

科技部補助

大專學生研究計畫研究成果報告

* ***** ***** *
* 計畫名稱：評估國人雙酚 A 每日暴露量與危害風險-以一般食品，
* 罐頭食品及飲用水多暴露途徑為主 *
* ***** ***** *

執行計畫學生：張文馨
學生計畫編號：MOST 106-2813-C-040-018-B
研究期間：106 年 07 月 01 日至 107 年 02 月 28 日止，計 8 個月
指導教授：陳詩潔

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2 年後可公開查詢

執行單位：中山醫學大學公共衛生學系（所）

中華民國 107 年 03 月 08 日

摘要

雙酚 A(Bisphenol A, BPA)為環境賀爾蒙之一，應用範圍相當廣泛與普遍，被用來製造聚碳酸酯(Polycarbonate, PC)塑料、環氧樹脂(epoxy resins)與其他聚合性材料，一般人主要透過飲食、化妝品、感熱紙與塵埃四種途徑暴露 BPA。BPA 會干擾人體的內分泌系統，並可能會導致心血管疾病、致癌風險與糖尿病的罹患率增加。本研究的目的在於探討國人多重途徑暴露 BPA，其暴露劑量的多寡以及對人體的危害風險，主要是以一般食物、罐頭食品及飲用水三項暴露途徑作探討。利用先前所統計出台灣一般民眾暴露參數彙編調查台灣地區成人攝取飲用水量，以及瓶裝水釋出 BPA 濃度值，和利用行政院衛生署國民健康局全國營養調查 24 小時飲食回憶資料並搭配問卷的調查，分析出人體對食物與罐頭的攝取量，計算人體每單位體重日平均攝入 BPA 的濃度，進而利用危害商數評估風險。研究結果顯示，人體會因為不同的暴露途徑而對 BPA 的日平均暴露劑量(ADD)有所差異，從一般食品、罐頭食品及飲用水三項暴露途徑經過比較後，人體從一般食品所暴露到的 ADD 最高，舉 19-30 歲男性、女性的 ADD 為例，計算結果顯示男性從一般食品、罐頭食品、瓶裝水、自來水分別暴露到 BPA 的濃度為 921.7、248.8、157.1、58.3 ng/kg/day 其中一般食品佔所有暴露途徑的 66.5%；而女性分別暴露到 BPA 的濃度為 841.4、151.2、167.7、62.2 ng/kg/day，一般食品佔所有暴露途徑的 68.8%。危害商數之計算，無論是從單一途徑或是所有途徑的總和，所有數值皆小於 1，指出經由上述三項暴露途徑暴露到 BPA 將不會有預期的危害風險。

關鍵字: BPA、多重暴露途徑、日平均暴露劑量、危害商數、危害風險

目錄

摘要	1
目錄	2
第一章、前言	3
1.1 研究動機	3
1.2 研究目的	3
第二章、文獻回顧	4
2.1 BPA 的性質與應用	4
2.2 健康危害	4
2.3 國外食物、罐頭及飲用水中 BPA 的相關研究	5
2.4 國內食物、罐頭中及飲用水 BPA 的相關研究	6
2.5 國民營養調查資料	7
2.6 BPA 相關法規	8
第三章、材料與方法	9
3.1 研究架構	9
3.2 多重暴露途徑攝食量及 BPA 濃度	9
3.2.1 一般食物攝食量及 BPA 濃度	10
3.2.2 罐頭攝食量及 BPA 濃度	11
3.2.3 飲用水攝取量及 BPA 濃度	12
3.3 每日平均暴露劑量及危害商數計算公式	13
第四章、結果與討論	14
4.1 各年齡層多重暴露途徑男性、女性 ADD 暴露濃度比較	14
4.1.1 各個年齡層男性、女性食物 ADD 暴露濃度比較	14
4.1.2 各個年齡層男性、女性罐頭 ADD 暴露濃度比較	14
4.1.3 成人飲用水男性、女性 ADD 暴露濃度比較	15
4.1.4 不同年齡層多重暴露途徑 ADD 暴露濃度比較與討論	15
4.1.5 各年齡層不同暴露途徑 ADD 盒須圖比較	17
4.2 不同年齡層多重暴露途徑危害商數(HQ)比較	19
第五章、結論與建議	20
5.1 研究結論	20
5.2 未來研究建議	20
參考文獻	21

第一章、前言

1.1 研究動機

飲食與我們的生活密不可分，加上現代餐飲文化日趨精緻、豐富，飲食安全便成為全球重視的問題。然而在這之中，作為塑膠原料之一的 BPA，被廣泛用於食品包裝上，目前已經證實塑膠製成的寶特瓶會釋出 BPA 於飲用水中(Shao et al. 2005；陳慧儀，2011)，也已證實加熱過程中 BPA 會於罐頭和食品包裝材料釋出至食物中(Munguia-Lopez et al., 2005；Lopez-Cervantes and Paseiro-Losada, 2003)。

林(2012)研究中發現，成人每日經由食物攝取到 BPA 平均含量為 25.88 ± 22.1 $\mu\text{g}/\text{day}$ ，台灣藉由食物與罐頭的攝取暴露 BPA 濃度為 33.58 $\mu\text{g}/\text{day}$ ，高於加拿大的暴露量 4.5 $\mu\text{g}/\text{day}$ (Cao et al., 2011)，每日由飲水攝取 BPA 的量為 5.63 $\mu\text{g}/\text{day}$ ，研究中指出在台灣北、中、南等不同的地區，從自來水與瓶裝水攝取到 BPA 的量皆不同。環境資訊中心(2016)指出，美國調查報告發現近兩百項品牌與通路販售的食品罐頭中，有 67% 驗出含有 BPA，其中項目包括康寶食品罐頭和綠巨人玉米罐頭，且含有番茄的罐頭，會因番茄的酸性隨時間和部分罐頭塗料作用。雖然目前已有分別針對 BPA 在單一途徑每單位體重日平均暴露量的研究，但還未有文獻探討多暴露途徑評估 BPA 對人體的危害風險。

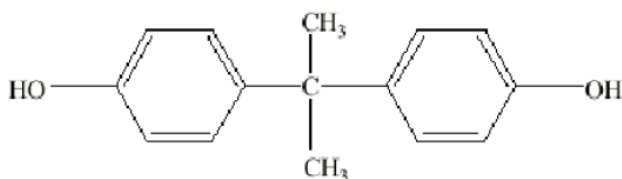
1.2 研究目的

- (1) 探討國人在飲水飲食方面暴露 BPA 的劑量有無造成危害的可能性。
- (2) 使用不同國家參考劑量(RfD)計算危害商數(HQ)，並評估不同暴露途徑對於人體造成傷害的危害風險與暴露差異。

第二章、文獻回顧

2.1 BPA 的性質與應用

BPA (Bisphenol A)其結構式是由兩個酚基中間連結一個丙基所組合而成(圖一)，又稱為二酚基丙烷、酚甲烷，熔點為 158 至 159°C，揮發性低，由苯酚、丙酮在酸性介質中合成的白色至淺棕色粉末或片狀結晶，被用來製造聚碳酸酯 (Polycarbonate, PC) 塑料、環氧樹脂(epoxy resins)與其他聚合性材料，其中聚碳酸酯由於無色透明、耐熱、抗衝擊，質量輕且具阻燃性，被使用於生產食品接觸材料而存在於盛裝食品與飲料的容器中，例如奶瓶、水瓶、餐具，而環氧樹脂因有耐化學性、柔軟性、接著性、耐熱性、強韌性等，因而被使用於食物罐及飲料罐的內層塗料，以防止生鏽和腐蝕，亦用在住宅飲用水儲存桶的塗層中，其他像是運動器材、醫療器材、眼鏡、家用電器、感熱紙、無碳影印紙、牙齒的填充劑等，被使用的範圍相當廣泛。每年全世界約生產 2700 萬噸含有 BPA 的塑料，其中以美國、德國、荷蘭和日本出產最多，勞工安全衛生研究報告提及，台灣南亞塑膠年產率可達 7.2 萬噸、長春人造樹脂廠公司 2 萬噸、信昌化學工業公司 5 萬噸，其中 63 % 作為工業化學中聚碳酸酯塑料樹脂(polycarbonate plastic resin)、27 % 環氧樹脂(epoxy resins)和 10 % 其他產品的材料 (黃壬瑰，2002；台灣癌症防治網，2011；行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2012；衛生福利部食品藥物管理署，2014)。



圖一、BPA 結構式(黃壬瑰，2002)

2.2 健康危害

BPA 屬於環境賀爾蒙的一種，這些人造化學物質污染環境後，透過食物鏈回到人體或生物體內，為雌激素效能之內分泌干擾物質，會與雌激素受體鍵結而干擾體內正常荷爾蒙的反應，使體內負責維持恆定與調節生長發育的正常荷爾蒙受到影響，像是改變體內分泌荷爾蒙的濃度、模仿人體荷爾蒙的作用，如女性動情激素，在 1993 年，史丹佛醫學院發現實驗室塑膠燒杯經高壓滅菌過程(121°C，25 分鐘)產生動情激素，是由 PC 溶解出的 BPA 所造成。並且 BPA 會因此誘發各種疾病，包括癌症、不孕、心臟病、青春期早熟、抑制男性激素、增強雌性激素等，此外 BPA 可溶於水，它會經由血液或懷孕的母體在體內流動，進而附著在細胞膜上，導致孕婦流產甚至是死胎(環境資訊中心，2011；行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2012)。Ho 等人(2006)動物實驗中發現，注射低劑量 BPA 於雄性大鼠體內導致前列腺種病變可能性增加。Viguie 等人(2015)於研究中指出，在女性懷孕期間於新生兒時期會因暴露到 BPA 而減少甲狀腺素，造成阻斷甲狀

腺的發展。Khalil 等人(2014)提及關於人體研究顯示，肥胖兒童暴露於 BPA 會導致男性肝臟功能不良、影響代謝以及高血壓症狀。Camacho 等人(2015)在對雌性大鼠的研究中發現，暴露 BPA 會影響基因表現和雌性乳腺。2016 年科技部更提出研究中顯示，BPA 在低濃度暴露之下，仍具有多重的健康效應，包括：小兒氣喘、幼童及青少年(6–19 歲)肥胖、成人糖尿病與心血管疾病關係(黃壬瑰，2002；衛生福利部食品藥物管理署，2014)。

2.3 國外食物、罐頭及飲用水中 BPA 的相關研究

食物中，罐頭將環氧樹脂塗在內層來防止生鏽和腐蝕，然而若 BPA 與環氧樹脂並沒有聚合完成，將會污染到食物當中。Liao 和 Kannan (2013)測量美國零售雜貨商店食物與罐頭的 BPA 平均濃度，利用公式(1)EDI(Estimated Daily Intake, ng/kg/day)為每日攝入量估計值，其中食物樣本中 BPA 濃度為 C (concentration, ng/g)，日平均食物攝入量為 FIR (food ingestion rate, g/kg/day)，結果指出，嬰兒、幼兒、兒童、青少年、及成人的平均暴露量為 0.114、0.195、0.0912、0.0485、0.0446 (mean- $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$)。

$$EDI = \sum C_i \times FIR_i \quad (1)$$

Cao 等人(2011)在加拿大魁北克市收集超市中共 55 種食物及罐頭食品，使用 1977 年加拿大衛生部營養調查 24 小時飲食回憶資料並搭配 BPA 濃度，估算 0 歲至 65 歲民眾平均暴露量，其中以湯與肉類罐頭、玉米與冷凍類罐頭和奶油類暴露量的比例最高。若以年齡層來比較，最高為 12–64 歲(日平均暴露量 4.7–5.8 $\mu\text{g}/\text{day}$)，將體重納入考量則是以 0–3 個月的嬰幼兒(日平均暴露量 0.27–0.33 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$)為最高。

在進行 BPA 從食物罐頭和容器滲到食物中的值，Kang 等人(2003)發現加熱溫度對 BPA 的溶出有顯著影響，Takao 等人(2002)發現當食物罐頭被加熱至 100°C 時，比較正常罐頭食品的保存溫度，水中的 BPA 濃度增加 1.7–55.4 倍。Vandenberg 等人(2007)於文獻中提及，在使用 PC 所製造盛裝食品的塑膠容器中發現，BPA 的濃度為 0.03 $\mu\text{g}/\text{kg}$ plastic，而使用容器裝的食品則估計含 6.5 $\mu\text{g}/\text{g}$ ，運用於食品包裝上的包裝膜更是發現了含有 43–483 $\mu\text{g}/\text{kg}$ BPA 於其中。另外，與食品接觸所使用的再生紙，也可以測到含有 BPA 0.55–24.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，可得知包裝紙盒被認為是飲食中 BPA 的暴露來源，研究指出，調查了歐洲四個國家，發現所有紙盒中，含有 BPA 的紙盒高達百分之四十五。

水源中，Barnes 等人(2008)提及，美國地質調查局收集了各地未經過處理的水源來源包含了飲用水、表面水和地下水，其中暴露 BPA 的平均濃度為 1 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，最大平均濃度為 1.9 $\mu\text{g}/\text{L}$ 。Guart 等人(2011)於文章中提及，在包裝材質為高密度聚乙烯(HDEP)和聚對苯二甲酸乙二酯(PET)的瓶裝水中，經紫外線照射十週後，BPA 的含量為 0.003–0.011 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，並且在大眾分配系統的水資源中檢測出 BPA 含量為 0.006–0.025 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，此外在用鋁箔包或 HDPE 所裝的牛奶中檢測出 BPA 濃度為 0.28–2.64 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (其中的差異取決於品牌)由前面敘述指出，裝有脂肪食物

的包裝材料所含 BPA 濃度比裝水來的高。

2.4 國內食物、罐頭中及飲用水 BPA 的相關研究

表一、表二為整理國內飲食相關研究結果。陳(2015)以隨機採樣的方式，採用各大便利商店所販售之塑膠瓶飲料為樣本來源，共計 126 個樣本，使用 HPLC-FLD 檢測飲料中 BPA 的濃度，並比較使用塑膠(PET)材質和鋁罐 BPA 的暴露值。樣本包含寶特瓶 (18 個品牌包括碳酸類 7 種，果汁 2 種，綠茶 5 種，紅茶 4 種)和鋁罐 (3 個品牌共 18 罐，每一品牌採 6 瓶樣本)，寶特瓶樣本檢出率 54%(n=108)其中碳酸類 BPA 平均濃度為 $0.34 \pm 0.11 \mu\text{g/L}$ ，範圍從 ND- $0.309 \mu\text{g/L}$ ；紅茶類 BPA 平均濃度為 $1.92 \pm 0.63 \mu\text{g/L}$ ，範圍從 ND- $3.51 \mu\text{g/L}$ ；綠茶類 BPA 濃度為 $2.33 \pm 1.05 \mu\text{g/L}$ ，範圍從 ND- $3.87 \mu\text{g/L}$ ；果汁類 BPA 濃度為 ND，鋁罐綠茶類 $3.32 \pm 0.41 \mu\text{g/L}$ 。此研究測得與其他國家相關文獻相比，飲料 BPA 之濃度較高，茶類和碳酸類的 pH 值對於 BPA 濃度相關性無顯著相關 $p > 0.05$ ，BPA 濃度在材質上鋁罐與 PET 比較在統計上有明顯的差異 $p < 0.001$ (表一)。

林(2012)評估暴露的方法利用 BPA 濃度搭配問卷調查，推算台灣一般上班人員(男:87 人，女:55 人)經由飲食之 BPA 平均總攝取量為 $33.58 \mu\text{g/day}$ ，其中源自罐頭食品與食物攝取之 BPA 濃度分別為 $9.52 \mu\text{g/day}$ 、 $24.06 \mu\text{g/day}$ 。分別量測罐頭食品之 BPA 平均濃度為:肉類 135.7 ng/g 、豆類 893.86 ng/g 、魚類 67.82 ng/g 、蔬菜類 80.71 ng/g 、水果類 3.46 ng/g 、飲料類 6.96 ng/g ；食物中 BPA 之平均濃度為家禽家畜類 271.73 ng/g 、魚水產類 174.71 ng/g 、蔬菜類 6.15 ng/g 、水果類 5.10 ng/g 、雞蛋 8.24 ng/g 、牛奶 3.94 ng/g 、生米 1.23 ng/g 、熟飯 3.52 ng/g ，此篇 BPA 平均濃度為本研究所採用，請參照表五、表七。

趙(2012)暴露評估的方式是利用問卷調查我國成人(男:87 人、女:55 人)之飲水情形，配合自來水與塑膠瓶中 BPA 的含量，並用下列公式估算人體暴露量:每人每日飲用自來水中 BPA 之飲水攝取量(ng/day)=當地自來水中 BPA 平均含量(ng/m^3) \times 每人每天飲用自來水量(m^3/day) + 塑膠瓶裝水中 BPA 平均含量(ng/m^3) \times 每人每天飲用塑膠瓶裝水量(m^3/day)。研究顯示瓶裝水(n=48)的平均濃度與檢出率(7.70 ng/mL 、100%)均高於自來水(n=131)的平均濃度與檢出率(2.89 ng/mL 、47%)，且以地區來看，南區及北區均是以自來水攝取量高於瓶裝水，中區則是瓶裝水攝取 BPA 之攝取量高於自來水(表二)。

表一、國內瓶、罐裝茶水類 BPA 相關研究

參考文獻	研究項目	BPA 釋出濃度	備註
陳柔均(2015)	寶特瓶飲料	0.34±0.11 µg/L(mean)	碳酸類
		1.92±0.63 µg/L(mean)	紅茶類
		2.33±1.05 µg/L(mean)	綠茶類
	鋁罐茶類	ND	果汁類
		3.32±0.41 µg/L	綠茶類
陳慧儀(2011)	瓶裝水	(12.89±0.01)× 10 ⁻⁶ µg/L	悅氏品牌
		(10.24±0.01)× 10 ⁻⁶ µg/L	味丹品牌
		(16.81±0.03)× 10 ⁻⁶ µg/L	泰山品牌

表二、國內食物、罐頭、飲用水 BPA 暴露量

參考文獻	研究項目	BPA 暴露量	備註
林靖雯(2012)	罐頭食品	9.25 µg/day(mean)	(左方研究族群為一般上班人員)
	食物	24.06 µg/day(mean)	
	飲食	33.58 µg/day(mean)	
趙等人(2012)	自來水	4.47±2.31 µg/day	北區
		2.57±1.24 µg/day	中區
		5.67±2.54 µg/day	南區
	瓶裝水	2.12±2.43 µg/day	北區
		3.24±4.97 µg/day	中區
		4.63±9.17 µg/day	南區
	自來水	4.12±2.39 µg/day	(左方研究族群為成人)
		3.17±5.87 µg/day	
		瓶裝水	(mean±SD)

2.5 國民營養調查資料

自 1980 年起，行政院衛生署委辦對國人的營養健康與飲食狀況做調查，每一次的研究都以不同年齡層為重點。1993–1996 年主要的調查母體為台灣地區 4 歲以上的居民，抽樣方式採分層階段抽樣，分年齡性別層，進行飲食、營養、健康狀況的整體調查，最終問卷樣本數為 9,961、體檢樣本數為 6464 人。1997–2002 年主要分為老人與學童，調查老年人攝入食物、熱量與各營養素的食物來源以及使用 24 小時飲食回顧法，評估國小學童膳食營養狀況。2005–2008 年主要研究台灣成人與老人營養素及食物攝取來源之變遷趨勢，年齡層為 0–6 歲、19 歲以上(含) 共完成 6189 人的問卷訪問，3670 人的體檢測量。2013–2016 年至 40 個鄉鎮市區進行訪查，主要目的在探討全國各縣市不同年齡、性別的飲食、營養及健康狀況 (潘文涵，2011；行政院衛生福利部國民健康署-台灣營養健康狀況變遷調查計畫團隊)。

在國民營養調查中的研究有很多面向，本研究採用其中關於飲食頻率與飲食種類、重量的資料作引用分析，單位為每日平均份數，將食物依照熱量營養素蛋白質、脂肪、碳水化合物的含量分群，並將「一份」設定為每一群食物基本份量的單位。

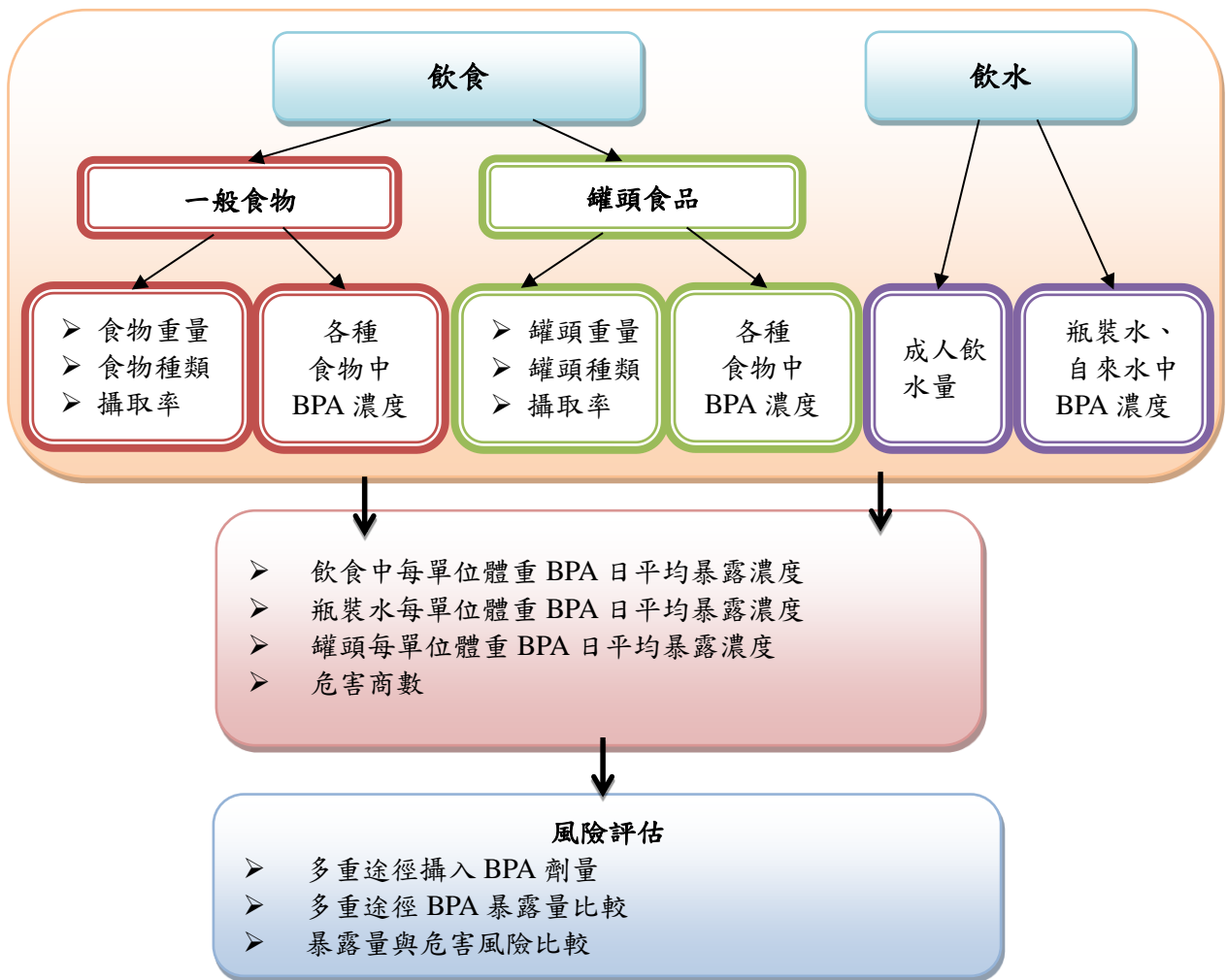
2.6 BPA 相關法規

在 1998 年日本公佈具環境荷爾蒙之化學物質，BPA 也被列為 70 種化學物質之一。2004 年歐盟規範與食物接觸的產品及原料，其中 BPA 轉移量限值為 0.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。2007 年挪威 PoHS 法規最早將 BPA 納入受限物質，BPA 包含在其消費產品中禁止使用的十種物質中。加拿大於 2008 年宣布將 BPA 正式列為毒性物質，為世界上第一個將 BPA 列為有毒物化學物質國家，並禁止含有 BPA 的 PC 塑膠嬰兒瓶的進口、銷售和廣告。中國於 2008 年食品容器、包裝材料用添加劑使用衛生標準(GB 9685-2008)中規定食品膠處的塑料、塗料及黏合劑中 BPA 特定的釋出量限值(SML)或最大殘留量應低於 0.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。美國 EPA 訂定 BPA 之參考劑量(Reference Dose, RfD)為 0.05 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ，於 2009 年 BPA 消費者資訊法要求所有含有 BPA 或可能向食品釋放 BPA 的食品容器在標籤上註明警告語。2010 年 7 月澳洲宣布，所有嬰兒奶瓶中不得使用 BPA。台灣 BPA 為第四類毒性物質，衛生署訂定聚碳酸酯類嬰兒奶瓶 BPA 溶出限量為 30 ppb，奶瓶除外之聚碳酸酯類食品器具 BPA 溶出限量為 0.6 ppm。目前 BPA 的每日容許攝取量(Tolerable Daily Intake; TDI)為 50 $\mu\text{g}/\text{bw}/\text{day}$ 。EFSA 的專家在 2015 年公布考慮降低 BPA 的安全限量，將 TDI 降為 4 $\mu\text{g}/\text{bw}/\text{day}$ ，專家認為新的暴露評估結果顯示日常生活中暴露 BPA 的量，不致使人類有健康上的風險疑慮，包括未出生的小孩、嬰兒與青少年(張嘉智，2010；林志鴻，2014；EFSA，2015)。

第三章、材料與方法

3.1 研究架構

圖二為本研究之研究架構，飲食之一般食物與罐頭食品攝取率分別採用國民營養健康狀況變遷調查與電腦輔助網路問卷等方式，BPA 含量部分參考林(2012)我國食物雙分 A 含量的研究，其中食物共分成八大類，罐頭分七類。飲水方面飲水量採用臺灣一般民眾暴露參數彙編，濃度則參考趙(2012)分析 16 種品牌瓶裝水及隨機採樣北、中、南、東之自來水。



圖二、研究架構

3.2 多重暴露途徑攝食量及 BPA 濃度

本研究配合採用資料與各類暴露途徑的比較，將年齡層分為 13-18 歲 (一般食品、罐頭食品)，19-30 歲以及 31 歲以上(一般食品、罐頭食品、瓶裝水、自來水)，計算各年齡層的男性、女性，在各項暴露途徑中每單位體重 BPA 日平均暴露濃度，以三種參考劑量(RfD)美國(USEPA,1993) 50 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ；加拿大(Health

Canada, 2008) 25 µg/kg/day；歐洲 4 µg/kg/day (EFSA, 2015)為標準，計算並比較不同情境的危害商數。不同暴露途徑與年齡層的採用資料如下：

3.2.1 一般食物攝食量及 BPA 濃度

一般食物(1)採用國民營養健康狀況變遷調查 1993–1996 年，進行四歲以上居民，飲食、營養、健康狀況的整體調查，本研究的對象為 13–18 歲的獨立樣本，其中不包含兒童與老人，並去除極端值的受訪個案。(2)台灣成人與老人營養素及食物攝取來源之變遷趨勢，採用台灣營養健康狀況調查 2005–2008 年，將家戶食譜及 24 小時飲食回憶記錄的資料進行分析，並包含成人與老人攝取的食物總重量、熱量值及三大營養素的食物來源，研究對象為 19–30 歲和 30 歲以上。各年齡層男、女性之食物攝取量，採用文獻中食物攝取份數，依照份數與克數換算表(表三)進行代換，以取得各年齡層中男性與女性不同種類食物攝取克數(表四)。BPA 於食物中濃度資料參考林(2012)，食物樣本共 15 種，每種樣本數為 12，類別包括家禽類、家畜類、魚水產類、蔬菜類、水果類、蛋奶類、米飯類，樣本分別於台灣北、中、南和東區之超市購得，本研究將類別重新組合後，採用各類食物四個區域的平均濃度(表五)為計算數值。

表三、食物份數與克數換算表

類別	克/份	類別	克/份
五穀根莖類	50	奶類	240
家禽家畜類	33	蔬菜類	100
魚類	35	水果類	161
蛋類	55		

表四、各年齡層男性與女性轉換後食物攝取量(g/day)

年齡層/類別	五穀根莖類	家禽類	家畜類	魚類	蛋類	奶類	蔬菜類	水果類
13–18 歲男性	710.0	123.3	123.3	38.5	38.5	120.0	190.0	144.4
13–18 歲女性	445.0	76.7	76.7	28.0	27.5	96.0	170.0	144.4
19–30 歲男性	338.5	47.7	117.3	62.7	43.5	52.8	231.0	149.2
19–30 歲女性	277.5	31.5	91.7	39.9	28.1	74.4	212.0	178.1
31 歲以上男性	420.8	23.2	95.1	71.2	32.8	115.6	342.1	266.8
31 歲以上女性	294.9	14.4	56.1	56.9	21.7	120.1	331.4	296.5

表五、食物中 BPA 平均濃度(ng/g)與標準差 SD

類別	濃度±SD	類別	濃度±SD
米飯類	3.66±1.09	奶類	4.5±2.05
家禽家畜類	271.7±231.4	蔬菜類	6.2±4.40
魚水產類	220.2±389.03	水果類	5.1±2.41
蛋類	9.8±4.76		

3.2.2 罐頭攝食量及 BPA 濃度

罐頭使用 2015–2016 年李(2017)以電腦輔助網路問卷的方式，透過各大資訊平台進行問卷分享，並隨機抽取各年齡層調查七類罐頭(包含魚類罐頭、肉類罐頭、蔬菜罐頭、豆類罐頭、水果罐頭、果醬罐頭和飲料罐頭)，採用 13–18、19–30、30 歲以上為研究對象，每個皆為獨立樣本，將資料填寫不合理(例如:出生年於問卷填寫年份之後)、重複填寫或無法判斷攝食頻率或容積(題目問吃幾次回答不一定)者，視為無效問卷扣除，故有效問卷為 1136 份，表六為各年齡層經統計過後七類罐頭男性、女性之攝取量，並重新計算不同年齡層、性別於各類罐頭的攝取量和每單位體重 BPA 日平均暴露濃度。BPA 含量部分參考林(2012)，金屬罐頭樣本包含魚類、肉類、蔬菜類、豆類、水果類、果醬類和飲料類，罐頭中 BPA 濃度以北、中、南、東四個區域平均濃度為計算數值(表七)。

表六、罐頭攝取量(g/day)

年齡層/類別	魚類	肉類	蔬菜	豆類	水果	果醬	飲料
13–18(男)	7.8	3.5	10.1	12.9	6.3	5.0	99.0
19–30(男)	7.9	4.9	11.3	16.1	10.2	8.1	111.0
31 歲以上(男)	8.9	2.3	9.3	9.3	2.5	1.4	70.4
13–18(女)	3.6	1.6	8.1	8.2	2.2	2.3	53.5
19–30(女)	3.3	1.4	7.2	7.6	1.6	2.1	65.9
31 歲以上(女)	4.5	2.1	9.4	9.0	3.1	1.9	28.3

表七、各類罐頭 BPA 平均濃度(ng/g)與標準差(SD)

類別	濃度±SD	類別	濃度±SD
魚類	67.82±30.36	水果	1.65±1.08
肉類	135.70±70.26	果醬	5.26±4.04
蔬菜	80.71±39.43	飲料	6.96±3.68
豆類	893.86±328.50		

3.2.3 飲用水攝取量及 BPA 濃度

在飲用水方面，(1)每日平均飲水量(L/day)採用台灣一般民眾暴露參數彙編(2008)調查台灣地區成人攝取的飲水用量，暴露參數主要以電腦輔助電話訪問(Computer Assisted Telephone Interview, CATI)分層比例隨機抽樣法，依照區內人口數佔北、中、南、東四區個別總人口數的比例分配樣本，隨機抽取研究對象為20-60歲的獨立樣本共2013人，並去除極端值的受訪個案。(2)計算每公斤體重日平均飲水量(L/kg/day)時，其中體重部分亦採用台灣一般民眾參數彙編，調查根據「2005年國民健康訪問暨藥物濫用調查」資料，抽出台灣地區187個鄉鎮市區並抽出其中30,680人，以SUDAAN軟體對體重作統計分析，根據資料管理單位所提供之加權方式與相關之統計程式呈現此彙編結果之統計數據(表八)。BPA含量部分參考趙(2012)，以各大超級市場所販售之塑膠瓶裝水為樣本來源，以隨機採樣的方式進行採購，分析16種品牌(包含台灣百分之九十以上之品牌瓶裝水樣本)，每種品牌各3瓶共計48瓶，分別有台灣北、中、南、東四區，自來水同樣隨機採及北、中、南、東四區，且為避免汙染，採集之水樣用玻璃瓶盛裝後保存於4°C的冰箱中，並於採樣後兩星期內分析完畢。瓶裝水、自來水濃度及標準差分別為 $7.70 \pm 2.87 \mu\text{g/L}$ ； $2.86 \pm 3.72 \mu\text{g/L}$ 。

表八、成人男性、女性每日平均飲水量及體重(台灣一般民眾暴露參數彙編)

性別	年齡層	每日平均飲水量(L/day)	體重(kg)
		mean±SD	mean±SD
男性	20-29	1.43±0.81	70.11±27.61
	30-39	1.52±0.81	71.55±25.99
	40-49	1.73±1.06	70.60±28.33
	50+	1.58±0.97	69.30±44.22
女性	20-29	1.24±0.73	56.73±59.19
	30-39	1.35±0.72	56.99±40.57
	40-49	1.31±0.92	59.04±43.35
	50+	1.30±0.82	61.95±50.92

3.3 每日平均暴露劑量及危害商數計算公式

公式(2)中 ADD (Average Daily Dose) 為攝入途徑之日平均暴露劑量 (mg/kg/day), C 為飲食中 BPA 濃度(食物、罐頭 ng/g; 飲用水 µg/L), IR (Intake Rate) 為每日飲食攝入量 (g/day; L/day), BW 為體重(kg)。公式(3)中 HQ (Hazard Quotients) 為危害商數, RfD 為參考劑量, 以三種 RfD 美國 50 µg/kg/day (USEPA, 1993); 加拿大 25 µg/kg/day (Health Canada, 2008); 歐洲 4 µg/kg/day (EFSA, 2015) 為標準。HQ 若小於 1 表示暴露量低於參考劑量, 預期不會對人體造成不良影響; 若大於 1 則預期對人體將會有危害風險(許惠棕, 2006)。

$$ADD = \frac{\Sigma(C \times IR)}{BW} \quad (2)$$

$$HQ = \frac{ADD}{RfD} \quad (3)$$

計算 ADD 與 HQ 後應用 Crystal Ball 軟體, 使用蒙地卡羅模擬法進行危害風險預測, 本研究設定 C 為對數常態分佈、BW 為常態分佈, ADD 與 HQ 為預測值, 進行 10,000 次模擬, 結果會呈現不同 BPA 暴露量的危害風險機率分布。

第四章、結果與討論

本研究採用國民營養健康狀況變遷調查 1993–1996 年、2005–2008 年、2015–2016 年電腦輔助網路問卷以及採用台灣一般民眾暴露參數彙編(2008)進行食物、罐頭、飲用水三項途徑之比較，推估國人從不同暴露途徑每日平均 BPA 暴露劑量，先採用 EXCEL 進行分析，再經由 Crystal Ball 軟體以蒙地卡羅模擬法模擬 10,000 次用以評估不確定性。

4.1.1 各個年齡層男性、女性食物 ADD 暴露濃度比較

先從各個年齡層男性、女性不同暴露途徑的各項來源中進行暴露比較，攝食一般食物方面由表九可得知，皆以家畜類暴露到 BPA 的濃度最多，暴露濃度由低至高年齡層為，男性:610.4、475.8、380.6 ng/kg/day；女性:409.1、461.5、272.9 ng/kg/day，由於 13–18 年齡層因資料來源將家禽家畜類合併，推測因此家禽類在所有的年齡層裡，13–18 歲暴露濃度最高。

表九、各年齡層男性、女性各項食物 ADD 暴露濃度(ng/kg/day)

年齡層/類別	五穀根莖類	家禽類	家畜類	魚類	蛋類	奶類	蔬菜類	水果類
13–18 歲男性	47.33	610.38	610.38	154.38	6.86	9.81	21.26	13.40
13–18 歲女性	18.18	183.51	475.82	202.43	6.24	3.48	20.83	11.16
19–30 歲男性	22.30	88.11	380.59	227.98	4.64	7.51	30.43	19.68
19–30 歲女性	31.98	409.05	409.05	121.04	5.28	8.46	20.51	14.44
31 歲以上男性	18.48	150.28	461.46	159.87	4.99	6.08	23.71	16.51
31 歲以上女性	18.97	66.45	272.89	220.10	3.73	9.48	35.80	24.13

4.1.2 各個年齡層男性、女性罐頭 ADD 暴露濃度比較

攝食罐頭方面從表十可得知，在七大類罐頭之中，為豆類罐頭暴露到 BPA 的濃度最高，且 19–30 歲男性之平均 ADD 暴露濃度為 206.42 ng/kg/day，比較所有年齡層中男性、女性為其最高。而在七大類罐頭中，水果和果醬罐頭 ADD 暴露濃度皆未超過 1 ng/kg/day，其中水果罐頭暴露到 BPA 的濃度相對較低，所有 ADD 暴露濃度皆未超過 0.3 ng/kg/day。

表十、各年齡層男性、女性各類罐頭 ADD 暴露濃度(ng/kg/day)

年齡層/類別	魚類	肉類	蔬菜	豆類	水果	果醬	飲料
13-18(男)	8.94	8.01	13.78	195.17	0.18	0.44	11.62
19-30(男)	7.65	9.63	13.10	206.42	0.24	0.61	11.09
31 歲以上(男)	8.57	4.45	10.70	118.36	0.06	0.11	6.95
13-18(女)	4.76	4.26	12.81	143.49	0.07	0.24	7.25
19-30(女)	4.16	3.44	10.74	124.14	0.05	0.20	8.42
31 歲以上(女)	5.29	4.90	13.22	140.50	0.09	0.17	3.43

4.1.3 成人飲用水男性、女性 ADD 暴露濃度比較

在成人飲水方面由表十一可得知，無論各年齡層之男性、女性，從瓶裝水所暴露到 BPA 的濃度皆大於自來水暴露 BPA 濃度，且暴露濃度皆大於 2 倍以上。

表十一、成人男性、女性瓶裝水、自來水 ADD 暴露濃度(ng/kg/day)

年齡層/類別	瓶裝水	自來水
20-29(男)	157.1	58.3
30 歲以上(男)	175.9	65.3
20-29 歲(女)	167.7	62.2
30 歲以上(女)	171.5	63.6

4.1.4 不同年齡層多重暴露途徑 ADD 暴露濃度比較與討論

將三項暴露途徑之中各細項每日平均暴露劑量(ADD)加總後一起做比較，由於資料來源的限制，19-30 歲和 31 歲以上的一般食物、罐頭食品與成人飲用水採用相似年齡層之比較。由表十二可得知其中各個年齡層無論男生或女生，皆為一般食物暴露到 BPA 的濃度較高，由低至高年齡層 ADD 暴露濃度總和分別為，男：863.4、921.7、781.2 ng/kg/day；女：610.8、841.38、651.55 ng/kg/day，且佔所有暴露途徑的百分比皆大於 60%，而自來水暴露到 BPA 的濃度為所有暴露途徑最低，皆未大於 7%。

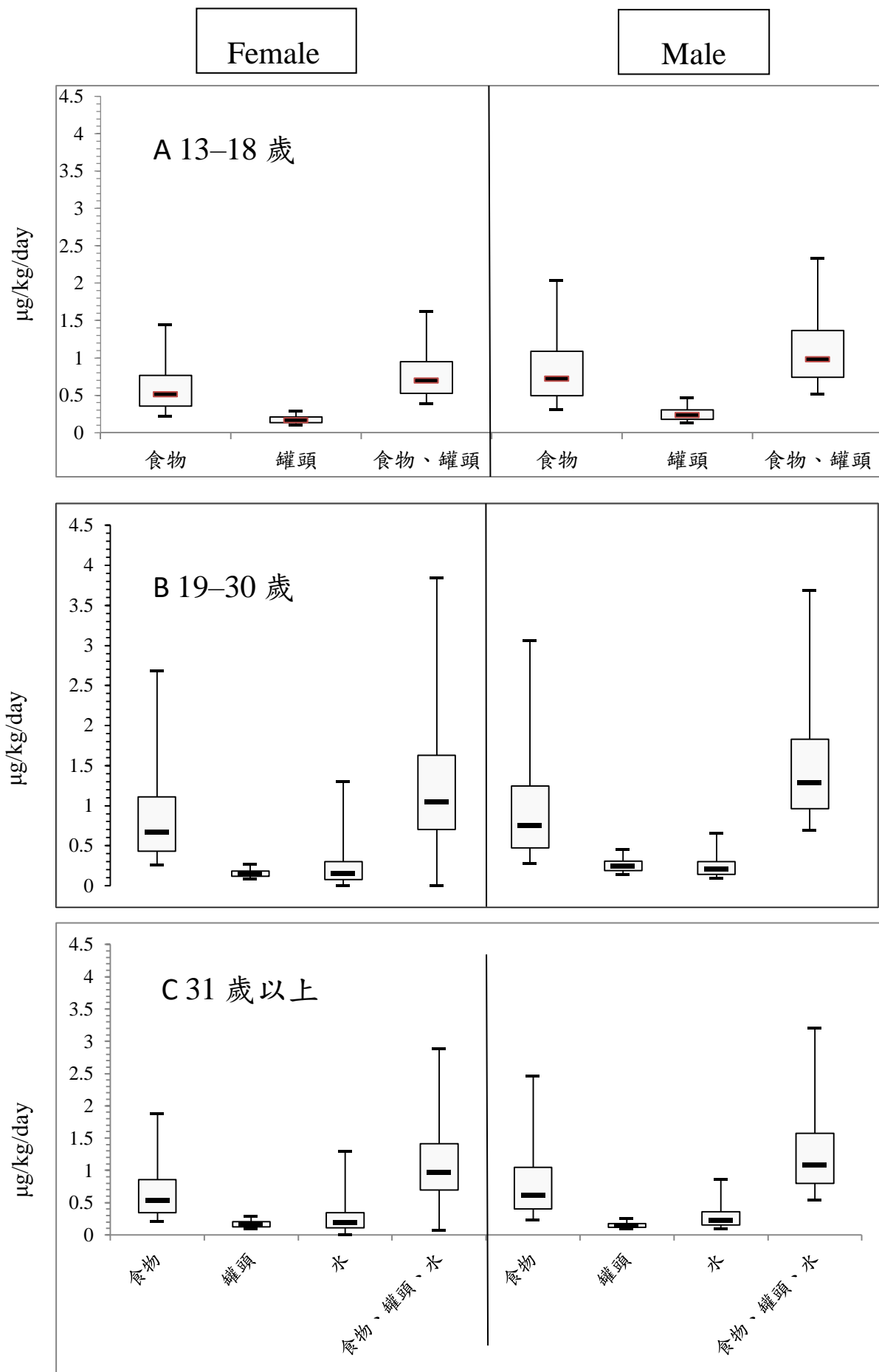
表十二、不同年齡層多重暴露途徑 ADD 暴露濃度(ng/day/kg)

年齡	項目	男		女	
		暴露濃度	%	暴露濃度	%
13-18	一般食物	863.4	79%	610.8	78%
	罐頭食品	238.1	21%	172.9	22%
19-30	一般食物	921.7	66.51%	841.4	68.82%
	罐頭食品	248.8	17.95%	151.2	12.36%
20-29	瓶裝水	157.1	11.33%	167.7	13.72%
	自來水	58.3	4.21%	62.2	5.09%
31 歲以上	一般食物	781.2	66.68%	651.6	61.80%
	罐頭食品	149.2	12.73%	167.6	15.90%
30 歲以上	瓶裝水	175.9	15.02%	171.5	16.27%
	自來水	65.3	5.57%	63.6	6.04%

本研究結果顯示，一般食物與罐頭食品 BPA 日平均暴露濃度由低至高年齡層(13-18、19-30、31 歲以上)分別為男性: 863.4、238.1；921.7、248.8；781.2、149.2 ng/kg/day；女性: 610.8、172.9；841.4、151.2；651.6、167.6 ng/kg/day，在 2013 Liao 和 Kannan 的研究中，將食物與罐頭食品整合分成九大類(飲料類、乳製品、油脂類、魚和海鮮類、穀物和穀類製品、肉和肉類製品、水果與水果罐頭、蔬菜與蔬菜罐頭、湯與蛋等其他類)，指出各年齡層平均暴露量，嬰兒、幼兒、兒童、青少年、及成人分別為 144、195、91.2、48.5 及 44.6 ng/kg /day，本研究與其結果相比較後，發現暴露濃度高出許多，推測有可能為本研究年齡分層涵蓋較廣，或是因地理環境或量測方法不同等原因造成。

4.1.5 各年齡層不同暴露途徑 ADD 盒須圖比較

計算過後的數據，經由蒙地卡羅模擬 10000 次後，將模擬出來的分佈繪製成盒鬚圖(採用的百分位數為的 5, 25, 50, 75, 95 百分位)。以各年齡層的 50 百分位做比較，可得知各年齡層男性各項暴露途徑加總後之 50 百分位值皆高於女性(圖三)(50 百分位值由低至高年齡層為:男性:0.98、1.28、1.08 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$; 女性:0.70、1.04、0.96 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$)。13–18 歲之男性及女性，從一般食物(男性:0.72 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、女性:0.51 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$)所暴露到的 ADD 濃度相較於罐頭食品(男性 0.23 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、女性:0.20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$)高。在 19–30 歲中，男性從三項暴露途徑所暴露到的 ADD 濃度皆高於女性，男性之暴露途徑與值分別為一般食物 0.74 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、罐頭食品 0.24 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、飲用水 0.20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ，男性各項暴露途徑濃度之比較為一般食物>罐頭食品>飲用水；女性之暴露途徑與值分別為一般食物 0.67 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、罐頭食品 0.146 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、飲用水 0.148 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ，女性各項暴露途徑之比較為一般食物>飲用水>罐頭食品。31 歲以上男性從一般食物及飲用水所暴露到的 ADD 濃度高於女性，濃度分別為男性:0.61 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、0.23 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ；女性:0.53 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、0.19 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ，在此年齡族群女性經由罐頭食品暴露到之 ADD 濃度高於男性，女性與男性值分別為 0.16 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、0.14 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 。



圖三、各年齡層不同暴露途徑男性、女性 ADD 盒須圖

4.2 不同年齡層多重暴露途徑危害商數(HQ)比較

將各個年齡層三項暴露途徑之男性、女性每日平均暴露劑量(ADD)，以不同國家參考劑量標準(美國:50 µg/kg/day；加拿大:25 µg/kg/day；歐盟:4 µg/kg/day)進行危害商數的計算。

表十三將各個年齡層不同暴露途徑之每日平均暴露劑量，分別進行危害商數之算。由結果可得知，各個年齡層各項暴露途徑分別除上不同國家之 RfD 值，顯示所有數值皆小於 1，表示其暴露劑量皆低於參考劑量，即使是所有暴露途徑中暴露濃度最高的一般食物，暴露量仍低於參考劑量，預期人體從單一暴露途徑所暴露到 BPA 的劑量不會對人體造成顯著損害。

a 為各個年齡層男性、女性各項暴露途徑(一般食物、罐頭、飲用水)加總後之危害商數數值，結果顯示即便以最低劑量-歐洲(EFSA)4 µg/kg/day 的參考劑量為標準，數值仍顯示出皆<1(HQ<1)，指出藉由三項暴露途徑暴露到 BPA 濃度對人體將不會有預期的危害風險。

表十三、各年齡層不同暴露途徑男性、女性 HQ 計算

年齡	性別	暴露途徑	RfD=50		RfD=25		RfD=4	
13-18	男	一般食物	0.0173	0.022 ^a	0.0345	0.044 ^a	0.2159	0.275 ^a
		罐頭食品	0.0048		0.0095		0.0595	
	女	一般食物	0.0122	0.016 ^a	0.0244	0.031 ^a	0.1527	0.196 ^a
		罐頭食品	0.0035		0.0069		0.0432	
19-30	男	一般食物	0.0184	0.028 ^a	0.0370	0.055 ^a	0.2304	0.346 ^a
		罐頭食品	0.0050		0.0099		0.0622	
		水	0.0043		0.0086		0.0538	
	女	一般食物	0.0168	0.024 ^a	0.0337	0.049 ^a	0.2103	0.306 ^a
		罐頭食品	0.0030		0.0060		0.0378	
		水	0.0046		0.0092		0.0575	
31歲以上	男	一般食物	0.0156	0.023 ^a	0.0312	0.047 ^a	0.1953	0.293 ^a
		罐頭食品	0.0030		0.0060		0.0373	
		水	0.0048		0.0096		0.0603	
	女	一般食物	0.0130	0.021 ^a	0.0261	0.042 ^a	0.1629	0.264 ^a
		罐頭食品	0.0034		0.0067		0.0419	
		水	0.0047		0.0094		0.0588	

a 多暴露途徑總和

第五章、結論與建議

5.1 研究結論

本研究主要探討人體從一般食物、罐頭食品、飲用水多途徑暴露到 BPA 的濃度與風險，以國民營養健康狀況變遷調查搭配電腦輔助網路問卷及臺灣一般民眾暴露參數彙編，用以估算日平均暴露劑量，並比較各年齡層男性、女性在不同途徑之暴露情形，研究結論可分為兩點：

1. 各個年齡層(13-18、19-30、31 歲以上)從三項暴露途徑中，暴露到 BPA 以一般食品的暴露濃度最高。
2. 將日平均暴露劑量分別除上各國對於 BPA 參考劑量標準，計算危害商數，即使使用最為嚴格的歐洲(EFSA) 4 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 為標準，所有數值顯示皆 <1 ($\text{HQ}<1$)，根據此結果，指出國人對於藉由三項暴露途徑暴露到 BPA，目前應不會產生不良的健康效應。

5.2 未來研究建議

- (1)由於資料來源的年齡分層皆不一致，故本研究年齡層涵蓋範圍較廣，若能所有暴露途徑之完整年齡資料及攝食量，將有助於資料的統一性，呈現更為真實的數據結果，探討上也會更具說服力。
- (2)在暴露到 BPA 的途徑並非只有攝入途徑，近年來陸續指出生活中常會接觸到的感熱紙為皮膚接觸途徑，建議未來可以從不同接觸途徑作探討。

參考文獻

1. Barnes KK, Kolpin DW, Furlong ET, Zaugg SD, Meyer MT, Barber LB. A national reconnaissance of pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States--I) groundwater. *Sci Total Environ.* 2008; 402(2-3):201–16.
2. Camacho L, Basavarajappa MS, Chang CW, Han T, Kobets T, Koturbash I, Surratt G, Lewis SM, Vanlandingham M, Fuscoe JC, Gambo da Costa G, Pogribny IP, Delclosa KB. Effects of oral exposure to bisphenol A on gene expression and global genomic DNA methylation in the prostate, female mammary gland, and uterus of NCTR Sprague-Dawley rats. *Food Chem Toxicol.* 2015;81:92–103.
3. Cao XL, Perez-Locas C, Dufresne G, Clement G, Popovic S, Beraldin F, Dabeka RW, Feeley M. Concentrations of bisphenol A in the composite food samples from the 2008 Canadian total diet study in Quebec City and dietary intake estimates. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2011;28(6):791–798.
4. EFSA. Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs: Executive summary1. 2015;13(1):3978.
5. Environmental Protection Agency (EPA). Assessing and Managing Chemicals under TSCA. Bisphenol A (BPA) Action Plan. 2014.
6. Guart A, Bono-Blay F, BorrellA, Lacorte, S. Migration of plasticizers phthalates, bisphenol A and alkylphenols from plastic contains and evaluation of risk. *Food Additives and Contaminates.* 2011;28(5):1737–1742.
7. Ho SM, Tang WY, Frausto JB, Prins GS. Developmental Exposure to Estradiol and Bisphenol A Increases Susceptibility to Prostate Carcinogenesis and Epigenetically Regulates Phosphodiesterase Type 4 Variant 4. *Cancer Res.* 2006;66(11):5624–5632.
8. Kang JH, Kito K, Kondo F. Factors influencing the migration of bisphenol A from cans. *J Food Prot.* 2003;66:1444–1447.
9. Khalil N, Ebert JR, Wang L, Belcher S, Lee M, Czerwinski SA, Kannan K. Bisphenol A and cardio metabolic risk factors in obese children. *Sci Total Environ.* 2014;470–471:726–732.
10. Liao C, Kannan K. Concentrations and profiles of bisphenol A and other bisphenol analogues in foodstuffs from the United States and their implications for human exposure. *J Agric Food Chem.* 2013;61(19):4655–4662.
11. Lopez-Cervantes J, Paseiro-Losada P. Determination of bisphenol A in, and its migration from, PVC stretch film used for food packaging. *Food Addit Contam.* 2003;20(6):596–606.
12. Munguia-Lopez EM, Gerardo-Lugo S, Peralta E, Bolumen S, Soto-Valdez H. Migration of bisphenol A (BPA) from can coatings into a fatty-food stimulant and tuna fish. *Food Addit Contam.* 2005;22(9):892–898.
13. Shao B, Han H, Hu J, Zhao J, Wu G, Xue Y, Ma Y, Zhang S. Determination of

- alkylphenol and bisphenol A in beverages using liquid chromatography/electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*. 2005; 530: 245–252.
14. Takao Y, Lee HC, Kohra S, Arizono K. Release of bisphenol from food can lining upon heating. *J Health Sci*. 2002;48:331–334.
 15. Vandenberg LN, Hauser R, Marcus M, Olea N, and Welshons WV. Human exposure to bisphenol A.(BPA). *Reprod Toxicol*. 2007;24(2):139–177.
 16. Viguie C, Collet S, Gayraud-Troy V, Hagen-Picard N, Puel S, Roques B, Toutain PL, Lacroix M. Maternal and fetal exposure to bisphenol A is associated with alterations of thyroid function in pregnant ewes and their newborn lambs. *Endocrinology*. 2015;154(1):521–528.
 17. 林靖雯，2012，我國食物中雙酚 A 含量研究，輔仁大學，公共衛生學系，碩士論文。
 18. 陳柔均，2015，我國市售飲料中雙酚 A 之濃度，中山醫學大學，職業安全衛生學系，碩士論文。
 19. 陳慧儀，2011，利用固相萃取結合液相微流層析電灑晶片質譜儀檢測瓶裝水中之雙酚 A，東吳大學化學系，碩士論文。
 20. 趙培君、陳泳捷、林靖雯，2012，我國人雙酚 A 暴露之生物偵測及每日攝取食物攝取研究，行政院國家科學委員會專題研究計畫。
 21. 李怡盈，2017，以網路問卷調查國人罐頭攝食量並評估雙分 A 每日暴露劑量，中山醫學大學，公共衛生學系專題研究。
 22. 台灣一般民眾暴露參數彙編，2008，國立台灣大學公共衛生學院健康風險及政策評估中心。
 23. 衛生福利部食品藥物管理署，Food and Drug Administration，2014，<http://www.fda.gov.tw/TC/siteContent.aspx?sid=3822>
 24. 台灣營養健康狀況變遷調查計畫團隊，行政院衛生福利部國民健康署，<http://nahsit-form.ibms.sinica.edu.tw/node/724>
 25. 台灣癌症防治網，癌症新探 56 期，台北榮民總醫院內科部毒物科，楊振昌醫師，<http://cisc.twbbs.org/lifetype/index.php?op=ViewArticle&articleId=2959&blogId=1>
 26. 林志鴻，雙酚 A 的健康危害，勞工安全衛生研究所，2014，<http://www.ilosh.gov.tw/wSite3132%20ct%20Node%20279>
 27. 張嘉智，環境荷爾蒙—雙酚 A，勞工安全衛生研究所，2010，http://www.ilosh.gov.tw/Book/Message_Publish.aspx?PID=108&UID=1189
 28. 勞工雙酚 A 暴露調查研究，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2012，https://laws.ilosh.gov.tw/Book/Report_Publish.aspx?PID=1509&UID=F6620
 29. 黃壬瑰，環境荷爾蒙—雙酚 A，中華民國行政院環保署環境檢驗所，2002，<http://www.niea.gov.tw/analysis/newtech/month/43/43th2-1.htm>
 30. 潘文涵，2011，行政院衛生署，國民營養健康狀況變遷調查，

<https://srda.sinica.edu.tw/group/sciitem/3/1321>

31. 環境資訊中心，Toxic Chemical Still in Can Linings of Popular Foods，摘譯自 2016 ENS 美國，華盛頓特區報導，<http://e-info.org.tw/node/114302>
32. 環境資訊中心，台灣環境資訊協會，2011，詹嘉紋，從塑化劑風波重新認識環境荷爾蒙，<http://e-info.org.tw/node/67338>
33. 許惠棕，2006，風險評估與管理第二版。