

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

(鄉土)教材獎

030216

欲寄相「虱」「鉛」里月-魚鱗吸附水中鉛離子  
探討

學校名稱：康橋學校財團法人新北市康橋高級中學

作者：  國二 郭可妤  國二 洪愷璘  國二 吳卓翰	指導老師：  蔡宜蓁  李威震
---	-----------------------------

關鍵詞：虱目魚鱗、鉛離子、膠原蛋白

## 摘要

理化課時，常聽聞老師講述世界各地發生的重金屬污染事件，其中鉛離子所造成的污染及危害尤其嚴重。查詢鉛離子污染相關文獻以及移除鉛離子的方法後，發現膠原蛋白的螯合作用能去除許多有害重金屬離子。而膠原蛋白的來源之一就是從魚鱗提煉。

本次實驗主要在探討不同條件下，利用魚鱗及膠原蛋白與硝酸鉛水溶液中的鉛離子螯合的效果，並以碘化鉀做為指示劑，檢驗鉛離子的殘餘量。實驗結果顯示，魚鱗及膠原蛋白確實具有極佳的螯合鉛離子效果；而魚鱗中除了膠原蛋白，另一種化學物質羧基磷灰石會以置換反應，達到移除水中鉛離子的功效。在數據顯示上，可以明顯看出，虱目魚鱗吸附鉛離子確實具前景及研究價值。

## 壹、前言

### 一、研究動機

理化老師講解金屬元素及其造成的重大污染事件中，不難發現重金屬鉛離子造成的各種污染，在新聞中屢見不鮮，從香港 2015 年飲用水鉛濃度過高事件到密西根佛林特市 2016 年的鉛水危機，一再聽聞世界各地因為鉛離子污染造成各種鉛中毒的症狀發生。反觀台灣，台北市最後一根鉛水管在 2015 年被汰換，讓台灣的人民更加重視鉛對身體的各種危害有其危險性[1]。於是我們出於好奇上網了解如何能將鉛離子從各種地方被去除，從中得知利用蛋白質的螯合作用可以使其包覆重金屬，進而去除重金屬離子。

外公家住在台南，養了很多虱目魚。每每回到外公家總會品嚐一碗香氣撲鼻、令人垂涎的虱目魚湯，配著一盤香煎虱目魚肚，聽著爺爺細說虱目魚對於台南的貢獻。清代蔡如笙詩人就寫著「莫說無名得大名，長留絕島紀延平；細鱗亦有英雄氣，抵死星星眼尚明。」描寫這一尾曾讓國姓爺垂青的魚有著細細的魚鱗，默默地為台南養殖漁業撐起一片天。但魚肚、魚肉、魚皮都有其用途，唯獨那惱人的細鱗，往往被當作垃圾處理掉。在更進一步的搜索資料後，我們發現膠原蛋白的來源之一就是由魚鱗提煉的，到這裡我們就想到，既然魚鱗中含有大量的膠原蛋白，那是否虱目魚鱗也具有吸附鉛離子的功用呢？所以我們展開了一段奇妙的研究之旅！

## 二、研究目的

本實驗利用虱目魚鱗、膠原蛋白在不同條件中，在水溶液中與鉛離子吸附的程度。

(一)探究虱目魚鱗對於鉛離子吸附的能力。

(二)探討膠原蛋白對於鉛離子吸附的能力。

## 三、文獻回顧

### (一) 虱目魚鱗

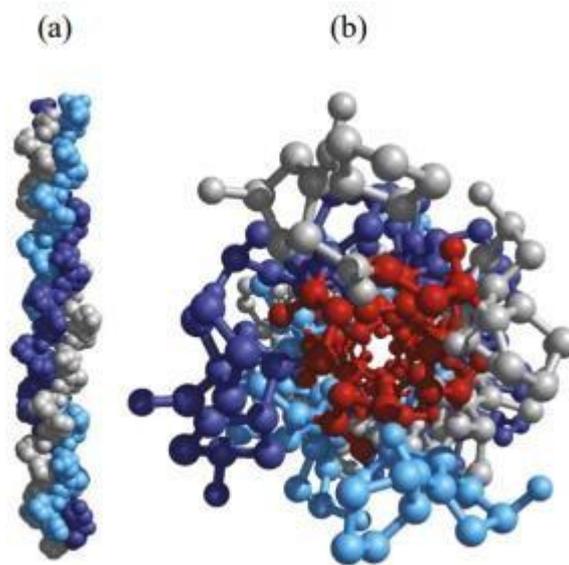
虱目魚是台灣第二大養殖魚類，總產量占台灣總養殖產量 18.3%僅次於羅非魚，每年產量約 5 萬噸[2]，而虱目魚鱗約佔總體重 3%~5%[3]，每年初估約有 150 噸廢棄魚鱗產生。魚鱗本身含有大量的膠原蛋白與羧基磷灰石所組成[4]，如果當成廢棄丟棄，著實可惜。近年也因為了解魚鱗具有良好的柔韌性、機械性能與重量輕等優點，許多科學家都開始著手研究如何從魚鱗中加以提煉萃取膠原蛋白或改質成為更有效的結構達到將魚鱗燒結成羧基磷灰石的多孔洞結構製作成人工骨骼填充物或眼角膜等生醫材料，再再顯示魚鱗的使用已日趨重要。

### (二)膠原蛋白

膠原蛋白(collagen)分子多半是由二至三條多勝肽鏈(polypeptide chain)相互纏繞而成的雙股或三股螺旋結構，而膠原蛋白勝肽序列通常會以甘胺酸連結另外兩種不同的胺基酸，重複排列形成(Gly-X-Y)<sub>n</sub> 的形式，每三個胺基酸便會重複一個 Gly。這種結構會導致在所有胺基酸中體積最小的 Gly 才能位處螺旋中心形成穩定結構如附圖一所示。

膠原蛋白平均分子量為 285 kDa，長度為 289 nm，直徑為 1.5 nm。每一種膠原蛋白特性也不相同且在不同部位組織各為不同含量及型態的膠原蛋白，目前已知膠原

蛋白種類有 28 種。水生動物膠原蛋白來源為魚皮、魚骨、鰭、鱗、鰾及頭足類外皮等。膠原蛋白可直接利用有機酸(醋酸、氯乙酸、檸檬酸、乳酸)或無機酸(鹽酸)從組織分離萃取出，而萃取膠原蛋白的效果取決於選取的動物種類、年齡和特徵。已知利用 0.5 M 醋酸溶液萃取不同水產動物膠原蛋白，會有 2%-90%不等的溶解度[5]。



圖一、膠原蛋白結構示意圖

圖(a)膠原蛋白側面圖，途中所示三條不同的胜肽鏈交纏而成 圖(b) 俯視圖，中間紅色部分為體型較小的甘胺酸

圖片取自[6]洪嘉呈(2012)利用 Cation- $\pi$  作用力誘導膠原蛋白異源三股螺旋形成及膠原蛋白自組裝之探討

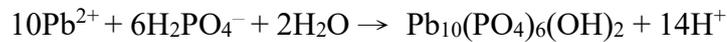
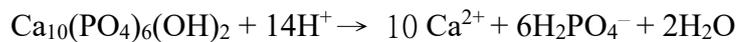
### (三) 羥基磷灰石

羥基磷灰石在人體中扮演了相當重要的角色，尤其是在堅硬的骨骼與牙齒中，都可以找到它的蹤跡。若補充羥基磷灰石入體內後，鈣離子以及磷離子會被身體組織吸收，並形成新的骨骼或者牙齒。

羧基磷灰石被發現具有許多效用，其中包含吸附重金屬、低水溶性及氧化還原反應中具有高度穩定性，而最重要的是成本非常低。

其中對於重金屬離子反應作用一共可分為三大類，分別為離子交換法、溶解與沉澱法與鈣離子及羧基形表面複合物，羧基磷灰石對於正電金屬離子有良好的吸附效果，特別是二價的金屬離子[7]

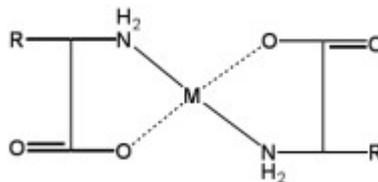
而針對重金屬鉛離子的吸附作用再 1994 年也被馬清揚教授寫入他的論文中，其中明白的表示羧基磷灰石能與鉛離子作用的反應式如下：



由反應式可了解，羧基磷灰石具有與鉛離子反應的能力，尤其是在酸性溶液中效果更加明顯。

#### (四) 金屬螯合胜肽

螯合物是由一個或多個分子中具有多處帶負電的原子團，能與帶正電的金屬離子產生環狀包圍的穩定結構，尤其是在胜肽中具有 Gly、His、Asp 與 Cys 能提升胜肽螯合金屬的能力[8]。另外胜肽的酸鹼度、結構、立體空間或分子量大小，都很有可能是與金屬螯合的相關因子。



圖二、胺基酸與金屬螯合之結構

圖片取自[9]周照仁、鄭詩婷吳郭魚頭蛋白質水解物的抗氧化特性及其螯合銅離子胜肽之純化的研究

## 貳、 研究設備及器材

### 一. 研究設備及器材

表 1 實驗器材列表

果汁機	離心機	pH meter
導電度測量儀	秤紙	烘箱
燒杯	計時器	抽濾瓶
布式漏斗	秤量紙	試管
光譜儀	真空過濾機	

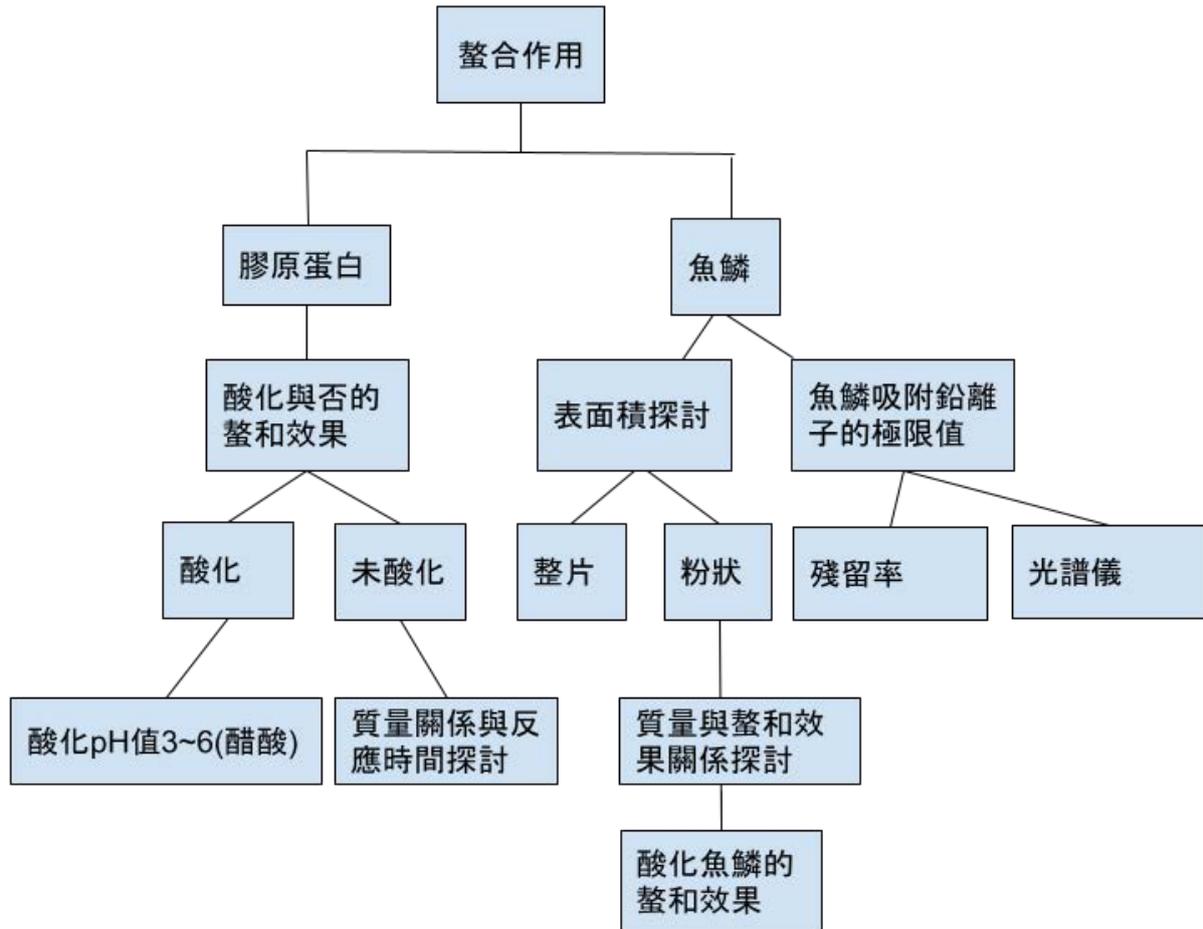
### 二. 實驗藥品

表 2 實驗藥品列表

名稱	學名	化學式
硝酸鉛	Lead Nitrate	$Pb(NO_3)_2$
醋酸	Acetic Acid	$CH_3COOH$
碘化鉀	Potassium Iodide	KI
虱目魚鱗	Chanos Chanos	
膠原蛋白	Collagen	



## 參、研究過程及方法



### 一、粉末化與否探討魚鱗對硝酸鉛螫合效果研究

實驗流程：

- (一)分別將 2g 的魚鱗粉末與 2g 的完整魚鱗加入 100ml 純水中攪拌均勻
- (二)將 0.1g 硝酸鉛 ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) 加入魚鱗粉水與魚鱗水中分別靜置三分鐘、五分鐘、十分鐘、十五分鐘、二十分鐘
- (三)加入碘化鉀 (KI) 1g
- (四)產生黃色碘化鉛 ( $\text{PbI}_2$ ) 沉澱，開始計時
- (五)直至完全螫合，杯中看不見黃色沉澱，停止計時

### 二、不同質量的魚鱗粉末對硝酸鉛螫合效果

實驗流程：

- (一) 分別將無添加、0.5g、1.0g、1.5g 與 2g 的魚鱗粉加入 100ml 純水中攪拌均勻
- (二) 將 0.1g 硝酸鉛 ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) 加入魚鱗水中隨即加入碘化鉀(KI)1g
- (三) 產生黃色碘化鉛 ( $\text{PbI}_2$ ) 沉澱，開始計時
- (四) 直至完全整合，杯中看不見黃色沉澱，停止計時

### 三、不同 pH 值酸化魚鱗粉末對整合硝酸鉛效果差異

實驗流程：

- (一) 將 2g 魚鱗粉末加入 100ml 純水中攪拌均勻
- (二) 以滴管將醋酸( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )滴入魚鱗粉水中並用 pHmeter 測量，使其 pH 值達到 3、4、5、6 與未酸化的 6.8
- (三) 將 0.1g 硝酸鉛 ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) 加入已酸化的魚鱗粉水
- (四) 立刻將碘化鉀 (KI) 加入
- (五) 產生黃色碘化鉛 ( $\text{PbI}_2$ ) 沉澱，開始計時
- (六) 直至完全整合，杯中看不見黃色沉澱，停止計時

### 四、不同質量的魚膠原蛋白粉末對硝酸鉛整合效果

實驗流程：

- (一) 將 0.1g 硝酸鉛 ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) 溶於 100ml 水中
- (二) 分別加入 0.5g、1.0g、1.5g 與 2g 的膠原蛋白
- (三) 在指定的反應時間後，加入碘化鉀 (KI)，產生黃色沉澱 ( $\text{PbI}_2$ )
- (四) 將其放入離心機使沉澱物與其他物質分離
- (五) 黃色沉澱放入烘箱中烘烤，讓多餘的水分蒸發
- (六) 烘乾後測量其質量

### 五、不同 pH 值酸化魚膠原蛋白粉末對整合硝酸鉛效果差異

實驗流程：

- (一)將 0.5g 膠原蛋白加入 100ml 純水中
- (二)加入醋酸( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )酸化，使魚膠原蛋白水溶液酸鹼值分別達到 3、4、5 加入 0.1g 硝酸鉛 ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ )
- (三)靜置 20 分鐘後加入碘化鉀 (KI)，產生黃色沉澱 ( $\text{PbI}_2$ )
- (四)將其放入離心機使沉澱物與其他物質分離
- (五)黃色沉澱放入烘箱中烘烤，讓多餘的水分蒸發
- (六)烘乾後測量其質量

#### 六、不同時間對魚膠原蛋白粉末對螯合硝酸鉛效果差異

實驗流程：

- (一)將 0.5g 膠原蛋白加入 100ml 純水中
- (二)加入醋酸( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 酸化，使魚膠原蛋白水溶液酸鹼值分別達到 3、4、5、6、6.8
- (三)加入 0.1g 硝酸鉛 ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ )
- (四)靜置 20 分鐘後加入碘化鉀 (KI)，產生黃色沉澱 ( $\text{PbI}_2$ )
- (五)將其放入離心機使沉澱物與其他物質分離
- (六)黃色沉放入烘箱中烘烤，讓多餘的水分蒸發
- (七)烘乾後測量其質量
- (八)將靜置時間更改為 40 分鐘與 60 分鐘，重複步驟 1~7

## 肆、研究結果

### 一、粉末化與否探討魚鱗對硝酸鉛螯合效果研究

質量 2g/硝酸鉛 0.1g/純水 100ml/碘化鉀 1g

靜置時間(分) 狀態	3	5	10	15	20
粉末狀魚鱗	全部變白	全部變白	全部變白	全部變白	全部變白
整片魚鱗	黃色	黃色	黃色	黃色	黃色

我們發現使用液態氮粉碎的魚鱗粉末顆粒非常細小但吸附鉛離子的效果極差，推測是因為液態氮溫度太低導致魚鱗中的膠原蛋白以及羥基磷灰石結構發生變化因此影響其吸附鉛離子的效果。

### 二、不同質量的魚鱗粉末對硝酸鉛螯合效果

100ml 純水/0.1g 硝酸鉛/1g 碘化鉀/無靜置時間

魚鱗粉質量(公克)	0.5	1.0	1.5	2.0
反應時間	大於 8 小時	40 分 32 秒	35 分 10 秒	09 分 04 秒

### 三、不同 pH 值酸化魚鱗粉末對螯合硝酸鉛效果差異

2g 膠原蛋白/100ml 純水/0.1g 硝酸鉛/1g 碘化鉀/無靜置時間

pH 值	3	4	5	6	6.8
反應時間	超過 8 小時	20 分 44 秒	10 分 40 秒	14 分 56 秒	9 分 04 秒

### 四、不同質量的魚膠原蛋白粉末對硝酸鉛螯合效果

100ml 純水/0.1g 硝酸鉛/1g 碘化鉀/pH 值 6.8

膠原蛋白質量(g)	0	0.5	1.0	1.5	2.0
沉澱物總重(g)	0.14	0.22	0.27	0.33	0.46

### 五、不同 pH 值酸化魚膠原蛋白粉末對螯合硝酸鉛效果差異

100ml 純水/0.1g 硝酸鉛/1g 碘化鉀/膠原蛋白 0.5g

pH 值	3	4	5
沉澱量(g)	0.07	0.09	0.1

## 六、不同時間對魚膠原蛋白粉末對螯合硝酸鉛效果差異

分別在 20 分鐘、40 分鐘及 60 分鐘的狀態下，對 0.5g、1.0g、1.5g 與 2g 的魚膠原蛋白粉末作探討。

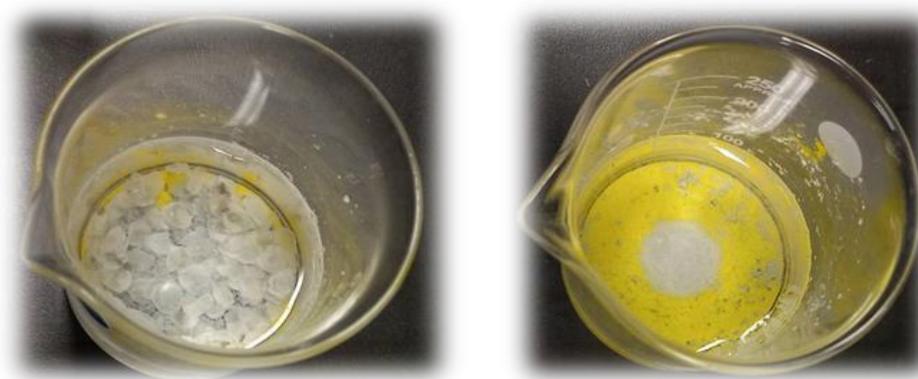
反應時間(min) \ 膠原蛋白質量(g)	0.5	1	1.5	2
20	析出碘化鉛 0.17g	析出碘化鉛 0.26g	析出碘化鉛 0.28g	析出碘化鉛 0.26g
40	析出碘化鉛 0.15g	析出碘化鉛 0.19g	析出碘化鉛 0.27g	析出碘化鉛 0.27g
60	析出碘化鉛 0.17g	析出碘化鉛 0.19g	析出碘化鉛 0.25g	析出碘化鉛 0.33g

## 伍、討論

### 一、粉末化與否探討魚鱗對硝酸鉛螯合效果研究

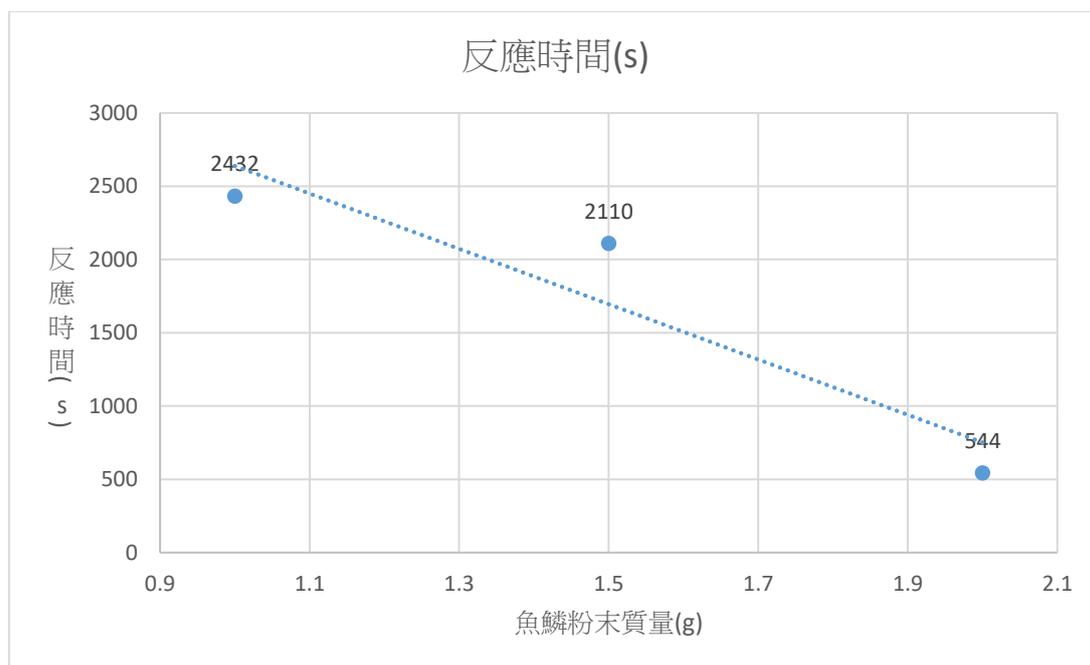
由實驗數據可知，魚鱗粉表面積遠大於整片魚鱗，螯合效果非常好，而整片魚鱗無論時間再怎麼拉長，仍然看不出有明顯的顏色變化。也因為如此，後續實驗無法將不再靜置，採加入硝酸鉛後，隨即加入碘化鉀使其產生黃色的硝酸鉛沉澱，偵測其顏色轉變為白色的時間做為實驗偵測依據。

魚鱗為粉末化雖久置後仍無法使溶液由黃色變成白色，但靜置過程中，仍可發現有魚鱗沉澱處，就沒有碘化鉛沉澱。由此推斷，為粉末化的魚鱗仍有吸附鉛離子功效。



圖五、整片魚鱗與含碘化鉛溶液靜置隔夜後造成的效果

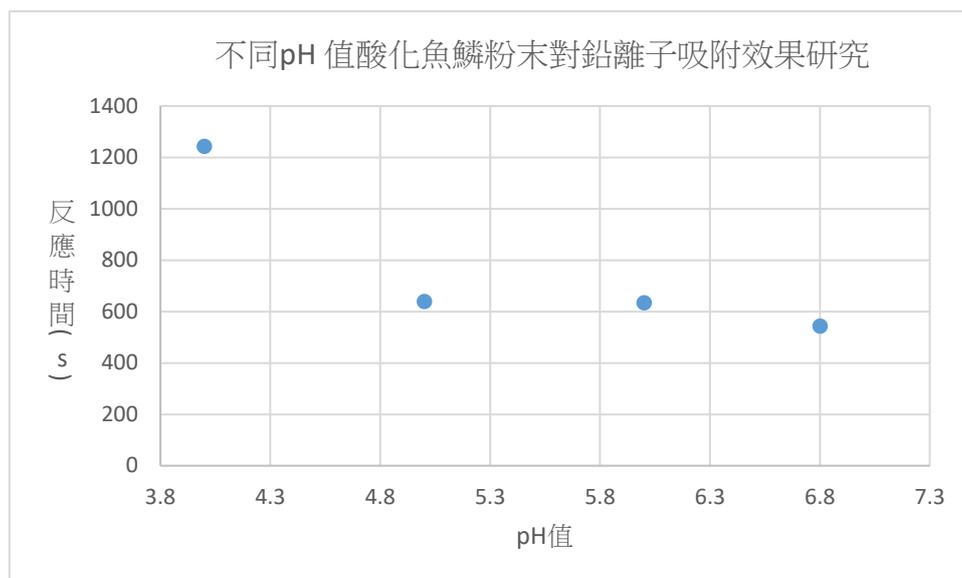
## 二、不同質量的魚鱗粉末對鉛離子吸附效果



圖六、魚鱗粉末質量對吸附鉛離子時間作圖

由實驗數據可知，隨著魚鱗粉末的質量越大，需要反應的時間隨之變短。另因魚鱗粉末 0.5g 即使靜止兩天，仍無法使溶液顏色由黃色轉變成白色，可知 0.5g 的魚鱗粉末低於吸附最小值。

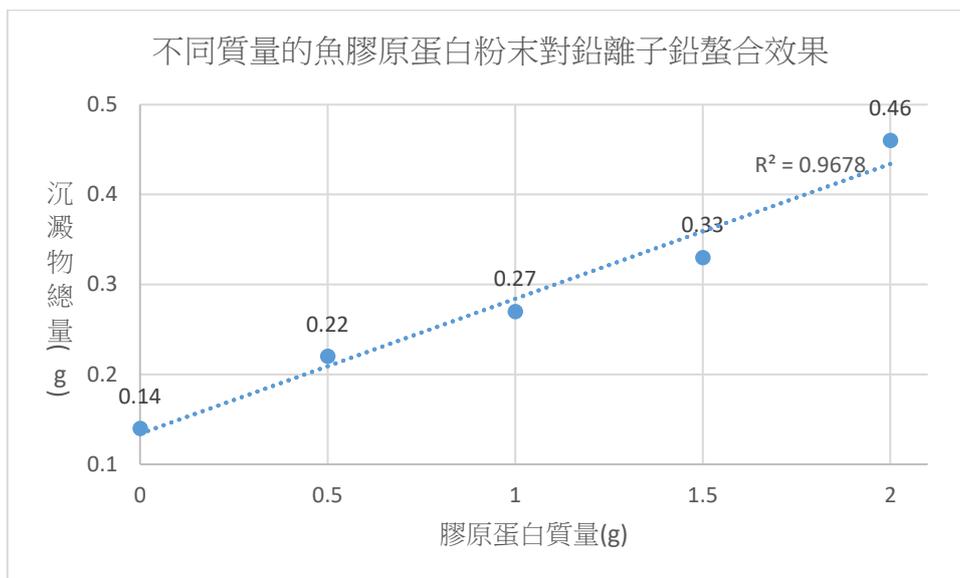
### 三、不同pH 值酸化魚鱗粉末對鉛離子吸附效果研究



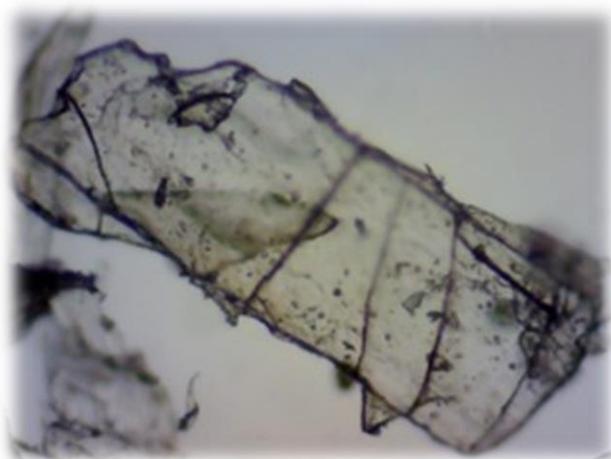
圖七、等重魚鱗在不同pH下對吸附鉛離子時間作圖

由圖表可知酸化後導致魚鱗粉末對於吸附鉛離子效果大打折扣，尤其 pH 接近3時，魚鱗粉末將無法完全吸附鉛離子，使溶液由黃轉白。由此推測魚鱗中的成分不適合在酸性環境下吸附鉛離子，細究其中原理，羧基磷灰石為弱鹼性，馬教授在1994年的論文中提出的反應式可知，提高環境的酸性，會讓反應趨向不利羧基磷灰石置換鉛離子的方向進行。

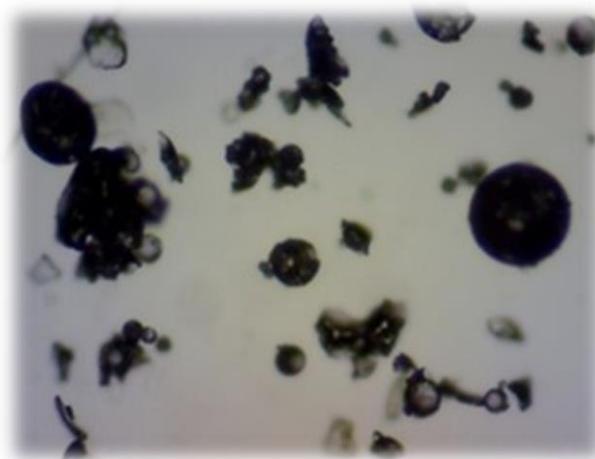
### 四、不同質量的魚膠原蛋白粉末對鉛離子鉛螯合效果



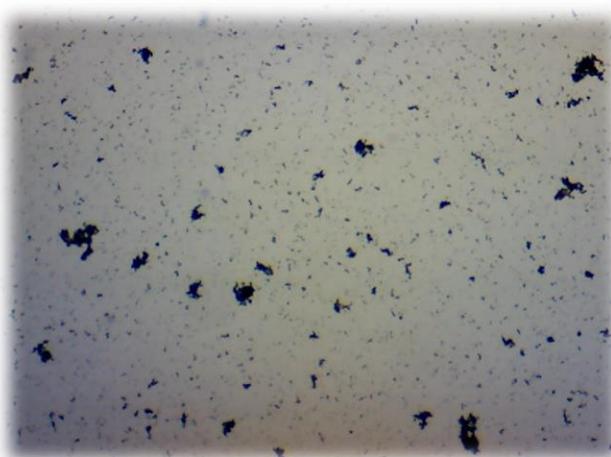
圖八、膠原蛋白質量對吸附碘化鉛過濾物重量作圖



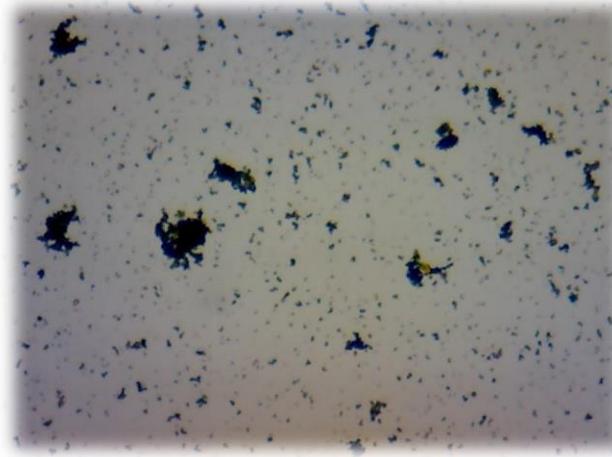
九、魚鱗粉末在 100x 顯微鏡下



圖十、膠原蛋白粉末在 100x 顯微鏡



圖十一、碘化鉛在 100x 顯微鏡下



圖十二、碘化鉛在 400x 顯微鏡下



圖十三、膠原蛋白螯合碘化鉛在 100x 顯微鏡下



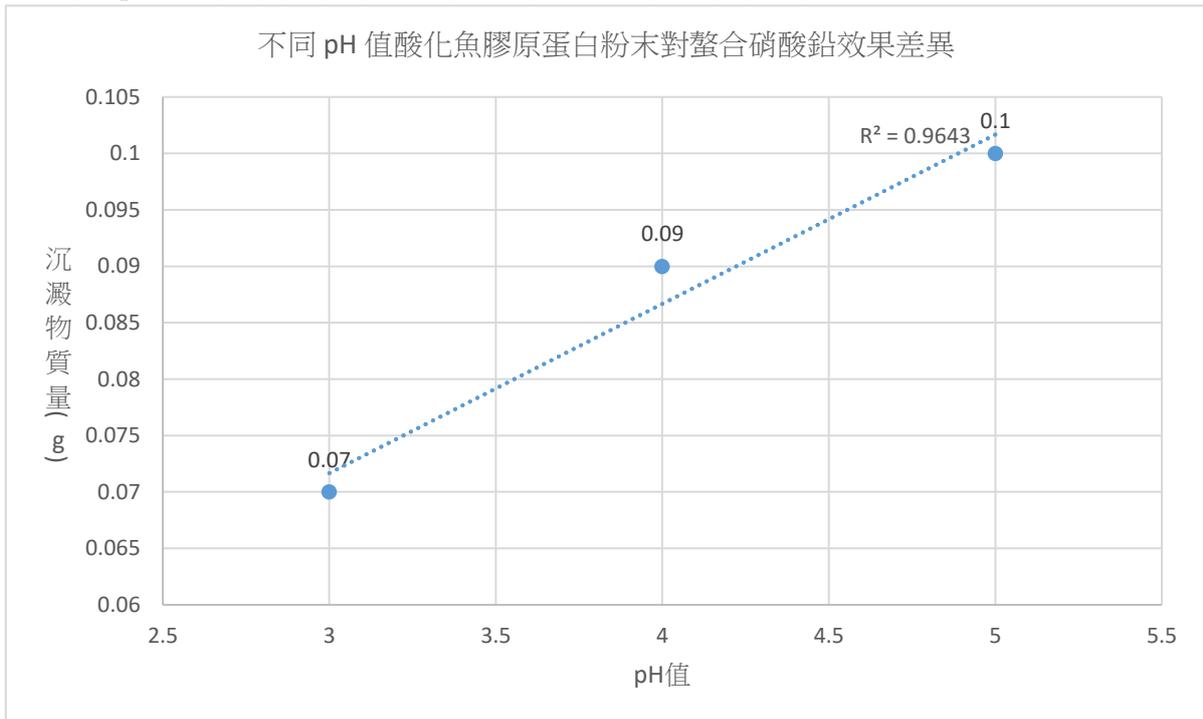
圖十四、膠原蛋白螯合碘化鉛在 400x 顯微鏡下

由圖八可知隨著魚膠原蛋白粉末質量越大，能吸附的沉澱物總重越重，每增加0.5 公克魚膠原蛋白粉末能多增加 0.6 公克產物。

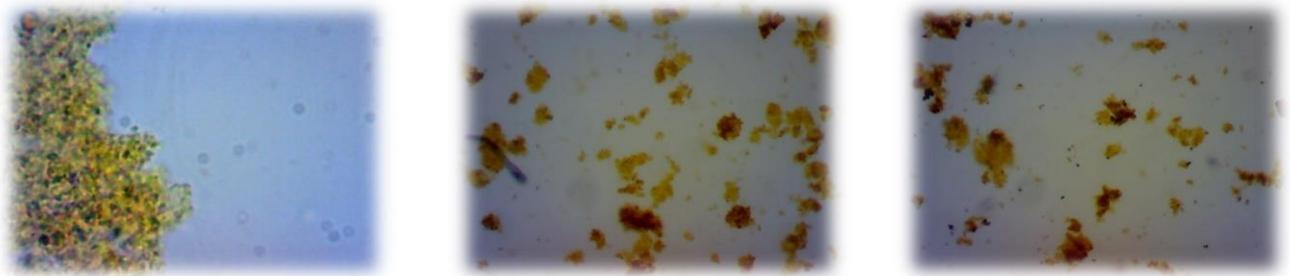
由實驗一與實驗四數據可發現，質量同為2公克的魚鱗粉末與膠原蛋白粉末，個別加入0.1公克的硝酸鉛後，魚鱗粉末能完全吸附鉛離子使溶液變為白色，而膠原蛋白無法讓全部鉛離子螯合，溶液仍呈現黃色；在顯微鏡下可以看見魚鱗粉末顆粒(圖九)大於膠原蛋白粉末顆粒(圖十)，故魚鱗粉末表面積小於膠原蛋白粉末。綜合以上兩點可得知，魚鱗粉末在表面積小於魚膠原蛋白的狀況下魚鱗粉末吸附鉛離子效果優於膠原蛋白粉末。

由圖十一至圖十四可以看出碘化鉛顆粒明顯小於膠原蛋白吸附碘化鉛的顆粒，並能由圖十四看出，膠原蛋白確實有能力吸附鉛離子，但因水溶液中的碘離子也會與鉛離子自結合，故能看到膠原蛋白上鑲嵌著碘化鉛。

## 五、不同 pH 值酸化魚膠原蛋白粉末對螯合鉛離子效果差異



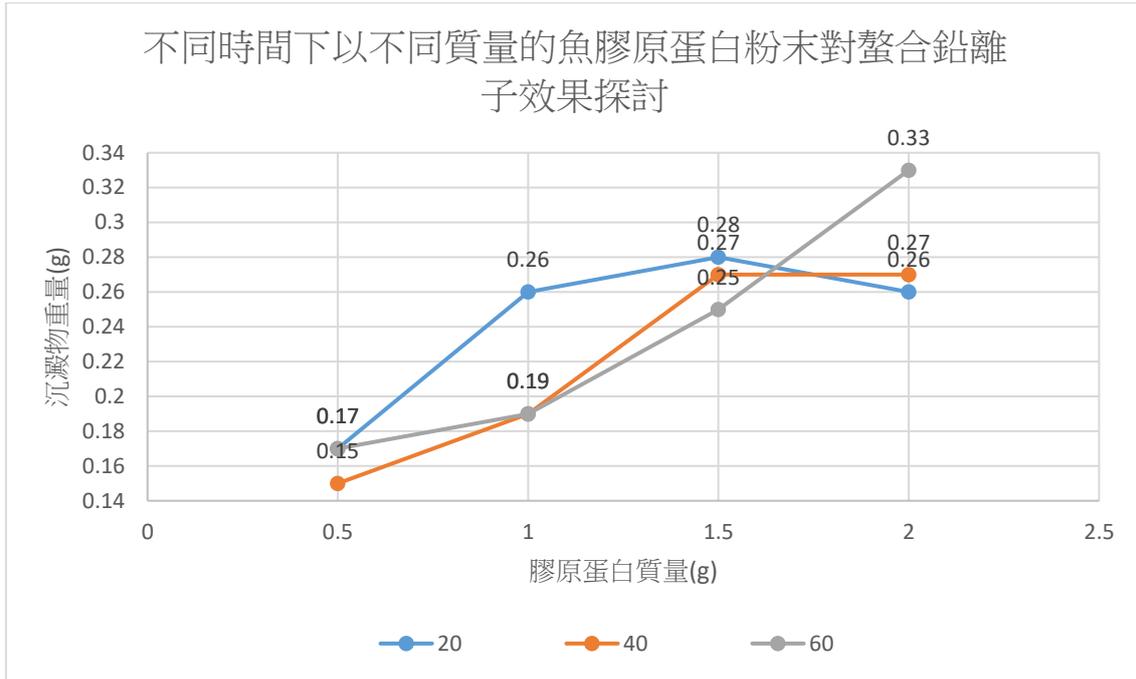
圖十五、等重膠原蛋白在不同pH值下對吸附碘化鉛過濾物質量作圖



圖十六、由左至右分別是在pH=3、4、5，100x顯微鏡下，拍攝的膠原蛋白吸附碘化鉛樣貌

由圖表可以看出 pH 值越高，沉澱量越多。由顯微鏡下拍攝的分子大小可推知，在 pH=3 的酸化條件下，膠原蛋白凝聚成大分子，明顯比 pH=4 或 5 來的大上許多，此一現象也導致表面積大大下降，導致吸附碘化鉛量隨表面積下降。由實驗得知，在酸性條件下，隨 pH 值上升吸附量越高，而膠原蛋白在過酸的環境下，吸附總量會下降。

## 六、不同時間下以不同質量的魚膠原蛋白粉末對螯合鉛離子效果探討



圖十七、不同質量的膠原蛋白粉末分別在20、40與60分鐘吸附時間下對吸附碘化鉛沉澱物質量作圖

由圖表可知，隨著膠原蛋白粉末質量越大，過濾出的殘留物也越重，其所含的鉛離子也越多，明顯看出，膠原蛋白確實有螯合鉛離子的效過。另外浸泡時間越久，析出的產物越多，在吸附20分鐘與40分鐘的實驗中能看出膠原蛋白粉末越重，能吸附的碘化鉛質量也越大，但膠原蛋白粉末質量超過2公克後，因反應時間不足，膠原蛋白無法順利吸收碘化鉛而造成沉澱物重量沒有顯著增加；反觀反應時間 60 分鐘的實驗中，產物與加入的膠原蛋白量幾乎成正比。本實驗可以再次驗證膠原蛋白的確有螯合鉛離子的能力。

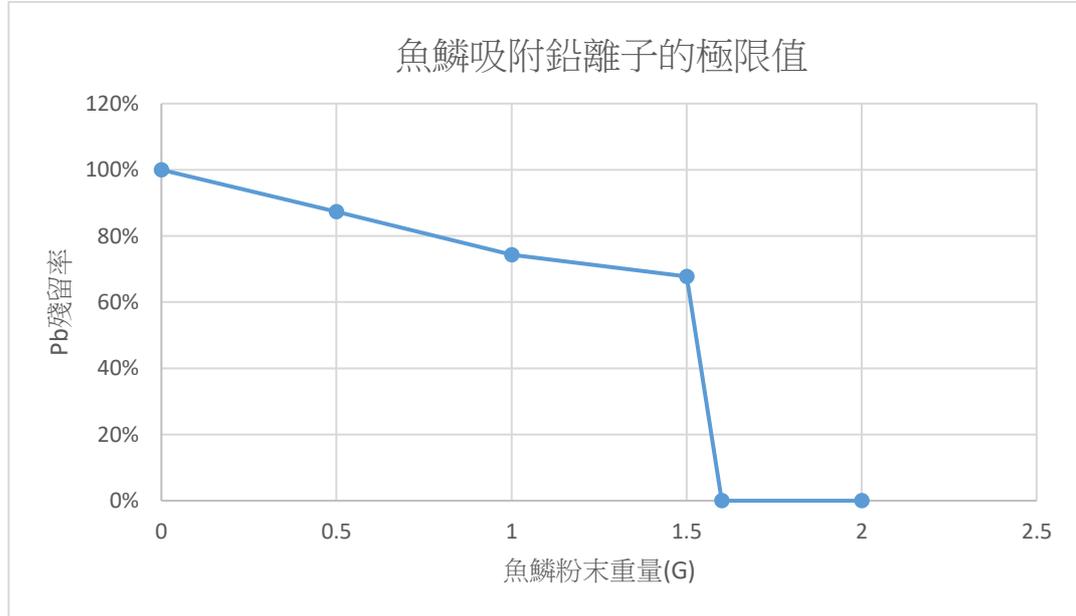
## 陸、市賽後延伸

### 一、延伸構想

為了找出魚鱗吸附鉛離子的最佳比例，因此設計了以下兩個實驗探討魚鱗吸附鉛離子的極限值。分別使用殘留率以及光譜儀測量殘留於水中的鉛。步驟大致如下：

#### (一)殘留率

1. 將 0g 魚鱗粉末加入 100ml 純水中。
2. 加入 0.1 公克硝酸鉛
3. 靜置五分鐘後放入真空過濾機濾除魚鱗粉末
4. 將濾液加入碘化鉀
5. 過濾掉濾液中的透明澄清液，並烘乾至剩下黃色碘化鉛粉末並秤重
6. 秤量乾淨燒杯重，並用步驟五中的數值減去燒杯重，即得碘化鉛重量
7. 將魚鱗重量改為 0.5、1 與 1.5，重複步驟 1~6



圖十八、相同吸附時間下不同質量魚鱗粉對鉛離子吸收殘留率

魚鱗重量(g)	0	0.5	1	1.5	1.6	2.0
Pb 殘留率	100%	87.35%	74.37%	67.81%	0%	0%

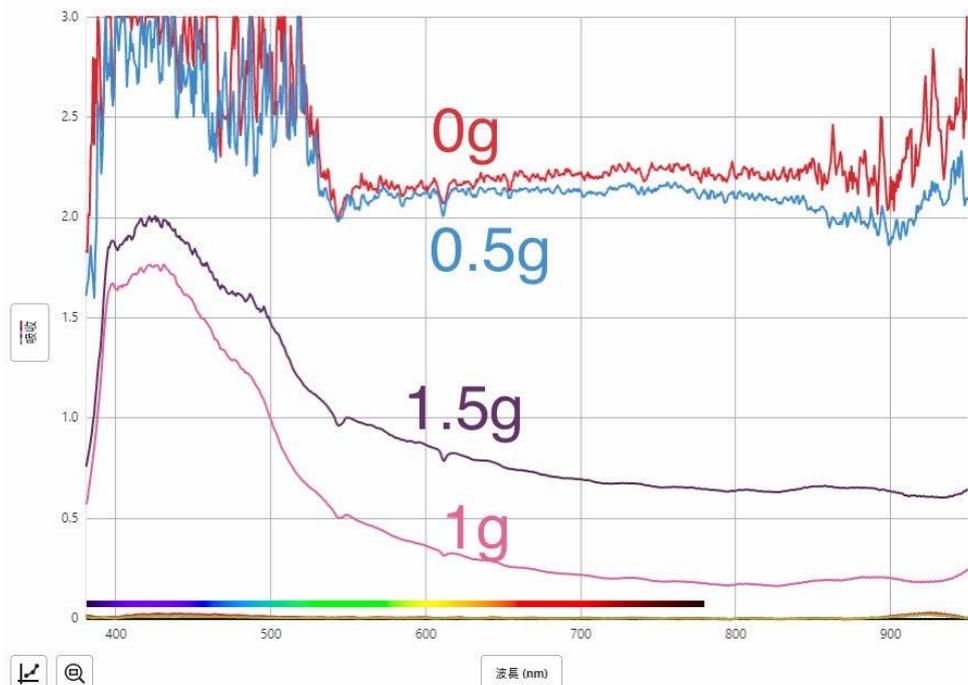
由圖表可知，魚鱗粉添加質量與吸附量可以看出明顯懸性變化。從無添加魚鱗粉至添加 1.5g 魚鱗粉的階段，鉛的殘留量已穩定的趨勢下降，但從添加 1.6g 魚鱗粉後，濾液中卻無法檢測出任何碘化鉛的殘留。很明顯魚鱗已經幾乎將水中鉛離子吸附至非常低的劑量，以致低於碘化鉛的  $K_{sp}$ ，所以無法再出現碘化鉛沉澱。

但我們也發現到，先前實驗二「以不同質量的魚鱗粉末對鉛離子吸附效果」中每組反應時間均在九分鐘以上，而本實驗中添加的 1.6g 及 2.0 魚鱗粉兩組實驗時，僅需五分鐘就能將水中的鉛吸收殆盡，這是因為實驗步驟不同所導致。

## (二)光譜儀

為求實驗精準，我們另行利用可見光吸收光譜，偵測水中碘化鉛的吸收光譜。實驗步驟同前實驗手法，在魚鱗吸附五分鐘鉛離子後，以真空過濾機濾除去魚鱗粉末並將濾液加入 1g 碘化鉀後，立即將濾液，放入光譜儀中測量。

光譜儀圖表:



圖十八、相同吸附時間下不同質量魚鱗粉對鉛離子吸收殘留率吸收光譜

由圖表可知，隨著魚鱗粉末的使用量逐漸增加，光譜儀測得的碘化鉛也越少，但在多次實驗中，我們都發現 1.5g 的魚鱗這一組的數據會有回升的情況，並推測應是背景值影響。

## 柒、 結論

- 一、 由魚鱗與純化過的膠原蛋白實驗可明顯比較出，魚鱗對於鉛離子的吸附能力遠大於純膠原蛋白。魚鱗富含膠原蛋白與羥基磷灰石，在雙重作用下，置換與螯合效果同時進行，會優於純膠原蛋白的螯合作用帶來的吸附量。
- 二、 由圖表可知酸化後導致魚鱗粉末對於吸附鉛離子效果大打折扣，尤其 pH 接近 3 時，魚鱗粉末將無法完全吸附鉛離子，使溶液由黃轉白。由此推測魚鱗中的成分不適合在酸性環境下吸附鉛離子，細究其中原理，羥基磷灰石為弱鹼性，雖然酸化能提高膠原蛋白螯合鉛離子，卻不利羥基磷灰石置換鉛離子。由此可在推知，魚鱗中膠原蛋白螯合鉛離子的效果弱於羥基磷灰石置換鉛離子的效果。
- 三、 魚鱗粉末對吸附鉛離子有極佳的效果，經實驗得知「5 分鐘吸附時間下，給予 1.6g 的魚鱗粉末能將 0.1g 硝酸鉛/100ml 水溶液，約 625ppm 鉛離子吸附致無法偵測」。
- 四、 總結：由本次的研究可以確認，魚鱗的確有吸附鉛離子的功效。未來在水資源淨化上可以變成便宜又好用的重金屬吸附媒介。

## 捌、參考資料及其他

1. 溫倩茹 . (2018). 職業性無機鉛及其化合物中毒認定參考指引.
2. 詹滿色 . (2020). 新冠疫情下臺灣大宗養殖水產品之市場分析. 海大魚推, 50, 95–118.
3. 陳博舜 . (2016). 連結研發製程的綠色供應鏈管理 -以包覆型魚鱗鈣顆粒最佳加工開發技術為例. 第九屆中部技職院校行銷與流通管理學術研討會.
4. Chun-Yung Huang, Jen-Min Kuoa, Shu-Jing Wub, Hsing-Tsung Tsai, " Isolation and characterization of fish scale collagen from tilapia (*Oreochromis* sp.) by a novel extrusion–hydro-extraction process," *Food Chem* , vol190, pp.997-1006, January 2016.
5. 黃鈺茹、蕭泉源. 不同水生生物來源所得之膠原蛋白物理與生物化學相關特性, 海大魚推, 41, 17-52,
6. Jia-Chherng Horng, Tang-Chun Kao. (2012). Using Cation- Interactions to Form Heterotrimeric Collagen Helices and Assemble Collagen-Related Peptides
7. Q Y Ma, S J Traina, T J Logan, J A Ryan Effects of Aqueous Al, Cd, Cu, Fe(II), Ni, and Zn on Pb Immobilization by Hydroxyapatite, *Environmental Science & Technology*, 1994 Jul 1;28(7):1219-28.
8. James H Swain , Louisa B Tabatabai, Manju B Reddy, Histidine content of low-molecular-weight beef proteins influences nonheme iron bioavailability in Caco-2 cells, *the journal of nutrition*, 2002 Feb;132(2):245-51
9. 周照仁、鄭詩婷, 吳郭魚頭蛋白質水解物的抗氧化特性及其螯合銅離子胜肽之純化的研究。全國博碩士論文摘要檢索系統，<https://hdl.handle.net/11296/ec9afv>

## 【評語】 030216

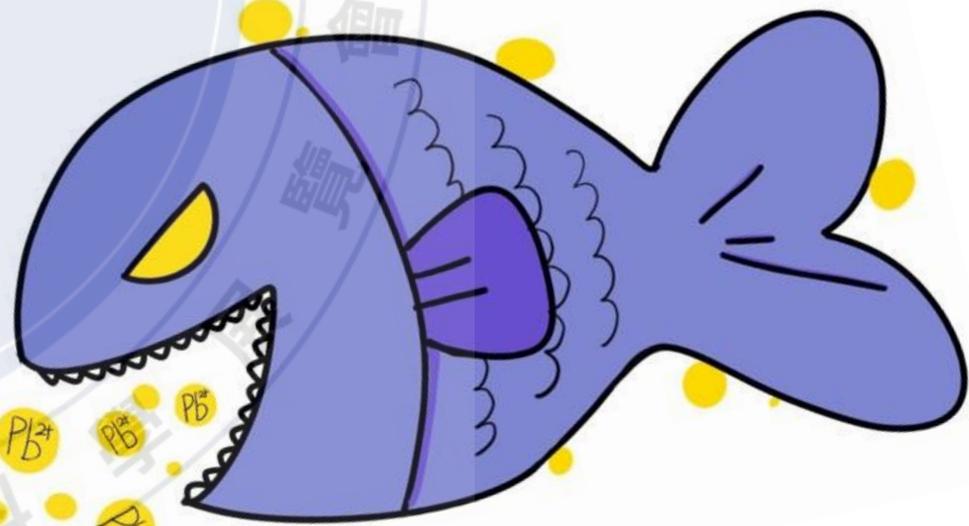
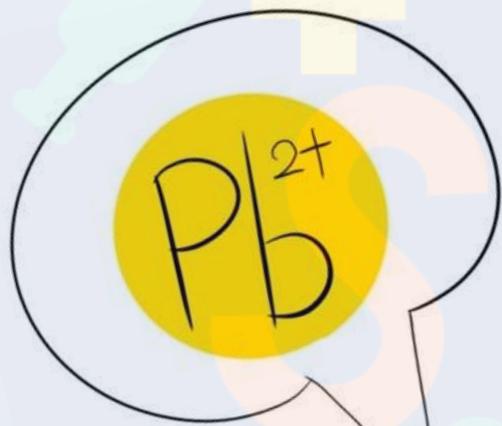
過去雖有相似的主題(利用魚鱗來吸附水中重金屬)，但是用在鉛離子的研究似乎比較少見。研究中以碘化鉀做為指示劑，檢驗鉛離子的殘餘量，是在該研究中將課堂學到知識用上的不錯例子，值得鼓勵。

膠原蛋白的螯合作用能去除許多有害重金屬離子。探討不同條件下，利用魚鱗提煉膠原蛋白吸附硝酸鉛水溶液中的鉛離子，探討螯合的效果並以碘化鉀做為指示劑，檢驗鉛離子的殘餘量。結果證實虱目魚鱗吸附鉛離子具有前景及研究價值！

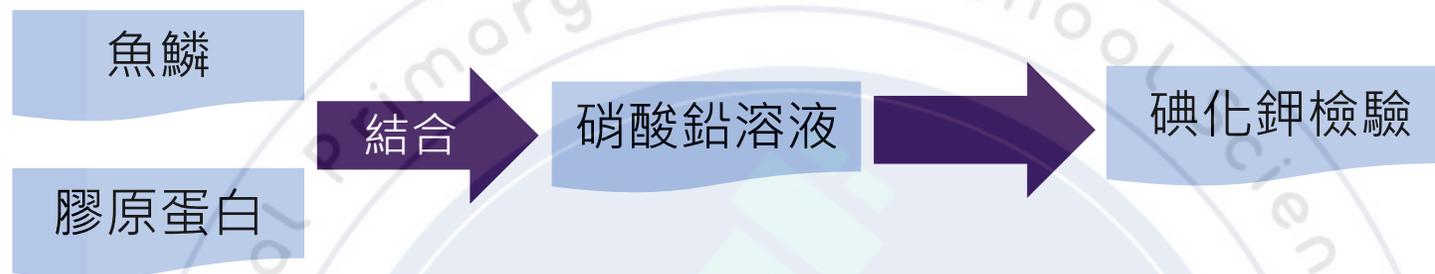
## 作品簡報

# 欲寄相「虱」「鉛」里月 ---魚鱗吸附水中鉛離子探討

國中組化學科



# 摘要



實驗結果顯示魚鱗和膠原蛋白都可以有效的螯合鉛離子，而且魚鱗中有另一個化學物質羧基磷灰石也會置換出水中的鉛離子，進而達到移除水中鉛離子的功效

## 研究動機

香港 2015 年  
飲用水鉛濃度  
過高事件

密西根佛林特  
市 2016 年鉛  
水危機

台北市最後一  
根鉛水管在  
2015 年被汰換

如何解決？

蛋白質

螯合作用

甲殼素

虱目魚鱗

## 研究目的

本實驗利用虱目魚鱗、膠原蛋白在不同條件中，在水溶液中與鉛離子吸附的程度。

1. 探究虱目魚鱗對於鉛離子吸附的能力。
2. 探討膠原蛋白對於鉛離子吸附的能力。

# 文獻探討

## 虱目魚鱗

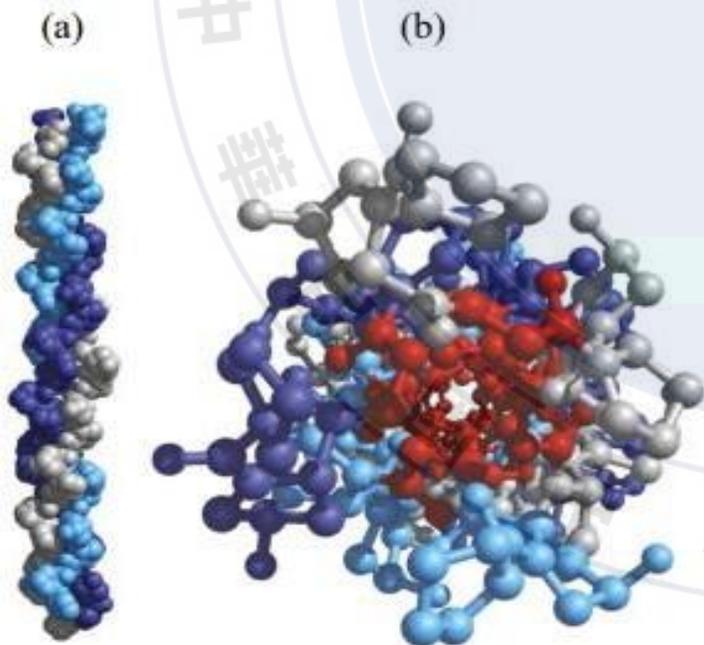
虱目魚是台灣第二大養殖魚類，總產量占台灣總養殖產量 18.3% 僅次於羅非魚，每年產量約 5 萬噸[2]，而虱目魚鱗約佔總體重 3%~5%[3]，每年初估約有 150 噸廢棄魚鱗產生。魚鱗本身含有大量的膠原蛋白與羧基磷灰石所組成[4]。

## 羧基磷灰石

- 離子交換法
- 溶解沉澱法
- 鈣離子羧基形表面複合物

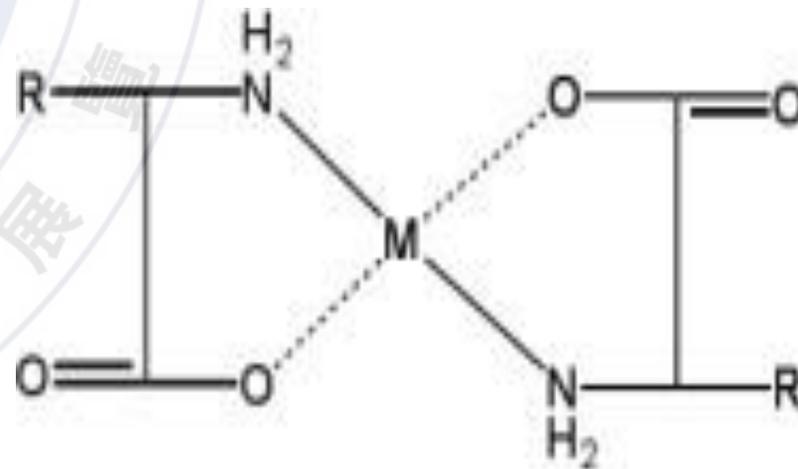


## 膠原蛋白



## 金屬螯合胜肽

螯合物是由一個或多個分子中具有多處帶負電的原子團，能與帶正電的金屬離子產生環狀包圍的穩定結構



# 實驗流程圖



# 研究過程與方法

## 實驗一、 粉末化與否探討魚鱗對鉛離子吸附效果研究

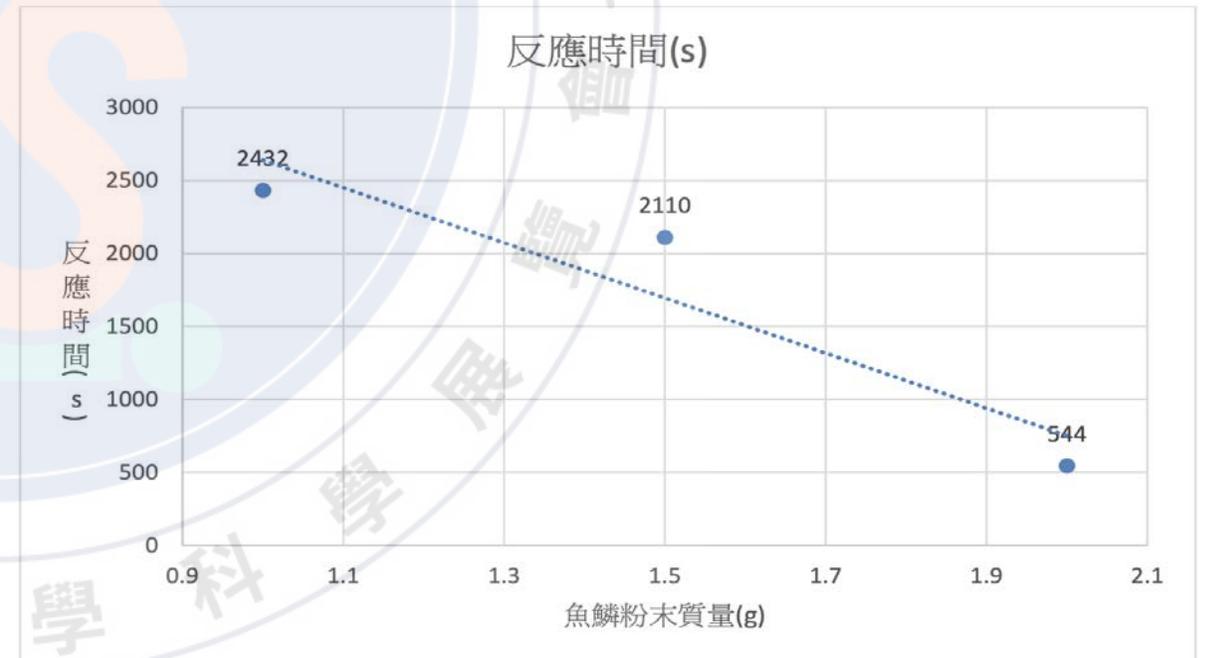
靜置時間 (分)	3	5	10	15	20
粉末化魚鱗	沒有黃色沉澱	沒有黃色沉澱	沒有黃色沉澱	沒有黃色沉澱	沒有黃色沉澱
整片魚鱗	有黃色沉澱	有黃色沉澱	有黃色沉澱	有黃色沉澱	有黃色沉澱



檢驗方式：  
硝酸鉛加碘化鉀變成**碘化鉛**黃色沉澱  
$$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{KI} \rightarrow \text{PbI}_2 \downarrow$$

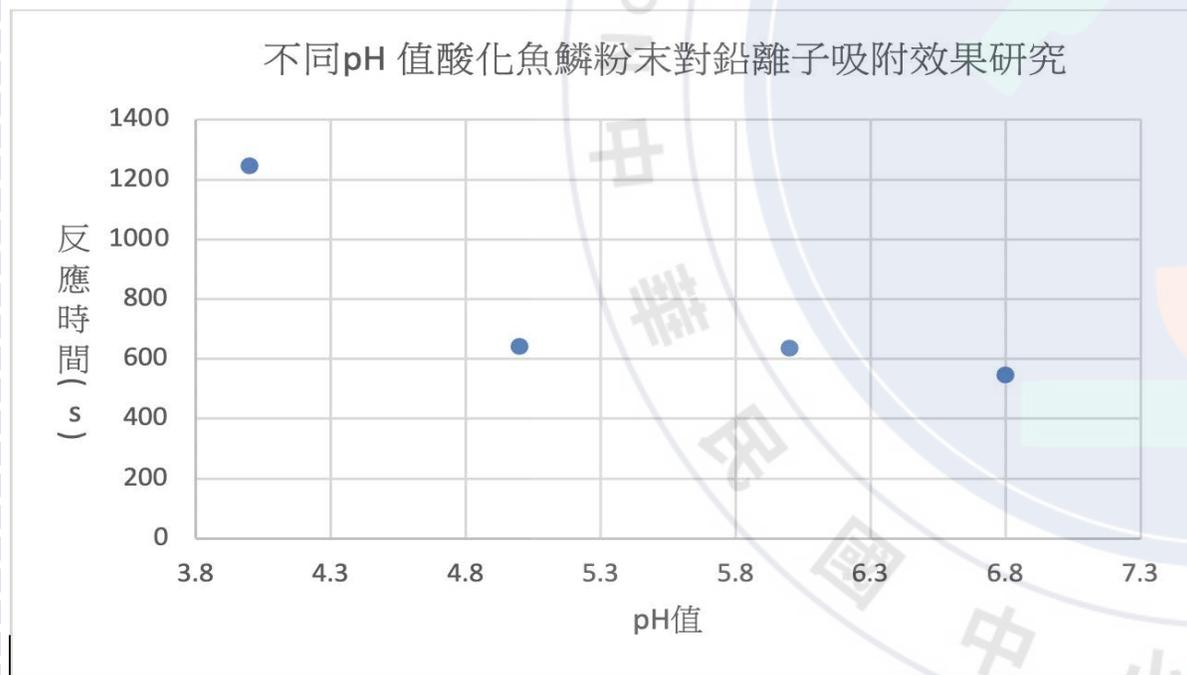
## 實驗二、 不同質量的魚鱗粉末對鉛離子吸附效果

魚鱗粉質量 (g)	0.5	1.0	1.5	2.0
反應時間	大於 8 小時	2432秒	2110秒	544秒



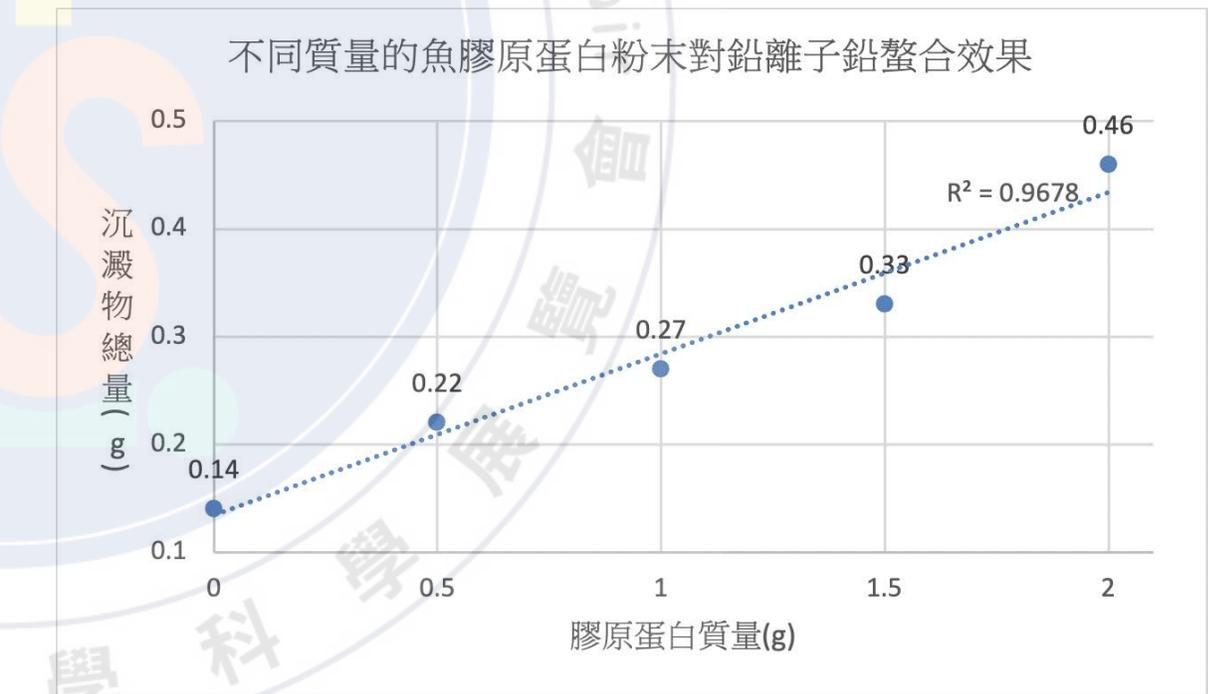
實驗三、  
不同 pH 值酸化魚鱗粉末對吸附鉛離子效果差異

pH值	3	4	5	6	6.8
反應時間	大於 8 小時	1244秒	640秒	535秒	544秒



實驗四、  
不同質量的魚膠原蛋白粉末對鉛離子螯合效果

膠原蛋白質量 (g)	0	0.5	1.0	1.5	2.0
沉澱物總重(g)	0.14	0.22	0.27	0.33	0.46



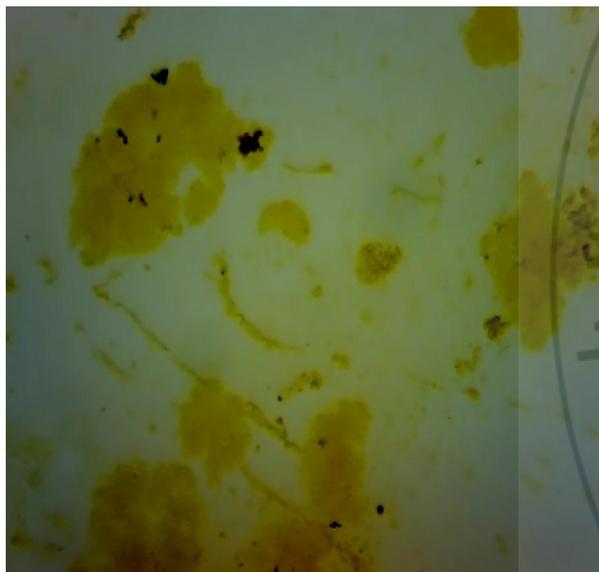
# 利用顯微照片觀察膠原蛋白螯和產物及碘化鉛差異

實驗組

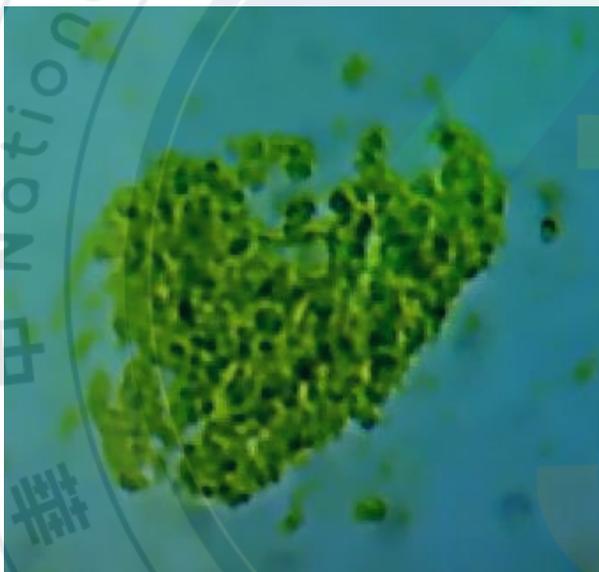
對照組

膠原蛋白 + 碘化鉛

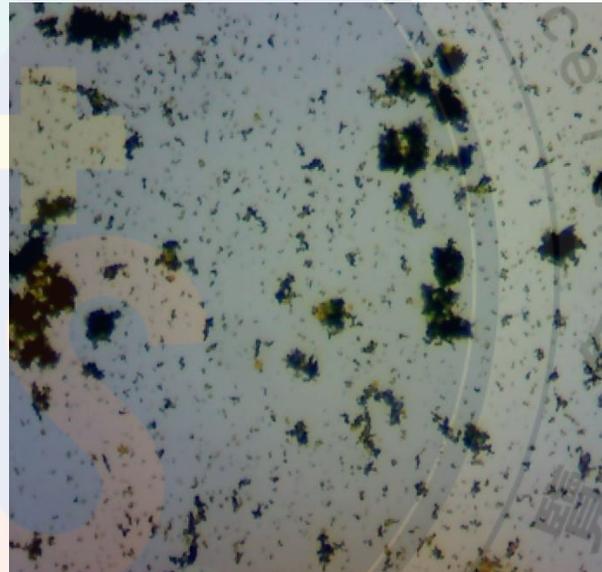
碘化鉛



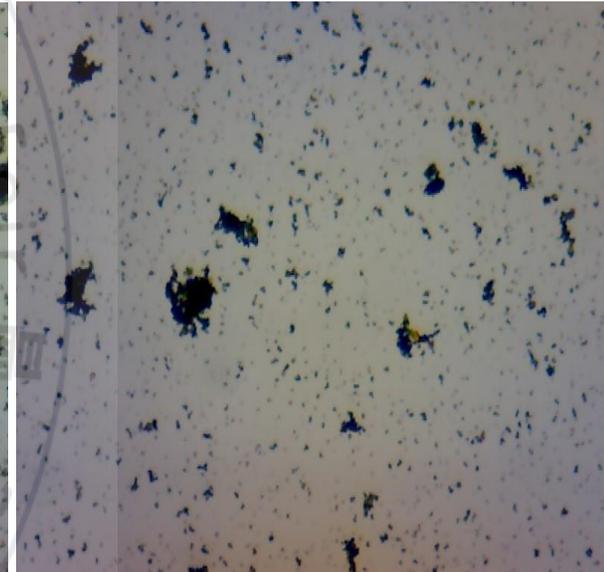
400X



100X



400X



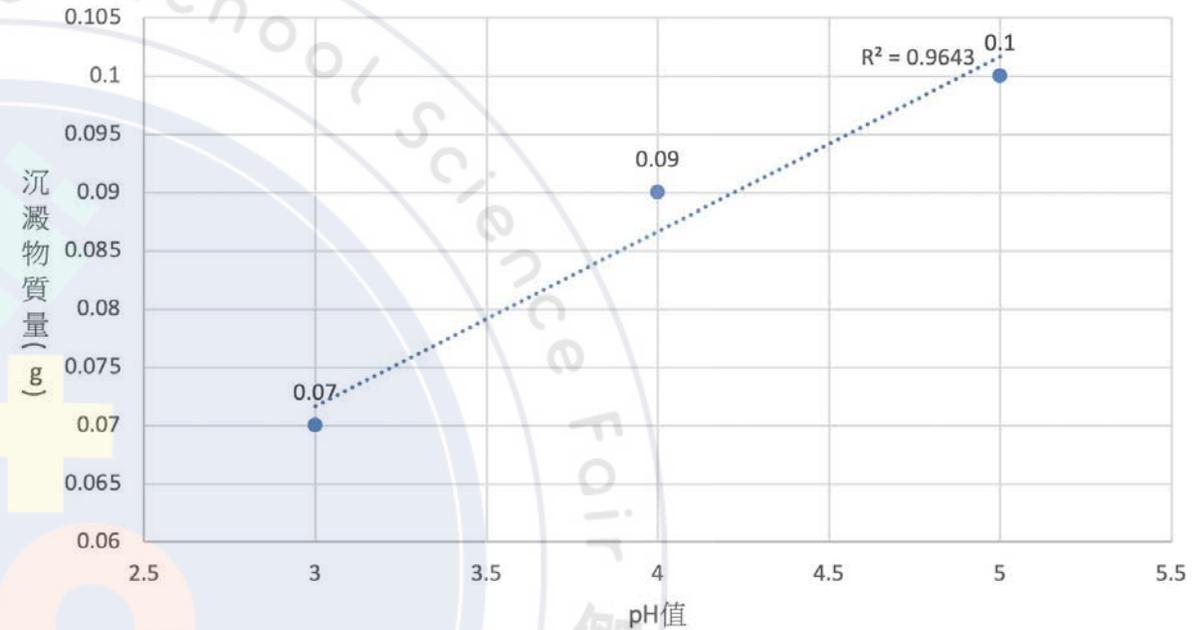
100X

## 實驗五、

### 不同 pH 值酸化魚膠原蛋白粉末對螯合硝酸鉛效果差異

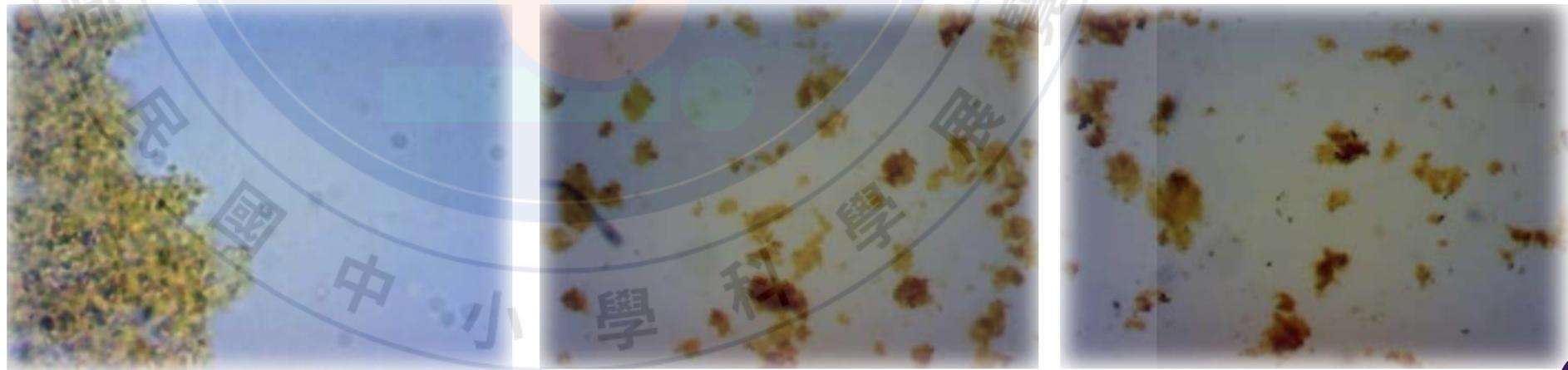
pH 值	3	4	5
沉澱物總重(g)	0.07	0.09	0.1

### 不同 pH 值酸化魚膠原蛋白粉末對螯合硝酸鉛效果差異



### 等重膠原蛋白在不同pH值下對吸附碘化鉛過濾物質量作圖

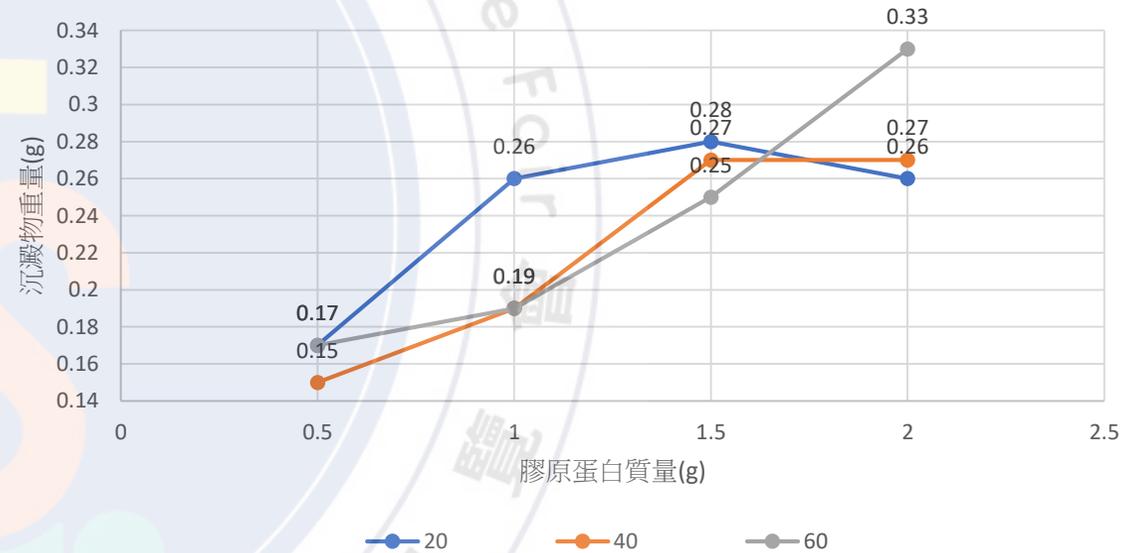
由左至右分別是在 pH=3、4、5，100x顯微鏡下，拍攝的膠原蛋白吸附碘化鉛樣貌



## 實驗六、 不同時間對魚膠原蛋白粉末對螯合鉛離子效果差異

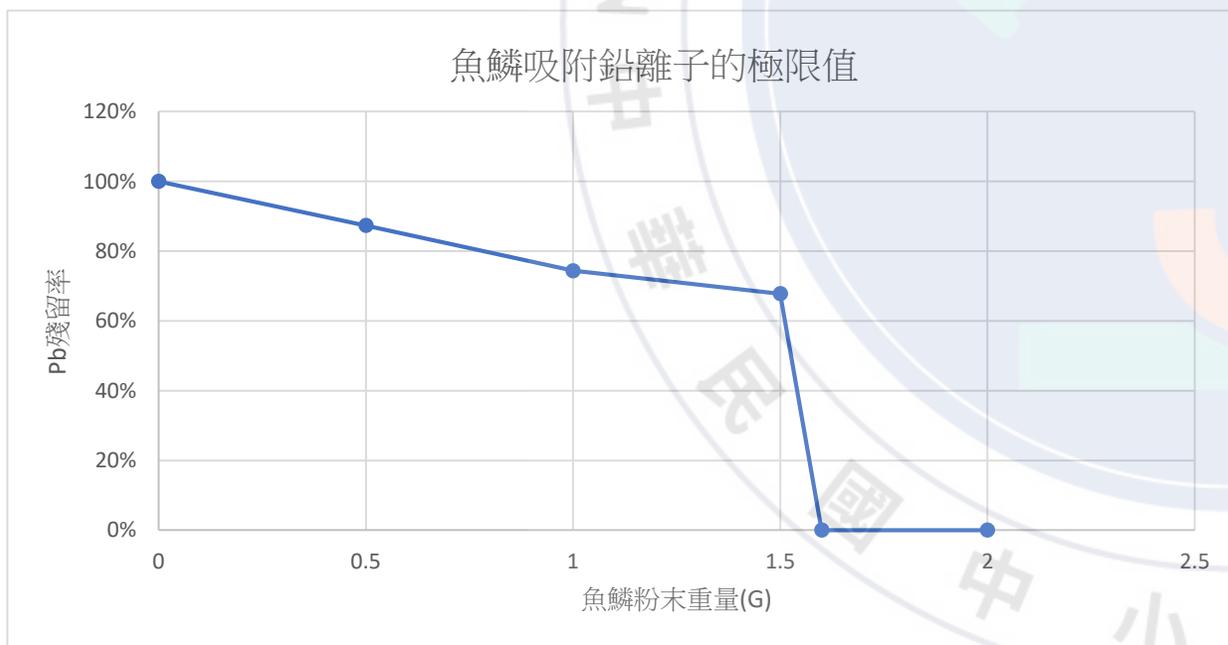
膠原蛋白(g)/ 反應時間(m)	0.5	1.0	1.5	2.0
20	產物0.17g	產物0.26g	產物0.28g	產物0.26g
40	產物0.15g	產物0.19g	產物0.27g	產物0.27g
60	產物0.17g	產物0.19g	產物0.25g	產物0.33g

不同時間下以不同質量的魚膠原蛋白粉末對螯合鉛離子  
效果探討

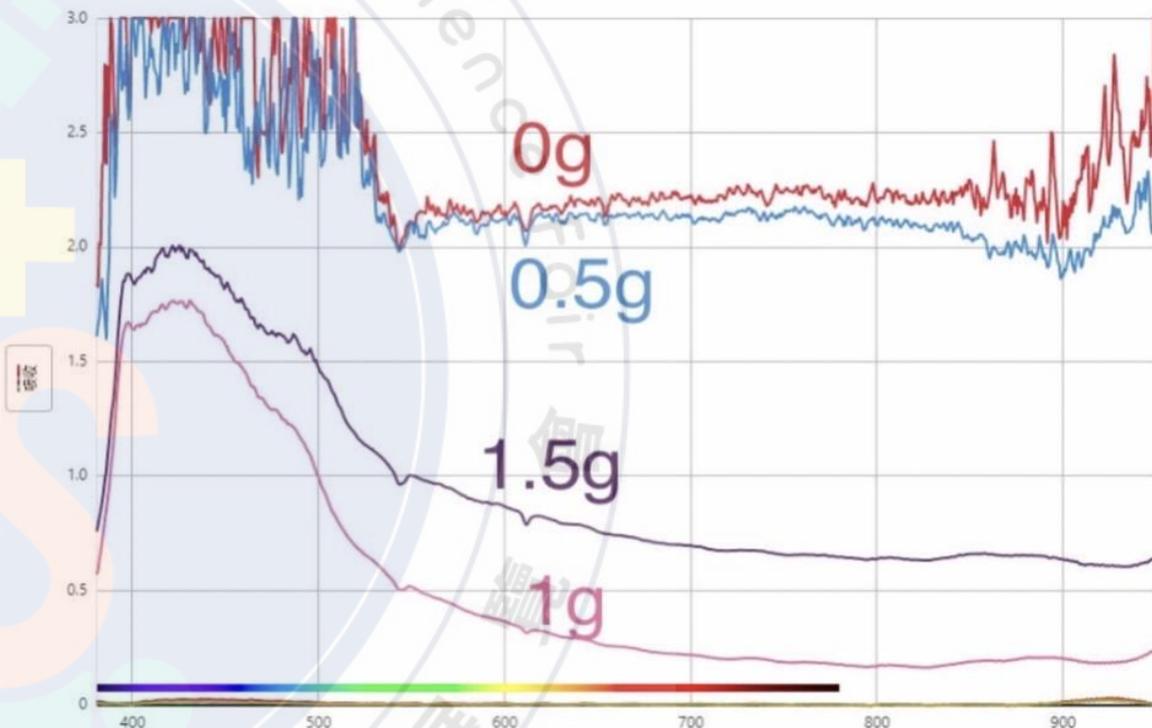


實驗七、  
魚鱗吸附鉛離子的極限值 ( 殘留率 )

魚鱗粉質量 (g)	0	0.5	1.0	1.5	1.6	2.0
鉛離子殘留率 (%)	100	87.35	74.37	67.81	0	0



實驗八、  
魚鱗吸附鉛離子的極限值 ( 光譜圖 )



# 結論與未來展望

- 一、魚鱗對於鉛離子的吸附能力優於膠原蛋白。
- 二、魚鱗中的羥基磷灰石吸附鉛離子的能力優於膠原蛋白，可推論離子鍵的吸附能力較螯合強。
- 三、魚鱗粉末pH值越低，吸附效果越差。
- 四、魚膠原蛋白粉末pH值越低，吸附的效果越差。
- 五、反應時間越長，膠原蛋白可吸附越多鉛。
- 六、魚鱗粉末對吸附鉛離子有極佳的效果，經實驗得知「5分鐘吸附時間下，給予1.6 g的魚鱗粉末能將0.1 g 硝酸鉛/100 mL 水溶液，約625 ppm 鉛離子吸附致無法偵測」。
- 七、未來可以使用實際的污染液體進行實驗。
- 八、未來可以加入羥基磷灰石和膠原蛋白吸附鉛離子功能比較的後續實驗。
- 九、未來可加入溫度影響魚鱗吸附硝酸鉛效果的實驗

# 參考文獻

1. 溫倩茹 . (2018). 職業性無機鉛及其化合物中毒認定參考指引.
2. 詹滿色 . (2020). 新冠疫情下臺灣大宗養殖水產品之市場分析. 海大魚推, 50, 95–118.
3. 陳博舜 . (2016). 連結研發製程的綠色供應鏈管理 -以包覆型魚鱗鈣顆粒最佳加工開發技術為例. 第九屆中部技職院校行銷與流通管理學術研討會.
4. Chun-Yung Huang, Jen-Min Kuo, a Shu-Jing Wu, b Hsing-Tsung Tsaia, " Isolation and characterization of fish scale collagen from tilapia (*Oreochromis sp.*) by a novel extrusion–hydro-extraction process," Food Chem , vol190, pp.997-1006, January 2016.
5. 黃鈺茹、蕭泉源. 不同水生生物來源所得之膠原蛋白物理與生物化學相關特性,海大魚推, 41,17-52,
6. Jia-Chherng Horng Tang-Chun Kao.(2012). Using Cation- Interactions to Form Heterotrimeric Collagen Helices and Assemble Collagen-Related Peptides
7. Q Y Ma, S J Traina, T J Logan, J A Ryan Effects of Aqueous Al, Cd, Cu, Fe(II), Ni, and Zn on Pb Immobilization by Hydroxyapatite, Environmental Science & Technology, 1994 Jul 1;28(7):1219-28.
8. James H Swain , Louisa B Tabatabai, Manju B Reddy, Histidine content of low-molecular-weight beef proteins influences nonheme iron bioavailability in Caco-2 cells, the journal of nutrition ,2002 Feb;132(2):245-51
9. 周照仁、鄭詩婷,吳郭魚頭蛋白質水解物的抗氧化特性及其螯合銅離子胜肽之純化的研究。全國博碩士論文摘要檢索系統，  
<https://hdl.handle.net/11296/ec9afv>