

## Megoldások és gondolatok az élelmiszeripari műanyag csomagolások visszaforgatásáról ugyanebbe az iparágba

A kiürült üdítő PET palackok összegyűjtése, anyaguk újrafeldolgozása – akár ismét ilyen palackokká – ma a fejlett országokban a műanyagok újrahasznosításának elfogadott módja. Az élelmiszerek csomagolásában ugyancsak jelentős hányadot képviselő nagy sűrűségű polietilén (PE-HD) visszaforgatása a közeljövőben az USA-ban és talán Európában is megvalósulhat. Nyitott kérdés azonban, hogy hogyan lehet az élelmiszeriparban ismét felhasználni a többrétegű (akár 12-rétegű) műanyag fóliákat, amelyek nagyon jól beváltak az egyre népszerűbb flexibilis csomagolásban.

*Tárgyszavak: csomagolástechnika; élelmiszeripar; flexibilis csomagolás; hulladékhasznosítás; többrétegű fóliák.*

### Az élelmiszercsomagolásra szánt műanyagokkal szemben támasztott követelmények

Az élelmiszerekkel közvetlenül érintkező műanyagokkal szemben nagyon szigorúak a követelmények. Alapvető elvárás, hogy a csomagolóanyagból ne kerülhessen az élelmiszerbe meg nem engedett mennyiségben olyan anyag, amely egészségkárosodást okoz, vagy megváltoztatja annak minőségét, ízét, szagát. Ugyanez vonatkozik a csomagolóanyagokból visszanyert műanyagokra is.

Ezeket a tulajdonságokat nagyon szigorú vizsgálatoknak vetik alá. A világon a két legfontosabb irányadó szervezet az FDA (Food and Drug Administration, USA) és az Efsa (European Food and Safety Authority, Európai Unió). Itt vizsgálják a becsomagolt élelmiszer és a vele érintkező műanyag esetleges tulajdonságváltozásait a tárolás tartamának és a hőmérsékletnek a függvényében.

### A visszaforgatott PET (rPET) élelmiszeripari felhasználása

A PET inert polimer, a belőle gyártott gyorsan kiürülő palackok nagy mennyiségű hulladékot képeznek, ezért ennek a polimernek a visszaforgatását dolgozták ki először, és kb. 20 éve olyan minőségben tudják ezt visszanyerni, hogy a hulladék anyagából ismét üdítőitalos palackokat tudnak gyártani, amire az FDA és az Efsa is áldását adta. A PE-HD tejespalackok ügyében a két intézmény véleménye sem a visszagyűjtött palackok bevizsgálásában, sem a polimer visszaforgatási eljárásában nem ennyire egységes, *az európai szervezet követelményei szigorúbbak.*

Az inert PET alkalmazásakor nagyon csekély a migráció kockázata, ezért a hulladék visszaforgatásának eljárása és az így előállított regranulátum is kielégíti az Efsa szigorúbb

követelményeit. Eddig mintegy 140 vizsgálatot végzett el, és valamennyit pozitívnak értékelte.

Az EU-ban egyébként a tagállamoknak is vannak saját nemzeti előírásai, de az Európai Bizottság is több újrahasonosításra vonatkozó iránymutatást adott ki, amelyek többsége a műanyagokra vonatkozik. Az *EU Nr. 10/2011* az élelmiszerekkel közvetlenül érintkező műanyagokkal foglalkozik. Ebben azt próbálják meghatározni, hogy mennyi műanyagból migráló összes anyag (pl. monomer és adalék) jut be egy 60 kg-os ember szervezetébe élete során, ha minden nap 1 kg ilyen műanyagba csomagolt élelmiszert fogyaszt el.

Vizsgálataik alapján az Efsa engedélyezte a palackból palackok, palackból lemezek és palackból tálcák gyártását. Támogatja pl. az ausztriai Erema Group GmbH (Ansfelden) palackból újra palackot előállító technológiáját.

Az eddig vizsgált PET visszaforgatások pozitív megítélése ellenére ezek hivatalos engedélyezése és autorizálása nem történt meg. Ebben az EB-nek kell döntenie, és majd az autorizált eljárásokat nyilvánosan is meg kell neveznie. Mostanában fogják a nemzeti hatóságok megkapni erről a megfelelő tájékoztatást (CMSS, compliance monitoring summary sheet), és jóváhagyás után ennek alapján kezdenek meg az auditálást.

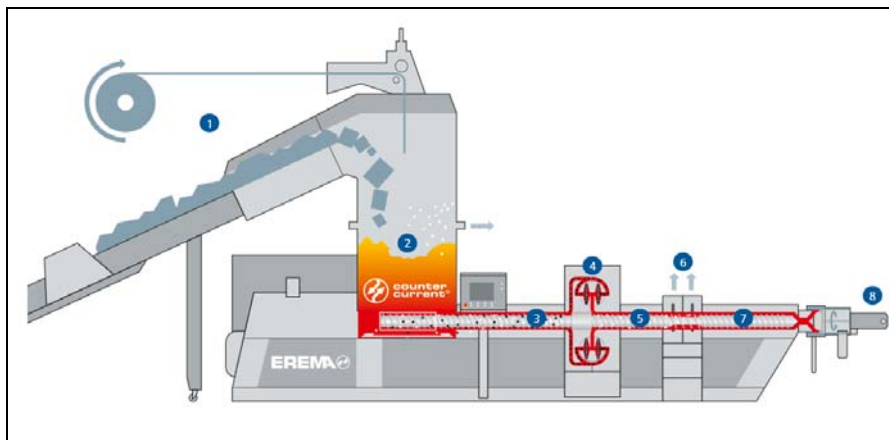
## **Törekvések a PCR-PE-HD élelmiszeripari újrafelhasználására**

A fejlett országokban a tejet és sokféle más folyékony élelmiszert vagy mártásszerű készítményt legtöbbször PE-HD-ből fújt palackokban vagy más formájú csomagolóeszközökben forgalmazzák. Az ilyen élelmiszerek kiürült csomagolóeszközeinek alapanyaga a szelektált hulladékban 99%-ban PE-HD. Kézenfekvő tehát az a törekvés, hogy ezt az alapanyagot ismét élelmiszerekkel érintkező termékek (palackok, tálcák, egyszer használható evőeszközök) gyártására használják fel. Az FDA megállapította, hogy a lakossági hulladékból elkülönített és megfelelő visszanyerési eljárásnak alávetett, ún. PCR-PE-HD-ből (PCR: post-consumer-recycling) gyártott csomagolóeszközökben a benne lévő élelmiszerbe 0,5 ppb-nél kevesebb szennyeződésnek tekinthető idegen anyag kerül be. (Ez az a határérték, amely az FDA szerint elhanyagolható kockázatot jelent a fogyasztó számára.) Az FDA azonban a PCR-PE-HD csomagolóeszközökben forgalmazott áru hosszabb ideig tárolásakor annak hűtését ajánlja, az egyszer használható evőeszközöket pedig nem szabad tartósan hideg vagy forró étellel érintkezésben tartani.

Az FDA állásfoglalása 2019-ben elvégzett kísérletek eredményein alapul. Ehhez 150 kg lakossági hulladékból (a szelektív hulladékrendszerben használt „sárga zsákból”) származó, mosásnak, majd pelyhesítésnek alávetett anyaggal végezték. A pelyhekhez különböző tulajdonságú szennyezőanyagokat (illékony toluolt vagy klór-benzolt; metil-szalicilátot, nehezen párolgó benzofenont vagy metil-sztearátot) adagoltak. A szennyezőanyag mennyiségét és a szennyezett anyag tárolási idejét a „lehető legrosszabb körülmények” (Worst-Case-Szenario) elve alapján határozták meg.

Ezeket az osztrák Erema Group GmbH (Ansfelden) hulladékkezelő tisztító technológiájával vetették kezelés alá. A tisztítási eljárás alapvető eszköze a szabadalmazott *Intarema TVEplus RegrinPro* extruderrendszer, amelyet a cég *ReFresher* moduljával egészítettek ki. (1., 2. ábra). A tisztítás után az illékony szennyezőanyagok nem érték el az analitikai kimutathatóság határkoncentrációját; a metil-szalicilát és a benzofenon, továbbá a polietilénre

jellemző oligomerek elhanyagolhatóan kis koncentrációban voltak jelen; a különösen nehezen párolgó metil-sztearát maradéka volt a legjobban kimutatható, de ennek koncentrációja is több mint 99%-kal csökkent.



1. ábra Az Erema Group GmbH ReFresher moduljával kiegészített *Intarema TVEplus RegrinPro* extruderrendszer vázlata és működési elve

1- A lakossági hulladékból kiválogatott PE-HD automatikus betáplálása a rendszerbe. 2- Előkondicionáló egység, amelyben a hulladékot felaprítják, keverik, melegítik, szárítják, tömörítik és pufferálják. A meleg és előtömörített anyag innen folyamatosan áramlik be a tengelyirányban elhelyezett extruderbe. Az innovatív ellenáramú (counter current) technológia egy kiterjesztett hőmérséklet-tartományban optimalizálja a beáramlást. 3- Az extrudercsiga plasztikálja és gáztalanítja az anyagot. 4- A plasztikáló szakasz végén az ömledék az extruderhengerből bekerül a teljesen automatikus, öntisztító szűrőbe, majd visszajut a hengerbe. 5- Itt finoman homogenizálódik. 6- A homogenizált ömledékből szabaddá lett gázokat elszívják. 7- A továbbító zóna az extruderszerszám felé vezeti az ömledéket. 8- Az ömledék extrém alacsony nyomással áthalad a granuláló szerkezeten.

Az ezeknek a kísérleteknek alapján született FDA jóváhagyás megnyitotta az Erema cég hulladéktisztító technológiáját alkalmazó hulladékhasznosító cégek számára az USA és az



2. ábra Az *Intarema TVEplus* extruder automatikus betáplálása hulladékkal

FDA jóváhagyásait elfogadó országok piacait. Az Egyesült Királyságban pl. már 2008 óta alkalmazták az Erema cég *Vacumera* technológiáját, amely szerint a tejespalackokból visszanyert PCR-PE-HD-t ugyancsak új tejespalackok anyagába dolgozták be, de csak 30%-ot, bár az FDA jóváhagyás 50%-ot is lehetővé tett volna. Az új tisztító eljárással kezelt PCR-PE-HD akár 100%-ban is alkalmazható új palackok gyártására.

Az EU-ban, ahol a műanyag hulladék visszaforgatására nagyon nagy ívű terveket készítettek, – 2030-ban a csomagolásból származó műanyag hulladék 55%-át kellene visszaforgatni a gyártásba – de az élelmiszerekkel közvetlenül érintkező PE-HD-ről az Efsa még semmilyen döntést nem hozott. 2015-ben ugyan közzé tett egy szakvéleményt, amely szerint a PE-HD

tejespalackokból két megnevezett eljárással visszanyert reciklátum kockázat nélkül felhasználható gyümölcsök és zöldséget tartalmazó csomagolóeszközök gyártására, de azóta sem közölt semmiféle adatot arról, hogy a leginkább szóba jöhető tejespalackok vagy hús forgalmazására használt tálcák anyagához hozzákeverhető-e a PCR-PE-HD.

Ugyanakkor az EU-ban egyre több hulladékból visszanyert PE-HD-t használnak fel értékes termékek forgalmazására. 2019-ben egy testápolókat gyártó cég tusfürdőgél kezdett forgalmazni 100% PCR-PE-HD-ből gyártott flakonban. Ez annál is meglepőbb, mert a kozmetikai termékekre nagyon szigorú szabályok vonatkoznak, (pl. az *EG 1223/2009* számú szabvány) és a szennyeződés vagy a migráció itt is alapvető kérdés. Meg kell jegyezni, hogy a flakon alapanyagát „sárga zsákok”-ból származó szelektív lakossági hulladékból, az Erema korábban bemutatott legújabb technológiájával és az FDA jóváhagyásban szereplő előírások szerint nyerték vissza.

## Mit lehetne kezdeni a sokrétegű csomagolófóliák hulladékával?

A műanyagipar nem kevés erőfeszítéssel jutott el oda, hogy olyan vékony fóliákat állítson elő, amelyek akár 12 rétegből épülnek fel, és amelyekben a különböző rétegek különböző műanyagból készülnek. Ilyen módon lehetett kielégíteni a csomagolóipar flexibilis csomagolásokhoz elvárt sokrétű igényeit. Diófélék forgalmazására használt talpas zacskók ötrétegű fóliáiban pl. belülről kifelé haladva PP, OPA, alumínium, nyomtatható és PET réteg követi egymást. *A flexibilis csomagolás ma a világ csomagolóiparában a csomagoló-rendszerek 10%-át teszi ki, és számtalan előnye van.* A nagyon vékony rétegeknek különböző tulajdonságaik és funkcióik vannak. Egyes rétegeket jó záróképeségük, másokat polaritásuk, kristályosságuk, optimális molekulatömeg-eloszlásuk, oldalláncaik rövidege, hosszúsága vagy takticitása miatt alkalmazzák. A rétegek megfelelő felépítésével minden csomagolandó áruhoz ki lehet választani vagy elő lehet állítani a legjobb védelmet biztosító fóliát.

Az ilyen fóliák anyagának visszaforgatása a műanyag-feldolgozásba azonban problematikus, mert a különböző rétegek nem választhatók szét. Mivel az EU stratégiai terve szerint 2030 után csak visszaforgatható vagy más módon újrahasznosítható csomagolóanyagokat lehet majd alkalmazni, a jelenlegi gyakorlatot meg kell változtatni. Egyesek újabb visszaforgatási technológiákkal próbálkoznak, amelyekkel mégis meg lehetne oldani a többrétegű fóliák mechanikus újrafeldolgozását. Mások arra gondolnak, hogy vissza kellene térni az egyrétegű fóliák használatára. Folyik a vita arról, hogy egyrétegű műanyaggal el lehetne-e érni, hogy az a különböző környezeti körülmények között megfelelő védelmet adjon a becsomagolt élelmiszernek. Ezt gyakran a vízgőztől és az oxigéntől is el kell zárni. A csomagolóanyagok között piacvezető apoláris poliolefinnek viszont védelmet nyújtanak ugyan a vízgőztől, de könnyen átteresztik az oxigént.

A hulladékhasznosítók álma az egyrétegű fólia, mert annak újrafeldolgozása könnyen megvalósítható. Nagyon vékony, 100 nm alatti fém-oxid vagy alumíniumbevonat nem akadály a mechanikai visszaforgatásnak. Tapasztalataik szerint a poliolefin fóliákban záróréteggként alkalmazott poli(etilén-vinilalkohol) (EVOH) sem okoz gondot, ha tömege nem haladja meg a fólia 5%-át. Ha azonban a fólia 5 µm-nél vastagabb belső alumíniumréteget vagy papírt tartalmaz, mechanikai újrafeldolgozásra nem alkalmas. A papírból és műanyag fóliából gyártott italos dobozokból is csak a papírt hasznosítják újra papírként.

A jelenlegi álláspont szerint anyaguk visszaforgatására alkalmasak a következő termékek:

- a szilícium-oxid ( $\text{SiO}_x$ ) vagy alumínium-oxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) bevonatot hordozó PP, PE és PET fóliák,
- az 5%-nál kevesebb EVOH-t tartalmazó PP és PE fóliák,
- az 5%-nál kevesebb poliamid (PA) záróréteget tartalmazó PET fóliák,
- a fémgőzölt fóliák.

A gyakorlatban az ilyen fóliák anyagát ritkán forgatják vissza a fóliagyártásba, mert összegyűjtésük nem gazdaságos.

A piacon már vannak olyan fóliagyártók, akik többretegű fóliák helyett újrafeldolgozható egyrétegű fóliákat kínálnak a flexibilis csomagolók számára. Kapható egyrétegű PE fólia müzli, PP fólia gyümölcszúró és müzliszelet, fémgőzölt PP fólia dió és vetőmag, szilícium-oxiddal bevont PP fólia felmelegíthető ételek csomagolására. Forgalmazznak olyan műanyaggal társított papírt is, amelyben 5%-nál kisebb a műanyag aránya. Ezt papírként dolgozzák fel újra.

A záróréteget tartalmazó, de újrafeldolgozható fóliák iránti kereslet azonban egyelőre csekély, bizonyos élelmiszerfajtákat – pl. a szeletelt kolbászokat és sajtokat vagy az állateledeleket – változatlanul sokrétegű, újrafeldolgozásra alkalmatlan fóliákba csomagolnak, mert az egyrétegű fóliák nem tudják kielégíteni valamennyi igényüket, pl. a sterilizálhatóságot, az automatikus csomagolást és az átszúrással szembeni ellenállást. De ha átváltanának az egyrétegű fóliák használatára, akkor sem tudnák maradéktalanul teljessé tenni a műanyagok körkörös felhasználását a flexibilis csomagolásokban megjelenő sokféle műanyag, kombináció, szennyeződés, átfedés, azonosítás miatt. Nehéz lenne az ilyen anyagok fajta szerinti összegyűjtése és a belőlük készített másodlagos alapanyagok értékesítése is, nem is volna gazdaságos és fenntarthatósága is kétséges volna.

A többretegű fóliák visszaforgatására alkalmas rendszer megteremtése több problémát okozna, mint annak műszaki megvalósítása. Az elmúlt évben számos tudományos publikáció jelent meg erről a témáról, amelyek többek között rámutattak arra, hogy a többretegű fóliák értékteremtő láncolata sok kis darabból tevődik össze, ezért áttekinthetetlen. Szereplői sokféle kisebb fejlesztést végeznek és különböző projekteket követnek. Mindez egy óriási foltvarrásos terítőhöz hasonlít. Az újrafeldolgozható anyagáram megteremtéséhez meghatározott kezelésmód és anyagtechnikai cél kitűzése volna szükséges. Egy-egy visszaforgatáson alapuló körkörös feldolgozás keretében dolgozhatnának akár kis mennyiséggel, de tevékenységüknek gazdaságosnak, emellett ökológiailag, ökonómiailag és szociálisan is fenntarthatónak kell lennie. Idővel ezeket a kisebb értékteremtő helyeket hálózatba kellene szervezni, amelyen belül a visszaforgatandó sokrétegű fólia mindig az optimális újrahasznosító pontra kerülhetne.

Egy ilyen speciális körforgásos technológiát valósított meg a stuttgarti Coperion Group GmbH egyik ügyfele, amely többretegű fóliákból készít flexibilis csomagolóeszközöket. A Coperion cég ugyanis egy olyan többretegű fóliákat gyártó rendszert állított össze számára, amely a gyártási hulladékot megfelelő előkészítés után viszonylag nagy részarányban automatikusan keveri hozzá a friss alapanyagokhoz. A visszaforgató rendszer alapvető eleme a cég kétszigás *ZSK Mc extrudere* (3. ábra). A körkörös gyártásban egymást követő lépések a következők: a többretegű fólia feldolgozásakor képződő hulladékot felaprítják → a felaprított hulladékot pneumatikusan bevezetik a rendszer Coperion *K-Tron* adagolórendszerébe, amely

beállítja a hulladék és a friss anyag arányát, és betölti a fólia zárórétegéhez szükséges polimert is → a ZSK Mc extruderben homogenizált és gázmentesített keverékből és a záróréteg anyagából ismét fóliát gyártanak → a fóliából csomagolóeszköz készül. Az eljárás azon alapszik, hogy az egyirányban forgó kétcsigás extruderben a polimer (polietilén) és a hulladékban lévő csekély mennyiségű záróanyag (poliamid) rendkívül jól homogenizálódik, és gázmentessé válik. Az eljárás nagyon kíméletes, a gép nagy termelékenysége révén a polimerek hőterhelése is rövid ideig tart. A hulladékkal bevitt PA semmiféle módon nem rontja a PE tulajdonságait, alkalmazásával csökkenteni lehet a friss PE mennyiségét. A cég szerint ennek az eljárásnak bevezetése kétségtelenül nagyobb beruházást igényel, mint a hagyományos technológia, de ezt ellensúlyozza a kétcsigás extruder nagyobb termelékenysége, és az egycsigás extruderekhez képest visszaforgatható hulladék nagyobb aránya.



3. ábra A Coperion GmbH kétcsigás ZSK Mc extrudere többrétegű fóliák körforgással végzett gyártására

A többrétegű fóliák újrafeldolgozásának ökológiai fenntarthatóságát elemezve azonban újabb problémák merülnek fel. Az újrafeldolgozásra alkalmatlan fóliák ugyanis rendkívül vékonyak, rendkívül könnyűek, rendkívül alkalmasak arra, amire használják őket, nagyon kevés a forrásigényük és nagyon kevés a CO<sub>2</sub>-kibocsátásuk. Az őket helyettesítő anyagok több forrást igényelnének, és erőteljesebben hatnának a környezetre. Felmerül a kérdés, hogy a környezet szempontjából érdemes volna-e tovább erőltetni a sokrétegű fóliák anyagának visszaforgatását, különösen akkor, ha figyelembe vesszük az ehhez szükséges gyűjtő- és válogatórendszer kiépítésének környezetre gyakorolt negatív hatását.

Nem kétséges, hogy a világ gazdaságának a körforgalmú gazdaság irányába kell haladnia. De ez nem lehet olyan öncélú tevékenység, amelynek révén negatív hatások érik a környezetet, pl. növekszik a forrásfelhasználás és több üvegházhatású gáz terheli a levegőt. Ezt figyelembe véve kiderülhet, hogy az „újrafeldolgozható” műanyag nem jelenti automatikusan, hogy azt hogy egyúttal „fenntartható” is.

Összeállította: Pál Károlyné

Wöss, Ch.; Kitzberger, C.: *Lebensmittelechtes Post-Consumer-Recyclat = Kunststoffe*, 2020. 6. sz. p. 55–57.

Intarema TVEplus / Erema Plastics Recycling = [https://www.ereama.com/en/intarema\\_tveplus](https://www.ereama.com/en/intarema_tveplus)

Bauer A.-S.; Tacker, M.: *Multiple Schichten – multiple Probleme?* = *Kunststoffe*, 2020. 5. sz. p. 18–21.

ZSK Mc<sup>18</sup> Twin Screw Extruder = <https://www.coperion.com/en/products-services/extruders-compounding-machines/zsk-mc18-twin-screw-extruder>