

A műanyagipar szerepe a fenntartható fejlődésben

A bioműanyagok mennyisége még mindig csekély az összes műanyag-felhasználáson belül, azonban a kutatás-fejlesztések egyre intenzívebben összpontosítanak ezekre az anyagokra. A közeli évekre a bioműanyagok, ezen belül elsősorban a növényi nyersanyagokból kiinduló, nem lebomló műanyagok növekedését jósolják. Ezek tulajdonságai hasonlóak a hagyományos, fosszilis alapanyagokra épülő műanyagokéval, és – ellentétben a lebomló biopolimerekkel – újraafeldolgozhatóságuk is megoldott.

Tárgyszavak: bioműanyag; megújuló nyersanyag; fenntartható fejlődés; újrahasznosítás; csomagolás; piaci adatok.

Bioműanyagok és piaci jelenlétük

A bio előtag a műanyagok körében két tulajdonsághoz kötődik: a biológiai lebomlásukhoz és az előállításukhoz használt megújuló természetes nyersanyagok használatához. A biológiailag lebontható anyag természetes környezetben mikroorganizmusok hatására szén-dioxiddá és biomasszává bomlik. A gyakorlat számára a „komposztálhatóság” fogalmát és feltételeit szabványban is meghatározták (*DIN EN 13432*).

A két tulajdonság nem feltétlenül jár együtt. Számos hagyományos, eddig fosszilis nyersanyagból kiinduló műanyagra dolgoztak ki olyan technológiát, amely részben vagy egészben megújuló – általában növényi – nyersanyagból készül. Ezekre is használják a bio előtagot – bio-PE, bio-PP, bio-PA stb. – annak ellenére, hogy ezek alkalmazásuk után nem bomlanak le. Ugyanakkor van arra is példa, hogy biológiailag lebomló (hidrolizáló) polimer olajalapon gyártott monomerből áll. Erre a legismertebb példa a poli(vinil-alkohol). Az *1. táblázat* a bioműanyagok csoportosítását mutatja be a fenti szempontok szerint.

A klímaváltozás és a fenntarthatóság előtérbe kerülése eredményeképpen folyamatosan nő az érdeklődés a bioműanyagok iránt, bár részesedésük a világ műanyag-felhasználásában egyelőre csak 1%. A bioműanyagok gyártóinak európai szövetsége az European Bioplastics adatai szerint a bioműanyagok előállítására szolgáló kapacitás gyorsan nő, 2010-ben elérte az 1 millió tonnát, és 2017-re az előrejelzések szerint többszörösére nő (*2. táblázat*). *Látható, hogy legnagyobb mértékben a megújuló nyersanyagokból kiinduló, de nem lebomló műanyagok gyártókapacitása fog nőni.*

A bioműanyagok és általában a fenntarthatóság kérdései iránti affinitás Európában a legkifejezettebb. Ázsiában – mint ezt a Kaneka Corp. szakértője nyilatkozta – még csak a fiatal generációk fogékonyak erre a témára. A gyorsabb elterjedés egyik akadálya, hogy jelenleg a standard műanyagok jóval olcsóbbak a bioműanyagoknál, de

ezt a helyzetet a bioműanyagok növekvő mennyisége, az olajár emelkedése és más tényezők kedvezően befolyásolhatják.

1. táblázat

A bioműanyagok csoportosítása (zárójelben a gyártócégek neve)

Biológiailag lebomló és biobázisú	Biológiailag lebomló, de olajalapú	Biológiailag nem lebomló, de biobázisú
Polilaktid PLA (NatureWorks, Purac/Synbra, Futerro)	Poli(vinil-alkohol) PVOH Polikaprolakton PCL	Bio-PDO-ból készített polimerek (DuPont)
Termoplasztikus keményítő-származékok (Novamont, Sphere-Biotec, Plantic stb.)	Szintetikus poliészterek: poli(butadién-adipát-tereftalát) és poli(butilén-szukcinát) – PBAT és PBS (BASF, Mitsubishi stb.)	Bio-PE bioetanolból (Braskem, Dow Chemical)
Cellulóztermékek (Innova stb.)		Bio-PVC bioetanolból (SolVin)
PLA-blendek BASF, FKUR stb.)		Bio-PP bioetanolból (Braskem)
Poli-hidroxi alkanoát PHB (Telles, Kaneka, Tianan stb.)		Bio-poliamidok: PA 669, 610, 11 (Arkema, DuPont, BASF stb.)
		Bio-poliuretán (BASF stb.)

2. táblázat

Bioműanyagok gyártókapacitása 2010–2017 között

Típus	Gyártási kapacitás, 1000 t			
	2010	2011	2012	2017*
Biológiailag lebomló	342	486	604	1000
Megújuló nyersanyag, de nem lebomló	674	675	791	5185
Összesen	1016	1161	1395	6185

* Becslés.

A biológiailag lebomló és egyúttal 100%-ban megújuló nyersanyagból gyártott csoportban a politejsav (PLA) a legperspektivikusabb bioműanyag. Ennek első és legnagyobb gyártója az amerikai NatureWorks LLC, amely már 140 000 tonnás kapacitással rendelkezik, és gyárat épít Ázsiában.

Az utóbbi időben megfigyelhető, hogy a bioműanyagok gyártói körében *a hangsúly a biológiai lebomlásról a megújuló nyersanyagok felé tolódik el.* A megújuló

nyersanyagok nagyipari használatában úttörő szerepet játszik a braziliai Braskem S.A. cég (Sao Paulo), amelynek 200 000 tonnás bio-PE (zöld PE) kapacitása jelenleg a legnagyobb a világon. A PE előállításához cukorrépából nyert bioetanolt használnak. Hosszú távon a cukorrépa helyett/mellett élelmiszerhulladékok felhasználását is tervezik. A jövőben bio-PP-t is fognak gyártani. Az Interpack konferenciáján a Mitsubishi poli(butadién-szukcinát) bio-PBS gyártásának megindításáról számolt be. Thaiföldön egy 50–50%-os japán-thaiföldi vegyesvállalat keretében létesítenek 20 000 t/év kapacitású üzemet.

A bioműanyagok a csomagolásban

A bioműanyagok felhasználásában érthető módon a csomagolóipar az éllovas.

A Procter & Gamble 2015-re már negyedrészből biobázisú műanyagból készült csomagolóeszközöket fog használni, és már ma is ez a cég a fő vevője a Braskem „zöld polietilénjének”. A Coca Cola már 2009-ben használta italainak csomagolására az ún. „*Plant Bottle*”-t (növényi palackot), amely 30%-ban növényi eredetű nyersanyagból készül. Európában az italospalackokhoz 50%-ban reciklált poliésztert használnak. A Coca Cola konszern adatai szerint mindezzel évente 14 millió liter olajat tudnak megtakarítani. Az amerikai Heinz Ketchup cég a Coca Cola-val együttműködve szintén bevezette a „növényi palackokat” a leggyakoribb 500 ml űrtartalmú palackjainál. A Pepsi Cola szintén növényi nyersanyagokból – egy Amerikában növekvő prérifűből, fenyőkéregből vagy kukoricaszalmából – előállított PET palack használatáról döntött.

A Danone cég *Volvic* márkájú ásványvizét „*Öko-PET*” palackban forgalmazza, amelynek gyártásához 20% bioműanyagot és 25% reciklált poliésztert használnak. Az ökopalackban forgalmazott ásványvíz ára nem változott. Az *Activia* joghurt csomagolására a Danone PLA-ból fejlesztett ki csomagolást, amelyet már a kereskedelemben is használnak. A komposztálható joghurtos poharat már 1998-ban be akarta vezetni a piacra, de akkor a vásárlók nem fogadták el, ezért visszaálltak a hagyományos poharakra. 2011-ben, több mint 10 évvel később, a Danone ismét bevezette a PLA poharakat, ezúttal a WWF-fel együttműködve, az ő logójukat használva a vásárlók meggyőzése érdekében.

Jelentős a PLA felhasználása a csomagolásban. A FKUR Kunststoff GmbH, a PLA nagy felhasználója, bioműanyag kompaundokat gyárt különböző feldolgozási technológiákhoz, így fóliafűvásra is. Az FKUR új, PLA-alapú terméke a *Bio-Flex A 2201 CL*, amely átlátszó flexibilis kompaund; a cég egy másik *Bio-Flex* termékével kombinálva kiemelkedő tulajdonságú többrétegű csomagoló fólia gyártható belőle.

A NatureWorks PLA-jának feldolgozására Kínában létrehozták a BioPla Products Factory céget, amely két telephelyén, Sanghajban és Ningboban PLA alapú „*Green friendly*” termékeket fejleszt és gyárt. A kínai cég *DIN En 13432* szabvány szerint 100%-ban komposztálható PLA alapú termékeivel már piacra lépett, köztük egy 110 °C hőmérsékletig használható pohárral a *BioPla 305* típusból és a *BioPla Sheet* átlátszó hőformázható PLA-fóliával.

Az olasz Novamont (Novara) cég *Mater-Bi* márkájú csomagolási célú termékei régóta ismertek. Ezeket a cég keményítőtől, cellulózból, növényi olajokból, ill. ezek kombinálásával gyártja. Például *Új Talia* nevű papír termékcsoportjuk tiszta cellulóz-papír, amelyet extruderes technológiában *Mater-Bi-vel* kasíroznak össze. „Vissza a természethez” szlogennel új műanyag szatyrot mutatott be a Novamont, amelyet biobázisú (növényolaj) poliészterből, az *OrigoBi-ből* gyártanak. A *BioMat* néven forgalmazott műanyag zacskó használat után a komposztálható hulladékokhoz kerülhet. Még hosszú idő szükséges azonban ahhoz, hogy ezt a megoldást a fogyasztók és főleg a kommunális hulladék-feldolgozó üzemek is elfogadják.

A biológiailag lebomló műanyag zsákoknak a kommunális hulladékgazdálkodásban való elfogadtatása érdekében a BASF több járás és város komposztáló üzemével végzett közös kísérletet. Bad Dürkheimben 2011-ben a BASF *Ecovio FS* nevű, biológiailag lebomló polimerjéből készített szemétyűjtő zsákokat osztottak szét 65 000, 2012-ben Berlinben 25 000 háztartásnak, és vizsgálták a zsákok viselkedését a komposztáló üzemekben. Az *Ecovio FS* alapanyaga PLA és a BASF olajalapon gyártott lebomló poliésztere, a PBAT. Az *Ecovio FS-nek* két típusa van, egyiket papír bevonatolására, a másikat fóliagyártásra ajánlják, mindkét esetben teljesen lebomló csomagolóanyag állítható elő. A zsákokon a szabványnak megfelelő komposztálhatóságot egy csíraszimbólum jelzi (1. ábra).



1. ábra Az anyag biológiai lebonthatóságát (komposztálhatóságát) jelző szimbólum

Ezek a zsákok az otthoni kerti komposztálásban nem megfelelőek, de az ipari komposztáló berendezésekben jól vizsgáztak, és a háztartások is nagy többségben elégedettek voltak velük. Az eredmények alapján 2013. január 1. után a törvény is engedélyezi, hogy a komposztálható műanyag zsákokat a biológiai hulladékokkal együtt betegyék az ilyen hulladékok gyűjtésére szolgáló ún. *Biotonne kukákba*. 2015 januárjától egyébként egész Németországban kötelező lesz a biohulladékok külön gyűjtése.

Teljes mértékben biobázisú többrétegű fóliát fejlesztett ki a Wentus Kunststoff GmbH. Az új többrétegű kasírozott *Wentoples* fóliának külső rétege az angol Innova cég (Wigton) cellulózalapú anyaga, belső rétege a Novamont *Mater-Bi* anyaga. A két

réteget a BASF bioragasztója tartja össze. Az így kapott többrétegű fólia a PET/PE, illetve a PA/PE kombinációkkal azonos zárótulajdonságokat mutat, akár a legdrágább kávéfajták csomagolására is ajánlják.

A japán Kaneka Corporation 2011-ben indította 10 t/év kapacitású kísérleti gyártósorát az *Aonilex* nevű PHB alapú bioműanyag előállítására. A gyártást 2012-ben 1000 tonnára fejlesztették fel. A PHB alapú biopolimerből előállítható fólia 100 °C-ig hőálló.

Az amerikai PolyOne *reSound* nevű kompaundjainak egyik komponense bioműanyag [PLA, PHB, PHBV, poli(hidroxi-butirát) és poli(hidroxi-valerát), valamint bio-poliészterek]. A kompaundok fejlesztésénél azt tűzték ki célul, hogy legalább 30% biorészarányt érjenek el úgy, hogy a hőállóság a PP és az ABS, a hornyolt próbatesten mért ütésállóság a PC szintjén legyen.

Az ausztráliai Plantic Technologies Ltd. keményítőalapú biopolimereket gyárt. Az *eco Plastic* nevű új terméke 75%-ban megújuló nyersanyagot tartalmaz. Az *eco Plastic*-ből készített csomagolófóliának kiválóak a zárótulajdonságai (gázok és szagok), az *eco Plastic* csomagolófóliáknak pedig jók a mechanikai tulajdonságai és könnyen kezelhetőek. Az *eco Plastic* nedvességgel szembeni ellenállását egy nagyon vékony PE réteg felvitelével javítják. Az *eco Plastic EHB* laminált termékeket pl. húsok frissen tartó csomagolásához ajánlják.

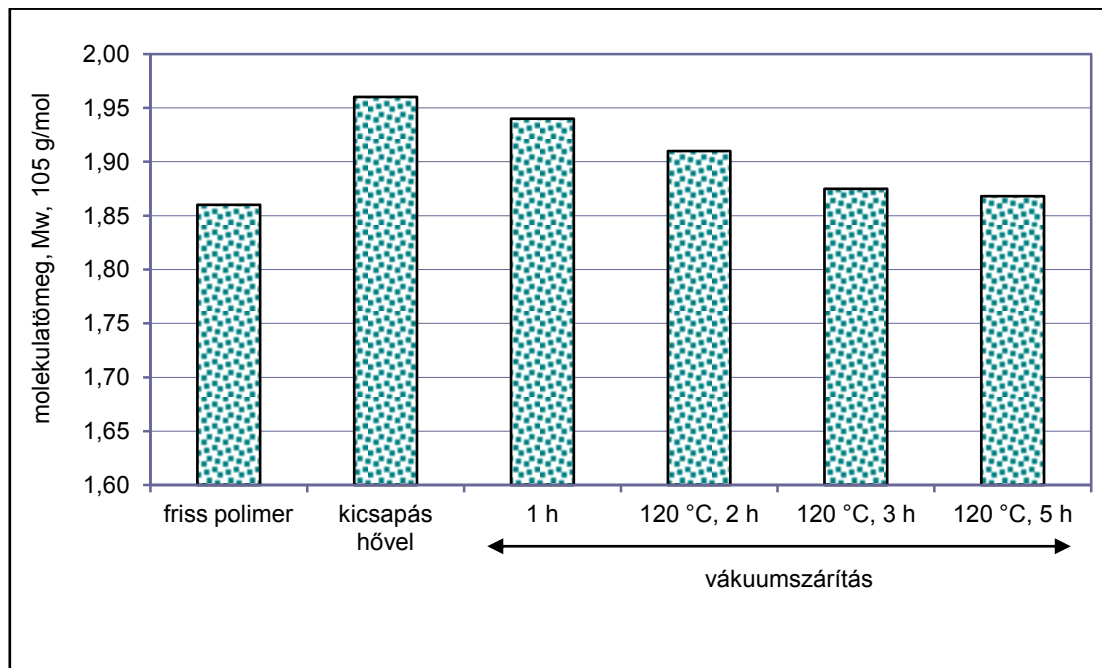
A lebontható bioműanyagok visszaforgathatósága

A bioműanyagok előnyei a fenntarthatóság szempontjából vitathatatlanok, de újrafeldolgozásuk a használat után nem megoldott. A legnagyobb mennyiségben használt polilaktidok részaránya a háztartási hulladékban olyan kicsi, hogy nem éri meg különválasztani a különben meglehetősen drága infravörös technikával. Ezért a PLA a műanyagok szétválasztása után a vegyes műanyagok között általában égetéssel kerül hasznosításra. A műanyagok újrafelhasználását végzők számára a PLA zavaró tényező, amely gátolja a többi műanyag újrafeldolgozhatóságát.

A PLA-nak elválasztása a többi műanyagtól tehát a PLA hulladékok hasznosításának kulcskérdése. Ennek megoldására indított projektet a Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackungen (Fraunhofer IVV), amelynek célja értékes szekunder PLA nyersanyag előállítása a hulladékokból. A PLA-t a közeli infravörös spektroszkópiával (NIR) választották szét. A hulladékban a műanyagokat fajta szerint leggyakrabban fajtömegük alapján vízben választják szét, de emellett már több évvel ezelőtt kifejlesztették, és több helyen már alkalmazzák is a NIR spektroszkópiát is. Ilyenkor az IR kamerát a szállítószalag fölé helyezik, és összekapcsolják egy kiértékelő számítógéppel. A számítógép a mért adatok alapján vezérli a nagynyomású levegőt, amely a különböző fajtájú műanyagokat a megfelelő tartályokba juttatja.

A PLA-t gyakran papírral vagy más anyaggal kombinációban alkalmazzák, ezért az egyik kísérletben 0,12 és 0,3 mm vastag papírréteget tartalmazó kombinációt vizsgáltak. Megállapították, hogy a 0,12 mm vastag fóliánál a spektrum jelzi a PLA tar-

talmat, de 0,3 mm-nél már papírnak regisztrálja a kombinált anyagot. Ráadásul az sem mindegy, hogy az IR felvétel a laminátum melyik oldaláról készül.



2. ábra: A *CreaSolv* eljárásban különböző paraméterekkel előállított PLA reciklátum molekulatömege

Ígéretesnek tűnik a Fraunhofer Intézetben kifejlesztett oldószeres *CreaSolv* eljárás. Ebben a kiválasztandó műanyagot oldással választják el az oldhatatlan polimerektől és más idegen anyagoktól. Az eljárást sikerrel kipróbálták a hagyományos polimereknél (PS, PP, PET, PE, PA, ABS). Az eljárással nagyon tiszta polimert lehet nyerni heterogén szennyezett hulladékokból is. A folyamat lépései: oldás, tisztítás, kicsapás és szárítás. Az így kapott reciklátumot új műanyagként lehet feldolgozni. Az eljárásban nagyon szelektív oldószert alkalmaznak, amelyet a folyamatban természetesen regenerálnak. A projektben sikerült a PLA kinyerése az oldószeres technológiával. A 2. ábra mutatja, hogy az oldószeres eljárásban sikerült a PLA molekulatömegét megőrizni, sőt bizonyos paraméterek mellett még növelni is, és nem lépett fel elszíneződés sem. A kutatásban a továbbiakban a NIR technika finomításán dolgoznak, hogy minél jobban kiválasszák a PLA-t és a PLA tartalmú frakciókat a hulladékból, és tökéletesítik a mosási technológiát is.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Kroh, M., Bonten, C., Weinmann, S.: Gut für die Umwelt = Kunststoffe, 101. k. 8. sz. 2011. p. 30–35.

Siebert, T., Schlummer, M., Mäurer, A.: Bioverpackungen wiederverwerten = Kunststoffe, 103. k. 7. sz. 2013. p. 79–82.

Kompostierung regional = Kunststoffe, 103. k. 7. sz. 2013. p. 82.