

彰化縣 108 年第 59 屆中小學科學展覽
作品說明書

科別 : 化學科

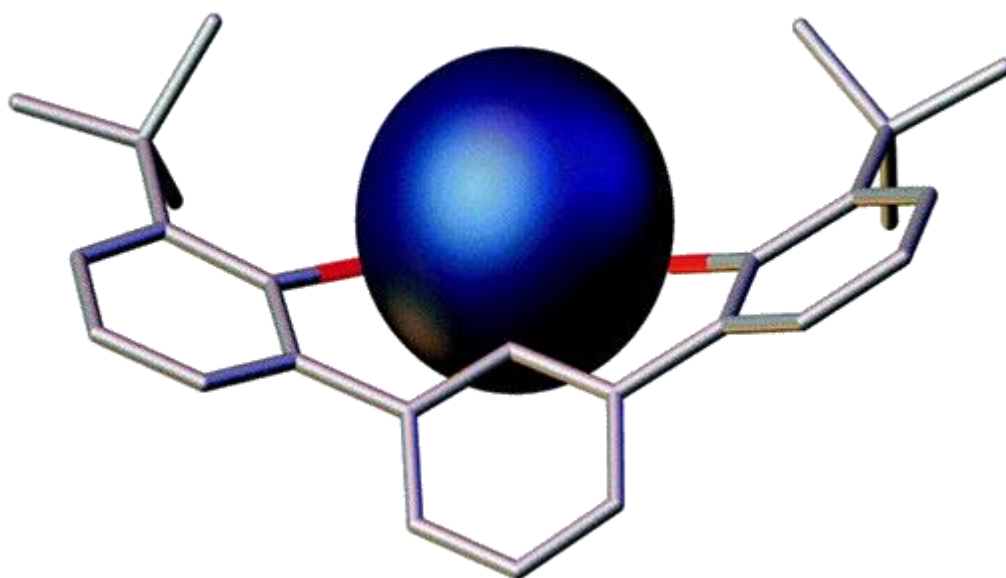
組別 : 國中組

作品名稱 : 「吸」毒神「菜」~

探討各種蔬菜吸附重金屬離子的能力

關鍵詞 : 重金屬離子

編號 : 國中化學 002



目錄

摘要	P1
壹、研究動機	P1
貳、研究目的	P1
參、實驗設備與用品	
一、實驗設備與器材	P2
二、實驗物品	P3
肆、實驗原理與步驟	
一、實驗原理	
(一)研究方法	P4
(二) 流程圖	P5
(三) 研究員力與方法	P6
二、實驗步驟	
(一) 設計研究「自製光度實驗器」	P11
(二) 探討 8 種蔬菜對各種離子(Fe^{3+} 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+})的吸附效果	P14
(三) 利用「自製光度實驗器」測蔬菜水溶液透光度	P17
伍、實驗結果	P19
陸、討論	P26
柒、結論	P27
捌、參考資料	P28

摘要

本組曾在網站看到台灣由農業社會轉為工業社會時，因工廠將未處理的**汙染物**到處丟棄，使許多農作物被汙染。本研究想了解何種作物的污染性最高，應少吃哪些作物。本研究探討八種常見的蔬菜對三種**重金屬溶液(Fe³⁺、Pb²⁺、Cu²⁺)**的**吸附效果**，利用**配置硫酸鐵、硝酸鉛、硫酸銅三種重金屬溶液，與切碎蔬菜進行滴定、靜置、過濾，並用自製光度實驗計進行檢測**。實驗顯示 1.硫酸鐵溶液吸附效果:芥藍菜>空心菜>高麗菜>大蒜>洋蔥>花椰菜>玉米>香菜；2.硝酸鉛溶液吸附效果:大蒜>香菜>花椰菜>芥藍菜>玉米>空心菜>高麗菜>洋蔥；3.硫酸銅吸附效果:高麗菜>洋蔥>大蒜>香菜>空心菜>花椰菜>芥藍菜>玉米。

壹、研究動機

本組組員曾經在網站上看到台灣由農業社會轉為工業社會時，工廠將未經處理的汙染物到處亂丟，導致許多土地被汙染，失去寶貴的環境生態，包括溪流、田地、大海等，這些汙染環境的事情最後回饋到我們人類自己身上，造成種的蔬菜都會大量的吸收重金屬，引發國人的身體健康問題，這是很嚴重的！因此我們想了解蔬果吸收重金屬的相關內容，並尋求解決方法；另外最近幾年大家都很重視的食品安全的問題，其實也跟重金屬的吸附息息相關，因為我們農產品受到汙染的話，接連會導致我們加工的食品一起出問題，這是連貫性的，無人能夠倖免。另外，在一下的自然與生活科技課本(南一版)，單元 6-1 :人類對環境衝擊—水汙染也有學到重金屬的危害會隨著掠食者的等級越高，危害越嚴重。這些與我們生活的息息相關的事件，引起我們的注意。所以藉由這次的科展，想要了解哪種蔬菜吸附重金屬的能力較好？解決人類的憂慮，吃東西時能安心又開心。





貳、研究目的

- 一、設計研究「自製光度實驗器」。
- 二、探討 8 種蔬菜對各種重金屬離子(Fe³⁺、Pb²⁺、Cu²⁺)的吸附效果。
- 三、利用「自製光度實驗器」測蔬菜水溶液透光度。

參、實驗設備與用品

一、實驗器材

(一) 研究設備

			
圖 1 電子秤數量 1 台	圖 2 刮勺 2 支	圖 3 自製光度實驗器	圖 4 滴管 4 支
			
圖 5 滴定管 1 組	圖 6 漏斗 2 個	圖 7 玻棒 2 支	圖 8 蒸餾水 適量
			
圖 9 10、50ml 量筒 各 八個	圖 10 100、150、250ml 燒 杯 各八個	圖 11 刀子 一把	圖 12 手機 一支

(二) 研究藥品

研究藥品

		
圖 13 硫酸鐵	圖 14 硝酸鉛	圖 15 硫酸銅

二、實驗物品

研究物品

			
圖 16 高麗菜	圖 17 花椰菜	圖 18 香菜	圖 19 芥藍菜
			
圖 20 空心菜	圖 21 洋蔥	圖 22 大蒜	圖 23 玉米

肆、實驗原理與步驟

一、實驗原理

(一)、研究方法

本組實驗滴定的重金屬溶液分成三種:鐵離子(Fe^{3+})、鉛離子(Pb^{2+})、銅離子(Cu^{2+})，調配的過程中，本組先將鐵離子取 3.9 克、鉛離子取 3.3 克、銅離子取 2.5 克；依序放入三個燒杯，加入 100ml 的蒸餾水，攪拌至重金屬離子完全溶解，調配成 0.1M 的重金屬溶液；取 10ml 的 0.1M 重金屬溶液加入另外三個燒杯，加入 90ml 的蒸餾水，調配成 0.01M 的重金屬溶液；再取 10ml 的重金屬溶液加入另外三個燒杯，加入 90ml 的蒸餾水，調配成 0.001M 的重金屬溶液，這樣就完成調配重金屬溶液的步驟。

本組將 8 種蔬菜切碎，放進 8 個燒杯，再將調配好的重金屬溶液倒入滴定組，以 3 秒 1 滴的速度，將 0.001M 的 100ml 重金屬溶液滴完，靜置五分鐘，待蔬菜吸附該種重金屬溶液，再去進行過濾。

將靜置 1 天的蔬菜溶液，放進自製光度實驗器，去做檢測。

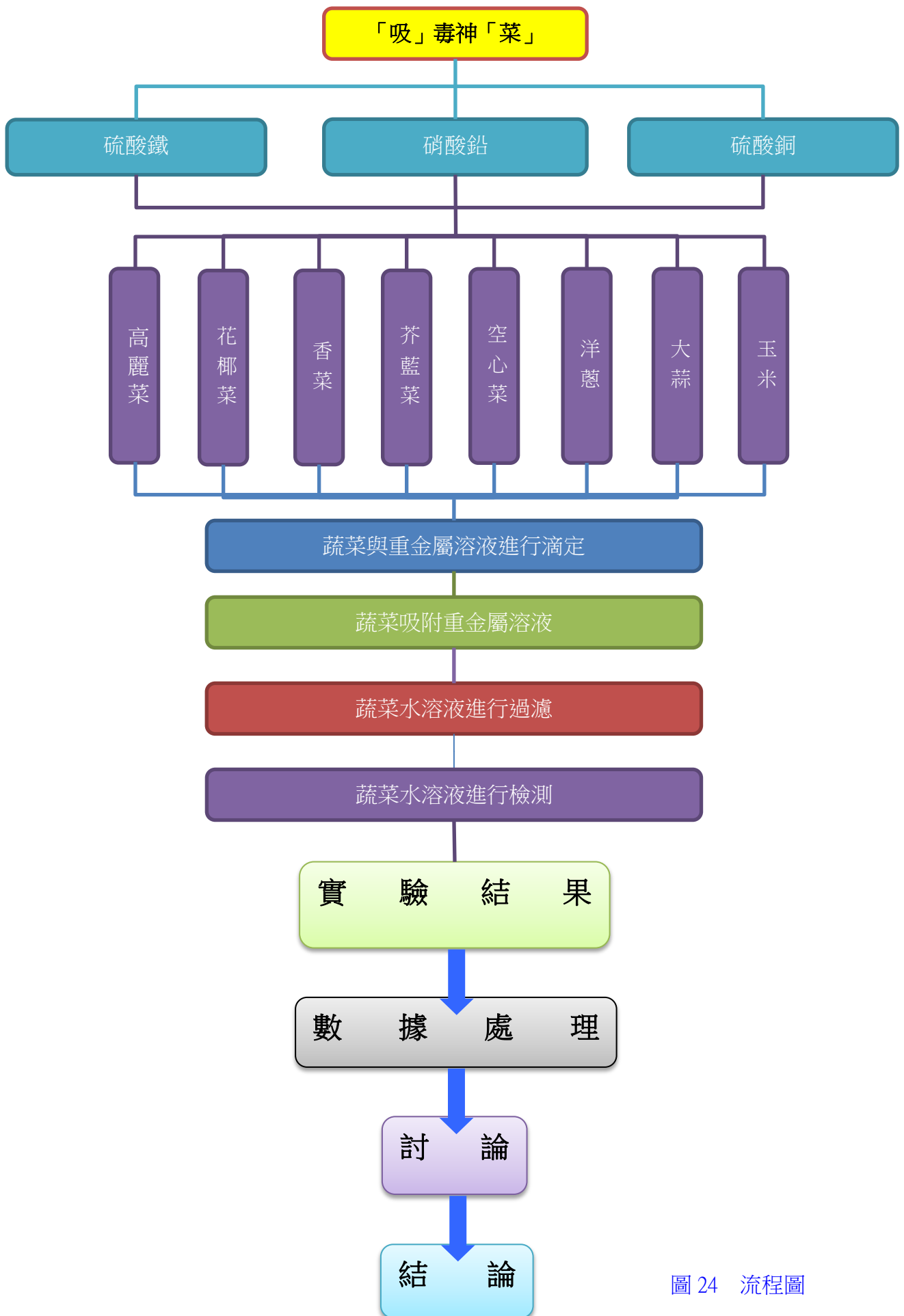


圖 24 流程圖

(一)、研究原理與方法

表 1 硫酸鐵特色說明(如下表)

1. 硫酸鐵	分子式為 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。
液體是紅褐色的粘稠液體，固體為淡黃色的顆粒。醫藥上用硫酸鐵作 收斂劑和止血劑 。	

表 2 硝酸鉛特色說明(如下表)

2. 硝酸鉛	分子式為 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 。
中文名稱為硝酸鉛，是鉛的硝酸鹽，呈無色晶體或白色的粉末。 硝酸鉛 具有毒性，是一種氧化劑， 被國際癌症研究機構列為 2A 類致癌物 。	

表 3 硫酸銅特色說明(如下表)

3. 硫酸銅	化學式 CuSO_4
硫酸銅，無水為白色粉末。 硫酸銅屬於重金屬鹽 ，有毒。若 誤食 ，應飲用牛奶、雞蛋清等富含蛋白質食品，或者 使用 EDTA 鈣鈉鹽解毒 。	

表 4 高麗菜特色說明(如下表)

4. 高麗菜	甘藍拉，植物學上稱結球甘藍，又稱洋白菜、圓白菜、蓮花菜
是一種常見蔬菜。高麗菜富含 A、K1、U、C 等多種維他命。 含抗壞血病的維他命 C 高達六十毫克 。	

表 5 花椰菜特色說明(如下表)

5. 花椰菜	又稱樹樹菜、菜花或椰菜花
含維生素 B 群、C，其中 維生素 C 含量非常豐富 ，還具有 抗癌功效 ，營養價值遠超出其他蔬菜。	

表 6 香菜特色說明(如下表)

6. 香菜	芫荽，又名胡荽、香菜、鹽須，是人們熟悉的提味蔬菜。
藥用價值：起表出體外又可開胃消鬱還可止痛解毒，《本草綱目》稱“芫荽性味辛溫香竄，內通心脾，外達四肢”。	

表 7 芥藍菜特色說明(如下表)

7.芥藍菜	芥藍，亦作芥蘭
芥藍具有很高的營養價值，含有豐富的維生素 C、硫苷、類胡蘿蔔素和酚類化合物等。	

表 8 空心菜特色說明(如下表)

8.空心菜	蕹菜，又稱空心菜、通菜、通心菜、壅菜、甕菜、應菜、藤菜、瓮菜及葛菜。
除供蔬菜食用外，尚可藥用，內服解飲食中毒，外敷治骨折、腹水及無名腫毒。	

表 9 洋蔥特色說明(如下表)

9.洋蔥	洋蔥，又稱蔥頭、洋蒜
是一種常見的蔥科蔥屬植物。洋蔥還能清除體內氧自由基，增強新陳代謝能力，抗衰老，預防骨質疏鬆。	

表 10 大蒜特色說明(如下表)

10.大蒜	蒜，拉丁文名 <i>Allium sativum</i> ，亦名大蒜。
大蒜含有 200 多種有益於身體健康的物質，除蛋白質、維生素 E、C 及鈣、鐵、硒等微量元素外，最受人們關注的是具有增強人體免疫力—S。	

表 11 玉米特色說明(如下表)

11.玉米	玉米，拉丁文名 <i>Zea mays</i>
是全世界總產量最高的重要糧食作物。	

表 12 透光度特色說明(如下表)

12.透光度	光學照度計
入射光(I0)試紙穿透介質之前的光，透射光(I1)試紙穿透介質之後的光，把透射的強度除已入射光的強度，就是透光度。	

13.吸附原理

吸附的原理和表面張力相似。

吸附與吸收不同，吸收僅僅是讓被吸附物附著在吸附者表面而已。

吸附可以分為物理吸附與化學吸附。物理吸附是指吸附者與被吸附物之間以凡德瓦力或氫鍵等力作用，而且其聚集吸附在表面的過程是可逆的，使被吸附物離開吸附者的過程稱為「脫附」。被吸附在吸附與脫附過程性質均不會改變；而化學吸附則往往是在吸附與被吸附者之間產生較強的作用力，造成電子的轉移，產生新的共價鍵或離子鍵的形成，然後在吸附物表面形成新的分子結構。

物理吸附在吸附過程中物質不改變原來的性質且吸附能小，被吸附的物質很容易再脫離，如用活性炭吸附氣體，只要升高溫度，就可以使被吸附的氣體逐出活性炭表面。

化學吸附，在吸附過程中不僅有引力，運用化學鍵，因此吸附能較大，要逐出被吸附的物質需要較高的溫度，而且被吸附的物質即使被逐出，也已經產生了化學變化，不再是原來的物質了，一般催化劑都是以這種吸附方式起作用。

本實驗比較類似於物理吸附，但由於蔬菜是屬於生物，可能也會同時伴隨滲透作用。



圖 25 光學照度器

14.滲透作用

滲透 (osmosis) 是水分子經半透膜擴散的現象。它由高水分子(溶劑)區域 (即低濃度溶液) 滲入低水分子區域 (即高濃度溶液)，溶質為高濃度溶液往低濃度溶液，直到細胞內外濃度平衡 (等滲) 為止。水分子會經由擴散方式通過細胞膜，這樣的現象，稱為滲透。

15.光度計原理

「分光」光度計的設計原理，是將燈源的光線分散成七彩色光，並從中擷取出某個「單一色光」，然後讓這個「單一色光」穿過樣品溶液之後，以光感測器量測這個單一色光的衰減程度，並將此衰減程度量化成數字。

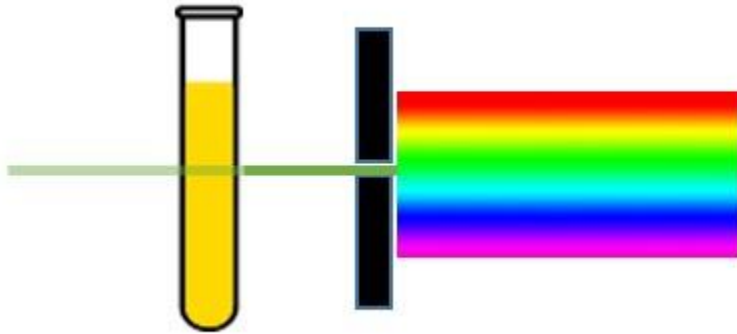


圖 26 擷取出單一色光穿過樣品 示意圖

最後，以單一色光被樣品溶液所吸收的比例，來呈現測量結果。這個比例，可以由還沒有放置樣品之前的**基線 (Baseline)**、以及**放置樣品之後測得的單一色光強度相除**，得到樣品在該色光下的**相對「光度」**。這便是「分光」「光度」計的原理。

當分光光度計進階到能夠切割某個波長範圍的光線，逐一將各個波長的單一色光擷取出來，然後各別測量一連串的吸收值，並記錄下來。最後，可將所有的點(吸收或透光度)，連成曲線線段，進而產生不同高低的波峰圖形，形成一幅「光譜圖」，這樣的分光光度計，也可稱為光譜儀。光譜圖中以波長與吸光值來分別表示 X 軸與 Y 軸單位，此圖稱為吸收光譜圖。

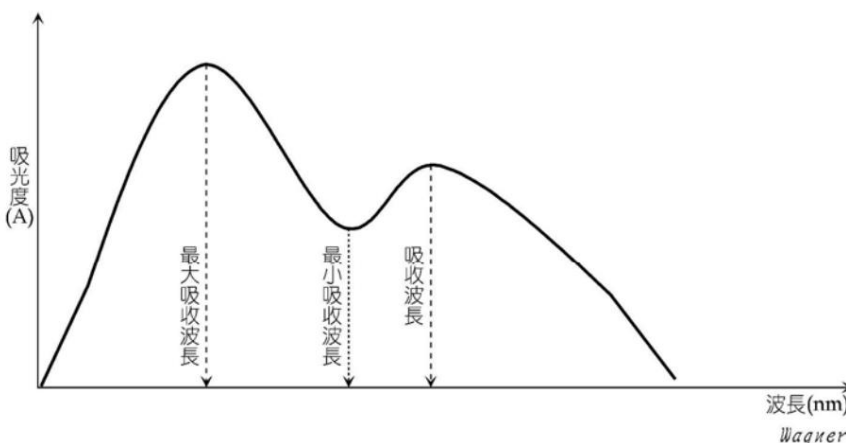


圖 27 光譜圖示意圖

將波長範圍每分割點的吸收值連線，形成「光譜圖」

在其中分別可看出最大吸收波長與最小吸收波長，另外可發現在一波長範圍內亦有多個吸收波長 物質對光的吸收並非只發生在一個波長下，通常為多個波長 為了減少其他物質的

吸收干擾以提高實驗值的精準度，在試驗前可依據實驗試藥與儀器的需求來選用最適吸收波長來分析所需偵測的物質。

光譜學的基本原理主要依據藍伯與比耳定律來表示。當連續光通過一溶液時，只有某一波長的光被吸收，此時吸光值的大小在藍伯定律 (Lambert's law) 中主要與盛裝溶液的厚度有關，即在一厚度範圍下，溶液的厚度愈大，吸光值愈高；比耳定律(Beer's law) 中吸光值的大小主要與盛裝溶液的濃度有關，在一濃度範圍下，溶液的濃度愈大，吸光值愈高。

»藍伯定律： $\log I_0/I = k \times b$

»比耳定律： $\log I_0/I = k' \times c$

I_0 ：入射光的強度

I ：透過光的強度

k & k' ：吸光係數

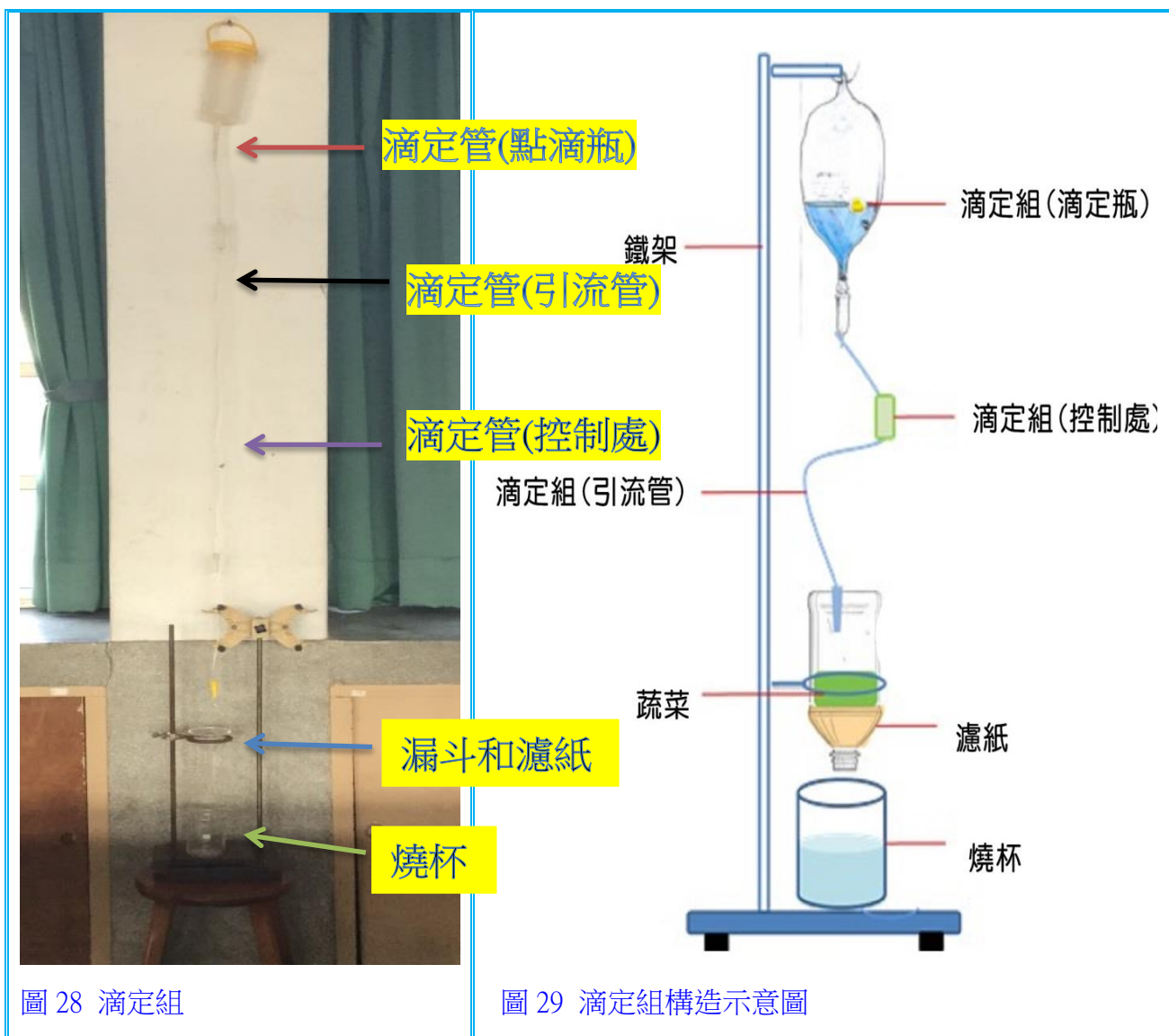
b ：溶液的厚度

c ：溶液的濃度

15. 光譜圖(吸收光譜)原理

吸收光譜是材料在某一些頻率上對電磁輻射的吸收事件所呈現的比率。每一種化學元素都會在幾個對應於能階軌道的特定波長上產生吸收線，因此吸收譜線可以用來鑑定氣體或液體中所含的元素。

16. 滴定組



二、實驗步驟

- (一)、 設計自製光度計實驗器。
- (二)、 探討 8 種蔬菜對各種重金屬離子(Fe^{3+} 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+})的吸附效果。
- (三)、 利用「自製光度實驗器」測蔬菜水溶液透光度。

STEP1：設計自製光度計實驗器

光源(雷射筆)

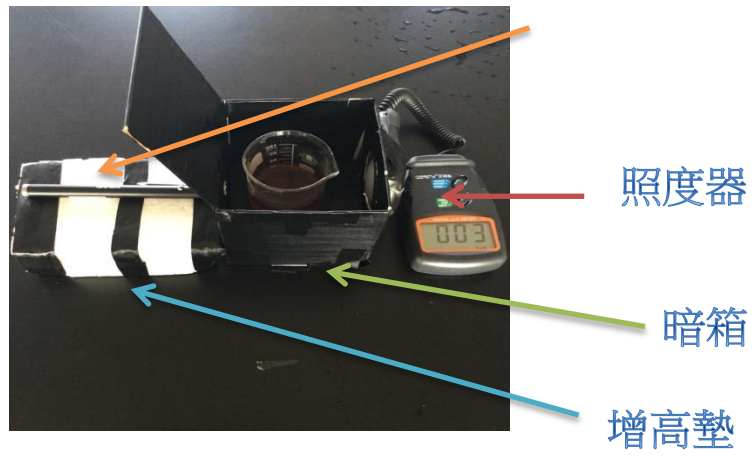
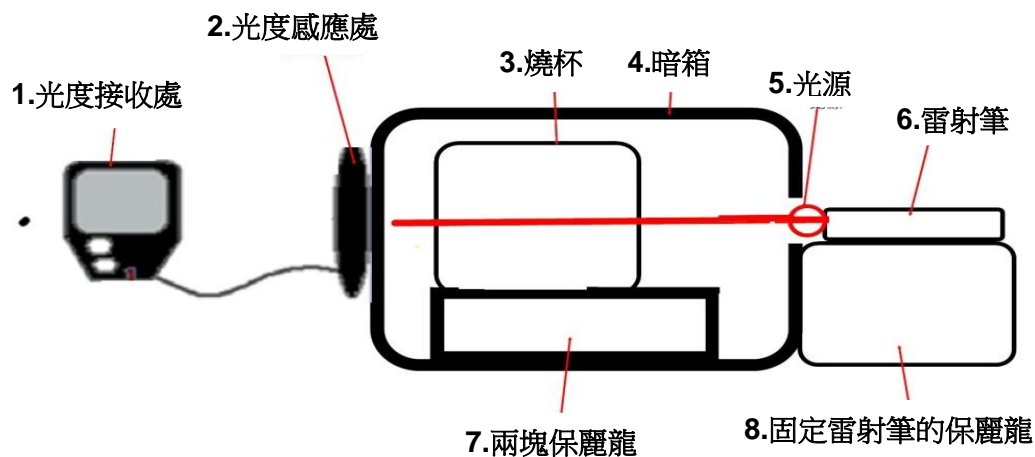


圖 30 自製光度實驗器



圖 31 光學照度器構造說明(如左圖)



本組自製光度計，詳細細節說明以編號在下表中敘述。EX: 1.光度接收處。

1.光度接收處:讀取透光度數據。	2.光度感應處:感應通過燒杯的光線。
3.燒杯:裝取欲偵測之目標物。EX:吸收金屬之蔬菜液。	4.暗箱:避免光線外露，同時使光線集中，使數據不受干擾。
5.光源:發出光線，提供目標物能量使之吸收。	6.雷射筆:提供平行光之光源，並固定光線頻率(單色光)。
7.兩塊保麗龍:墊高燒杯，使光線通過水溶液，並被接受器所偵測。	8.固定雷射筆的保麗龍:墊高雷射筆，使雷射筆對準孔洞，使光線能夠對準接受器。

圖 32 光學照度器構造說明

光學照度說明（圖 32 之補充說明）

圖 32 之說明：本組透過自行制備自製光度計，用以偵測蔬菜吸附重金屬溶液之光度變化。由於網路上查詢到金屬溶液在不同濃度下照光度有所不同。因此本組並可利用重金屬溶液被蔬菜吸附產生之濃度變化測亮光度改變。

(一)、比較各種蔬菜對硫酸鐵吸附效果。

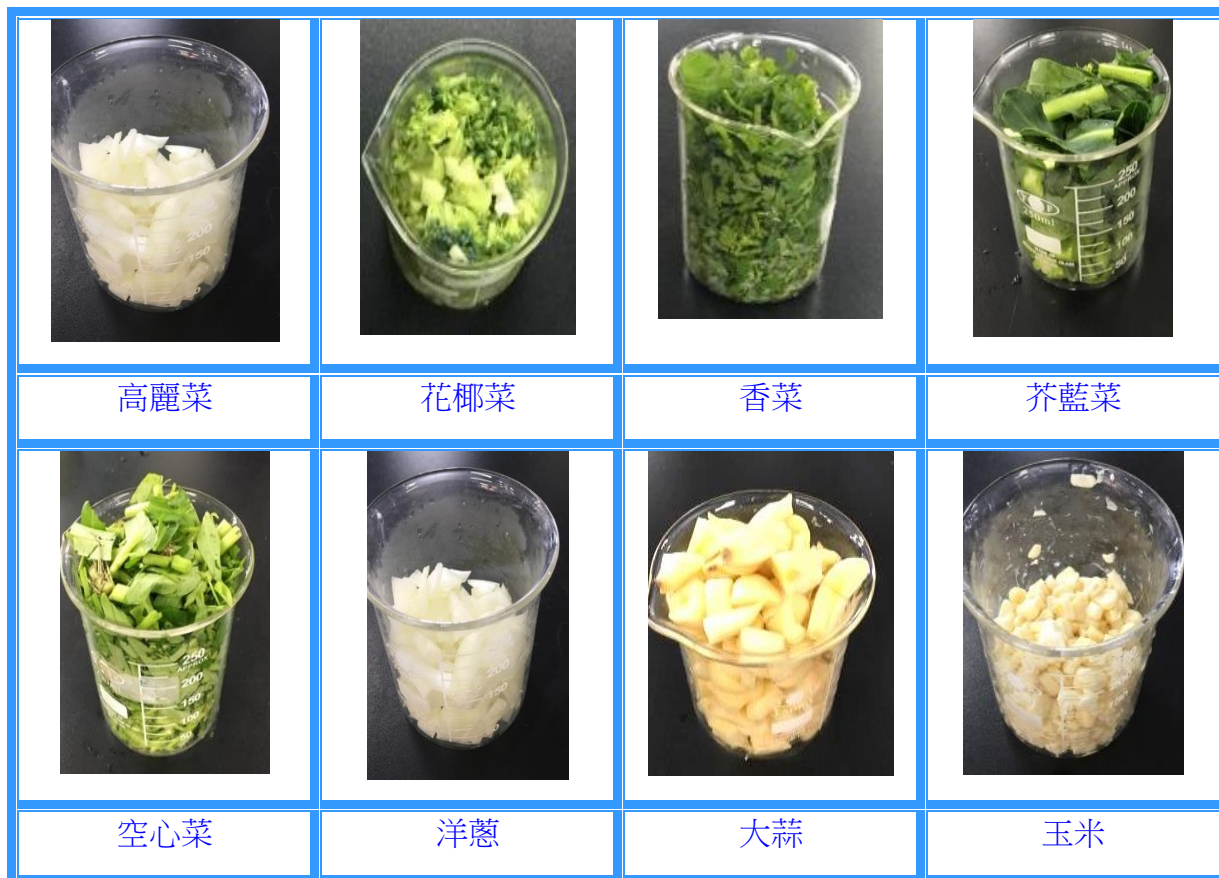


圖 33 將蔬菜切碎放進燒杯(如上圖)

STEP2：配置不同重金屬溶液。(硫酸鐵、硝酸鉛、硫酸銅，均為 0.001M)

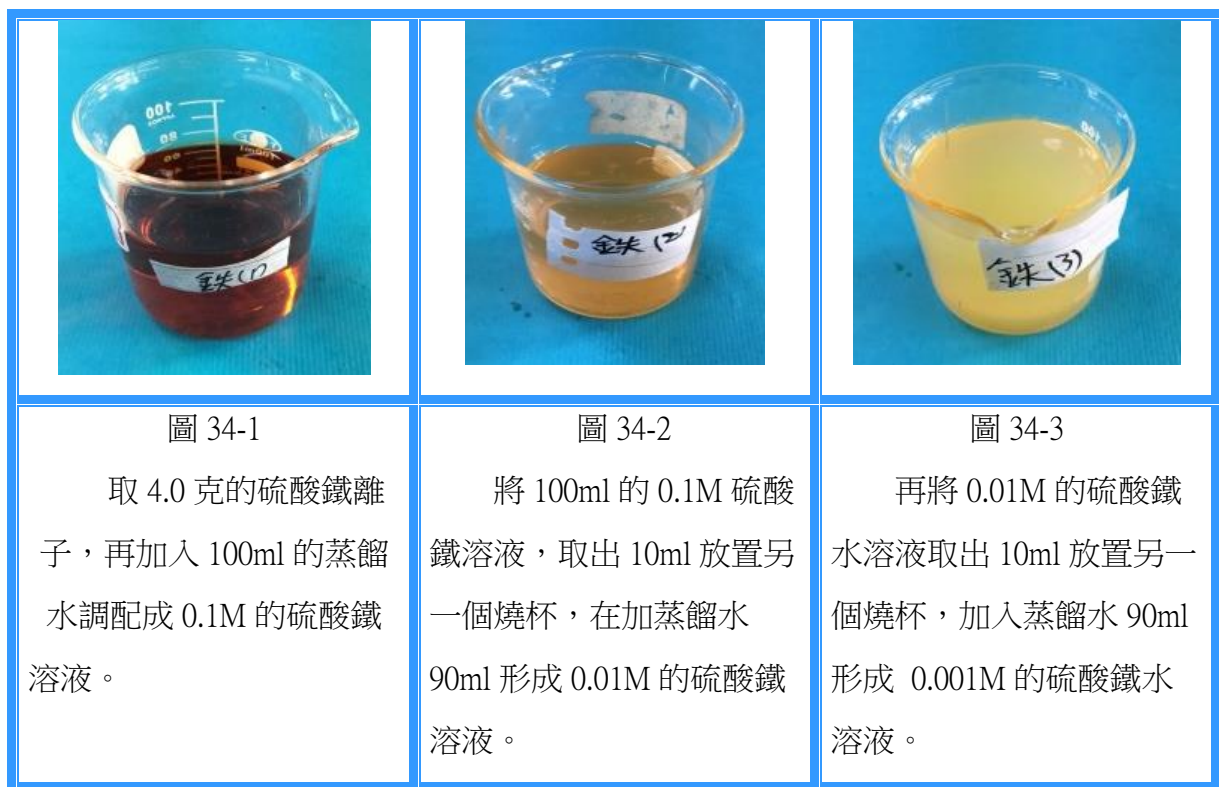


圖 34 硫酸鐵溶液調製的過程(如上圖)

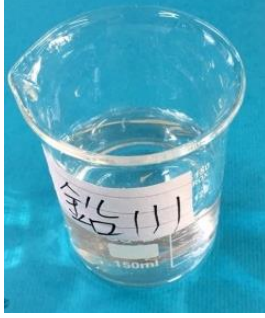


圖 35-1

取 3.3 克的硝酸鉛離子，再加入 100ml 的蒸餾水調配成 0.1M 的硝酸鉛水溶液。

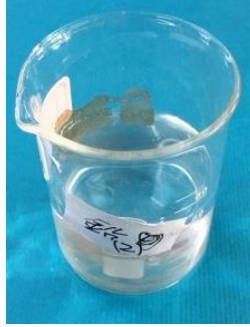


圖 35-2

將 100ml 的 0.1M 硝酸鉛溶液，取出 10ml 放置另一個燒杯，加蒸餾水 90ml 形成 0.01M 硝酸鉛溶液。



圖 35-3

再將 0.01M 的硝酸鉛水溶液取出 10ml 放置另一個燒杯，加入蒸餾水 90ml 形成 0.001M 的硝酸鉛水溶液。

圖 35 硝酸鉛溶液調製過程(如上圖)

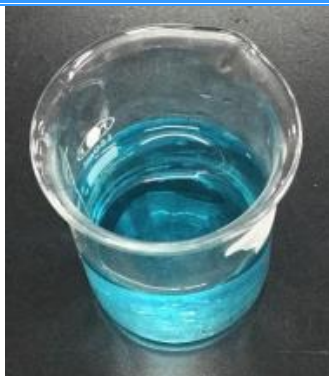


圖 36-1

取 2.5 克的硫酸銅離子，再加入 100ml 的蒸餾水調配成 0.1M 的硫酸銅水溶液。



圖 36-2

將 100ml 的 0.1M 硫酸銅溶液，取出 10ml 放置另一個燒杯，在加蒸餾水 90ml 形成 0.01M 的硫酸銅水溶液。



圖 36-3

再將 0.01M 的硫酸銅水溶液取出 10ml 放置另一個燒杯，加入蒸餾水 90ml 形成 0.001M 的硫酸銅水溶液。

圖 36 硫酸銅水溶液調製過程(如上圖)

STEP3：將不同金屬溶液倒入滴定瓶，以**三秒一滴**的速度，將 100ml 的 0.001M 金屬溶液滴入不同蔬菜之燒杯中，靜置 5 分鐘後，再進行過濾。

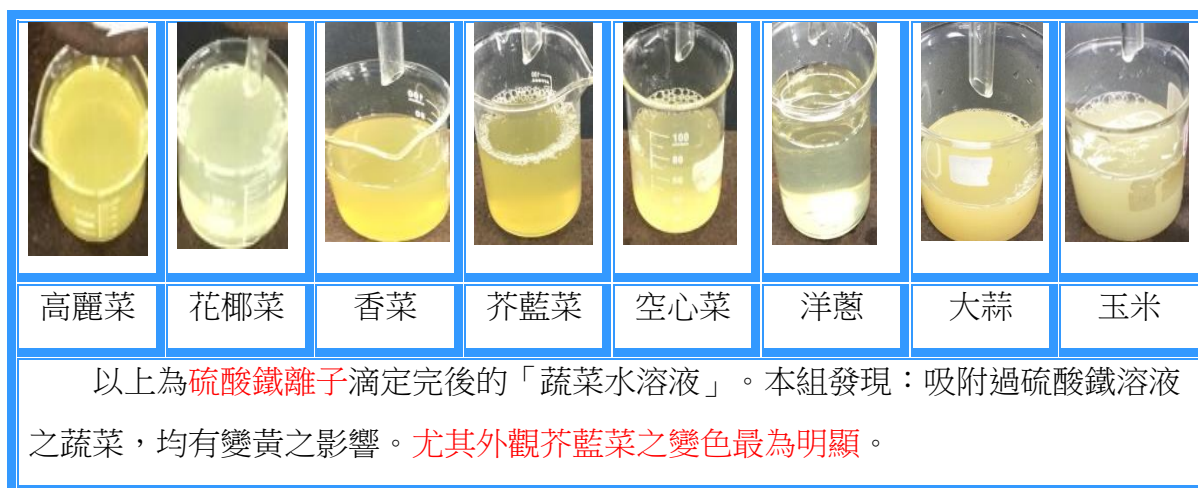


圖 37 硫酸鐵離子滴定完後的「蔬菜水溶液」比較圖(如上圖)

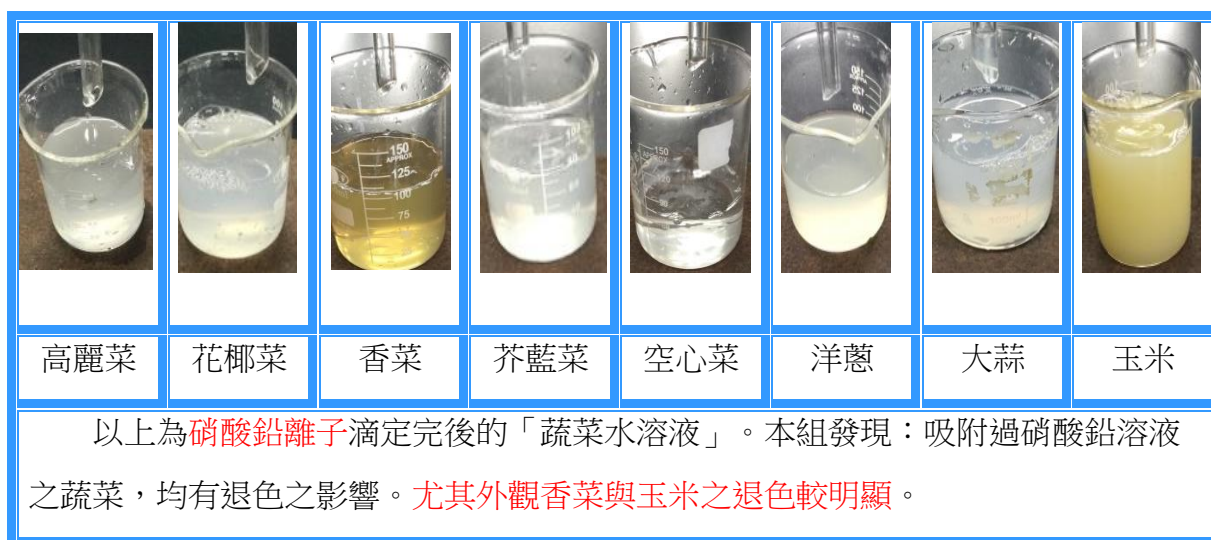


圖 38 硝酸鉛離子滴定完後的「蔬菜水溶液」(如上圖)

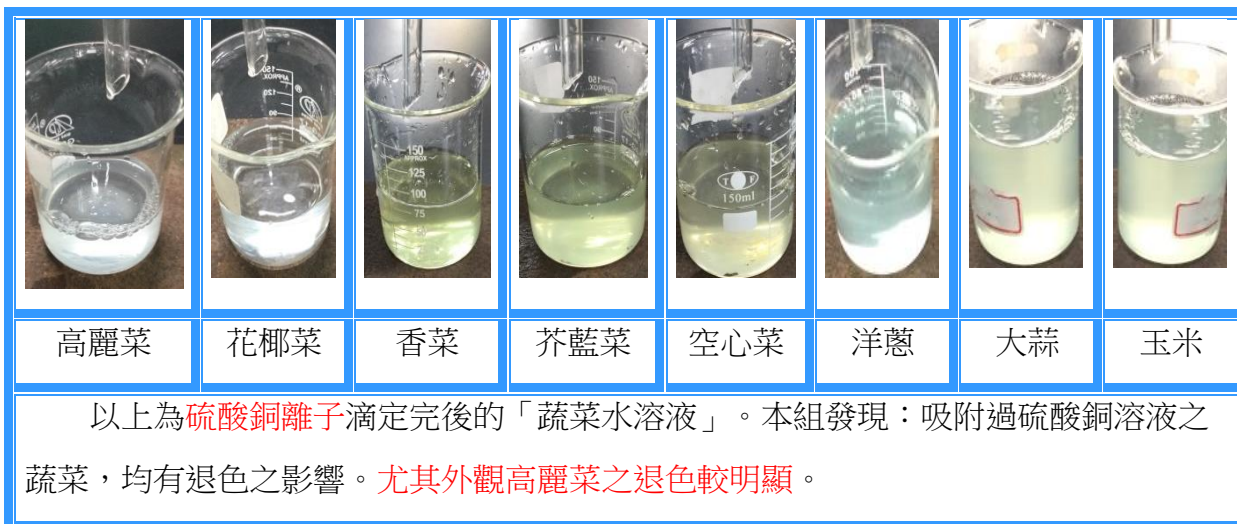


圖 39 硫酸銅離子滴定完後的「蔬菜水溶液」(如上圖)

STEP4：利用「自製光度實驗器」測蔬菜水溶液透光度

表 13 八種水溶液和 0.001M 硫酸鐵溶液(如下表)

0.001M 硫酸鐵溶液照度器照度數值 206(LUX)					
	溶液光度			平均	透光度(%)
高麗菜	124	132	104	120	772.5
花椰菜	226	196	184	202	458.9109
香菜	409	402	407	406	228.3251
芥藍菜	84	78	87	83	1116.867
空心菜	120	114	123	119	778.9916
洋蔥	165	153	126	148	626.3514
大蒜	118	126	125	123	753.6585
玉米	401	393	406	400	231.75

蔬菜與硫酸鐵滴定說明(表 13 補充說明)

根據表 13 所述，本組滴定的過程是使用 0.001M 的硫酸鐵溶液，而蔬菜溶液的調配是將各種蔬菜放進燒杯，再以 0.001M 的硫酸鐵溶液去做滴定(燒杯)，滴定完後，靜置五分鐘後過濾。隔天同一時間再去用自製光度實驗器檢測。經過本組的檢測：吸附硫酸鐵的效果：**芥藍菜>空心菜>高麗菜>大蒜>洋蔥>花椰菜>玉米>香菜**，效果最好的是**芥藍菜**；其次是**高麗菜**；最差的則是**香菜**。

表 14 八種水溶液和 0.001M 硝酸鉛溶液滴定(如下表)

0.001M 硝酸鉛溶液照度器照度數值 927(LUX)					
	溶液光度			平均	透光度(%)
高麗菜	317	307	315	313	296.1661
花椰菜	83	76	75	78	1188.462
香菜	37	46	40	41	2260.976
芥藍菜	82	73	85	80	1158.75
空心菜	121	123	131	125	741.6
洋蔥	407	387	376	390	237.6923
大蒜	38	46	36	40	2317.5
玉米	117	120	105	114	813.1579

蔬菜與硝酸鉛滴定說明(表 14 補充說明)

根據表 14 所述，本組滴定的過程是使用 0.001M 的硝酸鉛溶液，而蔬菜溶液的調配是將各種蔬菜放進燒杯，再以 0.001M 的硝酸鉛溶液去做滴定(燒杯)，滴定完後，靜置五分鐘後過濾。隔天同一時間再去用自製光度實驗器檢測。經過本組的檢測：
 硝酸鉛溶液吸附效果：大蒜>香菜>花椰菜>芥藍菜>玉米>空心菜>高麗菜>洋蔥，
 吸附效果效果最好的是大蒜；其次是香菜；最差的則是洋蔥。

表 15 八種水溶液和 0.001M 硫酸銅溶液(如下表)

0.001M 硫酸銅溶液照度器照度數值 431(LUX)					
	溶液光度			平均	透光度(%)
高麗菜	78	83	79	80	538.75
花椰菜	388	395	393	392	109.949
香菜	290	288	294	291	148.2798
芥藍菜	709	710	714	711	60.61885
空心菜	380	375	382	379	113.7203
洋蔥	167	143	184	165	261.7409
大蒜	170	177	178	175	246.2857
玉米	726	718	725	723	59.61272

蔬菜與硫酸銅滴定說明(表 15 補充說明)

根據表 15 所述，本組滴定的過程是使用 0.001M 的硫酸銅溶液，而蔬菜溶液的調配是將各種蔬菜放進燒杯，再以 0.001M 的硫酸銅溶液去做滴定(燒杯)，滴定完後，靜置五分鐘後過濾。隔天同一時間再去用自製光度實驗器檢測。經過本組的檢測：

硫酸銅吸附效果：高麗菜>洋蔥>大蒜>香菜>空心菜>花椰菜>芥藍菜>玉米，
吸附硫酸銅效果最好的是高麗菜；其次是洋蔥；最差的則是玉米。

伍、實驗結果

一、設計研究「自製光度實驗器」。

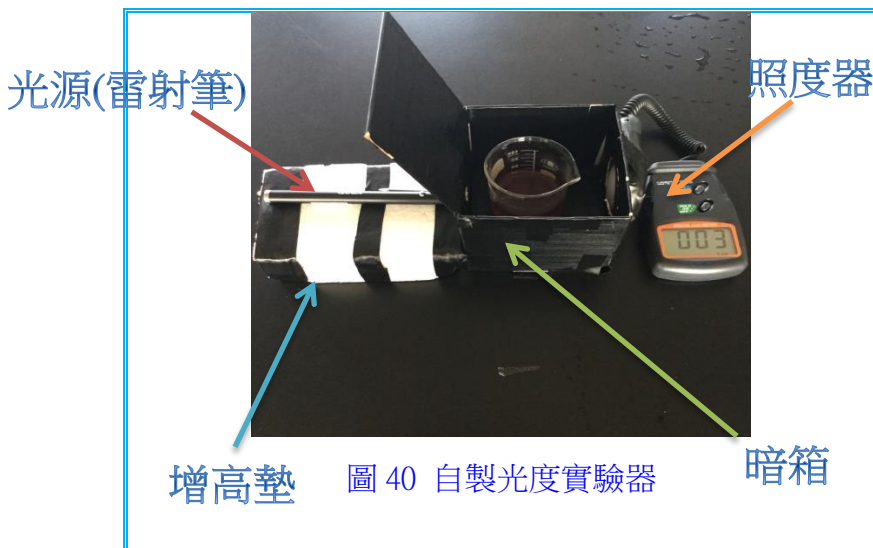


圖 38(如右圖)，本組透過自行制備自製光度計，用以偵測蔬菜吸附重金屬溶液之光度變化。由於網路上查詢到金屬溶液在不同濃度下照光度有所不同。因此本組並可利用重金屬溶液被蔬菜吸附產生之濃度變化測亮光度改變。

二、探討 8 種蔬菜對各種離子(Fe^{3+} 、 Pb^{4+} 、 Cu^{2+})的吸附效果。

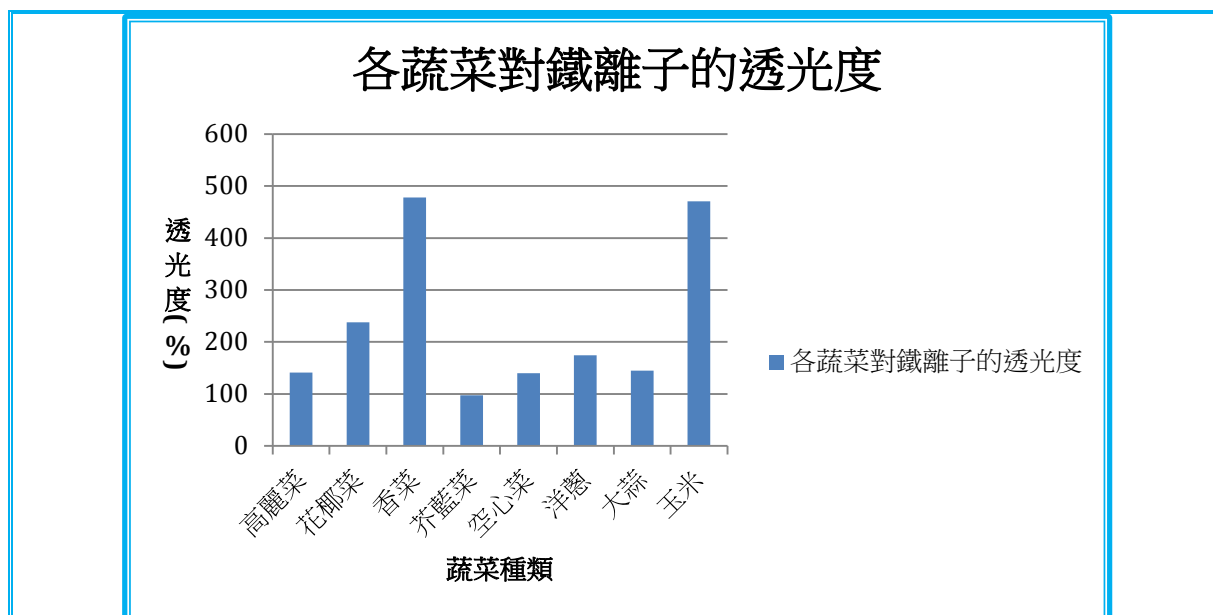


圖 41 各種蔬菜對於鐵離子溶液吸附效果

(一) 比較各種蔬菜對鐵離子溶液的吸附效果

由圖 41 可得知，蔬菜吸附硫酸鐵水溶液的能力，以芥藍菜最好，其次是空心菜，最差的則是香菜。另外，本組有比較沒有吸附過硫酸鐵溶液的和有吸附過硫酸鐵溶液的蔬菜，發現均有變黃之影響，尤其外觀芥藍菜之變色最為明顯。

吸附硫酸鐵的效果是芥藍菜>空心菜>高麗菜>大蒜>洋蔥>花椰菜>玉米>香菜。

吸附效果最好的是芥藍菜；其次是高麗菜；最差的則是香菜。

各蔬菜對鉛離子的透光度

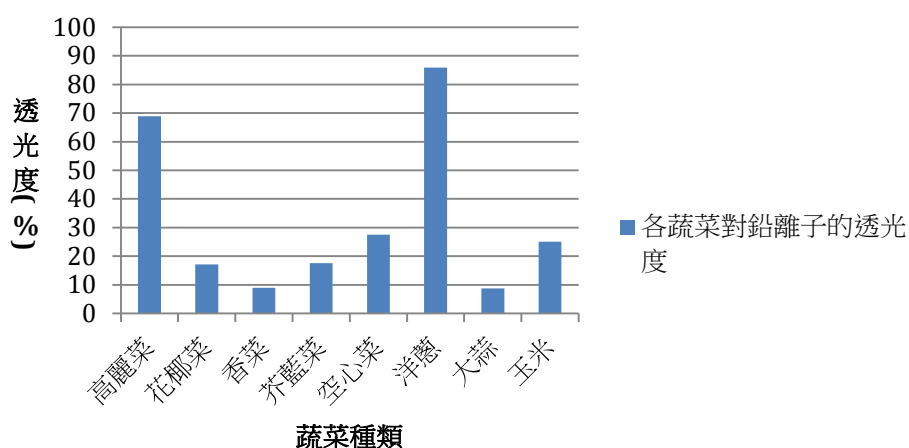


圖 42 各種蔬菜對於鉛離子溶液吸附效果

由圖 42 可得知，蔬菜吸附硫酸鐵水溶液的能力，以芥藍菜最好，其次是空心菜，最差的則是香菜。另外，本組有比較沒有吸附過硝酸鉛溶液的和有吸附過硝酸鉛溶液的蔬菜，均有退色之影響，尤其外觀香菜與玉米之退色較明顯。

硝酸鉛溶液吸附效果大蒜>香菜>花椰菜>芥藍菜>玉米>空心菜>高麗菜>洋蔥。

吸附硝酸鉛效果最好的是大蒜；其次是香菜；最差的則是洋蔥。

各蔬菜對銅離子的透光度

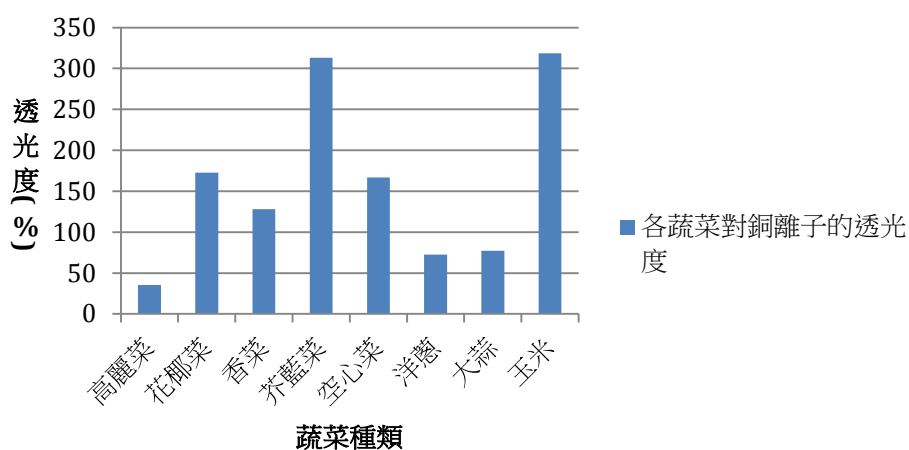


圖 43 各種蔬菜對於銅離子溶液吸附效果

由圖 43 可得知，蔬菜吸附硫酸鐵水溶液的能力，以高麗菜最好，其次是洋蔥，最差的則是芥藍菜。另外，本組有比較沒有吸附過硫酸銅溶液的和有吸附過硫酸銅溶液的蔬菜，均有退色之影響。尤其外觀高麗菜之退色較明顯。

硫酸銅溶液吸附效果高麗菜>洋蔥>大蒜>香菜>空心菜>花椰菜>芥藍菜>玉米。

吸附硫酸銅效果最好的是高麗菜；其次是洋蔥；最差的則是玉米。

三、利用「自製光度實驗器」測蔬菜水溶液透光度。

表 15 八種蔬菜吸附硫酸鐵溶液之透光度

蔬菜 鐵 離子	高麗菜	花椰菜	香菜	芥藍菜	空心菜	洋蔥	大蒜	玉米
透光度 (%)	141.18	237.65	477.65	97.65	140	174.12	144.71	470.59

透光度的算法是將透射光的強度除以入射光的強度，而數值越大，代表該種蔬菜溶液越清澈；反之若數值越小，該種蔬菜溶液越混濁。依上表來看，芥藍菜溶液的透光度最小，蔬菜溶液最濃；數值第二小的空心菜溶液，蔬菜溶液較混濁，僅次於芥藍菜溶液；數值最大的為玉米溶液，該蔬菜溶液也較為清澈。

表 16 八種蔬菜吸附硝酸鉛溶液之透光度

蔬菜 鉛 離子	高麗菜	花椰菜	香菜	芥藍菜	空心菜	洋蔥	大蒜	玉米
透光度 (%)	68.94	17.18	9.03	17.62	27.53	85.9	8.81	25.11

透光度的算法是將透射光的強度除以入射光的強度，而數值越大，代表該種蔬菜溶液越清澈；反之若數值越小，該種蔬菜溶液越混濁。依上表來看，大蒜溶液的透光度最小，蔬菜溶液最濃；數值第二小的香菜溶液，蔬菜溶液較混濁，僅次於大蒜溶液；數值最大的為洋蔥溶液，該蔬菜溶液也較為清澈。

表 17 八種蔬菜吸附硫酸銅溶液之透光度

蔬菜 銅 離子	高麗菜	花椰菜	香菜	芥藍菜	空心菜	洋蔥	大蒜	玉米
透光度 (%)	35.24	172.69	128.19	313.22	166.96	72.69	77.09	318.5

透光度的算法是將透射光的強度除以入射光的強度，而數值越大，代表該種蔬菜溶液越清澈；反之若數值越小，該種蔬菜溶液越混濁。依上表來看，高麗菜溶液的透光度最小，蔬菜溶液最濃；數值第二小的洋蔥溶液，蔬菜溶液較混濁，僅次於高麗菜溶液；數值最大的為玉米溶液，該蔬菜溶液也較為清澈。

表 18 八種蔬菜和三種重金屬溶液(分數越大代表吸附效果越好，重金屬殘留越多)

重金屬溶液 蔬菜	硫酸鐵	硝酸鉛	硫酸銅	總分
高麗菜	6(第三名)	2(第七名)	8(第一名)	16(第二名)
花椰菜	3(第六名)	6(第三名)	3(第六名)	12(第六名)
香菜	1(第八名)	7(第二名)	5(第四名)	13(第五名)
芥藍菜	8(第一名)	5(第四名)	2(第七名)	15(第三名)
空心菜	7(第二名)	3(第六名)	4(第五名)	14(第四名)
洋蔥	4(第五名)	1(第八名)	7(第二名)	12(第六名)
大蒜	5(第四名)	8(第一名)	6(第三名)	19(第一名)
玉米	2(第七名)	4(第五名)	1(第八名)	7(第八名)

由上表 18 所述，本組將吸附離子最高者給 8 分，依序排列，最低者得 1 分。可得知若蔬菜總得分數越高，表示：該種蔬菜在三種離子中，吸附效果越佳，重金屬殘留量越多。綜合排名：

吸附效果**大蒜>高麗菜>芥藍菜>空心菜>玉米>香菜>花椰菜>洋蔥>玉米。**

在購買或選擇大蒜、高麗菜、芥藍菜時，應特別注意及選擇。（因為這三種蔬菜吸附重金屬離子效果最好，重金屬殘留最多）

陸、討論

一、實驗步驟方面困難

(一)、 如何配置溶液

一開始我們不知道溶液的單位，也不知道如何配置。

解決方法

本組請老師教導我們濃度的計算，也請老師示範如何配置藥品，在不是很明白的狀況下，本組用錄影的方式把老師的動作記錄下來，並且詢問老師配置的細項。

(二)、 如何使用滴定管

本組對於實驗器材的小細節都不熟悉，本次實驗是滴定的實驗，老師說滴定的小細節都會影響結果，包括滴得快慢、器具潤洗…等等。

解決方法

請老師示範時，本組用錄影的方式把老師的動作記錄下來，並且詢問老師配置的細項。

(三)、 實驗器材老舊

學校實驗器材老舊，無法有精細的操作。

解決方法

本組詢問老師解決方法，後來老師告訴本組能夠使用醫院的點滴袋，方便控制也能夠更精準。

(四)、 實驗儀器難取得

光度計是很貴的儀器，學校沒有

解決方法

本組詢問老師，老師告訴本組光度計能夠自己做，在老師教導本組原理之後，本組開始自製光度計。

柒、結論

一、 在討論的地方有講到，本組實驗需要使用到光度器，而學校沒有。如果要使用的話，必須去附近的大學借儀器，不過這樣還要麻煩其他大學，而且數據紀錄不便(時間無法配合、儀器大小不符合等因素)。後來老師指導本組自行製作光度器，本組馬上開始製作，做完後，本組有幾個感想：

(一) 光度器沒有想像中的難做，詳細實驗步驟請見圖 30。

(二) 有了自製光度實驗器之後，做實驗不會那麼麻煩，紀錄數據也很方便。

二、 由表 12 的數據發現，芥藍菜溶液的透光度最小，蔬菜溶液最濃；數值第二小的空心菜溶液，蔬菜溶液較混濁，僅次於芥藍菜溶液；數值最大的為玉米溶液，該蔬菜溶液也較為清澈，**數值越大，蔬菜水溶液也會越清澈。**

三、 由表 13 的數據發現，大蒜溶液的透光度最小，蔬菜溶液最濃；數值第二小的香菜溶液，蔬菜溶液較混濁，僅次於大蒜溶液；數值最大的為洋蔥溶液，該蔬菜溶液也較為清澈，**數值越大，蔬菜水溶液也會越清澈，蔬菜吸附該種重金屬溶液的能力也越強。**

四、 由表 14 的數據發現，高麗菜溶液的透光度最小，蔬菜溶液最濃；數值第二小的洋蔥溶液，蔬菜溶液較混濁，僅次於高麗菜溶液；數值最大的為玉米溶液，該蔬菜溶液也較為清澈，**數值越大，蔬菜水溶液也會越清澈，蔬菜吸附該種重金屬溶液的能力也越強。**

五、 吸附硫酸鐵的效果是：芥藍菜>空心菜>高麗菜>大蒜>洋蔥>花椰菜>玉米>香菜，吸附效果最好的是**芥藍菜**；其次是**高麗菜**；最差的則是**香菜**。吸附硝酸鉛的效果是：大蒜>香菜>花椰菜>芥藍菜>玉米>空心菜>高麗菜>洋蔥，吸附硝酸鉛效果最好的是**大蒜**；其次是**香菜**；最差的則是**洋蔥**。吸附硫酸鐵的效果是：高麗菜>洋蔥>大蒜>香菜>空心菜>花椰菜>芥藍菜>玉米，吸附硫酸銅效果最好的是**高麗菜**；其次是**洋蔥**；最差的則是**玉米**。

捌、參考資料

- 一、國色天香~探討香菜吸附溶液中重金屬離子的機制及特性，第 55 屆全國中小學，科學展覽會高中組化學科，國立臺灣科學教育館，台北。
- 二、水煮葉菜能降低其重金屬含量。取自 <https://kknews.cc/zh-tw/health/g2zxnze.html>
- 三、自然與生活科技課本 南一版（一下）6-1 人類對環境衝擊-水汙染
- 四、自然與生活科技課本 翰林版（二上）4-5 色散與顏色
- 五、認識分光光度計（一）原理與設計概念。取自 http://www.actr.com/tw/tw-report/tw-report-technology/335-tw-tech-spectrophotometer-principle-concept.html?fbclid=IwAR1nKuXXVvPs0wx6VmrGytTW8eljDkWZtT4nH9hdG5fM_nE2Ed7l7a_jQ1o