

## Lassan, de biztosan növekszik a biopolimerek gyártása és választéka

A biopolimerek gyártásának hajtóereje jelenleg nem annyira a fosszilis anyagforrások kiapadása, inkább a környezet védelme. Úgy tűnik, hogy 2016 után a biobázisú polimerek gyártása kicsit felgyorsul. Ezeknek a polimereknek sokféle fajtája van, érdekes módon a következő években nem a biodegradálható típusok iránti kereslet növekszik erőteljesebben, hanem a részlegesen biobázisú, nem degradálódó PET-é. A piacon a közeljövőben néhány egészen új biopolimer megjelenése is várható.

*Tárgyszavak: biopolimerek; biobázisú nem degradálódó polimerek; biodegradálódó polimerek; újdonságok; gyártókapacitások.*

Az elmúlt évezred vége felé vészjósló hírek érkeztek az energiaforrások, mindegyikéről a kőolajforrások kiapadásáról. Megszületett a „megújuló energiaforrások” felhasználásának elve és annak szükségessége. Az energiaipar érdeklődése a nap- és szélenergia felé fordult, terjedni kezdtek a napkollektorok és a napelemek, egyes területeken a szélenergia. A műanyagipar ugyan a kitermelt kőolajnak csak kb. 6%-át használja fel, de kőolaj helyett neki is újabb alapanyagforrások után kellett nézni. A „megújuló forrást” a növényi alapanyagokban találta meg. A növényi olajokat a vegyipar eddig is felhasználta, és a cukortartalmú növényekből még házilag is lehet alkoholt gyártani, ezért úgy gondolták, hogy az alapanyag-ellátást az erre a célra termelt növények fogják megoldani. Kiderült, hogy a növényi eredetű alkohollal vagy a repceolajjal üzemanyagot is lehet pótolni. Ki is fejlesztették az erre szolgáló technológiákat és a mezőgazdasági területek kisárgultak a repcetábláktól, Brazíliában pedig a cukornádból cukor helyett alkoholt (abból pedig üzemanyagot vagy polietilént) kezdtek gyártani (emiatt akadozni kezdett a hazai cukorellátás és felment a cukor ára, miután korábban elkótyavetyéltük a virágzó itthoni cukorgyártást – a fordító megjegyzése). Megszülettek az első „biobázisú” műanyagok is. De az is kiderült, hogy ha a termőföldeken vegyipari alapanyagot és üzemanyagot fognak termelni, veszélybe kerül a világ rohamosan növekedő lakosságának élelmiszerellátása.

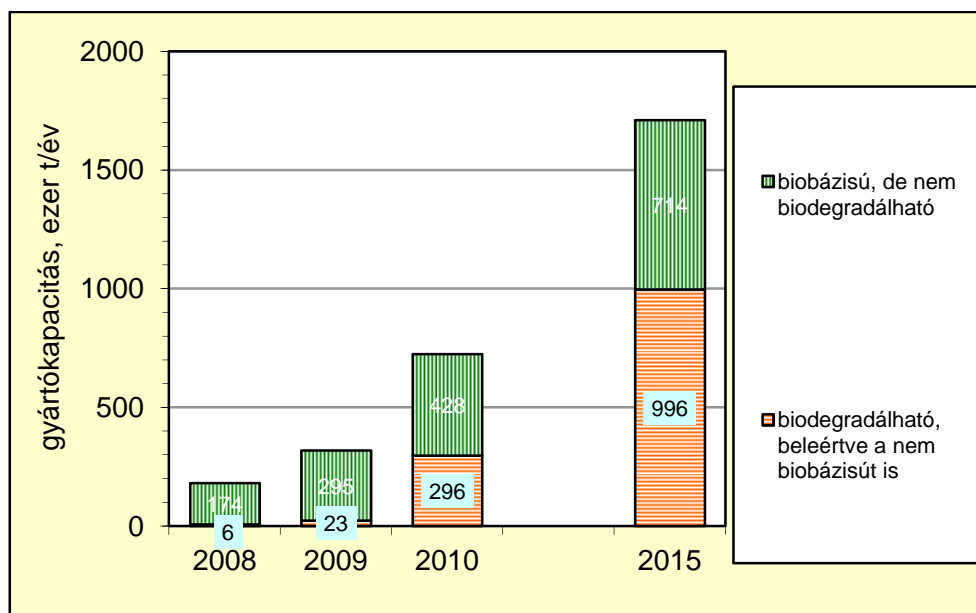
A növényi alapanyagok iránti érdeklődést a környezetvédelem fontosságának fokozódása is erősítette. Az embereket egyre jobban irritálta a szárazföldön és a tengerekben megjelenő műanyag hulladék, amely 100 év alatt sem bomlik le, hiszen a vegyészek évtizedek óta keményen dolgoztak azon, hogy tartósak legyenek. A rövid használatra szánt csomagolóanyagoktól viszont elvárnák, hogy a természetben – szá-

mos más anyaghoz hasonlóan – viszonylag rövid idő alatt lebomoljanak. Úgy gondolták, hogy a „természetes” alapanyagokból készített műanyagok könnyebben válnak „biodegradálhatóvá”, mint a „szintetikusak”. Megszülettek a „biodegradálható” műanyagok is, elsősorban csomagolóanyagok céljára.

Az intenzív kutatások eredményeképpen mára a „biopolimer” jelentése kissé diffúzzá vált, mert vannak biobázisú és biodegradálható, biobázisú de nem biodegradálható, továbbá nem biobázisú de biodegradálható, nem biobázisú és nem biodegradálható polimerek (utóbbiak túlnyomó többségben).

Új évezredünk elején új szénhidrogénforrásokat fedeztek fel. Az olaj és a gáz ára alacsony, és nem kell hiányától tartani. A műanyaggyártók ezért változatlanul ezekre alapozzák gyártásukat, és a biobázisú műanyagok fontossága kissé csökkent, de nem váltak érdektelenné. Felhasználásuk lassan, de biztosan növekszik, és egyre újabb típusaik születnek.

Az 1. ábra a kezdeteket mutatja. 2008-ban a biodegradálható polimerek globális gyártókapacitása mindössze 6 ezer t/év volt, és ez a mennyiség tartalmazta a nem biobázisú polimereket is, a következő évben is csak 23 ezer t/év-re növekedett, 2010-ben pedig már elérte a 296 ezer t/évet, 2015-re pedig közel 1000 t/év gyártókapacitást prognosztizáltak. A biobázisú, de nem biodegradálható polimerek gyártókapacitása az első években sokszorosa volt a biodegradálhatónak, de a 2015-re vonatkozó előrejelzésben már az utóbbiakét becsülték nagyobbra. A 2015-ig megvalósult gyártókapacitások hozzávetőleges becslését, a fontosabb gyártókat és a piacon megjelent típusokat (a teljesség igénye nélkül) a Nova Institute (Kensington, MD, USA) adatai alapján az 1. táblázat tartalmazza.



1. ábra A biobázisú, ill. biodegradálható műanyagok globális gyártási kapacitása az előző évtized végén, és az akkor született prognózis a jelen évtized közepére

A publikációban említett anyagok rövid és teljes neve

Rövid név	Teljes név
ABS	akrilnitril/butadién/sztirol kopolimer
BDO	1,4-butándiol
Bio-ECH	bio-epiklórhidrin
CA	cellulóz-acetát
EPDM	etilén/propilén/dién kopolimer
FDCS	furán-dikarbonsav
HMDA	hexametilén-diamin
MEG	monoetilénglikol
PA	poliamid
PBAT	poli(butilén-adipát-tereftalát)
PBS	poli(butilén-szukcinát)
PBT	poli(butilén-tereftalát)
PC	polikarbonát
PDO	1,3-propándiol
PE	polietilén
PEF	poli(etilén-fumaroát)
PET	poli(etilén-tereftalát)
PHA	poli(hidroxi-alkanoát)
PHB	poli(hidroxi- butirát)
PLA	politejsav
PMMA	poli(metil-metakrilát)
PTA	paratereftálsav
PTT	poli(trimetilén-tereftalát)
TPU	termoplasztikus poliuretánelasztomer
PUR	poliuretán
PVC	poli(vinil-klorid)

## Nem biodegradálható biobázisú műanyagok

### *Biopolietilén*

A biopolietilén eddig egyetlen gyártója a brazil Braskem S.A. (San Paolo), amely 100%-ban biobázisú műanyag, kémiai és tulajdonságaiban teljesen azonos a kőolajalapú polietilénnel, egyetlen előnye azzal szemben a kisebb CO<sub>2</sub>-emisszió, és versenyképes a tömegműanyagként óriási mennyiségben előállított polietilénekkkel (PE-HD, PE-LD, PE-LLD). A biopolietilénnek egyre több a vásárlója, és a gyártó cég sikeresen hárítja el a termőföldet csupán élelmiszer-termelésre megengedhető csapatok tiltakozását is. *A Braskem jelenlegi 200 ezer t/évi gyártókapacitásának növelését fontolgatja.*

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)

A biopolietilénekből műszaki termékeket (kábelbevonatot, szennyvízelvezető csöveket) is készítenek, fő alkalmazási területük a nem élelmiszer típusú áruk (pl. kozmetikumok, fogyasztási cikkek) csomagolóeszközeinek gyártása. Felhasználóik elsősorban az olyan csomagolószereket gyártó óriás cégek, mint az RPC csoport (Rushden, Egyesült Királyság), az Amcor Limited (Hawthorne, Ausztrália), a Stora Enso csoport (Helsinki, Finnország), a Gerresheimer AG (Düsseldorf, Németország), amelyek a „biobázisú” alapanyagok alkalmazását reklámaikban is kihangsúlyozzák. A Tetra Pack International S.A. (Pully, Svájc) 2016-ban 100 millió 100%-ban biobázisú *Tetrarex* márkanévű új kartondobozt fog piacra vinni, amelyek bélése a Braskem biopolietilénjéből készül.

### *Biopoliészterek*

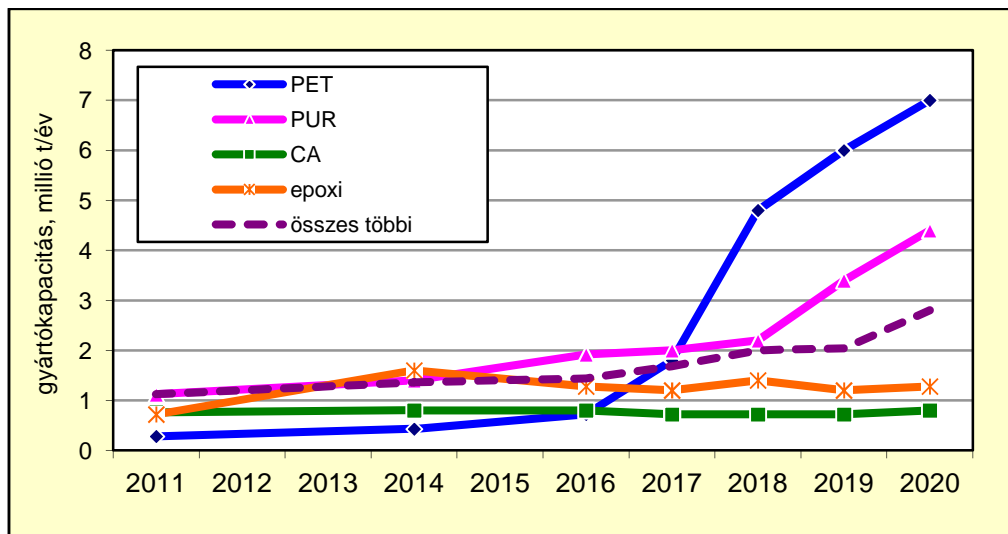
A legalább részben biobázisú alapanyagot tartalmazó polimerek közül legnagyobb mennyiségben a 30% biobázisú MEG-et tartalmazó *poli(etilén-tereftalát)*-ot, *PET*-et állítják elő, amelynek gyártókapacitását ennek a monoetilénglikolnak a hozzáférhetősége határozza meg. A MEG jelenlegi gyártókapacitása jelenleg 300 ezer t/év, amelyből 1 millió tonna PET lenne előállítható. Jelentős részét a Coca-Cola cég (Atlanta, GA, USA) használja fel, amely a bioPET-ből készített palackokat 2009-ben vezette be, és azóta 40 milliárd ilyen palackot használt fel, ami által 300 ezer tonna CO<sub>2</sub> kibocsátását kerülte el. 2015-ben a Coca-Cola 100%-ban biobázisú *paraftálsavból* (*PTA*) előállított PET palackokba is töltött italokat. A PTA gyártása azonban egyelőre nem gazdaságos, most induló cégek próbálják a gazdaságosabb technológiát megtalálni. A biobázisú PET könnyen újrafeldolgozható, és hosszú élettartamú termékek előállítására is alkalmas, a gyógyszerkészítéstől az autógyártásig számos iparág érdeklődésére is számot tarthat. A bioPET gyártókapacitásának drasztikus növekedésére számítanak 2020-ig (2. ábra).

A *poli(trimetilén-tereftalát)* (*PTT*) szálgyártásra alkalmas anyag, a belőle készített textíliák rendkívül ellenállóak, nagyon tartós sport- vagy munkaruhák készíthetők belőlük. Erre a célra egyébként a PET-et – mindenekeelőtt a hulladékból visszanyert polimert – is alkalmazzák.

Egészen új tagja a biobázisú polimereknek a *poli(etilén-furanoát)* (*PEF*), amelyet egyetlen cég, a furándikarbonsavas (FDCS) technológiák kifejlesztésére szakosodott Avantium Technologies B.V. fejlesztett ki. Ezt a polimert MEG-ből és FDCS-ből állítják elő, és 100%-ban biobázisú. A cég a BASF céggel közösen 50 ezer t/év kapacitású referenciüzemet épített a BASF antwerpeni telephelyén, de a japán Mitsui céggel (Tokio) is tárgyal egy gyártóhely kialakításáról. A PEF O<sub>2</sub>- és CO<sub>2</sub>-áteresztő képessége kisebb a PET-énél, és nagyobb mechanikai terhelhetősége révén vékonyabb falú fóliák és palackok készíthetők belőle.

Az Avantium cég képviselője egy riporternek arról nyilatkozott, hogy az elmúlt években szorosán együtt dolgoztak a Coca-Cola, a Danone és az Alpla céggel, és közös munkájuk során bebizonyosodtak arról, hogy a PEF biztonsági kockázat nélkül bármilyen élelmiszerrel érintkezhet; hogy a PEF palackok az üdítőitalok gyártóinak

palackokkal szemben felállított valamennyi követelményét ki tudják elégíteni; és hogy a használt PEF palackok anyaga visszaforgatható, a reciklátumból ismét palackok vagy más termékek készíthetők.



2. ábra A Nova Institute becslései a biopolimerek 2020-ig kialakuló gyártókapacitásaira

A PEF üzemi méretű gyártásához azért szövetkeztek a BASF-fel, mert ebben nincsenek megfelelő tapasztalataik. A BASF-et azért választották, mert az nem gyárt PET-et, sem PET-hez használt alapanyagot, amelynek a PEF versenytársa lesz.

A PEF-re sokan úgy tekintenek, mint a PET „még inkább bio” versenytársára. Valójában a PEF nem elhanyagolható előnye a sokkal jobb gázzáró képesség; oxigénáteresztése tízszer, CO<sub>2</sub>-áteresztése öt-tízszer kisebb a PET-énél. És az italok között vannak olyanok, amelyekhez a PET palackok záróképessége nem megfelelő. A PEF egyelőre valamivel drágább lesz a PET-nél, ezért főképpen a nagyobb záróképességet igénylő italok forgalmazásához fogják ajánlani. Ha megindul az üzemi gyártás és a nagyobb tömegű termelés, nő a polimer iránti kereslet, az ára is csökkenni fog, és más alkalmazási területek is megnyílhatnak előtte.

Egy kérdésre válaszolva a képviselő elmondta, hogy az első PEF palackok enyhén sárgák voltak, akárcsak az első PET palackok annak idején, de a mai PEF palackok víztiszták és tökéletesen átlátszóak.

A palackok alapanyaga a fruktózszirup, amelyet Európában búzából, az USA-ban kukoricából állítanak elő. Jelenleg csak álmodnak olyan mennyiségű termelésről, amely mellett el kellene gondolkodni arról, hogy szabad-e élelmiszer-termelésre alkalmas talajon PEF alapanyagként felhasználandó gabonafélét termelni. Ennek ellenére dolgoznak azon, hogy faipari és mezőgazdasági hulladékból állítsanak elő ipari cukrokat.

Azt az aggodalmat, amely szerint a PEF palackok szennyeződésként zavarnák a PET palackok visszaforgatását, a képviselő indokolatlannak tartja. Infravörös válogatórendszerrel ugyanis nagy biztonsággal kiválaszthatók a PEF palackok a PET hulladékarából, de ilyen berendezés hiányában sem kell attól tartani, hogy néhány (egy jegyű) százalékos „fertőzés” rontaná a hulladékból gyártott PET palackok minőségét, amit kísérletekkel igazoltak. A PET és a PEF ugyanis kémiaiilag nagyon hasonló anyag, nem okoz olyan minőségromlást, mint a PET közé keveredett PLA vagy más idegen polimer.

### *Biopoliamidok*

A már több évtizede piacon forgalmazott, hosszú élettartamú és nagy terhelést elviselő biopoliamidok, a *PA10* és *PA11* mellett megjelentek a *PA5* és a *PA6* típusú biobázisú polimerek is, amelyekre jellemző a nagy hő-, vegyszer- és méretállóság. A poliamidokat szívesen alkalmazzák járművekben, a biobázisú poliamidokat emellett belső ajtóbélésekhez, sportcipőkhöz, szemüvegektertekhez ajánlják. A nagy poliamidgyártók, pl. az Invista S.à.r.l. (Wichita, KS, USA), a DSM Engineering Plastics BV (Heerlen, Hollandia), az Evonik Industries AG (Essen, Németország) szorosan együttműködnek a biopolimerekkel foglalkozó cégekkel, hogy további biobázisú monomereket tudjanak bevonni poliamidtermékeikbe.

### *További biobázisú, de nem biodegradálható polimerek*

Biosorbit alapanyagból egy konzorcium (tagjai a Roquette Frères, Lestrem, Franciaország; a Misubishi Chemicals Corporation Tokió, Japán és a Sharp Corporation, Osaka, Japán) kísérleti mennyiségben gyártott víztiszta, karcálló PC-t, amelynek a *Durobio* márkanévet adták, és amelyért „Bioplastics” díjat kaptak.

Más hőre lágyuló műanyagok – pl. PBT, PP, PVC, PMMA, vinilpolimerek – „bio” változatának előállításán is dolgoznak. Ezek gyártásához biomonomereket, többek között növényi eredetű akril- és adipinsavat, butadiént, butándiolt, izosorbitot, vinil-acetátot akarnak felhasználni. A kutatások motorja a megújuló források felhasználása és a CO<sub>2</sub>-emisszió csökkentése.

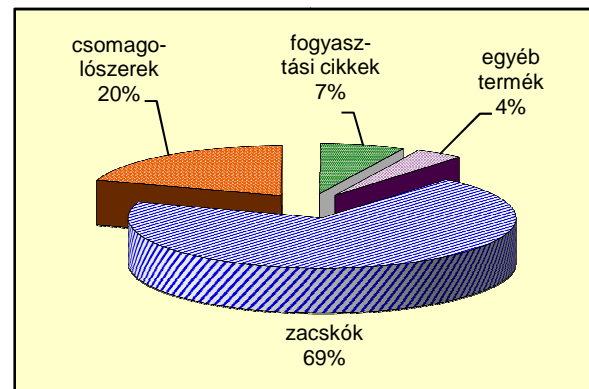
A biobázisú poliuretánok és poliepoxidok gyártása már jelentős mennyiségben, ipari méretekben megvalósult, ezeket számos területen használják, és további felfutásuk csak attól függ, hogy a gyártók milyen mértékben tudnak hozzájutni a legfontosabb biobázisú alapanyagokhoz, mindenekelőtt a di- és poliolkhoz. Tulajdonságaik változatossága is ezeknek a biopoliolkhoz a variációitól függ. A poliuretánok gyártókapacitásának jelentős növekedésére számítanak (ezeket sokféle célra alkalmazzák, textilbevonatként pl. bőrt helyettesítenek a cipő- és a díszmű-gyártásban), a poliepoxidoké a jelenlegi szinten marad (lásd a 2. ábrát).

*A biobázisú, de nem biodegradálható műanyagok iránt több iparág érdeklődik, mert ezek alkalmazása révén környezetbarát voltukat tudják reklámozni. Ilyen pl. a játékipar. A Lego A.S (Billund, Dánia) azt a célt tűzte ki maga elé, hogy 2030 után*

már csak kizárólag „fenntartható” anyagokból fogja játékeit készíteni, amihez évi 70 ezer t műanyagra van szüksége. Ha ennyi ABS-t tudna biobázisú műanyaggal helyettesíteni, óriási mennyiségű CO<sub>2</sub>-emissziót kerülne el. A cél elérésére a cég innovációs központot alapított, és partnerségi megállapodást kötött néhány biobázisú műanyagokat gyártó céggel. Ezek egyike a *Bioblo*, amely farosttal erősített cukoralapú biopolimerből állít elő játékszereket (3. ábra).



3. ábra A Bioblo cég tervezői éppen kipróbálják a farosttal erősített cukoralapú Bioblo biopolimerből készített építőelemeket



4. ábra A biodegradálható műanyagok alkalmazási területeinek megoszlása

## Biodegradálható polimerek

A biodegradálható polimerek majdnem 90%-át a csomagolóipar használja fel, főképpen különféle fóliazacskók formájában, és csak 11%-ból készülnek fogyasztási cikkek és más termékek (4. ábra).

### *Politejsav-származékok*

A biodegradálható polimerek többsége észter típusú vegyület. A 100%-ban biobázisú politejsav észterei az első biodegradálható műanyagok között voltak, választékuk ma már igen nagy, és vannak közöttük könnyen lebomló és igen stabil változatok is. Legfőbb gyártójuk a NatureWorks LLC (Minnetonka, MN, USA) 150 ezer t/év gyártókapacitással, és néhány kisebb gyártó mellett a Carbion NV (Amsterdam, Hollandia) 2018-ban Thaiföldön fog beindítani egy 75 ezer t/év kapacitású PLA gyárat. *2020-ra a világ PLA-gyártó kapacitása megközelítheti az 500 ezer t/év értéket.*

A PLA-t ma világszerte forgalmazzák, elsősorban csomagolási célokra, főképpen kompaundok formájában, de szálakat és fóliákat is készítenek belőle. Az élelmiszeriparban joghurt poharakhoz, palackokhoz, zacskókhoz használják, a szálakból műszaki textileket, nem szőtt kelméket, szűrőket gyártanak.

### *Poli(butilén-szukcinát) és poli(butirát-adipát-tereftalát)*

Miután kifejlesztették a biobázisú borostyánkősav (angolul szukcinsav) gyártástechnológiáját, az előrejelzések a PBS gyártásának erőteljes növekedését jósolják. Ezt a lineáris poliésztert is 100%-ban biobázisú forrásból lehet gyártani, ha az 1,4-butándiolt (BDO) borostyánkősavból hidrogénezéssel vagy közvetlenül fermentálással állítják elő. Néhány nagy vegyipari cég (BASF, DSM, Mitsubishi) új biotechnológiai cégek alapítását segítette (pl. BioAmber Inc., Quebec, Kanada; Genomica, Inc. San Diego, USA; Myriant Corporation, Woburn, MA, USA). Arra számítanak, hogy a PBS hamarosan olyan népszerű lesz, mint a PBAT. Az utóbbit nagy mennyiségben alkalmazzák keményítőt tartalmazó keverékek és PLA kompaundok lágyítójaként. Ezekből a keverékekből elsősorban zacskókat gyártanak a kereskedelem számára. Egyes országokban már ma is csak biodegradálható zacskókat szabad használni (Olaszországban pl. hordtáskaként, Franciaországban zöldség és gyümölcs csomagolására), emiatt évi 70 ezer tonna komposztálható műanyagból gyártanak tasakokat és zacskókat. Ez a mennyiség rohamosan növekedni fog, Európában öt éven belül legalább háromszor ekkora lesz az igény. *2020-ra a PBS és PBAT együttes gyártókapacitása akár 500 ezer t/év körül is lehet.*

### *Poli(hidroxi-alkanoát)-ok*

Az ugyancsak a poliészterekhez sorolandó poli(hidroxi-alkanoát)-ok duplán biopolimerek, mert nemcsak növényi alapanyag a forrásuk, hanem vegyipari berendezések helyett baktériumok testében képződnek. A PHA-knak (a növényi alapanyagtól és a baktériumtörzsektől függően) számos variációja van, amelyek tulajdonságai nagyon eltérőek lehetnek. Egyes típusaik különböző közegekben nagyon rövid idő alatt degradálódhatnak. Gyártásukkal világszerte számos kisebb vállalat próbálkozik. Európában a legjelentősebb a Bio-On Srl (San Giorgio di Piano, Olaszország), amely olaszországi és franciaországi partnereivel együtt két gyártóberendezésben 10 ezer t/év gyártókapacitást épített ki. Kínában és az USA-ban is vannak PHA-val foglalkozó vállalatok.

Nagyobb lendületet adhat a PHA gyártásának és alkalmazásának *az EU 7. kutatási keretprogramjának részeként megindított PHBottle projekt*, amelyet a gyümölcsleveket gyártó spanyolországi Ainia Technology Centre (Valencia, Spanyolország) és az Európai Gyümölcsle-szövetség (AIJN, European Fruit Juice Association) kezdeményezett. Megvalósítására nemzetközi konzorciumot alapítottak, amelynek tagjai az AIJN, a spanyolországi Citresa, az ugyancsak spanyolországi Aimplas, a portugáliai Logoplaste Innovation Lab, a braziliai Logoplaste, a belgiumi Omniform, a bulgáriai Sivel, a mexikói Mega Empack, a hollandiai TNO technológiai központ és az argentinai INTI.

A projekt keretében meg akarják oldani az ideális hulladékhasznosítás elvét, amely az anyagok körforgását szorgalmazza. A gyümölcsle gyártás különböző lépéseiben keletkező szennyvíz nagy mennyiségben tartalmaz cukrot. Ennek legalább 30%-át akarják kivonni és PHA formájában újrahasznosítani. A polimerből palackokat lehet



készíteni, és azokba gyümölcslevet lehet tölteni (5. ábra). Az ilyen palackok természetes körülmények között kilenc hét alatt 60%-ban degradálódnak, ipari komposztálással pedig rövidebb idő alatt teljesen lebomlanak.



5. ábra Balra a fő termék, a narancslé, jobbra a gyümölcslé szennyvizéből kinyert cukorból gyártott PHB palackok, amelyekbe narancslé (vagy más) töltenek

A technológiát a narancslé gyártására alapozzák. Az alapanyag a narancs megmossásakor keletkező magas cukortartalmú szennyvíz, amellyel PHB-t, poli(hidroxi-butirátot) testükben szintetizáló baktériumokat táplálnak. A belőlük kinyert PHB szilárdsága, merevsége hasonló a hagyományos palackanyagokéhoz, szilárdságukat és merevségüket más élelmiszeripari ágazatokból beszerzett rizshéjjal, pontosabban az abból nyert mikroszálakkal tovább lehet növelni. A polimernek ezenkívül antioxidáns hatása is van, amelyet a narancs héjában lévő antioxidánsoknak, pl. a limonénnek köszönhet. Ezeket a hatóanyagokat különleges mikrokapszulás eljárással dolgozzák be a polimerbe, ami által megnövekszik a palackba töltött gyümölcslel eltarthatósága. A technológiát eddig laboratóriumi szinten és kísérleti üzemi méretekben valósították meg.

*A PHA-k gyártási kapacitása 2020-ig várhatóan többször 10 ezer tonnára növekedhet.*

## **Kilátások**

A műanyagipar mindig olyankor kap nagyobb lendületet, amikor valamilyen problémát akarnak általa megoldani. A következő évtizedekben a műanyagoknak a csökkenő alapanyag- és energiaforrásokkal és a környezetvédelemmel kapcsolatos teendőkben kell szerepet vállalniuk. A műanyagok az alkalmazásokban már jól teljesítenek, a hulladékhasznosításban azonban még kevésbé sikeresek. Ha fenn akarják tartani a jelenlegi szintet, a műanyag termékek anyagának visszaforgatását fejleszteni kell, a rövid élettartamú termékeket pedig az eddiginél sokkal nagyobb arányban kell biodegradálható típusokból gyártani. Alapvetően fontos azonban, hogy a termékeket energiaszegény technológiákkal állítsák elő, és hogy azok élettartama minél hosszabb legyen.

2. táblázat

A világpiacon kapható biopolimerek, ezek fontosabb gyártói és gyártókapacitásai

Típus	Monomer és bio-bázisú részarány (%-ban)	Gyártók (és ezek becsült száma)	Gyártási kapacitás (t/év, világ, 2015)	Megjegyzés
<b>Poliolefinek</b>				
PE	etilén, (85-100)	Braskem	200 000	PE HD, PE-LD, PE-LLD
<b>Poliészterek</b>				
PET	bio-MEG (30)	Indorama, Fenc (>3)	>500 000	a biobázisú MEG hozzájárulása meghatározó
PTT	bio-PDO (35)	DuPont, Glory Biomaterial (>2)	> 75 000	
PBT	bio-BDO (40)	Lanxess, Toray (>2)	<100	kísérleti üzemi gyártás
PLA	tejsav (100)	NatureWorks, Corbion, Supla, (>5)	>200 000	
PBS	borostyánkősav, BDO (50/100)	PTTMCC Biochem, Shova Denko (>5)	>25 000	a biobázisú részarány 0-100% lehet
PHA	hidroxi-karbonsavak (100)	Meredian, Tianjin Green Bio, Bio-On (>5)	>10 000	a PHA-k különböző típusaiból gyártják, ill kopolimerizálják
PEF	FDCS, MEG (80/100)	Avantium	<100	kísérleti üzemi gyártás
PBAT	BDO, adipinsav (30-60)	BASF, Jinhui Zhaolong (>3)	>100 000	kompaundáláshoz; adipinsav kísérleti gyártásban
<b>Poliamidok</b>				
PA410,	szebacinsav (70/100)	DSM	<10 000	
PA56, 511, 512	pentán-diamin és dikarbonsavak (>60)	Cathay Industrial Biotech	>10 000	
PA610	szebacinsav (62) (adipinsav/HMDA)	BASF, DSM, Evonik (>5)	>10 000	
PA1010	szebacinsav (100)	Arkema, DuPont, Evonik (>3)	>10 000	
PA11	amino-undekánsav (100)	Arkema	>10 000	
<b>Keverékek és kompaundok</b>				
Keményítő	keményítő+(ko)poliészterek (30-60)	Novamont, Biotech, Rodenburg (>6)	>100 000	elsősorban komposztálható fóliákhoz, főleg PBAT-vel
Keményítő	Keményítő+poli-olefinek (20-40)	Cardia (>5)	>50 000	nem biodegradálható hibridek
PLA	PLA+(ko)poliészterek (20-50)	BASF, FKur (>3)	>25 000	Komposztálható típusok, főleg PBAT-vel
Cellulóz/lignin	Cellulóz/lignin (>50)	Tecnaro (>3)	>10 000	biodegradálható és nem biodegradálható típusok
<b>Egyéb típusok</b>				
PUR + TPU	Cukor- és zsírsavszármazékok	Covestro, Merqunisa, Metzeler, Dow, (>10)	>250 000	Diol-/poliolkomponensek cukorból vagy olajokból
Poliepoxidok	Bio-ECH és más epoxik	Solvay (>3)	>150 000	Alapanyag glicerín vagy epoxidált növényolaj
EPDM	Etilén (50-70)	Lanxess	>10 000	elasztomer

*A biodegradálható és a biobázisú műanyagok szerepe jelenleg még nem egyértelmű, fejlesztésük és alkalmazásuk a kezdeteknél tart. A tömegműanyagokat termelő nagy szervezetek sem változtathatók meg rövid idő alatt. Az összefoglaló nevükön biopolimereknek tekintett műanyagok akkor válnak majd fontossá, amikor a piaci viszonyok erre megérnek, és amikor a politikai és a gazdasági viszonyok, továbbá a felhasználók igényei ezt szükségessé teszik. A világpiacon kapható biopolimerekről, ezek fontosabb gyártóiról és gyártókapacitásairól – a teljesség igénye nélkül – a 2. táblázat ad áttekintést.*

Összeállította: Pál Károlyné

Káb, H.: Biokunststoffe = Kunststoffe, 106. k. 10. sz. 2016. p. 124–131.

European bioplastics iBIB2014 = Bioplastic Magazine, issue iBIB2014-15.pdf, p. 83. [www.bioplasticmagazine.com](http://www.bioplasticmagazine.com)

von Aken, T.: PEF: creating a high barrier rival to PET = Plastics News Europe, 2016. szeptember, p. 18–19.

Jans, S.: Nachhaltige Bausteine für Klein und Groß – Interview mit Hannes und Stefan von Bioblo = <http://findingsustainia.org/nachhaltige-bausteine-fuer-klein-und-gross-interview-mit-hannes-und-stefan-von-bioblo/>

Snodgrass, J.: Recovering sugar from juice industry to make bioplastics = Plastics News Europe, 2016. júl./aug. p. 21–22.

PHBottle = [https://www.google.hu/?gws%1F\\_rd=ssl#q=phbottle+project](https://www.google.hu/?gws%1F_rd=ssl#q=phbottle+project)  
[www.natureworksllc.com](http://www.natureworksllc.com)