

## Többrétegű csomagolási megoldások

A többrétegű csomagolóanyagok nagyon fontosak olyan alkalmazásokban, ahol oxigén- vagy nedvességzárást kell biztosítani. Az újrahasznosíthatóság növelése érdekében számos alternatív megoldás létezik, ilyen például a monoanyagú fóliák használatára való áttérés. Ezeknek a fóliáknak az elérhetősége bővül a gyártóberendezések és az alapanyagok folyamatos fejlesztésének köszönhetően.

*Tárgyszavak: többrétegű fólia, csomagolóanyag, orientáció, módosított atmoszféra, újrahasznosítás, fenntarthatóság*

### Monoanyagú fóliák

A fóliagyártáshoz a biaxiálisan orientált polietilén (BOPE) esetében két típus közül választhatunk. Az LLD-BOPE záróréteggént szolgál laminátumokban, alapfóliaként fagyasztott élelmiszerek, monoanyagként tészták és édességek csomagolásához használható. A HD-BOPE álló tasakok alapfóliájaként (PET helyettesítése a PET/PE laminátumokban), göngyöleg- és zárófóliaként, valamint FFS (form-fill-seal) automata töltéshez alkalmazható. 2030-ig a BOPE várhatóan mind Európában, mind Észak-Amerikában felváltja a biaxiálisan orientált PP (BOPP) és PET (BOPET), valamint a fűjt PE fóliákat.

A **Baystar** a **Borealis Borstar** anyagaiból álló és kisméretű tasakokat, valamint nagy teherbírású zsákokat gyárt. A háromrétegű fóliaszerkezetekhez használt típusok előnye a jobb feldolgozhatóság, a nagyobb fóliatömlő stabilitás és záróképesség, a jobb folyási feszültség és szakítószilárdság. Az **FB1350** típus ömledékszilárdsága a hegesztési folyamat során segíti a hegesztőréteg kialakítását és kiküszöböli a deformációt. A háromrétegű álló tasak egy belső PE lamináló fóliából, egy ragasztórétegből és egy hosszirányban orientált PE (MDO-PE) külső felületi rétegből áll, ami nagy merevséget, jó síkbeli alakhűséget, nyomtathatóságot és záróképességet nyújt. Teljes mértékben újrahasznosítható, mert csak polietilént tartalmaz.

A fenntarthatóság azonban új kihívásokat is támaszt, például a monoanyagú PE fóliák megmunkálhatóságának javítását a csomagolási ablak kiszélesítésére. A polietilén nem használható más anyagok, például PP vagy PET közvetlen helyettesítésére, mert ez a tasakok meghibásodásához és magasabb selejtarányhoz vezethet. A polietilén csomagolóanyagok gyártásánál lényeges kérdés a polimer típus és a berendezés/technológia megfelelő párosítása, a hegesztőanyagok optimalizálása és az MDO nyomtatásra gyakorolt hatásának felmérése.

Ma még nem létezik olyan univerzális polimer, amely önmagában minden tulajdonságot, jellemzőt képes biztosítani. A többrétegű csomagolásokban ezért a különböző polimer típusokat egyetlen szerkezetben kell egyesíteni. Az eltérő rétegek eltérő funkciókkal rendelkeznek. Egy tipikus háromrétegű fólia egy külső nyomtatható rétegből, egy középső zárórétegből és egy belső rétegből áll, amely érintkezik a termékkel. Lehetséges azonban ugyanazon típusú polimer, például a polietilén kombinálása a többrétegű csomagoláson belül. Példaként említhető erre az **Oben** által gyártott, polietilén alapú álló tasak biorientált HDPE külső réteggel, amelynek kiválóak a mechanikai és termikus tulajdonságai, jó a homályossága és fényes a felülete. A biorientált fólia jellemzően jobb tulajdonságokkal (pl. mechanikai szilárdság) rendelkezik, mint a standard fűjt fólia.

Az **Oben** monoanyagú, nagy záróképességű PP tasakokat is kínál kávé vagy a sütőipari termékekhez. Itt fémréteget használnak a nedvesség- és oxigénzáráshoz. Az **ET8p-QN** egy olyan BOPET fólia, amely

80%-ban újrahasznosított anyagból készül, tulajdonság romlás nélkül. A 90%-ban reciklátumból gyártott BOPP-t másodlagos csomagolásra tervezték, de kínálnak 100%-ban ipari gyártásközi hulladék reciklátumból készült BOPA fóliákat is.

A **Polyplastics USA** újrahasznosítható, polietilén alapú álló tasakjai ciklikus olefin kopolimert (COC) tartalmaznak. A COC számos tulajdonságban hasonlít az LLDPE-hez, például etilén komonomert tartalmaz és lineáris a szerkezete, ezért kompatibilis a polietilénnel. A COC kopolimernek – molekuláris szerkezetének köszönhetően – nagyobb a hőállósága, mint az LLDPE-nek. Negatív jellemzői közé tartozik viszont, hogy gyenge a méretstabilitása terhelés alatt, alacsony a hőellenállása, nehézségek léphetnek fel a gyártása során és nem esztétikus a megjelenése. Két COC réteggel azonban az újrahasznosítható polietilén fóliából készült álló tasakok tulajdonságai és megjelenése javíthatók, és az előállítás is könnyű. A többrétegű fólia nagyjából 20% COC-t tartalmaz, beleértve a két COC és a két kevert LLDPE-COC réteget. A COC rétegek csökkentik a homályosságot és javítják az átlátszóságot, növelik a hőállóságot és a szakítószilárdságot.

A polietilén tulajdonságai koextrudálással is javíthatók más típusú polimer használata nélkül. Itt egyetlen polietilén réteg több – 32–4000 közötti – mikro- vagy nanorétegből épül fel, javítva a barrier tulajdonságokat és a moduluszt. Ezt egy adagolóblokk segítségével érik el, amely „megsokszorozza” a rétegek számát. A mikrorétegű koextrudálással egyedi kombinációkban nagyon rendezett szerkezetek érhetők el. A technológia újrahasznosított anyagból készült fóliákra is alkalmazható, akár 50%-os újrahasznosítási aránnyal. A nanorétegű PP fóliáknál vastagságsökkentés érhető el, jobb lesz a fólia kezelhetősége és mechanikai tulajdonsága, például a szakítószilárdsága, hasonlóan a nanorétegű LLDPE-hez. A technológiát kondenzátorfilm előállítására is használják a BOPP vagy a BOPET alternatívájaként. Az előnyök közé tartozik a kétszeres dielektromos állandó, a jobb átütési szilárdság és a felhasználási hőmérséklet 70 °C-os emelkedése. A nano rétegezéssel készült, nagy energiátárolású dielektromos fóliák lehetővé teszik a kondenzátorok gyártását akár 30%-kal kisebb térfogattal és megnövelt hőmérsékleti határértékekkel.

## Újrahasznosíthatóság

A csomagolás újrahasznosíthatóságának biztosítása mellett a fóliagyártók több reciklátumot is szeretnének beépíteni termékeikbe, lehetőség szerint a saját gyártási folyamatok során keletkező műanyag hulladék felhasználásával. Ezt úgy lehet megtenni, hogy a granulátumot vagy a pelyhet visszaalakítják fóliává. A hulladék regranulálása azonban energia- és költségigényes lehet, és az anyagok minősége is romlik. Ehelyett a hulladékot fel lehet aprítani és közvetlenül vissza lehet extrudálni a fóliába. Ez csökkenti a technológiai lépések számát és javítja az anyagminőséget. A **Reifenhauser** Evo Fusion ikercsigás extruderével, a regranulálási szakasz kihagyásával, körülbelül 40% energia takarítható meg. Példaként említhetők a PE/PET fóliák, amelyek 15% körüli selejtaránnyal állíthatók elő és jellemzően nem használhatók fel új fóliák készítésére. Az Evo Fusion használatával azonban a PE/PET laminátumból álló pelletek újrafeldolgozhatók. Aprítás után az új fólia középső rétegeként a fólia vastagságának körülbelül 70%-át teszi ki. A lehetséges alkalmazások közé tartozik a pelenkák vagy mosószerek csomagolása, a postai zsákok, a zsugorfóliák és a szemeteszsákok. A 20 mikronos, háromrétegű fólia külső és belső rétegek (mindegyik 15%) szűz polimerből készül, a középső réteg 70% PET/PE pelletet, valamint némi szűz polimert és kompatibilizáló szert tartalmaz.

A hosszirányú orientáció segíthet a csomagolófólia fenntarthatóságának javításában. Az orientáció egy nagy sebességű eljárás, az elkészült síkfólián nincsenek gyűrődések és ráncok. A gyártás során megváltozik a fólia szerkezete, a molekulák hosszirányban orientálódnak, ami változásokat okoz a kristályszerkezetben, elősegítve a mechanikai, optikai és barrier tulajdonságok javítását. További előny, hogy mikropórusok kialakításával úgynevezett „lélegző” fóliák hozhatók létre, például pelenkákhöz. A technológiával előállított, csak polietilént tartalmazó tasakok könnyebben újrahasznosíthatók, mint a többféle anyagból készült változatok. Az MDO-PE használható a PET helyettesítésére nagy sebességű nyomtatásnál és hegesztésnél. Az MDO-PE kombinálható az EVOH-val is a még jobb gázzáró tulajdonságok eléréseért, miközben az újrahasznosíthatóság megmarad.

Az **Ube** vállalat szerint a poliamid újrahasznosítható a polietilénnel együtt. A poliamid újrahasznosításának négy „mítosza” a következő: a többrétegű fóliák „bolyhosszá” válnak aprításkor a poliamid szívsósága miatt, ezért nehéz extrudálni több mint 5% poliamid tartalommal; a poliamid nedvességfelvétele miatt ezek a fóliák nem újrahasznosíthatók; a poliamid a reciklátumokban instabilitást, például gélesedést okoz; végül, a poliamidot tartalmazó többrétegű fóliákat nem lehet újrahasznosítani, ezért „szennyeződéseknek” tekinthető.

Az **Ube** cáfolta ezeket a „mítoszokat”. A többrétegű, akár 30% poliamidot tartalmazó fóliákat is nagyon könnyen fel lehet aprítani. A nedvességgel kapcsolatban nincs szükség extra szárításra, ezt kísérletekkel is igazolni tudták. A poliamid a polietilén hőmérsékleti tartományán belül feldolgozható. Az extrudált fűjt fólia minőségével kapcsolatban kimutatták, hogy a fóliák megtartottak olyan tulajdonságokat, mint a homályosság és a mechanikai szilárdság.

### **Módosított atmoszférájú csomagolások**

Az élelmiszerek tartósítása a polimerek egyik alapvető alkalmazási területe, különösen a csomagolásban. Az összetett, többrétegű fóliák, például a módosított atmoszférájú csomagolások (MAP) meghosszabbítják az érzékeny élelmiszerek eltarthatóságát. Ezek többnyire többféle polimert tartalmaznak, hogy elérjék a mechanikai, optikai és záró tulajdonságok szükséges kombinációját, viszont ez korlátozza újrahasznosíthatóságukat. Mivel az Európai Unió körforgásos gazdaságra vonatkozó cselekvési terve fenntartható termékeket és üzleti modelleket ír elő, beleértve a hulladék keletkezésének megelőzését és az újrahasznosítási kvótákat, a műanyag csomagolásoknál kiemelt prioritást élveznek az olyan megoldások, amelyek javítják a fenntarthatóságot.

A csomagolóanyagok a globálisan éves szinten feldolgozott 390 millió tonna műanyagnak mintegy 44%-át teszik ki, ezen belül a módosított atmoszférájú csomagoláshoz használt fóliák körülbelül 30%-os részesedéssel bírnak. A MAP egy zárt, többrétegű anyagrendszer, fedélből és tálcából áll, amely módosított gázatmoszféra létrehozásával meghosszabbítja az érzékeny élelmiszerek eltarthatóságát. A módosított atmoszféra fenntartása elengedhetetlen a hatékonyság szempontjából, ezért a kiválasztott anyagnak meg kell akadályoznia a gáz diffúzióját és a külső erők által okozott károsodást a csomagolás kibontása előtt. Ehhez kifejezetten alacsony vízgőz- és oxigénátbocsátási sebességre van szükség, amely jellemzően a nem-poláris és poláris polimerek kombinációját igényli.

A MAP kilenc vagy több különböző polimerből álló rétegeket tartalmazhat, amelyek jellemzően polietilén, polipropilén, poliamid, EVOH és PET. A több réteg azonban megnehezíti az újrahasznosítást. A jelenlegi mechanikus újrahasznosítási technológiák használatát korlátozza, hogy egyfajta szétválasztáson alapulnak, így alkalmatlanok a hagyományos MAP újrafeldolgozására, így a legtöbb MAP hulladékot az újrahasznosítás során energia-visszanyerés céljából elégetik. Ez ellentmond az Európai Unió körforgásos gazdaságra vonatkozó cselekvési tervének is.

A polimerek használatának elkerülését vagy más anyagokkal való helyettesítését gyakran tekintik az első megoldásnak a műanyag hulladék csökkentésére. A funkcionális műanyagok élelmiszer csomagolásból történő eltávolítása vagy cseréje azonban csak az általuk kínált számos előny és kényelem feláldozásával lehetséges. Az élelmiszer csomagolóanyagoknál annak ellenére, hogy a bioalapú anyagok fejlesztése széleskörű, ezek alkalmazása még nem életképes mind a megfelelő ipari újrahasznosítási kapacitások hiánya, mind a tulajdonságbeli korlátok miatt. A polimerek helyettesítői, például a papír, alumínium vagy üveg használata magasabb szállítási és gyártási költségekhez vezethet, ami nem tesz jót a szénlábnomnak és a fenntarthatóságnak. Ez egyértelműen jelzi a recikálható polimer alapú többrétegű csomagolások iránti igényt.

Összeállította: dr. Lehoczki László

Multiple benefits: latest in multi-layer packaging = Film & Sheet Extrusion, 9. sz. 2023. p. 13–17.

Seier, M, Archodoulaki, V.-M.; Koch, T.; Duscher, B.; Gahleitner, M.: Prospects for Recyclable Multilayer Packaging: A Case Study, 15. k. 2023. p. 2966.