

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學(二)(含生物科技/食品科學)

組 別：國中組

作品名稱：好菇到-利用廢棄菇類吸附實驗室硫酸銅廢液中銅離子

關鍵詞：銅離子、吸附作用、廢棄菇類

編號：

摘要

我們將賣場過期廢棄蕈類食材，將其再利用作為我們科展主題，以便達成《永續利用》目的。利用過期廢棄的菇類來吸附實驗室廢棄的硫酸銅溶液中的銅離子，同時更進一步把菇類乾餾製成《菇類活性碳》來吸附實驗室廢棄的硫酸銅溶液中的銅離子。菇類不同部位吸附銅離子效率:菇傘>菇柄。菇傘吸附效率: 秀珍菇>鴻喜菇>杏鮑菇。秀珍菇對銅離子吸附效果較為 26.9%。菇類活性碳化後吸附銅離子效率提升 8.5%，達到 35.4%，與市售活性碳，吸附效率差 3.1%，無明顯差異。我們研究是一個有效、可行的方法，同時兼具環保與永續利用。期許我們的研究，能對地球永續利用，發揮一定功效。

壹、前言

一、研究動機

(一)廢棄生鮮食材再利用，達成永續利用目標

依據聯合國 2021 年的《糧食浪費指數報告》指出，全球每年浪費近 10 億噸食物，食物浪費前三名，分別是餐廳、量販店和便利商店這三類商店，約占食物浪費總量的 17%，若再加上產地農場和運輸販賣過程中的食物浪費，可能有三分之一食材，是從未被食用的就被廢棄。雖然台灣許多賣場推行即期品降價促銷但成效有限，仍有許多過期生鮮食材被廢棄。生物課本學到《永續利用及環境友善》的主題，我們是否可以將其中一部分生鮮食材再利用，我們訪問賣場發現《蕈類》食材是其中一項，我們便決定以賣場過期即將廢棄的蕈類食材，將其再利用作為我們科展主題，以便達成《永續利用》目的。(遠見 <https://www.gvm.com.tw/article/97280>)

(二)理化實驗室硫酸銅廢液處置方法研發

自然課程電解質、電解、電鍍及鋅銅電池的實驗都需要用到硫酸銅溶液，實驗之後所剩下的廢液如果直接排放，容易造成環境的污染。廢液如果委託廠商處理，又是一筆不少費用，我們是否可以利用自然課程所學，研發一套簡易的處理方法，來處置實驗室硫酸銅廢液。

我們回想到七年級生物實驗中的芹菜吸附紅墨水的現象，思考是否可以利用賣場過期廢棄的菇類來吸附實驗室廢棄的硫酸銅溶液中的銅離子呢？甚至，理化實驗中學到《竹快乾餹》，我們是否可以把更進一步把菇類乾餹製成《菇類活性碳》來吸附實驗室廢棄的硫酸銅溶液中的銅離子呢？於是我們開始進行規畫一系列的實驗，並努力執行，達到我們期望的目標。

●研究特色

1. 永續性:賣場過期廢棄的菇類再利用，達成永續利用目標。
2. 知識性:應用國中自然課程《電解質、電解、及鋅銅電池》《竹快乾餹》知識。
3. 環保性: 實驗室廢棄的硫酸銅溶液回收處理。
4. 實用性:菇類活性碳效能接近市售活性碳，具有實用性。
5. 自發合作性:符合 108 課綱《自發、互動、共好》精神，實驗中發現問題，自我探索解決，團隊合作。

二、文獻探討

(一)菇類介紹

1.蕈類俗稱菇類，通常指的是大型真菌的孢子實體。菇類於生態系中皆為分解者。

按形態分類則可分為 5 類：

- ①褶菌類：具有典型傘狀，如鴻喜菇、雪白菇、菇類、洋菇。
- ②非褶菌類：無菌褶，常呈扇形，質地較硬，如靈芝、茯苓。
- ③腹菌類：子實體包裹在蕈體內，孢子成熟後，會釋出孢子，如鬼筆、地星。
- ④膠質菌類：菇體呈柔軟膠質狀，乾燥時會緊縮，如木耳、銀耳。
- ⑥子囊菌類：孢子生長在子囊內，形體尺寸差距大，如冬蟲夏草、盤菌。

(維基百科 蕈類 <https://zh.wikipedia.org/蕈類>)

2.菇類構造:分為菇傘、菌褶、菇柄、菌絲體四大部分。

細胞壁由幾丁質構成，它和纖維素結構相相似，但兩者差別在於構造上第二個碳銜接了不同的功能基。菇類細胞壁還有多醣體成分，是 β -葡聚糖（ β -glucan）或菇類多醣體與蛋白質的聚合物，被證實具有免疫調節的功能。文獻更指出菇類另一成分是幾丁質或甲殼素。幾丁質是半透明，易彎和有彈性，和十分堅韌，價格低廉具有生物相容性、生物活性、成膜性、成膠性、具有降低膽固醇、降低血脂、降低血壓、增加免疫力、抗菌、吸附與止血作用。幾丁質加鹼經過脫乙酰醯化作可以用製備成的幾丁聚醣，幾丁質與幾丁聚醣對油脂具有吸附功能（呂卦南 2006）



圖片來源 https://fae.moa.gov.tw/map/food_item.php?type=AS01&id=156

農學報導 菇類基本特性與栽培原理（一）

https://kmweb.moa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=variety&id=54715

呂卦南 幾丁質與幾丁聚醣之製備與鑑定 康寧學報 8：157—170（2006）

貳、研究設備及器材

一、實驗藥品與樣本

1. 硫酸銅標準液與實驗室硫酸銅廢液.	4. 氫氧化鈉
2. 超市廢棄菇類(鴻喜菇、秀珍菇、杏鮑菇、金針菇)	5. 活性炭粉
3. 鹽酸	6. RO 純水

二、實驗器材

1. 磁石攪拌機	8. 培養皿
2. 毫安培計	9. 燒杯
3. 粉碎機	10. 量筒
4. 烘箱	11. 玻棒
5. 天平	12. 探針
6. 超音波機	13. 鋁箔紙
7. 酒精燈	14. 伏特計

參、研究方法

一、銅離子標準溶液配製

使用硫酸銅標準溶液(1M)，取 100mL 放入 1000mL 燒杯，再用量筒量取 900mL RO 水進行稀釋，以玻棒攪拌均勻，便成為 0.1M 硫酸銅儲備容液。

然後依序進行 10 點稀釋，分別配置 0.01M、0.02M、0.03M、0.04M、0.05M、0.06M、0.07M、0.08M、0.09M、0.10M、製成定量的標準曲線。

標準曲線 R^2 值愈交近 1.0 表示準確度高，定量效果愈佳。反之， R^2 值愈低表示準確度低，定量效果差。

標準曲線是以硫酸銅濃度當 X、電流大小當 Y，製作出來的回歸線。

硫酸銅濃度(M)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
電流(mA)										

二、菇類樣本的來源與處理

- (一)基於廢棄生鮮食材再利用，永續利用目標:本研究菇類樣本來源是從超市與量販店取得過期廢棄的菇類，包括金針菇、鴻喜菇、秀珍菇、杏鮑菇。
- (二)先將菇類蒂頭部分的培養土等雜質先去除。
- (三)使用菜刀將菇類先切成小塊，浸泡於 RO 水中 5hr，讓菇類細胞內鹽類完全釋放。
- (四) 將浸泡後菇類使用超音波機震動 10 分鐘破壞細胞壁。
- (五) 平鋪於培養皿中放入 120°C 的烤箱中烘分段烤乾 30 分鐘。
- (六) 將乾燥後的菇類碎塊，放入粉碎機中，打至粉狀。

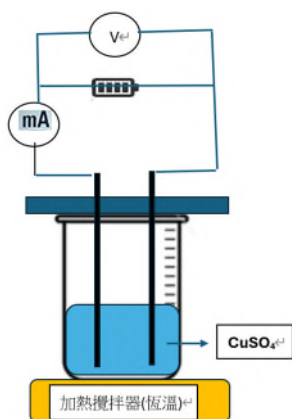
三、菇類樣本的炭化與活化

本研究菇類活性碳製作，參考理化課本《竹筷乾餾》及相關文獻資料(劉素玲等 2018 陳文樟 2006)活性碳製造，將其簡化如下:

- (一)炭化:樣本處理步驟(四)烘乾後的菇類碎塊以鋁箔紙包覆，並以酒精燈加熱，於缺氧及高溫(300 - 500 °C)的條件下，將菇類碎塊熱解形成多裂孔性的炭結構體。
- (二)活化:使用水蒸氣法活化，水蒸氣蒸 20 分鐘，清除炭化過程中，積蓄在孔隙結構中的焦油及裂解產物，增加有效的孔隙，提高表面積，產生高吸附量的活性炭。

四、測量線路圖

參考理化課本①電解質單元②電流電壓單元③電池單元④硫酸銅電解，製作測量硫酸銅的裝置。其中毫安培計:串聯、伏特計:並聯。阿瑞尼斯電離說自由移動的陰離子和陽離子會被電極吸引，就能讓水溶液導電。法拉第認電解質被電解離的離子越多，導電效果越好。因此，硫酸銅濃度會與電流大小呈線性關係，可以用來推估銅離子濃度。



肆、研究結果與討論

(一)初步研究結果

1.使用毫安培計(mA)取代分光光度計偵測銅離子濃度可行性評估

●**發想(目的):**過去測量銅離子濃度最常使用的方法是分光光度計法(教育部 2025)，但我們學校沒有高級儀器，怎麼辦呢?可否利用簡單儀器來測量銅離子。於是我們想到理化課程的《電導度、鋅銅電池與電解水》常用的毫安培計。能否使用國中課本電學常用的毫安培計(mA)取代昂貴的分光度計偵測銅離子濃度。利用離子電導度 \Rightarrow 電流 \Rightarrow 定量銅離子濃度。



●**結果:**第一次製作標準曲線製作結果: $y = 2.6352x - 4.3333$ R^2 (線性回歸值)= 0.9544

●**發現問題與自我尋找改進方法:**

問題:①標準曲線呈現上下震盪，不穩定狀況

②每一個濃度測量三次結果變異較大。

改進方法: \Rightarrow 改進上下震盪，不穩定狀況方法:

①**固定探針距離:**從理化課本電解水的實驗發現，電極的距離會影響測量結果。我們使用筷子將探針固定，讓兩極探針距離固定，這樣可以解決人為操作測量時兩極距離不固定現象。

②**避免水中離子干擾:**RO 純水取代自來水

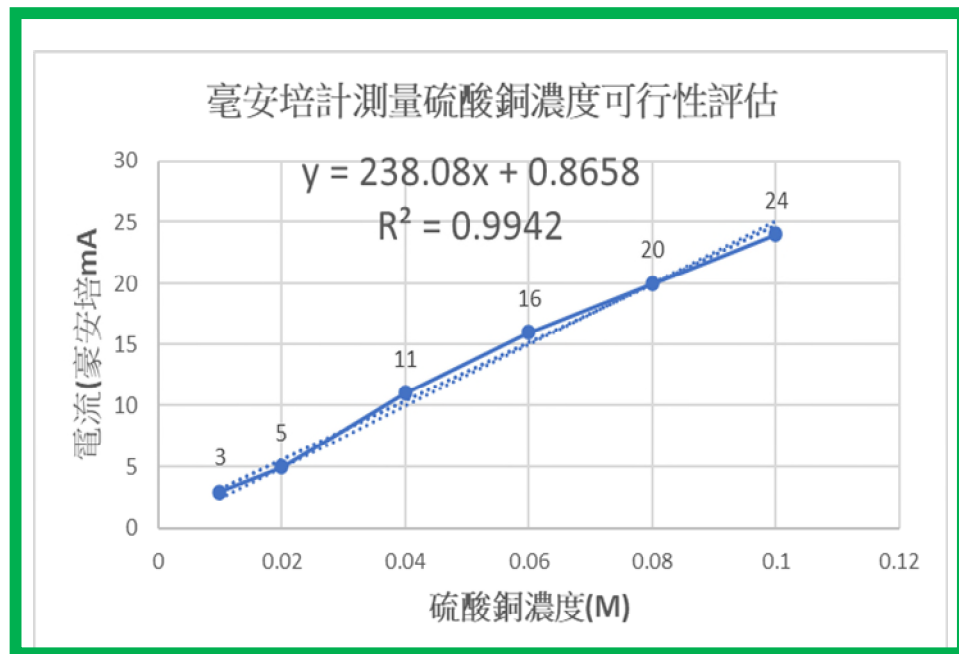
③**電壓固定**，伏特計並聯。④**溫度固定:**加熱攪拌機固定溫度 25 度

●**改進後結果:**

改進以後後⇒標準曲線製作結果: $y = 238.08x + 0.8658$ $R^2 = 0.9942$ ，線性回歸

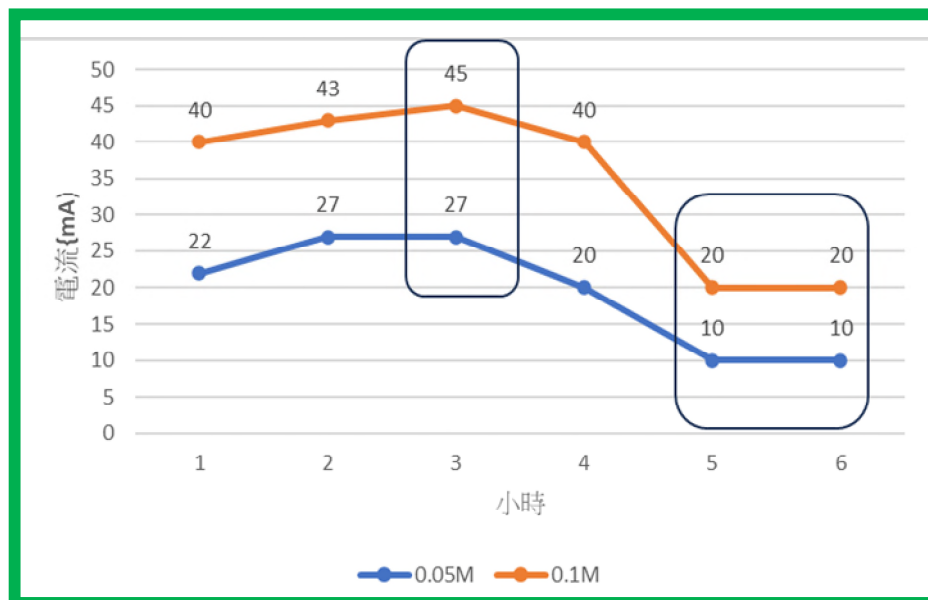
值從 0.9544 進步到 0.9942，準確度提升了。

硫酸銅濃度與電流線性關係良好⇒適合做定量曲線



2. 常見菇類吸附銅離子初探

(1) 杏鮑菇吸附銅離子曲線

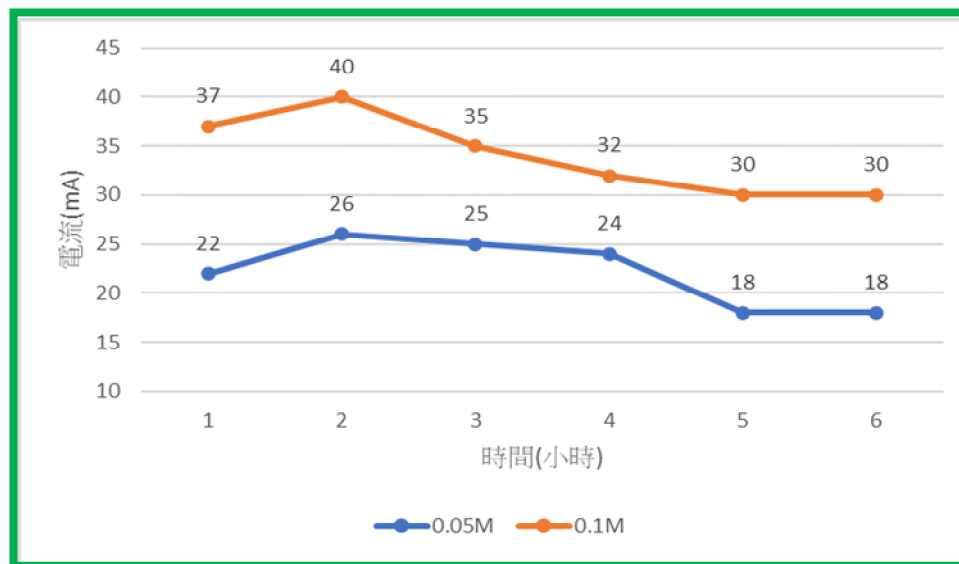


●結果:

①剛開始 3 小時內由於杏鮑菇細胞內水分較少，導致水分向細胞內擴散。但 3 小時候，細胞內原本的鈉鉀離子向外擴散，導致電流強度增加。

- ②當細胞內離子擴散完畢後，細胞的幾丁質開始吸附銅離子，造成 3-5 小時間電流強度下降。
- ③5-6 小時間電流強度呈現平行趨勢，表示已達到飽和吸附。
- ④飽和吸附時，電流強度僅為原來一半。

(2)金針菇吸附銅離子曲線



●結果

- ①金針菇 2 小時內由於細胞內水分較少導致水分向細胞內擴散，細胞內原本的鈉鉀離子向外擴散，導致電流強度增加。此現象與杏鮑菇呈現一致現象。
- ②但金針菇由於纖維少、菇傘面積皺褶少，吸附效率明顯比杏鮑菇小很多。我們選用其他菇類進行進一步研究。

●發現問題與自我尋找改進方法:

問題①細胞內離子干擾:

菇類吸附銅離子之前，由於細胞內含有部分鈉鉀離子關係，導致影響吸附效率。

解決方法⇒改進方法去除菇類細胞內鹽類:將將菇類先切成小塊浸泡 5hr，讓菇類細胞內鹽類完全釋放。

問題②吸附時間過長

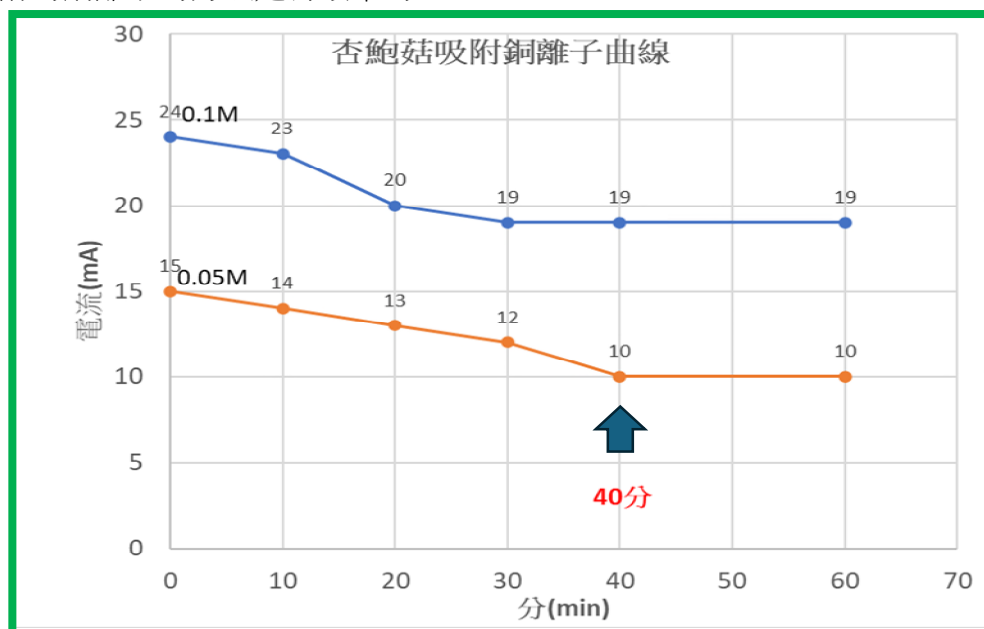
解決方法⇒破壞細胞壁:先將浸泡後菇類使用超音波機震動破壁，後續烘乾後菇類。

解決方法 ⇒增加表面積:使用磨碎機磨碎，增加表面積 減少吸附時間。



●改進後結果：

①經過切小塊浸泡去除細胞內離子干擾⇒破壞細胞壁⇒磨碎增加表面積後，重新做實驗後發現吸附時間明顯由 6 小時縮短為 40 分鐘便可達到飽和吸附，顯示本研究改進菇類吸附的銅離子的方法是有效率的。



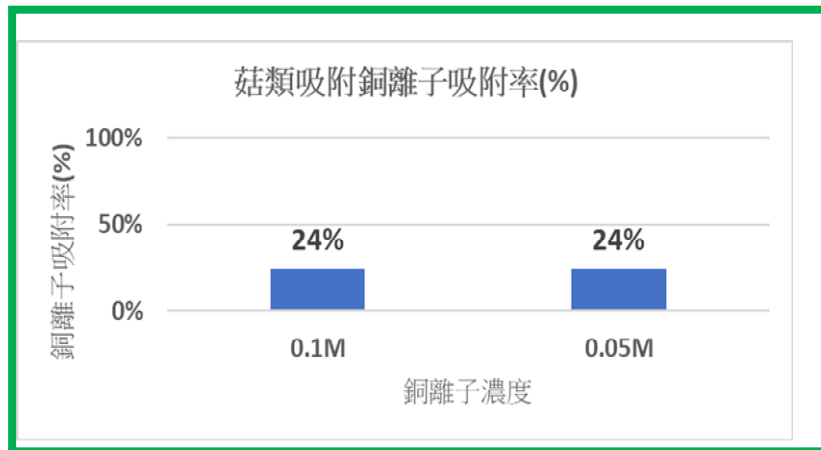
②由 $y = 238.08x + 0.8658$ $R^2 = 0.9942$

⇒推估吸附後銅離子濃度⇒計算銅離子吸附率%

乾燥菇類粉末對高低濃度銅離子吸附率無差異，但高濃度吸附速度較快，較快達到飽和和吸附。

吸附前銅離子濃度	吸附後銅離子濃度	銅離子去除率 =銅離子吸附率(%)
0.1M	0.076M	24%
0.05M	0.038M	24%

銅離子去除率 = 銅離子吸附率(%) = $\left(\frac{\text{吸附前銅離子濃度} - \text{吸附後銅離子濃度}}{\text{吸附前銅離子濃度}} \right) \times 100\%$



●**省思與討論**:為何 0.1M、0.05M 吸附效率沒有差異呢? 推測可能是由於本實驗使用攪拌機攪拌、速度(100 轉/分), 攪拌效應大於濃度差異造成的滲透壓效應, 加上用來吸附銅離子的菇類質量很小, 因此沒有產生明顯差異。

(二)進一步研究結果

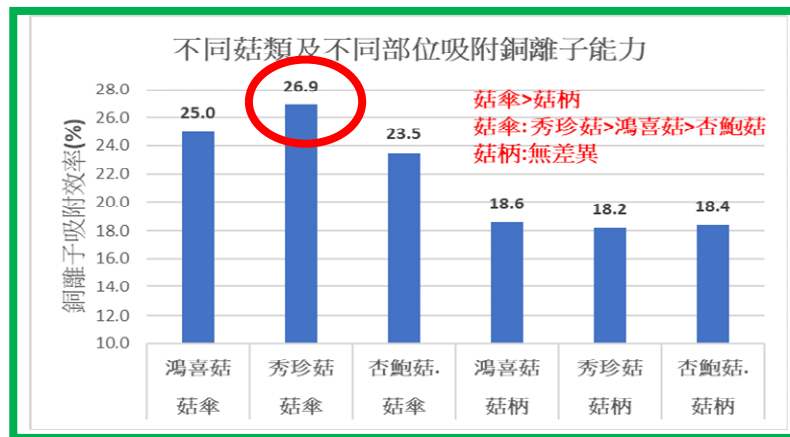
1.探討不同菇類及不同部位(菇傘與菇柄)吸附銅離子能力

●**發想(目的)**:篩選出吸附效果最佳的菇類及最佳部位

操縱變因	不同菇類(鴻喜菇 秀珍菇 杏鮑菇)、不同部位(菇傘與菇柄)
控制變因	菇類重量(1g) 硫酸銅(0.05M) 溫度(25 度) 攪拌速度(120 轉/分) 吸附時間(40 分)
應變變因	電流強度→銅離子濃度



吸附銅離子能力%	菇傘			菇柄		
	鴻喜菇	秀珍菇	杏鮑菇.	鴻喜菇	秀珍菇	杏鮑菇.
第一次	25.6	27.3	23.2	18.8	18.5	18.4
第二次	24.6	26.8	24.5	18.5	17.4	18.7
第三次	24.9	26.7	22.9	18.7	18.8	18.2
平均	25.0	26.9	23.5	18.6	18.2	18.4



●**結果:**①菇類不同部位吸附銅離子效率: 菇傘>菇柄

②菇傘: 秀珍菇>鴻喜菇>杏鮑菇, 但菇柄在不同菇類之間:並無差異。

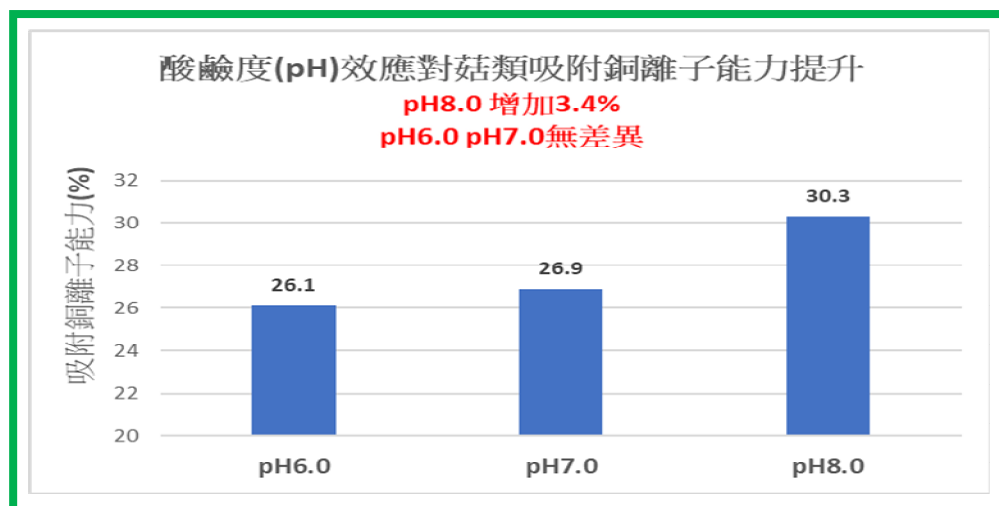
●**省思與討論:**為何菇傘的吸附效率會高於菇柄呢?從菇類細胞構造來看:菇傘含有較的菌褶、幾丁質與菇類多醣體, 文獻指出丁質與菇類多醣體對油脂具有吸附功能。推測它對金屬銅離子可能也存在同樣吸附效果。因此, 吸附銅離子效率: 菇傘>菇柄。秀珍菇因為菇傘部分面積較大, 黏度較高, 含有較高菇類多醣體, 造成不同菇類菇傘中以: 秀珍菇對銅離子吸附效果較佳。

2.探討酸鹼度(pH)效應對菇類吸附銅離子能力提升

●**發想(目的):**理化課本酸鹼鹽單元有提到, 不同酸鹼度(pH)會影響反應速率及產物的生成量。我們是否藉由調整酸鹼度(pH)效應提升對菇類去除銅離子能力。

操縱變因	pH
控制變因	秀珍菇(菇柄+菇傘重量)(1g) 硫酸銅濃度(0.05M) 溫度(25 度) 攪拌速度(120 轉/分) 吸附時間(40 分)
應變變因	電流強度⇒銅離子濃度

菇類吸附銅離子能力%	酸鹼度(pH)		
	6	7	8
第一次	26.5	27.3	30.5
第二次	26.2	26.8	30.9
第三次	25.8	26.7	29.6
平均	26.1	26.9	30.3



●**結果:** pH8.0 增加 3.4%、pH6.0 pH7.0 無差異。

●**省思與討論:** 為 pH8.0 增加 3.4%?

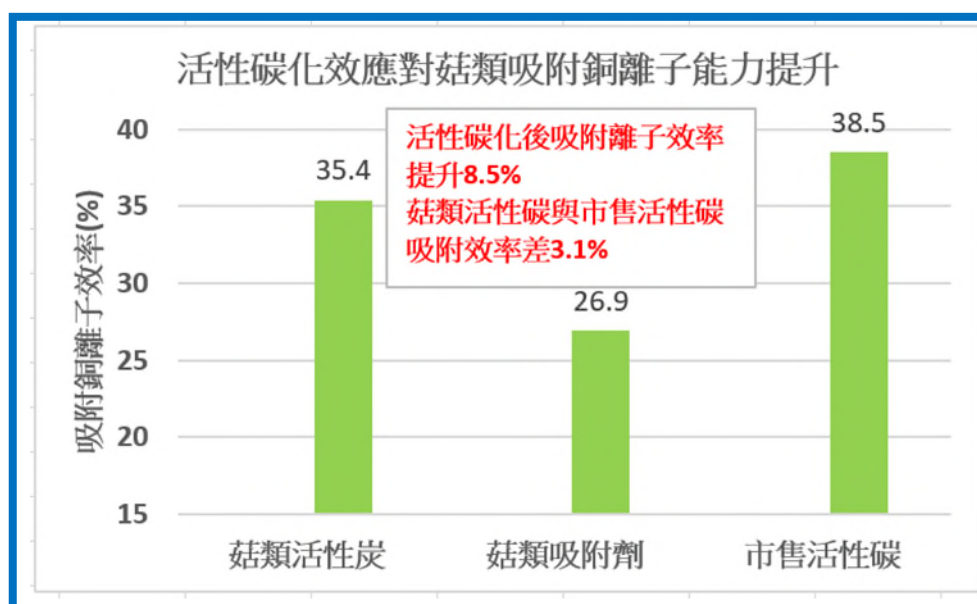
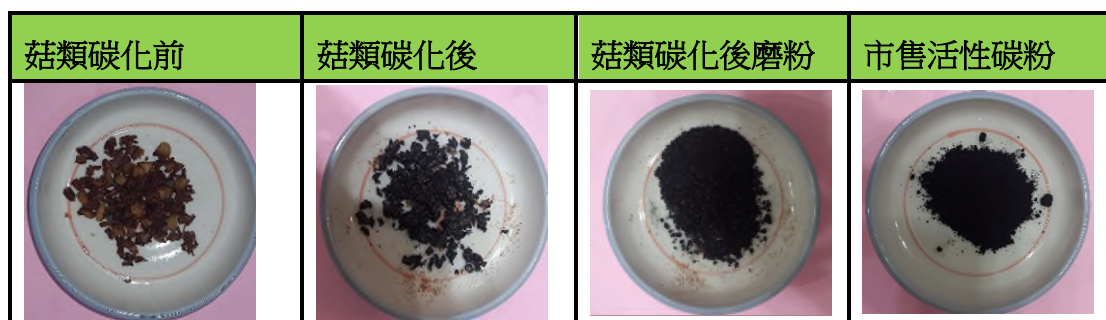
從菇類構造與成份來看，幾丁質與菇類多醣體，文獻指出丁質與菇類多醣體對油脂具有吸附功能。幾丁質經過脫乙酰化作用可以用製備成的幾丁聚醣，幾丁聚醣吸附能力優於幾丁質。

①乙酰化過程通常使用鹼性物質，在 pH8.0 環境可能有少許部分幾丁質轉化成幾丁聚醣，增加吸附能力。②另一種原因鹼性環境菇類多醣體形成膠體，增加吸附能力。膠體粒子是帶電的會吸附陽離子或陰離子聚集成為更大的顆粒，形成沉澱（施建輝 2014）。③第三種原因幾丁質與菇類多醣體含有胺基結構，在鹼性環境有利於吸附作用。

3.活性碳化效應對菇類吸附銅離子能力提升⇒菇類活性碳

●**發想(目的):**閱讀資料發現，銅離子吸附過去常用活性碳來吸附，過去曾有孟宗竹製成活性碳，也有菇類培植廢棄物製成活性碳。我們是否可以嘗試將廢棄菇類也製成菇類活性碳，來提升菇類吸附銅離子能力。(劉素玲等 2018、陳柏璋 2017、教育部 2025)

操縱變因	活性碳化 未碳化
控制變因	菇類重量(1g) 硫酸銅(0.05M) 溫度(25 度) 攪拌速度(120 轉/分) 吸附時間(40 分)
應變變因	電流強度⇒銅離子濃度



吸附銅離子能力(%)	菇類活性炭 (碳化)	菇類吸附劑 (未碳化)	市售活性炭
第一次	35.5	27.3	38.3
第二次	35.9	26.8	38.2
第三次	34.9	26.7	38.9
平均	35.4	26.9	38.5

●**結果:** ①活性碳化後吸附銅離子效率提升 8.5%

②菇類活性炭與市售活性炭，吸附效率差 3.1%，無明顯差異。

●**省思與討論:** ①為何活性炭化後提升呢？

依照吸附理論，吸附方式分為物理性吸附與化學性吸附

	物理性吸附	化學性吸附
吸附方式	孔隙 表面積	化學鍵結
溫度條件	低	需要較高溫
選擇性	對被吸附物沒有選擇性	選擇性高，需形成化學鍵才發生吸附
吸附速率	快	慢

菇類未活性碳化前吸附，一部分是化學吸附:靠幾丁質與菇類多醣體鍵結，一部分靠

物理吸附:纖維吸附、細胞擴散吸附。因為有一部分化學吸附需要較高溫、要鍵結所以需

時長，效率較低。但菇類活性碳化後主要以活性碳的物理吸附為主，效率自然提升。

●**省思與討論:**②每一克菇類活性碳可以吸附多少克銅呢?

依照:①莫耳濃度 = $\left(\frac{\text{重量/分子量}}{\text{體積}}\right)$

②銅重量=濃度差 x 體積 x 分子量

③銅重量/菇類活性碳克數

⇒每一克菇類活性碳可以吸附約 56 毫克銅 (56mg/g) ⇒具有良好吸附效果

伍、結論

標準曲線製作結果: $y = 238.08x + 0.8658$ $R^2 = 0.9942$ ，硫酸銅濃度與電流線性關係良好，適合做定量曲線。乾燥菇類粉末對高濃度銅離子吸附率無差異，但高濃度吸附速度較快，較快達到飽和吸附。菇類不同部位吸附銅離子效率: 菇傘>菇柄。菇傘吸附效率: 秀珍菇>鴻喜菇>杏鮑菇，但菇柄在不同菇類之間:並無差異。秀珍菇對銅離子吸附效果較佳為 26.9%。菇類活性碳化後吸附銅離子效率提升 8.5%，達到 35.4%，與市售活性碳，吸附效率差 3.1%，無明顯差異。本研究證實利用賣場過期菇類來吸附實驗室廢棄的硫酸銅溶液中的銅離子是一個有效、可行的方法，同時兼具環保與永續利用。期許我們的研究，能對地球永續利用，發揮一定功效。

未來展望:本研究除了吸附實驗室硫酸銅廢液中，未來可以用於工業廢水、養魚魚

缸水質淨化、家庭淨水等等。

陸、參考文獻

- 1.遠見(2025) <https://www.gvm.com.tw/article/97280>
- 2.維基百科(2025) 蕈類 <https://zh.wikipedia.org/蕈類>
3. 農學報導(2025) 菇類基本特性與栽培原理（一）
https://kmweb.moa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=variety&id=54715
- 4.呂卦南(2006) 幾丁質與幾丁聚醣之製備與鑑定 康寧學報 8：157－170（2006）
- 5.陳柏璋（2017）菇類培植廢棄物以三種活化方法製備不同特性活性碳及其應用。國立聯合大學碩士論文。
6. 劉素玲等(2018) 萃取後孟宗竹製備活性碳及其吸附水中銅離子之性能。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告，32 卷 1 期，51-60 頁。
7. 陳文樟（2006）簡介活性碳製造、分類及應用。中鼎化工專輯。321：17-21。
8. 施建輝(2014) 膠體溶液的帶電性與凝聚，高中化學教學疑難問題與解題。
<https://chemed.chemistry.org.tw/?p=4019>
9. 陳柏翔(2018)以幾丁質和幾丁聚醣製備碳點並探討其特性和應用於檢測微生物及金屬離子，國立臺灣海洋大學碩士論文。
10. 維基百科(2025) 吸附 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%90%B8%E9%99%84>
11. 教育部(2025) 蕈類廢棄物對重金屬吸附效果實驗
https://chem.moe.edu.tw/green/Home/GetEFile?fid=e774bad6-3732-4c67-9d3c-ae4d81e204f4&fn=T5K9dCXXusmZlewE5LAhH_L9sIwN%2FUDzZ6sC7ANySbAAAWOuKmotjzn8Wpa16AC4mVtLYtjJCDI%3D