

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告

題目名稱：塑膠微粒的檢測計數及分析

一、摘要

本研究探討瓶裝水與杯水釋出塑膠微粒的影響因素。實驗模擬高溫曝曬、撕膜與插吸管等情境，並以尼羅紅染色、螢光顯微影像計數、FTIR 及熱裂解分析微粒成分與來源。結果顯示，經照光與加熱後增加至 130 顆/瓶。杯中水，撕膜產生的微粒(11 顆/cm)約為插吸管(28 顆/洞)的 2.5 倍。

二、探究題目與動機

近年來，塑膠微粒對環境與健康影響引發關注。雖對人體的直接危害尚不明確，但動物研究顯示，塑膠微粒可能導致腸道微生物群失調、脂質代謝紊亂，甚至與魚類腦損傷及血液異常有關。此外，塑膠微粒吸附海洋污染物與環境荷爾蒙，可能影響內分泌系統並增加致癌風險。根據綠色和平組織，台灣人每年平均攝入約 1.63 萬顆塑膠微粒，主要來自一次性塑膠包裝。研究發現，塑膠茶包在高溫釋放大量微粒，顯示食品包裝是隱藏的塑膠微粒來源。然而，日常塑膠容器釋放微粒的研究仍有限，因此本研究針對瓶裝水與杯水，探討：(1) 高溫及 UV 照射對塑膠微粒釋出的影響，(2) 杯水撕膜與插吸管開啟方式對微粒釋出量的影響，(3) 確認釋出微粒的來源。本研究有助提升公眾對塑膠污染的認識，並為塑膠製品管理與政策制定提供科學依據。

三、探究目的與假設

(一) 目的：

1. 研究不同環境對塑膠微粒釋出的影響，分為室溫、高溫、照光三種條件。
2. 探討杯水飲用方式對塑膠微粒釋出量的影響。
3. 確認塑膠微粒的主要來源。

(二) 假設：

1. 高溫和照光會破壞塑膠鍵結，釋放微粒，紫外線強度更大，釋出量更多。
2. 撕膜因單位面積受力較大，釋出的微粒量應多於插吸管方式。
3. 由於塑膠微粒顆粒極小，無法被逆滲透完全過濾，含包裝外材質。

四、探究方法與驗證步驟

(一) 研究設備與器材：

1. 瓶裝水放置環境實驗：

(1) 實驗器材：過濾設備 (如圖一)、瓶裝水品牌 A 及品牌 B (常溫、加熱、照光)、UV 光箱、恆溫培養箱、單館顯微變焦系統、5mg/L 尼羅紅染色劑、直徑 25mm 濾紙、DI 水

(2) 數據分析：利用 ImageJ 分析濾紙 (如圖二)，試算表整理繪製圖表。

2. 杯水飲用方式差異實驗：

(1) 實驗器材：過濾設備 (如圖一)、杯水 (撕膜、插吸管)、單館顯微變焦系統、5mg/L 尼羅紅染色劑、直徑 25mm 濾紙、DI 水

(2) 數據分析：利用 ImageJ 分析濾紙 (如圖二)，試算表整理繪製圖表。

3. 確認塑膠微粒主要來源：

(1) 實驗器材：熱裂解氣相層析質譜儀、顯微鏡傅立葉轉換光譜儀

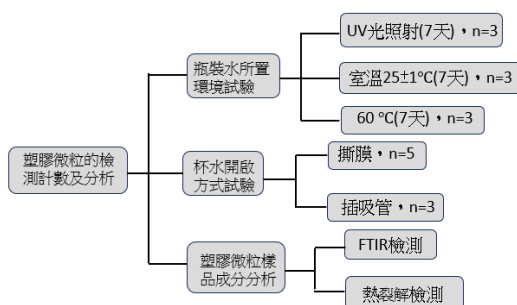
(2) 數據分析：對照結果圖及標準圖以判斷成分



圖一、過濾裝置圖

圖二、調色後濾紙示意圖

(二) 研究架構：



(三) 研究方法：

1. 瓶裝水放置環境實驗：

實驗步驟如下：(1) 將瓶裝水放置於三種環境（室溫、加熱、照光）一週；(2) 進行環境空白及樣品空白實驗（各三瓶）；(3) 過濾瓶裝水；(4) 用 DI 水潤洗並過濾染色；(5) 拍照後用 ImageJ 分析數據，並以試算表整理（三重複平均值）。

『實驗一：探討不同放置環境對瓶裝水包裝影響』

根據圖三數據，環境因素顯著影響品牌 A 和品牌 B 的穩定性及粒子生成。在室溫下，兩品牌粒子數量較低且穩定性較高；當溫度升高至 60°C 時，粒子數量顯著增加，特別是品牌 B，顯示高溫促進粒子生成並降低穩定性。UV 光照下，品牌 A 反應較為明顯，顯示對 UV 光較敏感。雖然包裝材質相同，兩品牌的反應不同，可能與瓶子顏色、PET 結晶度和瓶身厚度有關。品牌 B 為藍色瓶身，較易裂解釋放微粒；品牌 A 的耐熱性較好，推測其結晶度較高。空白實驗顯示原始塑膠微粒不足 10，確認原始條件不影響結果。

表一、瓶裝水空白與實驗對照表

	空白	RT	60°C	UV
A	2	8	40	96
B	6	27	149	112

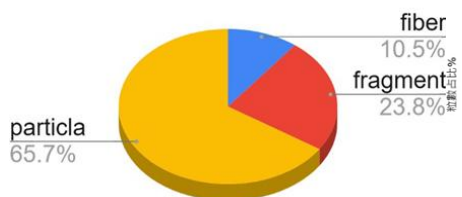
註：RT 為室溫、數值為平均值



圖三、不同放置環境塑膠微粒釋出量

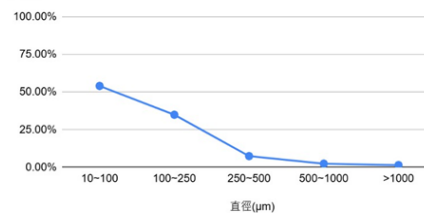
根據圖四、五，可知在採樣的 18 瓶水中共檢測到 1290 顆塑膠微粒，其中以顆粒狀最多，尺寸集中於直徑 10~1000μm。

粒子形狀占比
n=1290



圖四、各粒子形狀占比

各尺寸占比
n=1290



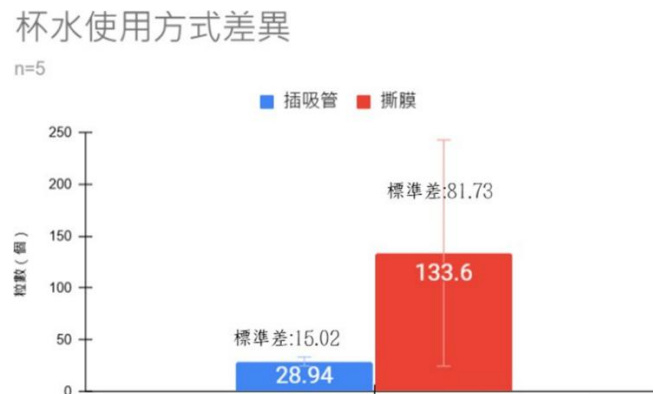
圖五、各粒子尺寸占比

2.杯水開啟方式試驗:

實驗步驟如下:(1)以直徑 12mm 的吸管在杯水封膜上插入 10 個洞/沿杯水封膜 1/2 的周長將其撕開(2)將杯水過濾(3)用 DI 水潤洗兩次後染色 (4) 拍照後用 ImageJ 分析數據並用試算表整理 (10 取 5 重複平均值)

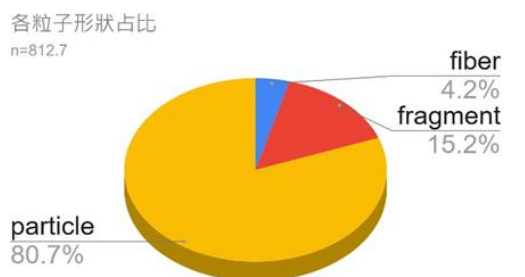
『實驗二:探討不同杯水飲用方式影響』

根據圖六結果，撕膜方式開啟杯水所釋出的塑膠微粒量是吸管插 1 個洞方式的五倍，顯示開啟方式對微粒釋出有顯著影響。然而，單一吸管洞的測量結果變異較大，可能與插吸管時的力道、角度和位置差異有關，因此改為插入 10 個洞並計算平均釋出量，以減少誤差。撕膜釋出更多微粒的原因是撕膜過程需要較大的拉扯力，造成更強的摩擦，釋放更多微粒；而插吸管時，接觸為瞬間的，機械應力較小，微粒釋出較少。撕膜方式的標準差較大，顯示不同方式可能導致微粒釋出量變異較大。總結來說，撕膜開啟方式相比吸管插洞方式，釋出的塑膠微粒量顯著較多。

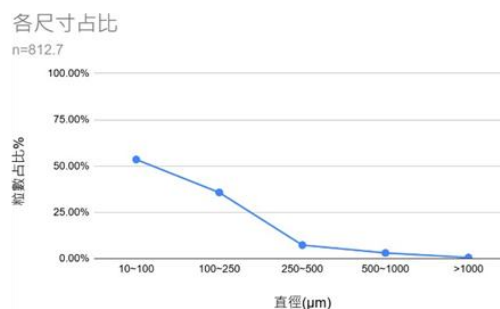


圖六、不同杯水使用方式塑膠微粒釋出量

根據圖七、八，可知在取樣的 10 杯杯水中共檢測到 812.7 顆塑膠微粒(小數點由於插吸管做平均)，其中以顆粒狀最多，尺寸集中於直徑 10~250 μm 。



圖七、各粒子形狀占比



圖八、各粒子尺寸占比

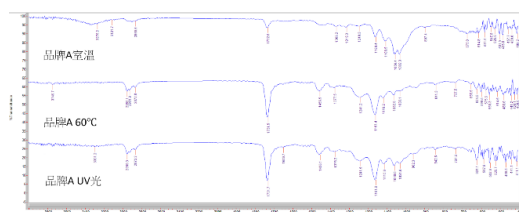
3. 塑膠微粒來源判定:

實驗步驟如下:以 FTIR 獲熱裂解進行成分判定以推測來源

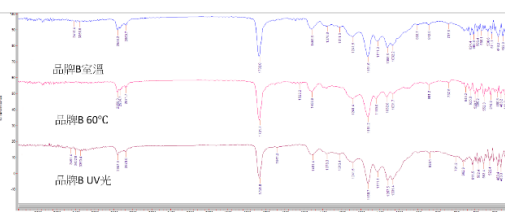
『實驗三:塑膠微粒成分判定』

(一) 不同放置環境下定性結果

從圖十、圖十一的 FTIR 結果圖來看，根據特徵峰值，在不同放置環境的實驗中所測到的塑膠微粒成分皆為 PET，與瓶身成分一致，推測塑膠微粒為瓶身因為熱及紫外線破壞結構而產生。



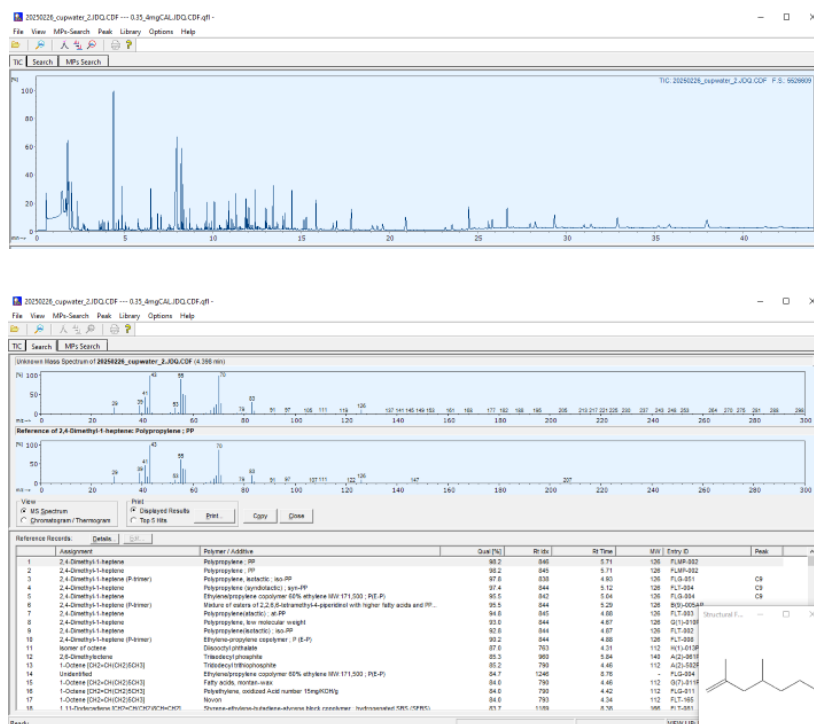
圖十、品牌 A 定性結果



圖十一、品牌 B 定性結果

(二) 不同杯水使用方式定性結果

從圖十二的熱裂解結果圖來看，根據與標準圖對照後判定成分為 PP，與杯身及膜材質一致，推測來自撕膜及插吸管的機械應力。



圖十二、杯水定性結果

五、結論與生活應用

(一)結論

(1)加熱及照光對塑膠微粒釋出造成明顯影響，飲用瓶裝水時應注意放置環境，但不同品牌同包裝材質釋出量有不同趨勢。

(2)建議封膜杯水等飲品使用吸管飲用，若需撕膜則應使撕去周長越小越好。

(3)未發現水源汙染問題，發現 PET 較 PE 容易受環境破壞而釋出塑膠微粒。

(二)應用

(1)PE 比 PET 更耐環境影響，較不易分解成微塑膠，降低污染風險。因此，可推廣 PE 於食品包裝、日用品等領域，以減少塑膠微粒暴露並減輕生態負擔。然而，需配合回收系統與可降解材料，推動環保與永續發展。

(2) 禁塑政策可能增加塑膠微粒風險。無吸管時，撕膜飲用釋放的微粒量可達吸管的 5 倍以上，甚至超過瓶裝水曝曬的影響，對健康構成更大風險。因此，應重新評估政策，考慮改良封膜材質或提供更環保的替代方案，減少塑膠微粒暴露。

參考資料

1. 陳吟怡 (2023)。塑膠微粒經腸胃道暴露之健康效應研究 (碩士論文)。取自華藝線上圖書館系統。(系統編號 U0001-0627230704092023) doi:10.6342/NTU202301351
2. 王蕙絮, & 張鎮安. (2024, February 5). 台灣人 1 年吃下 1.63 萬顆塑膠微粒從「這來」 瓶裝水含塑膠微粒比預估多 100 倍. Retrieved April 14, 2024
3. **Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea** Laura M. Hernandez, Elvis Genbo Xu, Hans C. E. Larsson, Rui Tahara, Vimal B. Maisuria, and Nathalie Tufenkji *Environmental Science & Technology* **2019** 53(21), 12300-12310 DOI: 10.1021/acs.est.9b02540
4. 徐瑋萱, 黃郁琄, 蔡雯茹, 施嬭恩, 鄭維智, & 蔡淑貞. (2020). 109 年度市售塑膠類食品具容器包裝產品含有及 材料釋出之塑膠微粒調查研究. 食品藥物研究年報.