

寶特瓶回收再製技術之探討

張惠娟¹ 徐惠民² 林蘭砮¹ 鄭維智¹

¹食品藥物管理署食品組 ²財團法人塑膠工業技術發展中心

摘要

塑膠於食品容器具應用最廣泛的莫過於裝飲料的寶特瓶。重覆使用寶特瓶回收再製之回收料於世界各國已行之有年，其主要用途為製造再生纖維、填充料等，歐美各國亦可有條件使用於接觸食品之容器具或包裝。目前台灣依「食品器具容器包裝衛生標準」規定，塑膠回收材料不得使用於食品容器具及包裝之製作，但基於環保訴求及去除污染之回收技術許可下，塑膠廢棄物回收再利用為各界討論之議題。因此本篇探討廢棄寶特瓶之回收分類、再製流程、污染物偵測方法(即所謂擬似污染物測試或稱挑戰性測試)、歐美管理模式及安全疑慮等，供各界參考。

關鍵詞：PET回收再製、擬似污染物測試/挑戰試驗

前言

過去60年來塑膠使用量大幅增加，為供應龐大需求，有4%的原油供應塑膠原料提煉，外加3-4%的原油提供能源製造塑膠。塑膠質輕、耐用、價廉且於使用完後隨手可丟⁽¹⁾，是消費者喜愛使用塑膠製品的主因，也因此造就了垃圾的激增。在台灣，環保署自91年起，實施垃圾強制分類及擴大資源回收範圍，僅100年度回收廢棄塑膠容器總量就達19萬公噸，其中52.4%是聚乙烯對苯二甲酸酯(Polyethylene terephthalate, PET)材質，其次是聚丙烯(Polypropylene, PP)/聚乙烯(Polyethylene, PE)約佔42.1%⁽²⁾。

以PET為原料做成的塑膠容器，就是俗稱的「寶特瓶」。早期的PET聚酯是由對苯二甲酸(Terephthalic acid, TPA)與甲醇反應生成對苯二甲酸二甲酯(Dimethyl terephthalate, DMT)加上乙二醇(Ethylene glycol, EG)聚合反應生成。後來改以高純TPA、間苯二甲酸酯(Dimethyl isophthalate, DMI)、己二酸(Adipic acid, AA)與EG經酯化法大量生產。PET製造過程會產生乙醛(Acetaldehyde,

AA)，其氣味會影響包裝品質或產品口感，所以製程中會添加乙醛清除劑，使用量約為3-4%。另外可能添加之添加物還包括有紫外線安定劑、抗靜電劑、抗氧化劑及觸媒催化劑等。PET最初的用途是做為人造纖維、底片及磁帶等，在1976年才用於飲料瓶。廢棄寶特瓶回收後可抽絲做成紡織品、單絲(例如製作芭比娃娃的髮絲)、拉鍊的原料、板材(薄片)或是射出成型製成各種塑膠製品⁽³⁾。

在早期，消費者使用之後材質回收後再製成食品器具僅限於玻璃及金屬罐類，塑膠類因其聚合物對人類健康影響未知及污染物去除不易而不被考慮。隨著回收技術精進，寶特瓶回收後再製成寶特瓶(稱為bottle to bottle)的行動於歐美展開⁽⁴⁾。它訴求的是封閉式回收，將廢棄物來源單純化，降低未知污染物污染機率，例如可口可樂公司只回收可口可樂瓶，回收再製成新的可口可樂瓶。因此目前PET回收再製流程依目的不同可分為二個等級：一般回收(conventional recycling)及超淨回收(super-clean recycling)。當回收料將用於製造纖維或非接觸食品之物品時，只須一般回收

再製流程；若回收料預計用於接觸食品之食品容器或包裝時，就必須有超淨回收再製流程⁽⁵⁾。而此超淨回收再製流程是否可有效去除來自消費後之污染物，須靠擬似污染物測試或稱挑戰測試(surrogate test/challenge test)來評估污染物去除之情況。

但即使有測試方法，仍有污染物未去除完全的疑慮，因此回收塑料於國際間採單層(monolayer)或多層(mutli-layer)方式應用於接觸食品之食品容器或包裝。單層指回收塑料會直接接觸食品，多層指回收塑料位於夾層或外層，不會直接接觸食品，以防止未知污染物自回收塑料遷移至食品中⁽⁶⁾。塑膠廢棄物回收使用期望能降低原油的消耗量、二氧化碳排放量及減少土地用於垃圾掩埋之污染⁽¹⁾。因此，其回收再利用被廣泛討論，包括是否應用於食品接觸材質。以下將介紹廢棄寶特瓶之回收、再製、污染物監測方法、歐美管理模式及安全疑慮等。寶特瓶之回收、再製、污染物監測方法、歐美管理模式等資料來源包括美國食品藥物管理局(Food and Drug Administration, FDA)、歐盟食品安全局(European food safety Authority, EFSA)所公布之資料；安全疑慮及其餘資料收集自美國國家醫學圖書館的美國國家生技資訊中心(NCBI)所製作的生物醫學相關文獻的書目索引摘要資料庫PubMed。

PET之回收與分類

路旁回收(curbside collection)

路旁回收係指PET瓶會與其他材質容器一起回收，不論其用途是否為食品容器，例如環保回收車或回收垃圾桶集中收集後送至回收場⁽⁴⁾。國內的回收業者於回收廢棄物時，僅針對金屬、塑膠或紙類等主要廢棄物進行初步的分類，並未細分材質，且無清洗程序。但在台灣有一較特別的宗教團體回收體系，隸屬此體系的回收環保志工超過七萬名以上，其回收站超過4,500個據點，協助國內資源回收量從不到3%增長至當前的38.6%。以回收塑膠容器為例，環保志工首先會依照容器的顏色進行第一階段的分類，經分類後

的色瓶由環保志工逐一除去瓶蓋、瓶蓋緣與外包裝標籤，並進行清洗流程後依照容器之產品類型進行分類。

回收金/退費機制(deposit/refund programs)

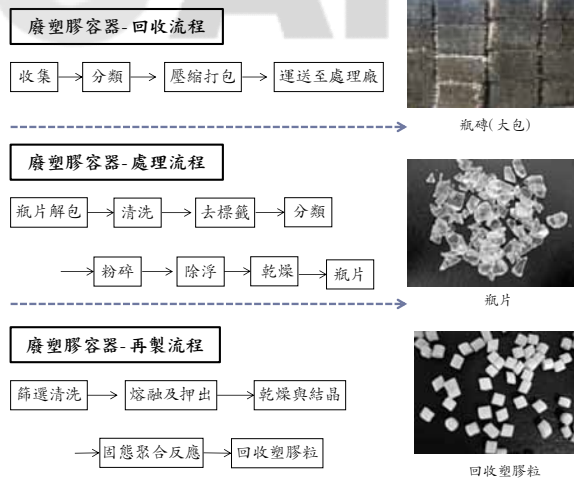
消費者攜帶空瓶回銷售店家後可取得回收金，由此機制回收之空瓶較能確保來源皆為飲料瓶。台灣在99年之前有此機制，但目前寶特瓶回收金已取消。

PET再製

寶特瓶回收後再製的方法分為物理(機械)法及化學(解聚)法兩類。物理(機械)法是把回收後清潔乾淨的塑膠容器切成碎片，以單(雙)螺桿擠出的方式進行回收塑料顆粒的再製流程；化學法製程則是把回收的塑膠容器切成碎片後，以化學方式解聚成單體狀態，此單體可再重新聚合製成塑膠。但由於台灣各類產品之塑膠廢棄物有量少多樣的現象，考量回收之處理成本及效益，幾乎所有的回收方式都以物理(機械)法進行回收再製處理，故以下介紹內容屬物理(機械)法。

回收場將收集來的廢棄容器壓縮打包成瓶磚，供後續處理廠使用。處理廠會先以一般回收方式處理，首先是解包瓶磚，以蒸氣清洗廢棄瓶；經人工依材質分類，儘量去除標籤及雜物後，用機械將廢棄瓶切碎成瓶片，再用水浸泡清洗瓶片並浮除，於脫水後回收瓶片(圖一)。瓶片可直接運往下游的再生工廠或紡織廠，熔融後進行抽絲及紡織等再生製品的生產。PET的粉碎過程通常是獨立的一條生產線，若與其他材質混合則於後端抽絲或抽聚酯棉時，會發生斷絲而造成絲質降低。瓶片亦可再製成回收塑膠粒，經射出成型或壓模等過程後製成各式塑膠產品。

若回收塑膠粒預計使用於接觸食品的器具，則瓶片需超淨回收再製系統進一步處理，目前國際上不同公司有不同的再製系統，例如以VACUREMA Prime技術為基礎的LuxPET(盧森堡)、Jayplas(英國)、PolyQuest(德國)及CIER(義大利)；以Starlinger IV+技術為基礎的Preformia(芬蘭)、STF(德國)、MPTS(波蘭)、PET to PET



圖一、PET容器回收再製處理程序

(澳大利亞)、Eco Plastic (英國)、BTB (德國)、PRT (澳大利亞)、Valplastic (義大利)、Fellinger B (澳大利亞)及BariQ (德國)；以Buhler C技術為基礎的Buhler AG (瑞士)及FENC (台灣)；PETUK SSP (英國)、RPET Nosinyec1 (西班牙)、recoSTAR PET-FG (澳大利亞)等⁽⁷⁻¹³⁾，以Buhler C系統⁽¹²⁾為例，主要包括四個步驟：

步驟1 篩選清洗：經一般回收處理之PET瓶片，需再分類去除非PET材質物，如金屬、紙張或他種材質塑膠等，以洗劑、冷熱水交替清洗等步驟洗淨後乾燥之，作為後段污染物去除製程使用。

步驟2 熔融及押出：將乾燥後的瓶片導入單(雙)螺桿壓出機儲存槽中攪拌混合，先在高溫下數秒並伴隨抽氣系統，可去除瓶片中的濕氣及高揮發性污染物。再用更高溫度使瓶片熔融後經濾網壓出，同樣運作抽氣系統，去除低揮發性污染物。而各家壓出機中的濾網技術，可濾除雜質如紙屑或因加熱而產生的裂解殘留物等。壓出之塑料會送進冷卻系統再顆粒化。

步驟3 乾燥與結晶：壓出後的顆粒化塑料於高溫下進行乾燥與結晶，以避免顆粒塑料互相沾黏，同時可去除塑料中的乙醛及其他揮發性污染物。

步驟4 固態聚合反應：結晶後之塑膠粒輸送至固態高分子反應器中，給予氮氣，於高溫下進行縮合反應，視需求設定溫度及滯留時間，使深層污染物去除，最後進行冷卻，產出PET回收塑膠粒。

使用物理法再製成的塑膠回收料顆粒，並不需要添加太多額外的添加劑來改善其物性或外觀；但PET經過多次熔融程序後會使材料的分子量與黏度大幅降低，產生無法吹瓶與黃化等問題。於是回收處理廠會在再製過程中加入抑制結晶的添加劑與特殊顏色抑制成份，用以調整回收料的黏度與色澤，而這些添加劑如用於食品器具容器包裝上是否會有遷移至食品而對消費者造成健康方面的傷害等疑慮，目前尚無法確定。

擬似污染物測試或稱挑戰測試

因不確定廢棄塑膠容器如何受到消費者誤用或濫用(例如殺蟲劑或是汽車用化學試劑的殘留)，歐美各國於是建議以模擬消費者誤用的方式，使瓶片暴露在定量的擬似污染物(surrogate)下，將此被污染的瓶片進行超淨流程再製後生成塑膠粒，用遷移試驗分析此塑膠粒上的擬似污染物殘留濃度，計算此超淨流程的清除率，藉以評估經此流程之回收塑料是否適用於食品接觸之材料。

美國食品藥物管理局建議回收業者使用各類化學物品與實際物品，以模擬消費者的誤用情形，特別針對消費者「經常」可接觸到的物質之種類做為推薦之擬似污染物，其範圍包含了極性揮發性有機物質、非極性揮發性有機物質、非揮發性有機物質、非極性非揮發性有機物質以及重金屬鹽類(表一)⁽¹⁴⁾。表一中物質即為FDA所建議之擬似污染物，其中各類型物以一項擬似物進行測試即可。例如極性及非極性揮發性有機物質中，三氯甲烷(chloroform)和甲苯(toluene)為清潔用溶劑之代表物；極性非揮發性的殺蟲劑之擬似物常選二苯酮(benzophenone)；非極性非揮發性有機物質中的二十四烷(tetracosane)為長鏈碳氫化合物，是機油組成成份的極佳代表物質；而二乙基己酸銅則是除草劑裡常見毒性重金屬鹽的擬似

表一、美國FDA建議可使用之擬似污染物⁽¹⁴⁾

極性揮發性(Volatile Polar)	非揮發性極性(Non-Volatile Polar)
三氯甲烷(Chloroform)	二苯酮(Benzophenone)
氯苯(Chlorobenzene)	水楊酸甲酯(Methyl salicylate)
1,1,1-三氯乙烷(1,1,1-Trichloroethane)	
二乙基甲酮(Diethyl ketone)	
	非極性非揮發性(Non-Volatile Non-Polar)
非極性揮發性(Volatile Non-Polar)	二十四烷(Tetracosane)
甲苯(Toluene)	靈丹(Lindane)
	硬脂酸甲酯(Methyl stearate)
	苯基環己烷(Phenylcyclohexane)
重金屬 Heavy Metal	1-苯基癸烷(1-Phenyldecane)
二乙基己酸銅 (Copper(II), 2-ethylhexanoate)	2,4,6-三氯苯甲醚(2,4,6-Trichloroanisole)

物品之一，測試這些選出的擬似污染物即可完成上述所提的測試範圍。但考慮其兩兩之間的交互作用，當混合時有建議比例。

選定擬似污染物後，以高、中、低三個劑量使其與約55公斤PET瓶片浸泡接觸⁽¹⁵⁾，其溫度控制在40 °C浸泡14天(相當於25 °C浸泡365天的轉移速率)，污染的瓶片接著進行超淨流程再製後生成塑膠粒，用遷移試驗分析此塑膠粒上的擬似污染物殘留濃度，因此於瓶片浸泡擬似污染物的前中後流程皆採集樣本，則可知每個流程的清除率；再依各擬似污染物分子量大小，將殘留濃度進行模擬計算，可得知有多少濃度擬似污染物會遷移至食物中。於美國的企業指引⁽¹⁴⁾指出，食物中污染物的量(dietary concentration)若不超過0.5 ppb，則此污染物由回收塑料轉移至食物之風險可被忽略。

歐盟則建議依據年齡不同則食物中污染物的容許量不同，嬰兒、青少年及成年人分別為0.1、0.15及0.75微克/每公斤食物⁽¹⁶⁾。以此數值為基準，可推算出每個擬似污染物可存在於塑料中的量(modeled concentration, Cmod)；另歐洲曾收集將近萬個廢棄寶特瓶，偵測其中污染物含量平均約2.9毫克/公斤PET⁽⁶⁾，因此假設每批回收塑料約含3毫克/公斤污染物，此3毫克污染物經上述超淨流程，再經清除率計算後可知其殘留量(residual concentration, Cres)，若殘留量Cres可小於理論上

可存在的值Cmod，則表示經此超淨流程處理後，理論上污染物的殘留量可符合標準。

歐美管理模式

一、美國

美國FDA對意圖使用在食物接觸材質之回收塑料，採個別製程審核的方式進行。而其化學考量重點則以企業指引方式公布，1992年之版本已於2006年更新⁽¹⁴⁾，內容說明若回收塑料將當做食品接觸材質時，其化學污染物之評估方法(如前文所述)及應注意事項，包括：

- (一)回收料需符合新原料之標準，法規參考21 CFR 174-179。
- (二)說明安全考量點:建議食物中污染物的容許量由1 ppb降至0.5 ppb，則此污染物由回收塑料轉移至食物之風險可被忽略。
- (三)回收及再製流程的完整描述(包含回收塑膠的來源說明)
 - 定義回收塑料種類
 1. 初級回收料：於食品容器具製造過程中的下腳料，消費者未曾接觸。
 2. 二級回收料：以物理(機械)方式再製之回收料，消費者使用後丟棄之食品或非食品容器。
 3. 三級回收料：以化學法再製之回收料。
- (四)描述擬似污染物試驗詳細步驟及結果。

(五)當二級及三級回收料來源包含非食品器具，則此回收料被當做食品接觸材質時，需以新材料質隔開此種二級及三級回收料。建議當產品使用於室溫下時，新原料塑膠層之厚度須 $\geq 25 \mu\text{m}$ ；當產品預計使用於較高溫時則須 $\geq 50 \mu\text{m}$ ；而當此產品可能接觸 150°C 以上食物達30分鐘時，只能使用新原料製造。

(六)於歷年實驗結果皆未見重金屬之殘留危害，建議可刪除此重金屬類擬似污染物之試驗。

二、歐盟

歐盟食品安全局(EFSA)對於食品接觸材質有許多法規，如EC no. 1935/2004法規中列出各種可能與食品接觸之材質，這些材質需符合第三章所提之特性，不會危害人類健康；不會使食物組成發生未預期變化或導致食物組織特性變壞。於此法規中同時規定必須正確標示材料應用情形，不可誤導消費者；並建立材料追溯系統(traceability)。而EC no. 2023/2006法規則規範這些材質於製造食品接觸物品過程須符合良好作業規範(Good Manufacturing Practice, GMP)。另歐盟法規(EU) No. 10/2011(取代原2002/72/EC)正面表列所有用於食品接觸之塑膠原料須符合標準，包括多層應用、多種材質多層應用、蓋子墊片及瓶栓等。但不包括黏著劑、打印墨水、離子交換用樹脂、橡膠及矽膠等。歐盟於2008年才以指引方式⁽¹⁷⁾，說明當塑膠回收料預計使用於食品接觸時，

EFSA審核其製程安全性之要點：

- (一)只審核物理方式再製回收的流程。
- (二)回收塑料種類及過程須符合EC no. 282/2008法規:回收塑料材質須符合EU No. 10/2011食品接觸材質之標準，回收再製流程需符合GMP，若回收料之回收再製是用化學解聚方式回收、符合EU No. 10/2011的原料於於製造過程的下腳料重覆利用或原使用於食品器具夾層或外層之回收料則不受此法規範。
- (三)申請文件內容包含三個部分：第一部分以文章型式描述包括純度、遷移試驗結果、未來使用條件、追溯追蹤資料及標示等，並依安全評估試驗結果先行評論，再敘述回收料未來應用方法。第二部分描述公司詳細資料、聯絡人、申請日期等。第三部分為技術性文件，須說明廢棄塑膠來源、回收再製詳細流程、擬似污染物測試詳細流程及結果評估方法及回收料本身的物理化學特性等。

安全疑慮

- 一、2012年Cristina⁽¹⁸⁾等人收集文獻資料，列出PET寶特瓶瓶裝水中曾經檢測過的許多物質(表二)，有些物質於歐盟法規(EU) No. 10/2011依毒性試驗，訂有遷移限值(specific migration limits, SML)，有些沒有；例如propanal, butanal, acetone於法規中可使用但沒有SML；此類沒有SML者統一限值為60 mg/ml。另有些不建議使用於PET食品接觸材質

表二、PET瓶裝水中可能遷移出之物質⁽¹⁹⁾

化合物種類	化合物名稱
PET單聚體及寡聚體 (PET monomers and oligomers)	EG, IPA, TPA
金屬 (Metals)	Sb, Co, Cr, Fe, Mn
羰基化合物 (Carbonyl compounds)	formaldehyde, acetaldehyde, propanal, butanal, nonanal, glyoxal, methylglyoxal, acetone
塑化劑 (Plasticizers)	Phthalates (DMP, DEP, DBP, DiBP, BBP, DEHP, DHP, DOP), adipates, DEHA
抗氧化劑 (Antioxidants)	Alkylphenols (NP, OP, TNPP, APEOs), BHT
紫外線安定劑 (UV stabilizer)	Benzotriazoles (Tinuvin, Tinuvin P)
潤滑劑 (Lubricants)	erucamide, oleamide

的物質，如phthalates這類塑化劑，其依然可在瓶裝水中被檢測出，不過不能排除是製造系統溶出或其他可能。而這些溶出物的量隨貯存溫度、時間及內容物pH值等不同，偵測到的量就不同，以正確方式使用理應無虞，但存在誤用、濫用風險。另以上物質的安全評估是以單一物質進行毒性試驗，若這些物質兩兩間有交互作用則其安全性仍有風險。

- 二、在工業級廢棄塑膠物中，其製造程序中大多會添加許多額外的添加物，以達到減少新料使用量、降低成本、減少變形、增加對熱的抵抗、增加耐衝擊的強度及產生其他必要的性質等訴求，因此，在工業級塑膠製程中常見的添加物包含了填充料、加強劑、難燃劑、熱安定劑、抗靜電劑、著色劑、潤滑劑、可塑劑與紫外線安定劑等。這些添加物因原不預計會接觸食品，所以未經毒性試驗評估，而回收後若使用於食品容器具則其風險難料。
- 三、雖然歐美已進行寶特瓶回收後應用於食品容器具多年，但仍有許多無法去除的疑慮，如擬似污染物測試結果可否代表污染物去除？因進行此試驗時是小量測試，將擬似污染物混合均勻較容易，但真的生產線上是否真能將污染物均勻散布，達到稀釋效果未知，且選出之擬似污染物之特性是否可代表未知污染物也無從得知。另以後市場稽查角度看，若限定再生塑膠材料或物品皆不得與食品有直接接觸，只能用於夾層或外層時，目前並無檢驗方法可區分新料與回收料，如此書面審查會流於形式而無實質管控效果。這些疑慮仍有待技術層面的解決。

結 論

基本上資源回收再利用是值得鼓勵的，但回收過程或回收產物會造成環境污染或危害人類健康則有失其回收意義。就PET而言，其廢棄物不易分解，即使埋入土中百年依然如故，是回收再利用的好標的，若回收再製過程可解決上述安全疑慮，則其再利用的品項可擴充至食品接觸材質

也無不可。但以環保的角度思考應有其他方案，例如減少其使用量或發展其它生物可分解之PET材質，應會更有利於環境之保護。

參考資料

1. Hopewell, J., Dovrak, R. and Kosior, E. 2009. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 364: 2115-2126.
2. 行政院環保署。各材質稽核認證回收量統計表 (2011)。[<http://www.epa.gov.tw/ch/DocList.aspx?unit=24&clsone=501&clstwo=182&clsthree=285&busin=4177&path=5782>]。
3. 行政院環保署。塑膠材質回收辨識碼。[<http://recycle.epa.gov.tw/other/can1.html>]。
4. Frank, W. 2011. Twenty years of PET bottle to bottle recycling-An overview. *Resources, Conservation and Recycling* 55: 865-875.
5. Franz, R. 2002. Programme on the recyclability of food-packaging materials with respect to food safety considerations: polyethylene terephthalate (PET), paper and board, and plastics covered by functional barriers. *Food Additives and Contaminants* 19 (suppl.): 93-110.
6. Franz, R., Bayer, F. and Welle, F. 2004. Guidance and criteria for safe recycling of post-consumer polyethylene terephthalate (PET) into new food packaging applications. Report EUR 21155 - Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities ISBN 92-894-6776-2.
7. European Food Safety Authority (EFSA). 2012. Scientific opinion on the safety evaluation of the process“PETUK SSP” for production of recycled post-consumer PET for use in food contact materials1 *EFSA Journal.* 10: 2826.
8. European Food Safety Authority (EFSA). 2012. Scientific opinion on the safety evaluation of the following processes based on VACUREMA Prime® technology used to recycle post-consumer PET into food contact materials1“Lux PET”, “Jayplas”, “PolyQuest” and “CIER”. *EFSA Journal.* 10:

- 2827.
9. European Food Safety Authority (EFSA). 2012. Scientific opinion on the safety evaluation of the following processes based on Starlinger IV+ ® technology used to recycle post-consumer PET into food contact materials1“Preformia, STF, MPTS, PET to PET and Eco Plastic”. EFSA Journal. 10: 2828.
 10. European Food Safety Authority (EFSA). 2012. Scientific opinion on the safety evaluation of the following processes based on Starlinger IV+ ® technology used to recycle post-consumer PET into food contact materials1“BTB”, “PRT”, “Valplastic”, “Fellinger B” and “BariQ”. EFSA Journal. 10: 2979.
 11. European Food Safety Authority (EFSA). 2012. Scientific opinion on the safety evaluation of the process “RPET Nosinyec”, used to recycle post-consumer PET into food contact materials1. EFSA Journal 10: 2980.
 12. European Food Safety Authority (EFSA). 2012. Scientific opinion on the safety evaluation of the following processes based on BUHLER C technology used to recycle post-consumer PET into food contact materials1“Buhler C” and “FENC”. EFSA Journal. 10: 2981.
 13. European Food Safety Authority (EFSA). 2012. Scientific opinion on the safety evaluation of the process “PRT (recoSTAR PET-FG)” used to recycle post-consumer PET into food contact materials1. EFSA Journal. 10: 2982.
 14. FDA. 2006. Guidance for industry: use of recycled plastics in food packaging: Chemistry considerations. US Food and Drug Administration, US Department of Health and Human Services, Center for Food Safety and Applied Nutrition.
 15. Franz, R. and Welle, F. 2002. Recycled poly(ethylene terephthalate) for direct food contact applications: challenge test of an inline recycling process. Food Additives and Contaminants. 19: 502-511.
 16. European Food Safety Authority (EFSA). 2011. Scientific opinion on the criteria to be used for safety evaluation of a mechanical recycling process to produce recycled PET intended to be used for manufacture of materials and articles in contact with food. EFSA Journal. 9: 2184.
 17. European Food Safety Authority (EFSA). 2008. Guidelines on submission of a dossier for safety evaluation by the EFSA of a recycling process to produce recycled plastics intended to be used for manufacture of materials and articles in contact with food.
 18. 行政院環保署資源回收管理基金管理委員會。廢容器類/廢容器回收處理流程。[<http://recycle.epa.gov.tw/Recycle/index2.aspx>]。
 19. Bach, C., Dauchy, X., Chagnon, M.C., and Etienne S. 2012. Chemical compounds and toxicological assessments of drinking water stored in polyethylene terephthalate (PET) bottles: A source of controversy reviewed. Water Research. 46: 571-583.



PET Bottle Recycling Technology

HUI-CHUAN CHANG¹, HUI-MIN HSU², LAN-CHI LIN¹ AND
WEI-CHIH CHENG¹

Division of Food Safety, FDA¹,
Plastics Industry Development Center²

ABSTRACT

More beverage bottles are made from PET as the most used plastic food container. Recycled material of PET bottles has been used in the world for many years, and its main usage is the manufacture of artificial fibers, fillers, etc. Europe and the United States also permit conditional use as containers or packaging in contact with food. At present, according to the Taiwan “Food Utensil Containers and Packaging Hygiene Standards” requirement, recycled plastic material shall not be used for the manufacture of food containers and packaging, but as the demands of environmental protection and recycling technology permits, waste plastic recycling is in extensive discussion. Hence, we reviewed the recycling technology, pollutants detection methods (surrogates test/ challenge test), management regulations in Europe and US, and the safety consideration in this article.

Key words: PET recycling technology, surrogates test / challenge test