



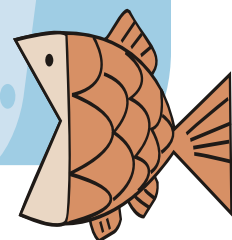
魚貝類中多溴聯苯醚類分析方法 及背景值之簡介

劉曉芸

多溴聯苯醚類化合物(polybrominated diphenyl ethers, PBDEs) 分子式為 $C_{12}H_{10-n}Br_nO$ ($n=1\sim 10$)，係兩個苯環以醚鍵結合在一起，其中之 10 個氫原子可被溴原子所取代而成之一系列芳香族溴化物，依其溴化的程度可分為 10 種同族物 (homolog)，每一同族物中，依溴原子位置不同而有不同數目的同分異構物 (isomers)，共有 209 種同源物 (congeners)。PBDEs 為一種溴化耐燃劑，添加於許多種聚合物中，如聚苯乙烯 (polystyrene foams)、耐衝擊聚苯乙烯 (high-impact polystyrene)、環氧樹脂 (epoxy resins) 等，而這些聚合物常被廣用於電子產品、紡織品、各式傢俱和建材。市售阻燃劑產品主要有 pentaBDE (五溴聯苯醚)、octaBDE (八溴聯苯醚)、decaBDE (十溴聯苯醚)，實際上均為多種同族物的混合。PBDEs 廣用於紡織品、傢俱、電腦設備、電纜之阻燃劑，其具有低反應性及高疏水性之特性，因此在環境中為一種持久性污染物質，具有生物累積性，會貯積在脂肪組織裡，經由食物鏈進入人體，也會經由母乳進入胎兒體內。PBDEs 會干擾甲狀腺荷爾蒙、具有神經毒性以及致癌性，目前已經在環境沈積物、哺乳動物、魚類及母乳中檢出 PBDEs，而母乳中 PBDEs 的含量更是逐年增加。



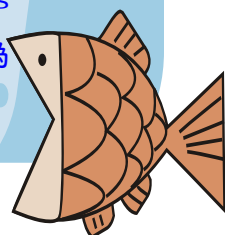
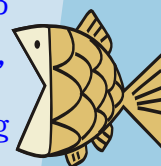
目前歐洲、美洲、亞洲等許多國家都已進行魚貝類中 PBDEs 背景值含量相關的研究，分析的同源物包括單溴聯苯醚化合物



(BDE-1, 2, 3)，二溴聯苯醚化合物 (BDE-7, 8, 10, 11, 12, 13, 15)，三溴聯苯醚化合物 (BDE-17, 25, 28, 30, 32, 33, 35, 37)，四溴聯苯醚化合物 (BDE-47, 49, 66, 71, 75)，五溴聯苯醚化合物 (BDE-85, 99, 100, 116, 119, 126)，六溴聯苯醚化合物 (BDE-138, 140, 153, 154, 155, 166)，七溴聯苯醚化合物 (BDE-181, 183, 190)，八溴聯苯醚化合物 (BDE-203)，九溴聯苯醚化合物 (BDE-206, 207, 208) 以及十溴聯苯醚化合物 (BDE-209)，其中又以具有代表性之 BDE-28、47、49、66、99、100、153、154、183 及 209 為主。

因魚貝類含大量的水分，脂肪含量低，許多文獻均將魚貝類經冷凍乾燥除去水分後，再以索氏萃取法進行至少 8 小時之脂肪萃取，或利用快速溶劑萃取裝置 (Accelerated solvent extractor, ASE) 萃取脂肪，如日本福岡縣保健環境科學研究所 Ashizuka 等人將 20g 的冷凍乾燥魚類樣本以正己烷溶劑於 100°C 與 1500 psi 條件下，以 ASE 進行 10 分鐘的萃取循環兩次，可大幅增加萃取效率及節省時間。後續大部分研究採用之淨化方法包括硫酸淨化或以膠滲透淨化法 (Gel-permeation cleanup, GPC) 以去除殘留脂肪，以及利用酸性矽膠、酸性氧化鋁或矽酸鎂將 PBDEs 與其他干擾物分離之淨化層析管柱，淨化之檢液經濃縮後再進行質譜分析，包括採用高解析度氣相層析儀及高解析度質譜儀 (High resolution gas chromatography/high resolution mass, HRGC/HRMS) 或高解析度氣相層析儀及低解析度質譜儀 (High resolution gas chromatography/Low resolution, HRGC/LRMS)。

芬蘭指出魚貝類之 PBDEs 含量範圍介於 0.67-2.3 ng/g fw (fresh weight)，瑞典介於 0.09-14.1 ng/g fw，美國介於 0.04-36 ng/g fw，加拿大介於 0.31-5.5 ng/g fw，中國介於 0.04-3.85 ng/g fw，日本介於 0-1.16 ng/g fw，台灣介於 0.9-8.43 ng/g fw，魚貝類中最主要的 PBDEs 為



2,2',4,4'-tetraBDE (#47)。

由於各國飲食習慣不同，PBDEs 之膳食攝取主要貢獻亦有所不同，歐洲國家（如挪威及瑞典）以魚類食物佔 PBDEs 膳食攝取量之 30~75%，日本亦以魚貝類為主要攝取來源，佔 90%，美國、加拿大則以肉類食物攝取為主要來源。荷蘭公共衛生與環境國家研究院指出水產品中 PBDEs 每日攝取量為 213 ng/day，西班牙 Bocio 等人指出每日攝取量之中界濃度與下界濃度分別為 97.3 與 81.9 ng/day，日本及中國的研究顯示每日攝取量分別為 98.7 ng/day 及 0.59-56.3 ng/day。瑞典國家食品管理署 Darnerud（2001）研究指出 PBDEs 之最低明顯不良反應劑量（Lowest observed adverse effect level, LOAEL）為 1 mg/kg/day，目前研究 PBDEs 之每日攝取量均遠小於此數值。若以日本研究中指出 PBDEs 含量最高之鯖魚進行概略計算，每日需攝食達 850g 才會超過 1 mg/kg/day，因此日常飲食中不應長期大量攝取某種特定的魚類，以降低暴露 PBDEs 風險。

參考文獻：

1. Ashizuka, Y., Nakagawa, R., Tobiishi, K., Hori, T. And Ida, T., 2005. Determination of polybrominated diphenyl ethers and polybrominated dibenzo-*p*-dioxins/dibenzofurans in marine products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 53: 3807-3813.
2. Meng, X. Z., Zeng, E. Y., Yu, L. P., Guo, Y. and Mai, B. X., 2007. Assessment of human exposure to polybrominated diphenyl ethers in China via fish consumption and inhalation. *Environmental science & technology* 41(14): 4882-4887.
3. Bocio, A., Llobet, J. M., Domingo, J. L., Corbelia, J., Teixidó, A, Casas, C. 2003. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in foodstuffs: human exposure through the diet. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 51: 3191-3195.

