

食品器具容器包裝中內分泌干擾物質雙酚A之溶出量調查

張美華 顏維良 鄒嘉珊 曾素香 高雅敏 關麗卿 羅吉方

研究檢驗組

摘要

雙酚A (bisphenol A, BPA)為內分泌干擾物質(endocrine disruptor)，用途為聚碳酸酯類(polycarbonate, PC)塑膠之單體或作為塑膠製品之添加物，此類食品包裝容器可能溶出雙酚A，產生健康疑慮。本研究之檢體，係於99年3至10月間，前往臺北市及新北市抽購各類塑膠包裝容器，共抽得檢體100件，塑膠材質鑑定係採用傅立葉轉換紅外線光譜儀(FT-IR)進行試驗，容器之溶出試驗，則依衛生署公告之6種溶出條件，分別為水(60°C，30分鐘及95°C，30分鐘)、4%醋酸溶液(60°C，30分鐘及95°C，30分鐘)、20%乙醇溶液(60°C，30分鐘)及正庚烷(25°C，1小時)。取溶出液以HPLC分析，使用Inertsil ODS-2層析管柱，以乙腈及水為移動相溶液進行梯度沖提，應用螢光檢測器偵測，激發波長275 nm，放射波長304 nm，並以超高效液相層析串聯質譜進行雙酚A之確認。雙酚A溶液於2-40 ng/mL呈良好線性相關($R^2 = 0.9999$)；檢驗結果包括PC等11種各類塑膠材質100件檢體，6種溶出條件下雙酚A均未檢出(< 2 ppb)。

關鍵詞：雙酚A、內分泌干擾物、聚碳酸酯、溶出試驗、高效液相層析法

前言

雙酚A (bisphenol A, BPA)為全球重要的工業原料，主要用於合成聚碳酸酯(polycarbonate, PC)樹脂、環氧樹脂、或於乙烯基酯類樹脂、聚酯等塑膠之製程中作為添加物⁽¹⁾。PC材質具透明性、耐熱性、耐衝擊性、重量輕等特性，用途廣泛，日常生活使用之食品容器如嬰兒奶瓶、運動水瓶及餐具、碗、盤、杯子等，多為PC製品。以雙酚A為原料之食品器具容器於美國⁽²⁾、歐盟⁽³⁾、日本⁽⁴⁾及臺灣⁽⁵⁾均被許可，其使用逾50年，依目前所蒐集之風險評估資料顯示，各國均一致認為雙酚A由食品器具、容器及包裝轉移至食品中所造成之人體暴露量，尚不致引起健康方面之危害，惟低含量之暴露對於嬰兒所造成之發育及生殖健康危害，必須進一步評估。

雙酚A結構類似雌激素，被確認為荷爾蒙干

擾物，美國環保署(USEPA)訂定雙酚A的參考劑量為0.05 mg/kg bw/day⁽⁶⁾，2005年vom Saal等人提出低劑量雙酚A動物試驗，會增加動物生殖及成長之負面影響⁽⁷⁾，2008年美國國家衛生研究院(NIH)之NTP program就雙酚A於「前列腺及腦部發育」及「胎兒、嬰幼兒及兒童行為發展影響」提出「有些擔心」觀點⁽⁸⁾。歐盟食品科學委員會訂定雙酚A的每日攝入容許量(tolerable daily intake, TDI)為0.01 mg/kg bw/day⁽⁹⁾，2006年歐盟食品安全局(the European Food Safety Authority, EFSA)重新啟動調查，提出雙酚A動物試驗及風險評估結果，確認雙酚A的NOAEL值仍維持5 mg/kg bw/day，並提高TDI為0.05 mg/kg bw/day⁽¹⁰⁾，2008年Lang等人提出尿液中雙酚A與心臟病及糖尿病之關聯性⁽¹¹⁾。2010年EFSA審查相關的研究，結論仍無法提供足夠之科學證據證明雙酚A具影響神經行為之毒性。雙酚A毒性研究持續進行

中。

目前國際間對於雙酚A溶出之管制，日本為雙酚A (含酚及對第三丁基苯酚)總溶出量不得高於2.5 ppm⁽¹²⁾。歐盟規定雙酚A於包材之特定溶出限量(SML)值為0.6 mg/kg⁽¹³⁾；嬰兒奶瓶之雙酚A溶出限量為30 ppb⁽¹⁴⁾。我國衛生署訂定聚碳酸酯類嬰兒奶瓶雙酚A溶出限量為30 ppb，奶瓶除外之聚碳酸酯類食品器具雙酚A溶出限量為0.6 ppm⁽⁵⁾。

雙酚A之檢驗方法經收集相關文獻可採液相層析配合紫外光檢出器^(1,15)、螢光檢出器^(1,16-17)或串聯質譜儀作檢測⁽¹⁸⁾，或以氣相層析質譜法檢測⁽¹⁹⁻²²⁾。本次研究檢體對象包括各類市售塑膠類食品包裝器具100件，因可能盛裝pH 5以上之食品、pH 5以下(含pH 5)之食品、酒類及油脂、脂肪性食品，故依據衛生署授食字第0981800401號公告⁽²³⁾雙酚A溶出條件為水(60℃，30分鐘；95℃，30分鐘)、4%醋酸溶液(60℃，30分鐘，95℃，30分鐘)、20%酒精溶液(60℃，30分鐘)及正庚烷(25℃，1小時)，檢驗方法採液相層析法配合螢光檢測器，檢驗結果作為衛生管理之參考。

材料與方法

一、檢體來源

本研究使用之檢體係99年3至10月間於臺北縣市超級市場、量販店及十元商品店所價購之各類食品器具包裝，包括保鮮盒16件、水壺20件、保鮮膜9件、杯子20件、保鮮袋6件、調味瓶13件、密封筒3件、免洗盤3件、免洗碗3件、手套2件及奶瓶5件，材質包括聚碳酸酯(PC)等11種材質，共計100件(表一)。

二、化學藥品

(一)對照標準品

雙酚A (bisphenol A, BPA) 購自日本東京化成公司(東京)，純度 $\geq 99\%$ 。

(二)溶劑

乙腈與正庚烷購自德國Merck公司

(Darmstadt)，純度為LC級。乙醇、醋酸及氨水購自德國Merck公司，純度為試藥特級。

三、裝置

(一)可攜式傅立葉轉換紅外線光譜分析儀(Portable Fourier transform infrared spectrometer): IdentifyIR[®]美國Smiths Detection公司。

(二)高效液相層析儀(High performance liquid chromatograph)：日本Hitachi產品，包括配有Hitachi organizer、DG2410除氣器、L-2130三相溶煤輸送系統(tertiary pump)、L-2200自動注射器(autosampler)、L-2480螢光檢出器。資料處理系統為EZChrom Elite 控制積分軟體。

(三)高效液相層析串聯質譜儀(Acquity UPLC 及Xevo TQ MS)：美國Waters公司(Milford, MA, USA)產品。資料處理系統為Target Lynx 控制積分軟體。

(四)吹氣式試管濃縮裝置：EYELA MG-2200，日本Tokyo Rikakikai公司(Tokyo, Japan)產品。

四、標準溶液之配製

精確稱取BPA標準品10 mg，以乙腈溶解並定容至100 mL，供作標準原液。使用時再以乙腈：水(1：1, v/v)溶液稀釋至2-40 ng/mL，供作標準溶液。

五、分析方法

(一)材質鑑別

剪取約1 cm見方之檢體大小，直接以傅立葉轉換紅外線光譜分析儀分析，並與資料庫比對，鑑別材質。

(二)雙酚A溶出之分析

溶出條件：參考衛生署公告食品器具、容器、包裝檢驗方法－塑膠類之檢驗⁽²³⁾，將檢體以水洗淨，涼乾後，以剪刀剪成2.5 × 2.5 cm²，作為溶出試驗用檢體，進行以下條件之溶出試驗。

浸出用溶劑	浸出條件	
	溫度(°C)	時間(min)
水	60	30
	95	30
4%醋酸溶液	60	30
	95	30
20%乙醇溶液	60	30
正庚烷	25	60

將溶出試驗用檢體置入附螺旋蓋之50 mL樣品瓶中，依上述條件，加入預先加熱至上述規定溫度之浸出用溶劑25 mL，置於上述規定溫度之烘箱或室溫中，並時時攪拌，經上述浸出條件之規定時間後，取出浸出液。

1. 水、4%醋酸及20%乙醇溶出液之調製

三者均直接濾膜過濾後，作為溶出液以供HPLC分析。

2. 正庚烷溶出液之調製

精確量取正庚烷浸出液1 mL置於試管中，以氮氣吹乾後加入50%乙腈水溶液1 mL，經濾膜過濾後，作為溶出液以供HPLC分析。

3. HPLC分析條件

a.層析管柱：Inertsil ODS-2 (25 cm × 4.6 mm i.d., 5 μm)，日本GL Sciences公司(Tokyo)產品。

b.移動相溶液：(A)乙腈，(B)水。

以下列梯度程式進行：

Time (min)	A (%)	B (%)
0	50	50
25	50	50
26	100	0
30	100	0

c.流速：1 mL/min。

d.注入量：20 μL。

e.螢光檢測器：激發波長275 nm，發射波長304 nm。

4. 標準曲線之製作

取依前述標準溶液之調製配成2、5、10、20及40 ng/mL濃度之標準溶液，精確量取標準溶液各20 μL，分別注入高效液相層析

儀，依上述HPLC條件進行分析，由波峰面積與濃度作圖，製作標準曲線。

5. 含量測定

精確量取標準溶液及上述溶出液各20 μL分別注入高效液相層析儀，就溶出液與標準溶液所得波峰之滯留時間比較鑑別之，並由標準曲線求得溶出液中雙酚A含量(ppb)。

6. 回收試驗

取正庚烷溶出液1 mL於玻璃試管中，添加1 μg/mL雙酚A標準溶液0.01 mL，每一添加量作三重複，同時作空白試驗，以氮氣吹乾後加入50%乙腈水溶液1 mL，經HPLC定量分析，由標準曲線計算濃度，可得雙酚A之回收率。

(三)液相層析串聯質譜法進行雙酚A確認
精確量取雙酚A標準溶液、水、4%醋酸溶液或20%乙醇溶液之溶出液各10 μL，分別注入UPLC/MS/MS，以下列條件進行分析，就溶出液與標準溶液所得波峰之滯留時間及多重反應偵測模式(multiple reaction monitoring, MRM)相對離子強度比鑑別之。

1. UPLC分析條件

a.層析管柱：Acquity UPLC® BEH C18，50 × 2.1 mm i.d., 1.7 μm，美國Waters公司(Milford, MA, USA)產品。

b.管柱溫度：40°C。

c.移動相溶液：(A) 0.05%氨水溶液，(B)乙腈。

以下列梯度程式進行：

Time (min)	A (%)	B (%)
0	90	10
3	30	70
3.1	5	95
4.5	5	95
4.6	90	10
6.0	90	10

d.流速：0.45 mL/min。

e.注入量：10 μL。

2. 質譜條件

表一、食品容器檢體之材質及分類件數

材質	分類	保鮮盒	水壺	保鮮膜	杯	保鮮袋	調味瓶	密封筒	免洗盤	免洗碗	手套	奶瓶	合計
聚丙烯(pp)		14	4		8			1	2	3			32
聚乙烯(PE)		1		6	2	5	6				2		22
聚碳酸酯(PC)		1	10		4								15
聚酯類			5		2	1	6	2					16
聚偏二氯乙烯(PVDC)				2									2
聚氯乙烯(PVC)				1									1
聚苯乙烯(PS)					4		1						5
丙烯腈-苯乙烯(AS)			1										1
聚醚砜樹脂(PES)												4	4
聚苯砜樹脂(PPSU)												1	1
聚乳酸(PLA)									1				1
合計		16	20	9	20	6	13	3	3	3	2	5	100

- 離子化模式：電灑離子化負離子(ESI⁻)。
- 毛細管電壓：3.0 KV。
- Cone voltage：34 V。
- Desolvation gas: Nitrogen 700 L/h。
- Desolvation temp: 500°C。
- Source temp: 120°C。
- Cone gas: Nitrogen 50 L/h。
- Acquisition: Multiple Reaction Monitoring (MRM)，偵測雙酚A之前驅離子 m/z 227 及產物離子 m/z 212、133。
- Collision Gas: Argon, 3.5×10^{-3} mBar。

結果與討論

一、檢體材質鑑別

本研究採樣之100件食品器具容器檢體，材質及分類件數如表一。保鮮盒、免洗碗、免洗杯及杯子材質以PP為主；水壺材質以PC居多，保鮮膜材質有PE、PVC及PVDC類；保鮮袋材質以PE為主；另聚醚砜樹脂(polyethersulfone, PES)及聚苯砜樹脂(polyphenylene sulfone, PPSU)材質奶瓶為所謂bisphenol A free奶瓶之替代材質；一併採購進行測試。

二、溶出試驗雙酚A之分析

(一)檢驗方法之選擇

分析雙酚A方法有液相層析儀搭配紫外光檢出器、螢光檢出器或氣相層析質譜法，本局88年嬰兒塑膠奶瓶之雙酚A調查⁽²²⁾、歐盟方法⁽¹⁴⁾及衛生署公告之聚碳酸酯塑膠類嬰兒奶瓶之檢驗⁽²⁴⁾均採液相層析/螢光檢出器法，乃因儀器設備普遍、分析簡易快速、靈敏度高，故本次調查採同樣檢驗方法，圖三為雙酚A經HPLC分析，採乙腈與水(1:1, v/v)為移動相溶液，以螢光檢測器激發波長275 nm，發射波長304 nm偵測之HPLC圖譜。圖一為雙酚A之標準曲線，其線性決定係數(R²)為0.9999，顯示雙酚A在2-40 ng/mL之濃度與波峰面積有良好之線性相關。

(二)正庚烷溶出液之添加回收試驗

檢體經四種模擬液所得之溶出液，除正庚烷溶出液外，其餘均可以直接HPLC分析，故正庚烷溶出液之測定方法必須探討。取正庚烷溶出液1 mL於玻璃試管中，添加1 µg/mL雙酚A標準溶液0.01 mL，每一添加量作三重複，同時作空白試驗，以氮氣吹乾後加入50%乙腈水溶液1 mL，經HPLC分析，可得雙酚A之回收率97.8%，變異係數為3.7%，顯示吹乾及轉溶並不會造成雙酚A定量之誤差。

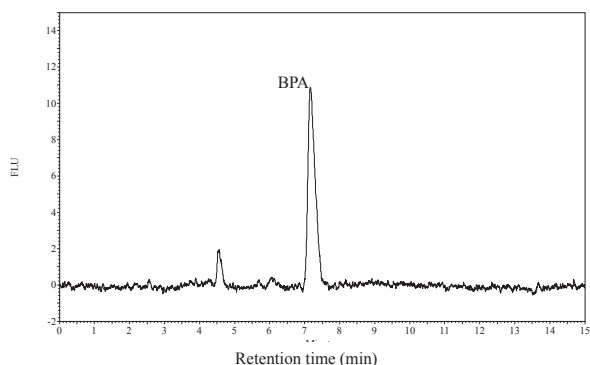
(三)檢出溶出液之確認

雙酚A標準品溶液於ESI⁻之離子化效果優於ESI⁺，其分析參數如表二。選擇雙酚A之前驅離子為m/z 227、定量離子m/z 212、定性離子m/z 133，定性離子與定量離子比約為39%，依據歐盟之鑑別標準⁽²⁵⁾，其相對離子強度之容許範圍為± 25%。2 ng/mL雙酚A標準品之水溶液與4%醋酸溶液層析圖如圖三、四，顯示雙酚A滯留時間受溶劑影響有稍為差異，分別為2.17及1.93 min，且雙酚A於4%醋酸溶液具較高靈敏度。

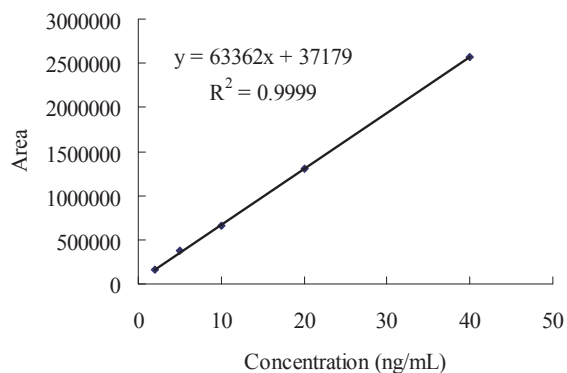
本計畫另以HPLC/MS/MS方法進行確認分

表二、雙酚A之偵測參數

Compound	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Cone voltage (V)	Collision energy (eV)
Bisphenol A	227	212	34	18
	227	133	34	24



圖一、雙酚A (BPA)標準品之HPLC圖譜(10 ng/mL)



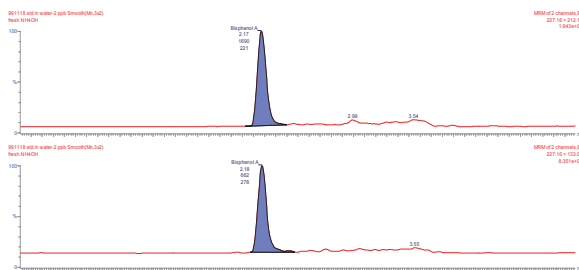
圖二、雙酚A標準曲線

析，為提高離子化效果及靈敏度，於移動相中添加氨水為修飾劑，以0.05%氨水：乙腈梯度溶液為移動相，移動相中氨水必須使用時配製，因氨水揮發會影響離子化效果而降低感度。

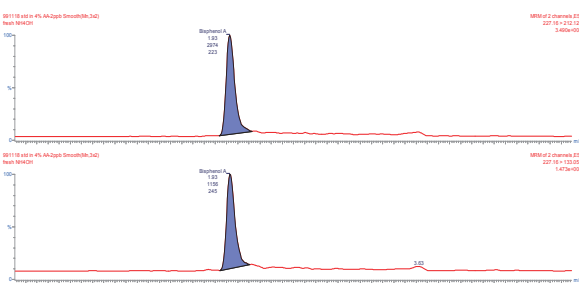
本研究使用Acquity UPLC[®] BEH C18, 50 × 2.1 mm i.d., 1.7 μm層析管柱，由於層析管柱顆粒及內徑均較小，可提高解析度，且流速低(0.45 mL/min)，節省移動相溶劑之消耗量，同時檢體分析時間僅需6 min，顯著提高分析速度。雙酚A之前驅離子為m/z 227、經氬氣碰撞產生之產物離子為m/z 212及133，雙酚A之前驅離子可得1.0個鑑別點數(identification points, IP)，每一個產物離子可得1.5個鑑別點數，符合歐盟法規2002/657/EC規範至少具4個鑑別點數之規定。

四)方法檢出限量

將雙酚A標準品溶液，依本實驗之方法進行測試，激發波長275 nm，放射波長304 nm，樣品注入量20 μL。以雙酚A標準物質之波峰面積與雜訊之比值(S/N ratio)大於3作為雙酚A之最低檢出限量，本方法之最低檢出限量為2 ppb。



圖三、雙酚A標準溶液之超高效液相層析質譜圖(2 ng/mL in water)



圖四、雙酚A標準溶液之超高效液相層析質譜圖(2 ng/mL in 4% acetic acid)

表三、文獻之雙酚A溶出試驗結果

	溶出液	溶出溫度	溶出時間	溶出結果	參考文獻
PC tableware 10 件	水	95°C	30 min	3 件 < 5 ppb ; 7 件未檢出	Kawamura, <i>et al.</i> (1998)
	20%酒精	60°C	30 min	2 件 < 2.5 ppb ; 8 件未檢出	
PC baby bottle 12 件	水	100°C	1 h	12 件新奶瓶 ; 平均 0.23 ppb	Brede <i>et al.</i> (2003)
PC baby bottle 11 件	10%酒精	70°C	8 h	1 件檢出 0.23 $\mu\text{g}/\text{in}^2$; 10 件未檢出	Leo <i>et al.</i> (2005)
	10%酒精	70°C	72 h	4 件檢出 0.10-0.27 $\mu\text{g}/\text{in}^2$; 7 件未檢出	
	10%酒精	70°C	240 h	8 件檢出 0.55-1.53 $\mu\text{g}/\text{in}^2$; 3 件未檢出	
	玉米油	100°C	8 h	2 件檢出 0.06-0.20 $\mu\text{g}/\text{in}^2$; 9 件未檢出	
	玉米油	100°C	72 h	4 件檢出 0.06-0.36 $\mu\text{g}/\text{in}^2$; 7 件未檢出	
	玉米油	100°C	240 h	5 件檢出 0.12-0.37 $\mu\text{g}/\text{in}^2$; 6 件未檢出	
PC baby bottle 31 件	水	Boiled water	45 min	2.4-14.3 ppb	Maragou <i>et al.</i> (2008)
PC baby bottle 18 件	水	Microwave heating to 100°C	cool	< 0.1-0.7 ppb	Ehlert <i>et al.</i> (2008)
PC baby bottle 12 件	水	40°C	8 h	0.11 ppb	Kubwabo <i>et al.</i> (2009)
	50%酒精	40°C	240 h	2.39 ppb	

三、塑膠類食品包裝容器製品中雙酚A溶出量之調查

(一)一般條件溶出

100件市售塑膠類食品包裝容器依食品器具、容器、包裝檢驗方法－塑膠類之檢驗⁽²³⁾方法操作，經HPLC定量分析，結果6種條件雙酚A溶出量均小於檢出限量2 ppb。

(二)重複溶出試驗

PC嬰兒奶瓶因可能溶出雙酚A遭抵制，廠商訴求PES或PPSU之奶瓶為"bisphenol A free"材質，選擇1件PC材質(編號93)之水杯檢體作對照，另以PES奶瓶(編號81)及PPSU奶瓶(編號82)進行重複溶出試驗，以水(95°C，30分鐘)條件重複溶出10次，每次分析其溶出量，並將其與雙酚A標準品之注入量提高至99 μL ，結果PC、PES及PPSU 3種材質檢體10次溶出雙酚A量，分別為未檢出~0.06 ppb、未檢出~0.06 ppb及未檢出~0.1 ppb，均低於0.1 ppb，結果顯示雙酚A溶出量未隨溶出次數增加而增加，結論與Ehlert等人⁽²²⁾調查結果符合。

(三)國內外相關研究結果

Kawamura等人⁽¹⁵⁾調查PC餐具於水(95°C，30 min)及20%酒精(60°C，30 min)條件其雙酚A溶出量，10件檢體中3件檢出，檢出量0.5-4.5 ppb；Brede等人⁽²¹⁾研究12件PC奶瓶於水(100°C，1小時)之雙酚A溶出量平均為0.23 ppb；Maragou等人⁽¹⁷⁾

研究31件PC奶瓶於水(100°C，45分鐘)之雙酚A溶出量為2.4-14.3 ppb；Ehlert等人⁽²²⁾研究18件PC奶瓶以微波加熱至100°C後冷卻，雙酚A溶出量為<0.1到0.7 ppb；Kubwabo等人⁽²⁰⁾調查12件PC奶瓶於水(40°C，8小時)及50%酒精(40°C，240小時)條件其雙酚A溶出量分別為0.11及2.39 ppb；Leo等人⁽¹⁶⁾以10%酒精(70°C，240小時)及玉米油(100°C，240小時)探討11件PC奶瓶雙酚A溶出量，檢出量為0.06-1.53 $\mu\text{g}/\text{in}^2$ ，換算約為5-120 ppb。

財團法人中華民國消費者文教基金會於99年8月發布塑膠製便當盒、水壺抽檢結果，其中4件PC材質水壺樣品，參照衛生署公告「食品器具、容器、包裝檢驗方法－聚碳酸酯塑膠類嬰兒奶瓶之檢驗」進行雙酚A溶出試驗，均符合嬰兒奶瓶雙酚A限量標準30 ppb；台北市政府衛生局於99年12月公布食品器具及容器品質安全性調查結果，其中8件「塑膠奶瓶」、2件「塑膠水壺」進行雙酚A檢驗，結果10件樣品雙酚A均未檢出；財團法人塑膠工業技術發展中心於塑膠類食品器具容器包裝衛生標準之研究計畫⁽²⁶⁾中分別探討PC、PES及PPSU三種材質各10件檢體雙酚A之溶出情形，結果PC材質水杯、奶瓶和水壺等檢體於20%酒精溶液(60°C，30 min)及正庚烷(25°C，1小時)溶出條件均未檢出，於水(95°C，30 min)及4%醋酸(60°C，30 min)之雙酚A溶出量為未檢出~14.0 ppb，不合格1件35.2 ppb係水杯檢體，PES材

質奶瓶於20%乙醇溶液(60°C, 30 min)及正庚烷(25°C, 1小時)溶出條件均未檢出, 於水(95°C, 30 min)及4%醋酸(60°C, 30 min)之雙酚A溶出量為未檢出~20.6 ppb, 不合格1件56.7 ppb, PPSU材質奶瓶於水(95°C, 30 min)及4%醋酸(60°C, 30min)之雙酚A溶出量為未檢出~3.0 ppb, 綜上調查結果塑膠器具或PC、PES、PPSU奶瓶於一般使用狀態雙酚A之溶出量絕大部分均低於PC類嬰兒奶瓶雙酚A限量30 ppb。

結 論

本研究以HPLC/FLD分析, 調查100件市售塑膠類食品包裝容器雙酚A溶出量, 並建立LC/MS/MS之確認方法。溶出條件包括水(60°C, 30分鐘及95°C, 30分鐘)、4%醋酸溶液(60°C, 30分鐘及95°C, 30分鐘)、20%乙醇溶液(60°C, 30分鐘)及正庚烷(25°C, 1小時), 係代表容器盛裝中性、酸性、酒精性及油脂性食品之不同溶出情形。檢驗結果100件檢體之雙酚A溶出量皆未檢出(小於檢出限量2 ppb), 均低於衛生署PC類嬰兒奶瓶30 ppb限量, 結果已提供有關單位衛生管理之參考, 並擬草擬PES類及PPSU類嬰兒奶瓶雙酚A公告檢驗方法及嬰兒奶瓶除外之聚碳酸酯類雙酚A公告檢驗方法。

參考文獻

1. Lopez-Cervantes, J. and Paseiro-Losada, P. 2003. Determination of bisphenol A in, and its migration from, PVC stretch film used for food packaging. *Food Addit. Contam.* 20(6): 596-606.
2. US-FDA. 2010. Polycarbonate Resins. Code of Federal Regulations Title 21, Volume 3. CITE: 21CFR177.1580 [http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm].
3. Directive 2002/72/EC. 2003. Relating to plastic materials and articles intending to come into contact with foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L39/1-42 13.2.2003.
4. Ministry of Health, Labour and Welfare. 2006. Specifications, Standards and Testing Methods for Foodstuffs, Implements, Containers and Packaging, Toys, Detergents. [http://www.jetro.go.jp/en/reports/regulations/pdf/testing2009dec-e.pdf].
5. 行政院衛生署。2010。食品器具容器包裝衛生標準。99.11.22衛署食字第0991303265號令。
6. US Environmental Protection Agency. 1982. Integrated risk information system of bisphenol A. [http://www.epa.gov/IRIS/subst/0356.htm].
7. vom Saal, F. S. and Hughes, C. 2005. An extensive new literature concerning low-dose effects of bisphenol A shows the need for a new risk assessment. *Environ. Health Perspect.* 113(8): 926-933.
8. National Toxicology Program U.S. Department of Health and Human Services. 2008. NTP-CERHR Monograph on the Potential Human Reproductive and Developmental Effects of Bisphenol A. [http://cerhr.niehs.nih.gov/evals/bisphenol/bisphenol.pdf].
9. European Commission Scientific Committee on food (EC SCF). 2002. Opinion of the Scientific Committee on Food on Bisphenol A. [http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out128_en.pdf].
10. European Food Safety Agency. 2006. Opinion of the scientific panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food on a request from the Commission related to 2,2-bis(4-hydroxyphenyl)propane (bisphenol A). *The EFSA Journal.* 428: 1-75.
11. Lang, I. A., Galloway, T. S., Scarlett, A., Henley, W. E., Depledge, M., Wallace, R. B. and Melzer, D. 2008. Association of urinary bisphenol A concentration with medical disorders and laboratory abnormalities in adults. *JAMA.* 300(11): 1303-1310.
12. Ministry of Health, Labour and Welfare. 2006. Specifications, and Standards for Foods, Food

- Additives, etc. Under the Food Sanitation Act. [http://www.jetro.go.jp/en/reports/regulations/pdf/foodext2008e_100929.pdf].
13. Commission of the European Communities. 2004. Directive 2004/19/EC amending Directive 2002/72/EC relating to plastics materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. Official Journal of the European Union. L 71/8. 10.3.2004.
 14. BS EN 14350-1,2. 2004. Child use and care articles-Drinking equipment.
 15. Kawamura, Y., Koyama, Y., Takeda, Y. and Yamada, T. 1998. Migration of bisphenol A from polycarbonate products. *J. Food Hyg. Soc. Japan* 39: 206-212.
 16. Leo, L. W., Wong, K. O. and Seah, H. L. 2005. Occurrence of residual bisphenol A and its migration levels in polycarbonate baby milk bottles. *Singapore J. Pri. Ind.* 32: 106-108.
 17. Maragou, N. C., Makri, A., Lampi, E. N., Thomaidis, N. S. and Koupparis, M. A. 2008. Migration of bisphenol A from polycarbonate baby bottles under real use conditions. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 25(3): 373-383.
 18. Yi, B., Kim, C. and Yang, M. 2010. Biological monitoring of bisphenol A with HPLC/FLD and HPLC/MS/MS assays. *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.* 878(27): 2606-2610.
 19. Kawamura, Y., Sano, H. and Yamada, T. 1999. Migration of bisphenol A from can coatings to drinks. *J. Food Hyg. Soc. Japan.* 40(2): 158-165.
 20. Kubwabo, C., Kosarac, I., Stewart, B., Gauthier, B. R., Lalonde, K. and Lalonde, P. J. 2009. Migration of bisphenol A from plastic baby bottles, baby bottle liners and reusable polycarbonate drinking bottles. *Food Addit. Contam.* 26(6): 928-937.
 21. Brede, C., Fieldal, P., Skjevrak, I. and Herikstad, H. 2003. Increased migration levels of bisphenol A from polycarbonate baby bottles after dishwashing, boiling and brushing. *Food Addit. Contam.* 20(7): 684-689.
 22. 高雅敏、廖梅英、黃春子、鄭秋真。2000。嬰兒塑膠奶瓶中丙二酚A (bisphenol A)殘留與溶出之探討及其衛生安全調查。計畫編號 DOH89-FD-2027。
 23. 行政院衛生署。2009。食品器具、容器、包裝檢驗方法－塑膠類之檢驗。98.10.13署授食字第0981800401號。
 24. 行政院衛生署。2010。食品器具、容器、包裝檢驗方法－聚碳酸酯塑膠類嬰兒奶瓶之檢驗。99.04.06署授食字第0991900983號。
 25. Commission Decision 2002/657/EC. 2002. Commission decision of 12 August 2002. Implementing Council Directive 96/23/EC concerning the performance of analytical methods and the interpretation of results.
 26. 陳明坤、鐘子惠。2009。塑膠類食品器具容器包裝衛生標準之研究計畫。行政院衛生署98年度委託研究計畫。計畫編號：98D2075。

Survey of Endocrine Disruptor Bisphenol A Leaching from Food Utensils, Containers and Packages

MEI-HUA CHANG, WEI-LIANG YAN, CHIA-SHAN TSOU, SU-HSIANG TSENG,
YA-MIN KAO, LIH-CHING CHIUEH AND CHI-FANG LO

Division of Research and Analysis

ABSTRACT

Bisphenol A (BPA) is an endocrine disruptor. It is used as monomer of plastic polycarbonate (PC) or additive in other plastic products. If bisphenol A released from daily necessities, such as baby bottles, sports water bottles and all kinds' food containers, would lead to health concerns. One hundred samples including various types of plastic containers were collected from March to October, 2010. Materials identification was conducted by Fourier transform infrared Spectroscopy. Six leaching conditions were applied according to the regulation announced by Department of Health, Executive Yuan. All the dissolutions were analyzed by HPLC on a column of Inertsil ODS-2, using acetonitrile : water (1 : 1, v/v) as mobile phase and monitored by fluorescence detector at Ex 275 nm and Em 304 nm. Bisphenol A standard in the range of 2-40 ng/mL showed a good correlation ($R^2 = 0.9999$). Bisphenol A migration was not detected, including 11 pieces of PC and other plastic materials under six leaching conditions (< 2 ppb).

Key words: bisphenol A, endocrine disruptor, polycarbonate, migration test, high performance liquid chromatography