

香港首個總膳食研究第三號報告

香港首個總膳食研究：
多溴聯苯醚

香港特別行政區政府
食物環境衛生署
食物安全中心
2012年4月

本報告書由香港特別行政區政府食物環境衛生署
食物安全中心發表。未經食物安全中心書面許
可，不得翻印、審訂或摘錄或於其他刊物或研究
著作轉載本報告書的全部或部分研究資料。若轉
載本報告書其他部分的內容，須註明出處。

通訊處：

香港金鐘道 66 號

金鐘道政府合署 43 樓

食物環境衛生署

食物安全中心

風險評估組

電子郵箱：enquiries@fehd.gov.hk

目錄

	<u>頁數</u>
摘要	1
背景	3
簡介香港首個總膳食研究	3
多溴聯苯醚	3
本港上次研究	6
研究方法及化驗分析	6
香港首個總膳食研究採用的研究方法	6
多溴聯苯醚的化驗分析	7
結果及討論	9
總膳食研究所涵蓋食物的多溴聯苯醚含量	9
從膳食攝入多溴聯苯醚的情況	11
主要食物來源	13
與本港上次研究結果和其他地方研究結果比較	14
研究的局限	16
結論及建議	16
參考文件	17
附錄	
附錄 1： 總膳食研究所涵蓋食物的多溴聯苯醚含量	20
附錄 2： 總膳食研究 12 個食物組別的多溴聯苯醚同系物含量平均值的分布情況	23
附錄 3： 攝入量一般的市民從膳食攝入各種同系物的分量	29

圖目錄

圖 1：	香港首個總膳食研究按 12 個不同年齡及性別組別列出攝入量一般和攝入量高的市民從膳食攝入多溴聯苯醚的分量	11
圖 2：	市民從不同食物組別攝入多溴聯苯醚的分量佔總膳食攝入量的百分比	14

表目錄

表 1：	經分析的多溴聯苯醚同系物	8
表 2：	香港首個總膳食研究所涵蓋食物組別的多溴聯苯醚含量(皮克 / 克)	9
表 3：	比較不會對齧齒動物造成不良影響的劑量和市民的估計膳食攝入量，計算出攝入量一般和攝入量高的市民攝入多溴聯苯醚總量的暴露限值	12
表 4：	比較人體長期膳食攝入量和市民的估計膳食攝入量，計算出攝入量一般和攝入量高的市民攝入 BDE-47、BDE-99、BDE-153 和 BDE-209 的暴露限值	13
表 5：	比較多溴聯苯醚的膳食攝入量	15

摘要

食物安全中心現正進行香港首個總膳食研究，目的是估計整體香港市民和不同人口組別從膳食攝入各種物質(包括污染物和營養素)的分量，從而評估攝入這些物質對健康帶來的風險。本報告評估香港市民從膳食攝入多溴聯苯醚這類工業化學物的情況。

2. 多溴聯苯醚是一組工業化學物，用於多種產品作阻燃劑。五溴聯苯醚、八溴聯苯醚和十溴聯苯醚是三種主要的商用多溴聯苯醚。這類物質普遍持久地存在於環境中，可在生物體內積聚，而且具有潛在毒性。2009年，《斯德哥爾摩公約》把九種新持久性有機污染物列入規管名單，其中兩種分別是商用五溴聯苯醚，以及商用八溴聯苯醚。

3. 人類攝入多溴聯苯醚的主要來源為室內空氣、家居灰塵及食物(包括母乳)。多溴聯苯醚屬脂溶性，可在動物及人體的脂肪組織積聚。某些魚類、肉類、奶類及油脂類等高脂食物的多溴聯苯醚含量一般較高。

4. 動物研究顯示，多溴聯苯醚主要影響肝臟和神經行為發育。大部分研究顯示，多溴聯苯醚無基因毒性。世界衛生組織轄下的國際癌症研究機構於1999年將十溴聯苯醚列為第3類物質(即在會否令人類患癌方面未能分類的物質)，但並沒有就五溴聯苯醚及八溴聯苯醚的致癌性進行評估。

5. 2005年，聯合國糧食及農業組織/世界衛生組織聯合食品添加劑專家委員會(下稱“專家委員會”)指出，目前並無足夠數據釐定多溴聯苯醚的健康參考值。不過，專家委員會認為，根據有限的毒性數據，齧齒動物每日攝入毒性較高[溴化程度較低]的多溴聯苯醚同系物的分量少於每公斤體重約100微克，不會造成不良影響。因此，我們可採用這個閾值劑量(每日每公斤體重100微克)作為基礎，計算多溴聯苯醚的暴露限值。暴露限值越高，值得關注的程度就越低，反之亦然。專家委員會估計，國際間一般人群每日從膳食攝入多溴聯苯醚的分量為每公斤體重約0.004微克(每日每公斤體重4納克)。專家委員會認為相關的暴露限值屬於高，膳食攝入多溴聯苯醚的分量引起健康問題的機會不大。

6. 2011年，歐洲食物安全局以多溴聯苯醚對神經發育的影響作為毒性評估的關鍵終點，並分別就BDE-47、BDE-99、BDE-153和BDE-209四種多溴聯苯醚同系物訂出基準劑量(benchmark doses, BMDs)和相應的引起10%不良反應率的95%統計學可信區間下限值(即benchmark dose lower confidence limit for a benchmark response of 10%, BMDL_{10s})。歐洲食物安全局根據基準劑量可信限下限，測算實驗動物的身體負荷量，和個別同系物在人體的吸收率和排出半衰期，從而計算出“人體長期膳食攝入量”

的數值。用這些數值與一般市民的估計膳食攝入量比較，便可得出相關的暴露限值。歐洲食物安全局認為，如果個別同系物的暴露限值高於 2.5，表示應不會引起健康問題。

7. 這項研究合共抽取了 426 個樣本，涵蓋 71 種不同食物。2010 年 6 月至 11 月期間進行兩次抽樣工作，每次抽樣每種食物購買 3 個樣本，然後把同一種食物的 3 個樣本合併為一個混合樣本，結果得到 142 個混合樣本進行分析。這項研究選定 24 種多溴聯苯醚同系物進行檢測，這些同系物常見於食物和環境中，而且有確認的分析方法。研究發現，“蛋及蛋類製品”這個食物組別的多溴聯苯醚含量最高(平均含量為每克 1 693.7 皮克)，其次是“油脂類”(平均含量為每克 1 031.6 皮克)、“甜點”(平均含量為每克 525.7 皮克)和“魚類和海產及其製品”(平均含量為每克 350.4 皮克)。“蛋及蛋類製品”的多溴聯苯醚含量偏高，主要是由於鹹蛋的多溴聯苯醚含量是各種食物中最高的(平均含量為每克 4 562.2 皮克[含量範圍介乎每克 722.5 至 8 401.9 皮克])。

8. 攝入量一般的市民每日從膳食攝入多溴聯苯醚的分量為每公斤體重 1.34 納克，攝入量高的市民則為 2.90 納克。“魚類和海產及其製品”是市民從膳食攝入多溴聯苯醚的主要來源，佔總攝入量的 27.3%，其次是“肉類、家禽和野味及其製品”、“穀物及穀物製品”和“油脂類”，分別佔總攝入量的 20.7%、15.9% 和 15.9%。

9. 用專家委員會提出的閾值劑量與上述膳食攝入量數值比較，得出攝入量一般的市民的暴露限值為 75 000，攝入量高的市民則為 34 000。暴露限值的數值屬於高，顯示香港成年人口從膳食攝入多溴聯苯醚的分量對健康的影響不大。此外，研究按照歐洲食物安全局的方法，計算攝入量一般和攝入量高的市民從膳食攝入個別同系物的暴露限值。結果顯示，攝入量一般的市民從膳食攝入 BDE-47、BDE-99、BDE-153 和 BDE-209 的暴露限值分別為 780、60、240 和 3 200 000，攝入量高的市民則分別為 260、30、120 和 1 600 000。所有暴露限值都遠高於 2.5，表示市民無須擔心。

結論及建議

10. 攝入量一般的市民每日從膳食攝入多溴聯苯醚的分量估計為每公斤體重 1.34 納克，攝入量高的市民則為 2.90 納克。這項研究分別按照專家委員會和歐洲食物安全局的方法計算暴露限值，結果得出的暴露限值相當高，顯示市民從膳食攝入多溴聯苯醚的分量引起健康問題的機會不大。不過，五溴聯苯醚和八溴聯苯醚是持久性有機污染物，容易在體內

的脂肪積聚，為審慎起見，應減少多溴聯苯醚的膳食攝入量。由於多溴聯苯醚屬脂溶性，市民應保持均衡飲食，並減少脂肪的攝入量。

香港首個總膳食研究： 多溴聯苯醚

背景

總膳食研究是國際公認最具成本效益的方法，用以估計不同人口組別從膳食攝入食物化學物或營養素的分量，從而評估攝入這些物質對健康帶來的風險。總膳食研究為食物安全風險評估和食物供應規管提供科學基礎。上世紀六十年代以來，多個國家(例如英國、美國、加拿大、澳洲、新西蘭和中國內地)分別進行總膳食研究。

簡介香港首個總膳食研究

2. 這是香港首次進行總膳食研究。食物安全中心(下稱“中心”)進行香港首個總膳食研究的目的，在於估計整體香港市民和不同人口組別從膳食攝入各種物質(包括污染物和營養素)的分量，從而評估攝入這些物質對健康帶來的風險。

3. 香港首個總膳食研究是一項複雜的大型計劃，涉及的工作包括食物抽樣和處理、化驗分析，以及膳食攝入量評估。這項研究涵蓋香港市民通常食用的大部分食物，化驗分析超過 130 種物質，包括污染物和營養素。

多溴聯苯醚

4. 香港首個總膳食研究檢測的其中一組物質是多溴聯苯醚。本報告集中分析多溴聯苯醚的含量，估計香港市民從膳食攝入多溴聯苯醚的分量，以及評估攝入這種物質對健康帶來的風險。

5. 多溴聯苯醚是一組工業化學物，廣泛應用於多種產品(例如塑膠、聚氨酯泡沫塑料及紡織品)，以提高產品的耐火性能。¹五溴聯苯醚、八溴聯苯醚和十溴聯苯醚是三種主要的商用多溴聯苯醚混合物，分別以不同的商用名稱在市場銷售。這些混合物由多種同系物組成，按其平均溴含量命名。²多溴聯苯醚普遍存在於環境中，而且具有潛在毒性。海外研究發現，過去 30 年，人體樣本(血液、組織及母乳)的多溴聯苯醚總含量上升逾百倍，大約每五年增加一倍。³2009 年，《斯德哥爾摩公約》把九種新持久性有機污染物列入規管名單，其中兩種分別是四溴聯苯醚和五溴聯苯醚(商用五溴聯苯醚)，以及六溴聯苯醚和七溴聯苯醚(商用八溴聯苯

醚)。因此，必須採取措施減少排放這類物質，以減低人體(特別是兒童)的攝入量。⁴

化學和物理性質

6. 多溴聯苯醚的結構包含一個聯苯醚組合單位，當中有一至十個氫原子被溴原子取代，其化學式為 $C_{10}H_{10-x}Br_xO$ ， x 的取值範圍為 1 至 10。依據不同的結構組合，可形成多種幾何異構體，產生 209 種化學物，稱為同系物。五溴聯苯醚、八溴聯苯醚和十溴聯苯醚三種商用多溴聯苯醚混合物，分別由不同溴化程度的同系物組成。多溴聯苯醚屬疏水物質，水溶性低，而且不易燃。部分多溴聯苯醚(尤其是溴化程度較低的同系物)持久性強，可在生物體內積聚。⁵

多溴聯苯醚的來源

7. 多溴聯苯醚是普遍存在於環境中的污染物。這種物質會在生產、應用及 / 或棄置過程中釋出，存留在環境中。多溴聯苯醚具親脂性，會積存在動物體內的脂肪。現有資料顯示，室內空氣、家居灰塵和食物(包括母乳)是人體攝入多溴聯苯醚的主要來源。不過，不同國家或地區的居民攝入多溴聯苯醚的主要來源可能並不相同。舉例來說，有報告指出，美國人從家居灰塵攝入多溴聯苯醚的分量佔估計總攝入量的 82%。⁶另一方面，也有研究指出，德國成年人主要從膳食攝入多溴聯苯醚，佔總攝入量的 90% 以上。⁷

毒性

8. 多溴聯苯醚的吸收量與母體聯苯醚的溴化程度有直接關係；一般來說，溴化程度越高，生物利用度就越低。溴化程度較高的多溴聯苯醚(例如十溴聯苯醚)被大量吸收的機會不大，但經代謝後或會轉化為低溴物質。溴化程度較低的多溴聯苯醚可能會口服吸收，並積聚於人體組織(例如脂肪)。⁸

9. 研究發現，大鼠和小鼠的多溴聯苯醚排出率有顯著區別。大鼠主要經由糞便排出多溴聯苯醚，但成年小鼠卻可經由尿液排出BDE-47(一種四溴同系物)。由於這種同系物排出體外的途徑不同，所以在齧齒動物體內的半衰期亦有分別。目前，有關人體藥物代謝動力學的資料有限。以大鼠的研究結果推斷，個別四溴至六溴聯苯醚同系物在人體內的半衰期估計可長達數年。^{1, 5}

10. 多溴聯苯醚的急性口服毒性甚低。各項毒理學研究主要集中於多溴聯苯醚對肝臟、甲狀腺激素平衡，以及生殖和神經系統的影響。實驗動物長期攝入五溴聯苯醚和八溴聯苯醚會引致肝臟腫大。多項研究發現，多溴聯苯醚會影響實驗動物的發育(尤其是腦部和生殖器官)、改變其神經行為發育和干擾甲狀腺素(甲狀腺激素)水平。

11. 一些流行病學研究顯示，人體的多溴聯苯醚攝入量與甲狀腺激素水平有相關性。不過，2011年歐洲食物安全局指出，觀察到的多溴聯苯醚對甲狀腺激素水平的影響是不一致的，而攝入其他鹵代污染物亦可能會令研究結果出現偏差。

12. 大部分體外基因毒性測試的結果和體內測試所得的有限數據均顯示，多溴聯苯醚混合物及個別同系物沒有基因毒性。不過，近期有體外研究指出，多溴聯苯醚會誘發氧分子活化，可能破壞脫氧核糖核酸。²在缺乏人體數據的情況下，加上只有零星證據證明這類物質會令動物患癌，世界衛生組織轄下的國際癌症研究機構於1999年把十溴聯苯醚列為第3類物質(即在會否令人類患癌方面未能分類的物質)，但並沒有就五溴聯苯醚和八溴聯苯醚的致癌性進行評估。⁹

安全參考值

13. 2005年，聯合國糧食及農業組織 / 世界衛生組織聯合食品添加劑專家委員會(下稱“專家委員會”)指出，目前並無足夠數據釐定多溴聯苯醚的健康指標數值。不過，專家委員會認為，根據有限的毒性數據，齧齒動物每日攝入毒性較高[溴化程度較低]的多溴聯苯醚同系物的分量少於每公斤體重約100微克，不會造成不良影響。²專家委員會指出，成年人口每日從膳食攝入多溴聯苯醚的分量估計為每公斤體重約0.004微克(每日每公斤體重4納克)，母乳餵哺的嬰兒則為0.1微克，兩者的暴露限值似乎都相當高。暴露限值越高，值得關注的程度就越低，反之亦然。

14. 2011年，歐洲食物安全局以多溴聯苯醚對神經發育的影響作為毒性評估的關鍵終點，並分別就BDE-47、BDE-99、BDE-153和BDE-209四種多溴聯苯醚同系物訂出基準劑量(benchmark doses, BMDs)和相應的引起10%不良反應率的95%統計學可信區間下限值(即benchmark dose lower confidence limit for a benchmark response of 10%, BMDL_{10s})。歐洲食物安全局根據基準劑量可信限下限，測算實驗動物的身體負荷量，再計及個別同系物在人體的吸收率和排出半衰期，從而計算出“人體長期膳食攝入量”的數值。

15. 歐洲食物安全局指出，BDE-47、BDE-99 和 BDE-153 的人體長期膳食攝入量分別為每日每公斤體重 172 納克、4.2 納克和 9.6 納克。至於 BDE-209，歐洲食物安全局認為，由於這種同系物在動物及人體的半衰期相若，因此，進行人體健康風險評估時，可採用動物研究所得的外部劑量水平(基準劑量可信限下限)，即每日每公斤體重 1.7 毫克。把人體長期膳食攝入量與一般市民的估計膳食攝入量比較，便可得出相關的暴露限值。歐洲食物安全局認為，暴露限值高於 2.5，表示應不會引起健康問題。²

本港上次研究

16. 2009 年，食物環境衛生署進行了一項有關動物源性食物的多溴聯苯醚含量研究，根據中學生的食物消費量數據和個別食物的多溴聯苯醚含量，綜合得出他們每日從個別食物攝入多溴聯苯醚的分量。攝入量一般的中學生每日從動物源性食物攝入多溴聯苯醚的分量估計為每公斤體重 2.6 納克，攝入量高的中學生則為 6.4 納克。兩者的攝入量均遠低於對實驗動物造成不良影響的劑量(每日每公斤體重 100 微克)，顯示本港中學生從膳食攝入多溴聯苯醚的分量引起健康問題的機會不大。¹⁰

17. 上次研究有一些局限。食物樣本未經進一步處理便進行分析。食物消費量調查只有中學生食物消費量模式的數據。總膳食研究有助更準確地評估本港成年人口從膳食攝入多溴聯苯醚的分量。

研究方法及化驗分析

香港首個總膳食研究採用的研究方法

18. 香港首個總膳食研究涉及的工作包括在全港不同地區購買市民經常食用的食物樣本，把食物樣本處理至可食用狀態並合併成為混合樣本，然後把食物樣本均質化，並分析樣本內多種物質的含量。這些物質的化驗分析結果結合香港市民食物消費量調查(下稱“食物消費量調查”)¹¹ 所得不同人口組別的食物消費量資料，便可得出市民從膳食攝入這些物質的分量。

19. 這項研究根據食物消費量調查所得的食物消費量數據，選出 150 種食物進行分析。抽樣工作在 2010 年 3 月至 2011 年 2 月期間分四次進行，每次抽樣每種食物收集三個樣本，並按慣常的飲食模式處理。整項研究合共收集了 1 800 個樣本，合併成為 600 個混合樣本進行化驗分析。

20. 在總膳食研究涵蓋的 150 種食物中，選出 71 種可能含有多溴聯苯醚的食物進行檢測。這些食物主要是動物源性食物及其製品，以及油脂性食物。經檢測的 71 種食物載於附錄 1。由於資源所限，只化驗了其中兩次抽樣工作(即 2010 年 6 月至 8 月及 2010 年 9 月至 11 月)取得的樣本。

21. 中心利用由內部研發名為攝入量評估系統的網絡電腦系統，評估膳食攝入量，當中涉及食物對應處理和數據加權的工作。研究以膳食攝入量的平均值和第 95 百分位的數值分別作為攝入量一般和攝入量高的市民的數值。

22. 在同系列總膳食研究報告中，有關研究方法的一冊載述相關詳細資料。¹²

多溴聯苯醚的化驗分析

23. 多溴聯苯醚的化驗分析工作由政府化驗所負責。化驗人員首先秤取足夠重量的樣本(介乎 1 至 150 克，視乎食物樣本的基質而定)，然後定量添加硫酸鈉和九種多溴聯苯醚同系物的穩定同位素(碳-13 標記)內標物，再加入二氯甲烷和己烷(比例為一比一)的混合物。樣本再次均質化後，注入酸化的矽膠柱，進行脫水、脫脂和萃取程序。樣本的溶劑揮發後，以小型矽膠柱淨化濃縮的樣本萃取物，然後進行碳柱分層程序。含多溴聯苯醚同系物的分層部分以真空揮發的方式濃縮，然後用矽膠柱和氧化鋁柱進一步淨化，再用氮氣吹乾洗出液，最後把剩餘物重新溶於 20 微升以壬烷為溶劑的碳-13 同位素回收率標樣物。這 20 微升的最後萃取物以氣相色譜 / 高分辨質譜聯用儀進行分析。首先以氣相色譜儀分離待測物，然後利用高分辨質譜儀以分辨率相等於或大於 5000 的選擇離子偵察法檢測。把待測物和校準標樣物中相應的化合物兩者的保留時間、質量和兩個準確質量電荷比的離子豐量比率作比較，進行定性分析。

24. 這項研究選定 24 種多溴聯苯醚同系物進行檢測，這些同系物常見於食物和環境中，而且有確認的分析方法。BDE-17、BDE-28、BDE-47、BDE-66、BDE-77、BDE-85、BDE-99、BDE-100、BDE-119 和 BDE-126 的報告限為每克 0.25 皮克；BDE-49/71、BDE-138、BDE-153、BDE-154、BDE-156、BDE-183、BDE-184、BDE-191、BDE-196 和 BDE-197 為每克 0.50 皮克；BDE-206、BDE-207 和 BDE-209 則為每克 1.25 皮克。至於脂肪含量，報告限為 0.5% (按重量比計算)。樣本以鮮重(整體重量)分析，含量則以皮克 / 克(萬億分比)表示。這項研究以同位素稀釋技術檢測多溴聯苯醚同系物 BDE-28、BDE-47、BDE-99、BDE-153、BDE-154、BDE-183、BDE-197、BDE-207 和 BDE-209 的含量，並以內標物技術檢測其他多溴

聯苯醚同系物的含量。在特定實驗條件下，多溴聯苯醚同系物 BDE-49 和 BDE-71 的色譜峯未能完全分離，因此這兩種同系物的含量以一個總數表示。把上述 24 種經檢測同系物的含量加起來，便計算出多溴聯苯醚的總含量。如個別同系物的分析值低於報告限，則以報告限的一半計算含量。這項研究分析的多溴聯苯醚同系物的溴取代模式載於表 1。

表 1：經分析的多溴聯苯醚同系物

同系物編號	溴取代模式
BDE-17	2,2',4-三溴聯苯醚
BDE-28	2,4,4'-三溴聯苯醚
BDE-47	2,2',4,4'-四溴聯苯醚
BDE-49	2,2',4,5'-四溴聯苯醚
BDE-66	2,3',4,4'-四溴聯苯醚
BDE-71	2,3',4',6-四溴聯苯醚
BDE-77	3,3',4,4'-四溴聯苯醚
BDE-85	2,2',3,4,4'-五溴聯苯醚
BDE-99	2,2',4,4',5-五溴聯苯醚
BDE-100	2,2',4,4',6-五溴聯苯醚
BDE-119	2,3',4,4',6-五溴聯苯醚
BDE-126	3,3',4,4',5-五溴聯苯醚
BDE-138	2,2',3,4,4',5'-六溴聯苯醚
BDE-153	2,2',4,4',5,5'-六溴聯苯醚
BDE-154	2,2',4,4',5,6'-六溴聯苯醚
BDE-156	2,3,3',4,4',5-六溴聯苯醚
BDE-183	2,2',3,4,4',5',6-七溴聯苯醚
BDE-184	2,2',3,4,4',6,6'-七溴聯苯醚
BDE-191	2,3,3',4,4',5',6-七溴聯苯醚
BDE-196	2,2',3,3',4,4',5,6-八溴聯苯醚
BDE-197	2,2',3,3',4,4',6,6'-八溴聯苯醚
BDE-206	2,2',3,3',4,4',5,5',6-九溴聯苯醚
BDE-207	2,2',3,3',4,4',5,6,6'-九溴聯苯醚
BDE-209	2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-十溴聯苯醚

結果及討論

總膳食研究所涵蓋食物的多溴聯苯醚含量

25. 這項研究合共分析了 142 個混合樣本(兩次抽樣工作每次分別取得 71 個混合樣本)。全部樣本均驗出含有多溴聯苯醚。至於個別同系物的含量,約半數樣本(47%)的結果為“檢測不到”(即個別同系物的含量低於報告限)。我們按照世界衛生組織就如何評估食物中低含量污染物提出的建議處理檢測不到的分析結果,¹³所有檢測不到的結果全部設定為報告限的一半,以計算多溴聯苯醚含量和估計膳食攝入量。總膳食研究 12 個食物組別的檢測結果載於表 2, 71 種食物的檢測結果則載於附錄 1。

表 2：香港首個總膳食研究所涵蓋食物組別的多溴聯苯醚含量(皮克 / 克)

食物組別	混合樣本 數目	低於報告限 的檢測結果 所佔百分比 (%)	平均值(皮克 / 克)[範圍]#	
蛋及蛋類製品	6	36	1 693.7	[124.7-8 401.9]
油脂類	4	48	1 031.6	[58.4-2 060.1]
甜點	2	48	525.7	[444.8-606.7]
魚類和海產及其製品	38	41	350.4	[15.4-2 421.5]
肉類、家禽和野味及其製品	24	32	191.9	[37.6-791.0]
穀物及穀物製品	24	48	172.5	[11.8-776.9]
混合食品	22	48	92.2	[5.6-340.1]
蔬菜及蔬菜製品	2	52	74.2	[51.4-97.0]
零食食品	2	54	62.2	[52.7-71.7]
乳類製品	10	77	43.0	[6.3-180.1]
調味料、醬油及香草	2	61	18.7	[14.2-23.3]
不含酒精飲品	6	88	11.6	[6.5-21.2]
總計	142	47	283.4	[5.6-8 401.9]

註：

由於只有 47% 的檢測結果低於報告限，所有低於報告限的結果全部設定為報告限的一半，以便計算含量。

26. 研究發現，“蛋及蛋類製品”這個食物組別的多溴聯苯醚含量最高(平均含量為每克 1 693.7 皮克)，其次是“油脂類”(平均含量為每克 1 031.6 皮克)、“甜點”(平均含量為每克 525.7 皮克)和“魚類和海產及其製品”(平均含量為每克 350.4 皮克)。“蛋及蛋類製品”的多溴聯苯醚含量偏高，主要是由於鹹蛋的多溴聯苯醚含量是各種食物中最高的(平均含量為每克 4 562.2 皮克)。皮蛋(平均含量為每克 306.7 皮克)和雞蛋(平均含量為每克 212.1 皮克)的多溴聯苯醚含量，則遠低於鹹蛋。

27. 這項研究選取朱古力 / 巧克力作為具代表性的“甜點”食物。由於朱古力 / 巧克力的平均脂肪含量達 27.5%，樣本所含的多溴聯苯醚可能來自脂肪成分(例如牛油、可可脂或其他植物油脂)。

28. 這項研究比較 71 種食物的多溴聯苯醚含量，發現鹹蛋的含量最高(平均含量為每克 4 562.2 皮克[含量範圍介乎每克 722.5 至 8 401.9 皮克])，其次是“植物油”(平均含量為每克 1 962.7 皮克[含量範圍介乎每克 1 865.3 至 2 060.1 皮克])和黃花魚(平均含量為每克 1 632.8 皮克[含量範圍介乎每克 844.1 至 2 421.5 皮克])。魚類和植物油樣本的多溴聯苯醚含量與其他國家的研究結果相若。^{2、14、15} 鹹蛋是中國傳統食物，其他國家並無這種食物的多溴聯苯醚含量數據。一些鹹蛋樣本的異常含量數值，可能是導致混合樣本含量數值異常偏高的原因。鹹蛋受多溴聯苯醚污染，或許與食物加工過程有關，例如草木灰或其他物料等鹹蛋醃料或接觸物料受到污染。事實上，最近一項研究顯示，食物的多溴聯苯醚含量偏高，除了由於動植物吸收 / 攝入多溴聯苯醚外，也可能歸因於食物受到包裝物料間接污染，或食物由生產地點、銷售點至送達消費者的過程受到其他污染源間接污染。¹⁶

29. 各食物組別所含多溴聯苯醚同系物的分布情況載於附錄 2。這項研究顯示，本港食物含有的多溴聯苯醚同系物似乎主要是 BDE-47 和 BDE-209。在“魚類和海產及其製品”中，BDE-47 的含量最高。至於其他食物組別，除了“蔬菜及蔬菜製品”外，檢出的多溴聯苯醚同系物主要是 BDE-209。蔬菜及蔬菜製品含有的多溴聯苯醚同系物主要是 BDE-183(含量為每克 18 皮克，這是兩次檢測結果(分別為每克 36 皮克和檢測不到)的平均值)。這項研究所得的分布模式與 2009 年上次研究結果及其他地方的研究結果一致。^{2、10、14、17} 十溴聯苯醚是現階段全球最常用的多溴聯苯醚化合物，其產品含有的多溴聯苯醚同系物主要是 BDE-209(逾 90%)。不過，一般魚類和海產含有的多溴聯苯醚同系物主要並非 BDE-209。有學者認為，這可能是因為 BDE-209 的分子較大，吸收率較低，又或這種同系物在水生生物體內經生物轉化後較快排出體外。¹⁸ 此外，BDE-209 在

魚類體內進行生物轉化，可能會令魚類的低溴多溴聯苯醚同系物含量較高。^{19、20}

30. 至於“蔬菜及蔬菜製品”，儘管這個組別食物含有的多溴聯苯醚同系物主要是 BDE-183，但兩個混合樣本檢出的 BDE-183 含量分別為每克 36 皮克和檢測不到。此外，由於炸薯檢測到多溴聯苯醚的機會較大，所以只選取了炸薯作為這個組別具代表性的食物。因此，“蔬菜及蔬菜製品”這個食物組別所含多溴聯苯醚同系物的分布情況，不可視為一般蔬菜類食物的典型分布情況。

從膳食攝入多溴聯苯醚的情況

31. 攝入量一般的市民每日從膳食攝入多溴聯苯醚的分量為每公斤體重 1.34 納克，攝入量高的市民則為 2.90 納克。研究以市民膳食攝入量第 95 百分位的數值作為攝入量高的市民的數值。圖 1 顯示，12 個不同年齡及性別組別從膳食攝入多溴聯苯醚的分量均低於專家委員會估計的全球成年人口膳食攝入量(每日每公斤體重 4 納克)。

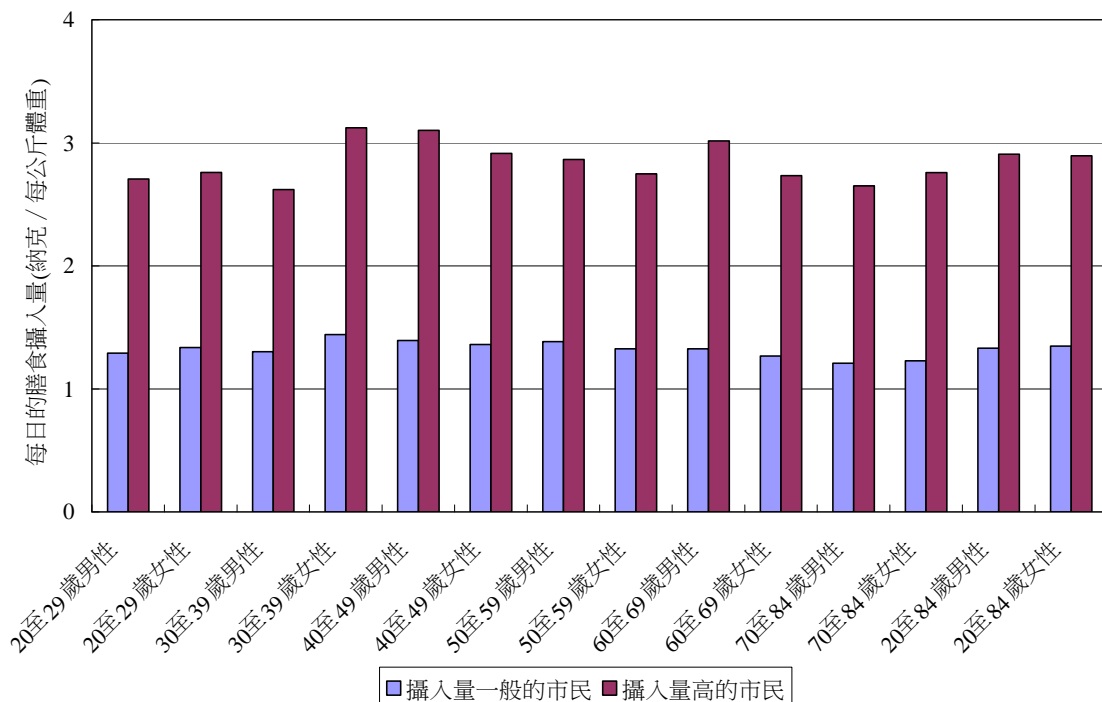


圖 1：香港首個總膳食研究按 12 個不同年齡及性別組別列出攝入量一般和攝入量高的市民從膳食攝入多溴聯苯醚的分量

32. 市民從膳食攝入BDE-209和BDE-47的分量總和佔多溴聯苯醚總攝入量的一半以上(分別為 39.4% 和 16.2%)。攝入量一般的市民攝入各種同系物的分量載於附錄 3。

33. 由於專家委員會並無釐定多溴聯苯醚的每日可容忍攝入量，因此這項研究以暴露限值來評估市民從膳食攝入多溴聯苯醚對健康帶來的風險。暴露限值的計算方法是將對實驗動物造成不良影響的劑量除以從食物攝入多溴聯苯醚的估計分量。暴露限值越高，引起健康問題的機會就越低。暴露限值的數值載於表 3。

表 3：比較對齧齒動物不會造成不良影響的劑量和市民的估計膳食攝入量，計算出攝入量一般和攝入量高的市民攝入多溴聯苯醚總量的暴露限值

對齧齒動物不會造成不良影響的每日劑量 (微克 / 每公斤體重)	攝入量一般的市民		攝入量高的市民	
	每日的膳食攝入量 (納克 / 每公斤體重)	暴露限值	每日的膳食攝入量 (納克 / 每公斤體重)	暴露限值
少於 100	1.34	75 000	2.90	34 000

34. 專家委員會認為，根據有限的毒性數據，齧齒動物每日攝入毒性較高的多溴聯苯醚同系物的分量少於每公斤體重約 100 微克，不會造成不良影響。因此，我們以這個數值(每日每公斤體重 100 微克)為基礎，釐定多溴聯苯醚的暴露限值。專家委員會估計，成年人口每日從膳食攝入多溴聯苯醚的分量為每公斤體重約 0.004 微克(每日每公斤體重 4 納克)，母乳餵哺的嬰兒則為 0.1 微克。專家委員會認為，根據兩者的攝入量計算出來的暴露限值似乎都相當高，因此，雖然有關毒性和估計攝入量的數據不足，但上述多溴聯苯醚膳食攝入量引起健康問題的機會不大。¹

35. 這項研究顯示，攝入量一般的市民每日從膳食攝入多溴聯苯醚的分量估計為每公斤體重 1.34 納克，攝入量高的市民則為 2.90 納克。根據這兩個數字計算，攝入量一般的市民的暴露限值為 75 000，攝入量高的市民則為 34 000。暴露限值的數值偏高，表示市民無須擔心。

36. 2011 年，歐洲食物安全局表示，有八種多溴聯苯醚同系物(即 BDE-28、BDE-47、BDE-99、BDE-100、BDE-153、BDE-154、BDE-183

和BDE-209)與多溴聯苯醚膳食攝入量的相關性較大，最值得注意。不過，由於只有BDE-47、BDE-99、BDE-153和BDE-209的相關毒性數據，因此只能進行這四種同系物的風險特徵描述。²

37. 這項研究按照歐洲食物安全局的方法，把人體長期膳食攝入量與攝入量一般和攝入量高的市民的估計膳食攝入量比較，從而計算出上述四種同系物的暴露限值。暴露限值的數值載於表4。歐洲食物安全局認為，從原則上來說，多溴聯苯醚的暴露限值高於2.5，表示不會引起健康問題。這項研究的結果顯示，BDE-47、BDE-99、BDE-153和BDE-209四種同系物的暴露限值均高於2.5，因此，市民從膳食攝入這些同系物的分量，不會引起健康問題。

表4：比較人體長期膳食攝入量和市民的估計膳食攝入量，計算出攝入量一般和攝入量高的市民攝入BDE-47、BDE-99、BDE-153和BDE-209的暴露限值

多溴聯苯醚 同系物	人體長期每日 膳食攝入量 (納克/ 每公斤體重)	攝入量一般的市民		攝入量高的市民	
		每日的 膳食攝入量 (納克/ 每公斤體重)	暴露限值	每日的 膳食攝入量 (納克/ 每公斤體重)	暴露限值
BDE-47	172	0.22	780	0.65	260
BDE-99	4.2	0.07	60	0.14	30
BDE-153	9.6	0.04	240	0.08	120
BDE-209	1 700 000 ^a	0.53	3 200 000	1.09	1 600 000

^a 動物的基準劑量可信限下限以外劑量計算，可與人體估計膳食攝入量比較。

主要食物來源

38. 攝入量一般的市民從總膳食研究12個食物組別攝入多溴聯苯醚的分量佔總膳食攝入量的百分比載於圖2。

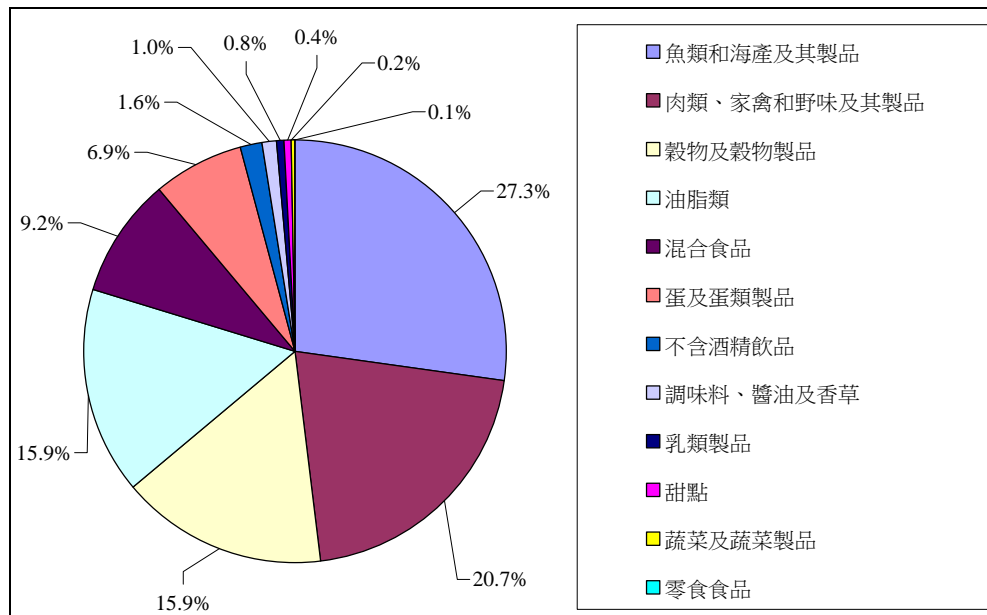


圖 2：市民從不同食物組別攝入多溴聯苯醚的分量佔總膳食攝入量的百分比

39. 研究結果顯示，“魚類和海產及其製品”是市民從膳食攝入多溴聯苯醚的主要來源，佔總攝入量的 27.3%，其次是“肉類、家禽和野味及其製品”、“穀物及穀物製品”和“油脂類”，分別佔總攝入量的 20.7%、15.9% 和 15.9%。由於多溴聯苯醚屬脂溶性，市民應進食低脂食物，切去肉類及肉類製品的脂肪，配製食物時減少脂肪和油的用量，以進一步減少多溴聯苯醚的膳食攝入量。

與本港上次研究結果和其他地方研究結果比較

40. 根據這項研究，攝入量一般和攝入量高的市民從膳食攝入多溴聯苯醚的估計分量低於 2009 年本港上次研究所得的數字(上次研究結果顯示，攝入量一般的中學生每日從膳食攝入多溴聯苯醚的分量估計為每公斤體重 2.6 納克，攝入量高的中學生則為 6.4 納克)。

41. 香港首個總膳食研究所得本港市民從膳食攝入多溴聯苯醚的分量與其他地方的比較載於表 5。這項研究得出的多溴聯苯醚估計攝入量(每日每公斤體重 1.34 至 2.90 納克)與其他地方相若。^{14、15、17、21、22、23、24}

42. 不過，由於各項研究進行的時間不同，採用的研究方法、食物消費量數據收集方法和污染物分析方法各異，在處理低於檢測限分析結果方面的做法不一，以及檢測的同系物數目不同，在直接比較數據時，必須小心審慎。

表 5：比較多溴聯苯醚的膳食攝入量

	每日從膳食攝入多溴聯苯醚的分量 (納克 / 每公斤體重)
比利時 (Voorspoels 等人，2007 年)	上限 0.80 下限 0.38
日本 (Akutsu，2008 年)	下限 1.1
美國 (Schechter 等人，2006 年)	0.9 至 1.2
西班牙 (Bocio 等人，2003 年)	1.2 至 1.4
西班牙 (Domingoa 等人，2008 年)	1.1
香港 (食物安全中心，2012 年)	1.34 至 2.90
英國 (英國食物標準局，2006 年)	上限 5.91
澳洲 (澳洲新西蘭食品標準管理局， 2007 年)	上限 49 至 132 中間 25 至 67 下限 1 至 4

註：

- 日本和比利時的攝入量數據按體重 60 公斤加以調整，以便以每日每公斤體重攝入的分量表示。
- 上限：所有低於定量限(即檢測不到)的檢測結果均設定為定量限 / 檢測限。
- 中間：所有低於定量限 / 檢測限的檢測結果均設定為定量限 / 檢測限的一半。
- 下限：所有低於定量限 / 檢測限的檢測結果均設定為零。

研究的局限

43. 礙於化驗室資源有限，這項研究選取可能含有多溴聯苯醚的食物進行檢測，化驗的食物數目不多，或會低估了多溴聯苯醚的攝入量。至於研究的其他局限，載於香港首個總膳食研究有關研究方法的報告內。

結論及建議

44. 攝入量一般的市民每日從膳食攝入多溴聯苯醚的分量估計為每公斤體重 1.34 納克，攝入量高的市民則為 2.90 納克。這項研究分別按照專家委員會和歐洲食物安全局的方法計算暴露限值，結果得出的暴露限值相當高，顯示市民從膳食攝入多溴聯苯醚的分量引起健康問題的機會不大。

45. 不過，有些多溴聯苯醚同系物是持久性有機污染物，容易在體內積聚，為審慎起見，應盡量減少多溴聯苯醚的攝入量。為免攝入過量多溴聯苯醚，市民應保持均衡飲食，避免因只進食某幾類食物而攝入過量化學污染物。由於多溴聯苯醚屬脂溶性，市民應進食低脂食品，切去肉類及肉類製品的脂肪，配製食物時減少脂肪和油的用量，以減少多溴聯苯醚的膳食攝入量。

參考文件

- 1 JECFA. 64th Meeting – Safety evaluation of certain contaminants in food. WHO Food Additives Series 55/ FAO Food and Nutrition Paper 82; Geneva, 2006. Available from URL: http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241660554_PDE_eng.pdf
- 2 EFSA. Scientific opinion. Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). EFSA Journal; 9(5):2156. 2011.
- 3 Hites R.A. Polybrominated diphenyl ethers in the environment and in people: A meta-analysis of concentrations. Environmental Science Technology; 38(4), 945-956, 2004.
- 4 United Nations Environment Programme. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). Geneva, Secretariat of the Stockholm Convention. [cited at 24 Aug 2011] Available from URL: <http://chm.pops.int/>
- 5 National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme (NICNAS). Interim public health risk assessment of certain PBDE congeners. Canberra: Commonwealth of Australia; March 2007. Available from URL: <http://www.nicnas.gov.au/publications/car/Other/Final%20Interim%20Report%20-%20March.pdf>
- 6 Lober M. Exposure of Americans to polybrominated diphenyl ethers. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology; 18, 2-19. 2007.
- 7 Fromme H., Körner W., Shahin N., Wanner A., Albrecht M., Boehmer A., Parlar H, Mayer R., Liebl R., Bolte G. Human exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDE), as evidenced by data from a duplicate diet study, indoor air, house dust, and biomonitoring in Germany. Environmental International; 35(8), 1125-1135. 2009.
- 8 Health Protection Agency. Polybromodiphenyl ethers (Decabromodiphenyl ether). Toxicological overview. 2009. [cited 23 August 2011]. Available from URL: http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1236845863029
- 9 IARC. Summaries & Evaluations: Decabromodiphenyl oxide, Volume 81, 1999. Available from URL: <http://www.inchem.org/documents/iarc/vol71/079-decabrdipoxide.html>
- 10 食物環境衛生署。《動物源性食物的多溴聯苯醚含量》。香港：食物環境衛生署；2009年。網址：
http://www.cfs.gov.hk/tc_chi/programme/programme_rafs/programme_rafs_fc_01_20.html

- 11 Food and Environmental Hygiene Department (FEHD). Hong Kong Population-Based Food Consumption Survey 2005-2007 Final Report. Hong Kong: FEHD; 2010
- 12 食物環境衛生署。《香港首個總膳食研究：研究方法》。香港：食物環境衛生署；2011年。網址：
http://www.cfs.gov.hk/tc_chi/programme/programme_firm/files/1st_HKTDS_Report_c.pdf
- 13 WHO. GEMS/Food-EURO Second Workshop on Reliable Evaluation of Low-level Contamination of Food – Report of a Workshop in the Frame of GEMS/Food-EURO. WHO; May 1995. Available from URL:
http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/en/lowlevel_may1995.pdf
- 14 Schecter, A. et al., Polybrominated diphenyl ether levels in an expanded market survey of U.S. food and estimated PBDE dietary intake by age and sex. Environmental Health Perspectives; 114, 1515-1620, 2006. Available from URL:
<http://www.ehponline.org/members/2006/9121/9121.html>
- 15 Akutsu K., Takatori S., Nakazawa H., Hayakawa K., Izumi S., and Makino T. Dietary intake estimations of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) based on a total diet study in Osaka, Japan. Food Additives and Contaminants Part B;1(1), 2008.
- 16 Schecter A, Smith S., Colacino J, Malik N, Opel, Papke O and Birnbaum L. Contamination of U.S. butter with polybrominated diphenyl ethers from wrapping paper. Health Perspectives; 119, 151-154, 2011.
- 17 Food Standards Australia New Zealand. Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDE) in Food in Australia. 2007. Available from URL:
http://www.foodstandards.gov.au/srcfiles/PBDE_Report_Dec_07.pdf
- 18 Eljarrat E, de la Cal A, Raldua D, Duran C, Barcelo D. Occurrence and bioavailability of polybrominated diphenyl ethers and hexabromocyclododecane in sediment and fish from Cinca river, a tributary of the Ebro river (Spain). Environmental Science and Technology; 38(9), 2603-2608. 2006.
- 19 Wu JP, Luo XJ, Zhang Y, Luo Y., Chen SJ, Mai BX, and Yang ZY. Bioaccumulation of polybrominated diphenyl ether (PBDEs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in wild aquatic species from an electronic waste (e-waste) recycling site in South China. International; 34, 1109-1113, 2008.
- 20 Stapleton HM, Brazil B, Holbrook RD, Mitchelmore CL, Benedict R, Konstantinov A, and Potter D. In vivo and in vitro debromination of decarbromodiphenyl ether (BDE 209) by juvenile rainbow trout and common carp. Environmental Science and Technology; 40(15), 4653-4658. 2006.
- 21 Voorspoels S, Covaci A, Neels H, and Schepens P. Dietary PBDE intake: A market –basket study in Belgium. Environment International; 33, 93-97, 2007.

- 22 Bocio A. et al., Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in FoodStuffs: Human Exposure through the Diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 51, 3191-3195, 2003. Available from URL:<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2156.pdf>
- 23 Domingoa JL, Martí´-Cid R, Castell V, Llobet JM. Human exposure to PBDEs through the diet in Catalonia, Spain: Temporal trend - A review of recent literature on dietary PBDE intake. *Toxicology*; 248, 25-32, 2008 Available from URL:
http://www.gencat.cat/salut/acsa/html/ca/dir1538/cont_quim2010/domingo-pbde-tox-2008.pdf
- 24 UKFSA. Brominated Chemicals: UK dietary intake. 10/06. June 2006.

附錄 1

總膳食研究所涵蓋食物的多溴聯苯醚含量(皮克 / 克)

總膳食研究涵蓋的食物	低於報告限的 檢測結果所佔 百分比(%)	平均值(皮克 / 克)[範圍] (檢測不到=報告限的一半)
穀物及穀物製品：	48	172.5 [11.8-776.9]
麵條(中式或日式)		19.3 [14.1-24.5]
麵條(西式)		24.9 [12.9-36.9]
即食麵		77.0 [11.8-142.3]
麵包(無餡)		142.7 [74.9-210.4]
提子包		147.1 [84.9-209.2]
菠蘿包		244.8 [204.6-284.9]
腸仔 / 火腿 / 午餐肉包		205.9 [179.8-232.0]
餅乾		157.3 [46.4-268.3]
蛋糕 / 西餅		158.8 [106.5-211.0]
餡餅		169.5 [165.3-173.7]
中式餅點		583.2 [389.6-776.9]
油炸麵團食品		139.1 [100.3-177.9]
蔬菜及蔬菜製品：	52	74.2 [51.4-97.0]
炸薯		74.2 [51.4-97.0]
肉類、家禽和野味及其製品：	32	191.9 [37.6-791.0]
牛肉		49.4 [37.6-61.2]
羊肉		57.3 [43.5-71.0]
豬肉		54.0 [39.6-68.5]
火腿		81.5 [51.9-111.2]
午餐肉		339.9 [307.9-371.8]
叉燒		126.5 [115.6-137.4]
燒肉		121.4 [83.5-159.2]
豬腩 / 豬肝		71.2 [68.5-74.0]
雞肉		212.6 [203.9-221.3]
豉油雞		428.7 [316.6-540.7]
燒鴨 / 燒鵝		553.0 [314.9-791.0]
肉腸		207.3 [125.0-289.7]
蛋及蛋類製品：	36	1 693.7 [124.7-8 401.9]
雞蛋		212.1 [124.7-299.5]

總膳食研究涵蓋的食物	低於報告限的 檢測結果所佔 百分比(%)	平均值(皮克 / 克)[範圍] (檢測不到=報告限的一半)
皮蛋		306.7 [276.0-337.4]
鹹蛋		4 562.2 [722.5-8 401.9]
魚類和海產及其製品：	41	350.4 [15.4-2 421.5]
大頭魚		306.1 [273.5-338.8]
桂花魚		431.5 [344.7-518.4]
鯪魚		175.9 [169.7-182.1]
紅衫		374.1 [319.2-429.1]
海斑		201.4 [186.5-216.3]
馬頭		218.9 [214.2-223.6]
鯧魚(鱸魚)		679.1 [532.4-825.8]
龍脷 / 撻沙		65.7 [59.3-72.1]
吞拿魚 / 金槍魚		53.4 [47.7-59.1]
烏頭		184.7 [173.7-195.7]
三文魚		1 192.5 [1 181.3-1 203.7]
黃花魚		1 632.8 [844.1-2 421.5]
絞鯪魚肉		165.1 [128.7-201.6]
魚蛋 / 魚片		65.3 [39.2-91.5]
蝦		44.6 [32.0-57.3]
蟹		160.9 [76.3-245.5]
蠔		613.7 [275.7-951.8]
扇貝 / 帶子		32.5 [15.4-49.6]
魷魚		58.5 [32.0-85.0]
乳類製品：	77	43.0 [6.3-180.1]
全脂奶		8.6 [7.1-10.1]
脫脂奶		8.0 [6.3-9.6]
芝士		129.0 [77.9-180.1]
乳酪		9.4 [9.3-9.4]
雪糕		59.9 [34.5-85.3]
油脂類：	48	1 031.6 [58.4-2 060.1]
牛油		100.5 [58.4-142.6]
植物油		1 962.7 [1 865.3-2 060.1]
不含酒精飲品：	88	11.6 [6.5-21.2]
奶茶		10.5 [8.7-12.4]

總膳食研究涵蓋的食物	低於報告限的 檢測結果所佔 百分比(%)	平均值(皮克 / 克)[範圍] (檢測不到=報告限的一半)
咖啡		13.9 [6.5-21.2]
麥芽飲品		10.5 [7.7-13.2]
混合食品：	48	92.2 [5.6-340.1]
燒賣		107.7 [66.0-149.4]
蒸餃子		83.9 [48.8-119.0]
煎餃子		82.4 [64.7-100.1]
雲吞 / 水餃		111.5 [94.7-128.4]
叉燒包		104.3 [94.1-114.6]
蘿蔔糕		33.6 [17.8-49.3]
牛肉球		89.7 [49.5-129.8]
糰		108.0 [105.8-110.1]
腸粉(有餡)		70.3 [34.7-105.9]
中式湯水		7.8 [5.6-10.0]
漢堡包		215.6 [91.1-340.1]
零食食品：	54	62.2 [52.7-71.7]
薯片		62.2 [52.7-71.7]
甜點：	48	525.7 [444.8-606.7]
朱古力 / 巧克力		525.7 [444.8-606.7]
調味料、醬油及香草：	61	18.7 [14.2-23.3]
蠔油		18.7 [14.2-23.3]

總膳食研究 12 個食物組別的多溴聯苯醚同系物含量平均值的分布情況

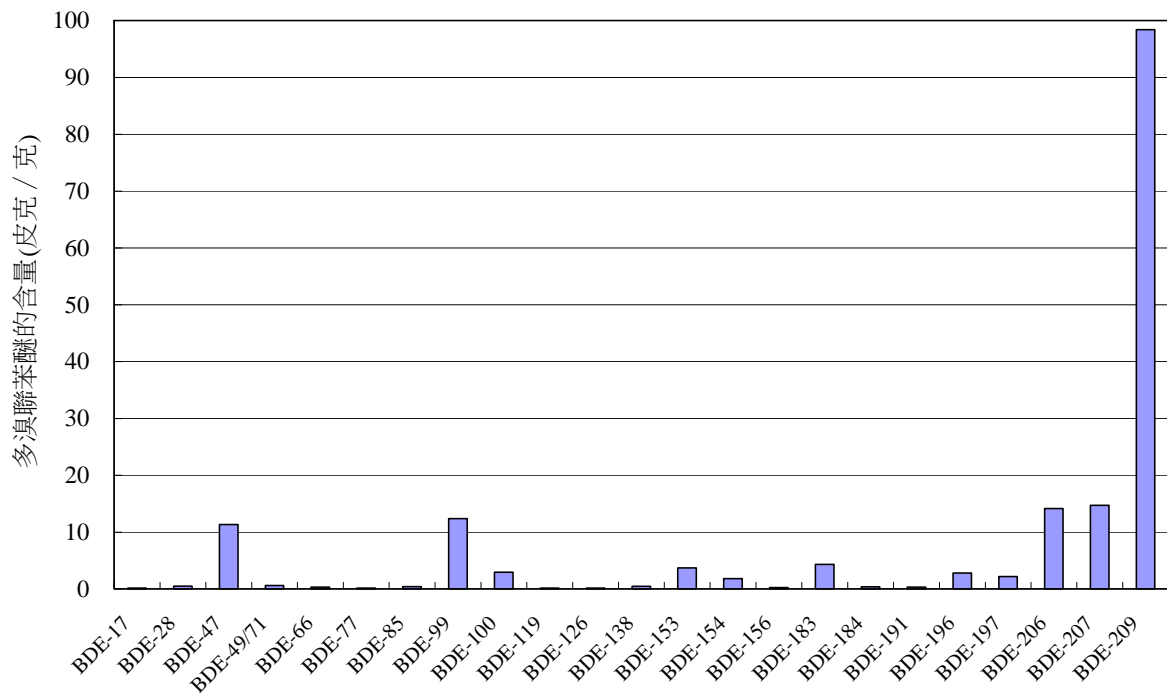


圖 1： 穀物及穀物製品的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重) 的分布情況

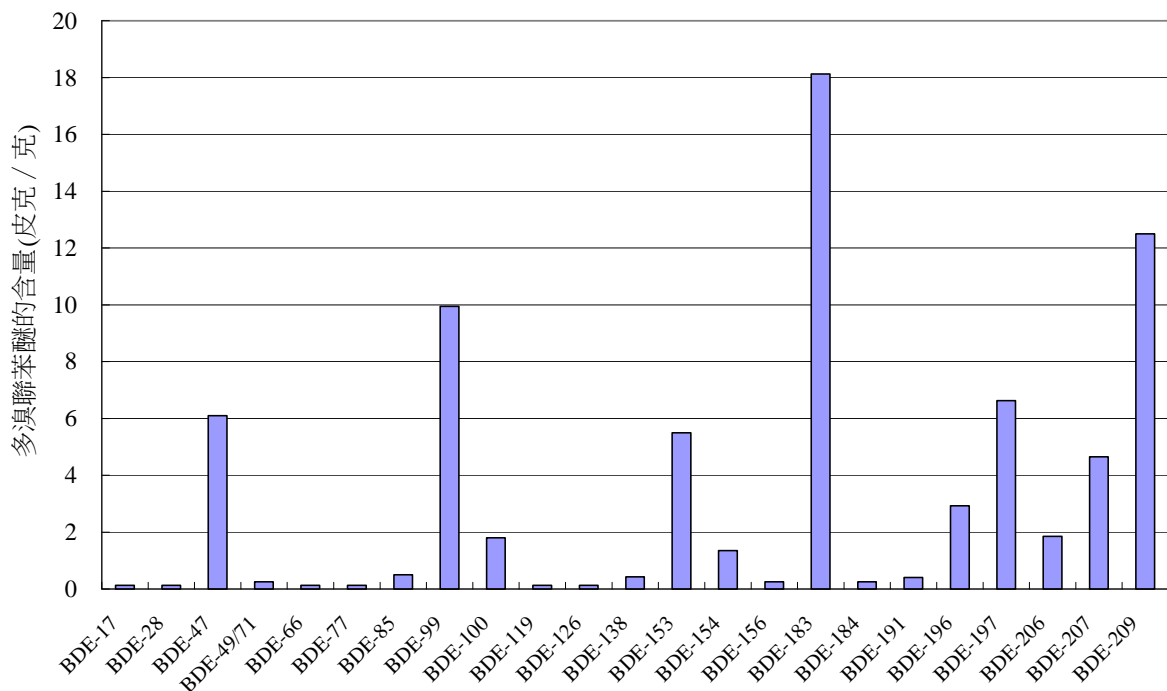


圖 2： 蔬菜及蔬菜製品的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重) 的分布情況

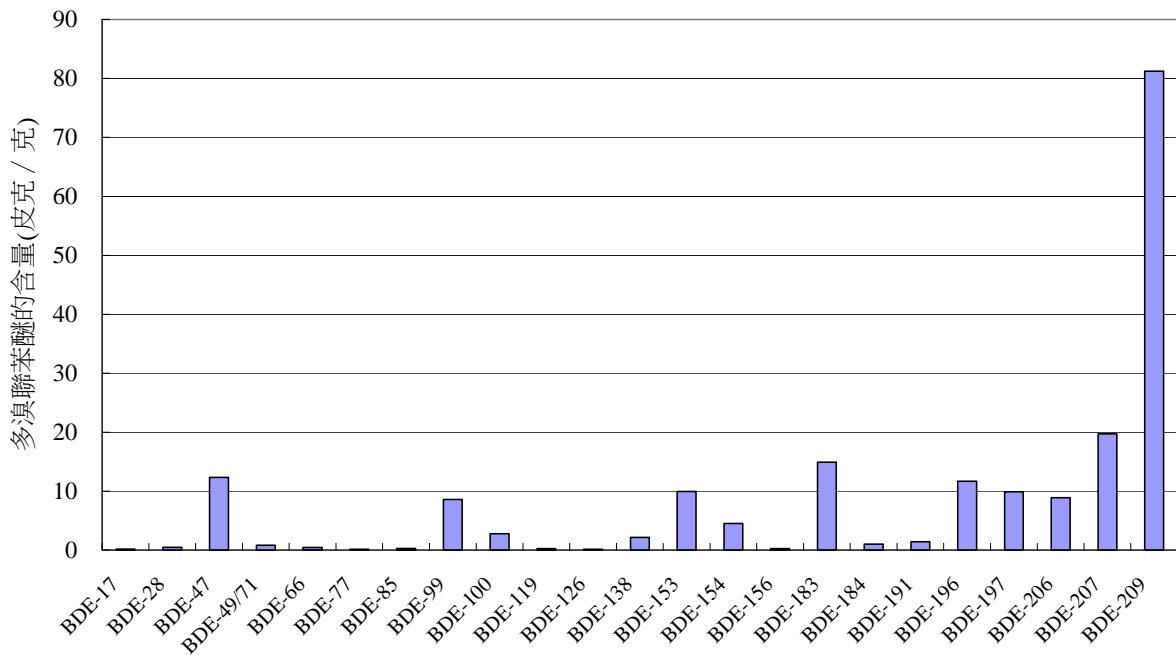


圖 3：肉類、家禽和野味及其製品的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重)的分布情況

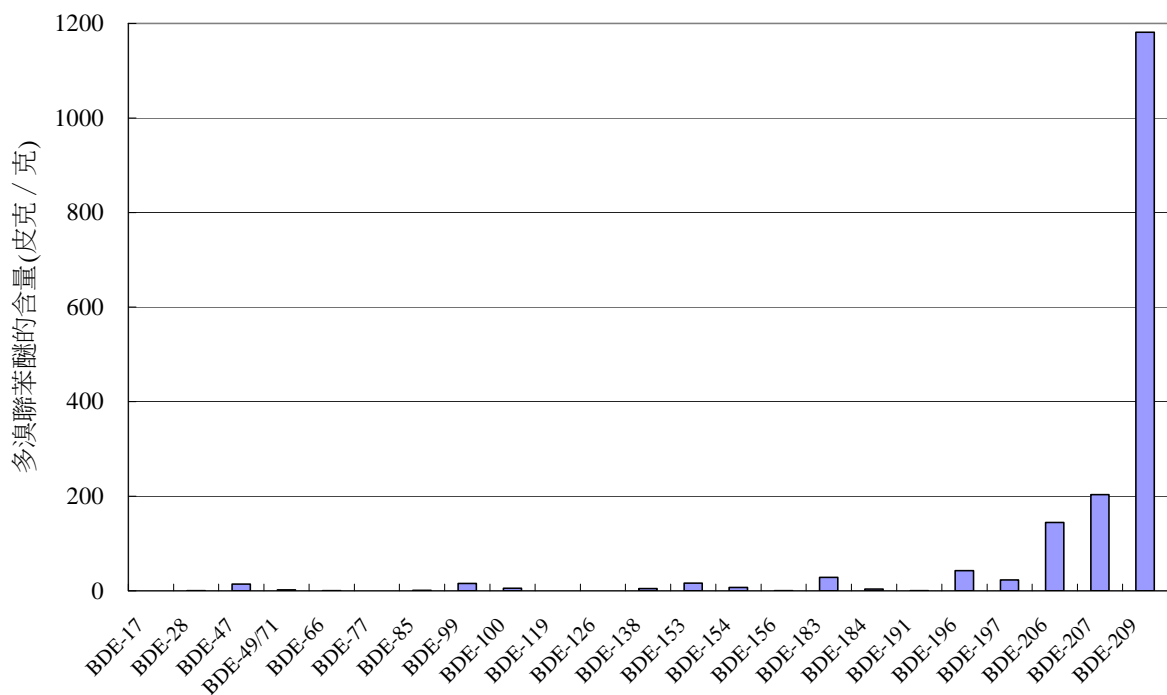


圖 4：蛋及蛋類製品的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重)的分布情況

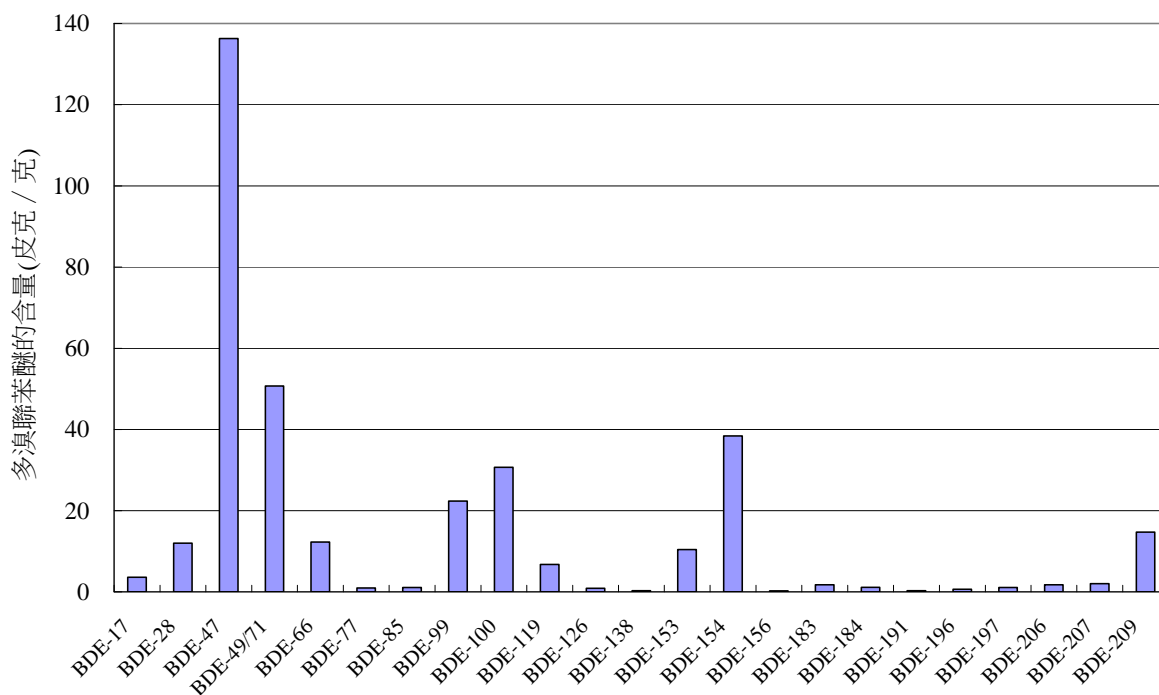


圖 5：魚類和海產及其製品的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重)的分布情況

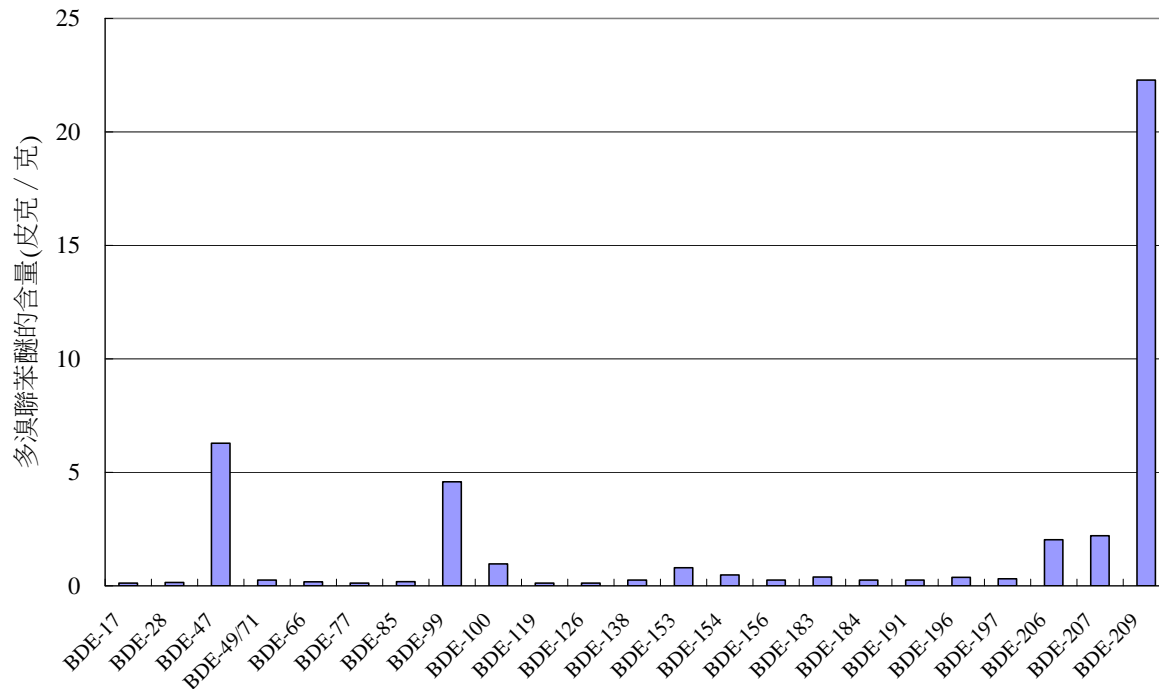


圖 6：乳類製品的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重)的分布情況

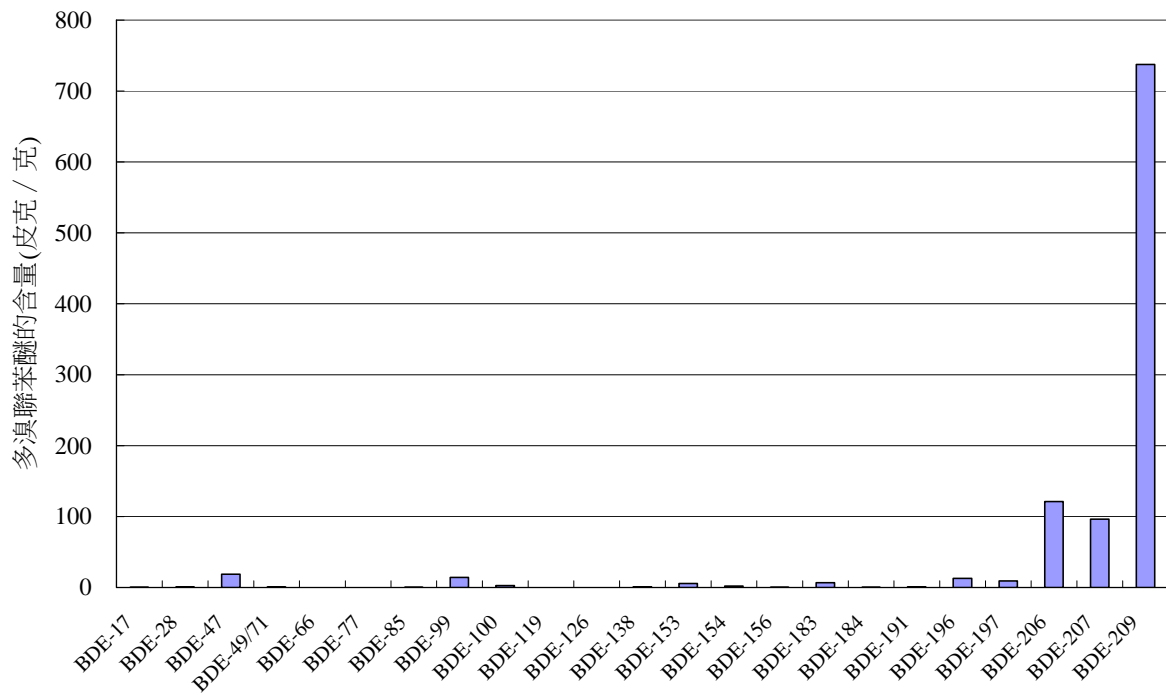


圖 7：油脂類的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重)的分布情況

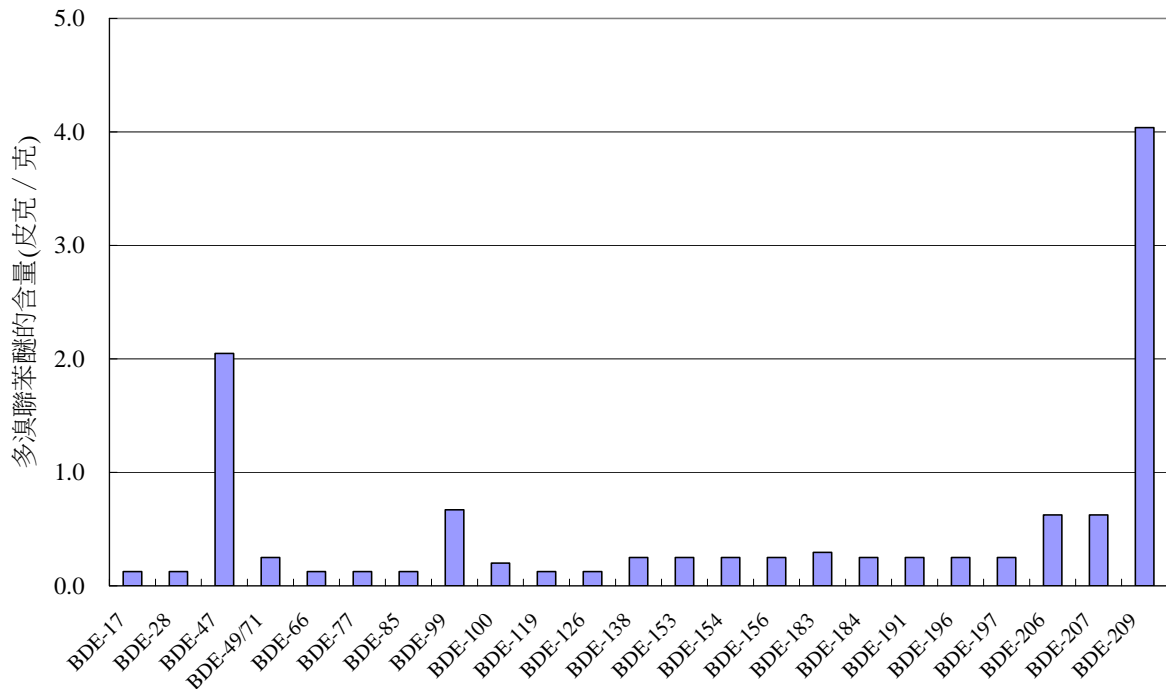


圖 8：不含酒精飲品的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重)的分布情況

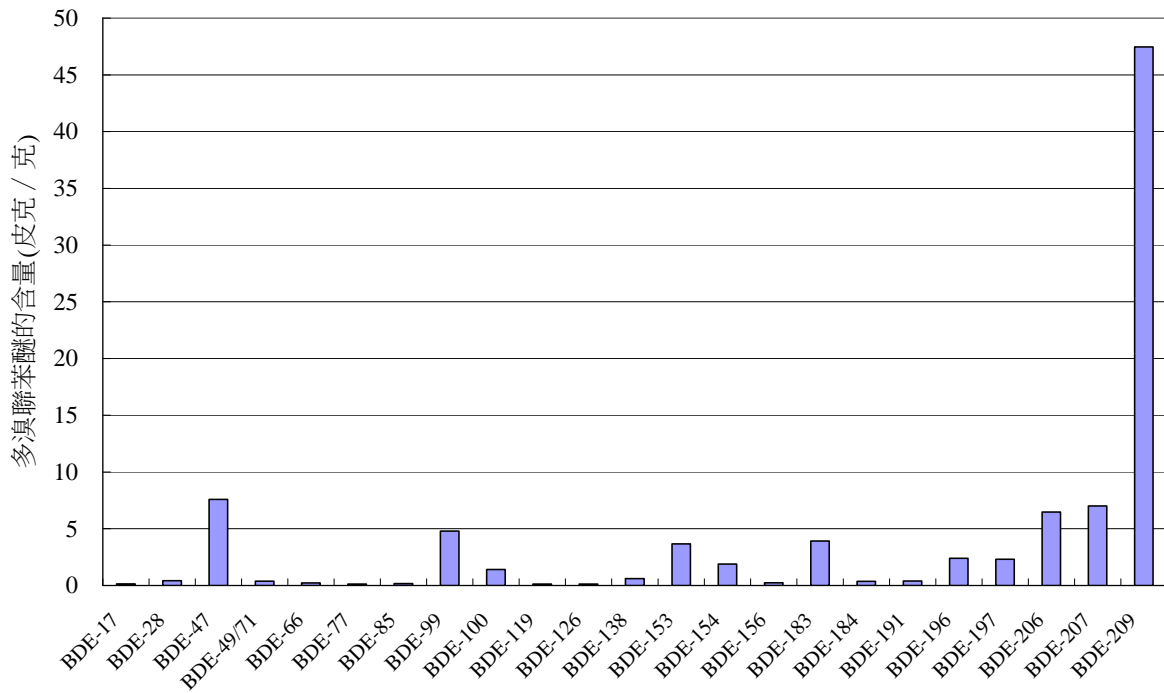


圖 9：混合食品的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重)的分布情況

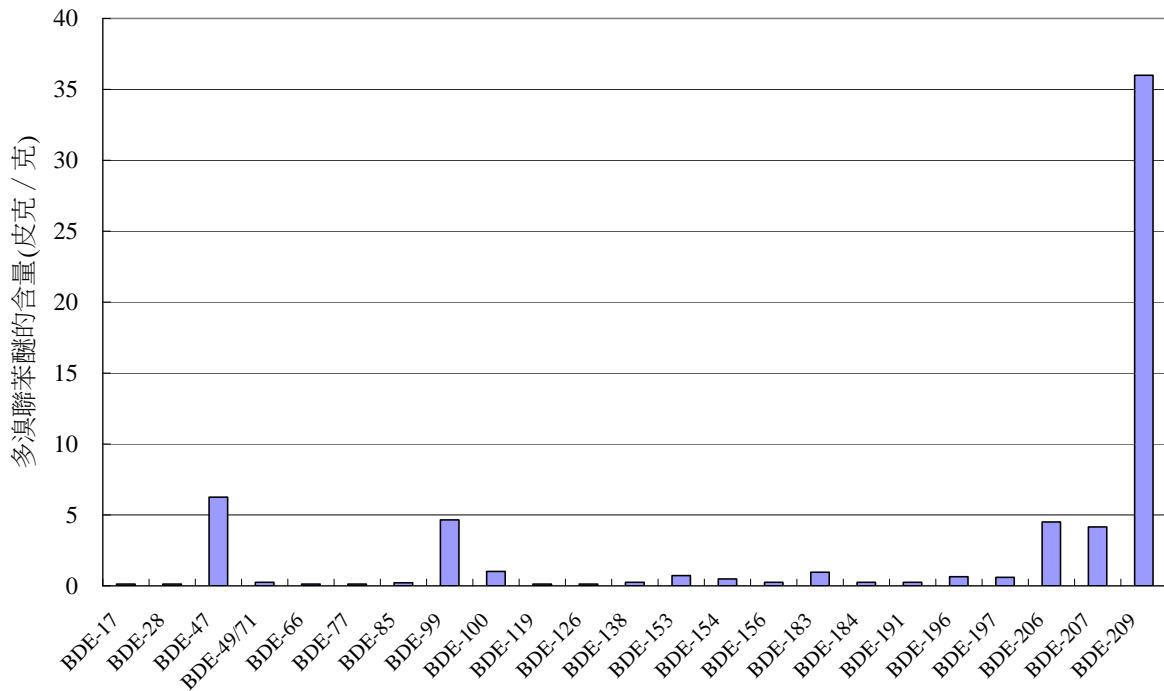


圖 10：零食食品的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重)的分布情況

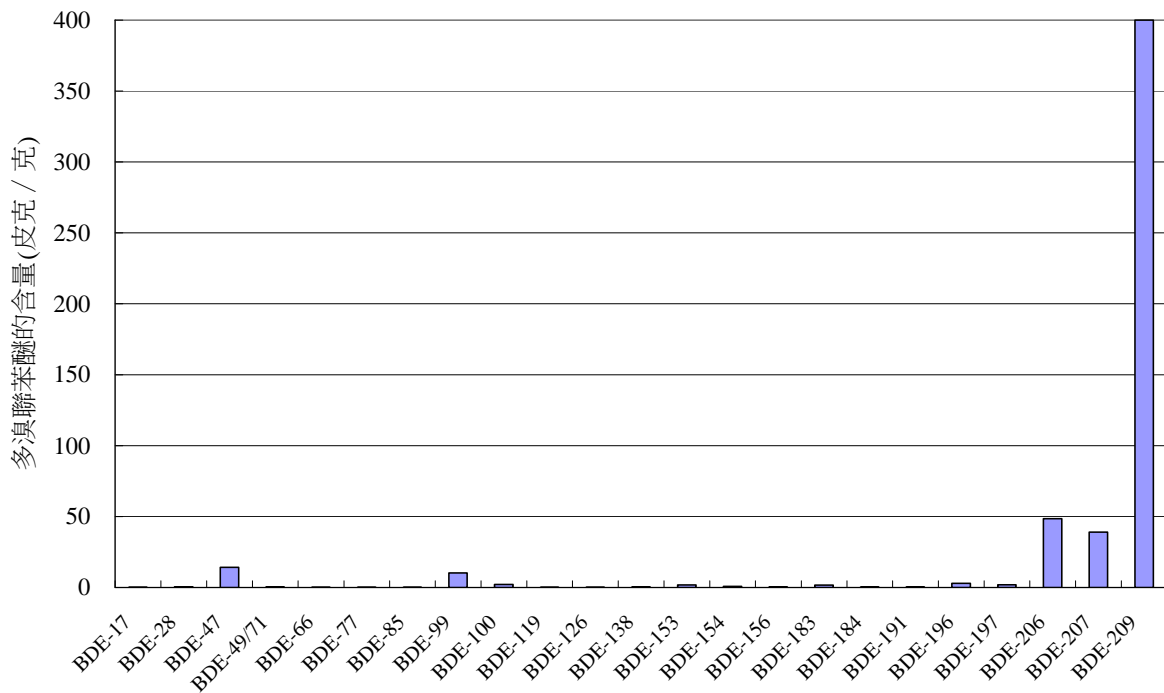


圖 11：甜點的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重)的分布情況

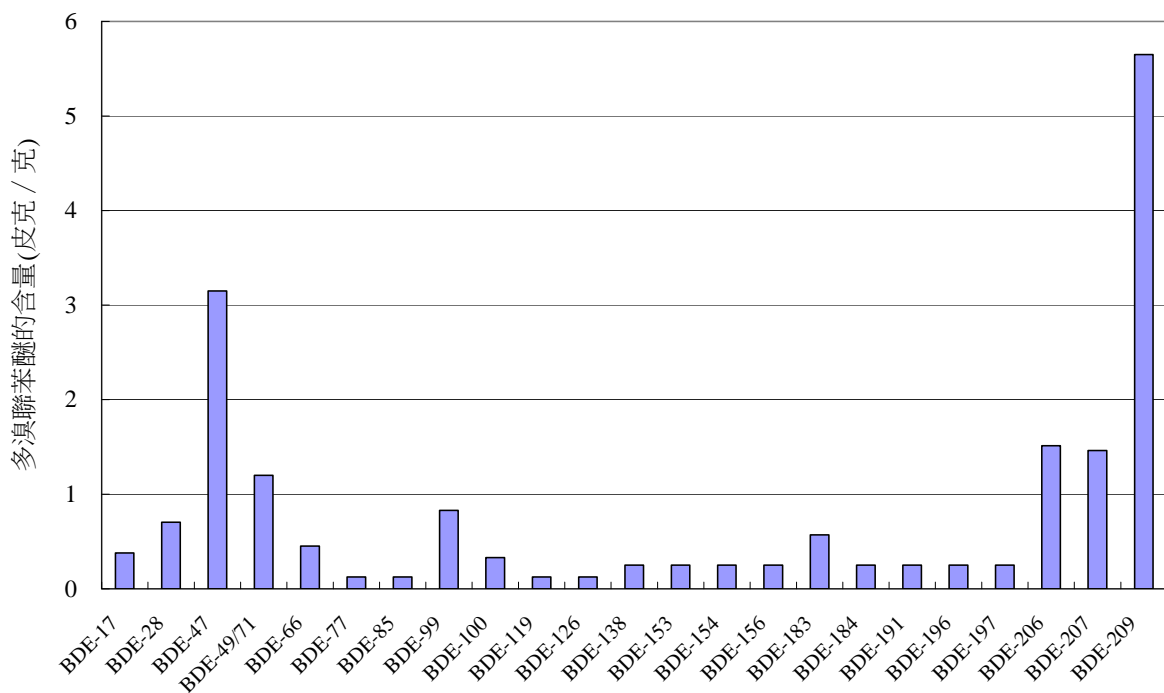


圖 12：調味料、醬油及香草的多溴聯苯醚同系物含量平均值(皮克 / 每克鮮重)的分布情況

附錄 3

攝入量一般的市民從膳食攝入各種同系物的分量

同系物	每日的膳食攝入量 (納克 / 每公斤體重)	佔總膳食攝入量的 百分比(%)
BDE-209	0.529	39.4
BDE-47	0.218	16.2
BDE-207	0.092	6.8
BDE-206	0.076	5.7
BDE-99	0.066	4.9
BDE-154	0.061	4.6
BDE-49/71	0.056	4.1
BDE-100	0.049	3.7
BDE-153	0.037	2.7
BDE-183	0.034	2.5
BDE-196	0.030	2.2
BDE-197	0.024	1.8
BDE-66	0.016	1.2
BDE-28	0.015	1.1
BDE-119	0.008	0.6
BDE-138	0.006	0.5
BDE-191	0.005	0.3
BDE-184	0.005	0.3
BDE-17	0.004	0.3
BDE-85	0.004	0.3
BDE-156	0.003	0.2
BDE-77	0.002	0.2
BDE-126	0.002	0.2
所有同系物合計	1.340	100