

Új utakon a PET csomagolások fejlesztése

2005–2010 között a PET felhasználás 5%/év ütemmel fog növekedni. A palackok tömegét tovább akarják csökkenteni, és erőteljesen fejlesztik a gázzáró képességet növelő bevonóeljárásokat. Az egyik ígéretes piac a sör palackozása lenne, amely sokévi ígéretes várakozás után sem bontakozik ki olyan mértékben, ahogyan várták. Egyes szakértők véleménye szerint a sör PET palackba csomagolását nehezen fogadják el a fogyasztók. A PET újrahasonosítására egyre több üzem létesül, amelyekben palackgyártásra alkalmas granulátumot állítanak elő.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; csomagolástechnika; PET palack; termékfejlesztés; hulladékhasznosítás; gázzáró képesség; nyújtva-fúvás.

A poli(etilén-tereftalát) (PET) számos technológiai lehetőséget és formatervezési szabadságot nyújt, és ezért a csomagolásfejlesztő szakemberek a legkülönbözőbb felhasználási területeken számolnak alkalmazásával. A termékfejlesztést azonban sokszor korlátozza a minimális anyagfelhasználás igénye és a széleskörű szabadalmi jogok hatása.

PET csomagolások piaca

Európában a PET felhasználás a csomagolóiparban erős növekedésben van. Az egyutas csomagolás politikai akarat következtében csökken. A többutas csomagolás 2003-ban az előző évhez viszonyítva 46,3%-kal növekedett, míg a egyutas PET csomagolópalackok mennyisége 16,3%-kal visszaesett. A kényszerpálya hosszú távú hatását még nem lehet értékelni, de a PET palackok felhasználása mindenképpen növekszik. Ezt támasztja alá, hogy a gyümölcslevek PET palackos csomagolása gyorsan, a söré mérsékelt ütemben növekszik.

A PET csomagolások növekvő népszerűsége nem utolsósorban a felhasználó számára nyújtott kényelmi előnyökre vezethető vissza. Ma a PET már olyan területeken is megtalálható, melyeken néhány éve még nem is számítottak rá: pl. a gyümölcslevek, tej, sör és a kozmetikai termékek csomagolása. Az új alkalmazásokat az alapanyagok fejlesztése és a technológiai innovációk alapozták meg.

A PET csomagolópiac dinamikus bővüléséhez több szereplő járul hozzá, nem csak a csomagolásfejlesztők. A palackgyártási technológiákat a gépgyártók az elmúlt 25 évben folyamatosan fejlesztették, például a fúvási teljesítmény 400 palack/óráról 1800

palack/órára növekedett. A töltősorokat üzemeltető cégek is sokkal aktívabbak, mint korábban, és ma már számos palackozó vállalat töltősora elé in-line PET palackfúvó gépet csatlakoztat. Ez a tendencia az előforma gyártásra is vonatkozik. Gyakori, hogy a saját használatra előformát gyártó palackozó vállalat az előformát eladásra, a PET csomagolások piaca számára is termeli. Ez a tevékenység tovább fokozza a piac telítettségét, amely az árak csökkenéséhez vezet. A műanyag-feldolgozó, a PET előforma és csomagolás hagyományos gyártója erre erőteljes fejlesztéssel és új alkalmazások feltárásával válaszol. Az innovációban továbbra is aktívan részt vesz a gépgyártó, aki a felmerülő piaci igényeknek megfelelő terméket gyártó gépsort, technológiát kidolgozza.

Alapanyagok

Ma már egyértelmű, hogy csak a legalább 100 ezer t/év gyártókapacitások gazdaságosak és maradnak meg a piacon. Sok hagyományos PET gyártó hagyott fel a gyártással, akik kisebb mennyiségeket állítottak elő. Ez is arra enged következtetni, hogy a PET hamarosan tömegműanyaggá válik.

A PET-et polikondenzációval állítják elő, két lépcsőben. Először folyékony fázisban az antimonvegyületekkel katalizált polikondenzáció zajlik tereftálsavval és etilénlikollal, majd a viszkozitásbeállítás és granulálás következik. Fejlesztés alatt van egy új, egylépcsős eljárás is.

A PET alapanyag könnyen változtatható, *a tiszta homopolimert csak ritkán alkalmazzák. Kis mennyiségű komonomerek, mint az izoftálsav vagy az 1,4-ciklohexán-dimetanol csökkentik a kristályosodási sebességet.* Ez rövidebb ciklusidőt tesz lehetővé a fröccsöntésnél, mivel az előformát magasabb hőmérsékleten lehet formázni, anélkül, hogy erősen utókristályosodna. A nagyobb ütem érdekében *infravörös abszorber adagolását* is lehet alkalmazni. Ily módon az előforma a fúvási folyamat során gyorsabban felmelegíthető és ugyanakkor a palack felmelegítéséhez 10–30%-kal kevesebb energia szükséges.

A „csendes” ásványvíz palackjaihoz a kis viszkozitású (0,74–0,78 dl/g) „Aqua PET” típusok felelnek meg, mert ezek a fröccsöntés során kevesebb acetaldehidet adnak le. A szénsavas limonádék és ásványvizek palackjait a költségcsökkentés miatt mind kisebb falvastagsággal gyártják. Ezek nagyobb viszkozitású PET típusokat (0,82–0,85 dl/g) igényelnek.

A termékfejlesztés új módszere

A „Time to Market” (a piaci bevezetésig tartó idő; időben a piacra) módszer a termékfejlesztés folyamatának állandó optimalizálását jelenti a három fő fázisban:

- koncepció kialakítása és tervezés,
- fejlesztés és értékelés,
- megvalósítás és kereskedelmi bevezetés.

Koncepciókialakítás és tervezés

A PET csomagolások kifejlesztése ma már egy rendszerfejlesztést kell hogy jelentsen, amibe beletartozik a zárókupak, a címke vagy a szállítás módjának (pl. rekesz, raklap, sztreccsfólia) kidolgozása is. A koncepció kialakításakor a teljes folyamatot végig kell gondolni, figyelembe kell venni a marketing, a technológia és a piaci bevezetés szempontjait is. A termékspecifikáció tartalmazza a műszaki követelményeket és az azokhoz szükséges technológiai feltételeket, beleértve az előformát is. Ezen adatok alapján készülnek az első formatervek, amelyek már tartalmazzák a termék arculatára, a márkára jellemző elemeket. A forma kiválasztása után következhet a csomagolás- és prototípusfejlesztés.

Fejlesztés és értékelés

Ebben a fázisban a követelményeknek megfelelő „virtuális prototípust” a gyakorlatban előforduló terheléseknek teszik ki, majd az eredmények alapján optimalizálják az anyagfelhasználást és a palack geometriáját. Mindehhez modern FEM programok állnak a fejlesztők rendelkezésére. A prototípus rögzítése után következik az ehhez szükséges előforma térfogatának és egyéb jellemzőjének meghatározása. A kész prototípust fizikai tulajdonságok vizsgálatával és töltési próbákkal minősítik. A kapcsolódó szabadalmakat és védjegyeket ugyancsak ebben a fázisban elemzik.

Megvalósítás és kereskedelmi bevezetés

Az előformán és a palackon szükségesnek talált kisebb javítások elvégzése után a véglegesnek tekintett új PET palackokat laboratóriumi vizsgálatokkal és töltési próbákkal minősítik. A sikeres eredmények alapján a fejlesztők az új formát tömeggyártásra adják át.

Nyújtva-fúvó technológia fejlesztése

A palackgyártásban a teljesítmény növekedése mellett a palackok tömegének csökkentése volt az elmúlt évek látványos eredménye. Például egy 1,5 literes vizes palack tömege 45 grammról 26 grammra csökkent, és várható, hogy még ezen is lehet faragni. Különösen az utolsó tíz év során vált fontos célkitűzéssé a PET csomagolások költségének minimalizálása. *Ma már a PET csomagolások kifejezetten „high-tech” termékeknek tekinthetők.*

A csomagolóanyagok tömegének csökkentése ma is napirenden van, és ez továbbra is érvényesül a PET csomagolások fejlesztésénél. *A PET palackoknál napjainkban a gázzáró képesség javítása a cél, ami további alkalmazási lehetőségeket biztosít ennek a kitűnő csomagolóanyagnak.* A szénsavtartalmú italok, a tej, a sör PET palackos csomagolása a szénsavat, vizgőzt és aromákat nem engedheti át, és az oxigénfelvétel mennyiségét is határok között kell tartani.

A gázzáró képesség növelése

A csomagolóanyagok oxigénáteresztésének csökkentése három módszerrel lehetséges: kis áteresztésű műanyagokkal önállóan, keverékben vagy több rétegben, vákuumos bevonással és oxigént abszorbeáló anyagok alkalmazásával (aktív csomagolások).

A kis oxigénáteresztésű műanyagok egyike a poli(etilén-naftalát) – PEN, amely éppen úgy poliszter, mint a PET, és etilénlikolból dimetil-2,6-naftalén-dikarboxiláttal szintetizálható. Ennek jobb a záróképesége, mint a PET-nek, valamint hőállósága és vegyszerállósága is nagyobb. Drágasága miatt azonban csak a többszöri felhasználás esetén számíthat alkalmazásra. A Carlsberg söröződében pl. pasztörizált sörök palackozására használják. A többrétegű palackokat gyakran készítenek poliamid záróréteggel.

A palack záróképesége elsősorban az alkalmazott alapanyagtól, ill. anyagkombinációtól (többrétegű palack) függ, de befolyásolja az anyagszerkezet (kristályosság és orientáltság), a falvastagság és a palack geometriája is. A napjainkban divatos kis méretű palackok záróképeségének biztosítása nehezebb a megnövekedett felület/térfogat arány miatt. Például a szénsavtartalmú italoknál a szén-dioxid-vesztés az eredeti érték 17,5%-át, sörnél a 10%-át nem haladhatja meg.

A gázok áthatolnak a palack falán, ez a permeáció alapvetően a következő négy folyamatból tevődik össze: adszorpció a felületen, abszorpció a felülethez közeli anyagrétegekben, diffúzió a műanyag falon keresztül és deszorpció a szembenálló felületen. A permeáció sebessége nem csak a diffúziós folyamatok sebességétől, hanem az áthatoló anyagok műanyagban való oldhatóságától is függ.

A bevonat nélküli és a bevonattal ellátott palack összehasonlítása abszolút számokkal is lehetséges, de ez a gyakorlatban bonyolultsága miatt nem terjedt el. Ezért többnyire a *záróképeséget növelő faktort* (barrier improvement factor – BIF) alkalmazzák. Ez lehetővé teszi a referenciaanyag P/ref és a záróanyag P/barrier permeációs együtthatói arányának megállapítását. A permeációt csökkentő záróréteg felvitelével a BIF növekszik. Az alkalmazott zárórétegnek vagy bevonatnak kettős funkciója van: egyrészt csökkenti a szén-dioxid kiáramlását az italból, másrészt ugyancsak csökkenti az oxigén diffúzióját az atmoszférából a palackba.

A szénsavas üdítőitalok eltarthatóságának időtartama legalább három hónap. Az oxigénre érzékeny termékek, mint például a gyümölcslevek és a sör eltarthatóságát 4–9 hónapra igénylik. A tipikus formájú, egyrétegű PET palack záróképesége sörrel töltve csak kb. 2 hetet, míg a többrétegű műanyag palack kilenc hónapos eltarthatóságot biztosít. A PET palackok záróképeségét bevonatokkal is lehet javítani, amelyeket merítéssel, szórással vagy vákuumeljárással lehet a palackra felvinni.

A bevonatok felvitele általában az adott eljárásra jellemző technológiai problémákkal jár, és ez sokszor elfogadhatatlan költségeket okoz. Például a mártásos eljárás esetén nehéz egyenletes falvastagságot elérni, és a teljesítmény sem túl jó (tipikusan 20 ezer palack óránként). A többrétegű palackoknál deformáció következtében delaminálódás jöhet létre. A szórásnál az elszennyeződés veszélye a legnagyobb.

Plazmabevonással viszont a szükséges záróképesség-növelést már egészen kis rétegvastagsággal (20–200 nm) el lehet érni, ami a későbbi reciklálás szempontjából is előnyös. Mostanában tette közzé a **Petcore Egyesület**, hogy a CVD (chemical vapour deposition) eljárással plazmakezelt PET palack újrahasznosítása semmilyen gondot nem okozott.

A plazmabevonás elve

Egy gáz, megfelelő körülmények között elektromágneses sugárzással plazmaállapotba gerjeszhető. A gáz töltött részecskéi, elsősorban a könnyű elektronok az elektromágneses sugárzás nagy frekvenciáin a sugárzásból energiát abszorbeálnak. Az elektronok merev ütközések által a nehéz részecskéknek is átadnak energiát. Az energiaátadás mértéke döntően a gáz sűrűségétől és a zárt reakcióterben végzett folyamat nyomásától függ. Az ún. *hideg plazma* alacsony nyomáson jön létre egy szobahőmérséklethez közeli folyamatban. Előnye, hogy a magas elektronhőmérsékleten olyan kémiai reakciók jönnek létre, melyek egyébként jóval magasabb környezeti hőmérsékletet igényelnének. Ez az a tulajdonság, mely lehetővé teszi a műanyagfelületek módosítását a plazmakezelés révén.

Záróképesség növelése plazmapolimerizációval

A PET palackokat 1999 óta készítik vákuumbevonattal. Ennek két célja van: az oxigén palackba jutásának csökkentése, és a szénsavtartalmú italokban a szén-dioxid-veszteség csökkentése. Lehetőség nyílik a palackok belső vagy külső falának bevonására. A gyakorlatban többnyire a belső bevonást választják, mert ez jobban működik a permeabilitás, a migráció és a mechanikai stabilitás szempontjából. A Martens sörgyár a **Sidel** által kifejlesztett eljárást alkalmazza, melynek során mintegy 65–150 nm vékony bevonatot visznek fel vákuumban, ahol a mikrohullámok egy reaktív acetilén-plazmát generálnak, mely a palack felületén reagálva amorf, gyémántszerű réteget képez. A **SIG Corpoplast** és a **Schott HiCotec** közösen egy újabb vákuumos eljárást fejlesztett ki (*PICVD-eljárás – plasma impulse chemical vapour deposition*), amelyben egy üvegszerű szilíciumoxid alapú réteget képeznek a palack belső falán.

A *kémiai párologtatással CVD* (chemical vapour deposition) és a *fizikai párologtatással PVD* (physical vapour deposition) a palack külső vagy belső felületét lehet bevonattal ellátni. Ha a plazmába szerves vagy más láncképző monomert adagolnak, akkor egy vékony, plazmapolimer réteg alakul ki. A hagyományos polimerizációs eljárással ellentétben, amelyhez vagy telítetlen kötések vagy reaktív végcsoportok jelenléte szükséges, a plazmában lévő monomerek ezek hiányában is térhálósodnak. A *CVD-eljáráshoz* nagy nyomás (1-100 Pa) szükséges, ellentétben a *PVD-eljárással*, amelyben 0,01–1 Pa közötti nyomás elegendő. Az előző a rövid ciklusidő miatt a csomagolóiparnak jobban megfelel. Ezen túlmenően a *CVD-eljárás az üreges testek belső és külső bevonására egyaránt alkalmas, míg a PVD-eljárás esetén a belső bevonás nehézségekkel jár. Manapság a bevonási eljárásokkal a PET palackoknál szén-dioxidra*

2–7-szeresre, oxigénre vonatkozóan 10–30-szorosra lehet a záróképességet növelni a kezeletlen palackhoz képest. Ezek az értékek a legtöbb esetben a tárolhatóság idejét legalább hat hónappal megnövelik.

Jelenleg a bevonás bizonyul a legmegfelelőbb eljárásnak a záróképesség növelésére. Az anyagköltség csekély, jelenleg 0,06 EUR/1000 palack. Ennek ellenére maga a teljes folyamatköltség még mindig magas, kb. 15 EUR/1000 palack, ami már az anyagában többrétegű palack költségének színvonalát is eléri. Hosszú távon a legkisebb költségű és jó záróképességet biztosító eljárás marad csak életképes.

A palackok belső falának bevonása kifejezetten előnyösebb a külső bevonáshoz képest, mivel ebben az esetben a záróréteg védettebb a záróképességet csökkentő karcolásokkal szemben, azonban kritikus lehet az élelmiszerrel való érintkezés miatt. A CVD-eljárásban a gázok kiválasztása, az eljárás reprodukálhatósága, a palack falának kiindulási állapota (szennyeződések és nedvesség), valamint a környezeti körülmények számítanak kritikus paramétereknek.

Az alacsony nyomású plazmapolimerizációs berendezés négy részegységből áll: vákuumkamra, szivattyúállomás nyomásszabályozással, gázadagoló rendszer és energiaforrás. A rövid ciklusidejű külső bevonáshoz kiterjedt plazmára van szükség, amellyel a palack teljes felületét egy lépcsőben be lehet vonni.

Új eljárás: palack külső felületének bevonása a nyújtva-fűvó egységben

A nyújtva-fűvó eljárás során a fröccsöntéssel előállított előformát felmelegítik és egy tűske segítségével először tengelyirányban nyújtják, majd levegőnyomással a szerszámban radiálisan palackká formázzák. Az eljárás alkalmasnak tűnt arra, hogy kiegészítő egységekkel a bevonáshoz is alkalmazzák. Ennek elve, hogy a berendezésben a szerszámot a folyamatkamrával, a tűskét a mikrohullámú antennával helyettesítik. A berendezést ki kell egészíteni továbbá a gázbevezetéssel, a vákuumtechnikával és egy teljesen automatizált szabályozással. Az ipari folyamatok modellezése és a különböző paraméterek hatásának vizsgálatára összeállítottak egy, a fentiekben vázolt elv szerinti, elsősorban külső bevonat készítésére alkalmas bevonó berendezést, amely acetiléngázzal működik.

A kísérletek eredményei igazolták, hogy nagyobb BIF értéket ($>1,7$) nagyobb gázmennyiséggel, kisebb nyomással ($<0,2$ mbar), nagyobb teljesítménnyel (>300 W) és hosszabb bevonási idővel (>6 s) lehet elérni. Megállapították továbbá, hogy az elérhető záróképesség formafüggő.

Az ipari körülmények között fellépő igénybevételek hatását is vizsgálták. A maximális BIF értékű (3,3) palackok záróképessége a töltés teljes folyamata után BIF=2,2-re csökkent. A BIF érték növelésének azonban vannak még tartalékai, például kombinálták a külső és a belső bevonást, és ezzel BIF=10 értéket értek el szén-dioxidra.

A laboratóriumi eredmények alapján előrevetíthető, hogy az új plazmapolimerizációs eljárás komoly versenytársa lehet az eddig használt üvegszerű külső bevonatnak, amelynek anyaga hexametil-disziloxán (HMDSO).

Aktív csomagolások

Az „aktív” csomagolások aktív vagy reaktív anyagokat tartalmaznak, amelyek növelik a csomagolt termék minőségét és eltarthatósági idejét. Az aktív csomagolások oxigénmegkötő anyagot tartalmaznak, amelyet a PET-hez kevernek vagy egy külön rétegben adagolnak. *Ilyen PET-palackok készülnek 7% poliamid MXD-6 tartalommal.* Ez az adalék egy kobaltsót tartalmaz, pl. sztearátot, amely katalizátorként elősegíti a poliamid reakcióját az oxigénnel. A PET palack zárókupakgyártói is alkalmaznak a kupakban oxigénelfogót, mely nátriumsulfit, aszkorbinsav vagy a kettő keveréke.

PET csomagolások újrahasznosítása

Korábban a PET hulladékból visszanyert polimert többnyire nem élelmiszeripari csomagolásra használták fel, legnagyobb mennyiségben szálát, lemezt készítettek belőle. *Több cég azonban ún. „Super-Clean” (szupertiszta) recikláló eljárásokat fejlesztett ki, és ezek már széles körben elterjedtek. A jelenlegi magas olajárak mellett a reciklátum felhasználása egyre gazdaságosabb. Növekszik a palackok visszagyűjtésének mennyisége is.*

A „Super-Clean” eljárást a Schmalbach Lubeca cég (ma **Amcor**) fejlesztette ki, amely 1994-ben kapta meg az amerikai egészségügyi hatóság (FDA) engedélyét. Az eljárás az összepréselt palackok mosásából, a regranulálásból és a granulátum utókondenzációs folyamatából áll. Franciaországban 1998-ban erre az eljárásra egy 6000 t/év kapacitású üzemet létesítettek, amely időközben 20 000 t/évre növekedett a *Bühler-technológia* alkalmazásával. Az **Amcor** cégnél a reciklátumot – kizárólag saját felhasználásra – előforma gyártásához használják.

A *Bühler-technológia* során a mosott PET-palackokból származó regranulátum gyűrűs extruderbe, majd folyamatos utókondenzálóba kerül, ahol tovább tisztítják. Az eljárás 2001-ben kapta meg az FDA engedélyt. Az Amcor cég 2002-ben ezzel az eljárással a franciaországi Beaune-ban 15 000 t/év kapacitású üzemet létesített.

Az **Erema** cég *Vacurema* eljárása a mosott PET palackokat frikciós szárítóban kezeli. Az eljárás egy- vagy kétlépcsős lehet. Az utóbbi változat szerint az előszárítás egy szeparált reaktorban történik, és ezután következik a regranulálás és a kristályosítás. Létezik egy „in-line”-feldolgozó eljárás, amelyben rögtön fóliát vagy előformát állítanak elő, ez 2000-ben kapta meg az FDA engedélyét. Európában több 6000 t/év kapacitású üzem működik, pl. a **Texplast** (Németországban), az **ITW Polyrecycling** (Svájcban), a **Selenis** (Portugáliában) és a **Pantoplast** (Olaszországban).

A szárítóberendezést gyártó **OHL** a németországi Limburg mellett egy 10 ezer tonna/év kapacitású üzemben alkalmazza az általa kifejlesztett *Stehning* eljárást.

A *Phönix-PTI-eljárás* speciálisan őrölt PET palackot dolgoz fel, amelynek előnye az apró szemcseméret és a nagy felület, amely meggyorsítja a folyamatot. A technológia 1999-ben kapott FDA engedélyt, és Phönix (USA) mellett, valamint Visy-ben (Ausztrália) működik.

A *Starlinger eljárás* a PET őrlemény mosásával kezdődik, majd regranulálással folytatódik, végül kristályosítás és vákuumban utókondenzáció következik. Az eljárás 2004-ben kapott FDA engedélyt.

Az *URRC eljárás* válogatott palackból végzi az őrlést és az idegen anyagok (pl. címke) eltávolítását, majd az őrleményt szilárd fázisú reakcióban, NaOH segítségével megszabadítják a PET felső rétegétől. Az eljárás 2001-ben kapott FDA engedélyt. Két üzem működik ezzel az eljárással és 15 ezer t/év kapacitással, a **RecyPET** (Freuenfeld/Svájc) és a **Cleanaway** (Rostock/Németország).

A *Visy eljárás* 2001-ben kapott az FDA-tól engedélyt. Az eljárás során őrlés, mosás és szárítás után a terméket speciális háromszoros kigázosító rendszerben granulálják. A berendezés Ausztráliában üzemel.

A *Wellman féle recikláló folyamat* 1998-ban kapott FDA-engedélyt. A folyamat mosásból, regranulálásból és utókondenzációból áll. Egy ilyen berendezés a hollandiai Emmenben üzemel. A terméket *Ecoclear* márkanéven hozzák forgalomba 75% új és 25% reciklált alapanyag keverékéből. A kapacitás eléri a 30 000 t/év mennyiséget.

Az utóbbi években a PET palackból újra palackot („bottle-to-bottle”) igyekeznek gyártani, ennek kapacitása Európában növekszik, és ez a tendencia még jó darabig megmarad. A **Krones** cég például bejelentette, hogy egy saját eljárást fejlesztenek ki, és a regranulátumot élelmiszeripari felhasználásra szánják.

Kilátások

A PET a csomagolások területéből egyre nagyobb részt tudhat magáénak, különösen a gyümölcsitalok, a tej és kozmetikumok terén várható az előretörése. A kozmetikumok PET csomagolásait főképpen az egy lépéses eljárással állítják elő. Megnőtt az érdeklődés a PET fűvógépeken feldolgozható alternatív anyagok, mint pl. a biológiai úton lebomló polimerek iránt is. A megújuló nyersanyagú polimer csomagolóanyagok különösen a természetes eredetű termékek számára, mint pl. az ásványvíz, számíthatnak kiemelkedő érdeklődésre.

Összeállította: Langer Zsuzsa és Dr. Orbán Sylvia

Appel, O.: Erfolg durch Design und Technologie. = Kunststoffe, 96. k. 4. sz. 2006. p. 40–44.
Schmachtenberg, E.; Binkowski, D.: Flaschenaussenbeschichtung im Streckblasmodul. = Kunststoffe 96. k. 4. sz. 2006. p. 46–51.

Müller, K.; Welle, F.: PET in der Getränkeverpackung. = Kunststoffe, 95. k. 10. sz. 2005. p. 120–125.

Röviden...

Fagylalkelyhek természetes alapanyagból

A firenzei **Alcas** cég ötféle méretben fagylalkelyheket készít a **Cargill Dow** biológiailag lebomló műanyag alapanyagából. A kelyhek enyhén kékes színűek és átlátszóak, amelyekhez pohár és kanál is tartozik ugyanebből a politejsav-alapú anyagból. A fogyasztók a termékeket kedvezően fogadták, és immár száz fagylaltárúsító cég ezekben kínálja a fagylalkészítményeit. A kelyhek 47 nap alatt bomlanak le az ipari komposztálás körülményei között.

Plastics Engineering EUROPE, Spring 2005. p. 12.

O. S.