

利用修飾之快速萃取方法及固相萃取方法搭配液相層析四極柱串聯時間飛行式質譜儀評估全氟辛酸及全氟辛烷磺酸在菠菜中的累積與傳輸

Application of modified QuEChERS and solid phase extraction method coupled with liquid chromatography quadrupole time-of-flight mass spectrometry to evaluate the accumulation and transport of PFOA and PFOS in spinach

傅沁元(C.Y., Fu)¹, 劉政樺(C.H., Liu)², 詹舜安(S.A., Chan)³, 鄒裕民(Y.M., Tzou)¹, 莊雅惠(Y.H., Chuang)^{1*}

¹ 國立中興大學土壤環境科學系 yhchuang.68@dragon.nchu.edu.tw

² 逢甲大學環境工程與科學學系

³ 台灣安捷倫科技股份有限公司

摘要

多氟及全氟烷基化合物 (Per- and Polyfluoroalkyl Substances, PFASs) 為烷鏈上的氫被氟部分或全部取代之有機氟化合物，屬新興污染物之一，其結構中的碳氟鍵使化合物不僅同時具有抗水和抗脂的性質，更具有高化學穩定性及良好的抗降解性，因此被廣泛使用在各種日常用品上，其中全氟辛烷磺酸 (Perfluorooctane sulfonic acid, PFOS) 及全氟辛酸 (Perfluorooctanoic acid, PFOA) 最為常見；然而，在含 PFASs 的產品之生產及廢棄過程也會進一步造成 PFASs 流布於環境中並被作物吸收及經由食物鏈而進入人體。前人研究已指出人體暴露於 PFASs 可能導致生殖能力受損及增加罹癌風險，為了提供針對攝食含 PFASs (特別是 PFOA 及 PFOS) 殘留之作物的人類健康風險評估所需的資訊，建立有效且精確的萃取及分析方法實屬刻不容緩。本篇研究使用經修飾之快速萃取方法 (quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe, QuEChERS) 及經修飾之固相萃取法 (solid phase extraction, SPE) 分別搭配液相層析四極柱串聯時間飛行式質譜儀 (LC-QTOF/MS) 建立作物及水耕養液樣品中 PFOA 及 PFOS 之分析方法。結果顯示，兩者之回收率皆介於 70-120% 之間，且相對標準偏差皆小於 20%，顯示此方法具有良好的萃取效率和穩定性，同時具有縮短時間、減少有機溶劑用量及人力等優點。故本研究進一步將經確效後的方法應用在水耕菠菜的吸收試驗中；首先將菠菜於水耕系統中栽培 18 天後移至含有目標藥物 PFOA 及 PFOS 的養液中，並於 3 天後採收菠菜，並將植體分為地上部及地下部，再經冷凍乾燥及研磨後，使用 QuEChERS 方法進行植體中 PFOA 及 PFOS 的萃取，水耕養液則使用 SPE 進行淨化和濃縮，經質量平衡分析和根部吸附試驗的結果顯示，PFOA 及 PFOS 皆可被菠菜吸收並傳輸至地上部，且其累積與菠菜根部間的親和力有關。未來研究應對 PFOA 及 PFOS 於植體中的代謝做進一步的評估，以提供人類攝食安全評估更完善的資訊。

關鍵字：全氟辛酸、全氟辛烷磺酸、液相層析四極柱串聯時間飛行式質譜儀、快速萃取方法、固相萃取、植物吸收

Keywords: LC-QTOF/MS、PFOA、PFOS、plant uptake、QuEChERS、solid phase extraction