中華民國第62屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組　農業與食品學科

(鄉土)教材獎

052203

探討不同料理方式對海鮮中微塑膠量的影響

學校名稱：桃園市立武陵高級中等學校

作者：	指導老師：
高二 王鄭澤 高二 黃楚翔 高二 邱定綸	蔡靜宜

關鍵詞：海鮮、微塑膠、食品安全

編

摘要

微塑膠是小於 5 毫米，呈線狀或塊狀的塑膠微粒。本研究以文蛤、鮮蚵、白蝦及鳳螺為材料，探討海鮮體內微塑膠含量，並模擬日常使用的不同處理方式，及不同部位進行微塑膠含量比較。研究顯示白蝦及鳳螺體內微塑膠含量明顯高於文蛤及鮮蚵，而單位重量所含的微塑膠量，鳳螺遠高於其他三者。在不同料理方式的比較中，發現吐沙可減少文蛤體內微塑膠，但使用玉米粉清洗鮮蚵則沒有顯著差異。在不同身體部位的比較中，蝦頭的微塑膠含量較蝦身及蝦腸高，若以單位重量計算微塑膠含量則是蝦腸最高。鳳螺的螺身以及螺腸所含的微塑膠量約相同，但螺身的纖維狀微塑膠比例較螺腸更高。本研究顯示，料理海鮮前若進行適當處理，應可減少人體攝入的微塑膠含量。

壹、前言

從石化工業開創至今，塑膠早已成為人類生活中的一部分。儘管其帶給我們極大的便利性，但所造成的汙染問題亦不容小覷。塑膠製品被排入海洋後，常會被分解、剝落成為小於 5 毫米的塑膠顆粒（線狀或塊狀），也就是微塑膠（Thevenon *et al.*, 2014）。海洋生物可能透過濾食或攝食等方式攝入微塑膠，亦可經食物鏈轉移到較大型的捕食者身上。攝入後，微塑膠可能會被吸收、通過循環系統分布於身體並進入不同的組織和細胞（Naji *et al.*, 2018）。 台灣屬於海島國家，海鮮是國人食物來源大宗，而海鮮中的微塑膠對人體可能有一定的影響，因此我們深入關切此議題。

一、文獻探討

微塑膠分成初級微塑膠與次級微塑膠。初級微塑膠是指本身被製造成微小的體積，是設計用於商業用途的微小顆粒，如化妝品中的微粒以及從紡織品上脫落的微纖維；次級微塑膠是較大的塑膠物品，因暴露於風、浪和日曬下分解或變形的塑膠碎片（Sundt *et al.*, 2014）。根據國際自然保護聯盟的報告指出，每年至少有 480 萬至 1270 萬噸的塑膠垃圾進入大海（Boucher *et al.*,2017；Jambeck *et al.*, 2015）。35%的微塑膠污染來自合成纖維，光是洗衣服

就會讓塑膠纖維釋放到海洋中（Magnuson *et al.*, 2016）。目前已在浮游生物、鯨魚等海洋生物、食用海鮮甚至飲用水中檢測到微塑膠。微塑膠在潮間帶、表層水、深海區以及大洋島嶼區都被發現過，並因其高度耐久的特性，在不同的海洋生態中以越來越快的速度累積（Kosuth *et al.*,2018）。

據 Li*et al.*（2015）的研究指出，在中國魚市場採買的單個文蛤（*Meretrix lusoria*）體內約有 9.22 顆微塑膠；環文蛤（*Cyclina sinensis*）約有 4.87 顆，花蛤（*Ruditapes philippinarum*）約有 5.72 顆，而其 2016 年研究指出，野生的單個雙殼綱動物體內的微塑膠量約為 4.6 顆，而養殖的個體約為 3.3 顆。據 Abbasi *et al.*（2018）指出在波斯灣捕獲之短溝對蝦（*Penaeus semisulcatus*）平均一隻有 7.8 顆微塑膠。另外，於 2022 年 3 月，阿姆斯特丹自由大學與阿姆斯特丹大學醫學中心已在人體抽血樣本中發現塑膠微粒（Lesliea *et al.*, 2022）。分析海鮮中的塑膠含量對我們生活及健康有舉足輕重之地位。

二、實驗動機

目前關於微塑膠的研究大多是針對單一完整個體的微塑膠直接進行測量，鮮少以人為處理過的個體進行微塑膠量化，真正被食入人體的微塑膠含量極可能會被高估。因此我們想深入探討海洋生物體內所含的微塑膠，能否經由去除某些部位（如：去除蝦腸或蝦頭）或者是不同的料理方法，能夠最大程度降低或避免微塑膠的攝取。本實驗以四種常食用之海洋生物為研究對象，了解其體內是否含有微塑膠，及不同部位之含量是否有所不同，並模擬日常生活中海鮮可能使用到的不同處理方法來研究這些方法是否能降低海鮮中的微塑膠含量。本研究與高中選修生物Ⅳ—「生物與環境」及「地球環境」主題相契合。

三、研究目的

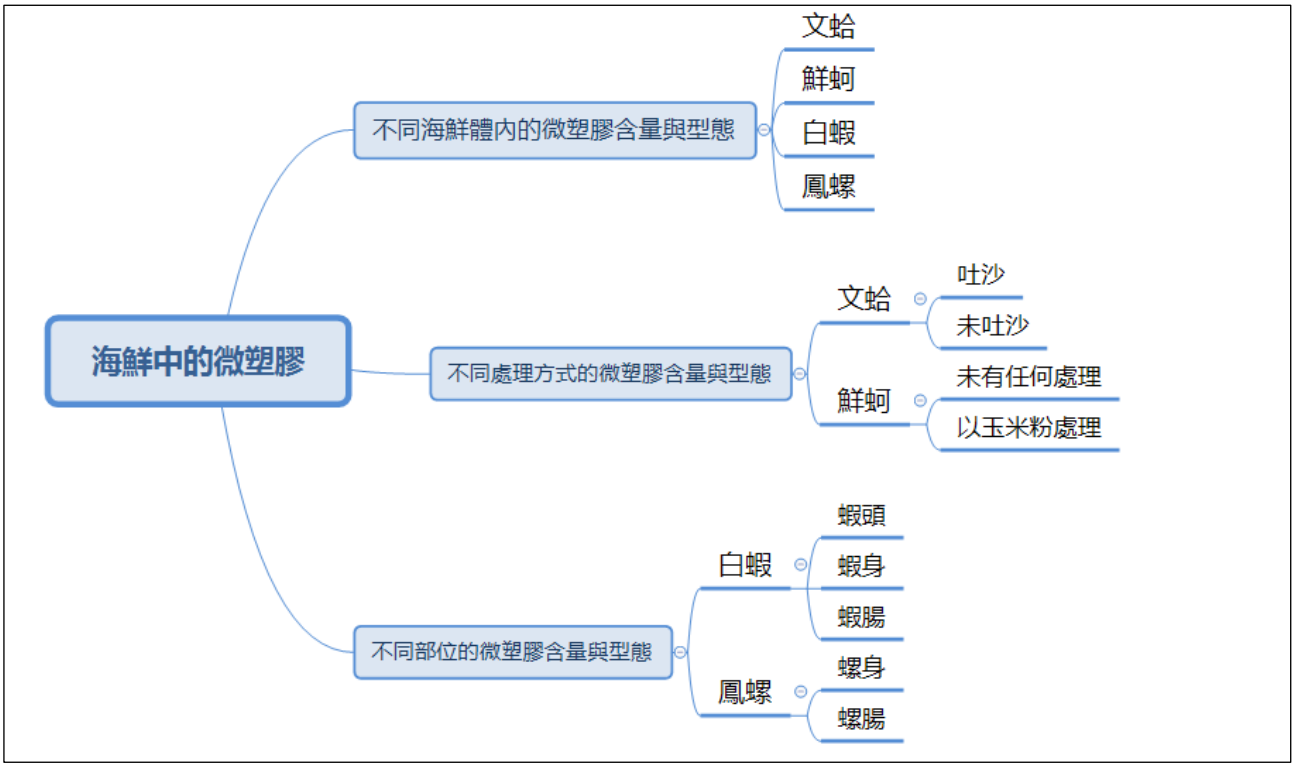
本實驗以文蛤、白蝦、鮮蚵及鳳螺為研究對象，探討三個面向：

(一) 不同海鮮體內微塑膠含量。

(二) 不同處理方式的微塑膠含量與型態。

(三) 海鮮體內不同部位微塑膠含量與型態。

四、實驗架構圖



貳、研究設備及器材

一、實驗海鮮

(一) 文蛤(*Meretrix Iusoria*)：購自漁港，產地為臺灣嘉義縣布袋鎮（共 18 顆）

(二) 白蝦(*Litopenaeus vannamei*)：購自超市，產地為馬來西亞（共 9 隻）

(三) 鮮蚵(*Crassostrea angulata*)：購自漁港，產地為嘉義東石（共 36 隻）

(四) 鳳螺(*Babylonia zeylanica*)：購自超市，產地為印度（共 9 隻）

二、過濾與溶解器具

(一) 抽濾裝置：抽濾瓶、量筒、抽氣馬達、玻璃纖維濾紙（孔徑 0.22 μm）

(二) 溶解器具：錐形瓶（容量 500ml）、加熱攪拌機

(三) 其他器具：玻璃培養皿、1000ml 廣口瓶

(四) 化學藥品：氫氧化鉀（KOH）、鹽酸溶液 （HCl）

三、解剖與觀察用具

(一) 解剖工具：鑷子、解剖剪、解剖刀

(二) 觀察工具：解剖顯微鏡、微米比例尺、電子測量尺

(三) 其他：一次過濾水（dH_2O）、二次過濾水（ddH_2O）、鋁箔紙、玉米粉、微量天秤

參、研究過程或方法

一、實驗方法

(一) 實驗流程圖

(二) 器具清洗及溶液配置

1. 準備 1000ml 廣口瓶及 500ml 錐形瓶，使用一般自來水進行第一次清洗，並用一次過濾水與二次過濾水進行第二次與第三次清洗。

2. 秤取 100 g 氫氧化鉀，配製 10%氫氧化鉀水溶液 1000ml。

3. 將配製好的氫氧化鉀水溶液用玻璃纖維濾紙和抽濾馬達過濾。

4. 用 10% 鹽酸將要使用的錐形瓶酸洗（至少靜置一日），並將酸洗後的錐形瓶以二次過濾水清洗後烘乾。

5. 容器未使用時須用鋁箔紙封口，以防空氣中、衣物脫落的塑膠微粒影響實驗結果。

(三) 文蛤樣本處理及溶解過濾

1. 溶解與處理步驟

(1) 將文蛤 18 顆分為 6 組（3 組置於水中進行 6 小時的吐沙處理，另外 3 組為對照組），每組有 3 顆（步驟 2、3 皆以組為單位）。

(2) 使用電子測量尺分別測量並記錄個別文蛤的殼長與殼高。

(3) 使用解剖刀將文蛤的殼剖開，並將所有除殼以外的組織刮下後置於微量天秤秤重，放入錐形瓶。

(4) 將先前配製好的 10% 氫氧化鉀水溶液以 10 倍文蛤組織重量（公克，四捨五入至個位數）的毫升數加入放有文蛤組織的錐形瓶，以溶解組織。

(5) 將所有錐形瓶（共 6 瓶）置入恆溫振盪培養箱（60 °C，135rpm）中放置一天。

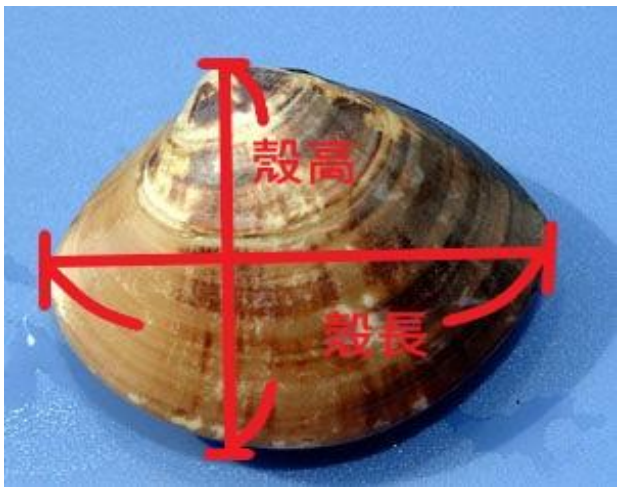
2. 過濾步驟

(1) 將所有抽濾裝置架設好，並裝上 0.22μm 玻璃纖維濾紙。

(2) 緩慢將溶液倒入過濾，直到濾紙幾乎無法再過濾更多溶液時，更換濾紙。

(3) 重複步驟(2)，直到將所有文蛤組織溶液過濾完。

(4) 把所有濾紙放入玻璃培養皿，置於烘箱烘乾（溫度設定為 50 °C）放置約一天。



《文蛤的殼高殼長》

《抽濾裝置》

(四) 白蝦樣本處理及溶解過濾

1. 溶解與處理步驟

(1) 將蝦子 9 尾分為三組，每一組共三尾。

(2) 使用電子測量尺分別測量並記錄每尾蝦子的頭胸甲長、全長。

(3) 使用解剖工具將第一組的三隻蝦子分別解剖為頭、身、腸，共三部分並將其分別放置於電子天秤秤重，放入錐形瓶，並標示為 1-蝦頭、1-蝦身、1-蝦腸。

(4) 以蝦頭為例，將先前配製好的 10%氫氧化鉀水溶液以 10 倍 1-蝦頭的重量（公克，四捨五入至個位數）的毫升數加入標示為 1-蝦頭的錐形瓶，並溶解之。

(5) 將其他的錐形瓶同步驟(4)進行溶解。

(6) 將所有錐形瓶（共 9 瓶）置入恆溫振盪培養箱（60 °C，135rpm）中放置一天。

《白蝦組織溶液》

2. 過濾步驟

(1) 將所有抽濾裝置架設好，並裝上 0.22μm 玻璃纖維濾紙。

(2) 緩慢將溶液倒入過濾，直到濾紙幾乎無法再過濾更多溶液時，更換濾紙。

(3) 重複步驟 (2)，直到將所有蝦子各部份的組織溶液過濾完。

(4) 把所有濾紙放入玻璃培養皿，置於烘箱烘乾（溫度設定為 50 °C）放置約一天。

(五) 鮮蚵樣本處理及溶解過濾

依照是否使用玉米粉清洗，將鮮蚵分成兩組：

未使用玉米粉清洗：

1. 溶解與處理步驟

(1) 將鮮蚵 18 顆分成三組，每組各 6 隻。

(2) 使用微量天秤將各組分別秤重後，放入錐形瓶。

(3) 將先前配製好的 10%氫氧化鉀水溶液以 10 倍鮮蚵的重量（公克，四捨五入至個位數）的毫升數加入錐形瓶，並溶解之毫升數加入錐形瓶，並溶解之。

(4) 將所有錐形瓶（共 6 瓶）置入恆溫振盪培養箱（60 °C，135rpm）中放置一天。

2. 過濾步驟

(1) 將所有抽濾裝置架設好，並裝上 0.22μm 玻璃纖維濾紙。

(2) 將所有抽濾裝置架設好，並裝上 0.22μm 玻璃纖維濾紙。

(3) 緩慢將溶液倒入過濾，直到濾紙幾乎無法再過濾更多溶液時，更換濾紙。

(4) 重複步驟(2)，直到將所有鮮蚵組織溶液過濾完。

(5) 把所有濾紙放入玻璃培養皿，置於烘箱烘乾（溫度設定為 50 °C）放置約一天。

使用玉米粉清洗：

1. 溶解與處理步驟

(1) 將鮮蚵 18 顆放入燒杯中，分成三組，每組六顆。各組分別加入玉米粉 10 公克

及 1 公升二次水，稍作搓揉攪拌以除去黏液，倒出玉米粉及二次水，並再次用二次水清洗。

(2) 使用微量天秤分別秤重，放入錐形瓶。

(3) 將先前配製好的 10%氫氧化鉀水溶液以 10 倍鮮蚵的重量（公克，四捨五入至個位）的毫升數加入錐形瓶，並溶解之。

(4) 將所有錐形瓶（共 6 瓶）置入恆溫振盪培養箱（60 °C，135rpm）中放置一天。

2. 過濾步驟

(1) 將所有抽濾裝置架設好，並裝上 0.22μm 玻璃纖維濾紙。

(2) 緩慢將溶液倒入過濾，直到濾紙幾乎無法再過濾更多溶液時，更換濾紙。

(3) 重複步驟(2)，直到將所有鮮蚵組織溶液過濾完。

(4) 把所有濾紙放入玻璃培養皿，置於烘箱烘乾（溫度設定為 50 °C）放置約一天。

《組織溶液過濾後》

《鮮蚵濾紙成品以玻璃培養皿盛裝》

(六) 鳳螺樣本處理及溶解過濾

1. 溶解與處理步驟

(1) 將鳳螺 9 顆分成三組，每一組各 3 隻。

(2) 用電子測量尺個別測量並記錄其殼高。

(3) 以滾水氽燙鳳螺，並取出其肌肉組織，以微量天秤秤重後裝入錐形瓶

(4) 使用地質錘，輕輕將殼敲破，取出其內臟，秤重後裝入錐形瓶。

(5) 將先前配製好的 10%氫氧化鉀水溶液以 10 倍鳳螺的重量（公克，四捨五入至個位數）的毫升數加入錐形瓶，並溶解之。

(6) 將所有錐形瓶（共 6 瓶）置入恆溫振盪培養箱（60 °C，135rpm）中放置一天。

2. 過濾步驟

(1) 將所有抽濾裝置架設好，並裝上 0.22μm 玻璃纖維濾紙。

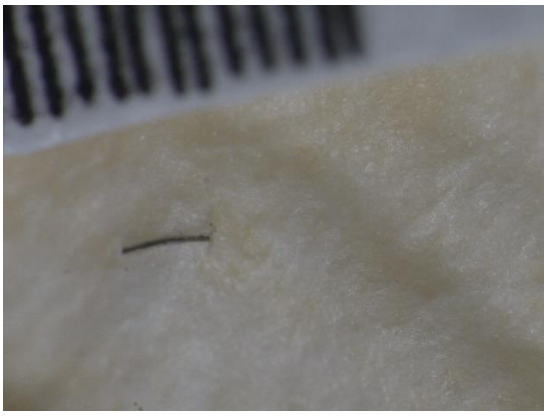
(2) 緩慢將溶液倒入過濾，直到濾紙幾乎無法再過濾更多溶液時，更換濾紙。

(3) 重複步驟(2)，直到將所有鳳螺組織溶液過濾完畢。

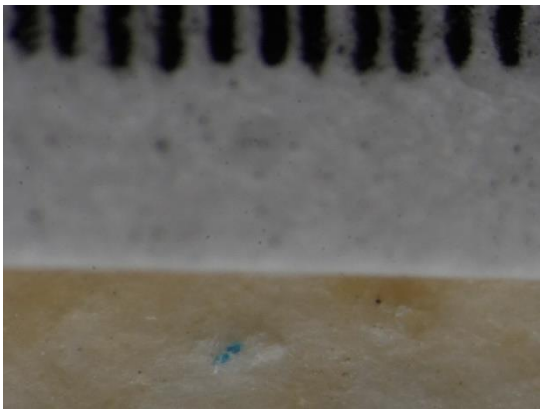
(4) 把所有濾紙放入玻璃培養皿，置於烘箱烘乾（溫度設定為 50 °C）放置約一天。

(七) 微塑膠觀察

使用解剖顯微鏡觀察烘乾後的濾紙，若觀察到明顯線狀、顆粒狀物時，使用架於顯微鏡上的數位相機和量尺一起拍攝，並以 Image J 軟體進行長度、面積測量。



《條狀微塑膠》



《顆粒狀微塑膠》

肆、研究結果

一、不同海鮮體內的微塑膠含量比較

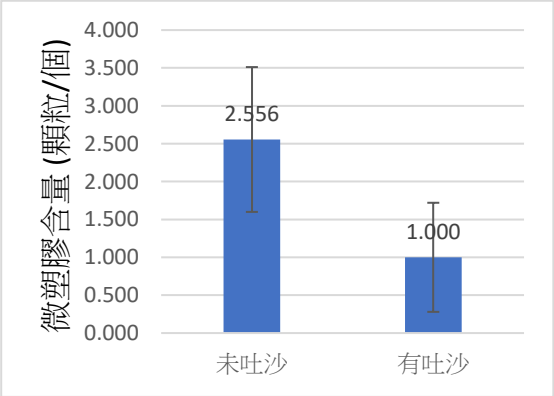
本實驗比較了文蛤、白蝦、鮮蚵、鳳螺等四種海鮮樣本所含微塑膠量的差異。結果顯示文蛤樣本數為 9 顆 (僅計算未吐沙之個體)，平均一顆文蛤中含有 2.56 顆微塑膠，平均每公克文蛤有 0.324 顆微塑膠；白蝦總樣本數為 9 隻，平均一隻蝦中含有微塑膠 8.22 顆，平均每公克白蝦有 0.4 顆微塑膠；鮮蚵 (僅計算未處理之個體) 總樣本數為 18 顆，平均一顆鮮蚵中含有 0.67 顆微塑膠，平均每公克鮮蚵有 0.118 顆微塑膠；鳳螺共有 9 個樣本，平均一顆鳳螺中含有 7.56 顆微塑膠，平均每公克鮮蚵有 1.11 顆微塑膠。本結果顯示單一個體中的微塑膠含量以白蝦為最多，而單位重量的微塑膠含量則以鳳螺最多。

二、不同處理方式的微塑膠含量與型態比較

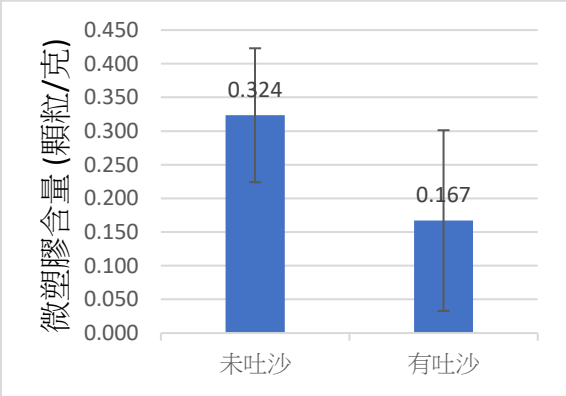
不同處理方式的比較中，文蛤分為未吐沙及吐沙兩組，鮮蚵則分為使用玉米粉及未使用玉米粉清洗兩組。

(一) 文蛤

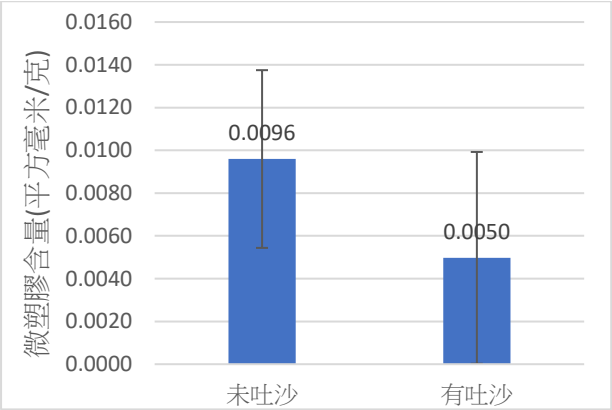
不論是以單位個數或是以單位重量而言，吐沙文蛤的微塑膠數量皆略少於未吐沙的文蛤（圖一、圖二）；若以單位重量文蛤的微塑膠面積進行比較，也是呈現相似的趨勢（圖三）。此外，我們觀察到文蛤體內的微塑膠型態皆呈條狀（圖四）。



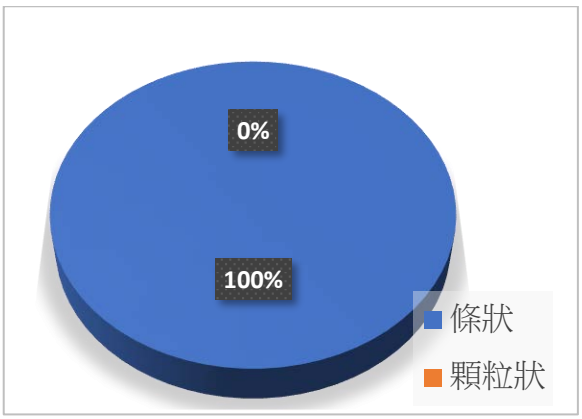
圖一：單個文蛤微塑膠含量比較
樣本數：n=9
統計方式：t test (p value：0.07)
平均數：未吐沙組 2.56 顆(標準差 0.96)吐沙組 1.00 顆(標準差 0.72)



圖二：單位重量文蛤微塑膠含量比較
樣本數：n=9
統計方式：t test (p value：0.12)
平均數：未吐沙組 0.32 顆/克(標準差 0.10) 吐沙組 0.17 顆/克(標準差 0.13)



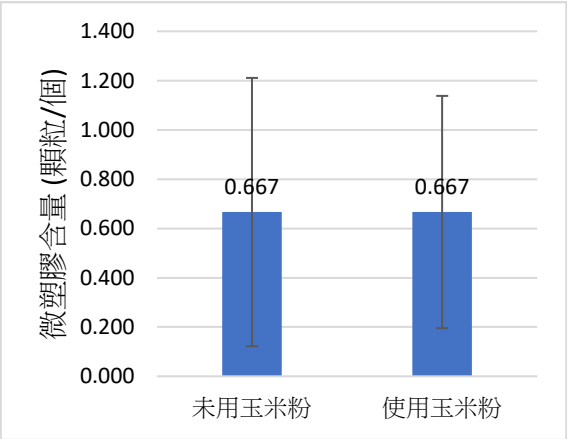
圖三：單位重量文蛤微塑膠面積比較
樣本數：n=9
統計方式：t test (p value：0.18)
平均數：未吐沙組 0.0096 平方毫米/克(標準差 0.004) 吐沙組 0.0050 平方毫米/克(標準差 0.005)



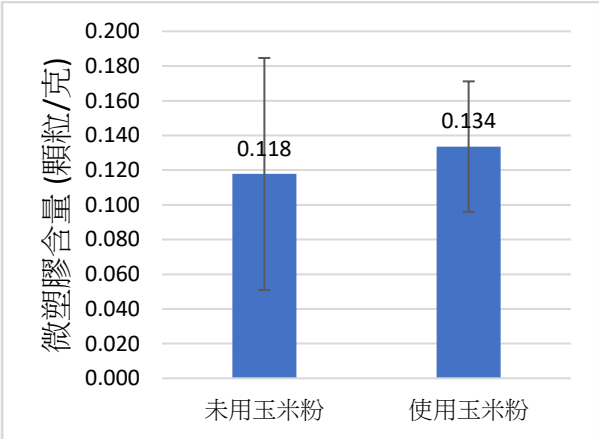
圖四：文蛤微塑膠型態比較

(二) 鮮蚵

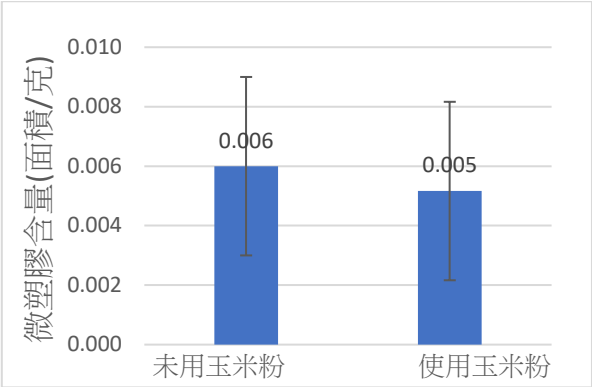
不論是以單位個數或是以單位重量而言，有無使用玉米粉清洗的鮮蚵微塑膠數量並無差別（圖五、圖六）；若以單位重量鮮蚵的微塑膠面積進行比較，有無使用玉米粉清洗的鮮蚵也是無差別（圖七）。此外，我們觀察到鮮蚵體內的微塑膠型態大多呈條狀（圖八）。



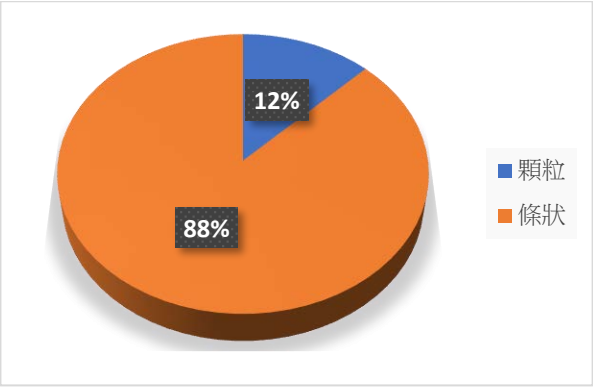
圖五：單顆鮮蚵微塑膠含量比較
樣本數：n=18
統計方式：t test (p value：1)
平均數：未經處理組 0.67 顆 (標準差 0.54) 經玉米粉處理組 0.67 顆(標準差 0.47)



圖六：單位重量鮮蚵微塑膠含量比較
樣本數：n=18
統計方式：t test (p value：0.945)
平均數：未經處理組 0.12 顆(標準差 0.07)經玉米粉處理組 0.13 顆(標準差 0.04)



圖七：單位重量鮮蚵微塑膠面積比較



圖八：鮮蚵微塑膠型態比例

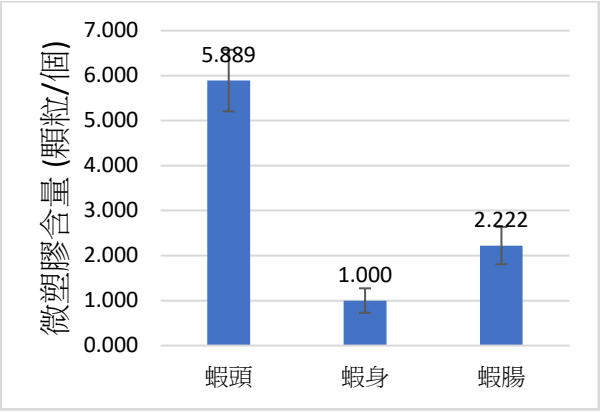
樣本數：n=9
統計方式：t test (p value：0.83)
平均數：未使用玉米粉組 0.006 平方毫米/克(標準差 0.003) 使用玉米粉組 0.005 平方毫米/克(標準差 0.003)

三、海鮮體內不同部位的微塑膠含量與型態比較

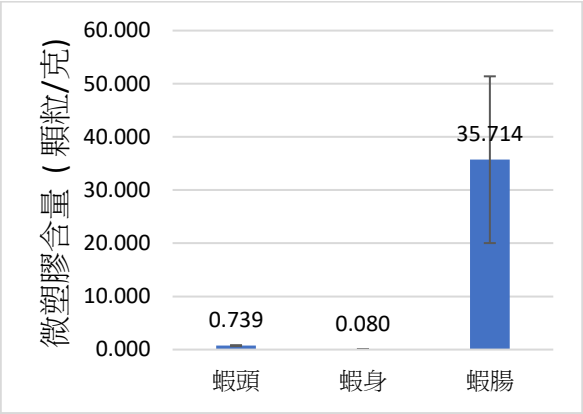
在不同部位的比較中，白蝦分為頭部、身體及腸三組，螺則分為肌肉組織及消化器官兩組。

(一) 白蝦

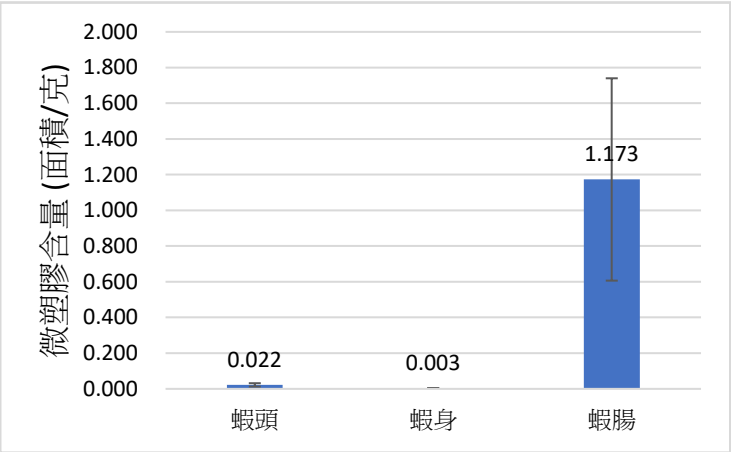
以單位個數而言，蝦頭所含的微塑膠數量明顯多於蝦身及蝦腸（圖九）；若以單位重量而言，蝦腸所含的微塑膠數量明顯多於蝦頭及蝦身（圖十）；若以單位重量白蝦的微塑膠面積進行比較，也以蝦腸最高，與上述單位重量呈現相似的趨勢（圖十一）。此外，我們觀察到白蝦體內型態呈條狀的微塑膠多於顆粒狀（圖十二），且白蝦體內的微塑膠分布部位具有明顯差異，以蝦頭最多（圖十三），與上述單位個數的結果相似。



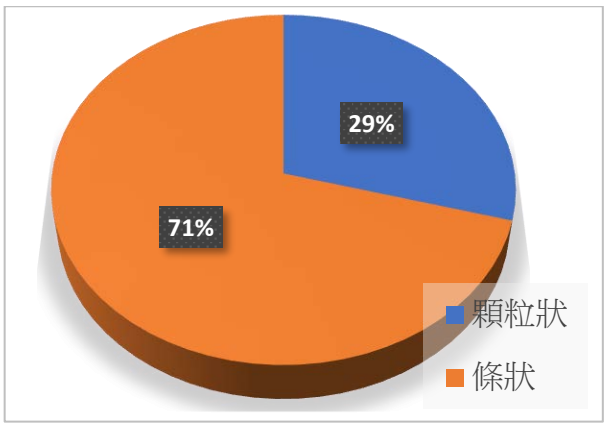
圖九：白蝦不同部位的微塑膠含量比較
樣本數：n=9
統計方式：one-way ANOVA(p value：<0.001)
平均數：
蝦頭 5.67 顆(標準差 0.69)，蝦身 0.89 顆(標準差 0.27)，蝦腸 1.67 顆(標準差 0.42)



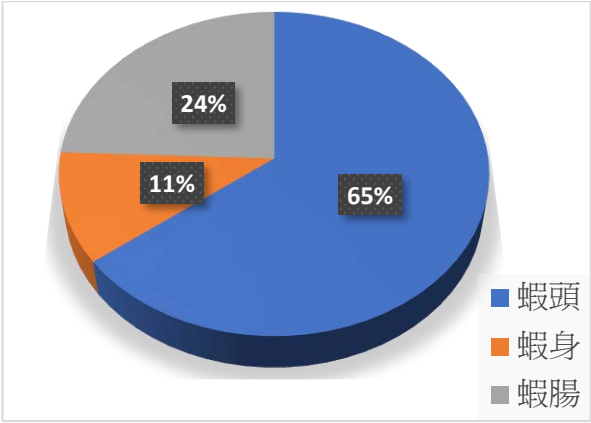
圖十：單位重量白蝦微塑膠含量比較
樣本數：n=9
統計方式：one-way ANOVA (p value：0.007)
平均數：
蝦頭 0.74 顆/克(標準差 0.69)，蝦身 0.08 顆/克 (標準差 0.27)，蝦腸 35.71 顆/克(標準差 0.42)



圖十一：單位重量白蝦微塑膠面積比較
樣本數：n=9
統計方式：one-way ANOVA (p value：0.01)
平均數：蝦頭 0.022 平方毫米/克(標準差 0.010)
蝦身 0.003 平方毫米/克(標準差 0.002)
蝦腸 1.173 平方毫米/克(標準差 0.567)



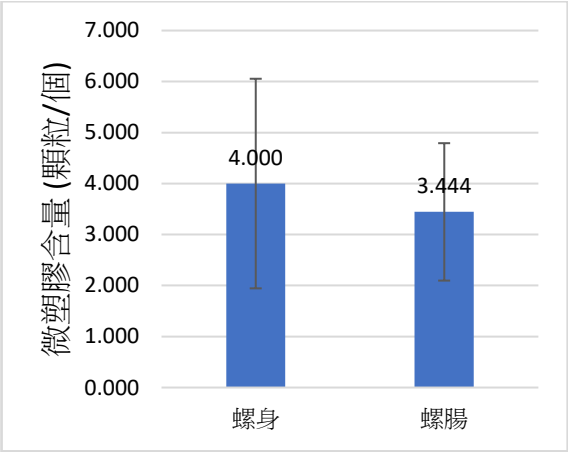
圖十二：白蝦微塑膠型態比例



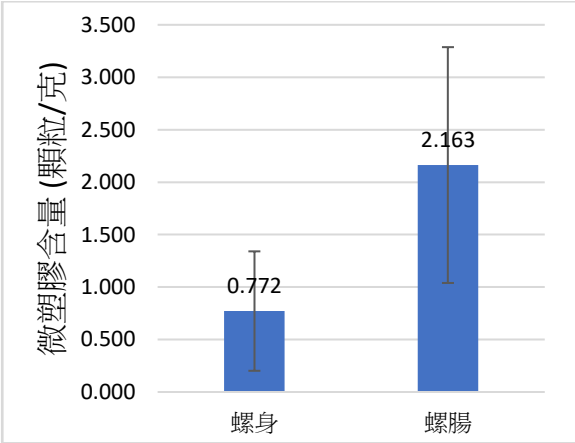
圖十三：白蝦微塑膠於不同部位分布比例

(二) 鳳螺

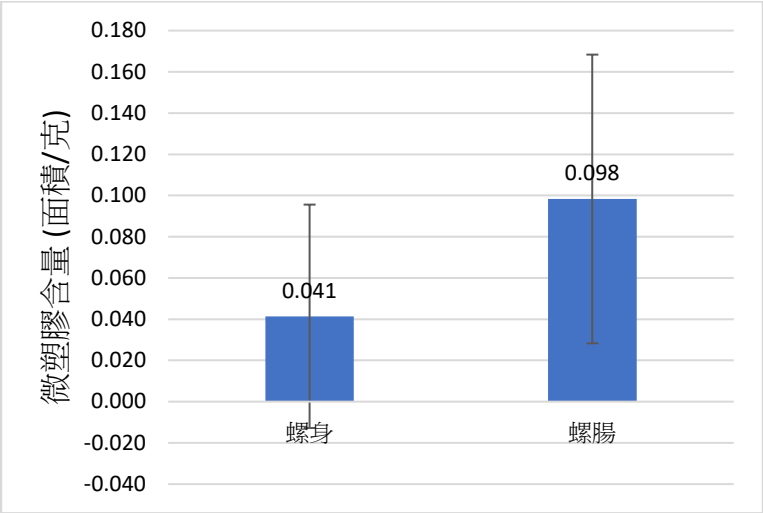
以單位個數而言，螺身與螺腸的微塑膠數量並無差異（圖十四），但若以單位重量而言，螺腸的微塑膠數量略高於螺身（圖十五）；若以單位重量鳳螺的微塑膠面積進行比較，螺身與螺腸的微塑膠數量並無差異（圖十六）。此外，我們觀察到鳳螺螺身的微塑膠型態大多呈顆粒狀（圖十七），鳳螺螺腸的微塑膠型態大多呈條狀（圖十八）。



圖十四：鳳螺不同部位的微塑膠含量比較
樣本數：n=9
統計方式：t test (p value：0.75)
平均數：螺身 4.00 顆 (標準差 2.06)
螺腸 3.44 顆(標準差 1.35)

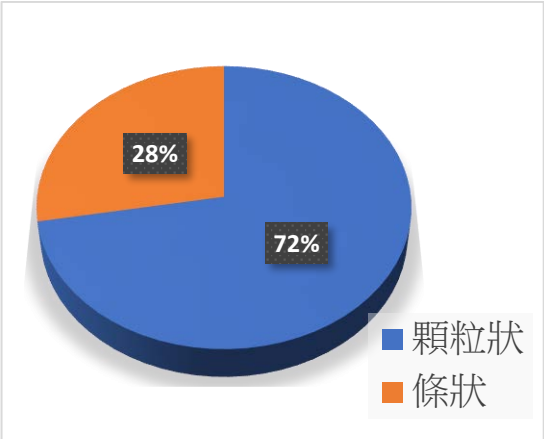


圖十五：單位重量鳳螺微塑膠含量比較
樣本數：n=9
統計方式：t test (p value：0.13)
平均數：螺身 0.77 顆(標準差 0.57)
螺腸 2.16 顆 (標準差 1.12)

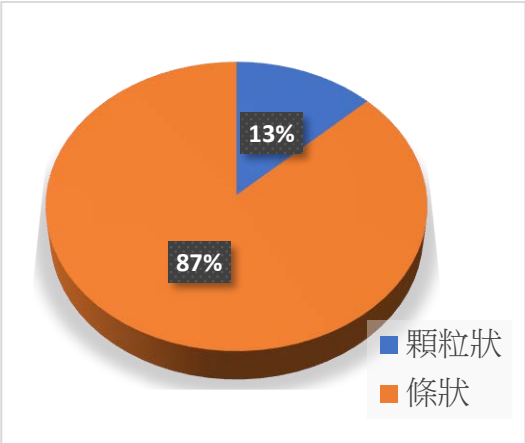


圖十六：單位重量鳳螺微塑膠面積比較

樣本數：n=9
統計方式：t test (p value：0.40)
平均數：螺身 0.041 平方毫米/克(標準差 0.054)
螺腸 0.098 平方毫米/克(標準差 0.070)



圖十七：螺身微塑膠型態比例



圖十八：螺腸微塑膠型態比例

伍、討論

食材的不同處理方式與不同部位為本次實驗的主軸，其中以不同處理方式進行分析的代表樣本為文蛤及鮮蚵；以不同部位進行分析的代表樣本為白蝦與鳳螺。本實驗以上述過程進行樣本處理，進行人們日常生活中經常使用的處理海鮮方法與食用部位的模擬（如文蛤吐沙與否、白蝦挑去腸道與否，或者有些人有吸食蝦頭的習慣等）。

以下將整理分析我們的實驗結果，並分別提出相關料理方式以利降低微塑膠攝取：

一、不同處理方式微塑膠含量比較：文蛤與鮮蚵

(一) 文蛤吐沙與否的微塑膠含量比較

吐沙可略為降低文蛤的微塑膠殘留量，未吐沙的文蛤平均一隻有2.56個微塑膠，而吐沙後的蛤蜊平均一隻約有 1.00 個塑膠微粒（附錄：表二），推測微塑膠可能存在其所生存環境的沙粒中，透過濾食進入文蛤的組織或沾附於個體、套膜表面。吐沙使套膜中沙子排出，故在套膜中之微塑膠也同時被排出。吐沙之後文蛤仍有微塑膠含量，推測是在體內或腸中，故吐沙不能把全部微塑膠清除。

(二) 鮮蚵使用玉米粉清洗與否的微塑膠含量比較

根據實驗結果，未處理的鮮蚵平均一隻有0.67個塑膠微粒，而經玉米粉清洗的鮮蚵平均也相同，發現顯示使用玉米粉清洗以去除外層黏液並無法有效降低鮮蚵個體的微塑膠含量，且兩組的單位質量的微塑膠個數也差異不大，可推測鮮蚵外層黏液所含的微塑膠數量不多。

(三) 烹調時使用有關處理方式降低微塑膠效果簡介

1. 文蛤：依研究結果顯示，吐沙後文蛤的微塑膠數量略為減少。在烹調前費一點時間吐沙，不僅能提升口感亦能降低微塑膠的攝取。
2. 鮮蚵：根據研究結果，鮮蚵無論有無使用玉米粉清洗，微塑膠數量並無差別。

二、白蝦與鳳螺不同部位的微塑膠含量比較

(一) 白蝦各部位微塑膠含量比較

由實驗結果可知，白蝦個體中大多數的微塑膠位於頭部（約佔白蝦微塑膠總量的65%），推測是因其大部分消化器官位於頭部所致。而單位重量的微塑膠數量則以蝦腸遠高於其他部位（約為蝦頭的 48.33 倍、蝦身的 446.43 倍），綜上所述可推測大多數的微塑膠會殘留於白蝦的消化系統中。另外，蝦身所含的微塑膠初步推測是位於蝦殼與蝦肉組織的縫隙中。

(二) 鳳螺各部位微塑膠含量比較

根據實驗結果，發現鳳螺肌肉組織與其消化系統的微塑膠數量差距並不明顯，但螺身的顆粒狀微塑膠約佔其部位微塑膠含量的 72%，同時螺腸的顆粒狀微塑膠僅佔其部位微塑膠含量的 13%，螺身的顆粒狀塑膠比例明顯比螺腸高，而且面積較其他塑膠微粒來的大。我們將造成此結果歸因於鳳螺為野生，並經常在海底沙石處棲息及覓食海中海洋生物屍塊或有機質，容易進食到顆粒狀的微塑膠，而礙於消化器官口徑大小，比較大型之顆粒狀塑膠微粒無法進入腸道，而殘留於螺殼與其組織之間。另外，鳳螺個體間的微塑膠含量差距極大，初步推測是因其進食的食物種類較容易出現明顯差異所致。

(三) 烹調時使用去除相關部位之手法效果簡介

1. 白蝦：依據我們研究指出蝦頭佔了蝦整隻微塑膠的大多數，其次是蝦腸，最後才是蝦身，所以我們提出了以下兩點建議：

(1) 在烹調前剔除腸泥，以減少蝦腸微塑膠的攝取。

(2) 食用時盡可能避免吸蝦頭。若是食用炸蝦或鹽酥蝦也應避免直接食用蝦頭。

2. 鳳螺：

以整隻鳳螺來看，其螺身與螺腸所含的微塑膠差異不大（平均一隻鳳螺的微塑膠含量身體為 4.00 顆，腸為 3.44 顆），但因為螺腸較輕，所以就單位重量來看，螺腸平均每公克含有 2.16 顆微塑膠，身體平均每公克僅含 0.77 顆微塑膠。若希望以去除最少的螺肉來減少最多微塑膠的攝取，建議食用時去除螺腸。

三、微塑膠含量在物種間的差異

上述兩點探討單一海鮮經各式處理後微塑膠的含量，以下則是關於此研究提及的四種海鮮之間單一個體殘留之微塑膠含量多寡，先推論原因，再者論及消費者選購海鮮時應注意事項。

(一) 進食方式

1. 濾食或吞食

本實驗所探討的四種海洋生物，其中文蛤與鮮蚵屬於濾食型動物，捕食較小顆粒的食物，而白蝦與鳳螺分別屬於撿食及刮食，因後兩者用來進食的器官的口徑大小大於其他兩者，故白蝦與鳳螺更容易攝入微塑膠，加上本身體型比文蛤與鮮蚵大，所以單一個體內的微塑膠含量明顯比較多。

(二) 所在環境與微塑膠的關聯

1. 文蛤生存在潮間帶的泥灘中，鮮蚵則是養殖在潮間帶的棚架上，兩者皆為濾食動物，而文蛤的微塑膠含量較多，推測是因為其直接埋藏於泥沙中，與大部分個體暴露於海水中的鮮蚵相較，能直接接觸微塑膠的機會比較多，故經常攝入塑膠微粒。
2. 白蝦與鳳螺大多生長於泥質海底，以微生物或其他有機碎片為食，沙質常常進入其體內，或是依附在其個體表面，這其中也可能混雜塑膠微粒，故推測生長環境因素可能對海鮮個體中的微塑膠含量有關，並且白蝦與鳳螺相較於濾食性動物，還多了生物放大的因素，也有可能是其微塑膠含量較鮮蚵與文蛤多的原因之一。

(三) 消費者應如何選海鮮？

因為不同海鮮殘留的微塑膠不同，故在食用海鮮時不僅要了解如何降低微塑膠，亦須更積極了解不同海鮮可能會因該物種的飲食習慣、棲地和養殖方式進而影響殘留體內的微塑膠多寡，所以選擇適宜的海鮮亦是一門課題。以本次實驗為例，我們發現鳳螺平均每公克所含的微塑膠是鮮蚵 9.2 倍、文蛤 3.4 倍以及白蝦的 2.4 倍（鳳螺、鮮蚵、文蛤、白蝦平均每公克所含的微塑膠顆數分別是 1.10、0.12、0.32、0.45），牠的生態習性，及其產地在印度皆可能為造成此現象之因素，因此若要避免誤食微塑膠，在這四種海鮮裡面最不建議食用鳳螺。

因為能力與時間有限，僅做了四個物種之間的微塑膠含量比較，希望消費者能夠藉由此篇研究對這四種海鮮的微塑膠殘留量有一定的理解。另外，建議選購海鮮時稍加留意產地是否為汙染嚴重之地區，食用來自汙染相對不嚴重產地的海鮮，亦能夠降低微塑膠的攝取。

四、不同物種之間的微塑膠型態比例差異

由實驗結果可知，四種海洋生物樣本的微塑膠型態皆以條狀居多，與 Chen *et al.* (2020)的報告有所出入，該報告提到其實驗海鮮中有 91%的微塑膠為顆粒狀，而只有 8%為纖維，最後 1%為含其他有毒汙染物的塑膠顆粒。我們推測造成此差異的原因是因為有研究指出海洋內的微塑膠汙染中，有 35%的微塑膠來源是來自塑膠纖維（Boucher *et al.*, 2017），而最後被其他環境因素（如風、浪、日曬）分解成小塊狀，導致某些近海物種體內反而是條狀微塑膠含量達 8%以上，另外有些養殖個體（如鮮蚵、蝦等），在養殖環境中容易接觸到其他可能分解成細碎線狀微塑膠的養殖器具（如尼龍繩）。產地也是很大的影響因素之一，不同變因如沿岸侵蝕情況或河川汙染等，可能會導致各地的為塑膠型態比例與數量迥然不同，上述因素皆可能是本實驗觀察到的線狀微塑膠比海洋整體中的微塑膠型態比例高的原因。

五、微塑膠對人體有何影響

在白蝦的實驗中，發現大部分的微塑膠分布於消化系統中，由此可知大部分的塑膠微粒是不會直接進入體內的組織中。歐洲食品安全局於 2016 年的報告顯示，尺寸小於 150 微米的塑膠顆粒才會通過人體的腸壁上皮，其中只有小於 1.5 微米的塑膠微粒才能經由體內循環送至其他器官，目前的文獻皆難以證實塑膠微粒本身是否能直接造成健康危害。根據研究，微塑膠有大約 1%帶有其他汙染物質（如多氯聯苯與其他環境賀爾蒙）微塑膠會被小型海洋生物攝入，經由食物鏈的生物放大作用，最終影響人體機能（*Boucher et al.*, 2017）。故目前已知的微塑膠的危害不在於微塑膠本身，而是其容易吸附其他物質的特性所可能產生的毒性。對此，本研究指出各海鮮體內所含的微塑膠含量多寡，而非微

塑膠本身是否能夠穿越腸壁，並期望能夠盡量減少微塑膠的攝取，減少上述毒素的影響。

六、未來展望

(一) 本研究礙於研究設備，無法完全辨別顆粒極小、無法用肉眼觀察的塑膠微粒，這也可能是我們低估顆粒狀微塑膠數量的原因之一。未來可使用傅立葉變換紅外光譜儀器（FTIR），以觀察更微小的微塑膠，並判斷其塑膠成分為何。

(二) 目前尚未證實塑膠微粒是否能直接進入動物組織內並造成危害，未來可設計實驗探討各種海鮮所攝入的微塑膠最終將殘留於哪些部位。

(三) 產地環境因素對於微塑膠型態與數量之影響尚未有實驗進行研究，未來可進行實地考察取樣，或是進行其他實驗討論各種環境變因（如沿岸侵蝕等）是否能影響沙灘及潮間帶區域微塑膠數量。

陸、結論

一、文蛤、白蝦、鮮蚵、鳳螺等四種海鮮樣本中，單一個體的微塑膠含量以白蝦為最多，而單位重量的微塑膠含量則以鳳螺最高。

二、不同處理方式而言，吐沙文蛤的微塑膠數量皆略少於未吐沙的文蛤，但有無使用玉米粉清洗的鮮蚵微塑膠數量並無差別。

三、不同部位而言，白蝦單位個數的所含的微塑膠數量以蝦頭最多；單位重量則以蝦腸最高。鳳螺則是單位個數螺身與螺腸的微塑膠數量並無差異；單位重量螺腸所含的微塑膠數量略高於螺身；單位重量不同部位的微塑膠面積則無明顯差異。

柒、參考文獻資料

Boucher, J., Friot D. (2017). Primary Microplastics in the Oceans: a Global Evaluation of Sources. Switzerland, IUCN002-En.

Chen, J. Y.-S.,Lee, Y-C.,Walther,B. A. (2020). Microplastic contamination of three commonly consumed seafood species from Taiwan: A pilot study. Sustainability, 12 (22), 9543.

Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L.(2015). Plastic waste inputs from land into the ocean.Science 347, 768-771.

Jamieson, A. J., Brooks, L. S. R., Reid,W. D. K.,Piertney,S. B.,Narayanaswamy, B. E.,Linley, T. D. (2019). Microplastics and synthetic particles ingested by deep-sea amphipods in six of the deepest marine ecosystems on Earth. Royal Society Open Science6, 180667.

Kathryn, M., David, S., Paul, J. (2016). Plastics in Seafood – full technical review of the occurrence, fate and effects of microplastics in fish and shellfish. Greenpeace Research Laboratories Technical Report.GRL-TR(R)-07-2016, 47pp.

Lesliea, H.A., van Velzen, M.J., Brandsma, S., Vethaak,A., Garcia-Vallejo, J., Lamoree, M. (2022).Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International Volume 163, May 2022, 107199.

Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., Shi, H. (2016). Microplastics in mussels along the coastal waters of China. Environmental Pollution214, 177-184.

Li, J.,Yang, D., Li,L.,Jabeen,K., Shi,H. (2015). Microplastics in commercial bivalves from China. Environmental Pollution207,190-5.

Magnuson, K., Eliason, K., Frane, A., Haikonen, K., Hulten, J., Olshammar, M., Stadmark, J., Voisin, A.(2016). Swedish sources and pathways formicroplastics to the marine environment.IVL Swedish Environmental Research Institute, C 183.

Mary, K., Sherri, A. M.,Elizabeth, V. W. (2018). Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt.PLoS One13(4),e0194970.

Sajjad, A., Naghmeh, S., Behnam, K., Farid, M., Andrew, T.(2018).Microplastic in different tissues of fish and prawn from Musa Estuary, Persian Gulf.Chemosphere 205, 80-87.

Sundt, P., Schulze, P.-E., and Syversen, F. (2014). Sources of microplastic- pollution to the marine environment. Plastic Action CentreM-321.

Thevenon, F., Caroll, C., Sousa, J.(2014).Plastic debris in the ocean :the characterization of marine plastics and their environmental impacts, Situation Analysis ReportGland, Switzerland.IUCNMON-089325.

附錄：

表一：未經處理海鮮所含微塑膠量比較

編號	物種	樣本數	總重量	微塑膠顆數	顆數/個	顆數/克
1	文蛤	9	57.76	23	2.56	0.324
2	白蝦	9	184.2	82	9.11	0.45
3	蚵	9	101.89	12	1.33	0.118
4	鳳螺	9	60.99	67	7.44	1.10

表二：文蛤以不同處理方式的實驗結果

組別	克數	顆粒/克	顆粒/個	微塑膠總數	顆粒狀	條狀	長度平均	長度標準差
文蛤未吐沙	57.76	0.33	2.56	23	0	23	1.62	1.02
文蛤吐沙	69.67	0.16	1.00	9	0	9	1.16	0.76

表三：鮮蚵不同處理方式實驗結果

組別	克數	顆粒/克	顆粒/個	微塑膠總數	顆粒狀	條狀	長度平均	長度標準差
無處理蚵	101.89	0.118	0.667	12	2	10	1.363	0.936
玉米粉處理蚵	89.85	0.134	0.667	12	1	11	1.492	0.969

表四：白蝦不同部位及全蝦的比較

組別	克數	顆數/克	顆數/個	微塑膠總數	顆粒狀	條狀	長度平均	長度標準差
蝦頭	71.70	0.74	5.89	53	16	37	1.50	1.23
蝦身	111.94	0.08	1.00	9	0	9	1.65	0.88
蝦腸	0.56	35.71	2.22	20	8	12	1.64	0.89
全蝦	184.20	0.45	9.11	82	24	58	1.55	1.12

表五：鳳螺不同部位及全螺的比較

組別	克數	顆粒/克	顆粒/個	微塑膠總數	顆粒狀	條狀	長度平均	長度標準差
螺身	46.66	0.77	4.00	36	26	10	1.16	0.89
螺腸	14.33	2.16	3.44	31	4	27	1.63	1.00
全螺	60.99	1.10	7.44	67	30	37	1.50	1.60

【評語】052203

1. 本計畫探討不同海鮮前處理方式對於塑膠微粒殘留之影響，並探討不同海鮮之殘留部位的差異。並提出料理海鮮前處理的方式，具有實用價值。

2. 作者測定文蛤、鮮蚵、白蝦及鳳螺中的塑膠含量，並探討不同處理方式對塑膠含量的影響。結果發現單位重量中鳳螺體內微塑膠含量較高，而吐沙可減少文蛤體內微塑膠。

3. 題目為「探討不同料理方式對海鮮中微塑膠量的影響」，惟僅比較吐沙對文蛤體內微塑膠，以及玉米粉清洗對鮮蚵體內塑膠含量的影響，並未探討不同"料理方式"的影響。

4. 本實驗塑膠含量的測定，係以解剖顯微鏡觀察，宜以更精準的方法測定。

5. 研究結果中圖 9 、10、11 的顯著差異標示宜更明確。

6. 本計畫探討台灣沿海地區水產品，具有鄉土關懷精神。

作品簡報

探討不同料理方式對海鮮中微塑膠量的影響

組別：高級中等學校組

科別：農業與食品學科

研究背景

- 微塑膠會被小型海洋生物攝入經由**食物鏈**的生物放大影響人體（*Boucher et al.*, 2017）
- 已在**人體血液樣本發現微塑膠**（Lesliea *et al.*, 2022）
- 海鮮裡的微塑膠可能**吸附毒素**影響人體健康

研究動機

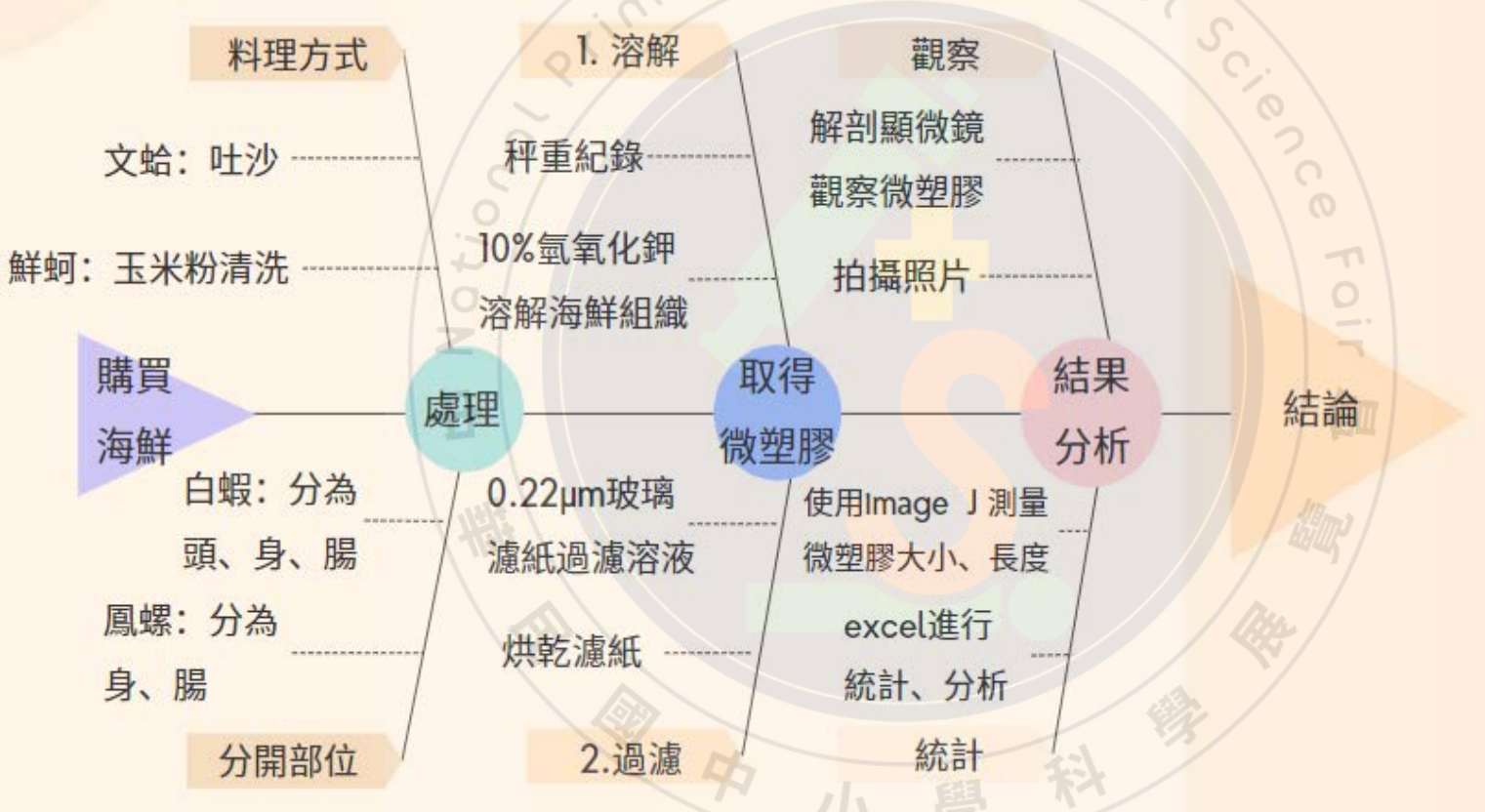
- 學界研究尚未採用經人為處理之海鮮樣本
- 本研究欲探討**去除某些部位**或**不同的料理方法**，是否降低海鮮中微塑膠含量

研究架構

海鮮中的微塑膠

- 一、不同海鮮體內的含量與型態
  - 文蛤、鮮蚵、白蝦、鳳螺
- 二、不同處理方式的含量與型態
  - 文蛤—吐沙、未吐沙
  - 鮮蚵—玉米粉、未使用
- 三、不同部位的含量與型態
  - 白蝦—蝦頭、蝦身、蝦腸
  - 鳳螺—螺身、螺腸

實驗步驟

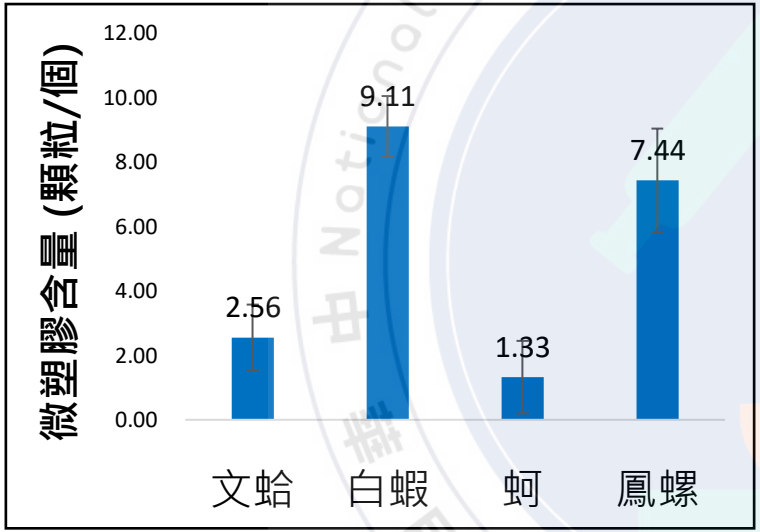


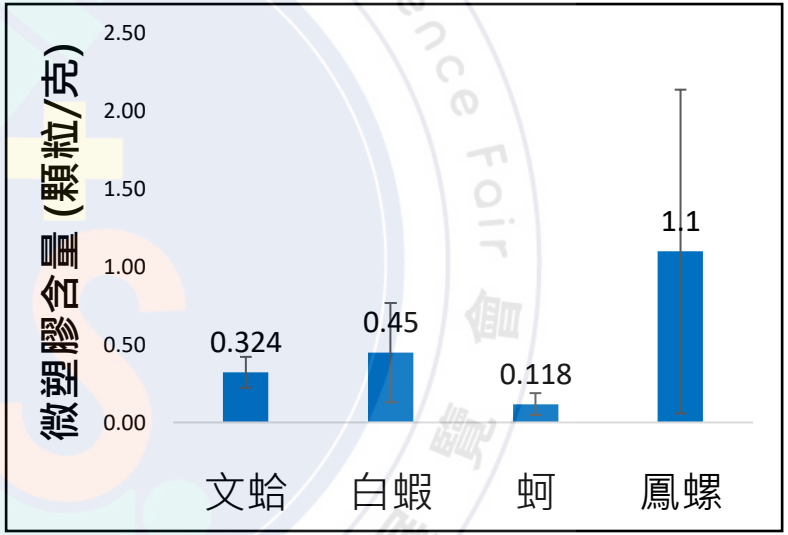
《抽濾裝置》

《含微塑膠濾紙》

研究結果

■ 不同海鮮體內的微塑膠含量：



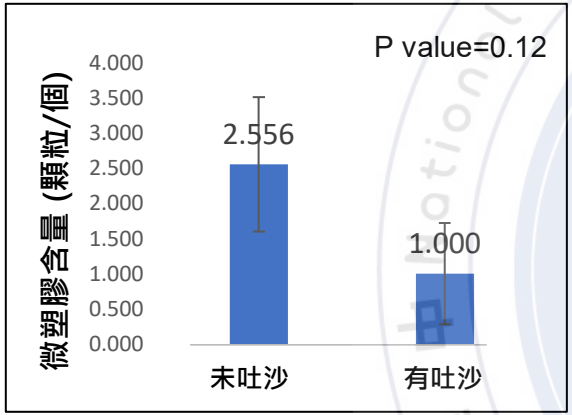


單一個體中的微塑膠含量最多：白蝦
單位重量的微塑膠含量最多：鳳螺

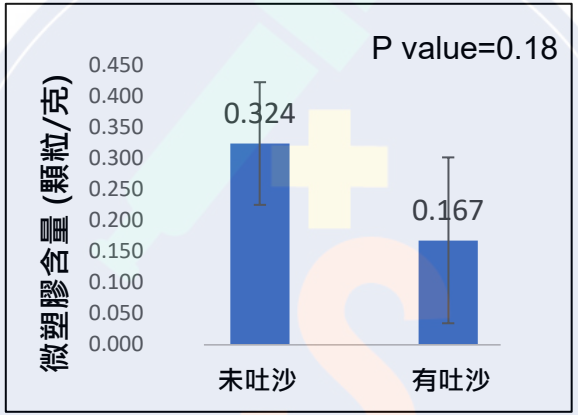
■ 不同處理方式的微塑膠含量：

文蛤微塑膠含量比較
樣本數：n=3 (每樣本3顆)
統計方式：t test

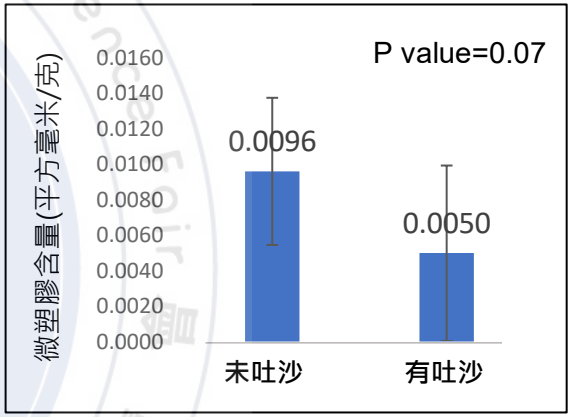
● 文蛤



單個文蛤個數



單位重量個數



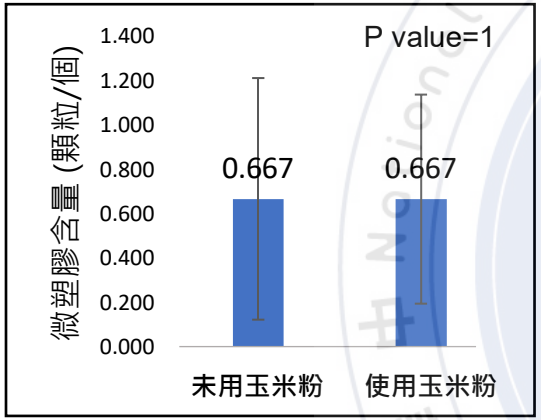
單位重量面積

吐沙減少文蛤體內約一半的微塑膠含量
微塑膠無法藉吐沙完全清除，推測殘留在體內或腸中

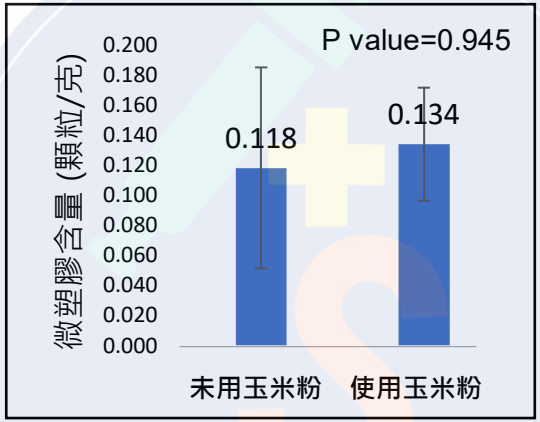
■ 不同處理方式的微塑膠含量：

鮮蚵微塑膠含量比較
樣本數：n=3 (每樣本6顆)
統計方式：t test

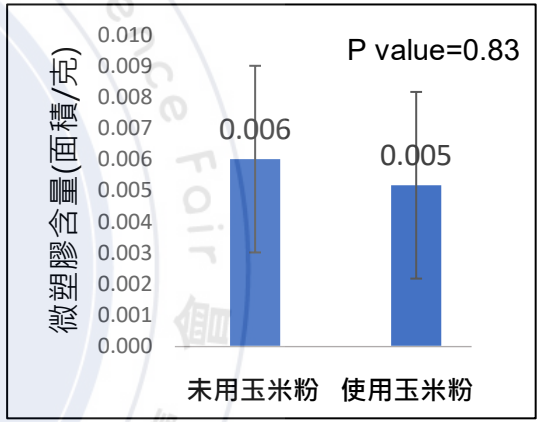
● 鮮蚵



單個鮮蚵個數



單位重量個數



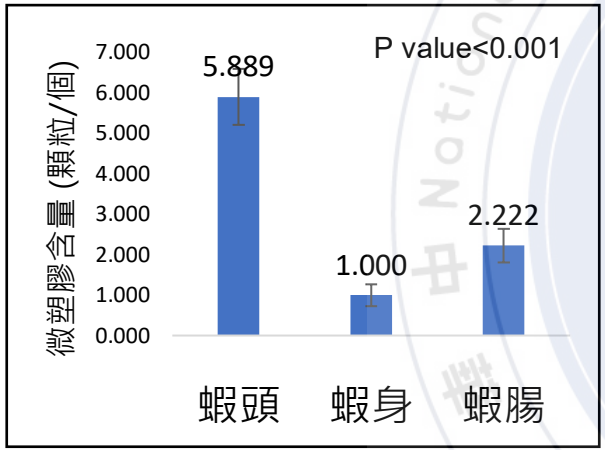
單位重量面積

無論有無使用玉米粉清洗微塑膠量並無太大差別
推測鮮蚵外層黏液所含的微塑膠數量不多

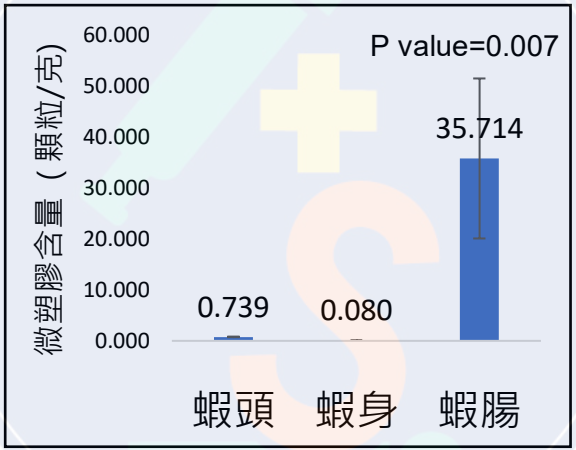
■ 不同部位的微塑膠含量：

白蝦微塑膠含量比較
樣本數：n=3 (每樣本3隻)
統計方式：one-way ANOVA

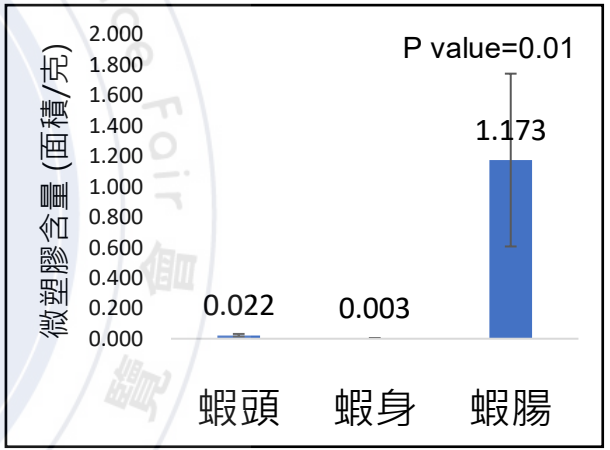
● 白蝦



單個蝦部位個數



單位重量蝦部位個數



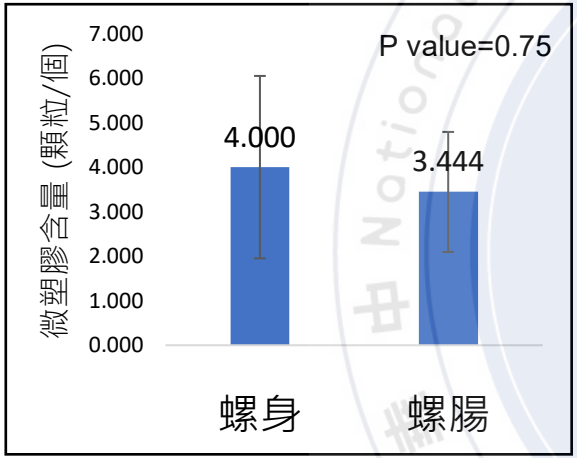
單位重量蝦部位面積

微塑膠大多分布於蝦頭
蝦腸單位重量含量最高

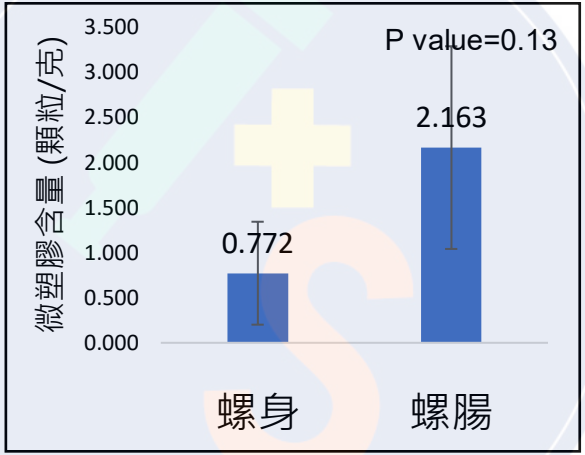
■ 不同部位的微塑膠含量：

鳳螺微塑膠含量比較
樣本數：n=3 (每樣本3隻)
統計方式：t test

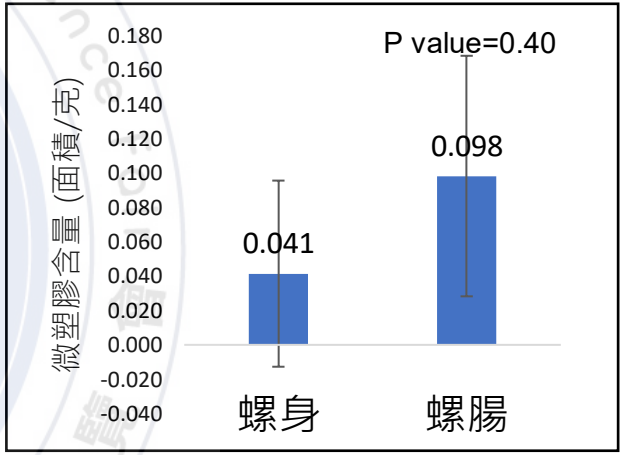
● 鳳螺



單個螺部位個數



單位重量螺部位個數



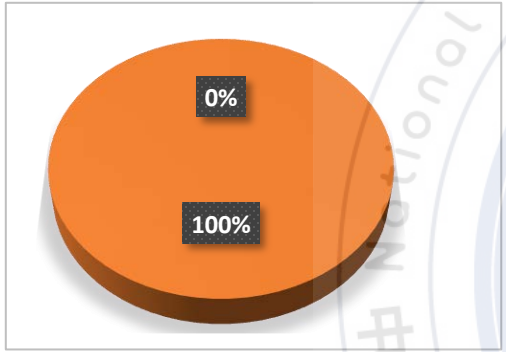
單位重量螺部位面積

螺身與螺腸所含微塑膠個數沒有明顯差異
單位重量含量則是螺腸略高

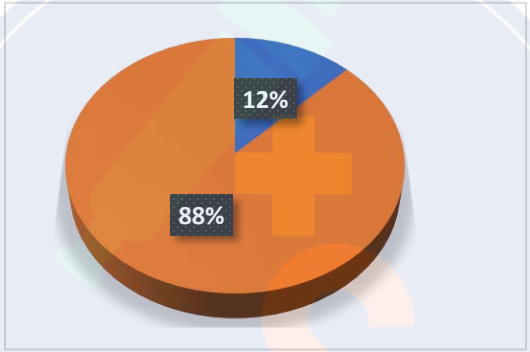
海鮮中的微塑膠型態差異：

- 條狀
- 顆粒狀

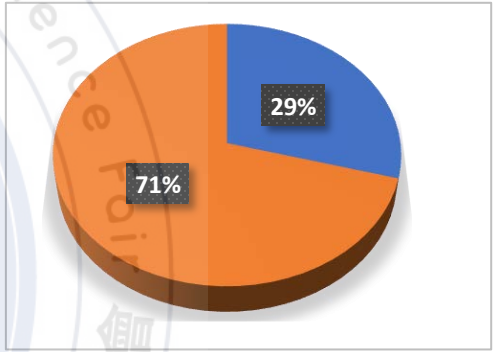
文蛤



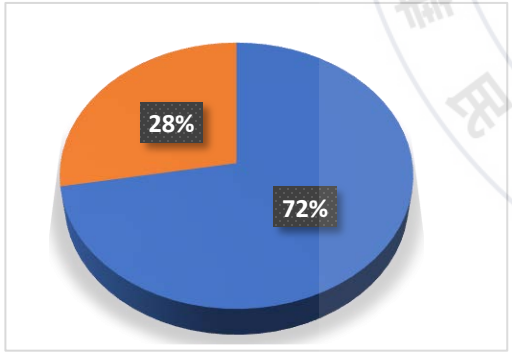
鮮蚵



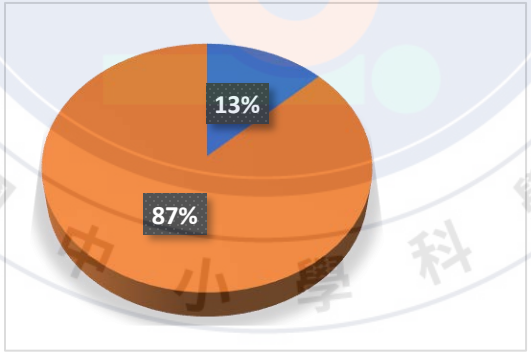
白蝦



螺身



螺腸



推測可能的影響因素：

- 海鮮產地、養殖器具
- 生存環境
- 食性
- 口徑大小
- 生物放大

結論

- 文蛤吐沙能有效減少微塑膠含量
- 有無玉米粉清洗鮮蚵無明顯差異
- 剝除蝦頭可減少每隻個體65%的微塑膠含量，而去除螺腸則約可減少一半

消費者指引

文蛤 → 吐沙
白蝦 → 去頭、挑腸
鳳螺 → 去腸

挑選海鮮 →
建議消費者留意海鮮產地

未來展望

- 使用FTIR儀器觀察更微小的微塑膠，並進一步判斷其塑膠成分。
- 目前尚未證實塑膠微粒是否能直接進入動物組織內並造成危害，可設計實驗探討各種海鮮所攝入的微塑膠最終將殘留於哪些部位。

參考資料

- Chen, J. Y.-S., Lee, Y-C., Walther, B. A. (2020). Microplastic contamination of three commonly consumed seafood species from Taiwan: A pilot study. Sustainability, 12 (22), 9543.
- Boucher, J., Friot D. (2017). Primary Microplastics in the Oceans: a Global Evaluation of Sources. Switzerland, IUCN 002-En.
- Lesliea, H.A., van Velzen, M.J., Brandsma, S., Vethaak,A., Garcia-Vallejo, J., Lamoree, M. (2022).Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International Volume 163, May 2022, 107199.