

A BIOMŰANYAGOK ELŐNYEI A KLASSZIKUS MŰANYAGOKKAL SZEMBEN

Napjainkban a környezettudatosság eszmeiségének térhódítása miatt egyre többször találkozhatunk a fogyasztók úgynevezett bioműanyag termékekkel, bevásárlózacskók, palackok, nyomtatószal 3D nyomtatáshoz, vagy akár emberi szervezetbe ültethető és a szervezetben felszívódó implantátum formájában, hogy csak pár példát említsünk. Szép csendben egy műanyagipari forradalom zajlik, aminek hatására egyre több alkalmazási területen jelennek meg a bioműanyag termékek, és egyre újabb bioműanyag alapanyagok lépnek színre. A POLIMEREK szaklap két korábbi cikkében (*Tények és tévhitek a bioműanyagokról* című cikkek) már összefoglaltuk a bioműanyagokat övező tényeket és tévhiteket, jelen cikkben pedig szeretnénk bemutatni, kiemelni a bioműanyagok előnyeit a hagyományos, *klasszikus* műanyagokkal szemben. Érdekes már itt az elején leszögezni, hogy a bioműanyagok térhódításával nem az a cél, hogy az összes létező műanyag terméket, alkatrészt kiváltsuk. Jelenleg bioműanyagokkal nem is lehetne kiváltani jelentős terhelést, például együttesen nagy hő- és mechanikai igénybevételt is tartósan, akár 5-10 évig is elviselő mérnöki műanyagokat, szálerősített kompozit szerkezeteket. Ugyanakkor bizonyos alkalmazási területeken egyértelmű előnnyel bír a bioműanyagok használata. Ebben a cikkben ezeket az előnyöket tárgyaljuk.

MEGÚJULÓ ERŐFORRÁSBÓL ELŐÁLLÍTHATÓAK

A bioműanyagok első és egyik legfontosabb előnye, hogy növényi, megújuló erőforrásból hozhatók létre. Ennek köszönhetően anyagában CO₂ semlegesek, hiszen a bioműanyagok alapanyagául a növények fotoszintézis során létrehozott természetes összetevőit használják fel (pl. keményítő, cukor vagy cellulóz), a fotoszintézis során pedig légköri CO₂ megkötése megy végbe. Úgy is mondhatnánk, hogy *friss*, fiatal szénből állnak. Ezzel szemben a hagyományos műanyagok (pl. polietilén (PE), polipropilén (PP), poliamid (PA), polietilén-tereftalát (PET), polisztirol (PS), polikarbonát (PC)) esetében kőolajból, fosszilis energiahordozókból indul ki a gyártás. Habár a kőolaj szintén egy megkötött CO₂ készlet (*régi szén*), viszont ez évmilliók alatt jött létre a Föld története során és ennek a talajmélyben történő elraktározása okozta a Föld élhető hőmérsékletre való hűlését. Azaz összességében, ha jelen korunkban legyártunk, majd elégetünk egy bioműanyag és egy hagyományos műanyag terméket, akkor előbbi nem, utóbbi viszont sajnos többlet CO₂-t juttat a légterbe a jelenlegi légköri CO₂ mennyiséghez képest.

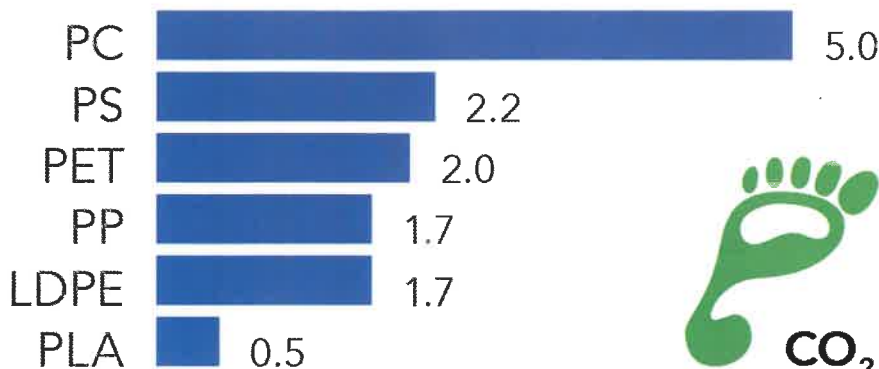
NEM KIZÁRÓLAG ÉLELMEZÉSRE IS ALKALMAS MEGÚJULÓ ERŐFORRÁS HASZNÁLHATÓ FEL A GYÁRTÁSUKRA

A bioműanyagok gyártásához jelenleg olyan megújuló erőforrást használnak, amely egyben élelmiszer is, mint például a keményítő vagy a cukor. Habár a világ jelenlegi teljes bioműanyag gyártókapacitásának alapanyag igénye fedezhető a világ cukortermeletésének pusztán csak 1-2%-ából, ugyanakkor kiemelendő az a folyamatos törekvés, hogy bioműanyagokat idővel csakis mezőgazdasági melléktermékekből (pl. kukoricaszár), vagy egyéb, élelmiszerre használhatatlan, de célzottan termesztett forrásokból (pl. kender) hozzanak létre.

HAGYOMÁNYOS MŰANYAGIPARI GÉPEKEN FELDOLGOZHATÓK TERMÉKKÉ

Ez inkább egy alapvető elvárás, mintsem előny, mindenesetre említésre érdemes, hogy az évtizedek alatt kiforrott műanyagipari feldolgozó célberendezéseken teljes mértékben feldolgozhatók a bioműanyagok és nincs szükség a berendezések szerkezetének

Különböző műanyagok és PLA bioműanyag alapanyag gyártásának CO₂ lábnyoma (CO₂ ekvivalens / műanyag alapanyag [kg/kg])



△ 1. ábra: A műanyagok és a PLA bioműanyag előállításához szükséges CO₂ lábnyom 1 kg alapanyagra vonatkoztatva (forrás: www.plasticseurope.org és TotalEnergies Corbion)

vagy működési mechanizmusának módosítására. Természetesen minden műanyag és bioműanyag sajátos tulajdonságokkal és feldolgozási tartománnyal rendelkezik, amelyet a feldolgozás előtt meg kell ismerni, hogy sikeres legyen a termékgyártás, tehát legfeljebb a berendezés beállításainak módosítására, finomhangolására van szükség.

ELŐÁLLÍTÁSUKNAK ÉS (ÚJRA)FELDOLGOZÁSUKNAK KISEBB A CO₂ LÁBNYOMA, MINT A HAGYOMÁNYOS MŰANYAGOK ESETÉBEN

Habár a bioműanyagok anyagukban CO₂ semlegesek, előállításukhoz nyilvánvalóan szükséges energia felhasználása, amelynek CO₂ lábnyoma van (növények betakarítása, megújuló erőforrás kinyerése, bio-vegyipari folyamatok, mint például fermentáció, és végül polimerizáció). Viszont ez a CO₂ lábnyom jelentősen kisebb, mint a hagyományos műanyagok esetében (1. ábra).

Ahogy látható, a PET előállításához képest a politejsav (PLA) bioműanyag kevesebb, mint negyed annyi energiát igényel. Ha ezt az állítást másképpen fogalmazzuk meg, akkor azt is mondhatjuk, hogy egyetlen PET palack helyett négy PLA palackot tudunk létrehozni ugyanannyi energia felhasználásával. Ráadásul az 1. ábrán csak az adott műanyag/bioműanyag előállításához szükséges energia látható, nincs feltüntetve az alapanyag terméké történő feldolgozásához szükséges energia. Minél nagyobb egy műanyag/bioműanyag olvadási hőmérséklete, értelemszerűen annál több hőenergia kell a megolvasztásához és így a termék létrehozásához. Hogy pár példát említsek, az olvadási hőmérsékletek PC, PET, PS, PP műanyagok és PLA bioműanyag esetén rendre 300 °C, 260 °C, 240 °C, 180 °C és 180 °C körül alakul. Ebből következik, hogy a PLA megolvasztásához a hagyományos műanyagok többségéhez képest jelentősen kisebb energia szükséges. És ne feledkezzünk

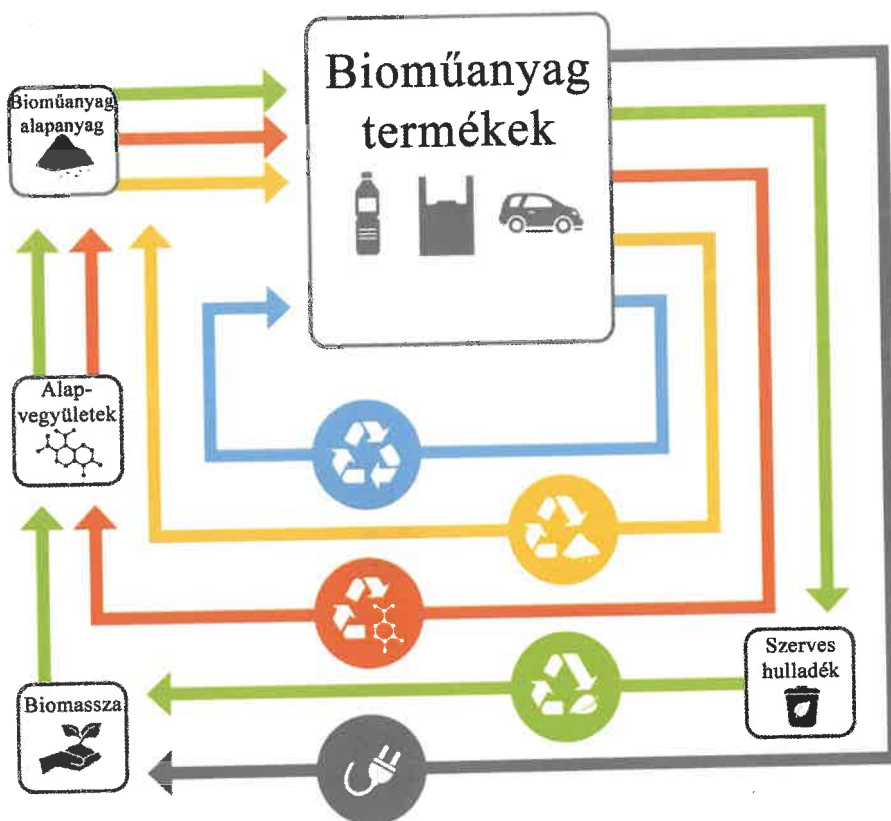
meg az újrafeldolgozásról sem, amely során a ledarált terméket ismételtlen megolvasztják, hogy újra termék legyen belőle. Tehát összességében a bioműanyag alapanyagok létrehozásához, terméké alakításához, sőt újrafeldolgozásához egyaránt kisebb energia szükséges, mint a hagyományos műanyagok esetében, ezért jelentősen kisebb CO₂ lábnyommal is rendelkeznek.

A KOMPOSZTÁLÁS SORÁN TERMÉSZETES ANYAGOK JÖNNEK LÉTRE

A bioműanyagok komposztálása során olyan természetes anyagok jönnek létre, mint humusz, víz és CO₂. Minden természetes szerves anyag bomlásakor (pl. falevél) ugyanezek a bomlástermékek keletkeznek. Ahogy korábban volt róla szó, bár a bomlás során CO₂ létrejön (felszabadul), de ez nem okoz többlet CO₂-ot a légkörben, mivel a bioműanyag gyártáshoz felhasznált növények első lépésben megkötik a légköri CO₂-ot.


A BIOMŰANYAGOKBÓL TARTÓS HASZNÁLATI TÁRGYAK IS KÉSZÍTHETŐK


Mivel a bioműanyagok többsége komposztálható (iparilag), így sokszor az a vád éri őket, hogy idővel *maguktól szétesnek*, azaz nem kellően stabilak. A komposztban való biológiai bonthatóság valójában azt jelenti, hogy a bioműanyag termék tartósan 60 °C feletti hőmérsékletnek, magas páratartalomnak és bontó bakteriális közegnek van együttesen kitéve, amelyben végbemegy a bomlása. Ennek hiányában hosszú távon, tartósan használható, aminek eredményeképpen olyan iparágak is érdeklődnek jelenleg a bioműanyagok iránt, mint az autóipar, elektronikaipar vagy az orvostechikai iparág.




 Újrahasználat

 Mechanikai újrahasznosítás

 Kémiai újrahasznosítás

 Szerves újrahasznosítás (komposztálás)

 Energia-visszanyerés

△ 2. ábra: Bioműanyagok hulladékkezelési lehetőségei (forrás: European Bioplastics)

SOKFÉLE ÚJRAHASZNOSÍTÁSI MÓDSZER ÁLL RENDELKEZÉSRE A BIOMŰANYAG TERMÉKEKBŐL KÉPZŐDŐ HULLADÉK KEZELÉSÉRE

Mivel a bioműanyagok többsége komposztálható is, ráadásul sokszor ezzel a jelzővel utalunk rájuk, így hajlamosak vagyunk azt gondolni, hogy csak és kizárólag komposztálással lehet a belőlük képződő hulladékot kezelni. Valójában a bioműanyagok esetében a hagyományos műanyagokhoz hasonlóan ugyanúgy rendelkezésre áll a mechanikai újrafeldolgozás, azaz a termék darálása és a darálék felhasználása alapanyagként. Sőt, a bioműanyagok esetében még további, hagyományos műanyagokra kevésbé vagy egyáltalán nem jellemző újrafeldolgozási módszereket is már alkalmaznak. Ilyen a kémiai újrafeldolgozás (a terméket biovegyipari módszerekkel alakítják ismét alapanyaggá) vagy az organikus újrafeldolgozás (komposztálás). A mechanikai újrahasznosítás mindig az alapanyag valamilyen szintű károsodásával jár, ugyanakkor a kémiai újrahasznosítás során ugyanazt az eredeti minőségű alapanyagot lehet előállítani, ezért is örömteli, hogy a bioműanyagokra már alkalmazzák ezt az újrahasznosítási módszert. Végül pedig az égetés (energia visszanyerés), mint lehetőség is rendelkezésre áll és a bioműanyagok alapanyagának CO₂ semleges jellege miatt (fotoszintézis hozza létre a megújuló erőforrást a gyártásukhoz) még ez az alternatíva sem juttat többlet CO₂-ot a légkörbe. A bioműanyag hulladék kezelési módszereit foglalja össze a 2. ábra.

TÖBB KOMPONENSÚ BIOMŰANYAG TERMÉKEK HULLADÉKKEZELÉSE EGYÜTTESEN MEGOLDHATÓ

Az elmúlt években jelent meg az a törekvés, hogy egy műanyag termék minél kevesebb fajta műanyag alapanyagból álljon, elősegítve ezzel az újrafeldolgozást. Bioműanyagok esetében az organikus újrafeldolgozás, azaz komposztálás akkor is teljesül, ha a több komponensből álló bioműanyag termék alkotórészei (pl. bioműanyag palack, kupak, címke) más típusú bioműanyag alapanyagból vannak, hiszen, ha ezek mind komposztálhatók, akkor a termék életciklusának végén komposztálás szempontjából egyben kezelhetők.

EGYÜTT KEZELHETŐ AZ ÉLELMISZER HULLADÉKKAL

Habár a bioműanyag termékek is többször használhatók, sőt a fejlesztett bioműanyag-evőeszközök, catering termékek géppel is mosogathatók, a gyorséttermek vagy street food vendéglátóipari egységek esetében sokszor nincs lehetőség szétválogatni, mosogatni a maradék étellel szennyezett evőeszközöket. Ebben az esetben bioműanyag komposztálható hulladékgyűjtő zsákba lehet gyűjteni az ételmaradékot, evőeszközt, szívószálat, majd pedig az egész egyben kezelhető komposztálás szempontjából. Ezáltal nem vész el étellel, hanem átalakul talajjavításra is alkalmazható komposztá.

MIKROMŰANYAG-MENTES HASZNÁLAT

Egyre többször lehet hallani arról, hogy a hagyományos műanyag termékekből kis apró darabkák, úgynevezett mikro- vagy nano-műanyagok szakadhatnak le, amelyek ezt követően bejutnak a vizekbe, talajba és végül az emberi szervezetbe. Ezek az apró műanyag darabkák a kidobott és nem megfelelően kezelt műanyag termékek lassú, több évtizedig, évszázadig tartó bomlásakor vagy akár a műanyag termék rendeltetésszerű használatakor (pl. kopató jellegű igénybevétel) is keletkezhetnek.

A bioműanyag termékek bomlásakor, komposztálásakor természetesen elkerülhetetlen az elaprózódási stádium, ugyanakkor az átalakulás bioműanyagból humusszá, vízzé és szén-dioxid-dá teljes mértékben bekövetkezik, azaz nincs visszamaradó mikroszkopikus részecske. Persze felmerül a kérdés, hogy mi van abban az esetben, ha a bioműanyag termék nem komposztálásra kerül, hanem csak egyszerűen, helytelenül eldobják a természetben. A teljes értékű lebomlása ott is idővel végbemegy, a komposztálási körülmények hiányában azonban értelemszerűen ez hosszabb időt vesz igénybe, és ennek a folyamatnak során is képződhetnek mikroszkopikus részecskék. Szerencsére, mivel a bioműanyagok biológiai lebomlásra képesek, így ezek a részecskék idővel ugyanúgy átalakulnak, teljes értékűen lebomlanak. Jelenleg egyébként a PLA bioműanyagot alkalmazzák egyes, emberi szervezetbe ültethető implantátumok anyagaként, amely implantátum idővel felszívódik, azaz feldolgozza az emberi szervezet. Mivel a PLA tejsav molekulákból áll, így lényegében a felszívódás mellékhatása helyi izomláz. Ebből a példából is látszik, hogy egyes bioműanyagokat akár emberi szervezetbe is lehet ültetni és azt a szervezet mikroszkopikus részecskék visszamaradása nélkül fel tudja dolgozni. Fontos megjegyezni ugyanakkor, hogy ennek a témának a tárgyalása sokkal részletesebb bemutatást igényel, amelyet a POLIMEREK egy későbbi számában kívánunk közölni.

NINCS TOXIKUS VEGYÜLET KIOLDÓDÁSA A TERMÉKEKBŐL

Sokszor hallani arról is, hogy a hagyományos műanyagok esetében olyan vegyületek oldódhatnak ki vagy szabadulhatnak fel a termékből, amelyek valamilyen szinten károsak lehetnek az emberi szervezetre. Ilyen vegyületek lehetnek a biszfenol A (BPA) a polikarbonátnál (PC), ftalátok, mint lágyítók a PVC-nél, perfluor- és polifluor-tartalmú alkil anyagok (PFAS), mint az *örök vegyszerek* papír termékeken, brómozott égésgátlók, dioxin (égetéskor vagy újrafeldolgozáskor szabadulhat fel) vagy UV stabilizátor. Mind-egyik egészségügyi hatása az anyagcsere befolyásolása, a hormonháztartás megzavarása, vagy növelhetik a rák kialakulásának kockázatát. A bioműanyagok, például a PLA esetében gyártói tanúsítás áll rendelkezésre, amely igazolja, hogy az nem tartalmaz és nem oldódik ki belőle sem BPA (biszfenol-A), sem ftalát lágyító, továbbá PFAS (perfluor- és polifluor-tartalmú alkil anyagok) *örök vegyi anyag* mentes. Ezen felül a bioműanyagok tanúsítottan alkalmazhatók élelmiszerekkel való érintkezésre. Ahogy az előző tématerület esetén is, itt is fontos megjegyezni, hogy ennek a témának a tárgyalása sokkal részletesebb bemutatást igényel, ezt is egy későbbi POLIMEREK számban szeretnénk közölni.

KITEKINTÉS, JÖVŐBENI FEJLESZTÉSEK

A bioműanyagok bizonyos termékcsoportok esetében egyértelmű előnnyel bírnak a hagyományos műanyagokkal szemben. Felvetődik a kérdés, hogy mit várhatunk a jövőtől. Úgy gondolom, hogy az egyik fő kutatási irány a **bioműanyagok tulajdonságainak további fejlesztése**, azaz például együttesen legyenek hőállóak, viselkedjenek szívósan (tönkremenetel esetén rideg törés helyett hajljon el a termék), legyen növelt gázzáró képességük, vagy épp minél egyszerűbben lehessen őket feldolgozni termékké. Egy szóval minél inkább közelítsék meg a kiváltani szánt műanyag tulajdonságait, és akár egy az egyben képesek legyenek helyettesíteni azt úgy, hogy megmarad a bioműanyagok környezetbarát jellege.

A bioműanyagok műszaki tulajdonságainak fejlesztése mellett javítani, **gyorsítani, egyszerűsíteni szükséges a lebomlási mechanizmusukat**. A legtöbb bioműanyag ipari komposztban bontható az ott elérhető magas hőmérséklet (>60 °C), páratartalom és bakteriális közeg együttes hatása által. Viszont igény van olyan bioműanyagokra is, amelyek a tartósságuk mellett könnyen, egyszerűen bonthatóak le biológiai úton, például akár házi komposztálással vagy akár földben elásva is. Jelenleg csak a vékony fóliák (<20 mikron vastagság) teljesítik ezt, de a vastagabb falú termékek, például a bioműanyag palackok még nem; utóbbiak biológiai úton történő bontásához ipari komposzt szükséges. Ha vastagabb falú termékek esetében is el lehet érni a házilag történő komposztálhatóságot, azzal részben decentralizálni lehet a műanyag újrafeldolgozást, mert szükségtelenné teszi a begyűjtést, ha otthon saját magunk is el tudjuk végezni a hulladék kezelését bizonyos termékkategóriáknál. Természetesen, mivel a hulladék is nagy érték, így ebben az esetben is preferált az újrahaználat és a komposztálás már csak akkor jönne szóba, ha a terméket nem lehet vagy nem akarjuk tovább használni, mindenesetre akár a házi komposztálás is adott lenne, mint lehetőség.

További fejlesztési irány, hogy a **bioműanyagok gyártásához minél inkább áttérjünk az élelmiszerekre nem alkalmas növényi melléktermékekre**. Ahogy korábban volt róla szó, jelenleg még olyan alapanyagokat használnak bioműanyag gyártásra, amelyből élelmiszer is lehet (cukor, keményítő). Habár jelenleg a bioetanolra (üzemanyagként) szánt, élelmiszerek is használható megújuló nyersanyagok felhasználása jelentősebb, mindenesetre az igény felmerült, hogy a bioműanyagok gyártására melléktermékeket, például kukoricaszárat használjanak.

Szabályozás és a fogyasztói bizalom megtartása érdekében pedig javasolt, hogy **minden bioműanyag termék rendelkezzen valamilyen tanúsítvánnyal**, amely igazolja az adott bioműanyag termék bio jellegét. Ilyen lehet a TÜV, mint műszaki ellenőrző egyesület által kiadott *OK biobased* és/vagy *OK compostable* tanúsítvány, amely igazolja egy bioműanyag termék megújuló erőforrásból előállított mivoltát és/vagy komposztálhatóságát.

Mint látszik, még nagyon sok munka áll előttünk, azok előtt, akik a bioműanyag alapanyagok és termékek fejlesztését végzik, de reményeink szerint az eredményes munka végeztével egy élhetőbb környezetet tudunk kialakítani magunk és gyermekeink számára.

DR. TÁBI TAMÁS

az iPLA.Tech Kft. kutatás-fejlesztési és termelési igazgatója
a BME Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék
egyetemi docense