

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

佳作

最佳創意獎

040211

『蔗』麼『C』力

—利用甘蔗渣-碳粉吸附重金屬離子

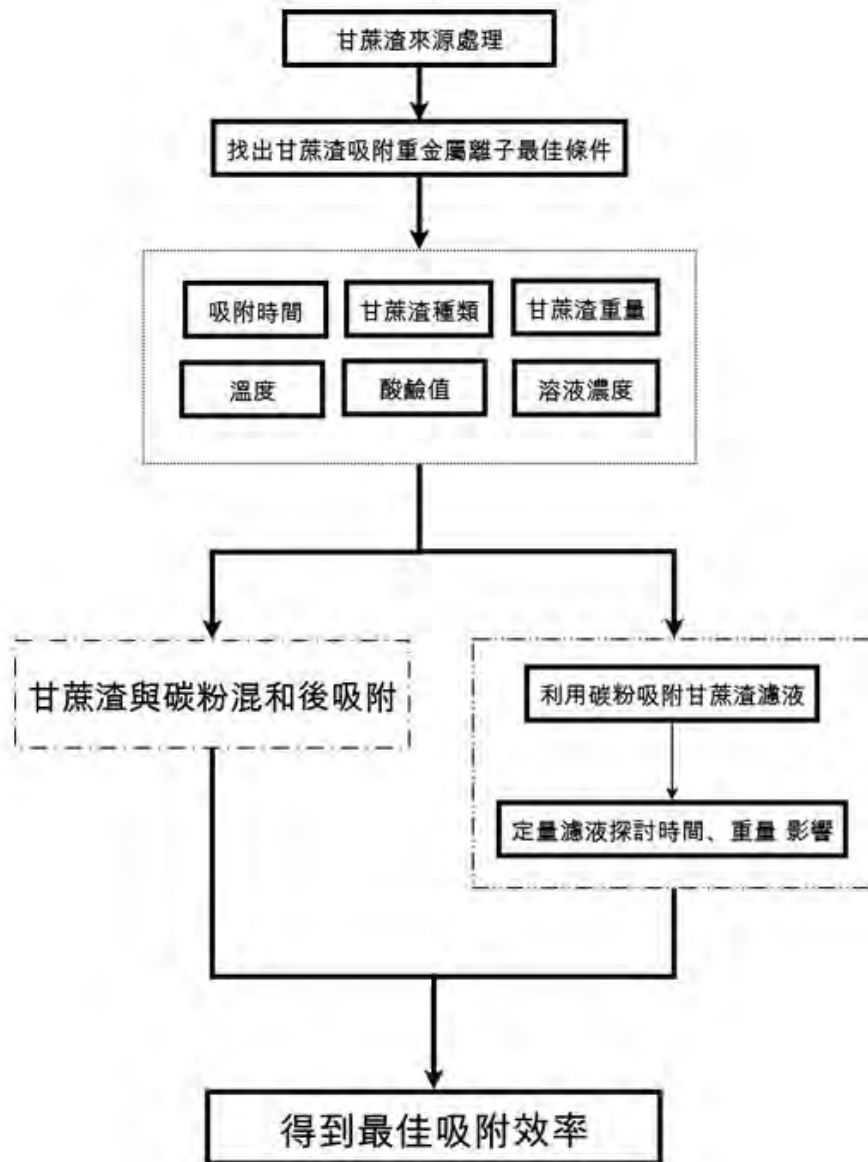
學校名稱：國立新竹高級中學

作者： 高二 范哲綸 高二 曾新凱	指導老師： 林健志
-------------------------	--------------

關鍵詞：甘蔗、吸附重金屬離子、碳粉

摘要

甘蔗渣中含有豐富的木質纖維素，其上的官能基可以吸附重金屬離子，我們在此研究中找到適合甘蔗渣吸附 Cu^{2+} 的最佳條件。在一次實驗中，我們偶然發現甘蔗渣溶液中的有機物能吸附 Cu^{2+} ，而碳粉能將有機物吸附，利用這點特性，能大幅提升 Cu^{2+} 的吸附率。在經過兩道程序的吸附之後，20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 中 Cu^{2+} 的吸附率大於 99%。



▲圖(一):實驗步驟流程圖

壹、研究動機

在臺灣，有許多工廠在使用電器設備或電鍍之後，將產生的廢水任意傾倒，危害生態。而傳統的去重金屬離子方法，缺點為價格高和處理後生成之廢棄物不易處理。在因緣際會下，我們看到國內有人使用農產廢棄物（大麥渣）吸附重金屬，因此我們決定嘗試使用在臺灣可以容易取得的農產廢棄物作為吸附材料，而“甘蔗渣”成為了我們的選擇。

▼表(一):地下水污染標準: (環保署) (單位:ppm)

污染物項目	監測標準值		管制標準值	
	第一類 ^{註1}	第二類 ^{註2}	第一類	第二類
銅 (Cu)	0.5	5	1	10

注 1:第一類為飲用水水源水質保護區之地下水

注 2:第一類以外之地下水

貳、研究目的

- 一、不同條件下(吸附時間、種類、重量、溫度、pH 值、溶液濃度)甘蔗渣對 Cu^{2+} 吸附率的探討。
- 二、不同條件下(吸附時間、重量)碳粉對 Cu^{2+} 吸附率的探討。
- 三、甘蔗渣與碳粉以不同重量混合後對 Cu^{2+} 吸附率的探討。
- 四、碳粉對甘蔗渣濾液中 Cu^{2+} 二次吸附後吸附率的探討。

參、藥品及器材

一、藥品

藥品名	製造公司
1000ppm 銅 AAS 標準液	美國 MERCK 公司
95%乙醇	臺灣 景明化工股份有限公司
磷酸	日本 昭和化學株式會社
醋酸鈉	日本 昭和化學株式會社
檸檬酸鈉二水合物	日本 昭和化學株式會社
氫氧化鈉	日本 昭和化學株式會社
冰醋酸	日本 小島化學藥品株式會社
碳粉(表面積:1000m ² /g)	
鹽酸氫胺	德國 Alfa Aesar 公司
2,9-二甲基-1,10-二氮菲	西班牙 Panreac Quimica 公司
紅甘蔗、白甘蔗	
磷酸二氫鈉	臺灣 景明化工股份有限公司

二、器材

儀器名稱	規格	數量
燒杯	2L、1L、500mL、250mL、100mL	數個
錐形瓶	250mL、150mL	數個
容量瓶	1L、500mL、250mL、100mL	數個
微量吸量管	100-1000 μ m、2-20 μ m	數支
分度吸量管	10mL、25mL	數支
安全吸球	標準	數個
陶瓷漏斗	110mm	數個
抽氣過濾瓶	250mL、2L	數個
漏斗	小、大	數個
濾紙	ADVANREC NO.5B 110mm	數盒
恆溫槽	DENG YEN DKW-40	一台
pH 測量儀	SUNTEX SP-2300	一台
電子天秤	OHAUS PA213C	一台
分光光度計	英國譜吉光譜儀器 T-60	一台
磁石攪拌加熱器	JII TSANNJS-H	一台
果汁機	晶工牌 IS-1500A	一台
烘箱	DENG YEN DOS-45	一台
真空幫浦	ROCKER 300	一台
分子篩網	0.84 mm	2 個

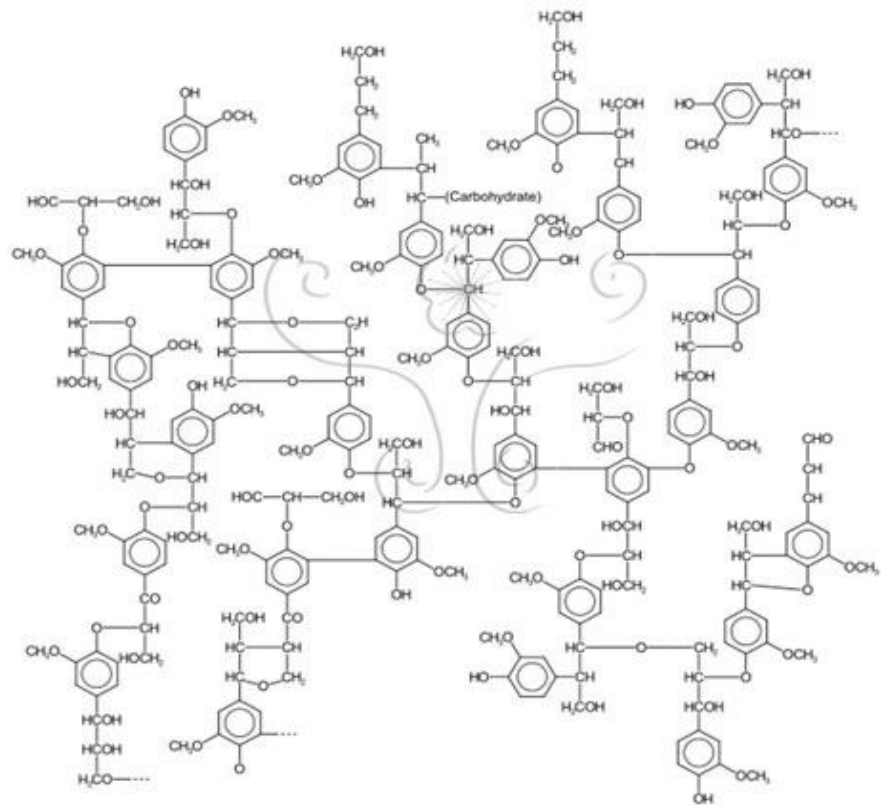
肆、研究過程

一、理論基礎

(一) 甘蔗渣種類

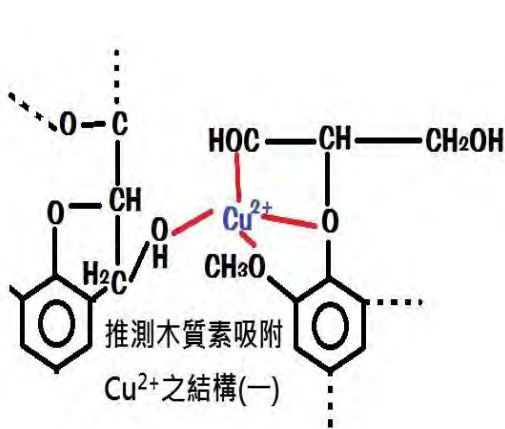
1. 白甘蔗(學名: *Saccharum sinensis* Roxb)
2. 紅甘蔗(學名: *Saccharum officinarum* Linn. cv. Badila)
3. 本實驗採用兩種甘蔗比較

(二)甘蔗渣的結構及吸附原理

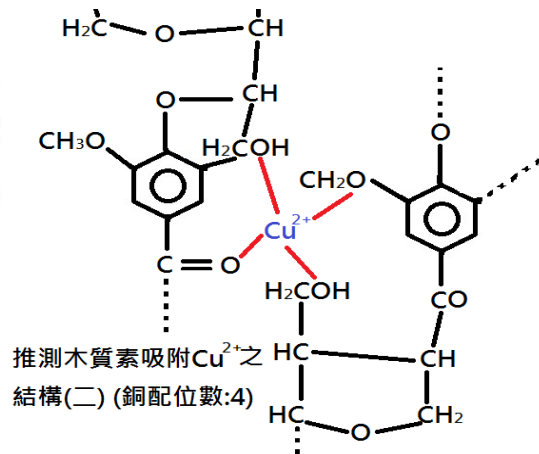


木質素的化學結構十分複雜。

▲圖(二)木質素的一般結構



▲圖(三)推測甘蔗渣吸附 Cu^{2+} 位置(一)



▲圖(四)推測甘蔗渣吸附 Cu^{2+} 位置(二)

甘蔗渣中含有豐富的纖維質、半纖維質以及木質素，合稱為木質纖維質。木質纖維質表面佈滿大量氫氧基呈現出極性，有利於吸附重金屬離子。金屬離子吸附在木質纖維質時，金屬離子分佈於化學官能基團之間，例如羥基、羰基或酚類基團。

▼表(二)各種含木質纖維質素物質於乾燥情況下單位面積組成之重量百分比^[1]

種類	糖分	纖維質	半纖維質	木質素	其他
甘蔗渣	—	38	27	20	12
甘蔗葉	33	25	17	12	13
狼尾草	—	32	20	9	39
玉蜀黍	34	36	16	10	3
玫瑰桉樹	—	38	13	37	12
雪梨藍桉	—	45	12	25	18
報紙	—	62	16	21	1
稻草	—	37	34	12	13
杜松	—	38	—	33	29
夏橡	—	38	22	17	23
山毛櫸	—	24	27	20	29
挪威冷杉	—	28	27	19	27
蘇格蘭松樹	—	35	23	22	21
市區固體廢棄物	—	62	16	21	1

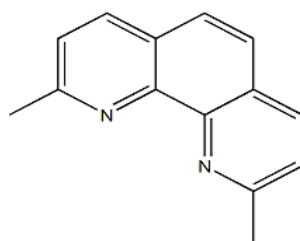
(三)碳粉的吸附原理

碳粉屬多孔性碳質吸附劑，其表面為疏水性，內部有許多細密發達的微細孔洞，1 克碳粉擁有超過 1000m² 的表面積，因而具有良好的有機物質去除能力。

(四)檢測原理

1. Cu²⁺ 顯色機制

將試樣與鹽酸氫胺反應，將 Cu²⁺ 還原成一價的 Cu⁺，在 pH 為 5.0 ~ 6.0 之間加入 2, 9-二甲基-1, 10-二氮菲。每二分子顯色劑可與 1 個 Cu⁺ 錯合生成金黃色的 Cu⁺ 螯合物，此螯合物中有兩個顯色劑配位在 Cu²⁺ 上，此方法具有高度選擇性，在其他離子少量存在下並無干擾。



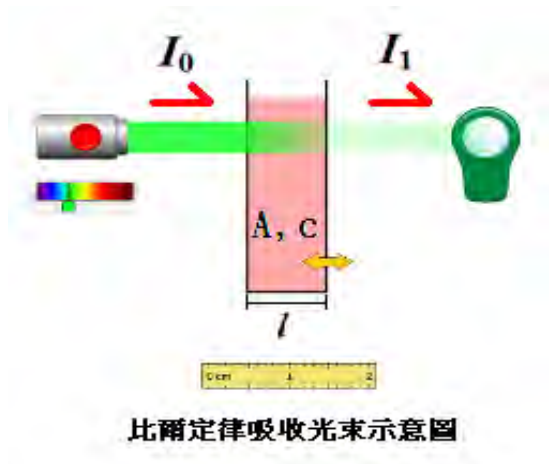
▲圖(五) 顯色劑(2, 9-二甲基-1, 10-二氮菲)

2.分光光度計分析法

比爾-朗伯定律的物理意義是，當一束平行單色光垂直通過某一均勻非散射的吸光物質時，其吸光度 A 與吸光物質的濃度 c 及吸收層厚度 l 成正比。

其方程式為:

$$A = \varepsilon l c$$



A : 溶液吸光度 = $\log(I_0/I_1)$
(I_0 為入射光強度, I_1 為透射光強度)
 ε : 莫耳吸光係數
 l : 光徑長度
 c : 待測樣品濃度

▲圖(六)比爾定律吸收光束示意圖

- (1) 利用全光譜(190nm~1100nm)分析, 找出 $\text{Cu}^+_{(\text{aq})}$ —顯色劑吸收峰之波長。
- (2) 以標準 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 配製數個 $\text{Cu}^+_{(\text{aq})}$ —顯色劑標準品做檢量線作為測量依據。
- (3) 利用比爾定律找出吸收值後與檢量線進行比對, 即可得待測品濃度。

伍、實驗方法與步驟

一、甘蔗渣的處理:

1. 將市面上榨過甘蔗汁所剩的甘蔗渣, 放入烘箱中以溫度 40°C 持續烘乾 48 小時後, 保存於紙箱中。
2. 將乾燥後的甘蔗渣以果汁機打碎, 通過 0.84 毫米孔徑篩網做為吸附材料。

二、實驗試劑:Cu⁺_(aq)—顯色劑配方:

- 溶液 A:**將 0.100g 鹽酸氫胺加入少許純水在燒杯中溶解,再倒入 100mL 容量瓶,加純水至刻度線,得 1g/L 鹽酸氫胺溶液 A。
- 溶液 B:**秤重 106.825g 檸檬酸鈉(含二分子水合物),加入少許純水在燒杯中溶解,再倒入 250mL 容量瓶,加純水至刻度線,得 375g/L 檸檬酸鈉溶液 B。
- 溶液 C:**將 100.000g 醋酸鈉與 6.000g 醋酸加入少許純水在燒杯中溶解,再倒入 250mL 容量瓶,加純水至刻度線,得 pH=5.6±0.2 的醋酸-醋酸鈉緩衝溶液 C。
- 溶液 D:**將 0.200g 顯色劑(2,9-二甲基-1,10-二氮菲)加入少許 95%乙醇在燒杯中溶解,再倒入 100mL 容量瓶,加乙醇至刻度線,得 2g/L 顯色劑溶液 D。

三、Cu⁺_(aq)—顯色劑檢量線的製作

(一) 不同濃度 Cu⁺_(aq)—顯色劑的配製:

- 1.取 100mL 容量瓶 8 個
- 2.以吸量管分別加入:1.00mL、0.80mL、0.60mL、0.40mL、0.20mL、0.10mL、0.05mL、0.01mL 的 1000ppm AAS 銅標準液於不同容量瓶中。
- 3.以分度吸量管分別加入 6.00mL 配製好的溶液 A。
- 4.以分度吸量管分別加入 12.00mL 配製好的溶液 B。
- 5.以分度吸量管分別加入 12.00mL 配製好的溶液 C。
- 6.以分度吸量管分別加入 6.00mL 配製好的溶液 D。
- 7.加入純水至 100mL 刻度線。
- 8.八種溶液濃度分別為:10ppm、8ppm、6ppm、4ppm、2ppm、1ppm、0.5ppm、0.1ppm(由左至右)

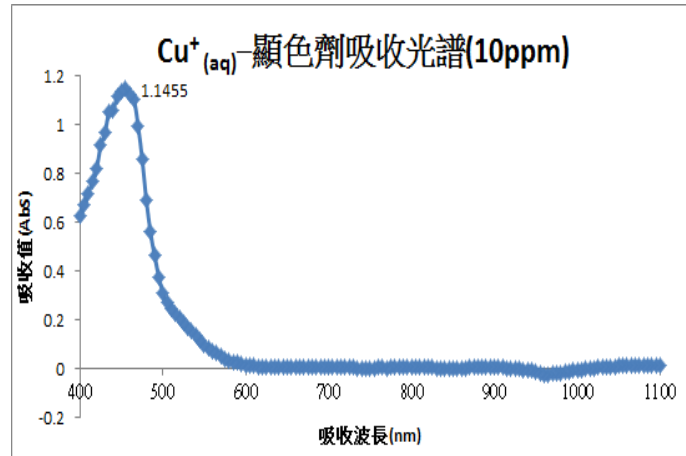


▲圖(七)不同濃度的標準品顯色後顏色深淺

(二)檢量線的製作

1.利用全光譜掃描找出 $\text{Cu}^+_{(\text{aq})}$ —顯色劑最大吸收值

經過分光光度計的測量後，測得最高吸收值波峰在波長 455nm。

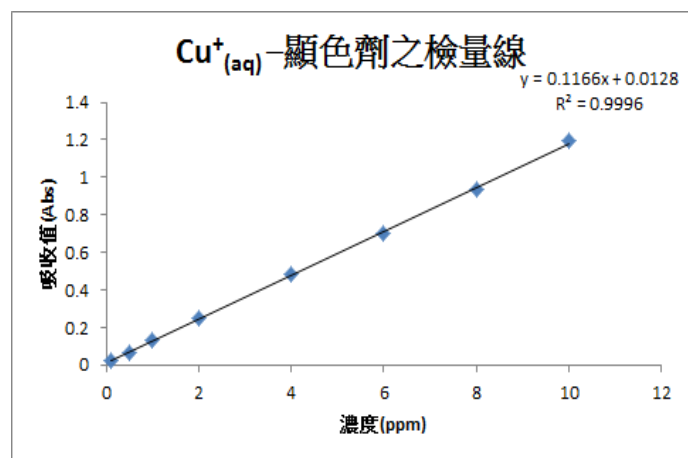


▲圖(八)全光譜掃描後 10ppm $\text{Cu}^+_{(\text{aq})}$ —顯色劑在不同波長下吸收值

2.製作檢量線

▼表(三)於波長 455nm 下，不同濃度之 $\text{Cu}^+_{(\text{aq})}$ —顯色劑吸收值

濃度 (ppm)	0.1	0.5	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
吸收值 (Abs)	0.0263	0.069	0.1354	0.2468	0.4819	0.6999	0.9348	1.194



▲圖(九)依表(三)繪製而成的檢量線

二、甘蔗渣濾液的顯色步驟

(一)過濾出吸附後的濾液

將甘蔗渣吸附過的 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 經抽氣過濾，將甘蔗渣去除。

(二)溶液的顯色

1. 取 64.00mL 過濾後的溶液。
2. 加入 6.00mL 溶液 A。
3. 加入 12.00mL 溶液 B。
4. 加入 12.00mL 溶液 C。
5. 加入 6.00mL 溶液 D。
6. 靜置 15 分鐘。

(三)空白溶液的配製

在與甘蔗渣吸附 Cu^{2+} 的相同條件下將 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 換成等體積的水，其後步驟同步驟(一)之抽氣過濾與步驟(二)的顯色程序。

三、實驗步驟

(一)找出甘蔗渣吸附的最佳化條件

1. 不同吸附時間下不同種類甘蔗渣對溶液中 Cu^{2+} 吸附率的探討

(1)控制變因：

白甘蔗渣、紅甘蔗渣各取 1.00 公克、以純水配製 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL、溫度 25°C。

(2)操縱變因：

吸附時間分別為:60、120、180、240 分鐘。

(3)實驗步驟：

A. 將 1.00 公克的白甘蔗渣與紅甘蔗渣分別置於 4 個 250mL 的燒杯中，並放入恆溫槽。

B. 分別取 100mL、20ppm 的 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 加入各燒杯中靜置。

C. 分別於上述時間時取出溶液，將溶液抽氣過濾取出濾液。

D. 將濾液顯色，以分光光度計測其吸收值，計算 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 濃度。

2. 不同重量白甘蔗渣對溶液中 Cu^{2+} 吸附率的探討

(1)控制變因：

以純水配製 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL、溫度 25°C、靜置 3 小時。

(2)操縱變因：

白甘蔗渣重量分別為: 1.00g、2.00g、3.00g、4.00g。

(3)實驗步驟：

A. 將不同重量的白甘蔗渣置於 4 個 250mL 的燒杯中，並放入恆溫槽。

B. 分別取 100mL、20ppm 的 Cu^{2+} 溶液加入各燒杯中靜置。

C. 3 小時後，將溶液抽氣過濾取出濾液。

D. 將濾液顯色，以分光光度計測其吸收值，計算 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 濃度。

3. 不同溫度下，白甘蔗渣對溶液中 Cu^{2+} 吸附率的探討
- (1) 控制變因：
白甘蔗渣取 1.00 公克、以純水配製 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL、靜置 3 小時。
- (2) 操縱變因：
溫度分別為:15°C、25°C、35°C、45°C、55°C。
- (3) 實驗步驟：
A. 將 1.00 公克白甘蔗渣置於 5 個 250mL 的燒杯中，並放入不同溫度之恆溫槽。
B. 分別取 100mL、20ppm 的 Cu^{2+} 溶液加入各燒杯中靜置。
C. 3 小時後，將溶液抽氣過濾取出濾液。
D. 將濾液顯色，以分光光度計測其吸收值，計算 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 濃度。
4. 不同 pH 值下，白甘蔗渣對溶液中 Cu^{2+} 吸附率的探討
- (1) 控制變因：
白甘蔗取 1.00 公克、溫度 25°C、靜置 3 小時。
- (2) 操縱變因：
以磷酸緩衝溶液配置 pH 值分別為:2、3、4、5、6 的 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL
- (3) 實驗步驟：
A. 將 1.00 公克白甘蔗渣置於 5 個 250mL 的燒杯，放入恆溫槽。
B. 分別取 100mL 不同 pH 值的 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 加入各燒杯中靜置。
C. 3 小時後，將溶液抽氣過濾取出濾液。
D. 將濾液顯色，以分光光度計測其吸收值，計算 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 濃度。
5. 不同 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 濃度下，白甘蔗渣對溶液中 Cu^{2+} 吸附率的探討
- (1) 控制變因：
白甘蔗取 1.00 公克、溫度 25°C、以純水配製 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL、靜置 3 小時。
- (2) 操縱變因：
 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 濃度分別為:10ppm、20ppm、40ppm、30ppm、50ppm。
- (3) 實驗步驟：
A. 將 1.00 公克的白甘蔗渣置於 5 個 250mL 的燒杯中，並放入恆溫槽。
B. 分別取 100mL 的 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ (10ppm、20ppm、30ppm、40ppm、50ppm) 加入各燒杯中靜置。

C. 3 小時後，分別將溶液抽氣過濾取出濾液。

D.將濾液顯色，以分光光度計測其吸收值，計算 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 濃度。

(二)不同吸附時間下，不同重量碳粉對 Cu^{2+} 標準液的吸附率探討

1.控制變因：

以純水配製 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL、靜置 3 小時、溫度 25°C。

2.操縱變因：

碳粉重量分別為:0.50g、1.00g、2.00g、4.00g、5.00g。

吸附時間分別為:1、5、15、30、60 分鐘。

3.實驗步驟：

(1)將不同重量的碳粉置於 250mL 的燒杯中，並放入恆溫槽。

(2)分別取 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL 加入各燒杯中靜置。

(3) 3 小時後，將溶液抽氣過濾取出濾液。

(4)將濾液顯色，以分光光度計測其吸收值，計算 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 濃度。

(三)白甘蔗渣與碳粉以不同重量混合後對溶液中 Cu^{2+} 吸附率的探討

1.不同重量混合之白甘蔗渣與碳粉對溶液中 Cu^{2+} 吸附率的探討

(1)控制變因：

以純水配製 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL、靜置 1 小時、溫度 25°C。

(2)操縱變因：

不同重量混合之白甘蔗渣與碳粉

0.5g 碳粉+1g 蔗渣	0.5g 碳粉+2g 蔗渣	0.5g 碳粉+3g 蔗渣	0.5g 碳粉+4g 蔗渣
1g 碳粉+1g 蔗渣	1g 碳粉+2g 蔗渣	1g 碳粉+3g 蔗渣	1g 碳粉+4g 蔗渣
2g 碳粉+1g 蔗渣	2g 碳粉+2g 蔗渣	2g 碳粉+3g 蔗渣	2g 碳粉+4g 蔗渣
4g 碳粉+1g 蔗渣	4g 碳粉+2g 蔗渣	4g 碳粉+3g 蔗渣	4g 碳粉+4g 蔗渣
5g 碳粉+1g 蔗渣	5g 碳粉+2g 蔗渣	5g 碳粉+3g 蔗渣	5g 碳粉+4g 蔗渣
6g 碳粉+1g 蔗渣	6g 碳粉+2g 蔗渣	6g 碳粉+3g 蔗渣	6g 碳粉+4g 蔗渣
7g 碳粉+1g 蔗渣	7g 碳粉+2g 蔗渣	7g 碳粉+3g 蔗渣	7g 碳粉+4g 蔗渣

(3)實驗步驟：

A.分別將不同重量混合之白甘蔗渣與碳粉置於各個 250mL 燒杯中，並放入恆溫槽。

B.分別取 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL 加入各燒杯中靜置。

C. 1 小時後時，將溶液抽氣過濾取出濾液。

D.將濾液顯色，以分光光度計測其吸收值，計算 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 濃度。

2.不同吸附時間下白甘蔗渣與碳粉以不同重量混合對溶液中 Cu^{2+} 吸附率的探討

(1)控制變因：

以純水配製 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ 100mL、溫度 25°C。

(2)操縱變因：

不同重量混合之白甘蔗渣與碳粉(不同重量混合之白甘蔗渣與碳粉對 Cu^{2+} 吸附實驗，吸附率超過 80%的組合)、吸附時間分別為:1、5、15、30 分鐘。

4g 碳粉+1g 蔗渣	4g 碳粉+2g 蔗渣	4g 碳粉+3g 蔗渣	4g 碳粉+4g 蔗渣
5g 碳粉+1g 蔗渣	5g 碳粉+2g 蔗渣	5g 碳粉+3g 蔗渣	5g 碳粉+4g 蔗渣
6g 碳粉+1g 蔗渣	6g 碳粉+2g 蔗渣	6g 碳粉+3g 蔗渣	6g 碳粉+4g 蔗渣
7g 碳粉+1g 蔗渣	7g 碳粉+2g 蔗渣	7g 碳粉+3g 蔗渣	7g 碳粉+4g 蔗渣

(3)實驗步驟：

A.分別將不同重量混合之甘蔗渣與碳粉置於各個 250mL 的燒杯中，並放入恆溫槽。

B.分別取 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ 100mL 加入各燒杯中靜置。

C.分別於上述時間取出溶液，將溶液抽氣過濾取出濾液。

D.將濾液顯色，以分光光度計測其吸收值，計算 $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ 濃度。

(四)碳粉對白甘蔗渣濾液中 Cu^{2+} 二次吸附後吸附率的探討

1.不同吸附時間下，碳粉對白甘蔗渣濾液中 Cu^{2+} 二次吸附後吸附率的探討

(1)控制變因：

甘蔗渣濾液 100mL、碳粉重量 0.50g、溫度 25°C。

(2)操縱變因：

時間分別為:1、5、15、30 分鐘。

(3)實驗步驟：

A.分別將 1.00 公克的白甘蔗渣置於 4 個 250mL 的燒杯中，加入 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ 100mL 並放入恆溫槽靜置一小時，將溶液抽氣過濾，取出濾液。

B.分別取 0.50 公克的碳粉加入 100mL 甘蔗渣濾液。

C.分別於上述時間取出溶液，將溶液抽氣過濾取出濾液。

D.將濾液顯色，以分光光度計測其吸收值，計算 $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ 濃度。

2.相同吸附時間下，不同重量碳粉對白甘蔗渣濾液中 Cu^{2+} 二次吸附後吸附率的探討

(1)控制變因：

甘蔗渣濾液 100mL、靜置 1min、溫度 25°C。

(2)操縱變因：

碳粉重量分別為:0.50、1.00、2.00、4.00、5.00、6.00、7.00g。

(3)實驗步驟：

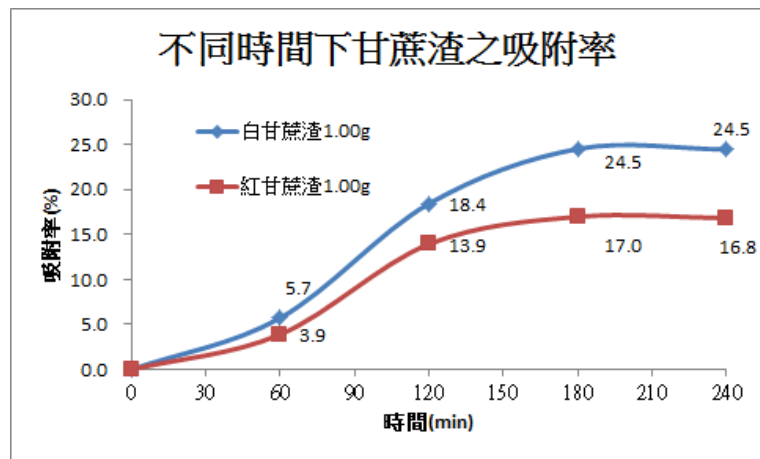
- A.分別將 1.00 公克的白甘蔗渣置於 7 個 250mL 的燒杯中，加入 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL 並放入恆溫槽靜置一小時，將溶液抽氣過濾，取出濾液。
- B.取不同重量的碳粉加入 100mL 甘蔗渣濾液。
- C. 1 分鐘後，將溶液抽氣過濾取出濾液。
- D.將濾液顯色，以分光光度計測其吸收值，計算 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 濃度。

陸、結果與討論

一、甘蔗渣在不同條件下對溶液中 Cu^{2+} 的吸附率

(一)不同吸附時間下甘蔗渣對溶液中 Cu^{2+} 的吸附率

1.實驗結果



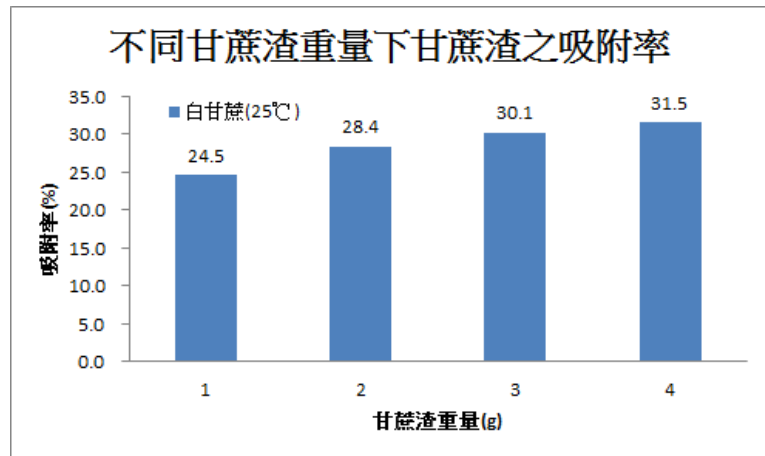
▲圖(十)不同吸附時間下 1.00 公克甘蔗渣之吸附率
(條件:紅、白甘蔗渣各 1.00g、以純水配製 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL、25°C)

2.說明及討論

- (1)由實驗結果發現:白甘蔗渣於 60 分鐘時吸附率為 5.7%，120 分鐘時吸附率為 18.4%，180 分鐘時吸附率為 24.5%，180 分鐘以上吸附率大致不變。
- (2)由實驗結果發現:白甘蔗渣吸附率隨時間增加而增大，吸附時間超過 180 分鐘後，推測在 180 分鐘後的吸附速率與脫附速率已達平衡。
- (3)由實驗結果得知白甘蔗渣的吸附率較紅甘蔗渣的吸附率高，推測白甘蔗渣的木質纖維素較紅甘蔗渣多，故採用白甘蔗渣作為以後實驗的吸附材料。

(二)不同重量白甘蔗渣對溶液中 Cu^{2+} 的吸附率

1.實驗結果



▲圖(十一)不同重量下甘蔗渣之吸附率

(條件:靜置 3 小時、以純水配製 $20\text{ppmCu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL、 25°C)

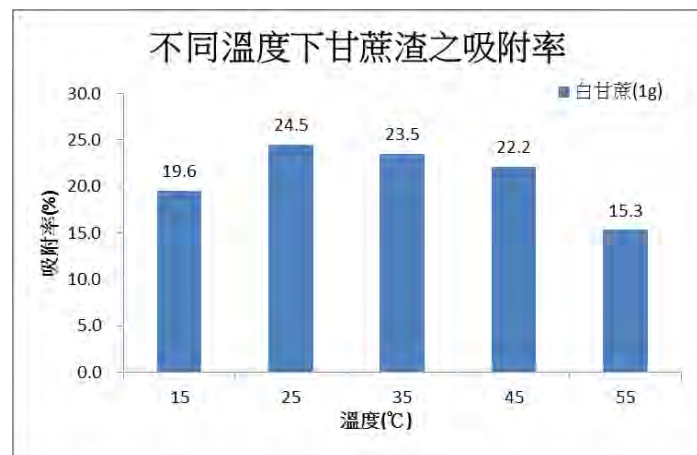
2.說明及討論

(1)單位重量的的吸附率以 1.00g 較佳，達 24.5%/公克，4.00g 最差約 7.9%/公克。

(2)白甘蔗渣重量愈重，吸附率越高，但是當甘蔗渣重量超過 3.00g 後，吸附率的成長有限。

(三)不同溫度下甘蔗渣對溶液中 Cu^{2+} 的吸附率

1.實驗結果



▲圖(十二)不同溫度下甘蔗渣之吸附率

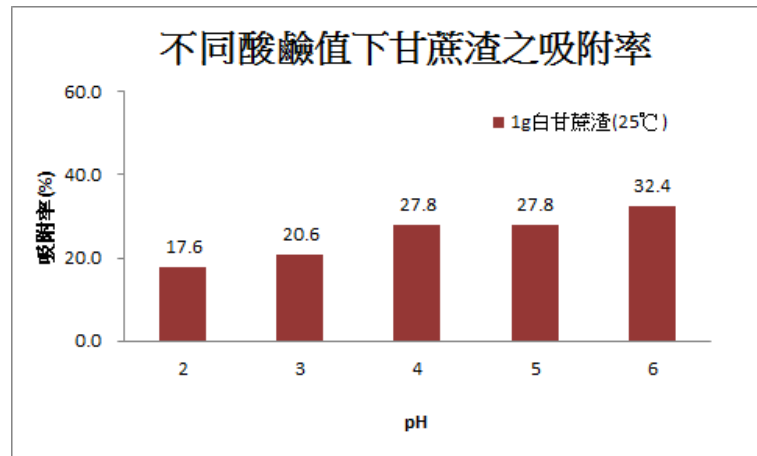
(條件:白甘蔗渣 1.00g、靜置 3 小時、以純水配製 $20\text{ppmCu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL)

2.說明及討論

由實驗結果推測:在吸附時有鍵結的發生，且為放熱反應，在溫度 15°C 時吸附率為 19.6%， 25°C 時吸附率為 24.5%，之後隨溫度上升吸附率有下降趨勢，所以 25°C 時吸附率最高。

(四)不同 pH 值下白甘蔗渣對溶液中 Cu^{2+} 的吸附率

1.實驗結果



▲圖(十三)不同酸鹼值下甘蔗渣之吸附率

(條件: 白甘蔗渣 1.00g、靜置 3 小時、 $20\text{ppmCu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL、 25°C)

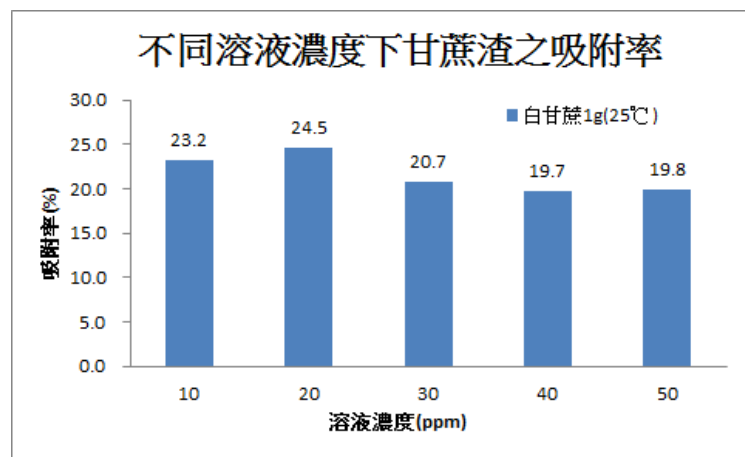
2.說明及討論

(1) Cu^{2+} 的吸附率隨著 pH 上升而增加，但在 pH=7 以上不討論，因為在鹼性環境下， OH^- 會與 Cu^{2+} 形成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉澱。

(2)推測吸附率隨 pH 下降原因為溶液中 $[\text{H}^+]$ 濃度上升， Cu^{2+} 和木質纖維素結構中 OH 的錯合力小於 H^+ 與 OH 間的作用力。

(五)白甘蔗渣對不同濃度溶液中 Cu^{2+} 的吸附率

1.實驗結果



▲圖(十四) 甘蔗渣對不同濃度 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 中 Cu^{2+} 的吸附率

(條件: 白甘蔗渣 1.00g、靜置 3 小時、以純水配製 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ 100mL、 25°C)

2.說明及討論

由實驗結果發現:

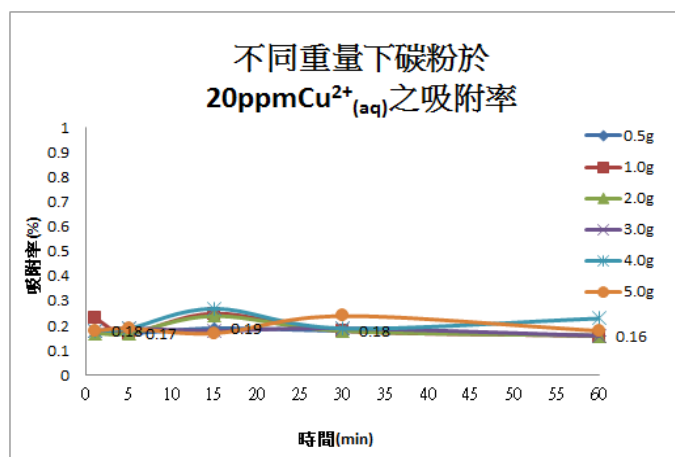
(1)白甘蔗渣對 Cu^{2+} 吸附量於 10ppm 時為 2.3ppm，20ppm 時為 4.9ppm，30ppm 時為 6.2ppm，40ppm 時為 7.9ppm，50ppm 時為 9.9ppm，吸附量隨著溶液濃度上升而增加。

(2)白甘蔗渣對 Cu^{2+} 吸附率於 10ppm 時為 23.2%，20ppm 時為 24.5%，30ppm 時為 20.7%，40ppm 時為 19.7%，50ppm 時為 19.8%，所以 20ppm 時有最大吸附率。

二、探討碳粉對溶液中 Cu^{2+} 之吸附效果

(一)不同吸附時間下不同重量之碳粉對溶液中 Cu^{2+} 的吸附率

1.實驗結果



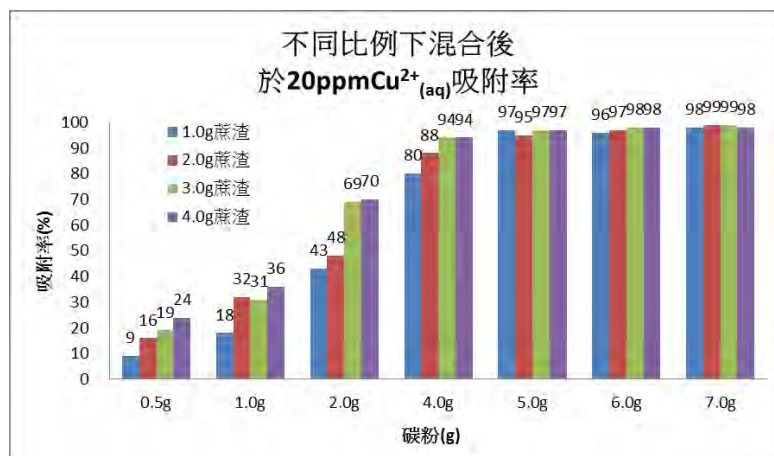
▲圖(十五)不同吸附時間下不同重量碳粉之吸附率
(條件:以純水配製 20ppm Cu^{2+} (aq) 100mL、25°C)

2.說明及討論: 由實驗結果發現:碳粉對 Cu^{2+} 幾乎未吸附。

三、白甘蔗渣與碳粉以不同重量混合後對溶液中 Cu^{2+} 的吸附率

(一)相同吸附時間白甘蔗渣與碳粉不同重量混合對溶液中 Cu^{2+} 的吸附率

1.實驗結果



▲圖(十六)同時間不同重量混合下之吸附率
(條件:靜置 1 小時、以純水配製 20ppm Cu^{2+} (aq) 100mL、25°C)

2.說明及討論

由實驗結果發現:

(1)碳粉為 4.00g 以下，固定碳粉重量，白甘蔗渣對 Cu^{2+} 吸附率隨甘蔗渣重量增加而上升。

(2)碳粉重量由 0.50g 增加至 4.00g 時，固定白甘蔗渣重量，對 Cu^{2+} 吸附率隨碳粉重量增加而上升；碳粉超過 5.00g 以上，則吸附率皆達 95% 以上且變化不大。

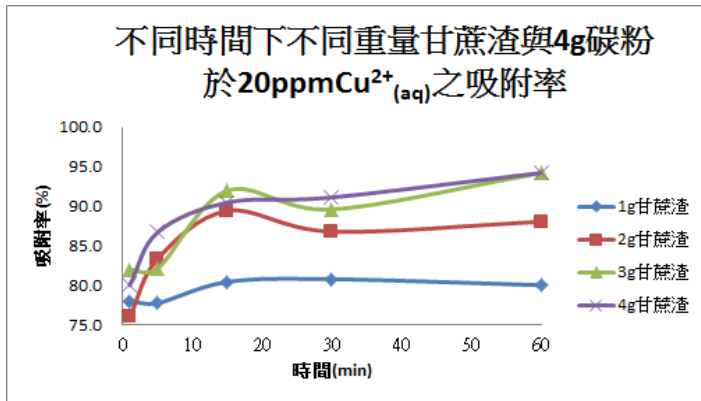
(3)使用超過 5.00g 碳粉以上時，不論甘蔗渣重量為 1.00g、2.00g、3.00g 或 4.00g，吸附率皆達 95% 以上且變化不大。

(4)由圖十得知:1.00g 白甘蔗渣對 Cu^{2+} 於 60 分鐘吸附率為 5.7%，而圖十六顯示:相同條件及相同重量白甘蔗渣與 1.00g 碳粉混合後吸附率達 18%，所以推論此時碳粉吸附率應為 12.3%。

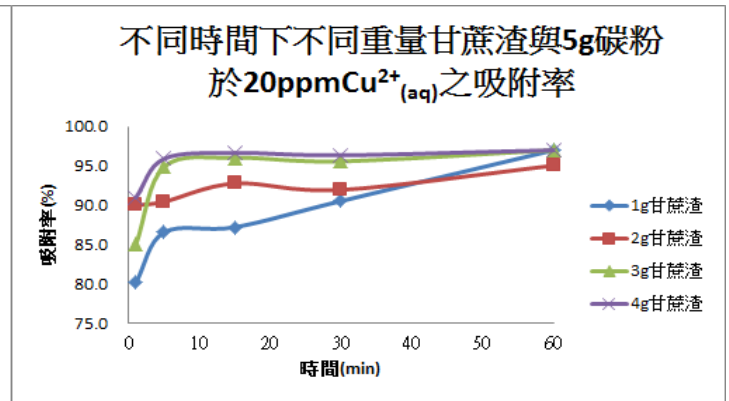
(5)我們推測白甘蔗渣重量越大，可與 Cu^{2+} 形成更多錯合物，更有利於碳粉的吸附，且當碳粉超過 5.00g 以上時已達完全吸附。

(二)不同吸附時間下，甘蔗渣與碳粉以不同重量混合對溶液中 Cu^{2+} 的吸附率

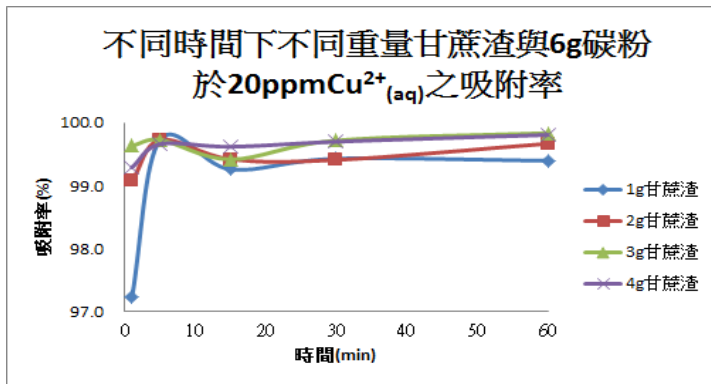
1.實驗結果



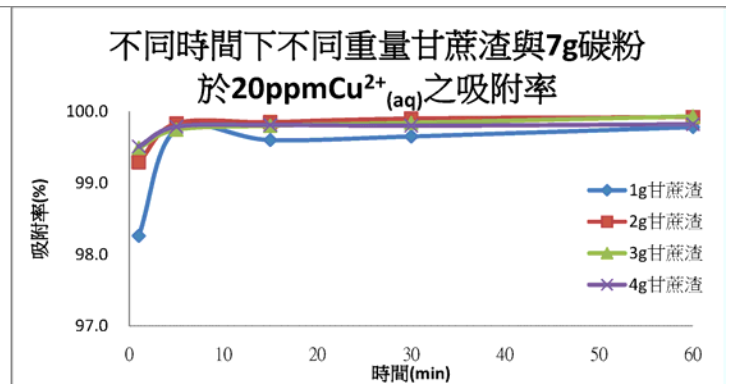
▲圖(十七) 4.00g 碳粉與不同重量甘蔗渣混合之吸附率



▲圖(十八) 5.00g 碳粉與不同重量甘蔗渣混合之吸附率



▲圖(十九) 6.00g 碳粉與不同重量甘蔗渣混合之吸附率



▲圖(二十) 7.00g 碳粉與不同重量甘蔗渣混合之吸附率

(條件:靜置 1 小時、以純水配製 20ppmCu²⁺(aq) 100mL、25°C)

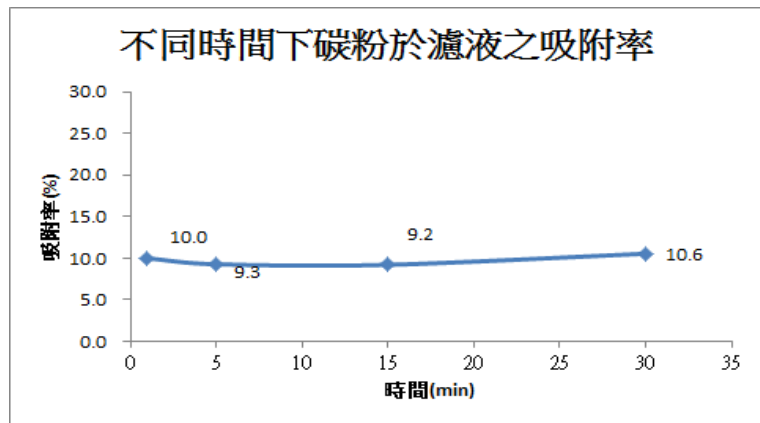
2.說明及討論

- (1)當碳粉的重量固定時，對 Cu^{2+} 吸附速率隨白甘蔗渣重量增加而變大，亦即白甘蔗渣量少時須更長時間達平衡。
- (2)當碳粉重量超過約 6.00g 後，可達最大吸附率約 99.9%。
- (3)當使用 6.00g 與 7.00g 碳粉時，在 1 分鐘時吸附率已超過 97%。
- (4)碳粉吸附平衡時間隨碳粉重量增加而縮短，約 5 分鐘達平衡。

四、碳粉對白甘蔗渣濾液中 Cu^{2+} 二次吸附後的吸附率

(一)不同吸附時間下碳粉對甘蔗渣濾液中 Cu^{2+} 二次吸附後的吸附率

1.實驗結果



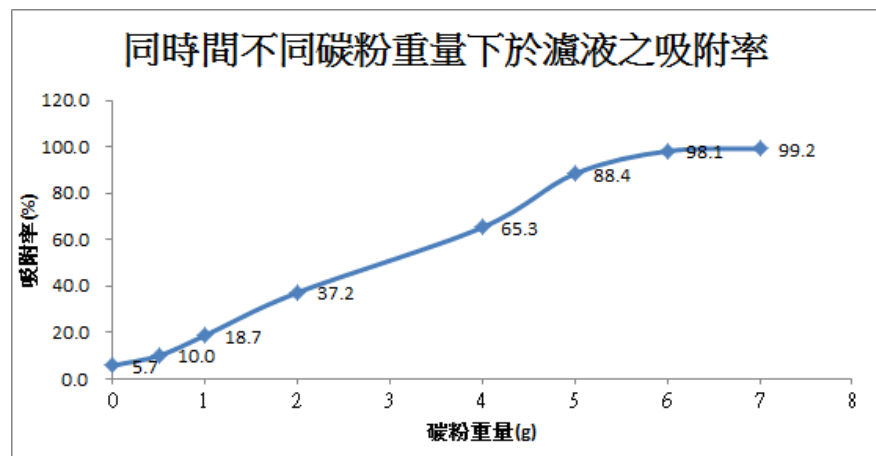
▲圖(二十一)不同吸附時間下碳粉的二次吸附率
(條件: 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ 100mL 經甘蔗渣浸泡 1 小時的濾液、碳粉 0.50g、25°C)

2.說明及討論

從圖中得知碳粉對白甘蔗渣濾液的吸附速率非常快，約 1 分鐘即可完成吸附。

(二)不同重量碳粉對白甘蔗渣濾液中 Cu^{2+} 二次吸附後的吸附率

1.實驗結果



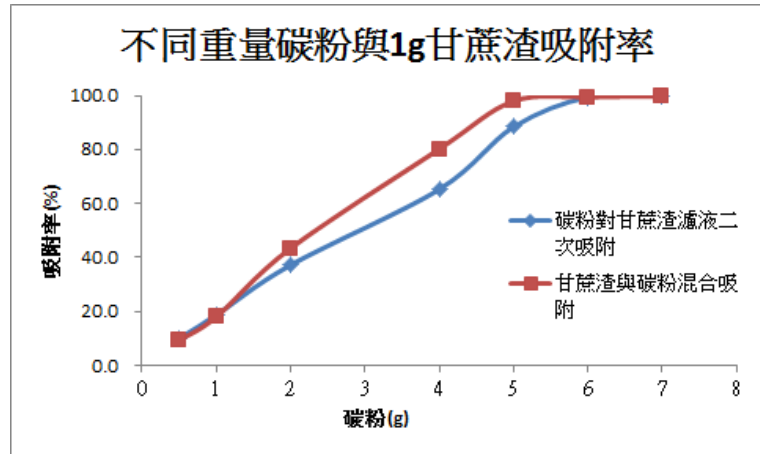
▲圖(二十二)不同重量碳粉之二次吸附率
(條件: 20ppm $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ 100mL 經甘蔗渣浸泡 1 小時的濾液、靜置 1 分鐘、25°C)

2.說明及討論

在相同吸附時間內，碳粉對白甘蔗渣濾液中 Cu^{2+} 的吸附率隨活性碳的重量增加而上升，約在 7.00g 時即可達到吸附最大量。

(三)比較碳粉於白甘蔗渣濾液中 Cu^{2+} 二次吸附與混合吸附的吸附率

1.實驗結果



▲圖(二十三)不同重量碳粉下兩種方式之吸附率比較

▼表(五) 不同重量碳粉下兩種方式之吸附率比較

碳粉重量(g)	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00	6.00	7.00
二次吸附吸附率(%)	10.0	18.7	37.2	65.2	88.3	98.1	99.2
混合吸附吸附率(%)	9.2	18.0	43.4	80.1	97.9	99.4	99.7

2.說明及討論

(1)兩種吸附方法的隨碳粉增加有類似增加趨勢，在碳粉重量達 6.00g 時，吸附率皆超過 99%。

(2)在碳粉 6.00g 以下時，使用相同重量碳粉，混合吸附的吸附率較二次吸附的吸附率高。

柒、結論

一、綜合以上實驗數據找出白甘蔗渣吸附 Cu^{2+} 的最佳條件:

吸附時間	蔗渣種類	溫度	酸鹼度	溶液濃度
180 分鐘	白甘蔗	25°C	pH=6	20ppm

實驗結果: 100mL、20ppm 的 $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ 吸附率:32.3%

二、碳粉對 Cu^{2+} 幾乎無吸附效果。

三、使用混合後的吸附材料，白甘蔗渣與碳粉重量提高皆有助於吸附率提升，不過提高碳粉重量時，對吸附率影響較大。

四、使用 6.00g 碳粉以上達最高吸附率所需時間約 1 分鐘，在 5 分鐘後即可完成吸附，且吸附率達 99%。

- 五、5.00g 以上的碳粉只需 60min 即可達最高吸附率，且吸附率 97%。
- 六、比較碳粉吸附甘蔗渣吸附後的濾液與混合直接浸在溶液中吸附，平衡最大吸附率分別為 99.21%與 99.78%。
- 七、比較二次吸附法與混合吸附法。二次吸附法缺點為:使用同重量的碳粉時吸附率低，且需要進行兩次過濾，混合吸附法不但程序簡便且使用同重量的碳粉時吸附率較高，是值得推廣的一種重金屬吸附方法。
- 八、綜合上述得知碳粉的加入有助於吸附率上升，我們推測在甘蔗渣溶液中的有機物能與 Cu^{2+} 錯合，而錯合後的有機物能被碳粉吸附，因此能大幅提高 Cu^{2+} 的吸附效果。
- 九、從本實驗得知: Cu^{2+} 經形成錯合物後，可被碳粉快速吸附，我們推論可使用此方法除去廢水中的其它重金屬離子。

捌、未來展望

- 一、以碳粉對甘蔗渣濾液二次吸附最佳化條件進行其他重金屬離子吸附率的探討。
- 二、設計方便的過濾系統。
- 三、以精密的儀器設備找出甘蔗渣溶出物質與碳粉吸附作用之探討。

玖、參考資料

- 一、鍾濬鴻,(民 96),化學法增強木質纖維質對水中重金屬離子吸附能力之研究,嘉南藥理科技大學碩士論文。
- 二、游鎮蔚,(民 98),化學修飾法影響大麥渣吸附水中重金屬離子之研究,嘉南藥理科技大學碩士論文
- 三、曾國輝,(民 94),化學第二版下冊,第 28 章錯合物的化學。
- 四、行政院環保署,地下水汙染管制標準網站
- 五、國立自然科學博物館,木質素結構網站
- 六、Saxena, R.C., D.K. Adhikari, and H.B. Goyal, Biomass-based energy fuel through biochemical routes :A review Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2007.
- 七、駱詩富、沈福銘、楊予霈、伍珍妮、阮聖發,(民98),以分光光度法測定五種中草藥中銅離子含量(Determination of Copper in Five Kind of Chinese Herbal Medicines by Spectrophotometer),元培科技大學醫學檢驗生物技術系與生物技術系

壹拾、附錄

一、▼表(六)不同吸附時間下各種混合重量於溶液中Cu²⁺之吸附率(%)

	4g 碳粉				5g 碳粉			
時間(min)	1g 甘蔗渣	2g 甘蔗渣	3g 甘蔗渣	4g 甘蔗渣	1g 甘蔗渣	2g 甘蔗渣	3g 甘蔗渣	4g 甘蔗渣
1	78.0	76.0	82.0	80.0	80.1	90.0	85.0	91.0
5	77.7	83.3	82.1	86.7	86.5	90.4	94.8	95.9
15	80.4	89.4	91.9	90.4	87.2	92.7	96.0	96.6
30	80.7	86.8	89.6	91.1	90.5	91.9	95.6	96.3
60	80.0	88.0	94.2	94.2	97.0	95.0	97.0	97.0
	6g 碳粉				7g 碳粉			
時間(min)	1g 甘蔗渣	2g 甘蔗渣	3g 甘蔗渣	4g 甘蔗渣	1g 甘蔗渣	2g 甘蔗渣	3g 甘蔗渣	4g 甘蔗渣
1	97.2	99.0	99.6	99.2	98.2	99.2	99.4	99.5
5	99.7	99.7	99.7	99.6	99.7	99.8	99.7	99.7
15	99.2	99.4	99.4	99.6	99.6	99.8	99.8	99.8
30	99.4	99.4	99.7	99.7	99.6	99.9	99.8	99.8
60	99.4	99.6	99.8	99.8	99.7	99.9	99.9	99.8

二、Cu(OH)₂沉澱時pH

$$K_{sp} = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 4.8 \times 10^{-20} \text{M}^3 (25^\circ\text{C})$$

$$[\text{Cu}^{2+}] = 0.02/63.5 = 3.15 \times 10^{-4} \text{M}$$

$$\therefore [\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_{sp}}{[\text{Cu}^{2+}]}} = 1.23 \times 10^{-8} \text{M} \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = 8.10 \times 10^{-7} \text{M}$$

∴ Cu(OH)₂ 在 pH=7 - log 8.1 = 6.1 時沉澱

【評語】 040211

作品探討以甘蔗渣吸附 Cu^{2+} ，研究中發現蔗渣混合活性碳有效地提升 Cu^{2+} 的吸附比率，具有創意，且分析 Cu^{2+} 存量亦具可信度，惟對活性碳加入的效應沒有深入的研究，值得補強，作品就更具說服力。