évben három biobázisú ún. „drop in” (a kőolajalapú polimerrel azonos tulajdonságú és azonos módon feldolgozható) polimer került a piacra: a bio-PE, a bio-PP és a bio-PET.

1. táblázat
Különböző hőre lágyuló biobázisú műanyagok részaránya a világon 2018-ban*

Nem biodegradálható biopolimer	Részarány, %	Biodegradálható biopolimer	Részarány, %
PE	9,5	PBAT	7,2
PET	25,6	PBS	4,6
PA	11,6	PLA	10,3
PP**	0,0	PHA	1,4
PEF**	0,0	keményítő keverék	18,2
PTT	9,2	egyéb	1,5
egyéb	0,9		

*A hőre lágyuló biobázisú műanyagok 2018-ban gyártott tömege kb. 2,11 millió tonna volt. Ebből 56,8% volt a biobázisú, de nem biodegradálható, 43,2% pedig a biobázisú, biodegradálható polimer. A polimerek teljes neve a szövegben található.

**A biobázisú PP és PEF fejlesztésén még dolgoznak; piaci bevezetése 2023-ban várható.

Egyetlen valódi sikertörténet: a bio-PE

Az első bio-polietilént a braziliai Baskem S.A. (Sao Paulo) 2010-ben kezdte gyártani 100%-ban cukornádból. Gyártókapacitása 200 000 t/év, választékában *PE-HD*, *PE-LD* és *PE-LLD* egyaránt szerepel. *Bio-PE*-iből elsősorban a csomagolóipar számára gyártanak fóliákat és fűjt palackokat, de alkalmazza őket a bútor- és játékgyártás, emellett habosított termékeket is készítenek belőlük. Újabban biobázisú poli(etilén-vinil-acetát) (EVA) és etilén-propiléndién kopolimer (EPDM) is van kínálatukban. A termékeik iránti kereslet növekedésének egyik oka az, hogy a CO₂-emisszió miatt a hagyományos gyártóknak egyre többet kell fizetniük, ezért termékeik ára magasabb, mint a biopolimereké.

A finnországi Neste cég (Espoo) növényi olajvariánsokat állít elő, amelyekkel helyettesíthető a kőolajból kinyert nafta alapanyag. Ha a műanyaggyártóknak sikerül a növényi olajjal és a kőolajalapú olajhoz használt termokatalizátorral PE-t és PP-t gyártani, új technológiák

nyílhatnak meg ezeknek a bio-poliolefineknek a szintetizálásához. A LyonellBasell céggel együttműködve 2019-ben már eljutottak egy legalább 30%-ban biobázisú PE-hez. Az IKEA bútorgyár főképpen a bio-polipropilén iránt érdeklődik. A Neste a növényi olaj kinyerésekor képződő biomasszát felhasználva próbálja a bio-PP gyártástechnológiáját kidolgozni.

A PET és potenciális versenytársai

2009-ben a Coca-Cola bejelentette, hogy attól fogva kizárólag *biobázisú monoetilénglikollal (MEG)* gyártott *bio-PET* palackjaiban fogja forgalmazni termékeit. Ebben a PET-ben 30% volt a biobázisú anyag részaránya. Nem számítottak azonban arra, hogy közben a tajvani Greencol vállalat megszűnteti *bio-MEG* gyártását, mert egyrészt kőolajból a hagyományos MEG sokkal költségtakarékosabban állítható elő, másrészt a PET palackok politika által is támogatott újrafeldolgozása miatt nem volt megfelelő kereslet a drágább bio-PET iránt. Ennek ellenére nem szűnt meg a 100%-ban biobázisú MEG és PET előállítását célzó kutatás. A dániai Haldor Topsoe vegyipari vállalat (Lyngby) pl. kidolgozott egy katalizátoros eljárást, amellyel cukorból lehet bio-MEG-et gyártani.

Nem csak a bio-PET okozott csalódást. Számos más biobázisú polimer alkotóinak korai reményei sem váltak valóra.

Ilyen volt a *poli(etilén-furanoát) (PEF)*, amelynek gyártására az Avantium és a BASF alapított Venture Synvina néven közös vállalatot, amelyben évente 50 000 t monomert és PEF-t kellett volna előállítani. Három év múlva a BASF kilépett a partnerségből; az Avantium tovább folytatta a fejlesztést, de a technológia javítása ellenére a PET-nél jobb tulajdonságú PEF-nek mindezek ellenére sem sikerült jó helyezést elérni a piacon. Ezen az sem segített, hogy a PEF alapanyagai között nincs élelmiszerként is használt termék, amit gyakran felhánytorgatnak a bioalapú polimerek negatívumaként.

A műanyagipar azonban továbbra sem mondott le a PEF-ről. A DuPont Biomaterials (Wilmington, Észak-Karolina, USA) előállított egy *furanoát-dimetilészter (FDME)* monomert, és más furanoátvariációkkal is kísérletezik, de tereftalátokkal is kísérletezik. Biobázisú 1,3-propándiolból (PDO) és tereftálsavból (TFA) *poli(trimetil-tereftalát) (PTT)* szintetizált. A frissen alapított AVA Biochem (Zug, Svájc) és a Corbion Biotechnológiai konszern (Gorinchem, Hollandia) ugyancsak a PET biobázisú helyettesítőjét próbálja megtalálni.

A biobázisú PTT tulajdonságai a tömegműanyagként felhasznált hagyományos PET és a műszaki műanyagként alkalmazott *poli(butilén-tereftalát) (PBT)* tulajdonságai közé sorolhatók. A *bio-PTT* főképpen szálként, sport- és szabadban hordott ruhák textiljeinek vagy tartós szőnyegek gyártásában található meg alkalmazási területét. A hozzá szükséges *1,3-PDO-t* ma már nagy mennyiségben, fermentálással gyártják az USA-ban (DuPont Tate & Lyle Bio Products, Loudon, Tennessee; és Kínában (Zhangjiagang Glory Biomaterial, Zhangjiagang).

A biobázisú PA, PC, PUR

A *poliamidok (PA)* családjának néhány tagja már biopolimerként is jól ismert alapanyag. Ilyen az Arkema (Colombe, Franciaország) *Rilsan* márkanévű speciális *PA11* polimerje, amelynek gyártókapacitását a cég bővíteni fogja. A *PA10*-hez hasonlóan ennek is a ricinusolaj az egyik alapanyaga. Mindkettő különleges alkalmazásokban használt műszaki mű-

anyag, amelynek keresettségét a piacon nem elsősorban az ára vagy az ökológiai profilja határozza meg. A magas értékű biobázisú poliamidokat elsősorban a gépgyártásban és a textilgyártásban használják, elsősorban tulajdonságaik miatt, de „bio” jellegüket a reklámokban is kiemelik.

Biobázisú polikarbonátot (PC) elsőként a Mitsubishi Chemical forgalmazott a műanyagpiacon *Durabio* márkanevvel, amelynek „bio” jellegét a gyártásához felhasznált izoszorbit adja. A cég gyártókapacitása kb. 20 000 t/év. Ennek a polimernek a tulajdonságai a PC és a poli(metil-metakrilát) (PMMA) pozitív tulajdonságainak a kombinációját hordozzák. Elsősorban a repülőgépgyártás és a képernyős készülékek gyártóinak figyelmébe ajánlják.

A *biobázisú poliuretánok (PUR)* sokféleségét nehéz áttekinteni. A többértékű alkoholokból (poliolokból) és izocianátokból felépülő polimerek választéka a hőre lágyuló műanyagoktól az elasztomereken és a rugalmas vagy kemény habokon át a hőre keményedő, térhálós típusokig terjed, de ragasztókat is készítenek belőlük. Gyártóik összetételüket nem hozzák nyilvánosságra, és biobázisú komponenseiket sem nevezik meg. Ezért ezekről a termékekről és piaci forgalmukról nem sokat lehet tudni. Biobázisú összetevőik között feltétlenül ott vannak a *poliolok*, amelyeket többnyire növényi olajokból, zsírsavszármazékokból, szójaszármazékokból, glicerinből, bizonyos cukrokból, 1,3-PDO-ból, borostyánkősavból állítják elő. A Covestro kémiai konszern valószínűleg hamarosan biobázisú anilinból készített diizocianátot kezd forgalmazni. A kölni Nova Intézet a világ bio-PUR igényét évi 2 millió tonnára becsüli. A jelenleg forgalomban lévő típusokban a biobázisú komponensek részaránya nem több 10–30%-nál.

Mennyire váltak be a biodegradálható műanyagok?

A biodegradálható polimerek hasznosságáról kezdetüktől fogva megoszlottak a vélemények. A szándékosan rövid élettartamra szánt műanyagok legtöbbször két vagy négy monomerből felépülő kopoliészterek, amelyeket egyszer használható zacskók, hamar feleslegessé váló csomagolóeszközök vagy szivószálak gyártására ajánlanak. Kezdetben úgy gondolták, hogy velük megoldható lesz a műanyag felhalmozódása. Az egyes országokban, pl. Franciaországban és Olaszországban bizonyos alkalmazásokra engedélyezik a biodegradálható vagy komposztálható műanyagokat, másokban ezeket is tiltják.

Végül is minden azon múlik, hogy hogyan kezelik ezeket. A biodegradálható zacskókat csak akkor lehet komposztálni, ha külön gyűjtik őket. Ha közékük keverednek nem komposztálható darabok, az már komoly gondokat okoz. A biodegradálható zacskók élettartama és hasznossága attól is függ, hogy milyen közegbe kerülnek. Ha egy zacskó egy megfelelően szabályozott komposztáló eljárásban tökéletesen lebomlik, nem biztos, hogy a földbe vagy vízbe kerülve hasonló módon eltűnik.

Az összes biodegradálható műanyag 80%-ából ma zacskókat készítenek. Ezek anyaga legtöbbször *poli(butilén-adepát-co-tereftalát) (PBAT)* vagy *politejsav (PLA)*. A PLA alapú poliésztercsaládnak meglehetősen sok tagja van, amelyeknek – a PP-hez hasonlóan – nagyon eltérő tulajdonságai lehetnek. A Total Corbion (Franciaország, Párizs) Thaiföldön 2019-ben egy évi 75 000 tonna kapacitású PLA üzemet indított be, ahol a kopoliészterekhez biobázisú 1,4-butándiol, borostyánkősav, azelainsav monomereket használnak.

Teljesen alifás biodegradálható poliésztereket kémiai eljárással eddig nem sikerült előállítani. Ilyenek a *poli(hidroxi-alkanoát)*-ok (*PHA*), amelyeket közvetlen mikrobiális polimerizációval hoznak létre. Ezt az eljárást több évtizede tanulmányozzák, de eddig mindössze 10 000 t/év a világ teljes gyártókapacitása, pedig nagyobb kereslet is volna ez iránt a műanyag iránt. Kevésbé bonyolult a *poli(butilén-szukcinát)* (*PBS*) gyártása, amely hasonlóan rövid idő alatt lebomlik. Ez a polimer a monomertől függően lehet 100%-ban vagy 0%-ban biobázisú.

A gyártók tovább szeretnék szélesíteni a biodegradálható műanyagok alkalmazási területeit. Elsősorban az étkeztetésben alkalmazott tálaló edényekre, evőeszközökre, poharakra gondolnak, de ezek az egyszer használható eszközök jelenleg éppen a műanyagok korlátozását követelő csoportok fókuszában vannak. Fröccsöntött játékok, rosszul újrafeldolgozható többrétegű csomagolóeszközök helyettesítésére is szóba jöhetnének a komposztálható polimerek.

Külső körülmények hatása a biobázisú polimerekre

A műanyagpiacot a jövőben három tényező fogja erősen befolyásolni:

1. Az elvárt élettartam meghatározása, azaz, hogy a műanyag termékek többszöri felhasználását és anyagának visszaforgathatóságát vagy lebonthatóságát helyezik-e előtérbe.
2. Az üvegházhatású gázok, azaz a CO₂-emisszió csökkentése.
3. Az emberek egészségének és a környezet védelmének fokozása.

Ezek között lehetnek a biobázisú műanyagokra pozitív hatást kifejtő elemek is.

A jelenlegi barátságtalan hangulat ellenére is várható, hogy a biobázisú műanyagok iránt növekszik az igény, mert nem növelik, hanem csökkentik a levegő CO₂-tartalmát. Ebből elsősorban a bio-PE, bio-PP és bio-PET gyártói profitálhatnak. Jelenleg és a közeljövőben is gyakorlatilag csak ezt a három polimert fogják nagyobb mennyiségben visszaforgatni, ami tovább javítja piaci lehetőségeiket. Az európai országokban fokozni fogják a reciklátumok nagyobb arányú visszadolgozását az új termékekbe. Egyelőre nincsenek arra vonatkozó megbízható tapasztalatok, hogy mennyi biobázisú polimer kerülhet bele a hulladékáramba anélkül, hogy az újrafeldolgozott műanyagok minőségét veszélyeztesse.

A biodegradálható műanyagok jelenlegi alkalmazását szigorú szabályok korlátozzák. Hogy az étkeztetésben továbbra is helyük lesz-e, az politikai döntésektől függ, ezért további fejlesztésük előre nem látható.

Az árak fontossága csökken

A biobázisú polimerek alapanyagainak eredetét tisztázni kellene. Meg kellene határozni, hogy honnan való a biomassa, hogy fenntartható módon hozták-e létre, nem származik-e természetvédelmi területről, nincs-e negatív hatása. Ugyanígy a fosszilis eredetű alapanyagokról is hasonló információkkal kellene rendelkezniük a gyártóknak.

A klímára gyakorolt hatás miatt nem közömbös, hogy a forrás földgáz, olaj vagy szén volt; hogy melyik országból származik és milyenek ott az ökológiai és etikai állapotok.

Hamarosan vége lesz annak az időnek, amikor a műanyag ára volt a meghatározó piaci érték. A média okozta zűrzavar, a körkörös gyártás igénye, a klíma és a környezetvédelem előtérbe kerülése miatt az alapanyag már nem egyszerűen egy anyag, és minden műanyag

általa egy saját profilt kap, amely lehet pozitív vagy negatív, és ez fontosabb lesz, mint maga az ár.

A biobázisú műanyagokat évek óta kritikusan kezelik, ami hátráltatta piaci lehetőségeiket. A műanyagipar nehéz évtized előtt áll, de úgy tűnik, hogy a biobázisú műanyagok ügye nem reménytelen.

A felhasználók szorgalmazzák a biopolimerek továbbfejlesztését

Mindenki „zöldebb” szeretne lenni

A felhasználók szeretnék kielégíteni vásárlói elvárásait. A csomagolóipar szeretné, ha környezetbarátnak tekintenék, és nem vetnék szemére, hogy főbűnöse a hulladéktermelésnek.



1. ábra A Lego növényyszerű elemei cukornád-ból származó polimerből készülnek

A világhírű dániai Lego Csoport (Billund) bejelentette, hogy 2025-től kezdve valamennyi játéktermékét megújuló forrásból származó és újrafeldolgozható anyagba fogja csomagolni, és arra törekszik, hogy vásárlóinak megkönnyítse a csomagolószerek anyagának hasznosítását. 2014 óta 14%-kal csökkentették dobozaik méretét. Kartondobozaik 75%-ban hulladékból visszanyert anyagból készülnek, amelyek szállításához eddig 3000 teherautóval kevesebb kellett és 7000 tonnányi kartondobozt takarítottak meg. Az USA-ban és Kanadában forgalmazott termékeik dobozára „How2Recycle” feliratú címkét ragasztanak, hogy figyelmeztessék vásárlóikat

arra, hogy a dobozt ne a szemétkébe dobják. 2018 óta dobozaikba újrafeldolgozható anyagból készített, átlátszó „bekukkantó ablakot” építenek, hogy meg lehessen nézni, mi van a dobozban. De a cég nem csak a csomagolóanyagokra figyel: zöld színű növényi elemeket cukornád-ból előállított polimerből gyártja (1. ábra).

Az élelmiszereket és italokat forgalmazó chicagói Kraft Heinz Co. is azt tervezi, hogy 2025-ig a náluk alkalmazott csomagolóanyagok 100%-ban visszaforgathatók, ismét felhasználhatóak vagy komposztálhatóak lesznek. Ennek a célnak elérésére csomagolási szakértőkkel és szervezetekkel, köztük a környezetbarát csomagolás nemzetközi szervezetével (EPI, Environmental Packaging International) is konzultálnak. A csomagolás csökkentésére irányuló globális tevékenységükkel eddig 50°000 tonna anyagot takarítottak meg, Remélik, hogy 2022-ig ketchupos palackjaikat olyan PET-ből készíthetik majd, amelyekből újrafeldolgozva ismét élelmiszerek csomagolására alkalmas termékek készülnek. Hasonló tervei vannak a Procter & Gamble, a Johnson & Johnson és a PepsiCo cégnek is.

Az elemekből összeszerelhető bútorokat forgalmazó svéd IKEA cég 2020-ban áruházi éttermeiben megszünteti az egyszeri használatra szánt műanyag termékek alkalmazását. Termékeikben is törekszik a körkörös gazdaság elvei szerint megújuló forrásból származó, újra

felhasználható és ismételten feldolgozható anyagok alkalmazására. A cég el akarja érni, hogy széles körű kereskedelmi hálózatában forgalmazott termékeinek ökológiai lábnyoma átlagosan 70%-kal csökkenjen.

Célzottan tervezett biodegradálható anyagok

A műanyagokkal foglalkozó mérnökök egyik új feladata, hogy célzottan tervezzenek meg új polimereket, elsősorban a csomagolóipar számára. Jó dolog, hogy összegyűjtik, visszanyerik, majd újra feldolgozzák a hulladék polimertartalmát, de a csomagolóipar nagyon jó néven venné, ha továbbfejlesztenék a biodegradálható műanyagokat. Szeretnék, ha olyan műanyagokat kínálnának nekik, amelyek szerves anyagokká bomlanak, akár csak az ételmaradék és más szerves hulladék, mert akkor az ilyen műanyagokból gyártott zsákok a szerves hulladékkal együtt volnának komposztálhatók. Jelenleg csak a PLA és a PHA felel meg ennek az igénynek, más biodegradálhatónak minősített polimerek sokkal lassabban épülnek le, bár a PLA is csak magas hőmérsékleten bomlik le teljesen. Kutatók a PLA és a PHA bomlási sebességét kopolimerizálással és/vagy adalékokkal próbálják növelni.

A bioműanyagok következő generációiban új innovatív polimereknek kell megjelenni, amelyekkel kiegészíthetik a PLA és PHA típusú polimerek választékát. Egy kaliforniai biotechnológiai vállalat, a Genomatika (San Diego) vezetője azt állítja, hogy ők már képesek 100%-ban biobázisú és a mai igényeket kielégítő új polimert gyártani.

Új polimer gyártásához általában új monomert kell találni vagy előállítani. Egy új polimer sikere viszont sok mindentől függ. Megfelel-e a kitűzött cél szerinti funkcióknak; elfogadható-e az ára; hogyan lehet előállítani és feldolgozni; mit lehet tenni vele élettartama végén, hogyan lehet bevezetni a piacra. A Genomatika megemlítette a komposztálható *Mater-Bi* biopolimerek negyedik nemzedékét gyártó globális Novamont céget, amely olaszországi üzemében (Bottrighe) állít elő ehhez *Genomic* technológiával egy új monomert, a biobázisú BDO-t (1,4-butándiol).

Számos más kutatóhelyen is keresik az új monomereket. A kaliforniai Berkeley Egyetemen bioszintézissel próbálkoznak. Első lépésben mikroorganizmusok anyagcseretermékeként jutnak hozzá szerves fluorvegyületekhez, amelyekből köztes terméként *diketid monomert* készítenek. Ebből ugyancsak bioszintézissel, in-vivo polimerizációval kapnak fluorozott biopolimert.

A Wisconsin-Madison Egyetemen gazdaságos és termelékeny eljárást dolgoztak ki furán-dikarbonsav (FDCA) gyártására. Ennek alapanyaga egy növényből kinyerhető oldószer, a gamma-valerolakton, amelyet 12 más oldószer egyikeként az USA energiaügyi minisztériuma (Department of Energy) a „zöld” vegyipar egyik hajtóerejének tart. Az FDCA a PET versenytársaként korábban bemutatott PEF és más poliészterek és poliuretánok alapanyaga lehet.

A Tel-Avivi Egyetem olyan mikroorganizmusokat próbál kitenyészteni, amelyek anyagcseréjük eredményeként polimert termelnek, de nem igényelnek sem talajt, sem tiszta vizet, és tengeri hínáron is megélnek.

Az ACS (American Chemical Society) különböző kompaundok előállítását támogatja, amelyekkel jobb tulajdonságú és könnyebben fenntartható biopolimereket lehetne gyártani. A kísérletekhez 15 polimert választottak ki, keverékeik lebomlását komposztálással, anaerob rothasztással, talajban, friss és tengervízben vizsgálják. A PLA és a polikapronlakton (PCL)

keveréke a családi házak körülményei között komposztálva is tökéletesen lebomlott, bomlás-termékei CO₂, biomassa és víz voltak. Számos polimer önmagában vagy keverékben anaerob körülmények között biogáz termelésével degradálódott; ipari komposztálással valamennyi keverék teljesen eltűnt. Bármilyen talajban vagy vízben azonban csak a poli(hidroxi-butirát) (PHB, a PHA egyik fajtája) és a termoplasztikus keményítő (TPS) épült le tökéletesen.

A széles körű kutatás a bioműanyagok fejlesztésének a kezdete lehet. 10 jelenlegi vezető vegyipari vállalat azonban inkább korlátozná ezek elterjedését, aminek oka alighanem a versenytől való félelem.

Összeállította: Pál Károlyné

Köb, H.: Klimawandel stärkt Nachfrage = Kunststoffe, 2019. 10. sz. p. 134–141.

Romeo, J.: Plastics that do not last forever: engineering bioplastics = Plastics Engineering, 2019. 3. sz. p. 36–41.