

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高級中等學校組 工程學(二)科

(鄉土)教材獎

052404

銅流河汙-幾丁聚醣縮二脲試驗與吸附水中銅離子

學校名稱：國立苗栗高級農工職業學校

作者：  職三 呂訓亨  職三 夏靜馨  職三 黃詩婷	指導老師：  洪旻琪
---	------------------

關鍵詞：幾丁聚醣、去乙醯化、縮二脲反應

## 壹、 摘要

幾丁聚醣為富含利用價值的生化材料，目前多被應用在醫學方面；它具有配位官能基，能與金屬離子進行吸附，進而改善環境中受汙染的水源。本實驗利用蝦殼自製成幾丁聚醣，按汙染比例最高的  $\text{Cu}^{2+}$  作為本次實驗的主要代表，並以檢測幾丁聚醣加入不同的量，對  $\text{Cu}^{2+}$  吸附之影響作探討。

本研究主要採用以下兩種方法做為吸附實驗：

- 1.直接沉澱法。
- 2.薄膜吸附法。

並且改變下述兩種變因，來觀察幾丁聚醣與硫酸銅之間的吸附效率：

- 1.改變加入的幾丁聚醣含量。
- 2.改變硫酸銅的濃度。

最後運用朗伯-比爾定律求出吸光度，推算出能吸附環境中含銅汙水的最佳比例。

## 貳、 研究動機

前陣子曾看到新聞報導:有不肖業者在鯉魚潭水庫周邊傾倒含銅廢棄物、桃園富林溪的水汙染，其中  $\text{Cu}^{2+}$  更是超標；除此之外，新竹頭前溪也受到重金屬汙染，導致水導電度高於  $750\mu\text{S}/\text{cm}$ ，嚴重超標！

在全台灣受汙染河川統計資料也發現，光是銅離子的汙染就佔了 52%，其餘是鎳、鉻等等的重金屬汙染。然而在一般的汙水處理過程中，淨水廠通常經過三重過濾步驟，將雜質以及有機物分解，最後利用綠藻將重金屬去除；而綠藻的吸附原理與幾丁聚醣的吸附原理是雷同的，故我們想利用幾丁聚醣來代替綠藻、減少甲殼類廢棄物，同時也降低水中的重金屬汙染。

## 參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

表 1、課本相關性整理

課程名稱	課本名稱	章節名稱	與作品關聯性
普通化學 II	普通化學 II	第 18 章-有機化學	有機化學知識
有機化學 II	有機化學 II	第 15 章-胺基酸與蛋白質	蛋白質的性質
分析化學 II	分析化學 II	第 7 章-光譜分析	光譜分析原理
化學技術實習 II	乙級化學	試樣中鐵(II)比色之定量	以光譜法測定特定物質含量
化學技術實習 II	乙級化學	酸鹼滴定溶液之配製、標定與試樣之電位滴定曲線	電位滴定法使用及計算原理
化工裝置 II	化工裝置 II	第 10 章-吸收與吸附裝置	吸附的原理
基礎化工 I	基礎化工 I	第 4 章-固體的性質	七大晶系及其性質

「光譜法」在分析化學中運用相當廣泛，是儀器分析中廣用的技術。於《化學乙級實驗》中「可見光光譜儀」常應用於試樣的定量、在化學實驗室中相當常見。我們透過本次製作專題的機會，利用「可見光分光光度計」測量硫酸銅的最大吸收波長，並將檢量線以朗伯-比爾定律推算出銅離子的百萬分數。

### 一、朗伯-比爾定律

使單色光源垂直穿透過透明、均勻的溶液，有一部分的光會被溶質所吸收掉，而另一小部分會被反射，只有一部分能通過試樣槽。而試樣溶液的穿透率 (T) 為透射光與入射光的比值。



圖 1：光徑示意圖

$A = \log\left(\frac{1}{T}\right) = -\log T$  為光化學分析的基礎定律，當一束光穿透樣品溶液時，吸光度與莫爾吸收速率、光徑長、濃度成正比。

方程式為： $A = \epsilon bc$

吸光度 (A)，莫爾吸光係數 ( $\epsilon$ )

光徑長 (b)，試樣溶液濃度 (c)

## 二、可見光分光光度計

可見光分光光度計波長在 380~780nm 之間，利用可見光輻射來分析物質的化學結構，以鎢絲燈作為光源，將光源照射至分光裝置，濾除不必要的光源，經聚焦後再送入偵檢器內，最後送入增幅器及數據處理器，藉由樣本與空白試樣吸收光能差相比求出數據，便可求得濃度。

## 三、縮二脲試驗

蛋白質是由胺基酸構成的物質，亦是構成動物細胞的主要成分。由  $\alpha$ -胺基酸以醯胺鍵或肽鍵聚合而成的蛋白質，構造可分為兩種：其一是球型蛋白、可溶性；其二是纖維蛋白、不溶性。當蛋白遇熱、酸、鹼時，會發生結構破裂產生變性；和重金屬反應則產生沉澱，而以重金屬檢驗蛋白質的其一方式就稱為**縮二脲反應**。

縮二脲試驗是反應物中含有兩個或兩個以上肽鍵(-CO-NH-)的化合物，在鹼性溶液中(NaOH 或 KOH)，與數滴  $\text{CuSO}_4$  溶液作用，形成紫色的螯合物，而紫色的深淺會依據蛋白質的濃度有所改變，因此可用來測定是否有蛋白質的存在，其反應式如下：



## 四、pH 計

pH 計用來測量溶液的酸鹼度，利用玻璃電極與溶液產生的電位差偵測出氫離子濃度，並將氫離子濃度轉換為對數的負值，即為 pH 值，由於 pH 值和溫度具有相關性，故實驗時必須先行檢測。

## 肆、研究方法

### 一、實驗原理及成分介紹

#### (一)幾丁聚醣(chitosan)

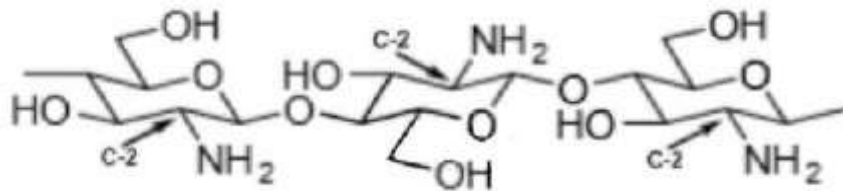


圖 2：幾丁聚醣結構式<sup>[4]</sup>

幾丁聚醣化學式： $(C_8H_{13}NO_5)_n$ ，排列方式可分為三種，其中由蝦蟹殼類甲殼素製成的幾丁聚醣其分子排列形式為  $\alpha$  型，其它  $\beta$ 、 $\gamma$  型為魷魚鞘及藻類、真菌的結構。 $\alpha$  型是 N-乙醯葡萄糖胺 ( $C_8H_{15}NO_6$ ) 與 N-葡萄糖胺 ( $C_6H_{13}NO_5$ ) 為單體結構的共聚合體，以反向平行排列，屬於斜方晶系(圖3)，結構較堅定且穩定，為自然界中最常見之構造； $\beta$  型為 N-乙醯葡萄糖胺 ( $C_8H_{15}NO_6$ ) 平行排列，其結構較鬆散為單斜晶系(圖4)，則  $\gamma$  型是由  $\alpha$  型和  $\beta$  型交錯排列。例如：藻類，其細胞壁中含有肽聚醣，以 N-乙醯胞壁酸和 N-乙醯葡萄糖胺交替相連而形成的多醣鏈。

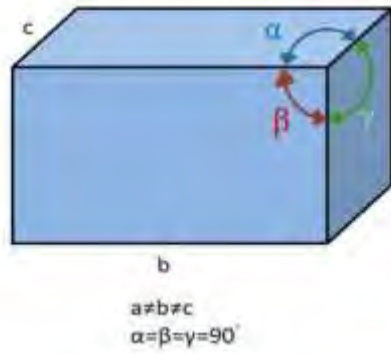


圖3：斜方晶系

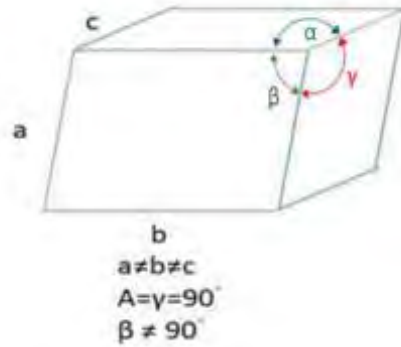


圖4：單斜晶系

通常用幾丁質去乙醯化製成，幾丁質常見於甲殼類生物的殼中，本實驗是由蝦殼來製作；幾丁聚醣的特性：不溶於水、酒精及強鹼，可溶於弱酸呈透明膠狀，常用於製作醫藥用品，能促進調節人體生理機能，對於醫學界貢獻頗大。

去乙醯化是幾丁質在高溫強鹼的環境下脫去乙醯基（-COCH<sub>3</sub>）後，露出胺基（-NH<sub>2</sub>）使幾丁聚醣具有活性，當去乙醯化程度超過65%時，則可溶於酸性溶液中。

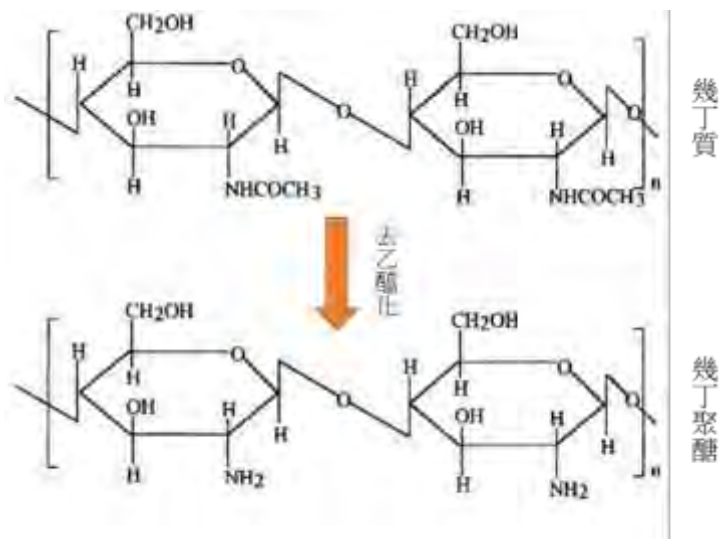


圖5：幾丁質（Chitin）去乙醯化成幾丁聚醣（Chitosan）

幾丁聚醣是高分子聚合物，可以在金屬離子中與離子螯合並吸附在表面上，且結合了靜電吸引來進行吸附。本實驗利用其能與金屬螯合的特性，來觀察幾丁聚醣在不同條件下與銅離子的螯合程度，並以溶液中剩餘的銅離子推斷出幾丁聚醣的螯合效率。

幾丁聚醣是幾丁質經過去乙醯化反應後得到的產物，而去乙醯化程度可利用電位滴定法測得。利用電位滴定法求出的滴定曲線找出滴定終點代入公式<sup>[9]</sup>求出去乙醯度(DD%)。

$$W_{NH_2} = \frac{(C_{HCl} \times V_{HCl} - C_{NaOH} \times V_{NaOH}) \times 0.01602}{W_{\text{聚醣}}}$$

$$\text{去乙醯度}(\%) = \frac{203.2 \times W_{NH_2}}{16.02 + 42.04 \times W_{NH_2}}$$

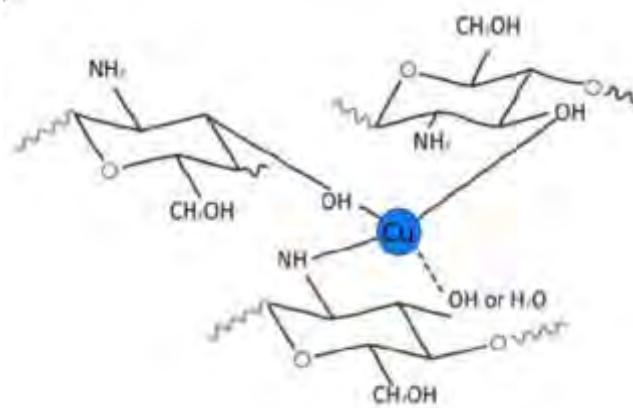


圖 6：幾丁聚醣對銅離子的吸附式

## (二)無水硫酸銅

化學式：CuSO<sub>4</sub>，白色粉末，溶液為弱酸性呈藍色，實驗室中用於檢驗水分的存在，可與活性比銅大的金屬行置換反應，但不能與過於活潑的金屬置換，例如：鈉、鉀，也被用作鋅銅電池中的電解液。常用於水族館滅菌，但毒性對魚類較強，含量須嚴格管控(含量約為0.5ppm)，在農業用途上通常會加入熟石灰，混和後生成波爾多液，作為殺菌劑常用來控制大腸桿菌、真菌等。

## 二、實驗設備及器材

表 2：實驗器材及藥品

濃鹽酸	冰醋酸	氫氧化鈉	KHP
無水碳酸鈉	三合水醋酸鈉	二氫雜菲	無水硫酸銅
檸檬酸鈉	甲醇	乙醇	離心機
烘箱	加熱版	VIS	pH 計
G3 燒結漏斗	離心管	布式漏斗	研鉢

## 三、實驗步驟

### (一)幾丁聚醣的製作及流程圖



圖 7：幾丁聚醣製作流程

首先將草蝦洗淨後烘乾 2 小時並磨碎，泡入鹽酸 12 小時，將蝦殼中碳酸鈣溶解，在溶解過程中會生成許多的氣泡，此氣體為二氧化碳，表示碳酸鈣與鹽酸反應(式二)，當氣泡不再產生後，浸泡在低濃度的氫氧化鈉中 12 小時，將蛋白質去除，為確保去除的雜質為蛋白質，利用縮二脲試驗來檢驗蛋白質(圖 8)，接著以乙醇環流加熱，去除甲殼素中的殼紅素，最終得到接近白色的幾丁質。





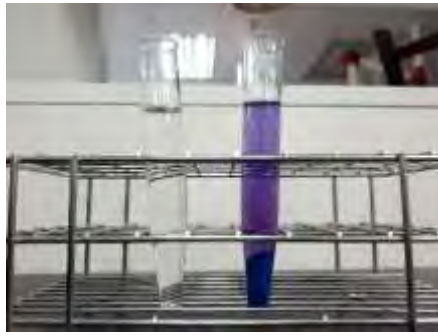


圖 8：縮二脲試驗檢驗蛋白質

幾丁質在製作完成時是無法溶於弱酸的，需要以高濃度的氫氧化鈉進行去乙醯化反應，去乙醯化需要在高溫下反應，反應後的產物為純白色的幾丁聚醣。

表 3：實驗過程

<p>烘乾磨碎後的蝦殼</p>	<p>泡入鹽酸中的蝦殼</p>	<p>由蝦殼取出的蛋白質溶液</p>	<p>去乙醯化後的白色幾丁聚醣</p>

## (二)性質測試

### 1.幾丁聚醣沉澱

幾丁聚醣加入3000ppm硫酸銅會形成一層透明溶液，攪拌後靜置3分鐘，溶液中散佈著白色膠體，離心後可完全分離出硫酸銅澄清液與幾丁聚醣沉澱，取出硫酸銅澄清液後利用分光光度計測定吸光度，反推出吸附效率，應用此原理來設計出後續實驗。



圖 9：有明顯的分層



圖 10：白色幾丁聚醣沉澱

## 2. 幾丁聚醣薄膜測試

將薄膜平鋪於布氏漏斗中，滴入硫酸銅數滴於幾丁聚醣薄膜上呈約一元硬幣大小，利用抽氣裝置過濾(圖11)。



圖 11：硫酸銅數滴於幾丁聚醣薄膜

由上圖可看出由於幾丁聚醣分子量高、結構穩定並且不具有孔隙，故無法使水溶液穿透，多次實驗後我們決定將幾丁聚醣裁切成小塊，以吸附方式進行實驗。

### (三)檢量線的製作

使用 3000ppm 的硫酸銅溶液分別取 0mL、5mL、10mL、15mL、20mL、25mL、30mL，加入至 50mL 定量瓶中並分別編上編號 0~7 瓶。

依序加入還原液、3%檸檬酸鈉溶液、 $\text{CH}_3\text{COOH}+\text{CH}_3\text{COONa}$  緩衝液、二氫菲(1,10-phenanthroline)。呈色 5 分鐘後測最大吸收波長，測定吸光度製作出檢量線。

### (四)幾丁聚醣溶液及薄膜的配製

- 1.將 98%醋酸溶液配置成 3%醋酸溶液 100 克。
- 2.秤取幾丁聚醣 3 克，溶於醋酸中，即為 3%幾丁聚醣溶液。
- 3.將配置完成的幾丁聚醣溶液倒入培養皿中。
- 4.乾燥後為幾丁聚醣薄膜。

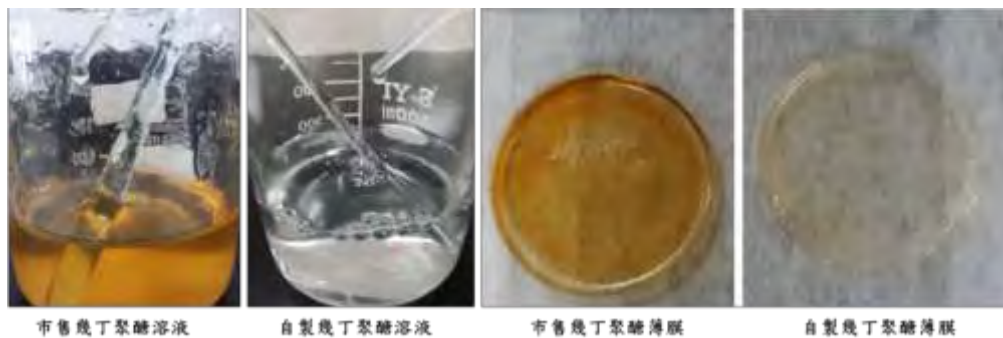


圖 12：幾丁聚醣溶液及乾燥後的幾丁聚醣薄膜

### (五)利用幾丁聚醣溶液進行吸附反應(直接沉澱法)

- 1.以 3000ppm 硫酸銅進行反應(自製及市售各兩組、反應 10 分鐘)

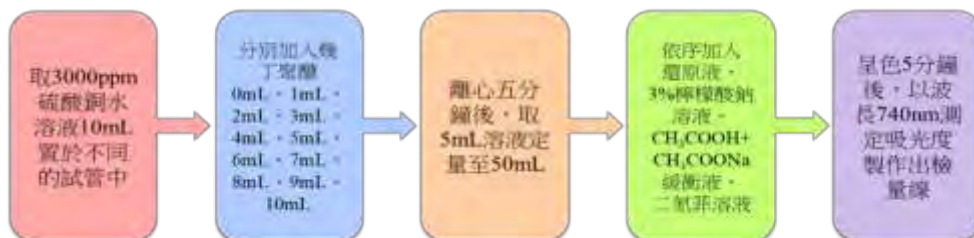


圖 13：利用幾丁聚醣溶液進行吸附反應流程圖

#### (1)市售幾丁聚醣

市售幾丁聚醣依上述步驟操作後，在離心階段沉澱無法完全，將離心時

間延長、轉速增加皆無法使溶液澄清(圖 14)。推斷市售幾丁聚醣添加了其他成分，導致此情況產生，故市售幾丁聚醣改由薄膜吸附方式進行實驗。

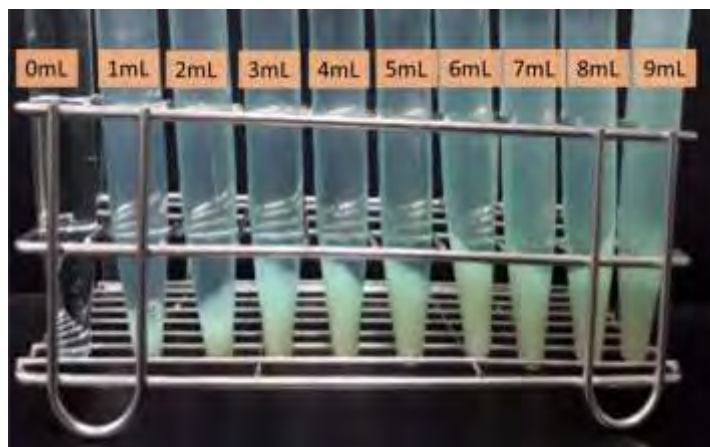


圖 14：市售離心後無法澄清

2.以不同濃度硫酸銅進行反應(自製各兩組；反應 10 分鐘)

以 1500ppm~5500ppm 硫酸銅，加入吸附效率最好的幾丁聚醣毫升數進行實驗，其餘步驟皆相同。

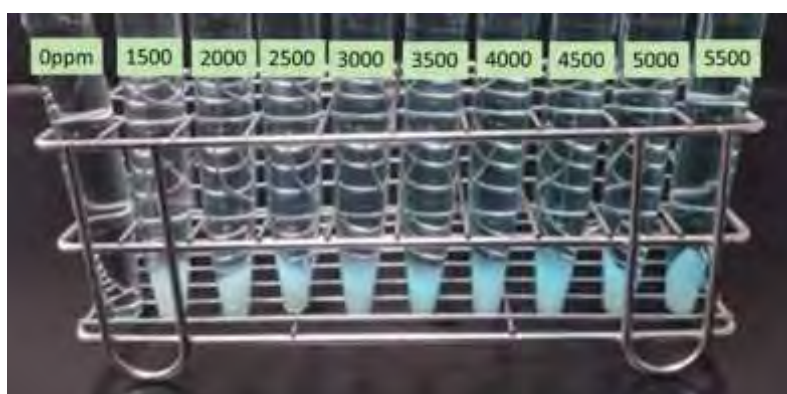


圖 15：不同濃度的硫酸銅進行吸附沉澱

## (六)利用幾丁聚醣薄膜進行吸附反應

1.以 3000ppm 硫酸銅進行反應

(自製及市售各兩組；皆反應 10 分鐘)



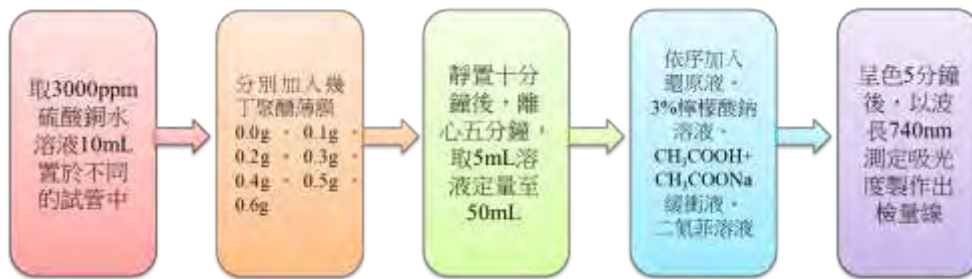


圖 16：幾丁聚醣薄膜實驗流程圖

## 2.以不同濃度硫酸銅進行反應

(自製及市售各兩組；皆反應 10 分鐘)

以 1500ppm~5500ppm 硫酸銅，加入吸附效率最好的幾丁聚醣薄膜克數進行實驗，其餘步驟皆相同。

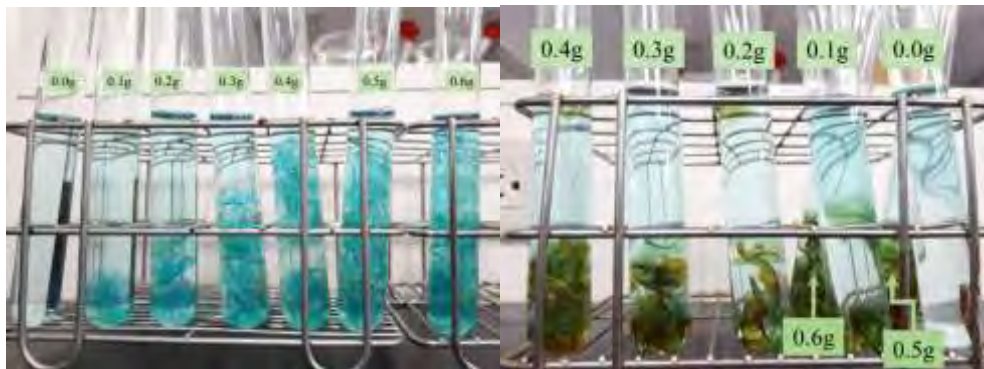


圖 17：自製薄膜吸附圖

18：市售薄膜吸附圖

## 伍、研究結果

### 一、檢量線

以配製完成的硫酸銅溶液進行等量添加，製作出檢量線溶液進行檢量線線性回歸之測定及計算，再將線性回歸的值代入濃度計算公式。

#### (一)最大吸收波長

利用第 4 瓶檢量線溶液測定最大吸收波長(表 4)，由數據得知，吸光度在波長 740nm 下為最大吸收波長。

表 4：不同波長下的吸光度

波長(nm)	730	740	750	760	770
吸光度	0.568	0.569	0.565	0.551	0.542
波長(nm)	780	790	800	810	820
吸光度	0.516	0.494	0.461	0.430	0.399

## (二)檢量線的吸光度

利用最大吸收波長 740nm，以 3000ppm 硫酸銅測定吸光度，代入朗伯-比爾定律的檢量線公式： $Y=bX+A$

表 5：A 組檢量線

編號	1	2	3	4	5	6	7
吸光度	0.00	0.188	0.393	0.599	0.793	1.004	1.209

A 值= $-8.32 \times 10^{-3}$  B 值= $1.35 \times 10^{-5}$  R 值=0.9999

表 6：B 組檢量線

編號	1	2	3	4	5	6	7
吸光度	0.000	0.179	0.383	0.591	0.792	0.973	1.190

A 值= $-9.61 \times 10^{-3}$  B 值= $1.33 \times 10^{-5}$  R 值=0.9997

## 二、沉澱吸附法之吸光度

### (一) 不同毫升的幾丁聚醣與硫酸銅的吸附反應

利用幾丁聚醣溶液毫升數的變化作為變因，分別做出 A 組數據及 B 組數據，將兩組幾丁聚醣的吸光度代入檢量線公式推算出硫酸銅濃度，再利用

計算後的濃度來代入吸附率公式，求出硫酸銅的吸附率。

$$\text{吸附率公式：硫酸銅殘留率(\%)} = \frac{\text{硫酸銅殘留濃度}}{3000\text{ppm 硫酸銅濃度}} \times 100\%$$

$$\text{吸附率(\%)} = 100(\%) - \text{殘留率(\%)}$$

表 7：不同毫升數的自製幾丁聚醣對濃度的吸光度

mL 數	0mL	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL	7mL	8mL	9mL	10mL
A 組	0.180	0.170	0.160	0.151	0.148	0.139	0.134	0.129	0.118	0.117	0.115
B 組	0.180	0.169	0.163	0.154	0.151	0.143	0.139	0.132	0.131	0.123	0.120

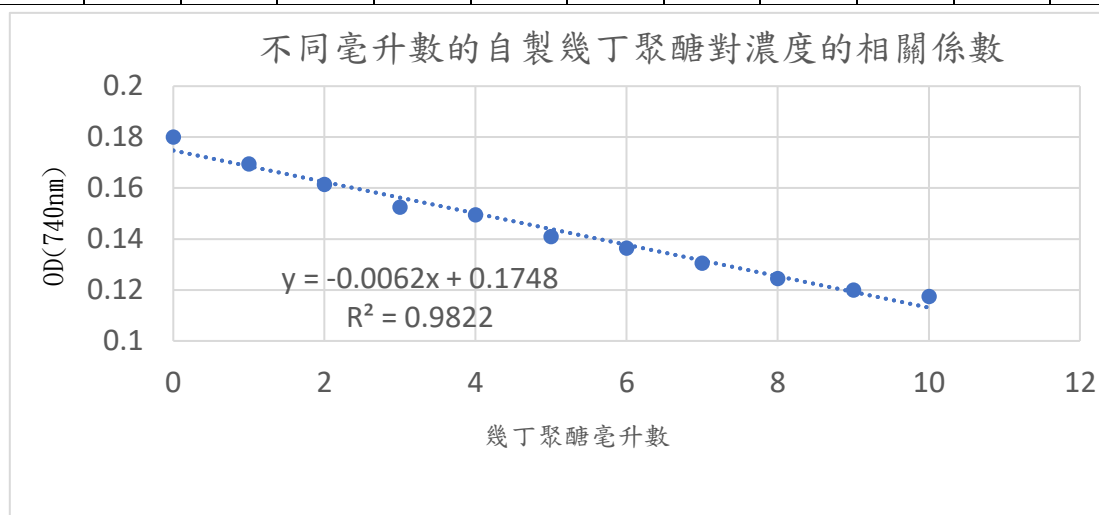


圖 19：不同毫升數的自製幾丁聚醣對濃度的相關係數

表 8：不同毫升數的自製幾丁聚醣對濃度的吸附率(%)

mL 數	0mL	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL	7mL	8mL	9mL	10mL
A 組	0.00%	5.28%	10.55%	15.30%	16.88%	21.63%	24.29%	26.90%	32.70%	33.23%	34.31%
B 組	0.00%	5.80%	8.98%	13.70%	15.30%	19.50%	21.63%	25.33%	25.86%	30.05%	31.66%
平均	0.00%	5.54%	9.77%	14.50%	16.09%	20.57%	22.96%	26.12%	29.28%	31.65%	32.99%

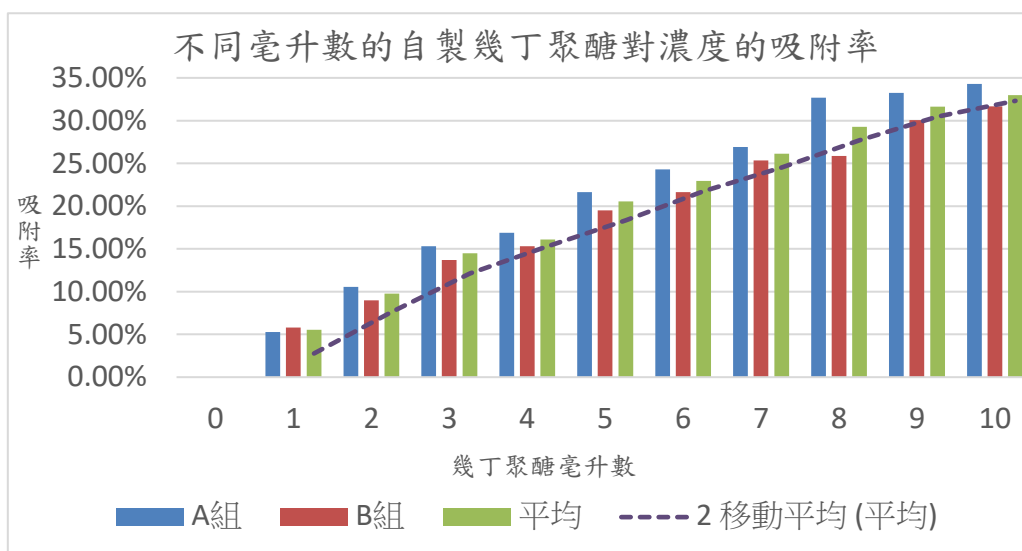


圖 20：不同毫升數的自製幾丁聚醣對濃度的吸附率(%)

## (二) 不同濃度硫酸銅與自製幾丁聚醣吸附效果

由上個實驗發現，幾丁聚醣的吸附量與用量是不成正比的，在相同濃度下，1~3 號樣品吸附量逐漸上升（3 號差值為 4.73%），但 4 號的吸附效率卻不如 3 號（差值 1.59%），而 5~10 號樣品其吸附率也不比 3 號高。

故我們取 3ml 幾丁聚醣進行吸附，在不同濃度下，發現幾丁聚醣在 2000ppm 具有最佳吸附效率。

同樣我們也做了兩組分別為 A 組及 B 組，一組作為重複試驗。

表 9：不同濃度硫酸銅與幾丁聚醣之吸附量

濃度 ppm	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
A 組	0.078	0.105	0.138	0.164	0.197	0.230	0.260	0.288	0.318
B 組	0.076	0.104	0.135	0.160	0.193	0.218	0.254	0.284	0.304



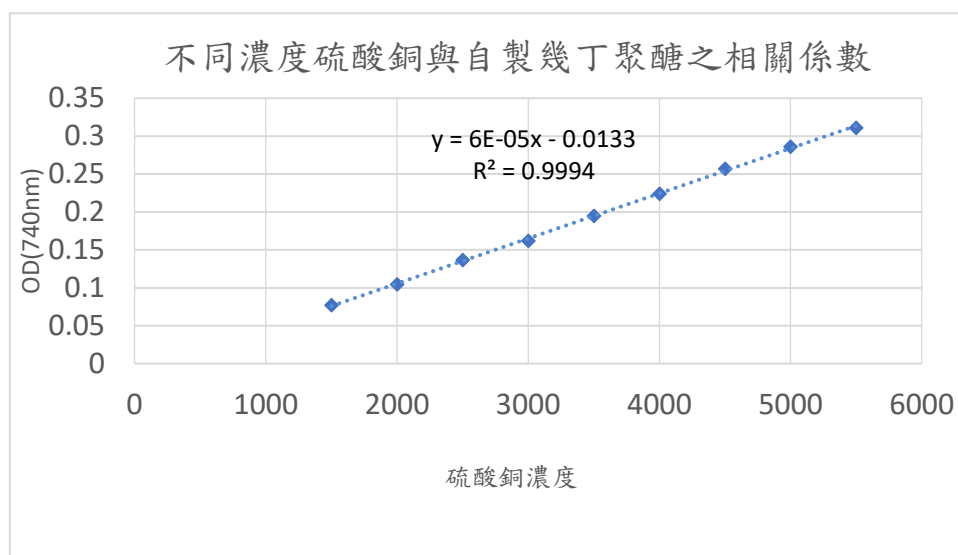


圖 21：不同濃度硫酸銅與幾丁聚醣之相關係數

表 10：不同濃度硫酸銅與自製幾丁聚醣之吸附率

濃度 ppm	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
A組	9.52%	12.32%	11.62%	12.39%	11.77%	12.99%	11.42%	11.71%	12.54%
B組	7.44%	11.54%	9.80%	10.34%	10.01%	8.41%	8.39%	10.52%	8.65%

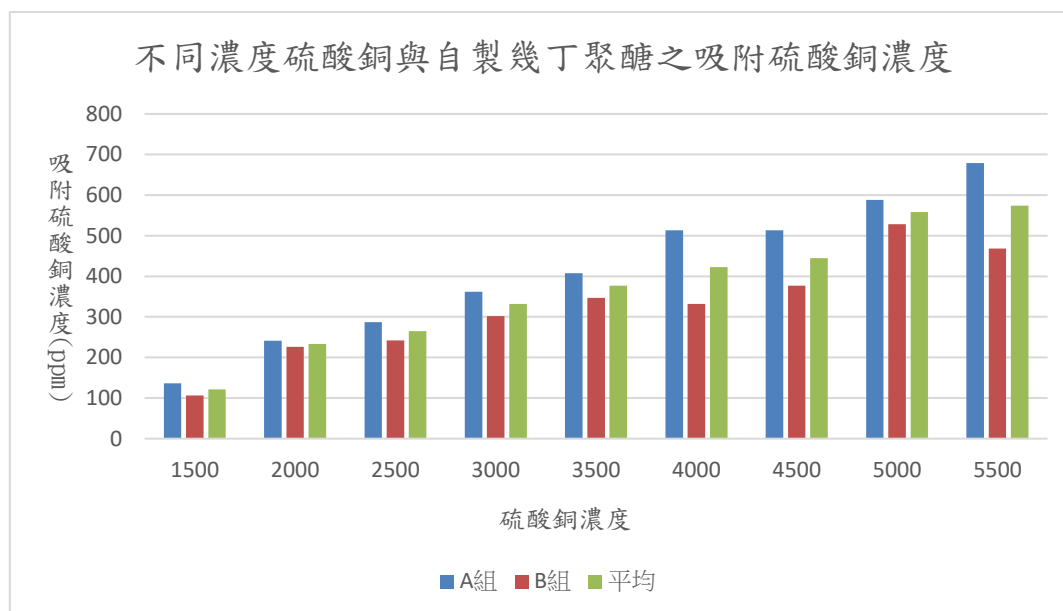


圖 22：不同濃度硫酸銅與自製幾丁聚醣之吸附硫酸銅濃度

從上圖中發現幾丁聚醣沉澱吸附銅離子會依濃度改變、吸附量也會有所改變。

### 三、薄膜吸附法之吸光度

#### (一)市售幾丁聚醣製成薄膜

##### 1、不同重量幾丁聚醣薄膜與硫酸銅的吸附反應

利用不同重量幾丁聚醣薄膜作為變因，吸附同濃度硫酸銅，將吸光度代入吸附率公式，計算出吸附率。

表 11：不同重量市售幾丁聚醣薄膜與硫酸銅之吸光度

克數	0.00g	0.10g	0.20g	0.30g	0.40g	0.50g	0.60g
A 組	0.180	0.175	0.165	0.157	0.152	0.147	0.145
B 組	0.180	0.171	0.162	0.157	0.148	0.145	0.139

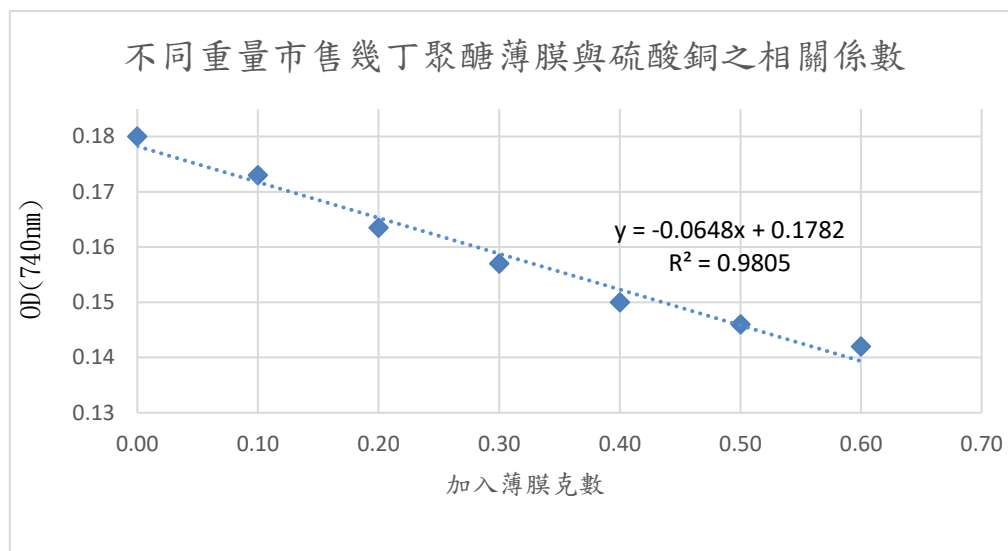


圖 23：不同重量市售幾丁聚醣薄膜與硫酸銅之相關係數

表 12：不同重量市售幾丁聚醣薄膜與硫酸銅之吸附率

克數	0.00g	0.10g	0.20g	0.30g	0.40g	0.50g	0.60g
A 組	0.00%	2.62%	7.90%	12.12%	14.78%	17.40%	18.45%
B 組	0.00%	4.75%	9.50%	12.12%	16.88%	18.45%	21.63%
平均	0.00%	3.69%	8.70%	12.12%	15.83%	17.93%	20.04%

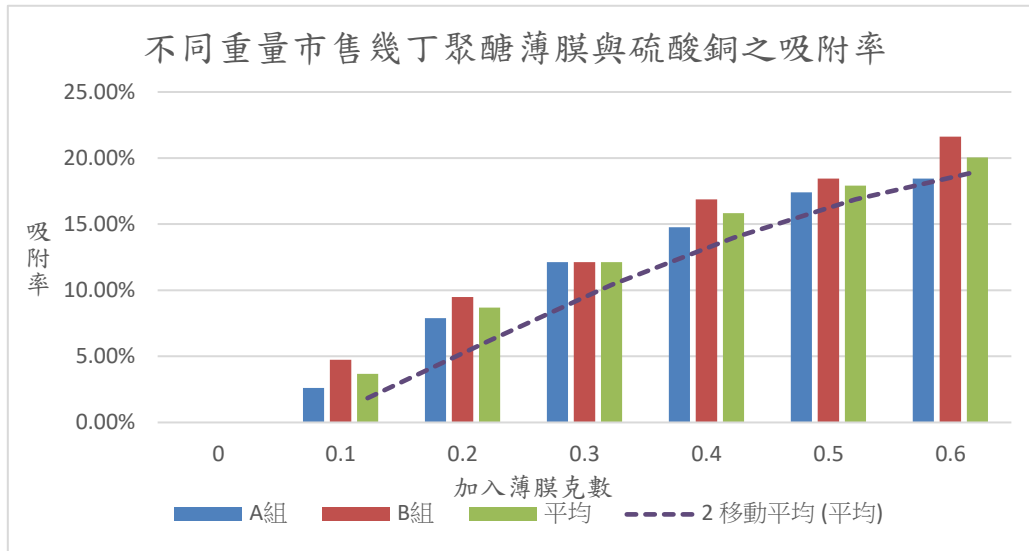


圖 24：不同重量市售幾丁聚醣薄膜與硫酸銅之吸附率(%)

由上圖可得，在相同濃度下，幾丁聚醣在 0.2g 下的吸附率最高(差值 5.01%)，而 0.3~0.6g 吸附率不如 0.2g，故我們取 0.2g 進行下一步實驗。

## 2、不同濃度硫酸銅與 0.2g 薄膜之吸附率

在 0.2g 薄膜吸附下，我們發現吸附效率最高者為 2000ppm，故不同濃度下 2000ppm 為最佳反應濃度。

表 13：市售幾丁聚醣薄膜與不同濃度硫酸銅之吸光度

濃度 ppm	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
A 組	0.073	0.103	0.133	0.164	0.194	0.224	0.260	0.289	0.315
B 組	0.072	0.102	0.134	0.162	0.200	0.226	0.261	0.295	0.322

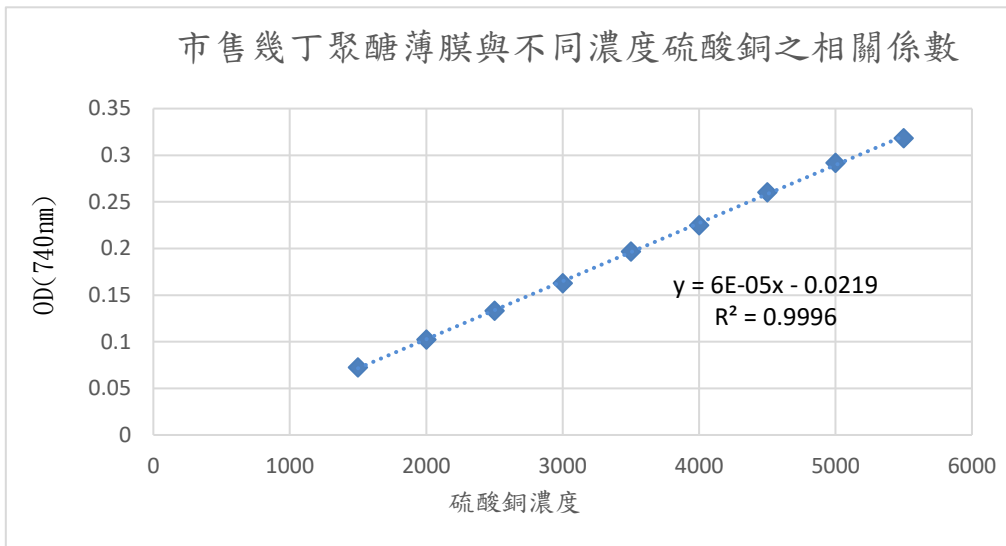


圖 25：市售幾丁聚醣薄膜與不同濃度硫酸銅之相關係數

表 14：市售幾丁聚醣薄膜與不同濃度硫酸銅之吸附率

濃度 ppm	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
A 組	12.68%	13.09%	12.85%	10.34%	11.33%	10.71%	9.40%	10.21%	9.48%
B 組	13.71%	13.87%	12.24%	11.35%	8.72%	9.94%	9.07%	8.41%	7.53%
平均	13.21%	13.48%	12.55%	10.85%	10.03%	10.33%	9.24%	9.31%	8.51%

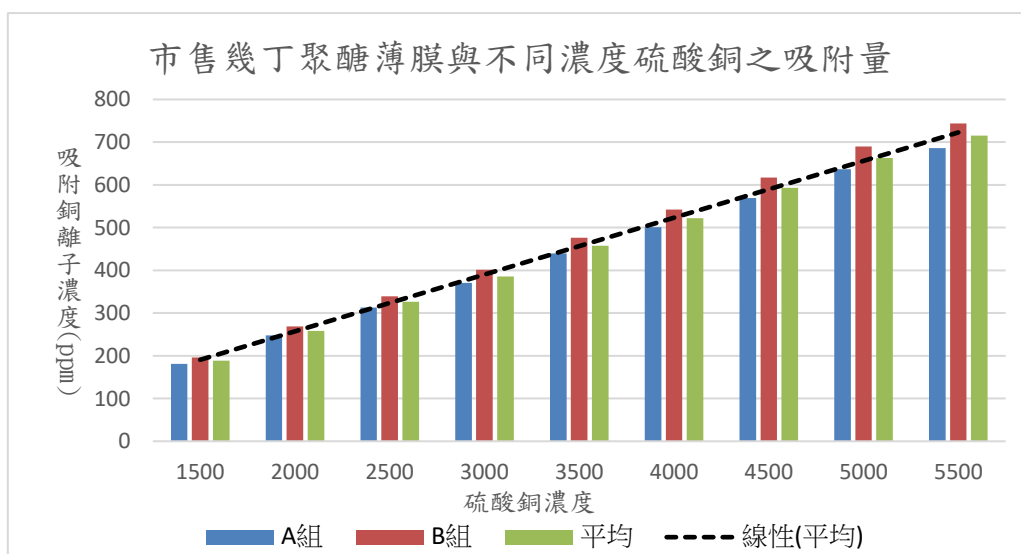


圖 26：市售幾丁聚醣薄膜與不同濃度硫酸銅之吸附銅離子濃度(ppm)

製成薄膜的吸附圖在曲線上是平穩的，所以我們推論薄膜的吸附效率是穩定上升的。

## (二) 自製幾丁聚醣薄膜

### 1. 不同重量幾丁聚醣薄膜與硫酸銅的吸附反應

利用改變重量作為變因，固定反應時間 10 分鐘、加入 15mL 3000ppm 硫酸銅進行吸附反應，測出吸附重金屬後的吸光度再代入檢量線吸附公式，將計算出來的濃度代入上面的吸附率公式。

表 15：不同重量自製幾丁聚醣薄膜與硫酸銅之吸光度

克數	0.00g	0.10g	0.20g	0.30g	0.40g	0.50g	0.60g
A 組	0.182	0.163	0.152	0.134	0.119	0.114	0.106
B 組	0.180	0.162	0.149	0.137	0.120	0.117	0.110

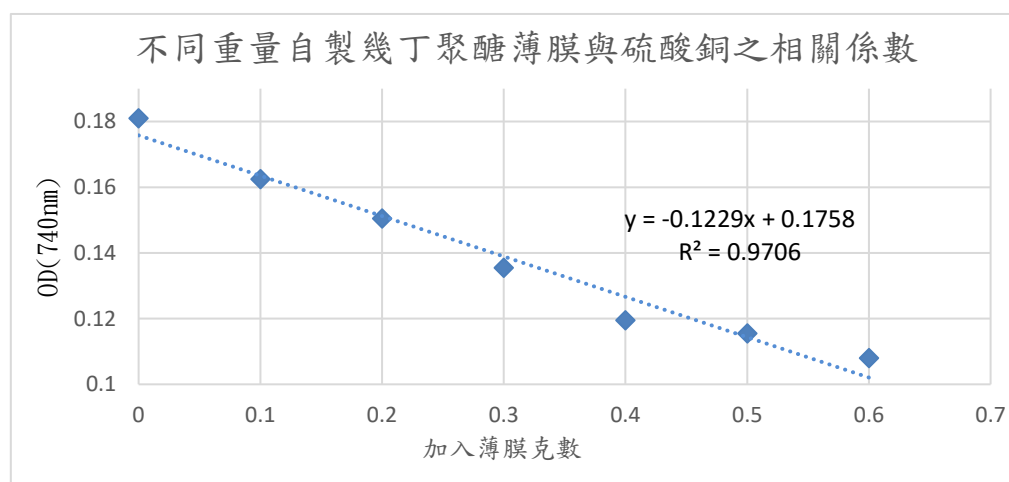


圖 27：不同重量自製幾丁聚醣薄膜與硫酸銅之相關係數

表 16：不同重量自製幾丁聚醣薄膜與硫酸銅之吸附率

克數	0.00g	0.10g	0.20g	0.30g	0.40g	0.50g	0.60g
A 組	0.00%	9.92%	15.66%	25.03%	32.88%	35.48%	39.66%
B 組	0.00%	9.50%	16.35%	22.68%	31.66%	33.23%	36.93%
平均	0.00%	9.71%	16.01%	23.86%	32.27%	34.36%	38.30%

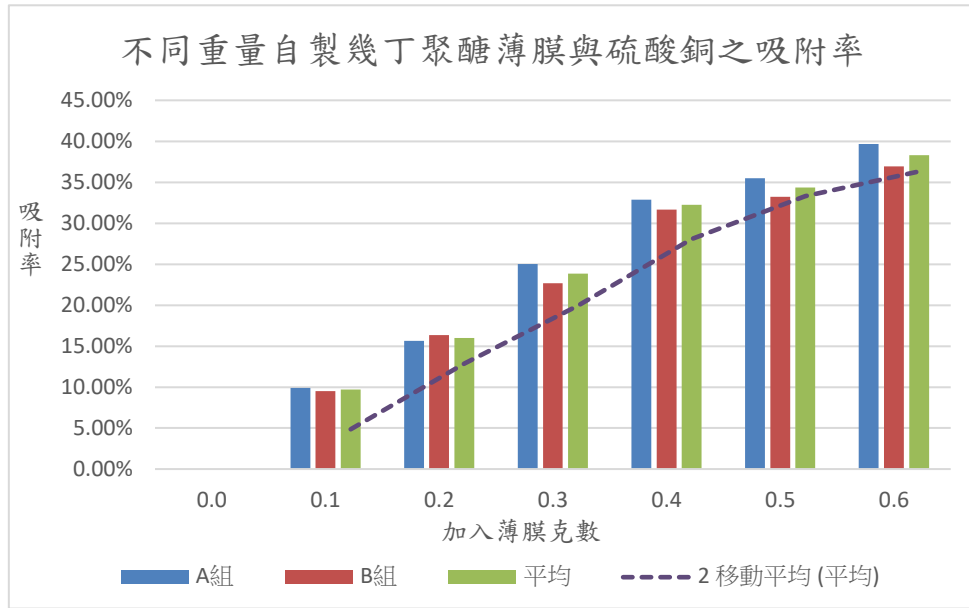


圖 28：不同重量自製幾丁聚醣薄膜與硫酸銅之吸附率(%)

由數據可知，在同濃度硫酸銅下，吸附量最高（與前一個吸附率差值高達 9.71%），故我們用 0.1 克的幾丁聚醣進行下一步實驗。

## 2、不同濃度硫酸銅與 0.1g 薄膜之吸附率

表 17：自製幾丁聚醣薄膜與不同濃度硫酸銅之吸光度

濃度 ppm	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
A 組	0.069	0.097	0.132	0.161	0.194	0.223	0.257	0.294	0.320
B 組	0.070	0.101	0.131	0.163	0.194	0.224	0.258	0.298	0.322

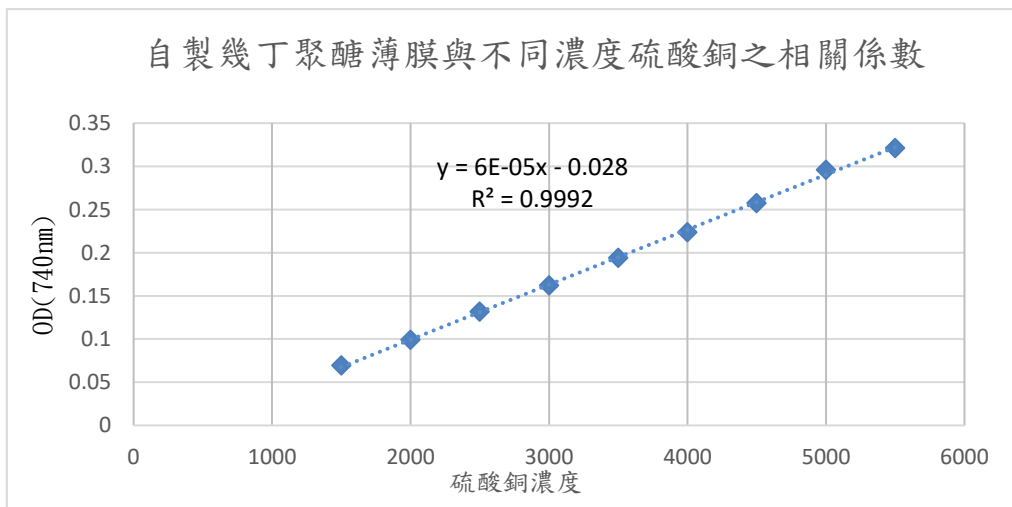


圖 29：自製幾丁聚醣薄膜與不同濃度硫酸銅之相關係數

表 18：自製幾丁聚醣薄膜與不同濃度硫酸銅之吸附率

濃度 ppm	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
A 組	16.91%	17.73%	13.46%	10.34%	11.33%	11.09%	10.41%	8.71%	8.09%
B 組	15.85%	14.64%	14.07%	10.84%	11.33%	10.71%	10.08%	7.51%	7.53%
平均	16.38%	16.19%	13.77%	10.59%	11.33%	10.90%	10.24%	8.11%	7.81%

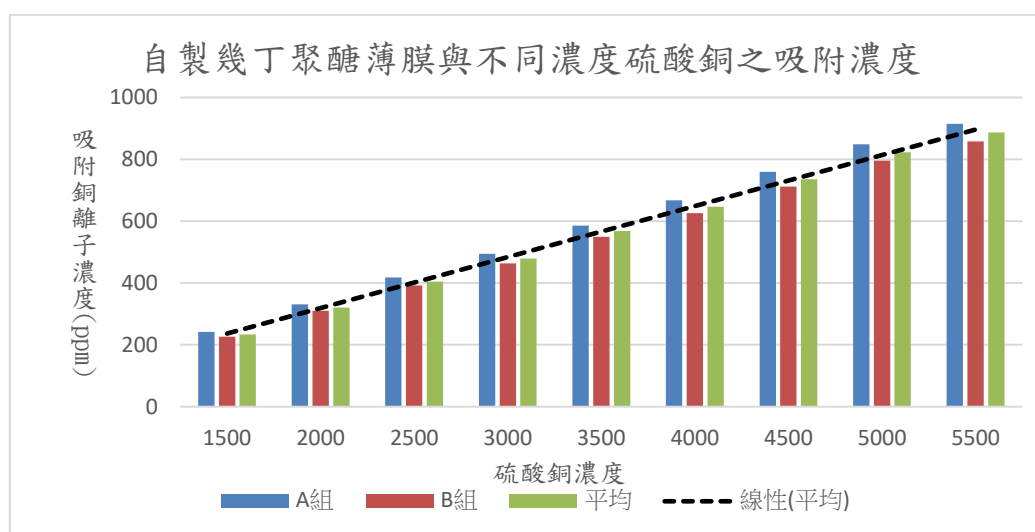


圖 30：自製幾丁聚醣薄膜與不同濃度硫酸銅之吸附銅離子濃度(ppm)

由圖 30 觀察後可得知，自製的薄膜吸附效率與濃度是呈正比的，但由吸附曲線發現，當硫酸銅溶液濃度在 5500ppm 以前都為達飽和狀態，故曲線呈直線上升。

## 陸、討論

### 一、在 3000ppm 下幾丁聚醣薄膜與沉澱的吸附率比較

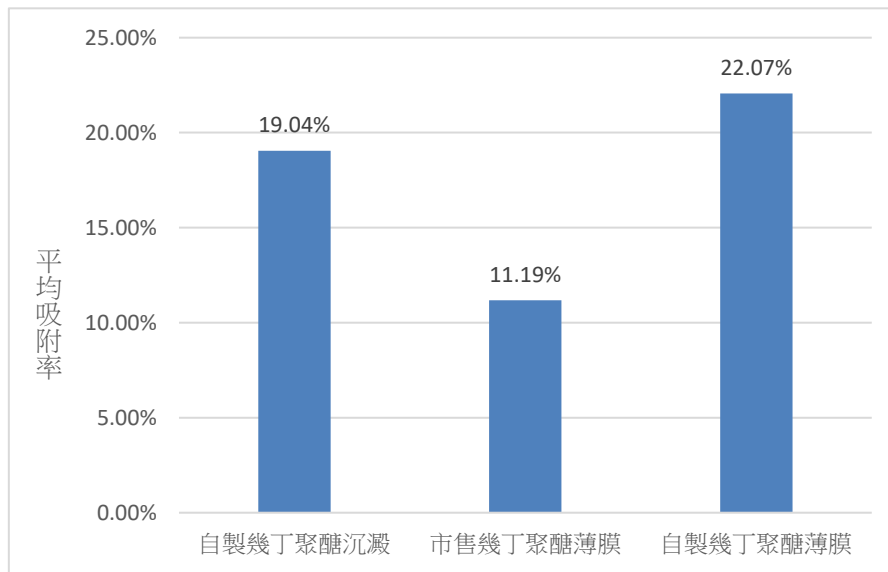


圖 31：同濃度下幾丁聚醣薄膜與沉澱的吸附率比較

由圖可知自製的幾丁聚醣在製成薄膜時吸附效率最高，與市售的幾丁聚醣作為對照組，發現同為薄膜吸附，但是市售的吸附效率卻比自製的幾丁聚醣吸附效率低了許多。

### 二、幾丁聚醣在不同濃度下硫酸銅吸附率之比較

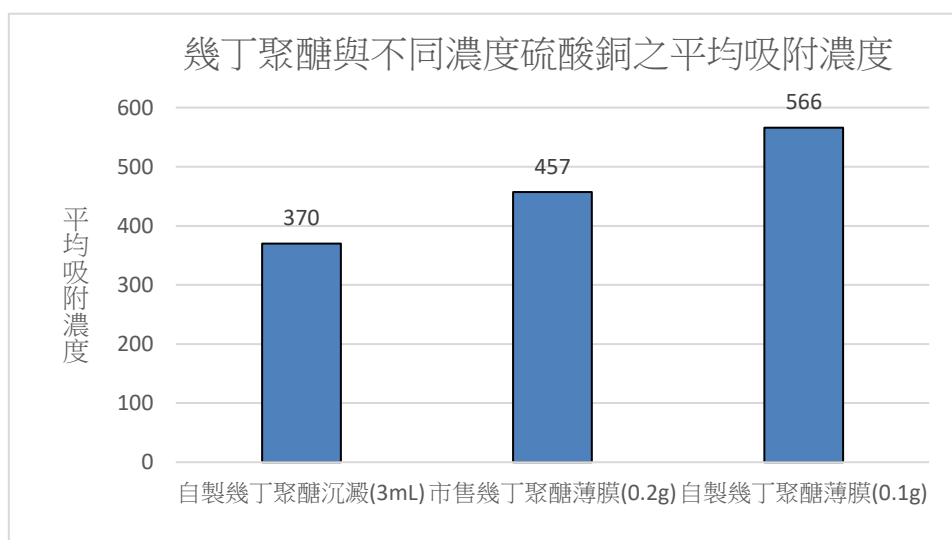


圖 32：不同濃度下幾丁聚醣薄膜與沉澱的吸附率比較



由數據可觀察出，幾丁聚醣與不同濃度的硫酸銅溶液進行吸附後，而在薄膜吸附中，自製的幾丁聚醣薄膜吸附效果較為顯著。因自製薄膜只需使用 0.1g 就能達到比 0.2g 市售薄膜更好的吸附效果，當 3mL 自製幾丁聚醣溶液和 0.1g 自製幾丁聚醣薄膜做比較時，兩者吸附量相差甚遠，故我們推斷，沉澱吸附法會造成一定的誤差。

## 柒、結論與未來展望

起初我們是想利用過濾的方式，將受到重金屬污染的廢液重新處理，並使自然環境中的污染大大減少，以維護生態。然而，在我們的初步實驗中，發現幾丁聚醣其性質是無法使水溶液通過的，且自製的薄膜受到壓力衝擊時，極易破碎。因此，目前最快速的方式就是直接進行吸附反應。

自製的幾丁聚醣與市售幾丁聚醣能夠吸附重金屬的效率是不相同的，當 $\text{Cu}_{(aq)}^{2+}$ 濃度在 3000ppm 下進行反應，自製幾丁聚醣薄膜具有較高的吸附效率，則市售幾丁聚醣所製成的薄膜吸附效率只有自製的 1/2 倍。

而我們瞭解自製的幾丁聚醣薄膜吸附效率並不差，所以希望未來能將廢棄的蝦殼、蟹殼收集起來製作出幾丁聚醣。以幾丁聚醣製作成家用及淨水廠的大型濾水器，我們希望利用自製板框過濾器的方式，將汙水流經一個放置有幾丁聚醣薄膜的吸附槽(如圖 33、34)使得流通於水管及水庫中的水加以吸附水中的重金屬，進而取代綠藻來進行吸附，一來可以將廢棄物回收再利用，還可以減少地球污染。

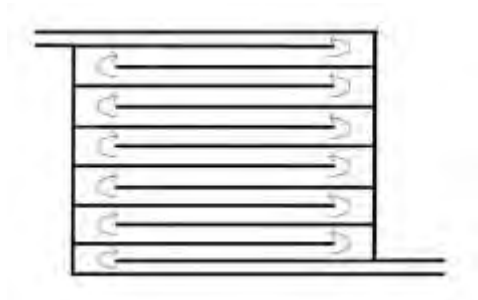


圖 33：薄膜吸附槽平面圖

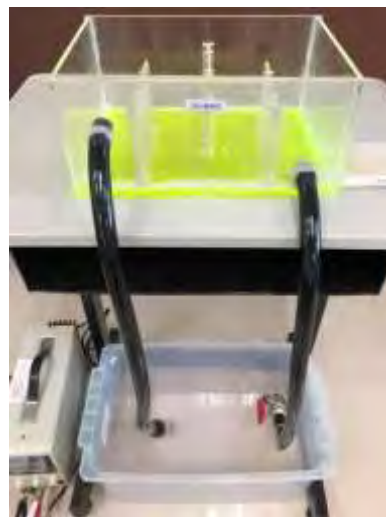


圖 34：薄膜吸附槽實際圖

## 捌、參考資料及備註

- [1] 蔡永昌，2013，普通化學 II，台科大圖書股份有限公司
- [2] 謝承祐，2012，去乙醯度對固定化膠態幾丁聚醣吸附重金屬離子之影響，朝陽科技大學機構典藏系統
- [3] 瀋陽市環境監測站，2008，水質 - 銅的測定 - 分光光度法
- [4] 張煜欣，2008，含幾丁聚醣吸附劑的製備與特性研究:重金屬移除，台灣碩博士論文知識加值網站
- [5] 蔡永昌，2015，基礎化工 I，全華圖書股份有限公司
- [6] 江孟玲、蔡永昌，分析化學 II，台科大圖書股份有限公司
- [7] 化學技能檢定編輯工作室，2017，乙級化學-學術科必勝寶典，台科大圖書股份有限公司
- [8] 陳榮輝，2001，幾丁質、幾丁聚醣的產生製造、檢測與應用，臺灣海洋大學食品科學系
- [9] 呂卦南，2006，幾丁質與幾丁聚醣之製備與鑑定，康寧醫護暨管理專科學校
- [10] 廖翊亨，2018，新北市栽培漁業示範區-貢寮卯澳灣藻類重金屬之含

量，國立臺灣海洋大學

- [11] 張淑貞，2017，全國農地重金屬污染大評比 桃園市及彰化縣最嚴重，<https://farmland.e-info.org.tw/全國農地重金屬污染大評比%E3%80%80桃園市及彰化縣最嚴/>
- [12] 詹明興、吳春雄、陳文勳、周碩樑，2009，有機化學Ⅱ，全華圖書股份有限公司
- [13] 謝榮忠，2015，化工裝置Ⅱ，全華圖書股份有限公司
- [14] 陳柏翔，2018，以幾丁質和幾丁聚醣製備碳點及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
- [15] 洪紹育，2009，利用不同吸附劑幾丁聚醣-氫氧化鐵、幾丁聚醣-淨水汙泥去除水中二價銅離子，嘉南藥理科技大學
- [16] 陳忠益，2008，不同去乙醯化度幾丁聚醣包覆揮發性檸檬精油微膠囊之製備及其緩釋性探討，台灣碩博士論文知識加值網站

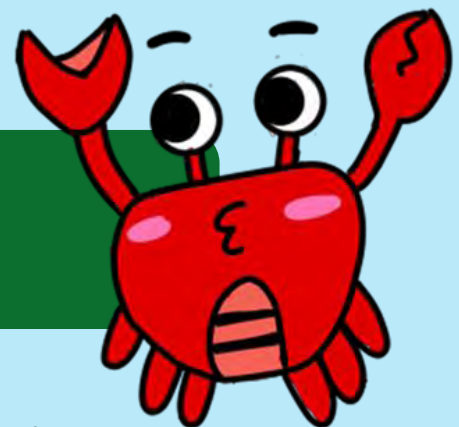
## 【評語】 052404

本作品以廢棄蝦殼，萃取幾丁質，經氫氧化鈉溶液去乙醯獲得幾丁聚醣，利用幾丁聚醣具有配位官能基能與金屬離子進行吸附的概念，以達到改善環境中受污染水源的目標，並比較自製幾丁聚醣與市售幾丁聚醣薄膜對銅離子的吸附量。作者採用直接沉澱法及薄膜吸附法進行吸附實驗，改變兩種變因(加入的幾丁聚醣含量與硫酸銅的濃度)來觀察幾丁聚醣與硫酸銅之間的吸附效率，推算出能吸附環境中含銅汗水的最佳比例。幾丁聚醣的去乙醯度是對銅離子吸附量的重要因素，作者宜量測自製幾丁聚醣的去乙醯度，並提供市售幾丁聚醣的去乙醯度。薄膜吸附法吸附實驗實際操作時作者將幾丁聚醣薄膜剪成小塊浸泡，已非薄膜吸附法。建議未來進行等溫平衡吸附量與動力學量測，實驗宜重複三次，以測試再現性。

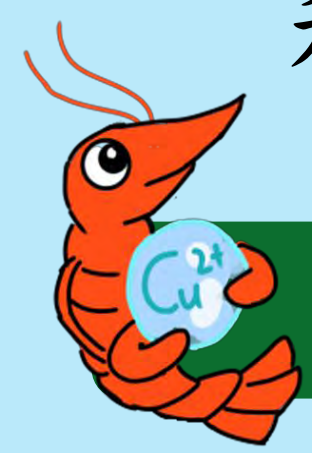




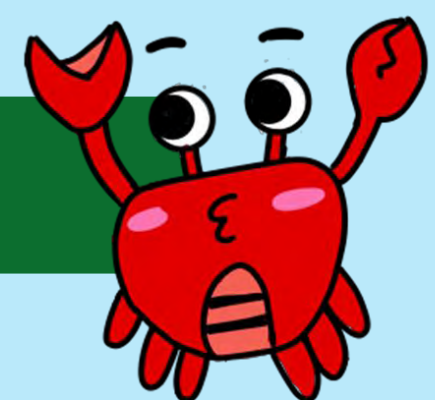
# 壹、研究動機與目的



- 近年來時有新聞報導指出，不肖業者傾倒含有硫酸銅廢棄物在鯉魚潭旁，在全台汙染河川統計資料中也發現，光是銅汙染就佔了52%，因此我們想另尋其他方式來減少環境中的汙染。
- 一般淨水廠的處理步驟中，是利用綠藻進行吸附亦或是陰陽離子樹脂交換法去除重金屬，同時我們也發現幾丁聚醣的吸附原理與綠藻十分雷同，而幾丁聚醣是由甲殼類製成，在去除環境汙染的過程中，同時也能減少蝦蟹殼類廢棄物的堆積。

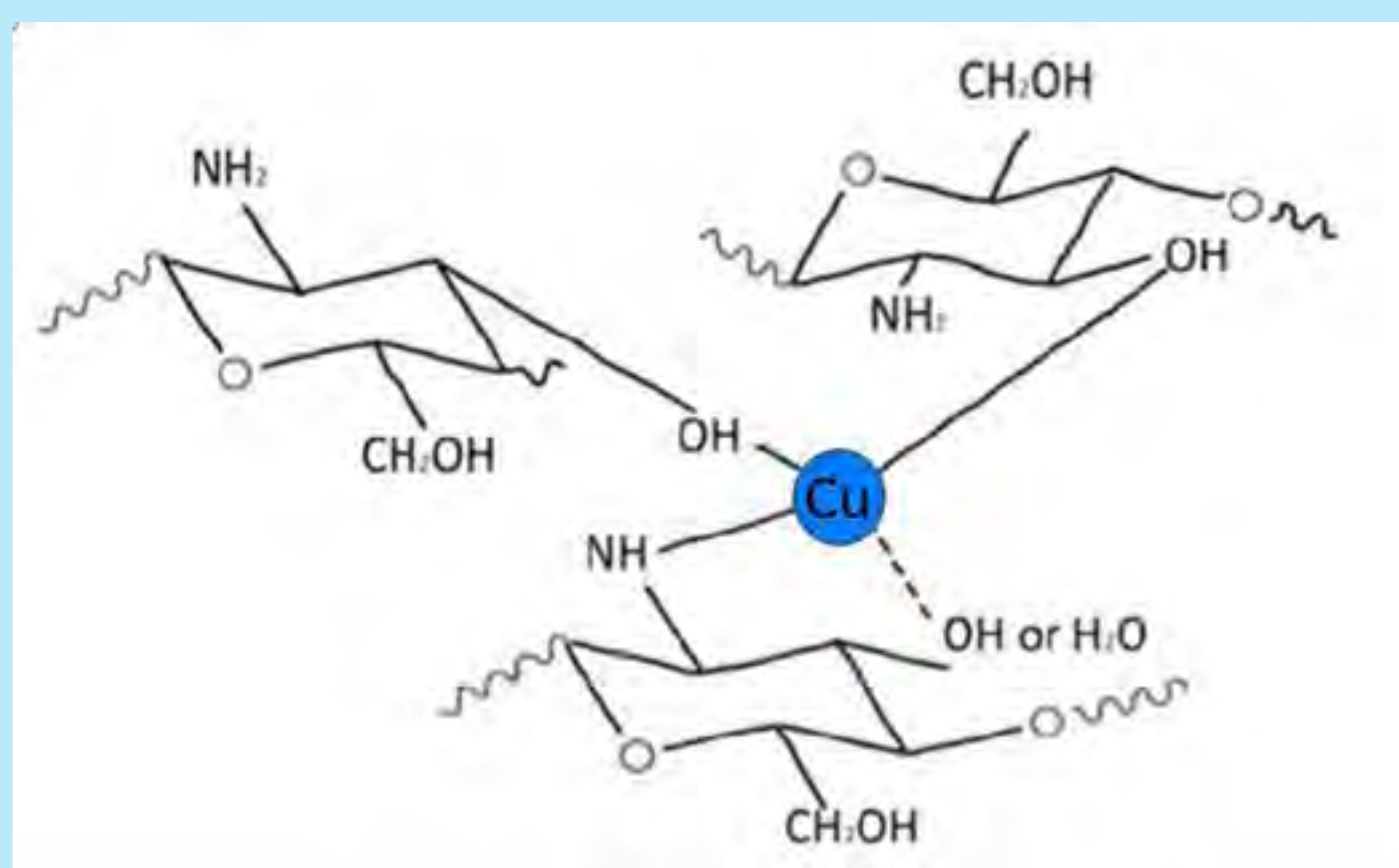
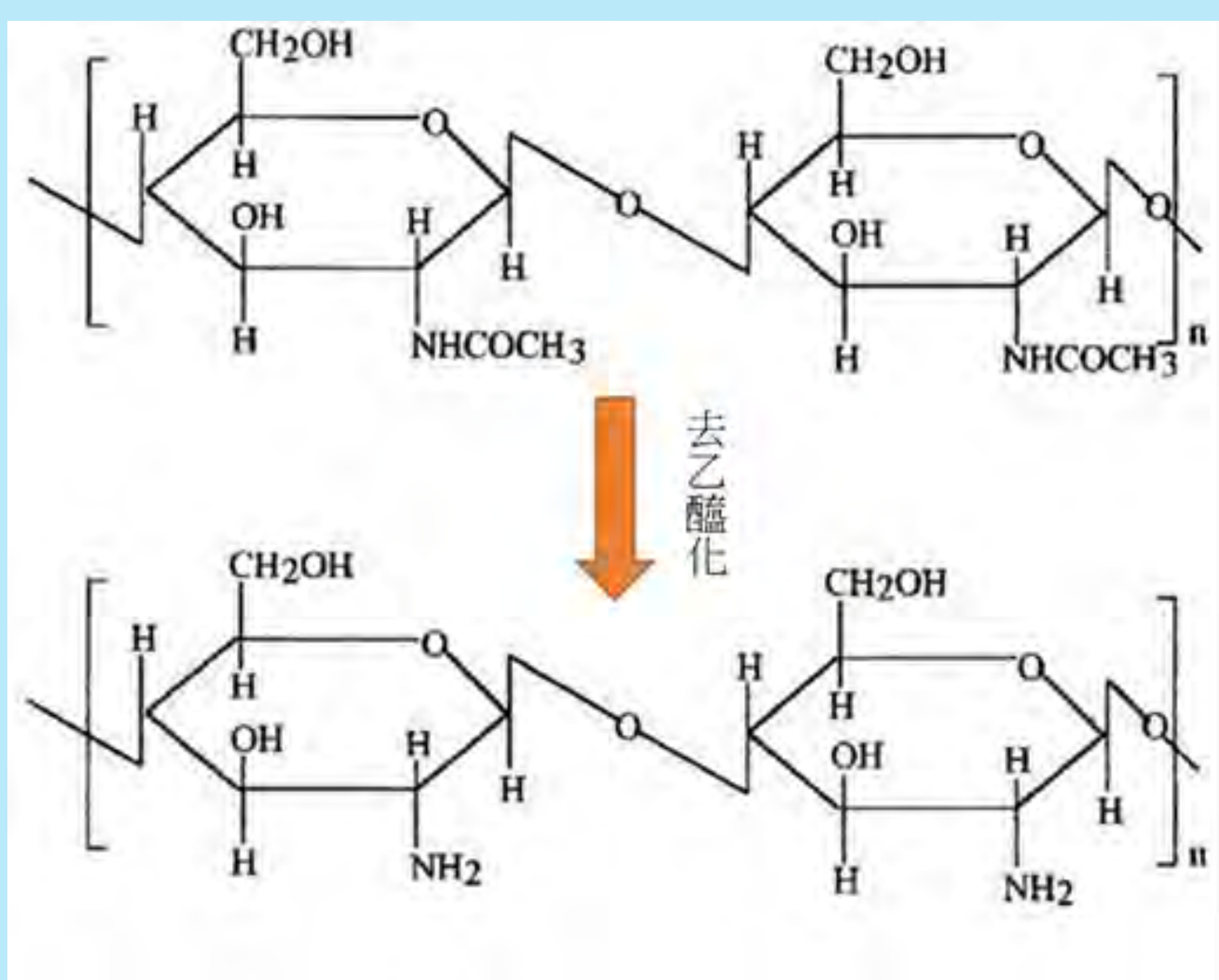


# 貳、研究方法



## (一)實驗原理：

幾丁聚醣 Chitosan ;  $(C_8H_{13}NO_5)_n$  是幾丁質經由去乙醯化反應後得到的產物，可利用電位滴定法測得其去乙醯化程度。利用電位滴定法測出的滴定曲線找出滴定終點，代入公式求出去乙醯度(DD%)。



$$W_{NH_2} = \frac{(C_{HCl} \times V_{HCl} - C_{NaOH} \times V_{NaOH}) \times 0.01602}{W_{聚醣}}$$

## (二)實驗步驟

$$去乙醯度(\%) = \frac{203.2 \times W_{NH_2}}{16.02 + 42.04 \times W_{NH_2}}$$

### ➤ 幾丁聚醣的製作



### ➤ 蛋白質的檢驗(縮二脲試驗)



在鹼性溶液中(NaOH或KOH)，蛋白質與數滴CuSO<sub>4</sub>溶液作用，形成紫色的螯合物，而紫色的深淺會依據蛋白質的濃度有所改變。

### ➤ 實驗設計

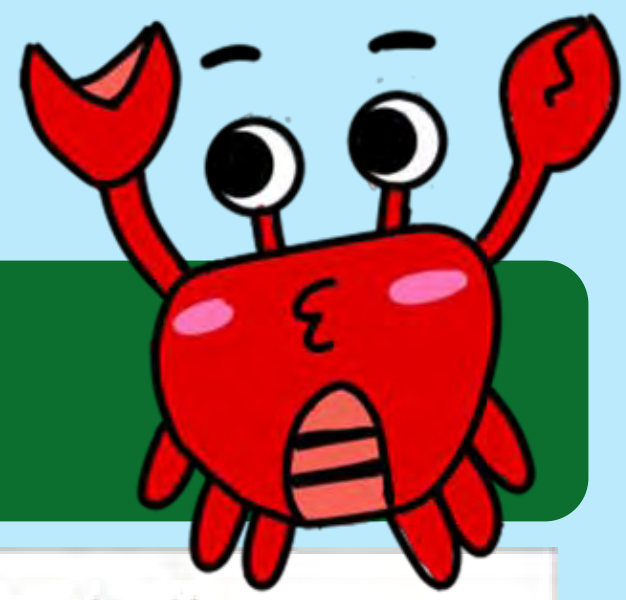
本實驗分為三大組

- 自製幾丁聚醣溶液進行吸附反應(直接沉澱法)
- 自製幾丁聚醣薄膜進行吸附反應
- 市售幾丁聚醣製成的薄膜進行吸附反應

每組改變硫酸銅濃度及幾丁聚醣含量作為變因，並進行重複試驗

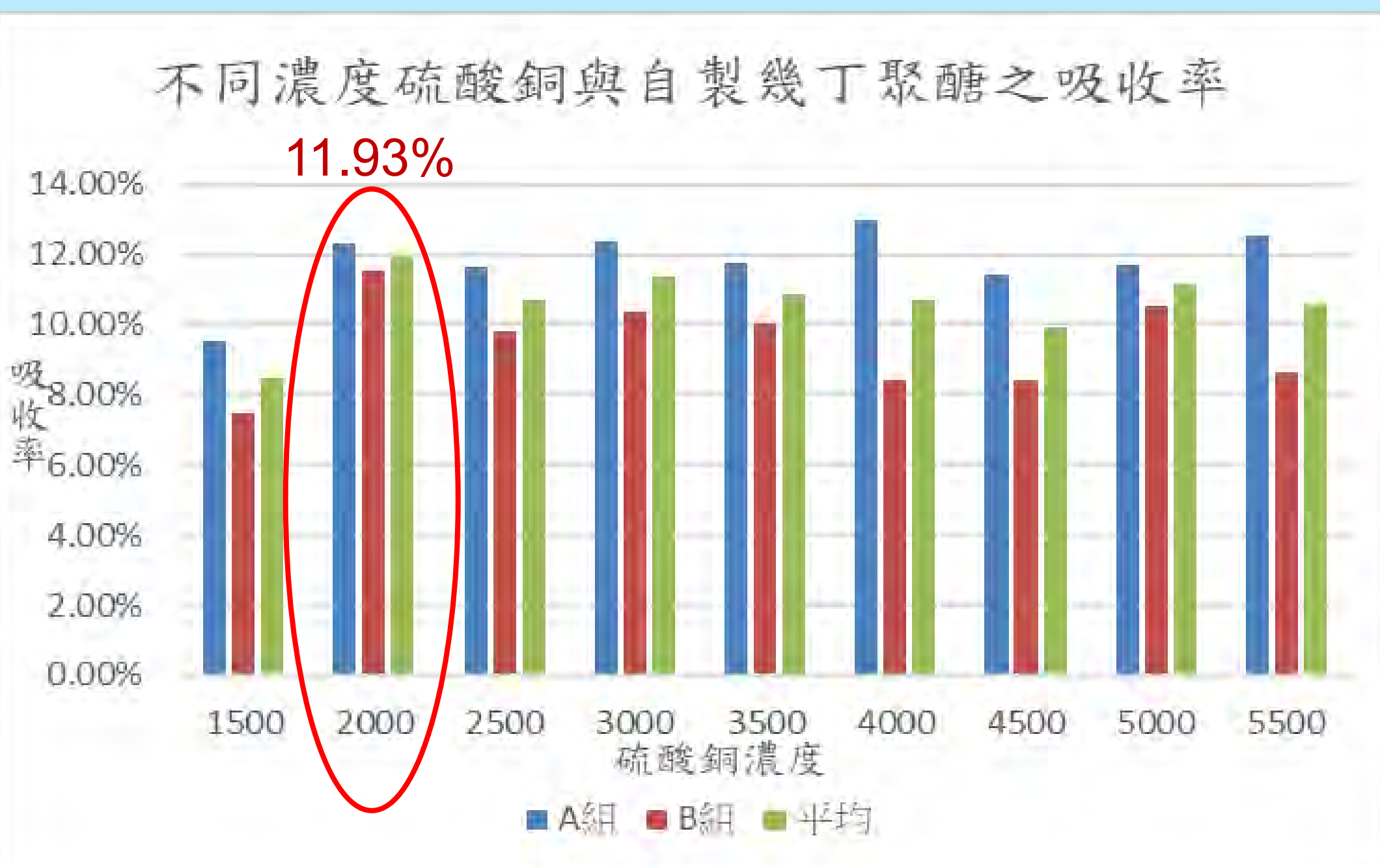
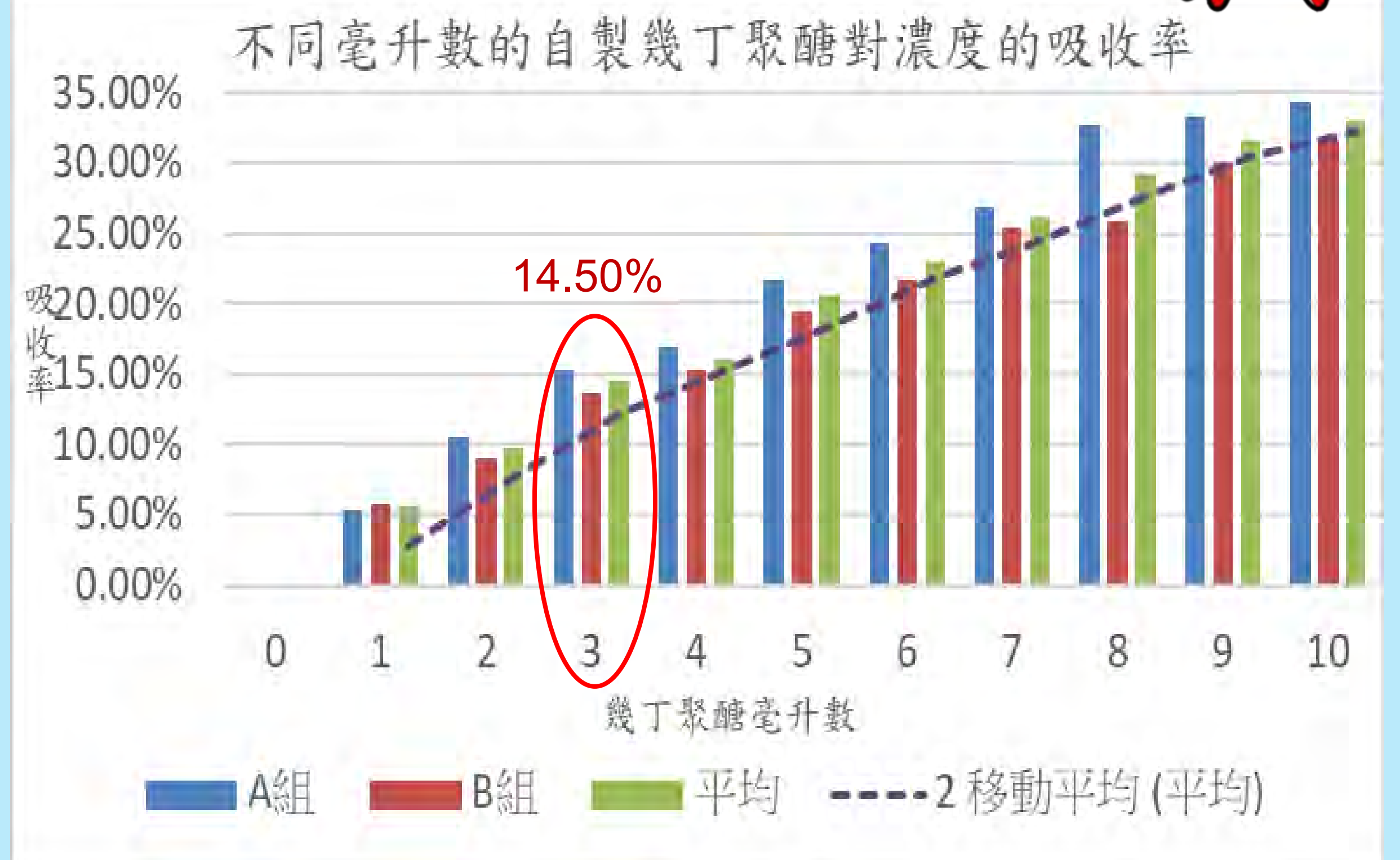
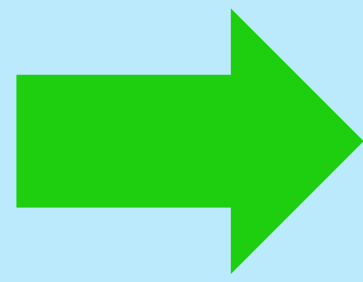






## 不同毫升數的自製幾丁聚醣對濃度的吸收率(%)

實驗發現，幾丁聚醣的吸收量與用量是不成正比的，在相同濃度下，1~3號樣品吸收量逐漸上升(3號差值為4.73%)，但4號的吸收效率卻不如3號(差值1.59%)，而5~10號樣品其吸收率也不比3號高。

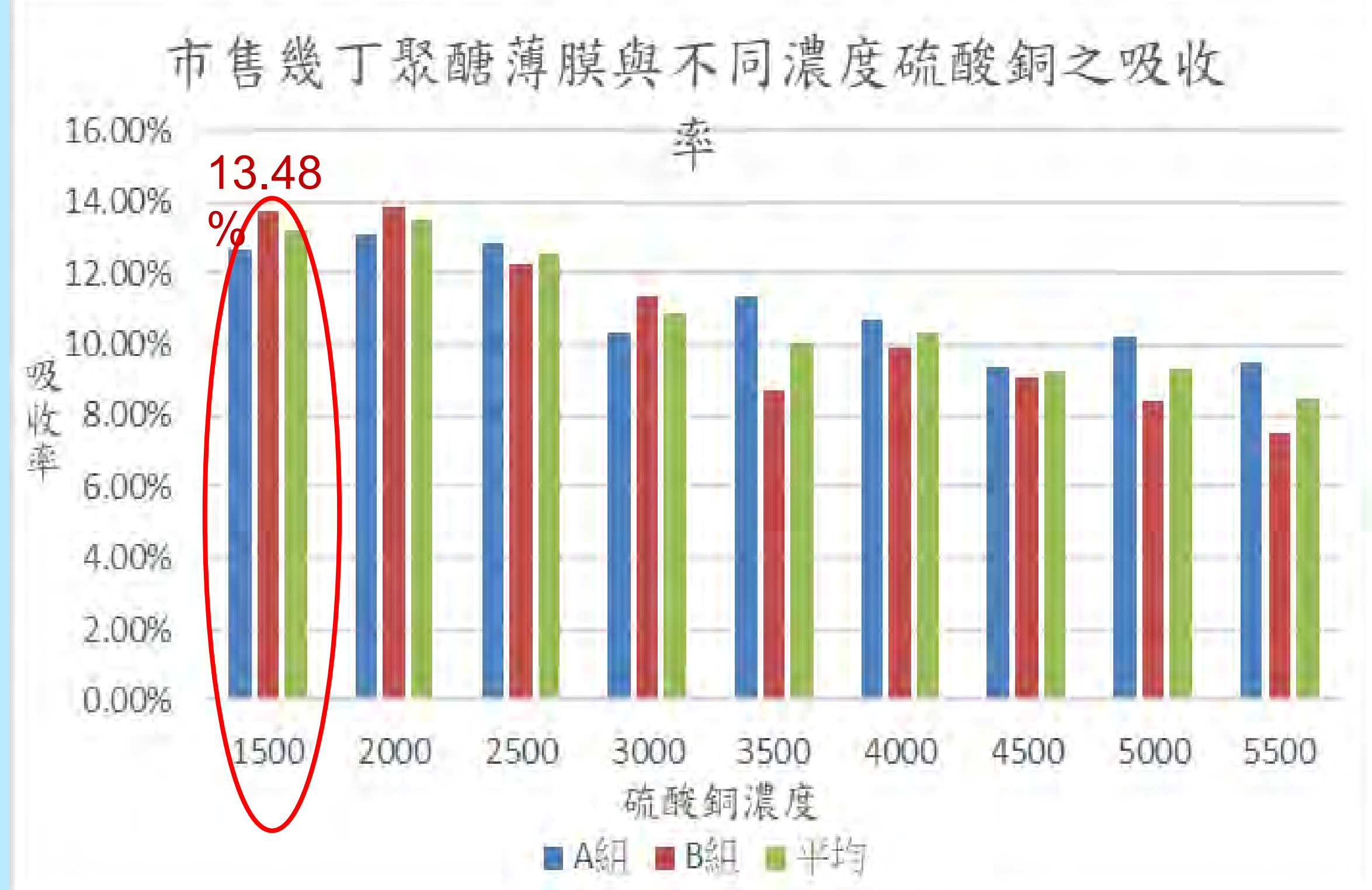
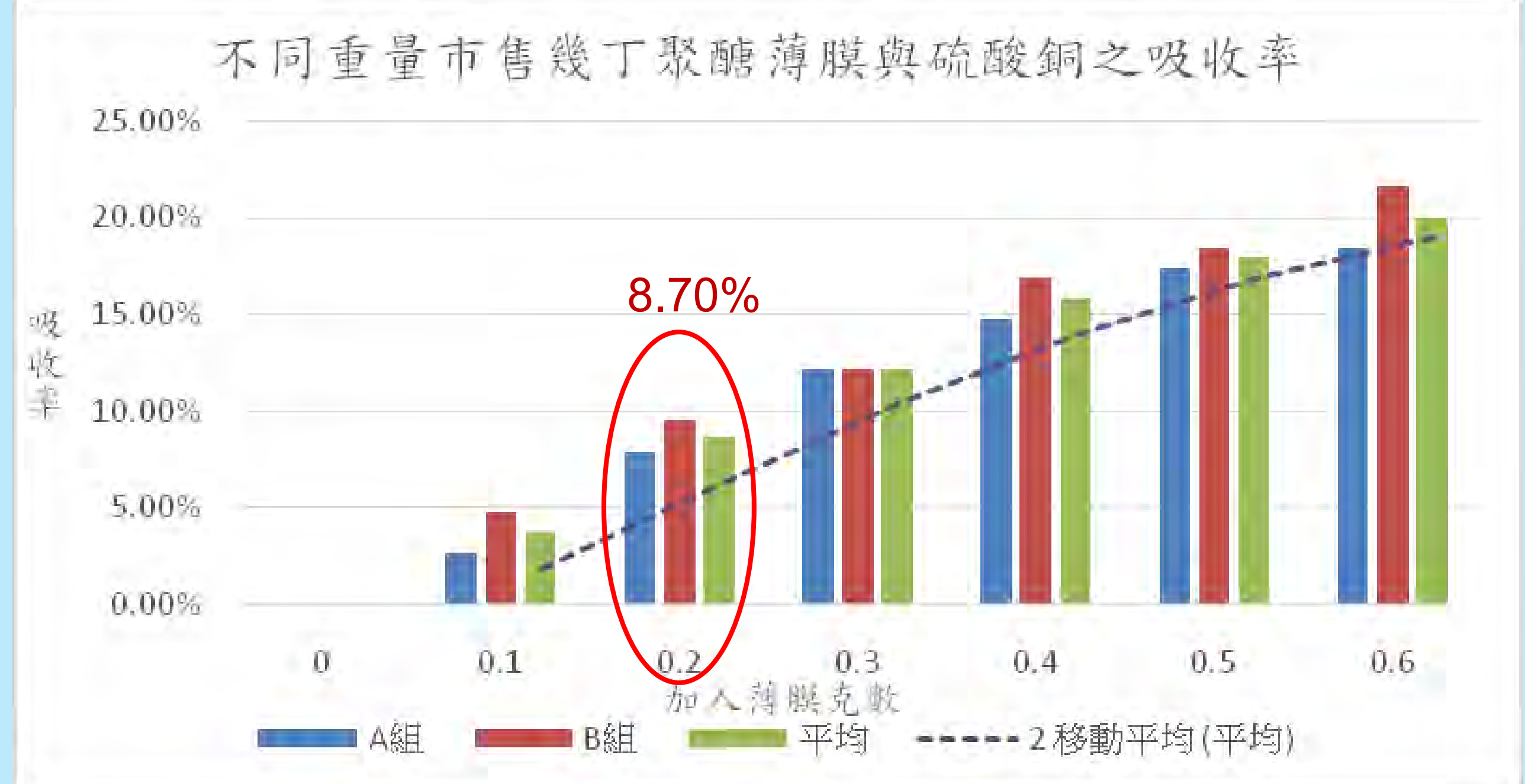


## 不同濃度硫酸銅與自製幾丁聚醣之吸收率(%)

在實驗中發現幾丁聚醣沉澱在2000ppm銅離子時吸附效率最高，而濃度越高時吸附率並沒有明顯的降低或升高。

## 不同重量市售幾丁聚醣薄膜與硫酸銅之吸收率(%)

在相同濃度下，幾丁聚醣在0.2g下的吸收率最高(差值5.01%)，而0.3~0.6g吸收率不如0.2g，故我們取0.2g進行下一步實驗。

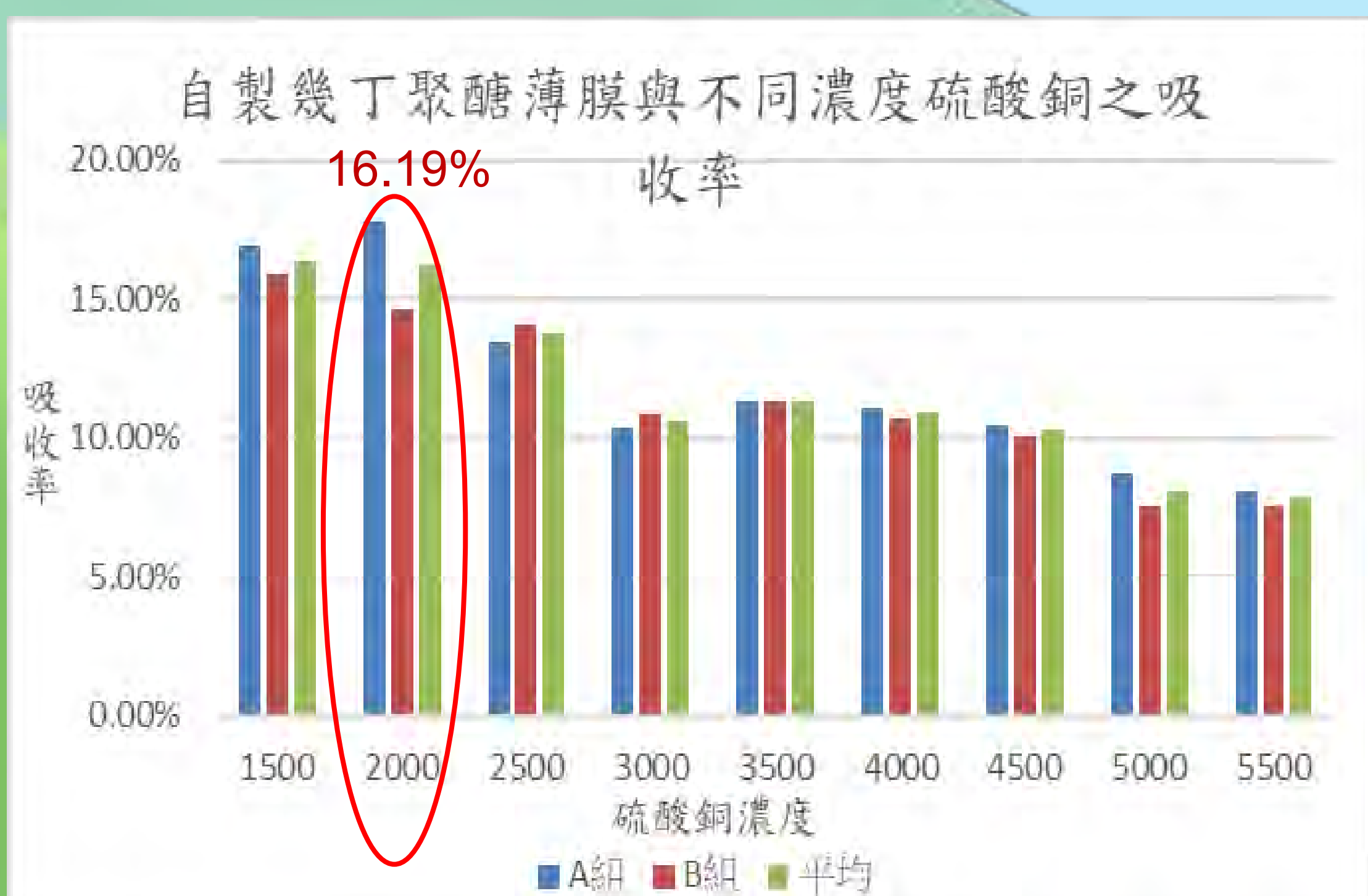
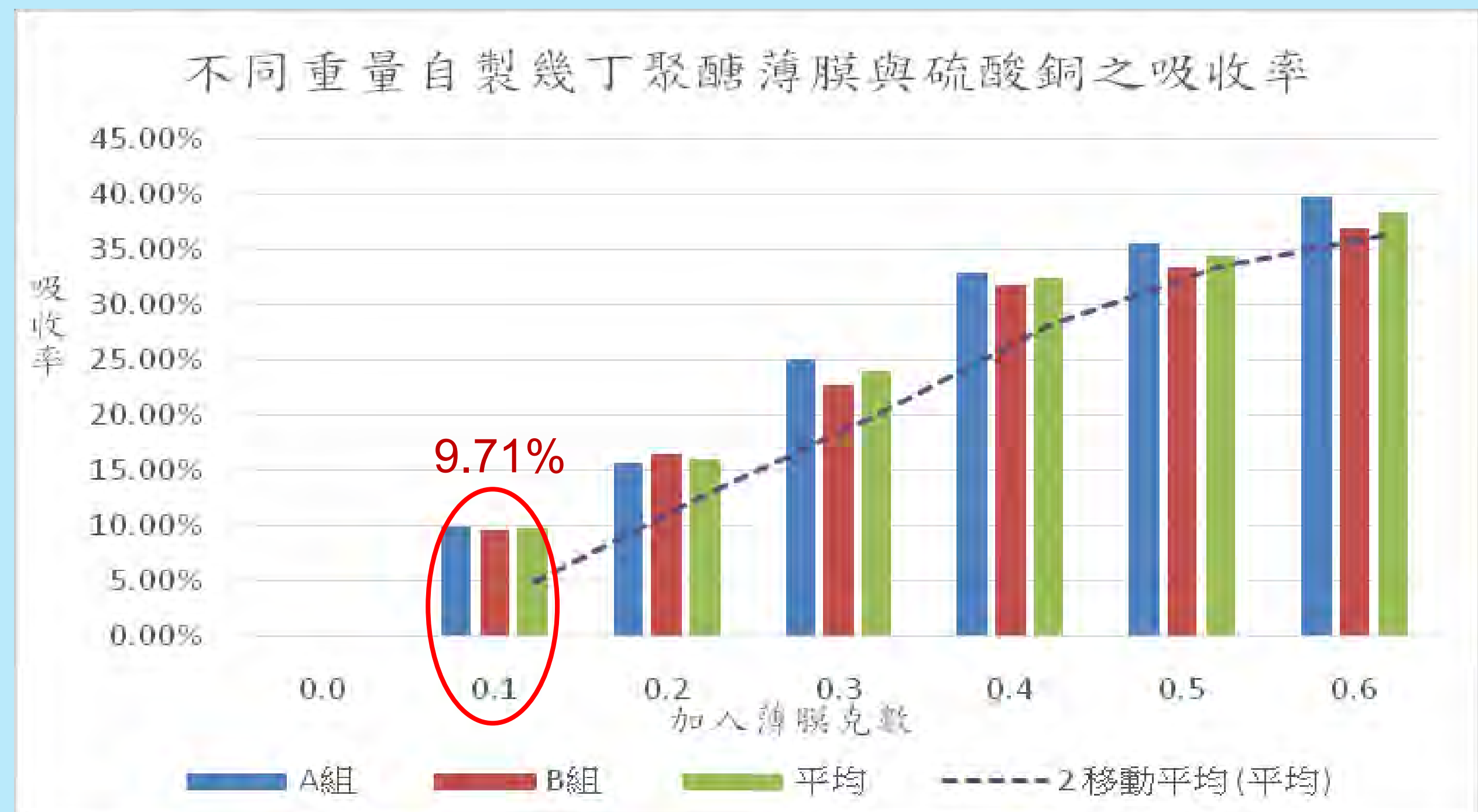


## 市售幾丁聚醣薄膜與不同濃度硫酸銅之吸收率(%)

由實驗可以得知2000ppm和1500ppm的吸附效率皆高，當濃度越高時吸收率卻沒有明顯的提升，反而有下降的趨勢。

## 不同重量自製幾丁聚醣薄膜與硫酸銅之吸收率(%)

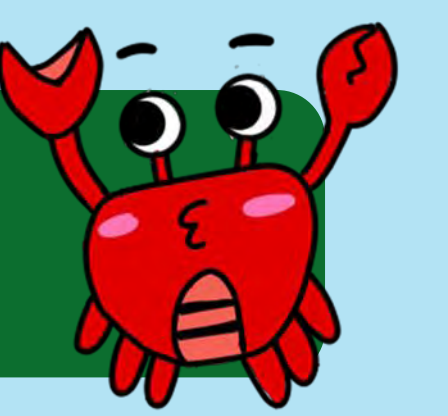
在同濃度硫酸銅下，吸附量最高(與前一個吸附率差值高達9.71%)，故我們用0.1克的幾丁聚醣做下一步實驗。



## 自製幾丁聚醣薄膜與不同濃度硫酸銅之吸收率(%)

由自製薄膜吸附中，我們確定幾丁聚醣薄膜在2000ppm及1500ppm時吸收率較高，且得知幾丁聚醣並非濃度愈高吸附率就愈高。





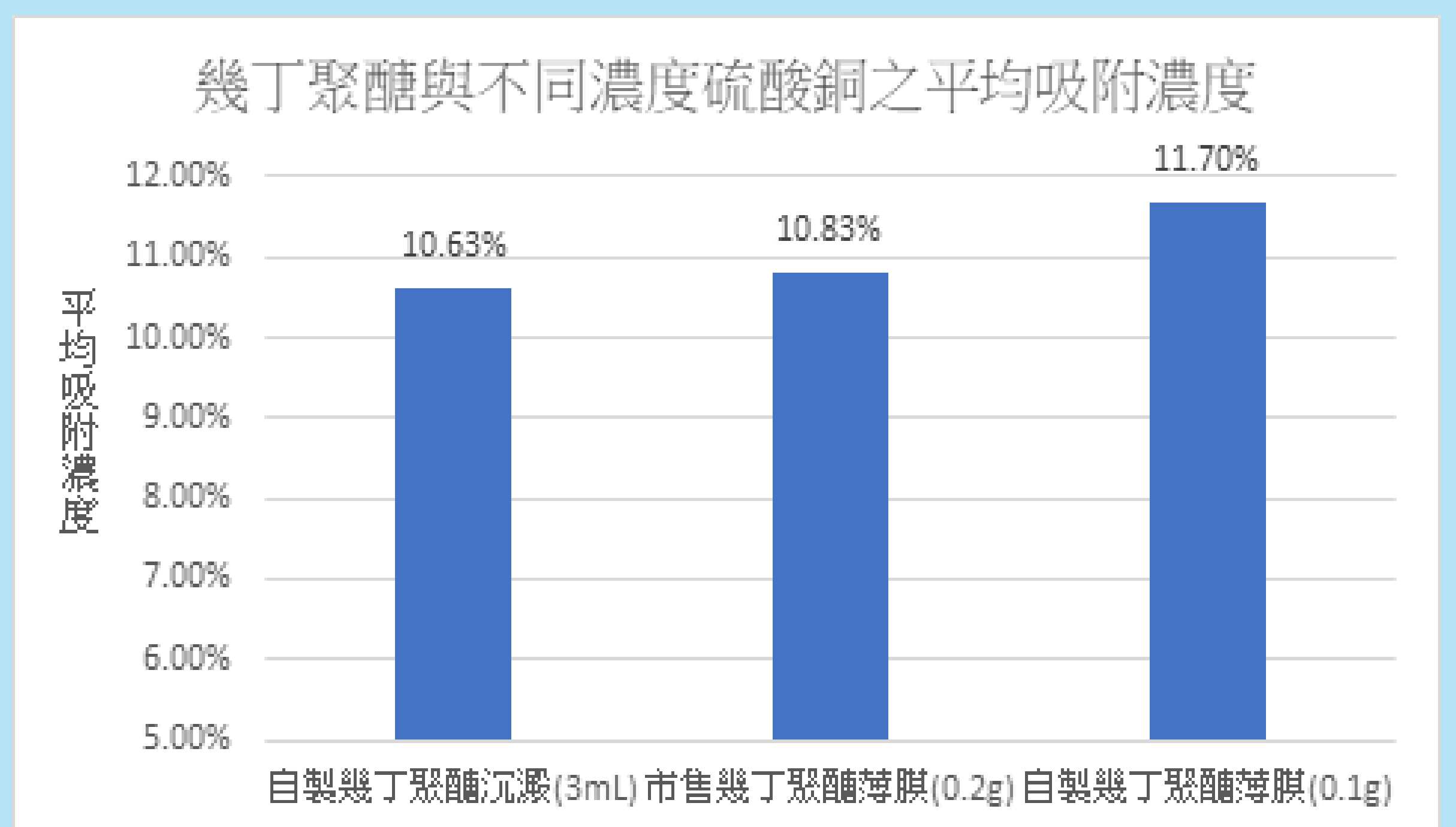
## (一)在3000ppm下幾丁聚醣薄膜與沉澱的吸附率比較

由右圖可知，自製的幾丁聚醣在製成薄膜時吸收效率最高，與市售的幾丁聚醣作為對照組，發現同為薄膜吸附，但是市售的吸收效率卻比自製的幾丁聚醣吸收效率低了許多。

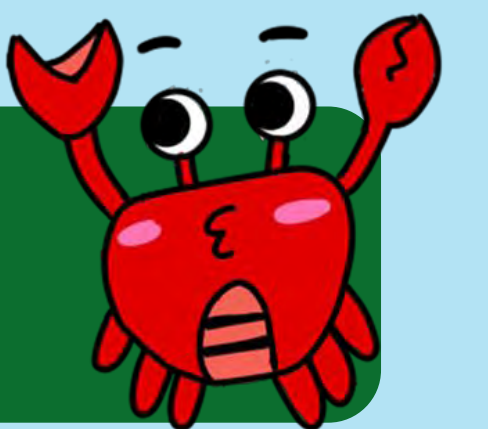


## (二)幾丁聚醣在不同濃度下硫酸銅吸附率比較

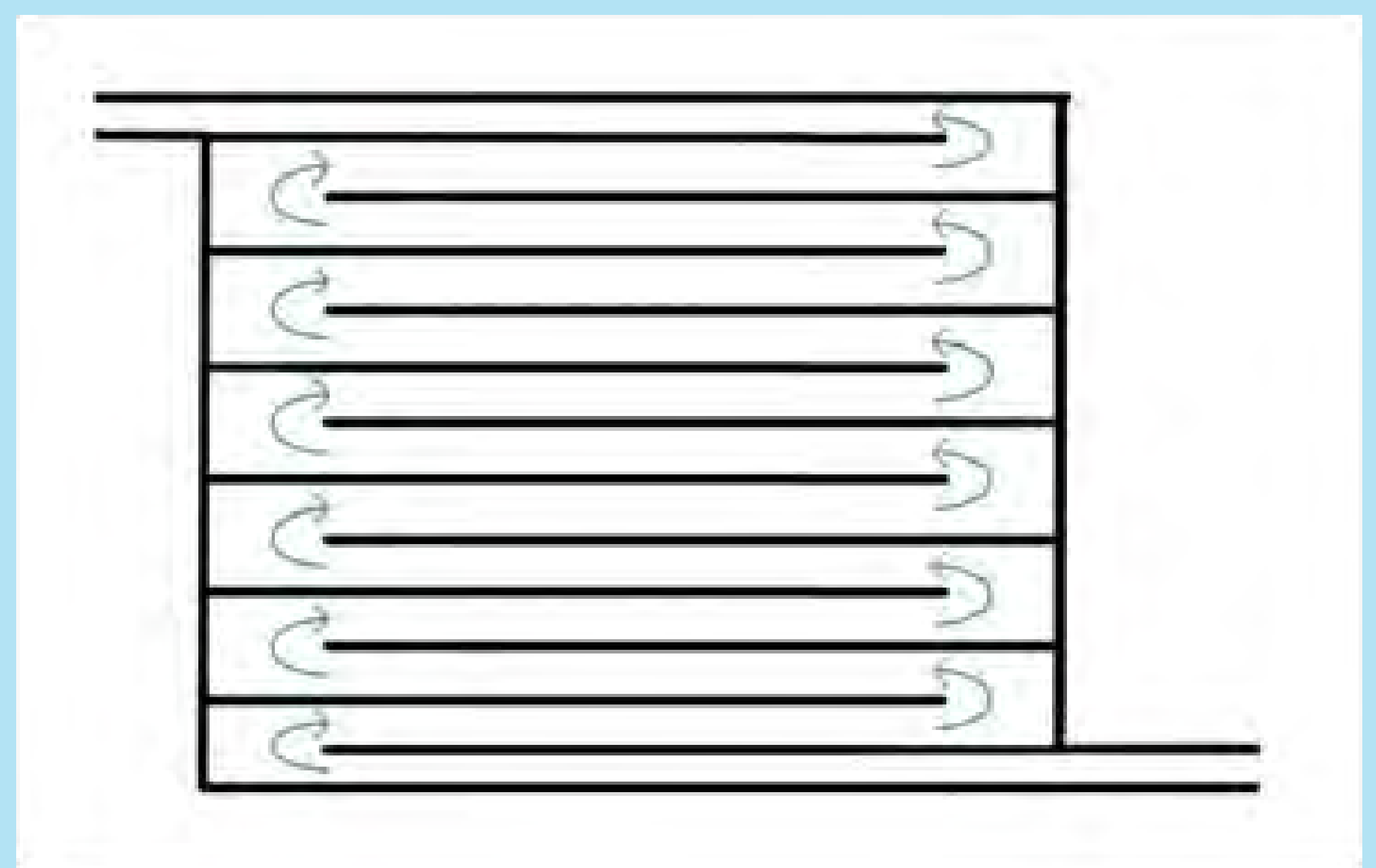
由數據可觀察出，3mL自製幾丁聚醣溶液和0.1g自製幾丁聚醣薄膜兩著吸附量不相上下，而在薄膜吸附中，自製的幾丁聚醣薄膜吸附效果較為顯著，因自製薄膜只需使用0.1g就能達到比0.2g市售薄膜更好的吸附效果。



自製的幾丁聚醣與市售幾丁聚醣能夠吸附重金屬的效率是不相同的，在銅離子3000ppm下的吸收效率為自製幾丁聚醣薄膜效率最高，市售薄膜的吸收效率只有自製的1/2倍。



而我們瞭解自製的幾丁聚醣薄膜吸附效率並不差，所以希望未來能將廢棄的蝦殼、蟹殼收集起來製作出幾丁聚醣薄膜。以幾丁聚醣製作成家用或淨水廠的大型濾水器。



我們希望利用自製的板框過濾器將汙水流經一個放置有幾丁聚醣薄膜的吸附槽，在汙水流動的過程中與幾丁聚醣薄膜進行反應，將水中的重金屬去除，進而取代綠藻，一來可以將廢棄物回收再利用，還可以減少地球環境汙染。

