

Komposztáljuk, visszaforgassuk vagy elégezzük a biopolimerek hulladékát?

A biopolimerek hulladékát az USA-ban komposztálni szeretnék, de ez nem olyan egyszerű, mint gondolták. Próbálkoznak a visszaforgatással is. Németországban inkább az elégetésre gondolnak az energiatartalom visszanyerésével. Vizsgálatok szerint a biopolimerek égésgázai semmivel sem veszélyesebbek a hagyományos műanyagokénál.

Tárgyszavak: hulladékkezelés; biopolimer; komposztálás; újrafeldolgozás; elégetés; égésgázok.

A biopolimerek közé sorolják azokat a műanyagokat, amelyeknek alapanyaga természetes (megújuló) forrás és/vagy természetes közegben biológiai úton lebomlanak. Vannak olyan biopolimerek, amelyeket nagyobb részben kőolajtermékekből szintetizálnak, de összetételük révén a természetben képesek leépülni. Más biopolimereket növényi alapanyagokból gyártanak, de nem biodegradálhatók.

Valamennyi biopolimernek nevezett termékből ma elsősorban rövid élettartamú csomagolóeszközöket gyártanak, amelyek használat után hulladékká válnak. *A hulladék kezelésére nagyon eltérő megoldásokat alkalmaznak.* Az USA-ban elsősorban komposztálni szeretnék őket, hiszen sok éves fejlesztésük célja éppen a biodegradálhatóság megvalósítása volt. Ez azonban nem olyan egyszerű, mint ahogy kezdetben gondolták. Újabban felmerült újrafeldolgozásuk is, ami nem lehetetlen, de még gyermekcipőben jár. Németországban inkább arra gondolnak, hogy elégetik őket és energiájukat hasznosítják. Emellett szól, hogy a megújuló forrásból gyártott polimerek elégetésekor csak annyi szén-dioxid szabadul fel, amennyit növényi alapanyagaik a levegőből felvettek. Mielőtt az elégetés mellett döntenek, meg kell azonban vizsgálni, hogy milyen egyéb égésgázok szennyezhetik ezáltal az atmoszférát.

Komposztálni vagy újrafeldolgozni?

Az USA-ban a politejsav (PLA) a legnagyobb tömegben alkalmazott biopolimer, amelyből merev és hajlékony csomagolóeszközök készülnek. A világ vezető PLA-gyártója, a **NatureWorks** a közelmúltban bővítette gyártását, és kapacitása ezzel évi 135 ezer tonnára nőtt.

A PLA hulladék kezelésekor általában komposztálásra gondolnak, hiszen úgy tudják, hogy „ami a földből vétetett”, oda kerül vissza, bezárul a kör. A gyakorlat azonban kicsit bonyolultabb. A NatureWorks óvja vásárlóit a komposztálhatóságról

alkotott túlzó reményektől. A biopolimer komposztálásához – különösen ha merev falú edények anyagát akarják lebontani – olyan tartályra van szükség, amely fűthető, nyomás alá helyezhető, a benne lévő feldarabolt hulladék nedvesíthető. Az USA-ban mintegy 3400 komposztáló üzem van, legtöbbjük mezőgazdasági és tájépítési hulladék feldolgozására rendezkedett be, és közülük mindössze 267 üzem (4%) fogad be élelmiszeripari hulladékot annak csomagolóeszközeivel együtt.

A NatureWorks PLA-jából készített termékek közül az evőeszközök és tálcák kerülnek a legnagyobb arányban a komposztálókba az éttermek ételmaradékaival együtt. A legtöbb PLA csomagolóanyag eredeti helyén halmozódik fel.

A PLA nemcsak komposztálható, hanem ismételten feldolgozható. Egy vállalat, a **BioCor** meg is kezdte ezt, és kínálatában szerepelt visszaforgatott PLA, bár ennek alapanyaga nem lakossági, hanem ipari hulladék.

A használt PLA csomagolóanyag összegyűjtése és újrafeldolgozása a meglévő hasznosító üzemekben problematikus. A merev csomagolóanyagokat újrahasznosító vállalatoknál legtöbbször poli(etilén-tereftalát) (PET) palackokat vagy nagy sűrűségű polietilén (PE-HD) palackokat dolgoznak fel, és nagyon idegenkednek attól, hogy más műanyag „szennyezze” ezeket. A hulladék szétválasztására ugyan vannak megfelelő módszerek, de a PLA kis mennyisége miatt bármelyik eljárás indokolatlanul drága volna, ezért ezzel nem is kívánnak foglalkozni.

Sok reményt fűztek a **PepsiCo** cég **Frito-Lay** leányvállalata által forgalomba hozott egyik ropogós rágcshoz, a *SubChips*-hez, amelyet 100%-ban komposztálható PLA zacskóba csomagoltak. A zacskót azonban 18 hónapi forgalmazás után visszavonták, mert a vásárlók arra panaszkodtak, hogy hangos zörgésétől nem hallják a partnerük szavát. Most „halkabb” fólia kifejlesztésén dolgoznak.

El kell égetni?

Lehet, hogy az elégetés a biopolimerek hulladékának eltüntetésére az optimális megoldás? Ezáltal vissza lehet nyerni a bennük lévő energiát, meg lehet szüntetni a hulladék felhalmozódását, fosszilis tüzelőanyagot lehet megtakarítani, és a levegő széndioxid-tartalma sem növekszik, mert a biopolimerek széntartalma a levegő széndioxidjából származik. Elégetni őket azonban csak akkor érdemes, ha elég nagy az égéshőjük, és ha a CO₂ mellett égésükkor nem szabadulnak fel más, az atmoszférát súlyosan szennyező gázok. Németországban ennek vizsgálatára végeztek méréseket.

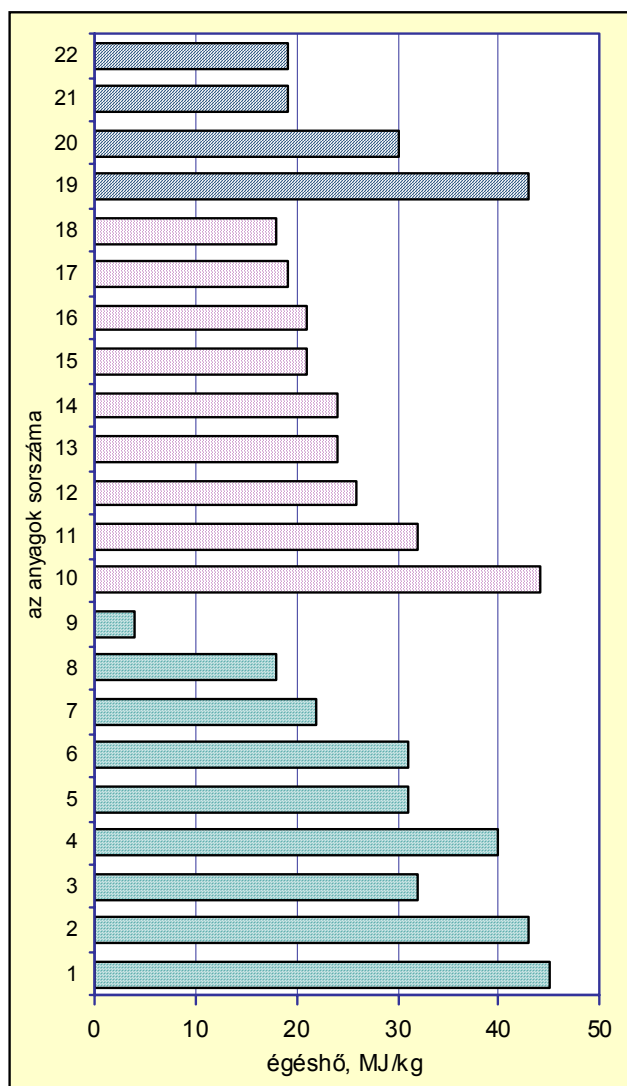
Az anyagok termikusan iniciált bomlásakor alapvetően kétféle kémiai folyamat következhet be. Az „elégetést” az oxigén bőséges jelenléte és hőfejlődés jellemzi. Ilyenkor katalitikus exoterm reakció megy végbe, amelyeket a reakció által termelt szabad gyökök és a hőszugárzás tesz önfenntartóvá. „Pirolízis” esetén a hőmérséklet emelkedése mellett irreverzibilis kémiai bomlás következik be oxigén részvétele és oxidációs reakciók nélkül.

Az égésgázok összetételét erősen befolyásolja az energiaközlés, az oxigénellátás (ventiláció) és a tűzterhelés fizikai és kémiai tulajdonságai. A ventilációt az ún. α -faktorral jellemzik, amely a tűztérben lévő levegő és a tökéletes égéshez szükséges

sztoichiometrius levegő hányadosa. Az égési folyamatot az ISO/TC 92 szabvány szerint a képződő CO₂ és CO oxigénmennyiségtől függő aránya alapján osztályozzák. Az égést szimuláló gyors vizsgálatokban a ventiláció jellemzésére alternatívaként egy α' -faktort alkalmaztak, ahol $\alpha' = O_{2,mért}/O_{2,elméleti}$ érték.

Kaucsukok, elasztomerek, adalékok vizsgálatakor azt észlelték, hogy az égésgázok kvalitatív összetétele elsősorban a polimer kémiai szerkezetétől és a hőmérséklettől, kvantitatív összetétele főképpen a ventilációtól függ.

Hagyományos polimerek, biopolimerek és hagyományos tüzelőanyagok bombakaloriméterben meghatározott égéshőjét az 1. ábra mutatja. Látható, hogy *valamennyi biopolimer égéshőjének nagyságrendje eléri legalább a fát, egyeseké viszont a kőolajéval vagy a szénével vetekedik.*



1. ábra
Hagyományos polimerek,
biopolimerek és hagyományos
tüzelőanyagok bombakalori-
méterben mért égéshője

Hagyományos tüzelőanyagok

- 22 papír
- 21 fa
- 20 kőszén
- 19 tüzelőolaj

Biopolimerek

- 18 cellulózderivátum keveréke
- 17 politejsav (PLA)
- 16 keményítőkeverék
- 15 poliészter-PLA keverék
- 14 poli(hidroxi-alkanoát)
- 13 poli(vinil-alkohol) (PVAL)
- 12 bio-poliészter
- 11 polikaprolakton (PCL) keverék
- 10 bio-polietilén

Hagyományos polimek

- 9 poli(tetrafluor-etilén) (PTFE)
- 8 poli(vinil-klorid) (PVC)
- 7 poli(etilén-tereftalát) (PET)
- 6 polikarbonát (PC)
- 5 poliamid (PA)
- 4 polisztirol
- 3 PP + 30% faliszt
- 2 polipropilén (PP)
- 1 polietilén (PE)

A szimulált égési próbákat egy laboratóriumi VCI-berendezésben végezték. (VCI, Verband der chemischen Industrie, német vegyipari szövetség). Ebben csekély

mennyiségű mintát égetnek el előre beállított körülmények között, az égésgázokat aktív szénnel nyeletik el, majd deszorbeálva gázkromatográffal és ehhez kapcsolódó tömegspektrométerrel elemzik őket. A kísérletekben a következő paramétereket alkalmazták:

- a minta elégetésének hőmérséklete: 400 vagy 800 °C,
- a kontrollvizsgálat (vakpróba) hőmérséklete: 800 °C,
- ventiláció: 280 ml/min szintetikus levegő,
- mintamennyiség: 5 mg,
- gázmintavétel időtartama: 4 min.

Korábbi vizsgálatok szerint a 280 ml/min levegősebesség 400 °C-on inkább pirolizáló égést, 800 °C-on korlátozott levegőben lezajló élénk égést tesz lehetővé.

A 400 °C-on végzett kísérletben képződő égésgázok kémiai felépítése jórészt megőrizte az eredeti polimer felépítését, nagy arányban jelentek meg a monomerek, oligomerek és a molekulalánc tördelődéséből származó vegyületek, amelyek egy része aldehidekké, ketonokká, karbonsavészterekké oxidálódott. Ebben a gázelegyben feltűnő volt a vegyületek sokfélesége.

A 800 °C-on elégett polimerek égésgázaiban sok aromás szénhidrogént mutattak ki, és csökkent a vegyületfajták száma. A magasabb hőmérsékleten atomizálódtak a bomlástermékek, ezáltal elvesztették szerkezeti hasonlóságukat a polimerrel. Mivel csupán két polimer molekulájában voltak eredetileg aromás gyűrűk, a gázokban megjelenő aromás vegyületek gyűrűképző reakciókra utalnak.

Szinte valamennyi vizsgált anyag égésgázaiban voltak környezeti szempontból aggályos vegyületek, pl. benzol, toluol, naftalin. Ezek főként a 800 °C-on, kisebb mennyiségben a 400 °C-on kapott gázokban is kimutathatók voltak, és nemcsak a kizárólag szénből és hidrogénből álló polimerek (PE, PP) gázaiban jelentek meg, hanem az oxigént tartalmazókéban és valamennyi biopolimerében is. A magasabb hőmérsékleten képződő gázok összetétele inkább a polimer elemi összetételétől függött, mint az eredeti anyag fajtájától. Ez a biopolimerekre is vonatkozik.

Összességében megállapították, hogy *a magasabb hőmérsékleten elégett anyagok égésgázainak összetétele ökotoxikológiai szempontból kedvezőbb.* Megállapították azt is, hogy *a biopolimerek égésgázai semmiféle szempontból nem jelentenek nagyobb kockázatot, mint a háztartási vagy ipari szemét elégetése.* Hulladékuk elégetéssel és energiataralmuk visszanyerésével végzett megsemmisítése viszont számos előnnyel jár.

Összeállította: Pál Károlyné

Demetrakakes, P.: End-of-life issues plague biopolymers = Food & Beverage, 2010. szept. 14. www.foodbeveragepackaging.com

Frito-Lay sends noisy, „green” SunChips bag to the damp = USA today, 2010. okt. 5. www.usatoday.com

Endres, H.-J.; Lausmann, CH. stb.: Biopolymere als Energieträger = Kunststoffe, 100. k. 8. sz. 2010. p. 103–106.