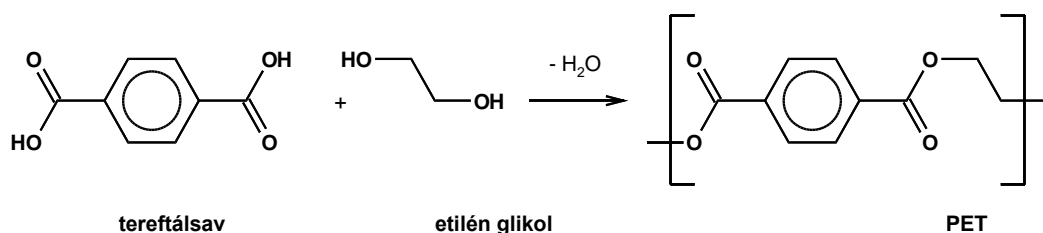


Tények a PET-ről*

Mi is az a PET?

A PET elnevezés a polietilén-tereftalát kémiai elnevezés kezdőbetűiből származik. Ez az anyag a poliészterek közé tartozik. Poliésztereket először az 1930-as években állítottak elő, elsődlegesen műszálként történő felhasználásra. A napjainkban gyártott PET túlnyomó részét még most is műszál-előállításra használják. Például az ún. „fleece” (polár) pulóverek is PET-ből készülnek. Később a PET-et csomagoló fóliák gyártásához kezdték felhasználni. A film- és a mágnesszalag esetében hordozóanyagként alkalmazzák. Majd az 1970-es években megkezdődött a PET palackok gyártása. A PET palackot kezdetben az üdítő italoknál használták, majd fokozatosan egyre népszerűbbé vált a palackozott vizeknél történő felhasználása.

A PET-et tereftálsavból (dikarbonsav) és etilén glikolból (dialkohol) állítják elő. A két anyag, reakcióba lépve egymással, hosszú polimer láncokat képez, melynek során melléktermékként víz képződik (1.sz. ábra). Mint a legtöbb polimerizációs folyamat esetében, itt is szükség van egy katalizátorra.



1.sz. ábra: A PET szerkezete és reakció egyenlete

Miért használjunk PET-et?

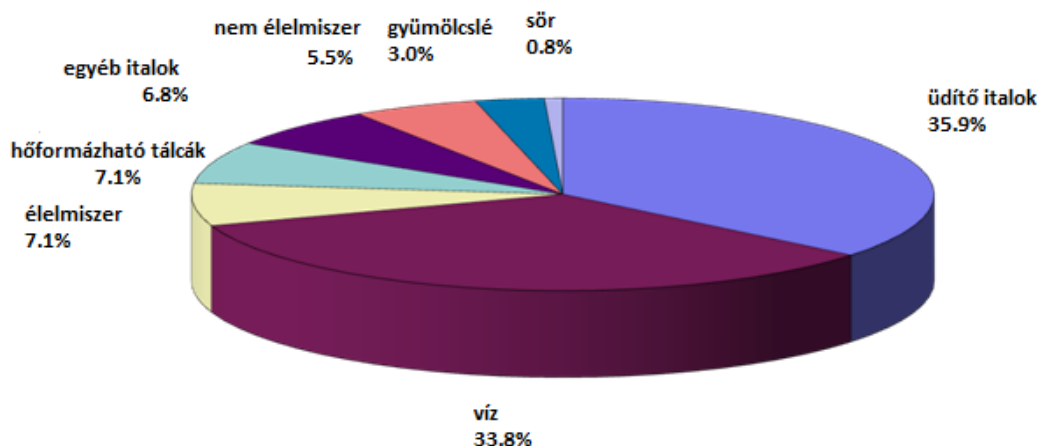
A PET tulajdonképpen egy törhetetlen, színtelen, könnyű és átlátszó polimer. Mivel a PET áttetsző, ez lehetővé teszi azt, hogy a tárolóedény tartalma látható maradjon. A PET robusztussága rendkívüli fontosságú az italcsomagolások szempontjából, ugyanis így a palackok tökéletesen biztonságosak az útközbeni („on-the-go”) használat során és sportolás közben. A PET másik előnye a könnyűség. Az elmúlt évek során a PET súlya folyamatosan csökken, ami azt jelenti, hogy manapság egy palack súlya elérheti akár a 20-30 grammot is. Ez egy igazi előny, tekintve azt a hatást, amit egy palack az élettartama alatt (a gyártás, a fogyasztókhöz történő eljuttatás és az életciklusa végén) a környezetre gyakorol. Ezen kiváló anyagtulajdonságok miatt, napjainkban a PET-et igen széles körben alkalmazzák az italok csomagolóanyagaként. A PET a természetes ásvány- és forrásvizek egyik legmegfelelőbb csomagolóanyaga.

Forrás: European Federation of Bottled Waters (EFBW)

PET mint csomagoló anyag

A PET használata a csomagolás terén

A PET-et a csomagolóipar fóliák, tálcák vagy palackok formájában alkalmazza. Elsődleges használata a palackgyártás. 2010-ben, globálisan, az összes palackozott víz és üdítőital 70%-át PET palackokba csomagolva értékesítették (2.sz. ábra). Napjainkban az italok elsődleges csomagolóanyaga a PET.



2.sz. ábra: 2010-ben a PET csomagolás globális felhasználása a (a műszál kivételével) összesen 11.5 millió tonna volt (Forrás: Pira International)

A PET palackok gyártása

A PET palackok gyártása egy kétfázisú folyamat. Először a PET granulátumból, körülbelül 280 °C-on megolvasztva, ún. előformákat készítenek. Ezek az előformák már rendelkeznek a palack nyaki részén menetekkel, ugyanakkor kisméretűek és könnyen szállíthatók. Röviddel a töltési folyamat kezdete előtt, az előformákat ismét felhevítik, körülbelül 120 °C-ra, majd a fúvás során elnyerik végső palackformájukat. Ennek a folyamatnak a neve az ún. nyújtva fúvás ("stretch blow-moulding process"), melynek következtében a PET részben kristályos lesz. A nem-kristályos PET rendkívül áttetsző. A gyártási folyamat, mely a PET áttetszőségét csökkentő, részleges kristályosodást eredményez, ugyanakkor javítja a palack stabilitását és növeli az oxigénnel és szén-dioxiddal szembeni ellenállóságát. A teljesen kristályos szerkezetű PET átlátszatlan és például mikrohullámú sütőben használható edények és tálcák előállításához használják.

A PET kölcsönhatása vízzel és élelmiszerekkel

Nem létezik teljes egészében „inaktív” csomagoló anyag, így mindig lesz valamiféle kölcsönhatás a csomagolás és a benne tárolt víz vagy élelmiszer között. Élelmiszerek esetében, a PET csomagolás elnyelheti az ízt egy bizonyos mértékig. Hasonlóképpen, a szénsavas italokból is átjuthat némi szén-dioxid a csomagoló anyagon keresztül a környezetbe. Bizonyos esetekben, a műanyag csomagolásból is bekerülhet esetleg egy kevés részecske a csomagolt tartalomba. A fogyasztók egészségének védelme érdekében, minden ilyen jellegű „migrációt” a lehető legkisebb szintre kell csökkenteni. Mint minden egyéb csomagolásnak, az élelmiszerekkel érintkező PET csomagolásnak is meg kell felelnie

az összes vonatkozó Európai és nemzeti törvényi előírásnak és követelménynek. Ezen követelmények tartalmazzák az alkalmazott kiindulási nyersanyag (úgy mint a monomerek és adalékok) értékelését és a különféle meghatározott korlátozásoknak, mint például a migrációs limiteknek való megfelelést.

Acetaldehid

Az acetaldehid a PET gyártási folyamatának mellékterméke. Akkor keletkezik, amikor a PET-et magas hőmérsékletre hevítik a palackok előállításához. Számos ital és élelmiszer tartalmaz természetes állapotában acetaldehidet (1.sz. táblázat). Az PET-ből a palackozott vízbe esetlegesen átjutó acetaldehid mennyisége jóllehet teljesen ártalmatlan, mégis némi édes utóízű kölcsönözhet a víznek. A fogyasztó abban az esetben érezheti ezt, ha a koncentráció meghaladja a 0,01 – 0,02 mg acetaldehid/liter értéket. A PET-palack gyártók szoros együttműködésben dolgoznak a palackozott vizeket előállító vállalatokkal annak érdekében, hogy optimalizálják a PET palackok gyártási folyamatát, különös tekintettel az acetaldehid-migráció szintjének minimalizálására.

1. sz. táblázat: Acetaldehid koncentrációja a különféle élelmiszerekben [1]

Élelmiszer	Koncentráció mg / kg élelmiszer
Ecet	20 – 1 .060
Kenyér	4,9 – 10,0
Bor, habzóbor	2,5 – 493
Citrusfélék	1,2 – 230
Narancslé	0,7 – 192
Joghurt	0,7 – 76
Sör	0,6 – 63
Almalé	0,2 – 11.8
Természetes ásványvíz PET palackban (tipikus érték)	<0.01
Acetaldehid íz-küszöb a természetes ásványvízben	0,01 – 0.02
Európában alkalmazott határérték, a csomagoló anyagból történő migráció vonatkozásában	6

Monomerek (etilén glikol és tereftálsav)

Általában soha nem lehet teljes mértékben megakadályozni a műanyagokból történő monomer-migrációt. A PET ugyanakkor rendkívül „inaktív” a többi más műanyaghoz képest. Következésképpen, csak igen csekély mennyiségű monomer kerülhet be a palackozott vízbe. Például, egy tanulmány [2] kimutatta, hogy az etilén glikol és a tereftálsav monomerek PET palackokból történő termékbe jutásának szintje, jelentősen a kötelezően előírt határértékek alatt van.

Mindazonáltal, a vízpalackozó vállalatok állandóan monitorizálják a PET palackokból történő monomer-migráció szintjét és megőrzik a vonatkozó megfelelési dokumentumokat.

Antimon

AZ antimon a PET polimerizációjához használt katalizátor. Elméletileg, a katalizátor a PET-ben marad a polimerizációt követően. Alternatív, többnyire titánium vagy germánium alapú katalizátorok kifejlesztésén is dolgoznak a szakemberek. Ugyanakkor azonban, az eddig kifejlesztett egyik alternatívának sem sikerült a kereskedelmi áttörés, így továbbra is az antimon marad a műgyanta-szállítók által alkalmazott domináns katalizátor.

Csakúgy, mint a PET-gyártásban felhasznált összes más anyagra, az antimonra is szigorú, kötelezően alkalmazandó előírások vonatkoznak Európában. A PET palackból a késztermékbe migráló, maximálisan engedélyezett antimon-szint 0.04 mg. Normál tárolási körülmények között, az antimon-migráció szintje a PET palackból, rendkívül alacsony. Az antimon-migráció határértéke nem emelkedhet az ital jelzett polc-élettartama során [3], még abban az esetben sem, ha a palackokat évekig meleg helyen (magasabb hőmérsékleti viszonyok között) tárolják. Következésképpen a sajtóban és a híradásokban megjelent aggodalmak megalapozatlanok. Ugyanakkor korrektek a beszámolók, amikor azok arra mutatnak rá, hogy az üvegpalackokban árusított természetes ásványvizek antimon koncentrációja alacsonyabb, mint a PET palackokban kínált természetes ásványvizekben detektált antimon koncentráció.

A vízben kimutatható antimonra vonatkozó határérték jelentősen alacsonyabb, mint a PET csomagolásból történő migrációra vonatkozó határérték. Európában, például, maximum 0.005 mg antimon lehet jelen egy liter természetes ásvány-, forrás-, vagy ivóvízben. A törvényi előírásokat tekintve, még ha a 0.04 mg/liter migrációs határérték a palackozott vizekre vonatkozik is, a természetes ásványvizet és forrásvizet palackozó üzemek kétségkívül megfelelnek a vízre megállapított alacsonyabb értéknek, mivel ezt tekintik a maximum elfogadható antimon szintnek.

Tartalmaz a PET lágyítószer?

A plasztifikátorok olyan adalékanyagok, melyeket számos különféle műanyagnál alkalmaznak, hogy megváltoztassák azok tulajdonságait és „lágyabbá” tegyék azokat. A leggyakrabban alkalmazott lágyítószer között megtalálható a ftálsav-észter és az adipinsav-észter. A polivinil-klorid (PVC) esetében, például, a lágyítószer használata nélkülözhetetlen. Ugyanakkor a PET esetében a cél az, hogy a palack merev és szilárd legyen, maga a műanyag pedig vékonyabb és könnyebb, megkönnyítve így a raklapokon a csomagok egymásra rakását. Következésképpen a fentieknek ellentmondana a PET esetében a lágyítószer használata. Így tehát határozottan kijelenthető, hogy a PET palackok teljes egészében mentesek mindenféle lágyítószerrel.

A PET-gyártáshoz használt termékek egyikének, a tereftálsavnak a neve valóban tényleg nagyon hasonlít a ftálsavéhoz, mely egy olyan anyag, amit a lágyítószer „startereként” használnak, és ez gyakran vezet ahhoz a tévhithez, miszerint a PET lágyítószereket tartalmaz. A kémia oldaláról vizsgálva, a lágyítószer kis molekulákból állnak, melyek, képesek a hosszú polimer-láncok között mozogni, lágyabbá téve ezáltal a műanyagokat. A PET ezzel ellentétben, nagyon nagy un. makromolekulákat tartalmaz.

Tartalmaz a PET diánt (bisfenol A)?

A bisfenol A egy a polikarbonát-gyártásban használt monomer. Jóllehet nem használnak fel bisfenol A-t és polikarbonátot (PC) a műanyag vizes-palackok gyártásában, a csecsemőknek szánt cumisüvegekhez azonban használnak polikarbonátot. A polikarbonát tulajdonságai ideálissá teszik ehhez az alkalmazáshoz. Például, a polikarbonát palackok újra és újra kifőzhetőek, sterilizálhatóak, ami egy olyan folyamat, ami nem lenne lehetséges, ha

azok PET-ből készülnének. A biszfenol A monomer részecskékről ismert, hogy kioldódnak a polikarbonát bébi cumisüvegekből. A biszfenol A, egy az endokrin rendszert (hormonháztartást) károsító kémiai anyag. Jelenleg is viták folynak arról, hogy az említett migrációs szintek szignifikánsan elégségesek-e ahhoz, hogy káros egészségügyi hatást eredményezzenek. Kellő felelősséggel eljárva, megelőző intézkedésként, a törvényhozók nemrégiben betiltották a diszfenol A használatát a csecsemőknek szánt cumisüvegeknél történő felhasználásban. A PET nem tartalmaz biszfenol A-t.

Oldódnak ki az endokrin rendszert károsító kémiai anyagok a PET palackokból a bennük tárolt vízbe?

2009-ben a médiában arról szóltak a híradások, hogy a hormonháztartást súlyosan károsító kémiai anyagok kerültek a PET palackokból a bennük tárolt természetes ásványvízbe. Az endokrin rendszert károsító kémiai anyagok ugyanolyan hatással vannak az emberi szervezetre, mint a szervezetben természetes úton termelődő ösztadiol hormon. Ezért, az ilyen endokrin rendszert károsító kémiai anyagok koncentrációját ösztadiol-ekvivalensben fejezik ki. Állítólag, rendkívül magas, 75 ng ösztadiol-ekvivalens értéket detektáltak a PET palackokba csomagolt természetes ásványvízben, jóllehet az ezért felelős anyagokat sohasem találták meg. A *Deutsche Bundesinstitut für Risikobewertung* (Német Szövetségi Kockázatértékelő Intézet) azonnal beszámolt az említett állításokról és arra a következtetésre jutott, hogy nem bizonyítja semmi sem azt, hogy az endokrin rendszert károsító kémiai anyagok a PET palackokból származtak volna. [4, 5]. Számos, ezt követő, olyan nemzeti monitoring laboratóriumok, mint például a Svájci Szövetségi Közegészségügyi Hivatal laboratóriuma (Swiss Federal Office of Public Health) által készített tanulmány sem tudta megerősíteni az ilyen kiugróan magas értékek jelenlétét és egyben nem talált semmilyen szignifikáns eltérést az üveg- illetve a PET palackokban tárolt víz között, vagy éppen a palackozott- és a csapvíz között [6,7]. A detektált koncentráció nagyságrendje, nevezetesen az 5 pg/liter természetes ásványvíz, körülbelül 15,000-szer alacsonyabb, mint az eredetileg jelentett érték (75 ng). Érdekes módon, még az eredeti magas értékről beszámoló jelentést publikáló munkacsoport sem tudta később igazolni ezt egy következő „follow-up” tanulmányában [8].

1999-ben, a FAO/WHO Élelmiszeripari Adalékokat vizsgáló Közös Szakértői Bizottsága (JECFA) az ösztadiolra vonatkozó napi elfogadható bevitelt (ADI) 0.05 µg / testsúly kg / nap értékben határozta meg, de mint állatgyógyászati készítmények vonatkozásában [10]. A fent említett expozíciós (kitettségi) forgatókönyv alapján, az 5 pg ösztadiol-ekvivalens határérték még mindig 100,000-szer alacsonyabb, mint az ajánlás.

A koncentrációkra vonatkozó háttér információk:

1 mg per liter	0.001 g per liter	részecske per millió (ppm)
1 µg per liter	0.000,001 g per liter	részecske per billió (ppb)
1 ng per liter	0.000,000,001 g per liter	részecske per trillió (ppt)
1 pg per liter	0.000,000,000,001 g per liter	részecske per kvadrillió (ppq)

PET palackok újrahasznosítása

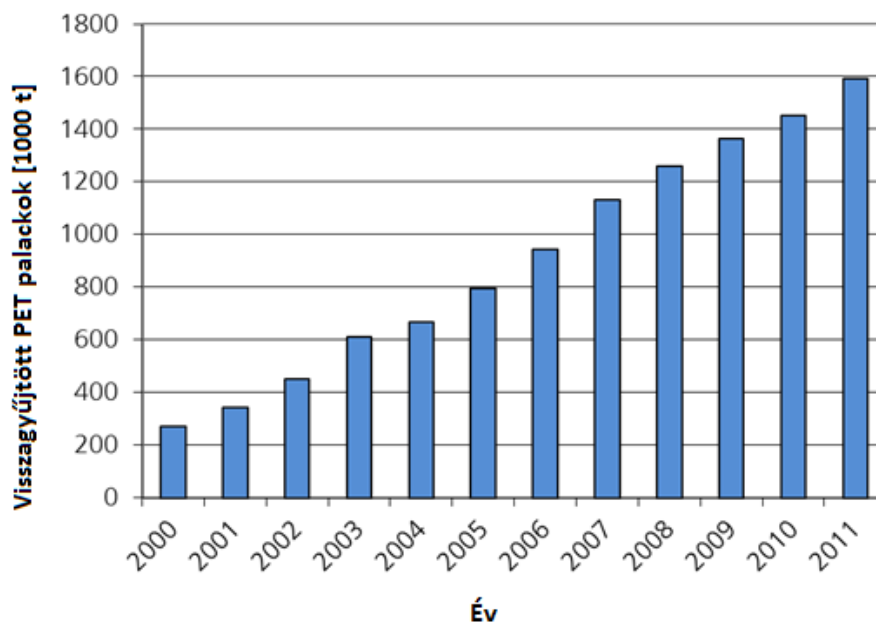
Szelektív palackgyűjtés

A PET könnyedén azonosítható az újrahasznosítási jelölés (1.sz. ábra) alapján. Az újrahasznosítás vonatkozásában a PET palackok minden szempontból egyfajta speciális esetet jelentenek. A PET palackok az összes csomagolási hulladék egy igen jelentős hányadát képviselik és egyben könnyen szortírozhatóak. Következésképpen nagymennyiségű használt („post consumer”) palack áll rendelkezésre és ez egyben gazdaságosan újrahasznosítható. Az elmúlt évek során, Európában, az újrahasznosításra visszagyűjtött palackok száma jelentősen emelkedett. 2011-ben mintegy 1.590.000 tonna használt PET palackot gyűjtöttek be és hasznosítottak újra Európa szerte (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** sz. ábra), ami a piacon megjelenő összes PET palack körülbelül 51%-át jelenti. Bizonyos országokban, mint például Németországban, Izlandon, Norvégiában és Svédországban, az újrahasznosított mennyiség az összes mintegy 90%-át tette ki. Ráadásul a PET 100%-ban újrahasznosítható és nagyjából olyan gyakran, ahogy csak szükséges, újra beolvasható és újrahasznosítható. A PET palackokat újrahasznosító iparág egy jól felépített üzletággá vált az elmúlt évek során. A használt PET palackok műszál és textil formájában vagy új PET palackokká alakítva hasznosíthatók újjá. Így, az újrahasznosítás révén, a PET egy zárt anyag-körforgás részét képezi, jelentősen csökkentve ezáltal azon értékes természeti erőforrások effektív kiaknázását, mint például a nyersolaj.



1.sz. ábra: PET újrahasznosítási jel

Szelektíven gyűjtött PET palackok (1000 t)



4.sz. ábra: Az Európában szelektíven gyűjtött, használt PET palackok mennyiségének a növekedése (Forrás: PETCORE)

Hogyan működik a PET újrahasznosítás

Az újrahasznosítási folyamat első lépései a címkék és kupakok eltávolítása, majd a PET palackok felaprítása. Egy intenzív mosási fázist követően a PET reciklátum ismét felhasználható olyan magas minőségű termékek nyersanyagaként, mint például a polár pulóverek, hálósákok és szigetelő anyagok. Az utóbbi időkben, az újrahasznosítási eljárások folyamatos tökéletesítése olyan magas minőségű PET reciklátumokat eredményezett, hogy azok felhasználhatók új PET palackok gyártásához. [11]. Így a használt PET palackokból új PET palackok válnak. Ez azonban egy ún. „szuper tiszta” újrahasznosítási folyamatot követel meg, egy olyan folyamatot, melynek még el kell nyernie az EFSA (Európai Élelmiszer Biztonsági Hatóság) teljes jóváhagyását. Csak azon újrahasznosítással foglalkozó vállalatoknak engedélyezett a „szuper tiszta” reciklátumok gyártása - melyek a vizsgálatok alkalmával nem különbözhetnek az eredeti PET-től -, mely vállalatok hatékony fertőtlenítési (dekontaminációs) folyamatot és megfelelő minőségbiztosítási eljárást alkalmaznak. Így a reciklátumokból készült PET palackok ugyanolyan jók és „biztonságosak”, mint az eredeti PET-ből gyártott palackok. Jelenleg a reciklátumok mintegy 50%-ából készül új PET palack. Technikailag, teljes mértékben kivitelezhető, hogy a reciklátumok 100%-át használják fel PET palackok gyártására.

Irodalomjegyzék

- [1] L. M. Nijssen, C. A. van Ingen-Visscher, J. J. H. Donders, VCF (Volatile Compounds in Food) database, TNO, Zeist, The Netherlands, 2009. Available online <http://www.vcf-online.nl>
- [2] A. Störmer, R. Franz, F. Welle, New concepts for food law compliance testing of polyethylene terephthalate bottles, *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 2004, 100(2), 47-52
- [3] F. Welle, R. Franz, Migration of antimony from PET bottles into beverages: Determination of the activation energy of diffusion and migration modelling compared to literature data, *Food Additives and Contaminants*, 2011, 28(1), 115-126. Abstract available online <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19440049.2010.530296>
- [4] Hormonell wirkende Substanzen in Mineralwasser aus PET-Flaschen, Information Nr. 006/2009 des BfR vom 18. März 2009 zu einer Studie der Universität Frankfurt am Main. Available online (in German language) http://www.bfr.bund.de/cm/343/hormonell_wirkende_substanzen_in_mineralwasser_aus_pet_flaschen.pdf
- [5] M. Wagner, J. Oehlmann, Endocrine disruptors in bottled mineral water: total estrogenic burden and migration from plastic bottles, *Environmental Science and Pollution Research*, 2009, 16(3), 278-286.
- [6] B. J. Brüsweiler, P. Y. Kunz, Hormonaktive Substanzen in abgepacktem Mineralwasser? Schweizerisches Bundesamt für Gesundheit BAG Bulletin 14/11 2011. Available online (in German language) <http://www.bag.admin.ch>. English version: Congress Proceedings Endocrine Disruptors 2011, ISBN: 978-1-84735-623-9
- [7] K. Bopp, B. Kuch, M. Roth, Hormonelle Aktivität in natürlichen Mineralwässern? *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 2010, 106(7), 489-500 (in German language)
- [8] M. Wagner, J. Oehlmann, Endocrine disruptors in bottled mineral water: Estrogenic activity in the E-Screen, *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 2011, 127(1-2), 128-135.
- [9] Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA): Estra-1,3,5(10)-triene-3,17-beta-diol, CAS No. 50-28-2. Available online: <http://apps.who.int/ipsc/database/evaluations/chemical.aspx?chemID=1835>

[10] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Fifty-second meeting, Rome, 2-11 February 1999. Available online http://www.who.int/foodsafety/chem/jecfa/summaries/en/summary_52.pdf.

[11] F. Welle, Twenty years of PET bottle to bottle recycling – An overview, Resources, Conservation and Recycling, 2011, 55(11), 865-875. Abstract available online <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344911000656>

[További Információk](#)

ILSI Europe Report Series, Packaging Materials: 1. Polyethylene Terephthalate (PET) For Food Packaging Applications. Available online http://www.ilsi.org/Europe/Publications/R2000Pac_Mat1.pdf

R. Franz, F. Bayer, F. Welle, Guidance and criteria for safe recycling of post-consumer polyethylene terephthalate (PET) into new food packaging applications, EU Report 21155, ISBN 92-894-6776-2, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg August 2004, 26 pp. Available online http://www.ivv.fraunhofer.de/no_html/gf3_22.pdf