

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 環境學科

最佳創意獎

052601

吸附金「薯」—馬鈴薯吸附重金屬

學校名稱：國立屏東高級工業職業學校

作者： 職二 黃柏睿 職二 薛丞宏 職二 姜雅智	指導老師： 陳蓉頤
---	------------------

關鍵詞：馬鈴薯、重金屬、恆溫吸附方程式

摘要

本實驗我們以馬鈴薯渣做吸附，馬鈴薯中含有澱粉、纖維素、蛋白質註1，這些成分具有可與金屬結合的活性官能基如羧基、氫氧基、胺基註2。

實驗中，我們不做化學修飾，以最簡單的方式吸附，在吸附法中，吸附的金屬種類、濃度、溫度、馬鈴薯使用的量和吸附時間，都會影響到吸附效果，所以我們以上述的條件做為實驗的變因，測量馬鈴薯渣的吸附效果，和以恆溫吸附方程式探討吸附原理。恆溫吸附法中我們以基礎化工課程內所提到的Langmuir方程式及Freundlich方程式推算出吸附原理。

在廢渣處理方面我們將廢渣放入高溫灰化爐中進行灰化後，取部分灰分在進行二次吸附以達到廢棄物再利用的目地且灰化過之灰渣不易脫附。

壹、研究動機

在二年級分析實驗中常製造大量的重金屬廢水，重金屬廢水處理的價格通常較昂貴，而經由這次實驗希望能減少重金屬廢水的濃度，達到可排放的標準註3，期望未來能讓科裡廢水處理成本降低。

在普通化學課程中做過肥皂，也發現肥皂中常加入馬鈴薯汁來提升去汙力，但榨完的馬鈴薯渣通常都直接丟棄而浪費，我們的想法是：『馬鈴薯渣是否還能有其他用途？』；在找資料的過程中發現馬鈴薯渣能夠吸附重金屬的效果；實驗時，我們結合了分析課程中儀器分析的原子吸收光譜儀及分析化學實驗的定性分析實驗，實驗內容中的沉澱物與溶液的分離，定量分析實驗裡的檢量線製作值得我們參考，可從中學習更廣泛的應用。

現今普遍廢水處理的方法為化學沉澱法，由表1發現此種方式會產生大量的廢棄汙泥，難以處理，且容易造成二次汙染註4，而這個實驗的方法為吸附法以有機物馬鈴薯渣為吸附劑，吸

附後的廢渣能進入高溫灰化爐燃燒而達成減積的效果，且呈粉末狀較易處理；我們也不做化學修飾使吸附劑成本降到最低；重金屬廢水處理的課題在現代非常重要，在工廠林立的臺灣，對於廢水的排放的處理應更加注意，但現在常見的廢水處理卻會對環境造成二次傷害，所以希望透過本實驗吸附研究能找出對環境較友善的廢水處理方法。

表 1、廢水處理的方式註 5

處理技術	優勢	劣勢
化學沉澱法	一、製程簡單、成本低 二、反應時間短 三、可處理混合重金屬廢水	一、廢棄污泥產量高 二、廢棄污泥處理費用高 三、設備維護高
混凝膠凝法	一、製程簡單 二、反應時間短 三、設備成本低	一、化學藥劑消耗量大 二、廢棄污泥產量高 三、廢棄污泥處理費用高
吸附法	一、製程簡單 二、去除效率高 一、可同時吸附多種重金屬	一、吸附劑成本高 二、吸附劑再生問題 一、操作成本高



圖 1、左圖為放入高溫爐前，右圖為反應後

貳、研究目的

- 一、了解廢水處理的方式
- 二、了解吸附的相關原理
- 三、以馬鈴薯吸附重金屬，觀察在不同操作條件之下的吸附效果
 - (一) 改變不同重金屬測定吸附效果
 - (二) 改變不同濃度測定吸附效果
 - (三) 相同金屬濃度改變吸附時間
 - (四) 相同金屬濃度改變馬鈴薯使用量
 - (五) 相同金屬濃度改變於不同溫度下吸附
- 四、應用原子吸收光譜法測量重金屬濃度
- 五、學會如何利用數學原理（線性回歸）進而算出檢量線
- 六、找出馬鈴薯吸附最佳的條件

參、研究設備及器材

(一) 表 2、研究所需器材

器材名稱	數量
定量瓶	數個
燒杯	數個
玻棒	數支
漏斗	數個
去離子水	
離心試管	數支
安全吸球	一個
刻度吸量管	20mL、1mL 各一支
試管架	一個

離心機 	一台
火焰式原子分吸光譜儀 	一台
中空陰極燈管（HCL）  左圖為鉛管，中間為銅管，右圖為鐵管	Cu、Pb、Fe 各一管
迴轉式恆溫震盪機 	一台

電子天平 	一台
慢磨機 	一台
灰化爐 	一台

(二) 表 3、研究所需藥品

濃硝酸	馬鈴薯
銅金屬	硝酸鉛
鐵金屬	太白粉(馬鈴薯粉)、地瓜粉、麵粉

肆、研究過程及方法

一、實驗研究結構（圖2）

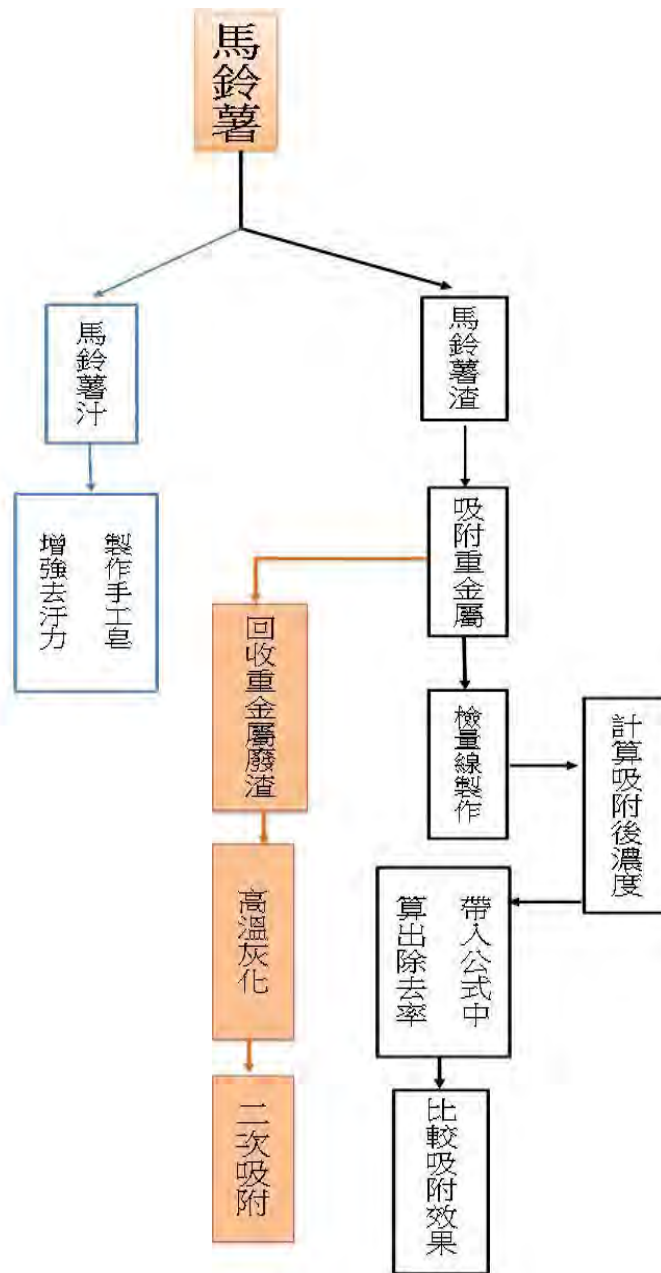


圖2、實驗架構圖

二、實驗步驟

（一）馬鈴薯渣的製作

1. 將馬鈴薯置入慢磨機使固液分離，只取馬鈴薯渣，馬鈴薯則可使用於馬鈴薯家事皂的製作，如圖3。



圖 3、利用馬鈴薯汁製成的肥皂

(二) 藥品配置註 6

1. 配置 1 : 1 之硝酸水溶液：取 25mL 的濃硝酸加入適量的水於燒杯中，將漏斗至於 50mL 定量瓶沿著玻棒，將硝酸溶液倒入，加水至刻線。
2. 配置 0.15%(V/V)之硝酸溶液，「試劑水」：取 1.5mL 的濃硝酸加入適量的水於燒杯中，將漏斗至於 1000mL 定量瓶沿著玻棒，將硝酸溶液倒入，加水至刻線。
3. 10ml (wt=50 %) 鹽酸：取 5mL 的濃鹽酸加入適量的水於燒杯中，將漏斗至於 10mL 定量瓶沿著玻棒，將鹽酸溶液倒入，加水至刻線。

(三) Pb 的檢量線製作

1. 配置鉛儲備溶液：溶解 0.1598 g 硝酸鉛於最少量之 1 : 1 之硝酸溶液於燒杯中，在加入 10mL 的濃硝酸加入適量的試劑水於燒杯中，將漏斗至於 1000 mL 定量瓶沿著玻棒，將硝酸溶液倒入，加試劑水至刻線。(此時為 100 mg/L)
2. 取鉛儲備溶液稀釋成 1 mg/L、5 mg/L、10 mg/L、20 mg/L、30 mg/L、40 mg/L，各 50ml 之標準液，讀取不同濃度鉛儲備溶液之吸收度，繪製檢量線。

(四) Cu 的檢量線製作

1. 配置銅儲備溶液：以 2ml 濃硝酸溶解 0.1 g 銅金屬於燒杯中，在加入 10mL 的濃硝酸加入適量的試劑水於燒杯中，將漏斗至於 1000mL 定量瓶沿著玻棒，將溶液倒入，加試劑水至刻線。(此濃度為 100 mg/L)。
2. 取銅儲備溶液稀釋成 1 mg/L、5 mg/L、10 mg/L、20 mg/L、30 mg/L、40 mg/L，各 50ml 之標準液，讀取不同濃度鉛儲備溶液之吸收度，繪製檢量線。

(五) Fe 的檢量線製作

1. 配置鐵儲備溶液：以 10ml (50 %) 鹽酸和 30ml 濃硝酸溶解 0.1 g 鐵金屬於燒杯中，在加入 5mL 的濃硝酸加入適量的試劑水於燒杯中，將漏斗至於 1000mL 定量瓶沿著玻棒，將溶液倒入，加試劑水至刻線。(此時為 100 mg/L)。
2. 取鐵儲備溶液稀釋成 1 mg/L、5 mg/L、10 mg/L、20 mg/L、30 mg/L、40 mg/L，各 50ml 之標準液，讀取不同濃度鉛儲備溶液之吸收度，繪製檢量線。

(六) 改變吸附時間 (Pb.Cu.Fe-實驗三重覆濃度取平均值)

以球型吸量管吸取鉛（銅、鐵）儲備溶液 10 ml 於 50ml 的量瓶中，加水至刻線，配置成 20mg/L 之吸附液 50ml 和球型吸量管吸取鉛（銅、鐵）儲備溶液 20 ml 於 50ml 的量瓶中，加水至刻線，配置成 40mg/L 之吸附液 50ml，倒入燒杯中，各取馬鈴薯渣 20g，放入震盪機，重複步驟做出分別於 40℃ 震盪 30 分鐘、1 小時、24 小時的樣品，取部分溶液於試管中（如圖 4、5），離心後取上層液，操作原子吸收光譜儀，讀取吸附後溶液之吸收度，紀錄數據，計算吸附前後濃度變化。

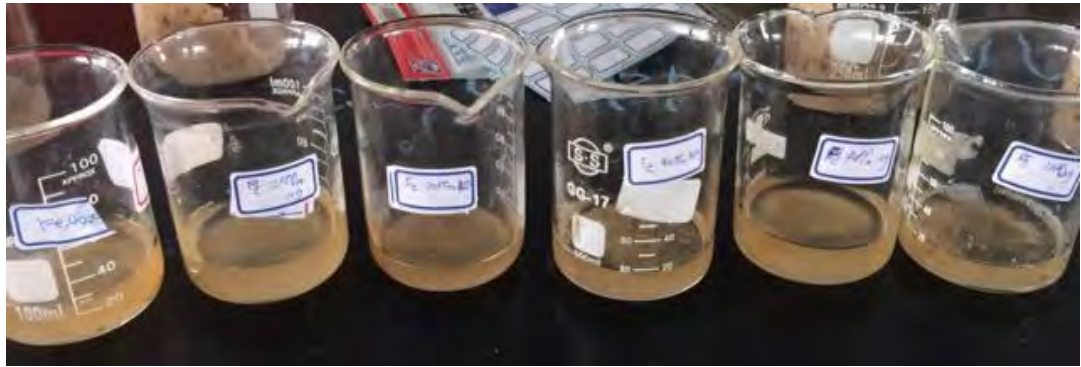


圖 4、吸附後取出的溶液



圖 5、試管離心後，取出的上層液

(七) 改變吸附劑量 (Pb、Cu、Fe-實驗三重覆濃度取平均值)

配置方法同(六)，分別配置成 20mg/L、40mg/L 之吸附液 50ml，各別倒入燒杯中，重複步驟做出取取馬鈴薯渣 10g、20g、40g 的樣品，放入震盪機，分別於 40°C 下震盪 1 小時後，取部分溶液於試管中，離心後取上層液，操作原子吸收光譜儀，讀取吸附後溶液之吸收度，紀錄數據，計算吸附前後濃度變化。

(八) 改變溫度 (Pb、Cu、Fe-實驗三重覆濃度取平均值)

配置方法同(六)，分別配置成 20mg/L、40mg/L 之吸附液 50ml，各別倒入燒杯中，重複步驟做出取取馬鈴薯渣 20g 的樣品，放入震盪機，分別於 25°C、40°C、60°C 下震盪 1 小時後，取部分溶液於試管中，離心後取上層液，操作原子吸收光譜儀，讀取吸附後溶液之吸收度，紀錄數據，計算吸附前後濃度變化。

(九) 雙重變因(實驗二重覆濃度取平均值)

如上述溶液配置方法，分別配置鉛、銅、鐵之吸附液濃度為 40 mg/L 體積為 50ml，操作條件為最佳吸附溫度 60℃ 與最佳吸附劑用量 40g，放入震盪機保持恆溫震盪 1 小時取部分溶液於試管中，離心後取上層液，操作原子吸收光譜儀，讀取吸附後溶液之吸收度，紀錄數據，計算吸附前後濃度變化。

(十) 重金屬混合溶液吸附(實驗二重覆濃度取平均值)

以球型吸量管吸取鉛儲備溶液 10 ml、以球型吸量管吸取銅儲備溶液 10 ml、以球型吸量管吸取鐵儲備溶液 10 ml 於 50ml 的定量瓶中，加水至刻線，配置成鉛、銅、鐵各 20 mg/L 之吸附液 50ml 倒入 1 個燒杯中，取馬鈴薯渣 40g，放入震盪機於 40 °C 震盪 1 小時取部分溶液於三支試管中，離心後取上層液，操作原子吸收光譜儀，讀取吸附後溶液之吸收度，紀錄數據，計算吸附前後濃度變化。

(十一) 恆溫吸附(實驗二重覆濃度取平均值)

以球型吸量管分別配置鉛、銅、鐵 10、20、30、40 mg/L 溶液後，取馬鈴薯渣 10g，放入震盪機 40℃ 震盪 1 小時取部分溶液於三支試管中，離心後取上層液，操作原子吸收光譜儀，讀取吸附後溶液之吸收度，紀錄數據，計算吸附前後濃度變化。

(十二) 灰化吸附(實驗二重覆濃度取平均值)

1. 將吸附過鉛、銅、鐵的馬鈴薯渣，分別至入灰化爐燃兩小時、1000℃，以達到減積的作用。
2. 配置鉛、銅、鐵之吸附液濃度為 20 mg/L 體積為 50ml，取灰分 0.5g 吸附放入震盪機保持恆溫震盪溫度 40℃、1 小時後，取部分溶液於試管中，離心後取上層液，操作原子吸收光譜儀，讀取吸附後溶液之吸收度，紀錄數據，計算吸附前後濃度變化。

（十三）澱粉螯合吸附:

配置方法同（六），配置成 20mg/L 40mg/L 之吸附液 50ml，各別倒入燒杯中，重複步驟做出取不同澱粉 20g 的樣品，放入震盪機，分別於 40℃ 下震盪 1 小時後，取部分溶液於試管中，離心後取上層液，操作原子吸收光譜儀，讀取吸附後溶液之吸收度，紀錄數據，計算吸附前後濃度變化。



圖 6、澱粉吸附

研究結果

一、 計算公式

（一）依儲備溶液濃度及吸光度（吸光度=y，濃度=x）做出線性回歸，求出方程式

（二）將吸附後的溶液所測出的吸光度套入函數轉為濃度

（三）算出馬鈴薯吸附量 $\left(\frac{\text{吸附前後濃度差}}{\text{原濃度}} \times 100\% \right)$

二、 檢量線圖

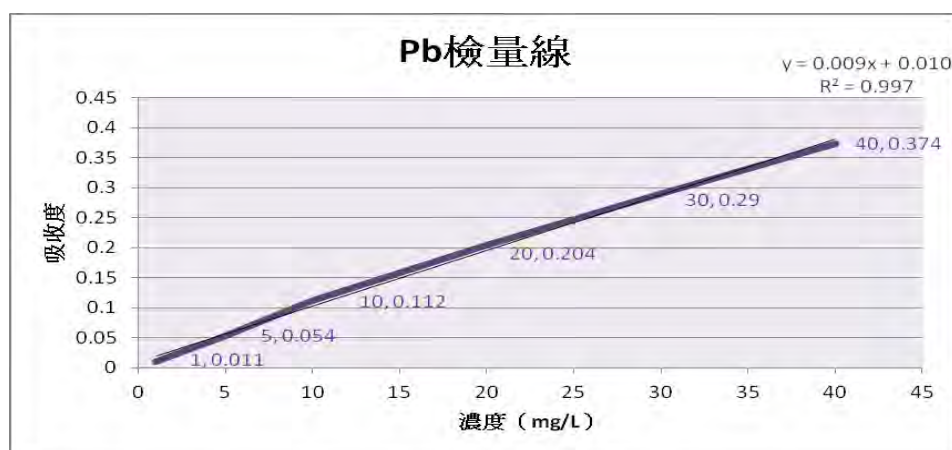


圖 7、Pb 檢量線

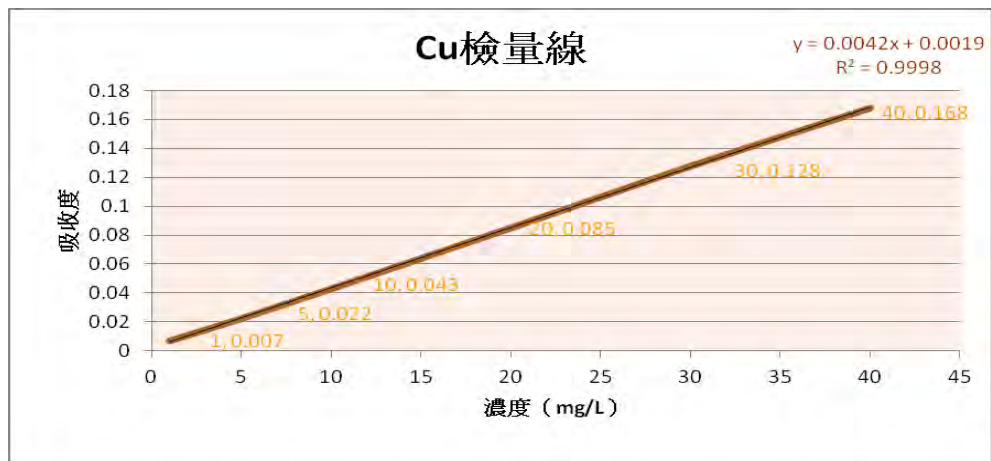


圖 8、Cu 檢量線

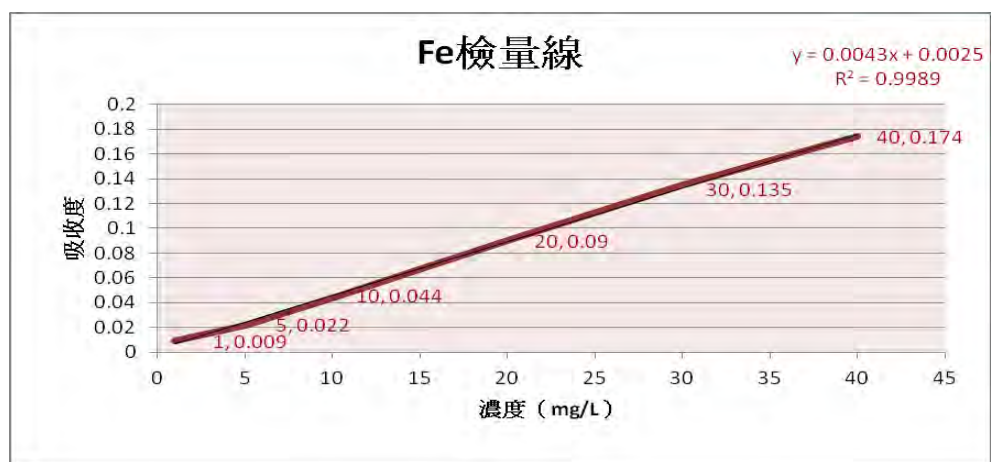


圖 9、Fe 檢量線

三、 吸附量結果

計算 (舉例):

Pb (原濃度 20 mg/L) 吸附後 30 分鐘, 吸光度 (y 值) = 0.036

套入函數轉為濃度 (x 值) = 2.89 mg/L

$$\text{馬鈴薯吸附量} = \left(\frac{\text{吸附前後濃度差}}{\text{原濃度}} \times 100\% \right)$$

$$\text{Pb (原濃度 20 mg/L) 吸附後 30 分鐘, 吸附量} = \left(\frac{20 - 2.89 = 17.11 \text{ mg/L}}{2 \text{ mg}} \times 100\% \right),$$

(二) 吸附量之結果呈現（單一變因）

1. 鉛金屬廢水吸附

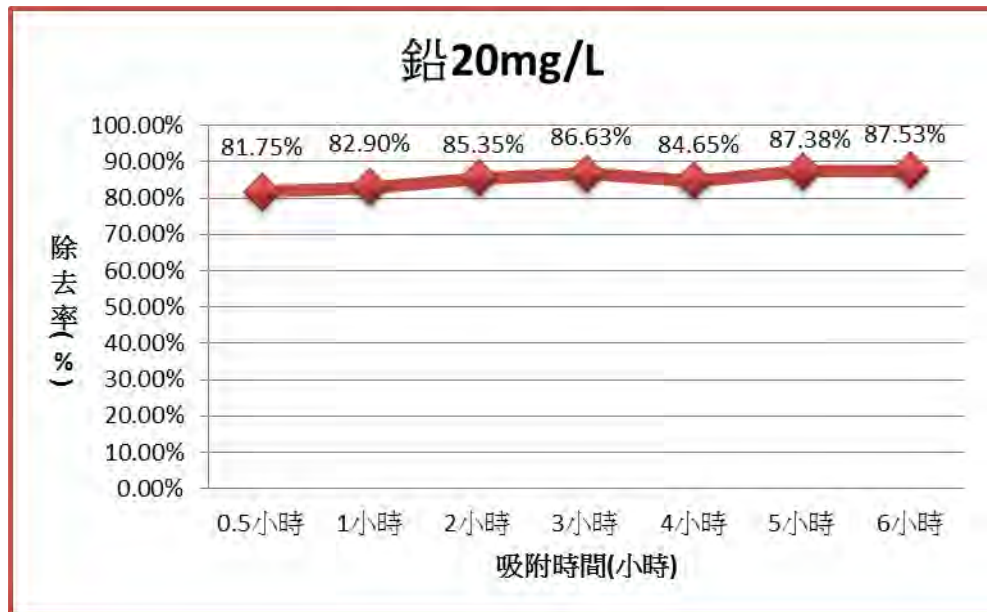


圖 10、鉛 20mg/L，變因：吸附時間

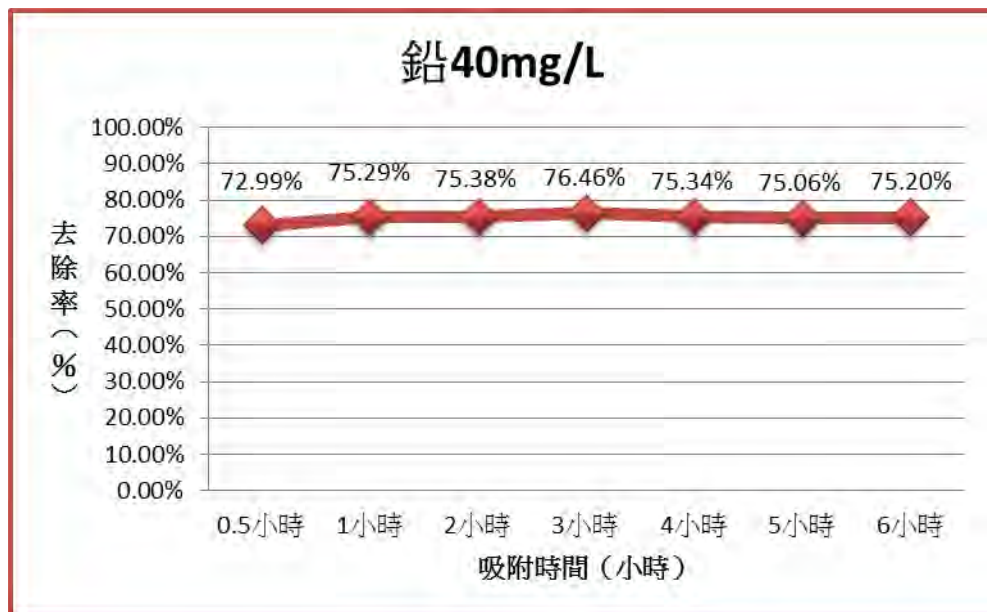


圖 11、鉛 40mg/L，變因：吸附時間

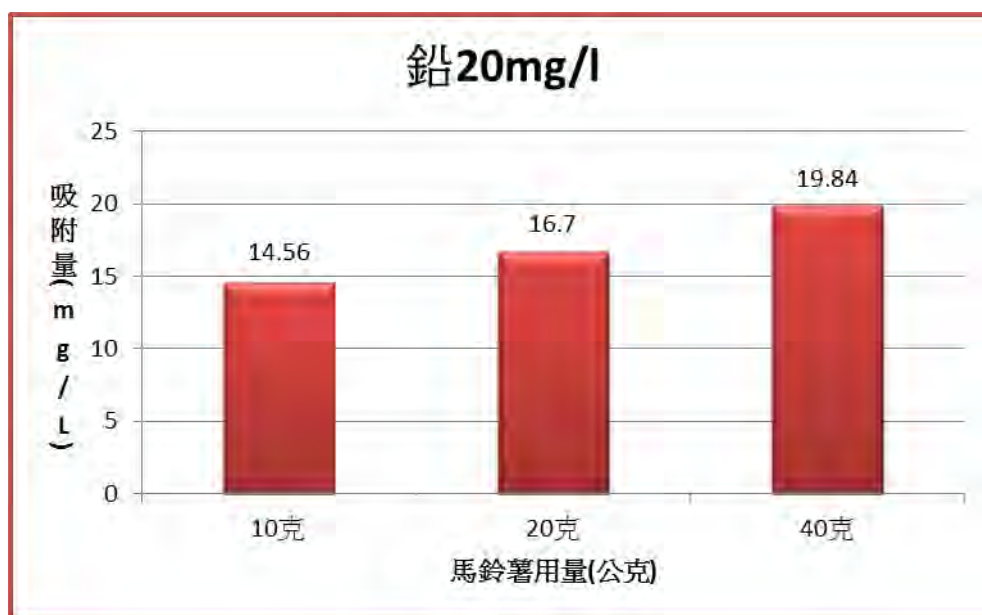


圖 12、鉛 20mg/L，變因：吸附劑量

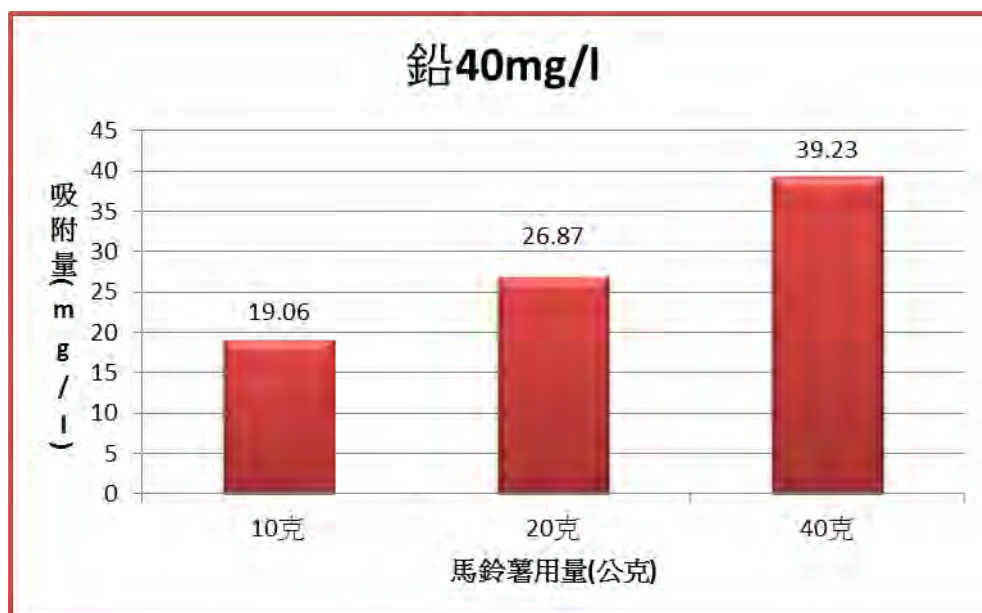


圖 13、鉛 40mg/L，變因：吸附劑量

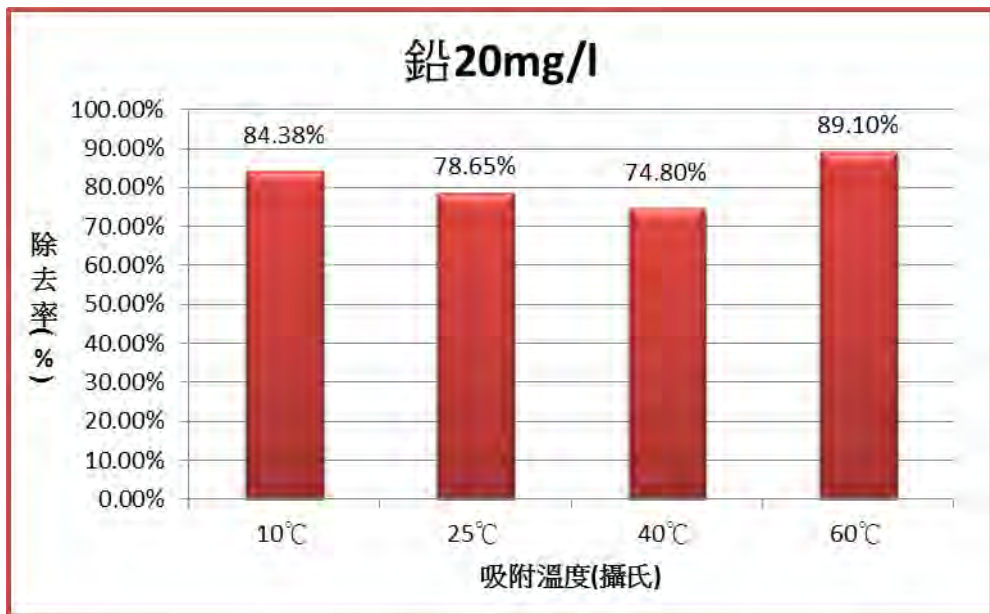


圖 14、鉛 20mg/L，變因：吸附溫度

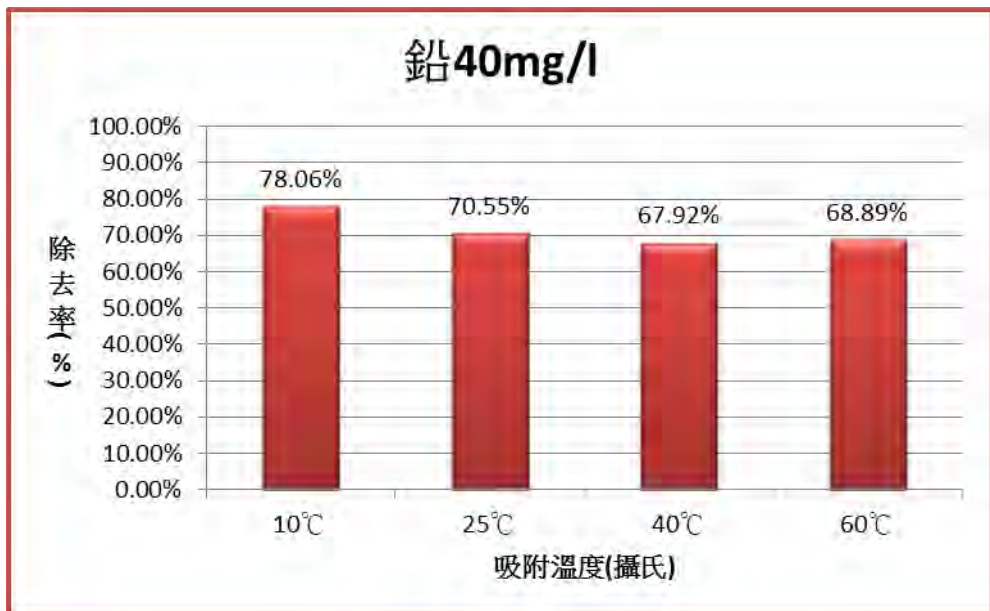


圖 15、鉛 40mg/L，變因：吸附溫度

2. 銅金屬廢水吸附

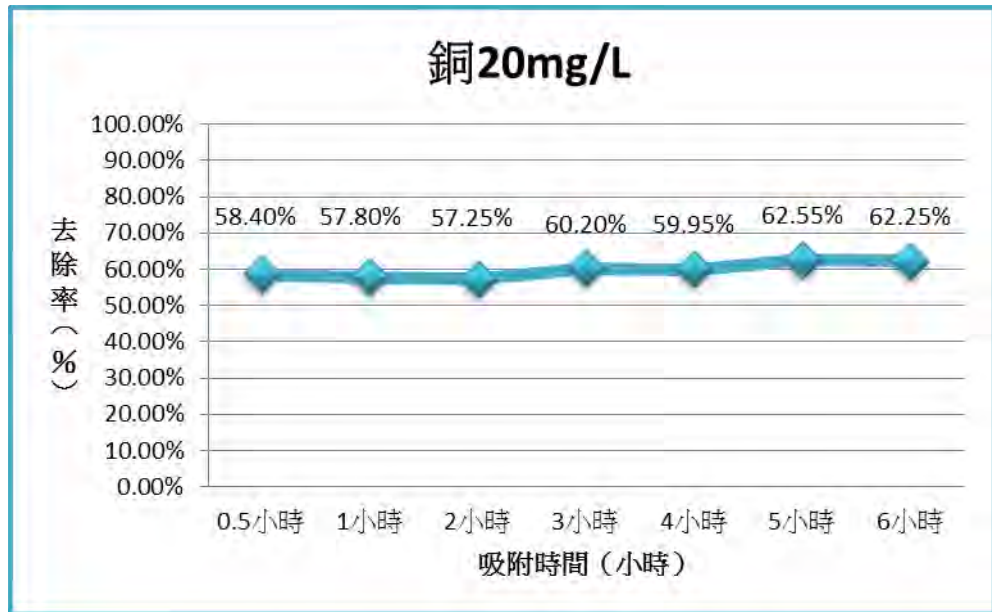


圖 16、銅 20mg/L，變因：吸附時間

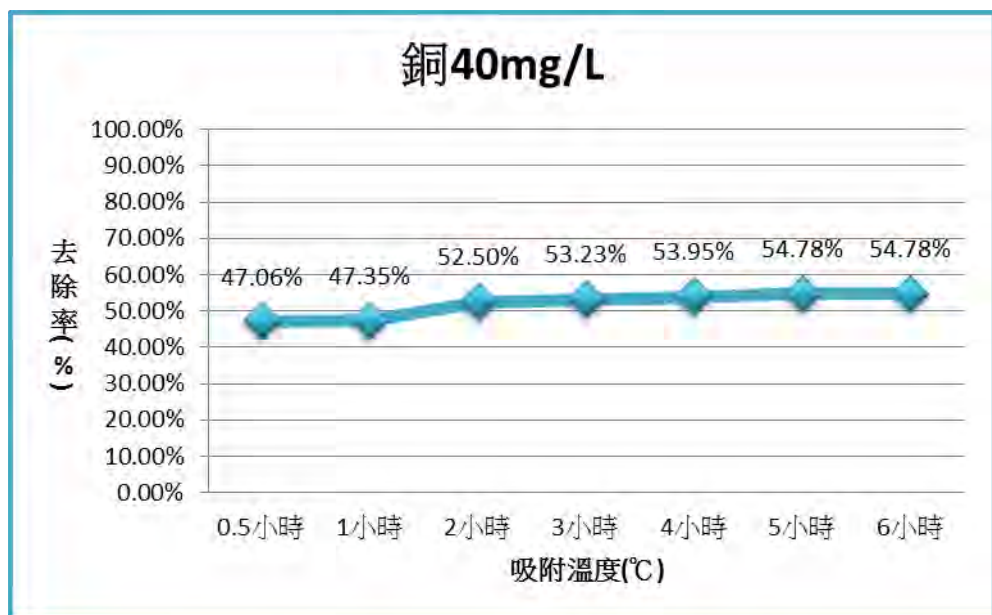


圖 17、銅 40mg/L，變因：吸附時間

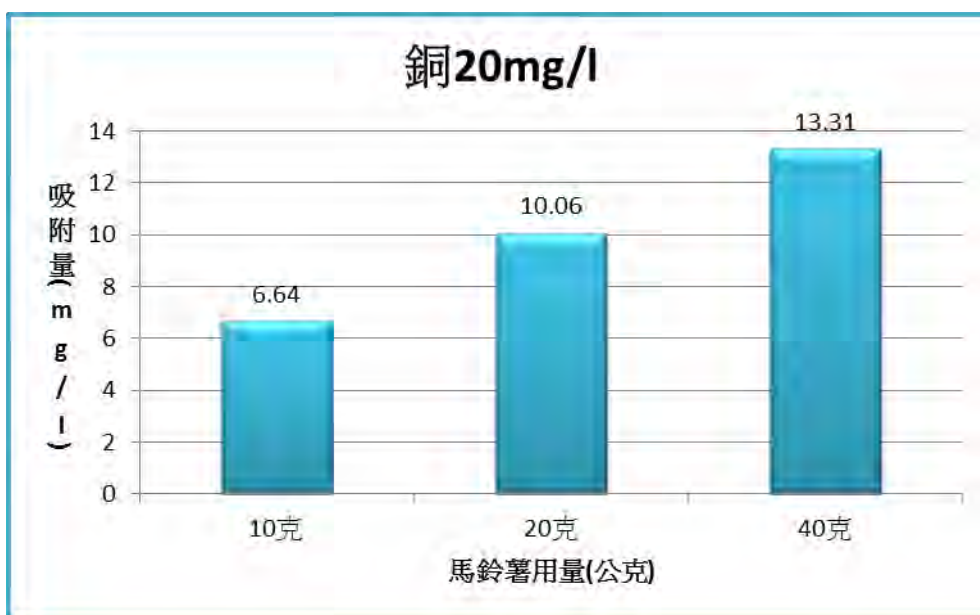


圖 18、銅 20mg/L，變因：吸附劑量

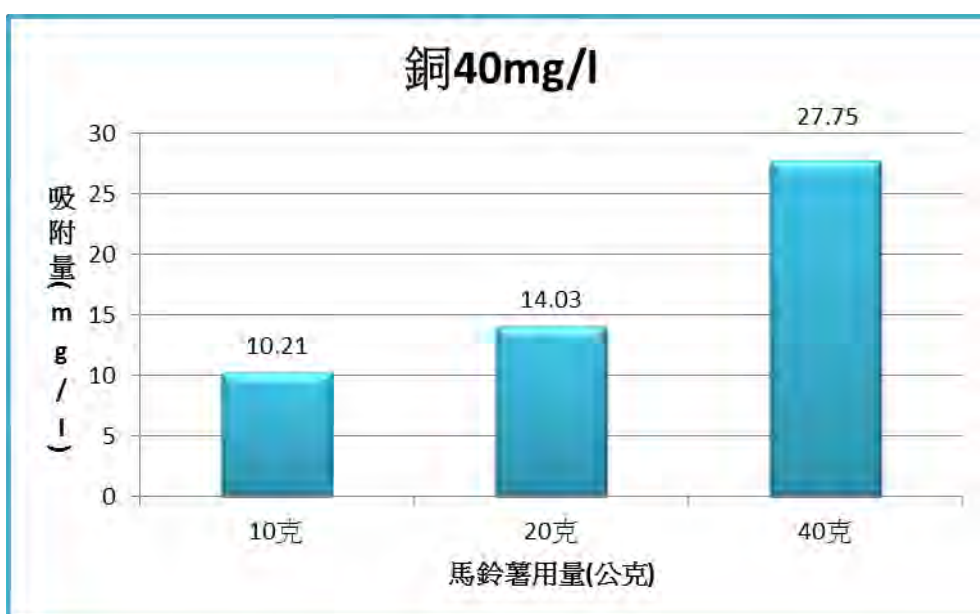


圖 19、銅 40mg/L，變因：吸附劑量

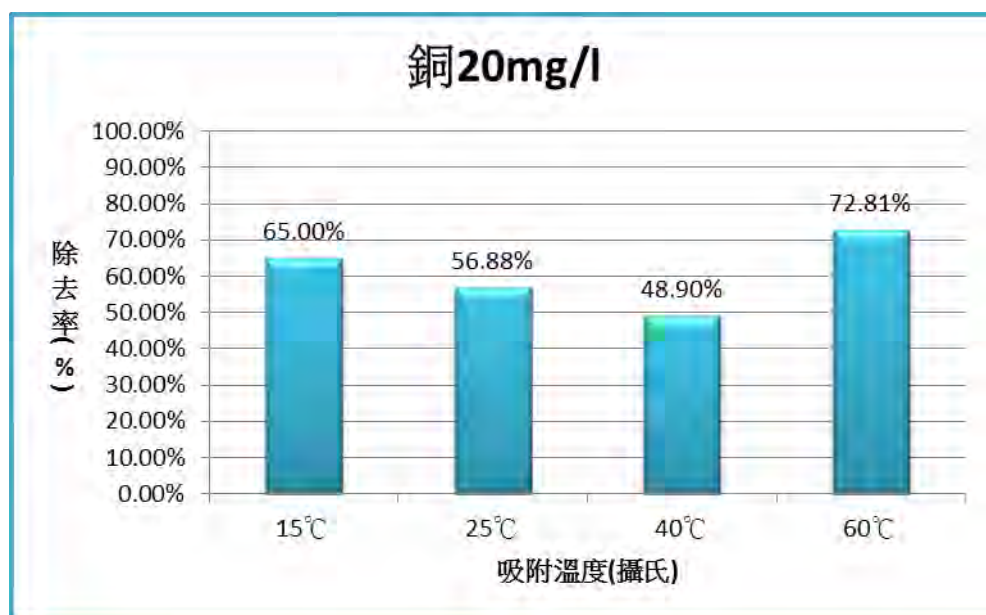


圖 20、銅 20mg/L，變因：吸附溫度

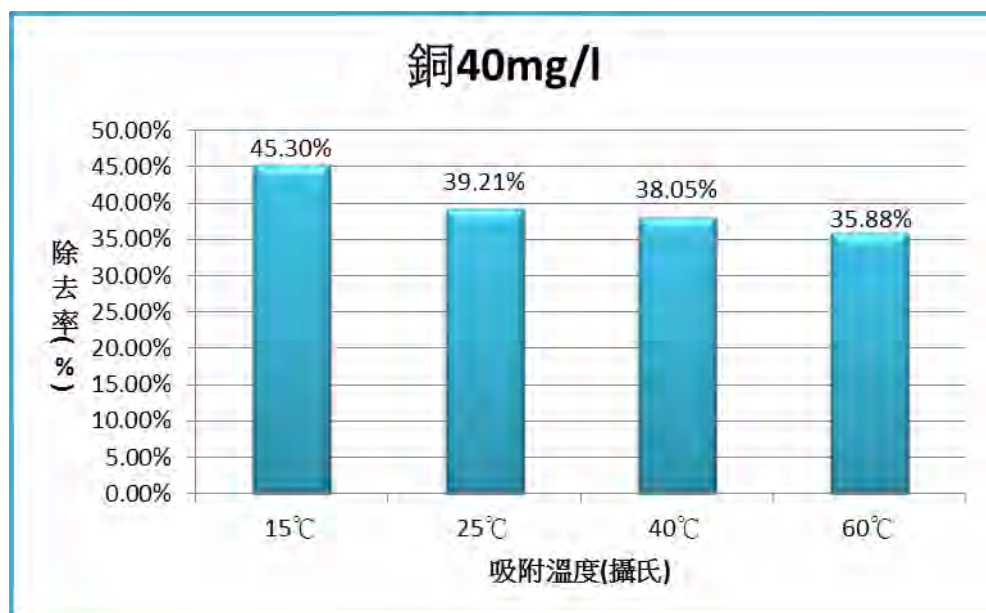


圖 21、銅 40mg/L，變因：吸附溫度

3. 鐵金屬廢水吸附

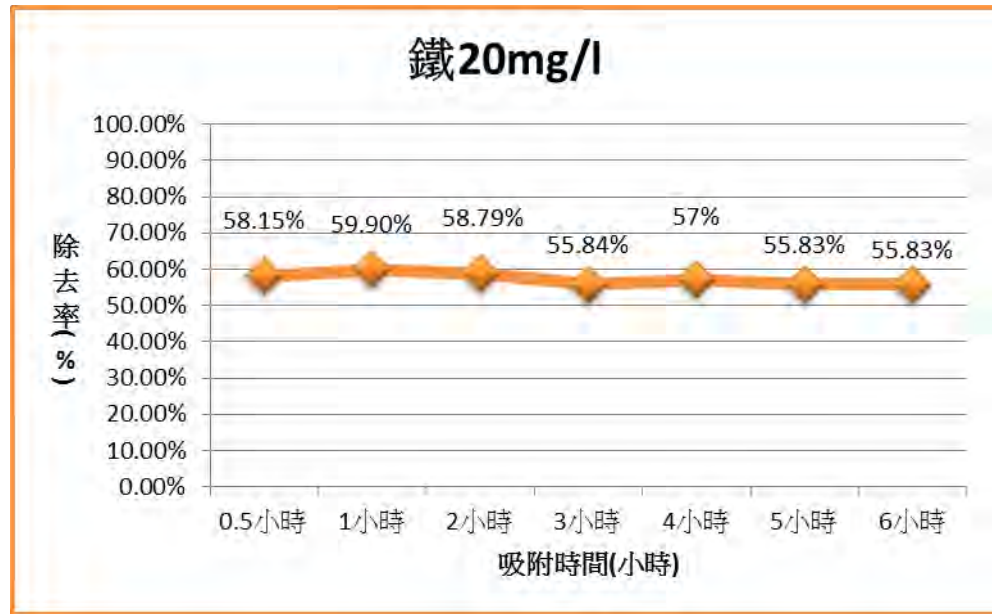


圖 22、鐵 20mg/L，變因：吸附時間

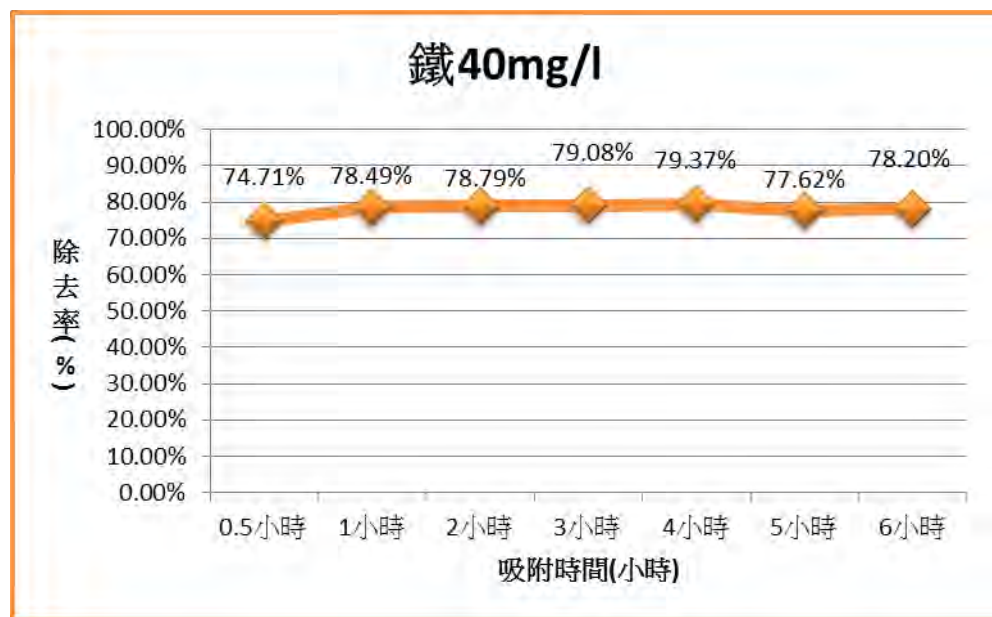


圖 23、鐵 40mg/L，變因：吸附時間

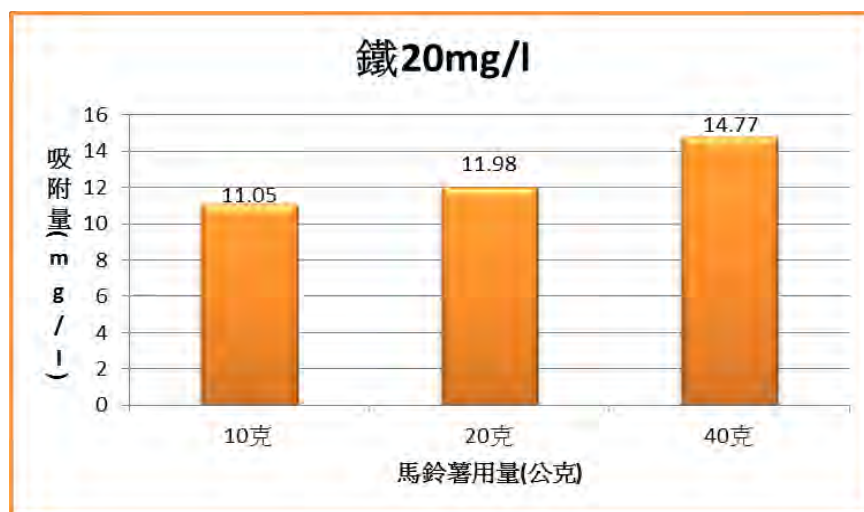


圖 24、鐵 20mg/L，變因：吸附劑量

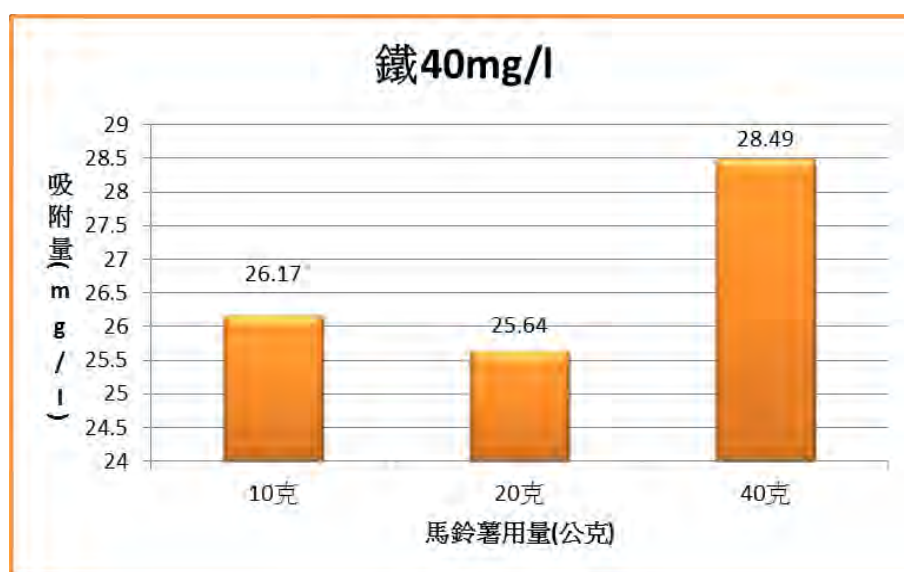


圖 25、鐵 20mg/L，變因：吸附劑量

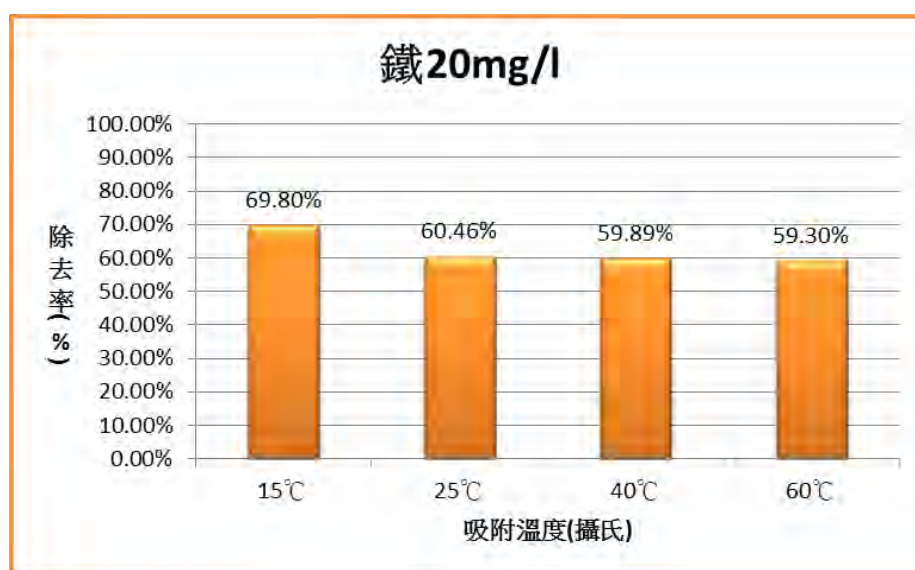


圖 26、鐵 20mg/L，變因：吸附溫度

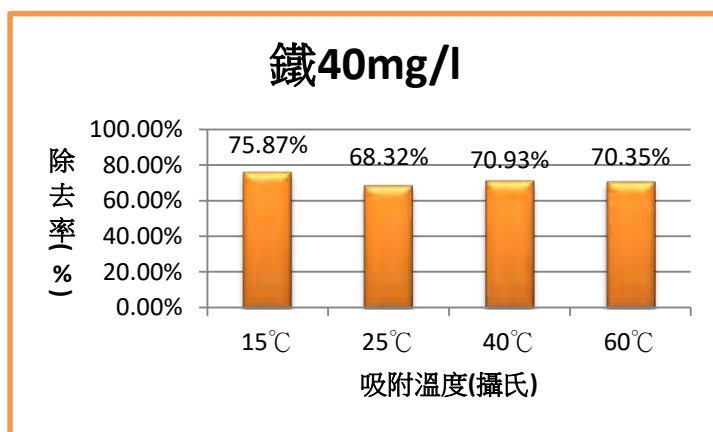


圖 27、鐵 40mg/L，變因：吸附溫度

(四) 吸附量之結果呈現（雙重變因）

表 4、雙重變因

		去除率	吸附量
原溶液: Pb、40 mg/L	吸附時間：1 小時、溫度： 60°C、吸附劑量：40 g	93.08%	37.23mg/L
原溶液: Cu、40 mg/L	吸附時間：1 小時、溫度： 60°C、吸附劑量：40 g	78.15%	31.26mg/L
原溶液: Fe、40 mg/L	吸附時間：1 小時、溫度： 60°C、吸附劑量：40 g	77.03%	30.81mg/L

(五) 吸附量之結果呈現（離子綜合吸附）

表 5、離子綜合吸附

			去除率	吸附量
原溶液：Pb、20 mg/L Cu、20 mg/L Fe、20 mg/L	吸附時間：1 小時 溫度：60°C 吸附劑量：40 g	Pb	94.45%	18.89 mg/L
		Cu	51.05%	10.21 mg/L
		Fe	63.35%	12.67 mg/L

(六) 吸附量之結果呈現（灰化後廢渣二次吸附）

表 6、灰化後廢渣二次吸附

			去除率	吸附量
原溶液：Pb、20 mg/L Cu、20 mg/L Fe、20 mg/L	吸附時間：1 小時 溫度：40℃ 吸附劑量：0.5 g	Pb	90.12%	18.02mg/L
		Cu	97.50%	19.5 mg/L
		Fe	57.25%	11.45mg/L

(七) 吸附量之結果呈現（澱粉螯合）

表 7、澱粉螯合影響實驗

吸附時間：1 小時、吸附劑量：20 g、溫度：40℃		去除率	吸附量
太白粉 (馬鈴薯澱粉)	原溶液: Cu、40 mg/L	29%	11.6 mg/L
	原溶液: Fe、40 mg/L	91.57%	36.63 mg/L
麵粉	原溶液: Cu、40 mg/L	27.73%	11.09 mg/L
	原溶液: Fe、40 mg/L	67.73%	27.09 mg/L
地瓜粉	原溶液: Cu、40 mg/L	23.23%	9.29 mg/L
	原溶液: Fe、40 mg/L	18.88%	18.88 mg/L

(八) 恆溫吸附模式註 7

1. 解釋恆溫吸附模式

當吸附劑被加入於含有金屬的溶液中，並加以攪拌使產生適當的接觸，此時金屬離子即被吸附。如果吸附的時間夠長，溶質的濃度從起始的 C_0 降至平衡濃度 C_e ，通常需要一至四小時即可達成平衡。吸附劑的恆溫吸附現象一般可以利用 Freundlich 等溫吸附式、Langmuir 等溫吸附式加以說明。

表 8、恆溫吸附模式做圖說明

	Freundlich 等溫吸附式	Langmuir 等溫吸附式
單位	Qe：達吸附平衡時，吸附劑吸附量 (mg/g) Ce：達吸附平衡時，吸附質濃度 (ppm) KF：經驗常數，代表吸附容量 $<(\text{mg/g})/(\text{ppm})^n>$ <u>(KF 值越大代表吸附劑之吸附容量越大)</u> n：經驗常數，代表吸附強度	qe：達吸附平衡時，吸附劑吸附量 (mg/g) qm：吸附劑之飽和吸附量 (mg/g) Ce：達吸附平衡時，吸附質濃度 (ppm) KL：平衡吸附常數 (L/mg)，與吸附能有關係
相關解釋	K, n 值可以利用實驗結果加以求得，其方法如下：在全對數座標紙上，y 軸代表單位質量吸附劑所吸附之質量濃度(X)，x 軸代表平衡濃度 Ce，將各實驗結果繪至於圖上，則各點所連接起來的等溫吸附曲線應為一直線，其斜率為 1/n，截距為 log(K)。 或者是將等溫吸附式兩端取對數得 $\log(X) = \log K + (1/n)\log C_e$，在直角座標圖上，以 log(X)對 log(Ce)做圖，得到斜率為 1/n，截距為 log(K)。 在 Freundlich 等溫吸附式中，當 $C_e = C_0$ 時，n 值與 x/m 值愈大，則愈適用於吸附劑的吸附，以活性碳而言其 x/m 值一般在 0.2~0.8mgCOD/mg 活性碳。	常用於單層的吸附現象，其假設如下： 1 吸附劑上有許多吸附活性位置(Activate Site)，且每一個活性位置均可以吸附一吸附質分子。 2 每個吸附活性位置對吸附分子的親和作用力均相同。 3 當吸附質分子吸附於一活性位置上便不再行脫附，且不會影響到另一吸附質分子的吸附行為。 4 吸附劑的最大吸附容量為每一活性位置均吸附了單一層的吸附質分子。

		5 以 $1/q_e$ 對 $1/C_e$ 作圖，若等溫吸附曲線符合 Langmuir 等溫吸附模式方程式，則可以得到一直線。由直線的截（$1/q_m$）及斜率（$1/q_m K_L$），可以進一步求得吸附劑之飽和吸附量 q_m 及平衡吸附常數 K_L。 6
--	--	---

2. 各金屬濃度恆溫吸附圖

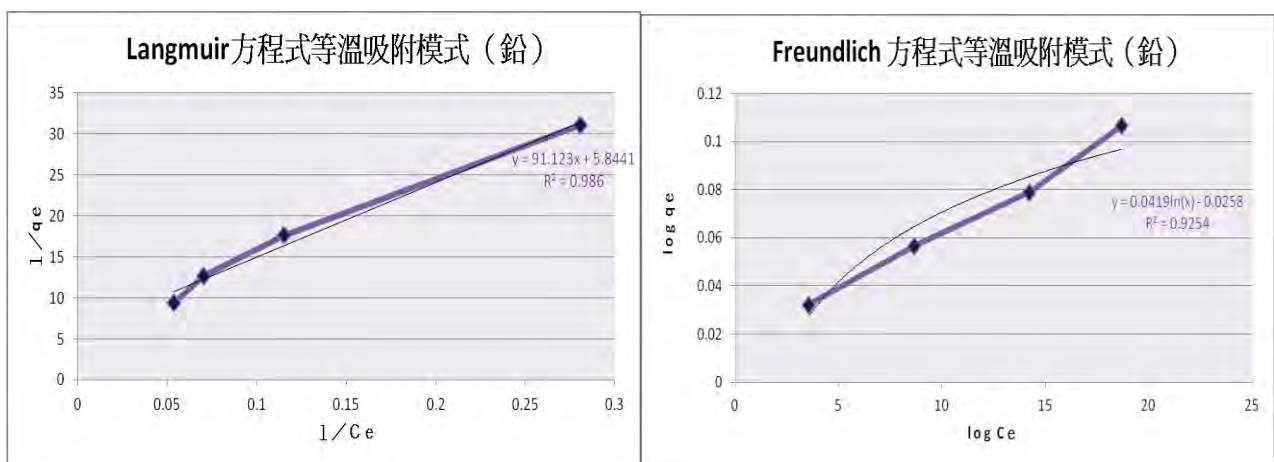


圖 28、Langmuir 方程式等溫吸附模式（鉛）圖 29、Freundlich 方程式等溫吸附模式（鉛）

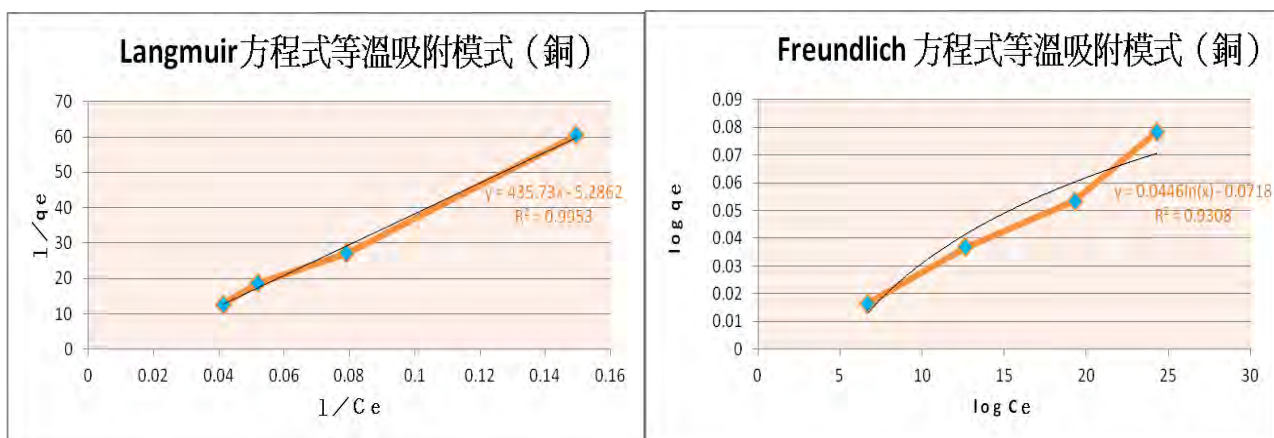


圖 30、Langmuir 方程式等溫吸附模式（銅）圖 31、Freundlich 方程式等溫吸附模式（銅）

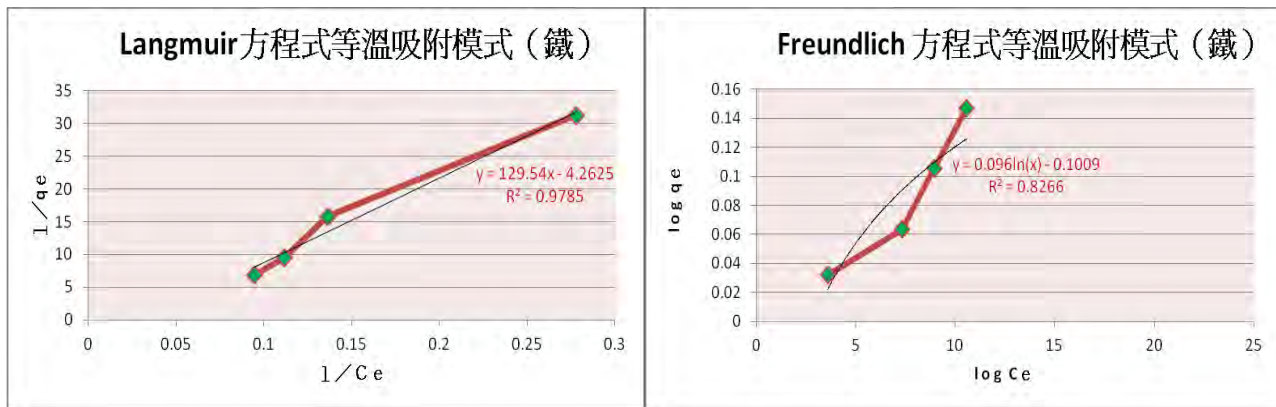


圖 32、Langmuir 方程式等溫吸附模式（鐵）圖 33、Freundlich 方程式等溫吸附模式（鐵）

伍、討論

- 一、根據恆溫吸附圖可知這三種金屬雖較接近 Langmuir 恆溫吸附方程式但差異並不顯著且根據溫度實驗，馬鈴薯渣的吸附模式可能兩種同時發生。
- 二、在 Pb (40PPm) 吸附實驗中以 40g 吸附劑做吸附我們發現在 40°C 時的吸附效果是比在 60°C 時來的好，我們認為是因為在吸附劑量多時的物理吸附量較多，在高溫時脫附而造成吸附效果降低。
- 三、馬鈴薯渣吸附鉛的效果最好但在灰化後對於銅、鐵的效果較好可能是因為灰化後吸附劑孔隙的改變。

四、優點：

- (一) 將廢棄物有效的利用，且吸附重金屬對環保淨一份心力。
- (二) 吸附程序簡單無複雜前處理。

五、缺點：

- (一) 吸附劑屬於碳水化合物未經過化學修飾前，吸附重金屬時用量甚大可能導致處理過後的溶液 COD、BOD 增加。

六、未來展望：

在蒐集資料的過程中我們發現馬鈴薯澱粉的用途非常廣泛，且越來越受到重視，而在製造過程會產生大量馬鈴薯廢渣，因此如果能將此廢渣利用更能達到廢棄物再利用的效果；且這些廢渣含有澱粉、纖維素我們將嘗試利用廢渣發酵產生生質酒精。

七、經由澱粉螯合實驗能發現馬鈴薯澱粉對於重金屬的螯合有一定的效果由此能推測馬鈴薯渣吸附實驗可能也包含螯合的狀況。

陸、結論

一、各金屬濃度在單一變因下最佳去除率：

在 Pb，20 mg/L，以 40℃，馬鈴薯渣 40 克，放置 1hr，吸附程度最佳（99.20%）

在 Pb，40 mg/L，以 40℃，馬鈴薯渣 40 克，放置 1hr，吸附程度最佳（98.07%）

在 Cu，20 mg/L，以 60℃，馬鈴薯渣 20 克，放置 1hr，吸附程度最佳（72.81%）

在 Cu，40 mg/L，以 40℃，馬鈴薯渣 40 克，放置 1hr，吸附程度最佳（67.50%）

在 Fe，20mg/L，以 15℃，馬鈴薯渣 20 克，放置 1hr，吸附程度最佳（69.80%）

在 Fe，40 mg/L，以 40℃，馬鈴薯渣 20 克，放置 4hr，吸附程度最佳（79.37%）

二、無論是哪種離子，我們從實驗結果發現吸附劑的量越多，所能吸附的量就越多。

三、在馬鈴薯渣吸附鉛的實驗中，可由**結論第一點**發現兩種濃度的最佳吸附條件出現在吸附劑量最多中，可推促馬鈴薯渣吸附鉛受到吸附劑量的影響較大，時間跟溫度則為其次。

四、在雙重變因的實驗部分（Pb，40 mg/L、60℃、40g，93.08%），我們發現該條件的吸附效果沒有 Pb，40 mg/L、40℃、40g（96.68%）好，但是比 Pb，40 mg/L、60℃、20g（68.89%）好，由此可見，一次性改變兩個變因並沒有比較好，這裡也證明了馬鈴薯渣吸附鉛，吸附劑量的影響較大。

五、從離子綜合吸附實驗中，能得知，馬鈴薯渣對於各金屬的吸附效果為：Pb > Fe > Cu。

柒、參考資料及其他

註1 來源：台灣區飲食工業（2014）• 食品健康資訊：馬鈴薯五大神奇功效，10 • 取自

<https://goo.gl/Fnltlk>

註2 來源：許富蘭、廖秀娟（2006 年 1 月 6 日）• 中華林學季刊:木質纖維材料應用於重金屬污染物質之移除，39 • 取自 <https://goo.gl/PKoTU3>

註3 來源：行政院環境保護署（2014 年 1 月 24 號）• 流放水標準（第 1030005842 號令修正發布第二條條文）• 取自：<https://goo.gl/Mv7sS4>

註4 來源：李中光（2014）• 環保簡訊，10 • 取自 <https://goo.gl/eEKaLi>

註5 來源：賴怡潔（2014 年 11 月 30 日）• 超臨界流體應用於生質廢棄物回收及製備多功能吸附材料之研究 • 取自 <https://goo.gl/dlr8vi>

註6 來源：水中銀、鎘、鉻、銅、鐵、錳、鎳、鉛及鋅檢測方法—火焰式原子吸收光譜法（2014 年 5 月 2 日）• 行政院環境保護署 • 取自 <https://goo.gl/wx5teF>

註7 來源：吸附 • 取自 <https://goo.gl/60Z7l4>

書籍參考:葉和明（1988）• 單元操作 • 台北市：三民書局

書籍參考:鄭新讚（2008）• 儀器分析 II • 台北縣：全華

【評語】 052601

1. 本作品利用馬鈴薯中含有澱粉、纖維素、蛋白質等成分具有可與金屬結合的活性官能基如羧基、氫氧基、胺基之特性，測量馬鈴薯渣的吸附效果，和以恆溫吸附方程式探討吸附原理，具有環境科學研究之重要性，且具有創新性，廢棄物減量及再利用的研究目的。
2. 本作品以馬鈴薯渣吸附廢水中鉛、銅、鐵離子。以不同金屬離子種類、濃度、溫度、馬鈴薯使用量和吸附時間為變因，探討其吸附效果，吸附結果以常用的物理吸附等溫式 Langmuir 方程式及 Freundlich 方程式迴歸。惟馬鈴薯渣未經處理，其含水量及殘渣顆粒大小可能影響吸附量。一般吸附量當以單位吸附劑重量為基準，圖中吸附量大多以單位體積為基準，後續可深入探討吸附機制及可行性評估。
3. 除探討利用馬鈴薯渣吸附金屬的可行性，並研究一次吸附的馬鈴薯渣經高溫灰化後之二次吸附效果，優點為實驗原理解釋詳盡考量單一試驗變因之效果，數據處理清楚。
4. 後續建議
 - (1)應用於廢水處理所需馬鈴薯渣的量應與工業操作相比較。
 - (2)以 Langmuir、Freundlich 模型來定量馬鈴薯對重金屬的吸附特性，報告中應說明實驗控制條件如控制馬鈴薯渣的物理特性、乾比重、顆粒大小等條件與實驗結果的參數數值。
 - (3)可納入探討吸附後廢渣與灰分最終處置評估，及其對環境的影響。

作品海報

壹、摘要

●表一、實驗內容

實驗程序	操作變因--各別以鉛、銅、鐵20、40 mg/L	控制變因
探討吸附劑量對吸附量之影響	吸附劑量：10g、20g、40g	溫度：40℃ 時間：1小時
探討時間對吸附量之影響	時間：30分鐘、1小時、6小時、24小時	溫度：40℃ 吸附劑量：20g
探討溫度對吸附量之影響	溫度：25℃、40℃、60℃	吸附劑量：20g 時間：1小時

●表二、實驗內容

實驗程序	操作變因	控制變因
探討金屬溫度 & 吸附劑量同時對吸附量之影響	分別以鉛、銅、鐵40 mg/L吸附	時間：1小時 吸附劑量：40g 溫度：60℃
吸附原理探討	分別以鉛、銅、鐵10、20、30、40mg/L吸附	時間：1小時 吸附劑量：10g 溫度：40℃
探討金屬離子對吸附量之影響	分別以鉛、銅、鐵20 mg/L	同時以鉛、銅、鐵20 mg/L 1小時、60℃、40g
灰化渣對吸附之影響		時間：1小時 吸附劑量：0.5g

在實驗中我們分別配製了鉛、銅及鐵的重金屬溶液，對烘乾後的馬鈴薯渣做吸附實驗。發現馬鈴薯渣吸附鉛的效果最好；在吸附成效最好的實驗中甚至有幾組在檢驗過後的濃度能達到廢水排放標準註1。

貳、研究動機

一開始我們的主題原本為自製清潔劑，以增強清潔力為主軸在，在普通化學課程中我們曾做過肥皂，發現肥皂中常加入馬鈴薯汁來提升去汙力，但榨完的馬鈴薯渣通常都直接丟棄而浪費，這個浪費的行為，讓我們開始思考：『馬鈴薯渣是否還能有其他用途？』。我們踏上了尋找解答的旅程；在查詢資料的過程中發現馬鈴薯渣具有吸附重金屬的效果。在二年級分析實驗中常製造大量的重金屬廢水，重金屬廢水處理的價格通常較昂貴，而經由這次實驗希望能減少重金屬廢水的濃度，達到可排放的標準。

近年來的環境汙染的新聞中，時常可看見工廠偷排重金屬廢水，由此可知重金屬廢水處理的問題在工廠林立的臺灣是刻不容緩的議題，對於廢水的排放及處理應更加注意，但現今常見的重金屬廢水處理方法卻會對環境造成二次傷害，所以希望透過本實驗能研究出對環境較友善的廢水處理方法。

叁、研究目的

- 一、了解廢水處理的方式
- 二、了解吸附的相關原理
- 三、以馬鈴薯吸附重金屬，觀察在不同操作條件之下的吸附效果

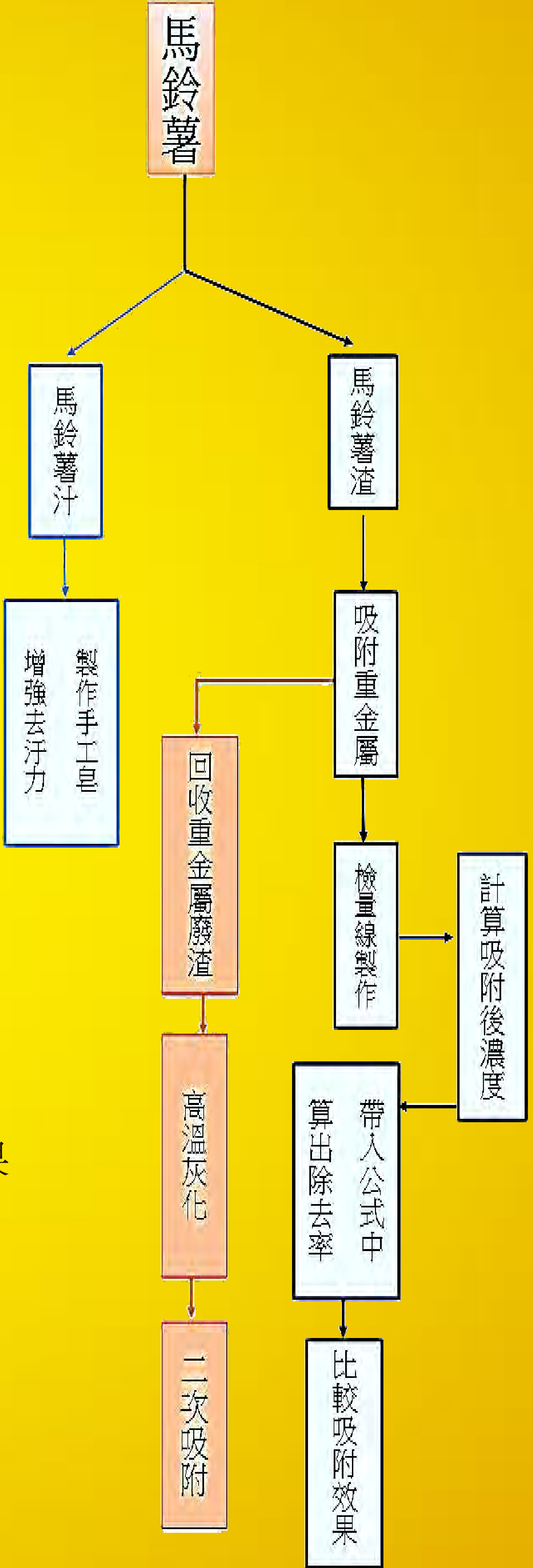
(一) 改變不同重金屬測定吸附效果

(二) 改變不同濃度測定吸附效果

(三) 相同金屬濃度改變吸附時間

(四) 相同金屬濃度改變馬鈴薯使用量

(五) 相同金屬濃度改變於不同溫度下吸附
- 四、應用原子吸收光譜法測量重金屬濃度
- 五、學會如何利用數學原理（線性回歸）進而算出檢量線
- 六、找出馬鈴薯吸附最佳的條件



●圖一、實驗研究流程圖

肆、研究設備及器材



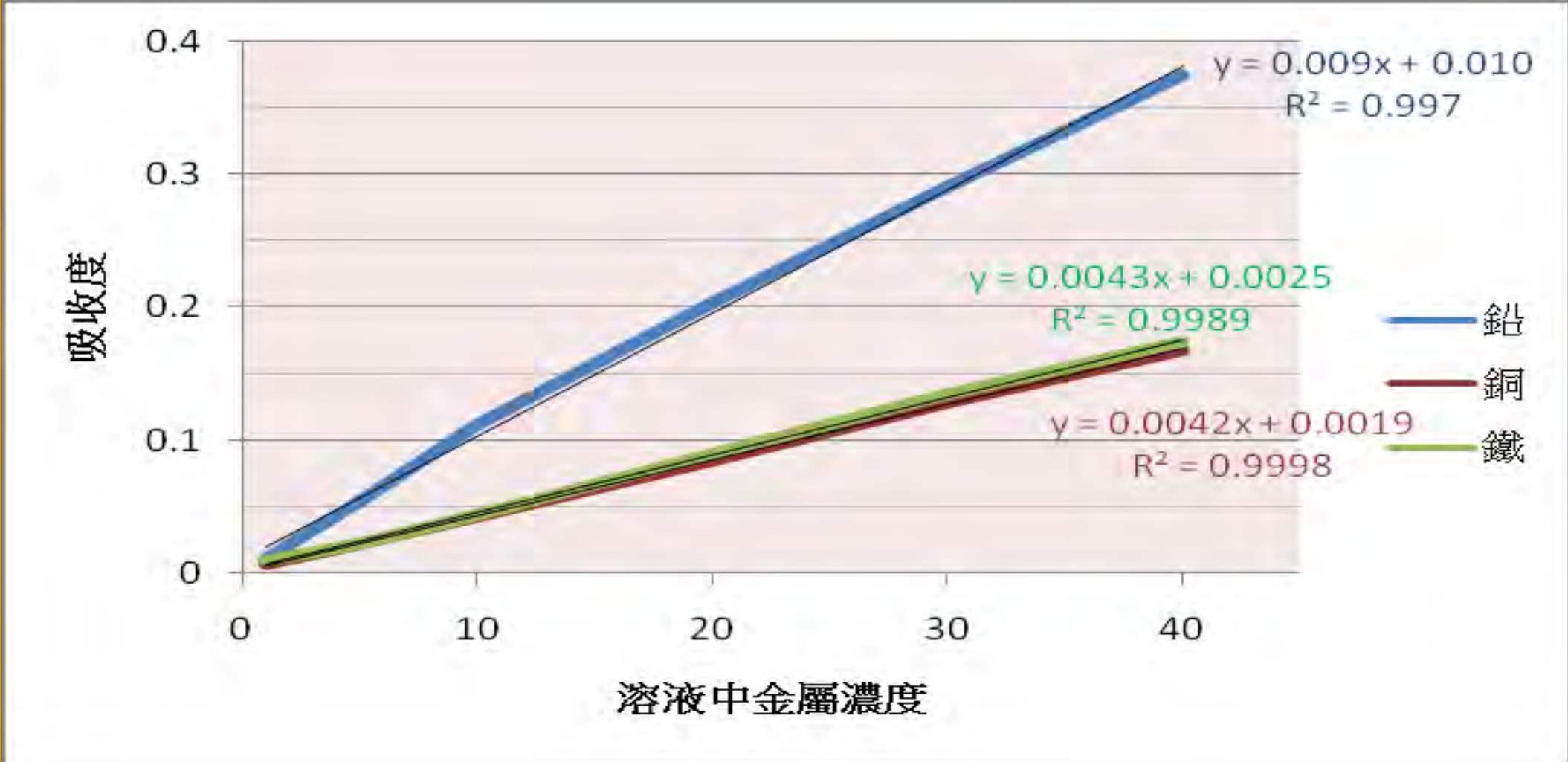
●圖二、離心機

●圖三、往復式恆溫震盪機

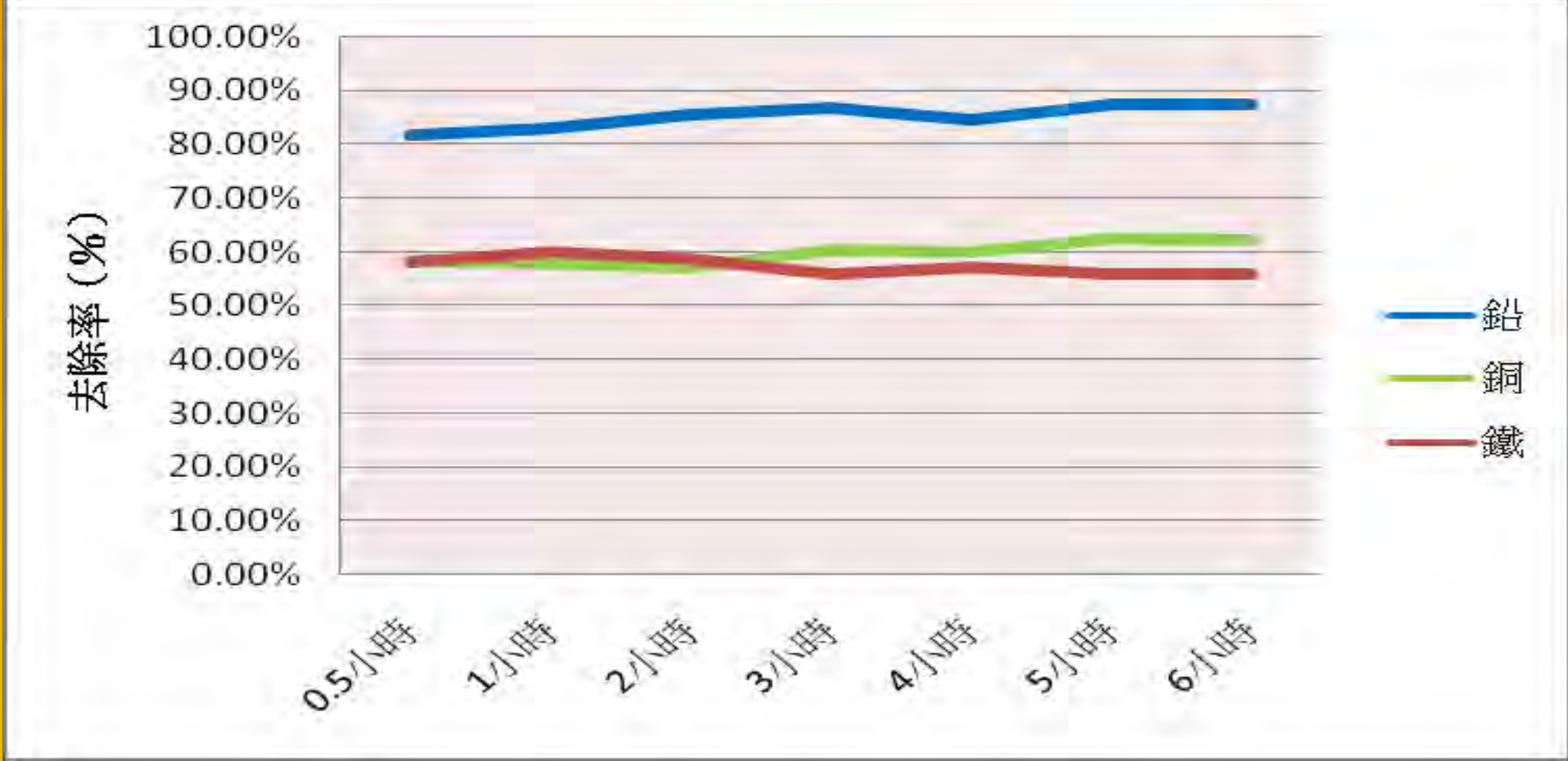
●圖四、火焰式原子吸收光譜儀

●圖五、灰化爐

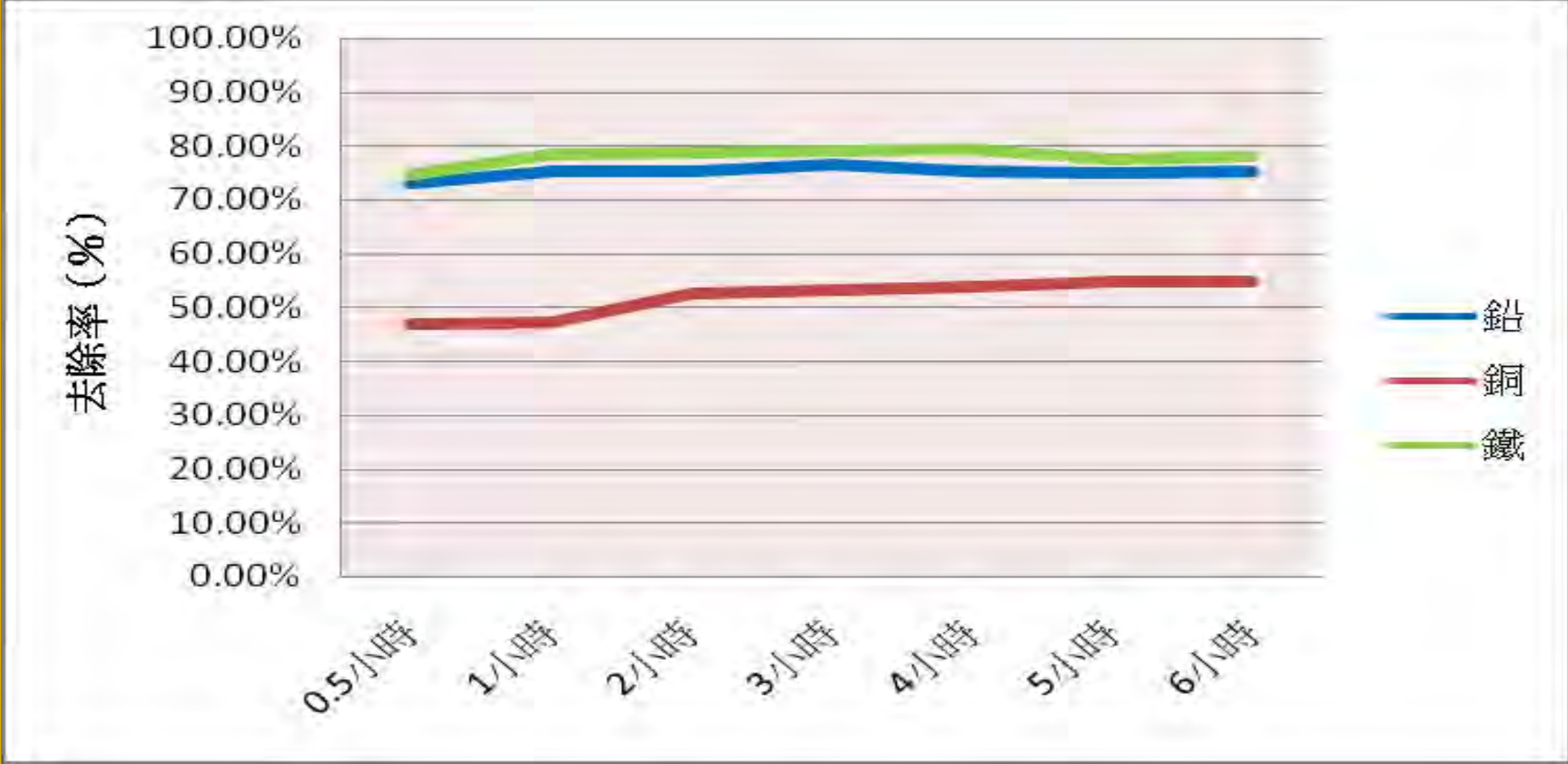
伍、研究結果



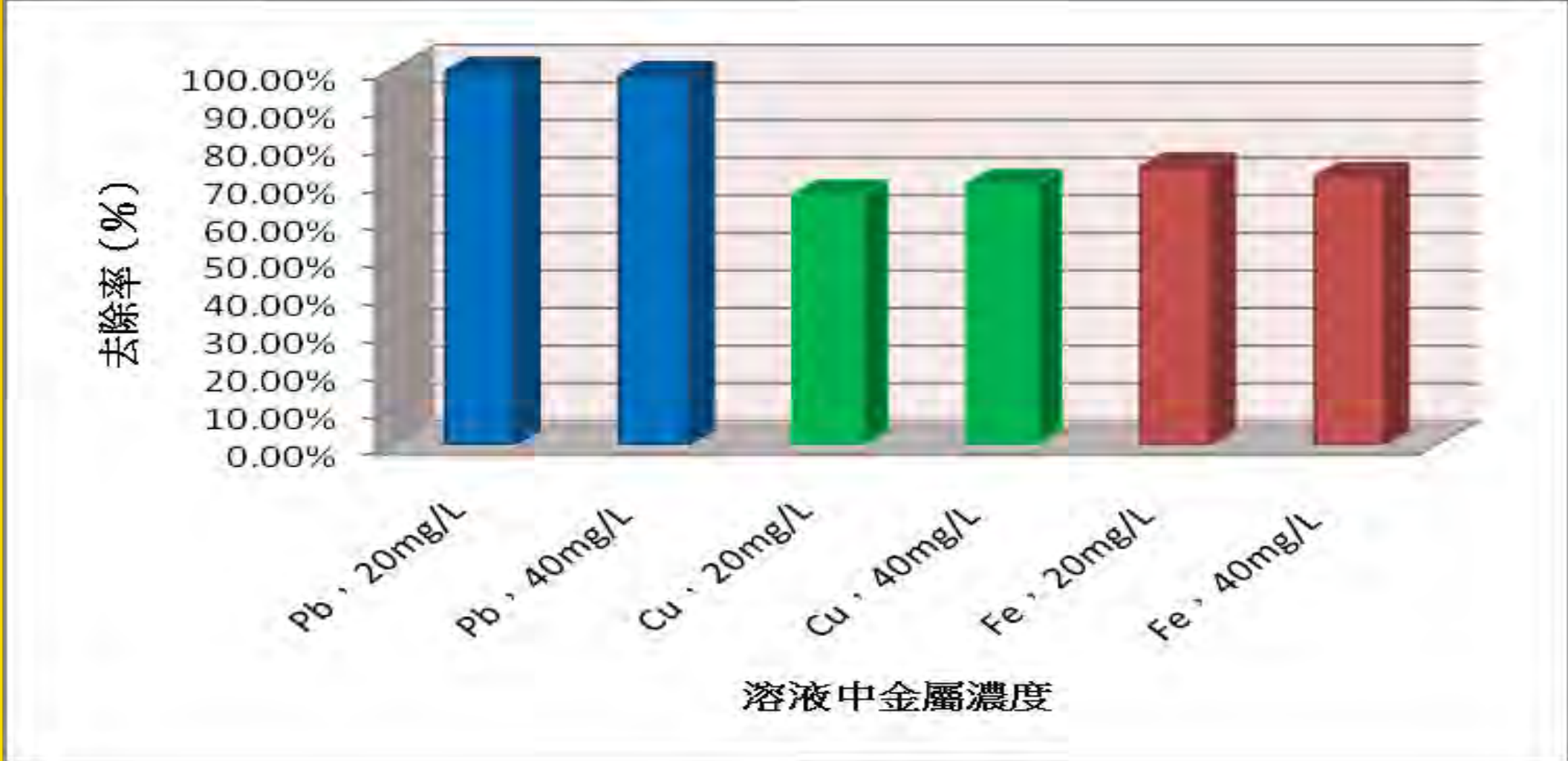
●圖六、配置不同濃度溶液所做成的檢量線



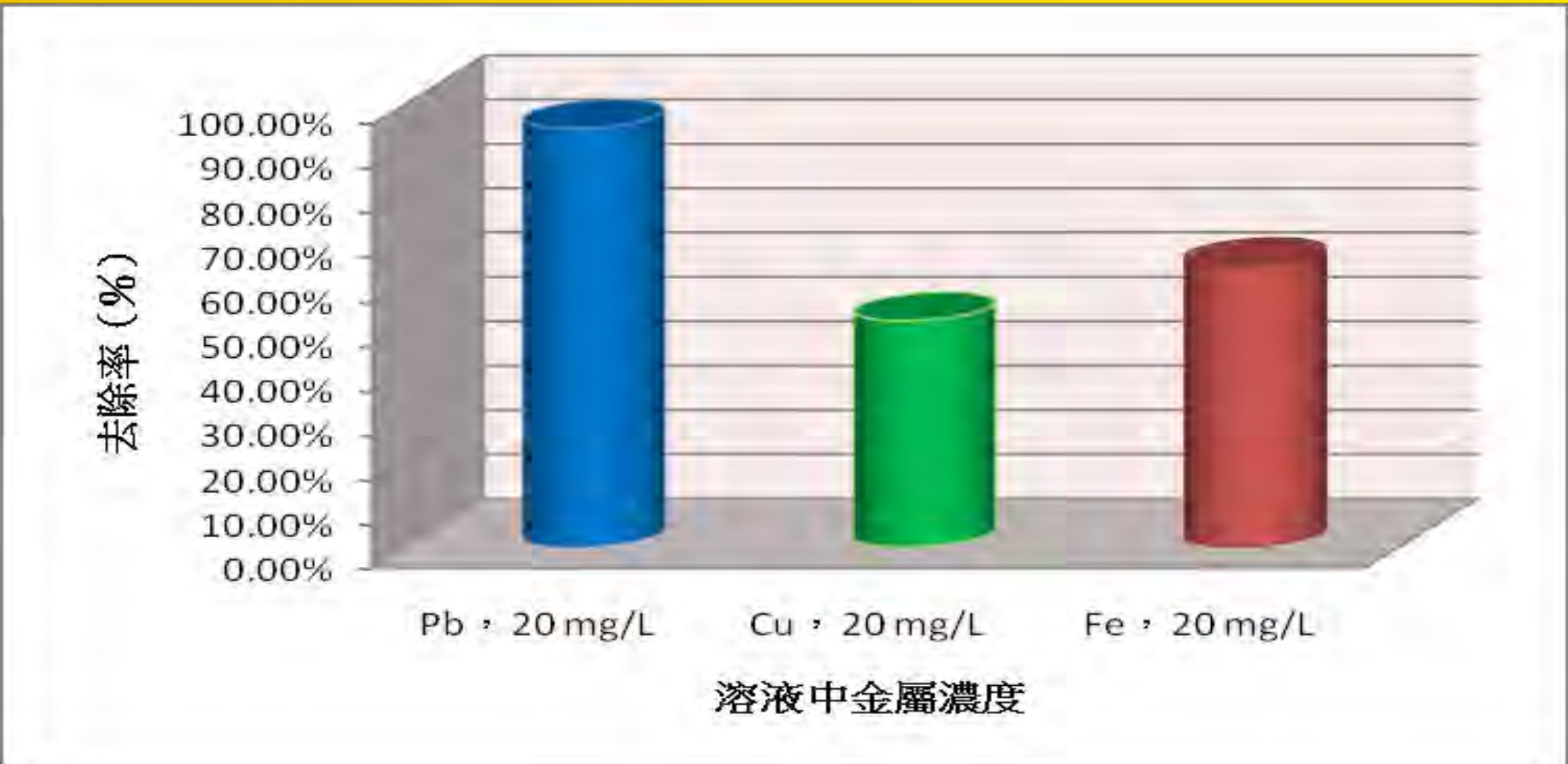
●圖七、以時間作為變因能在短時間內就能達到平衡（20 mg/L）



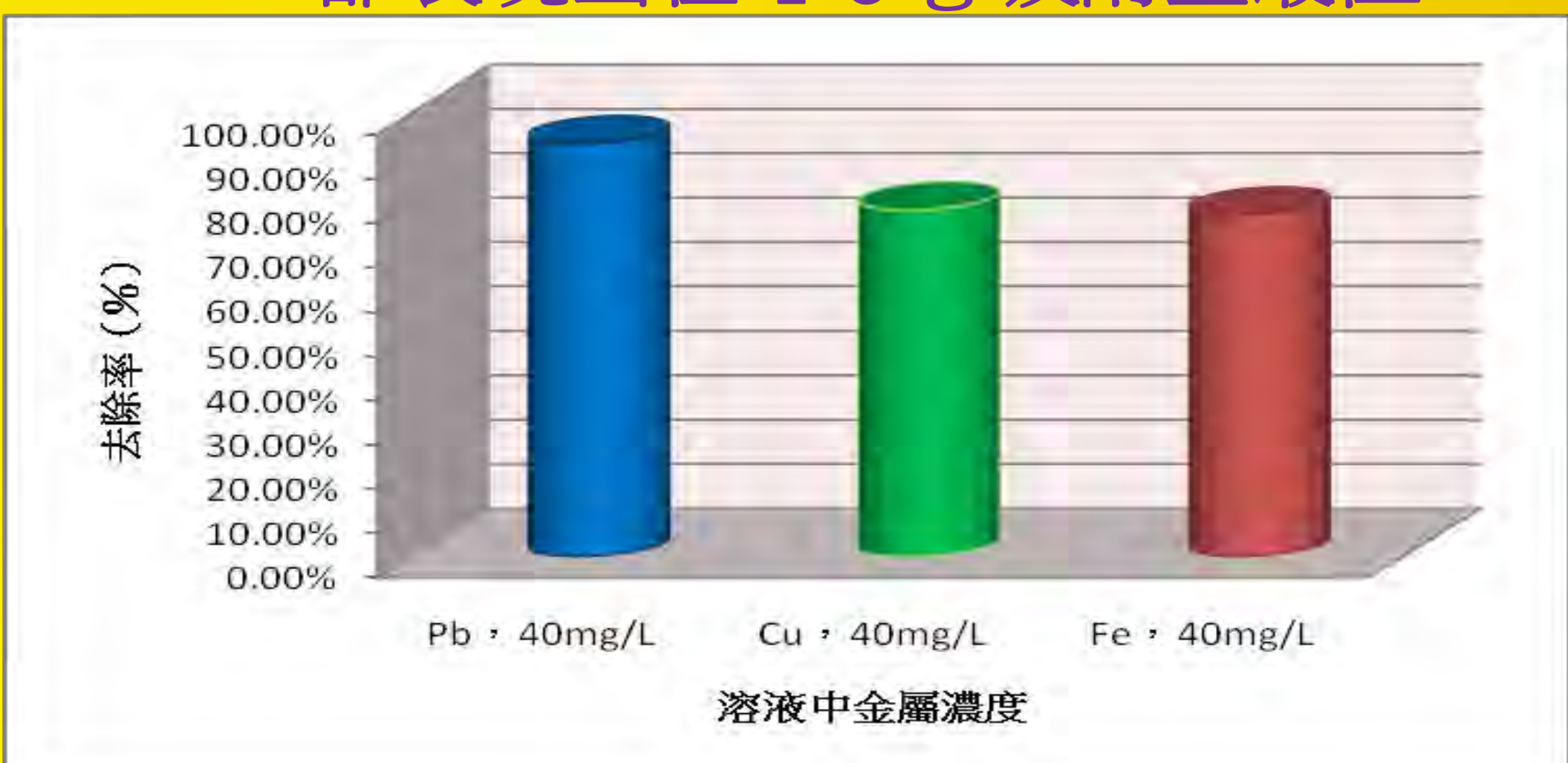
●圖八、以時間作為變因能在短時間內就能達到平衡（40mg/L）



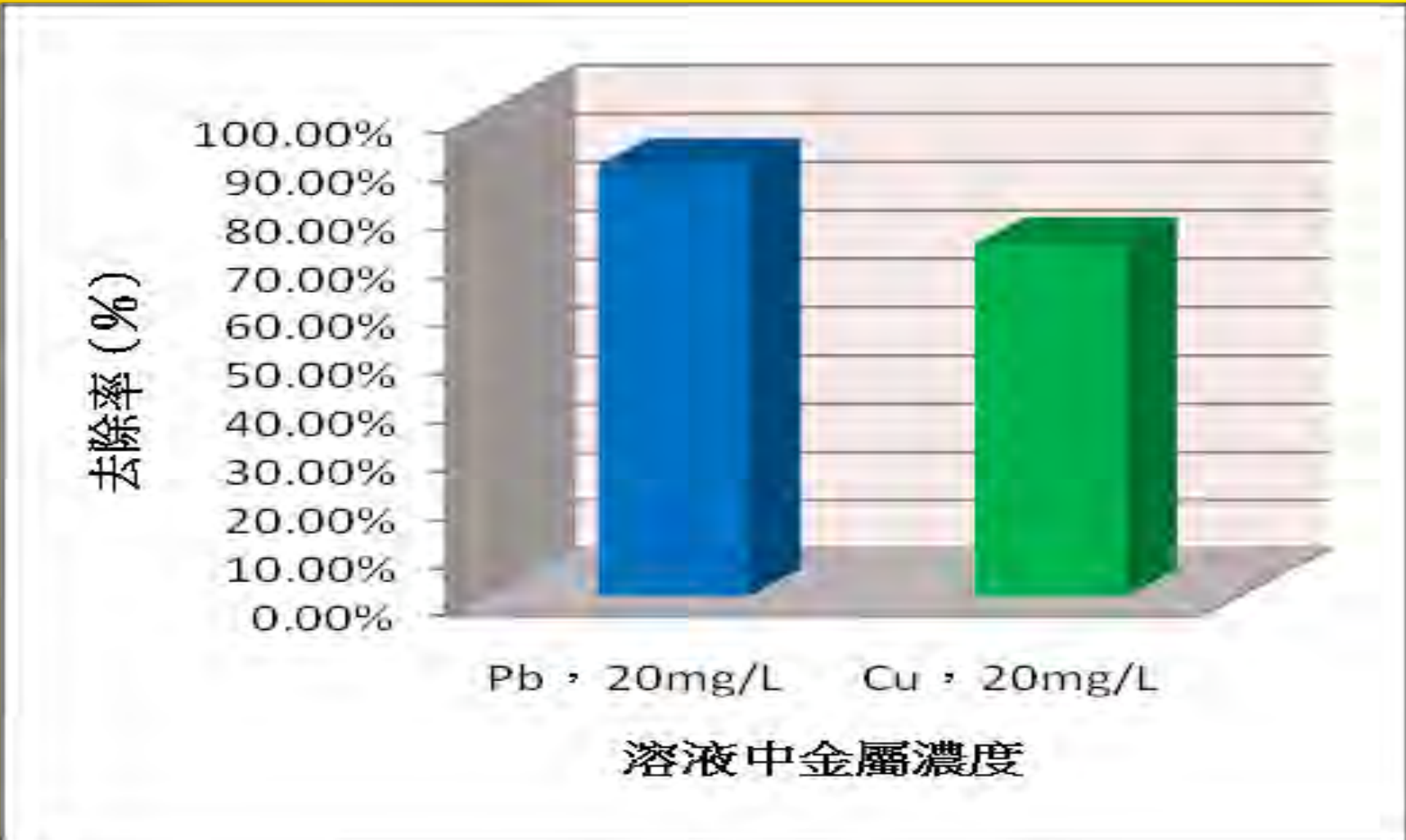
●圖九、實驗中採不同濃度金屬都表現出在40 g 吸附量最佳



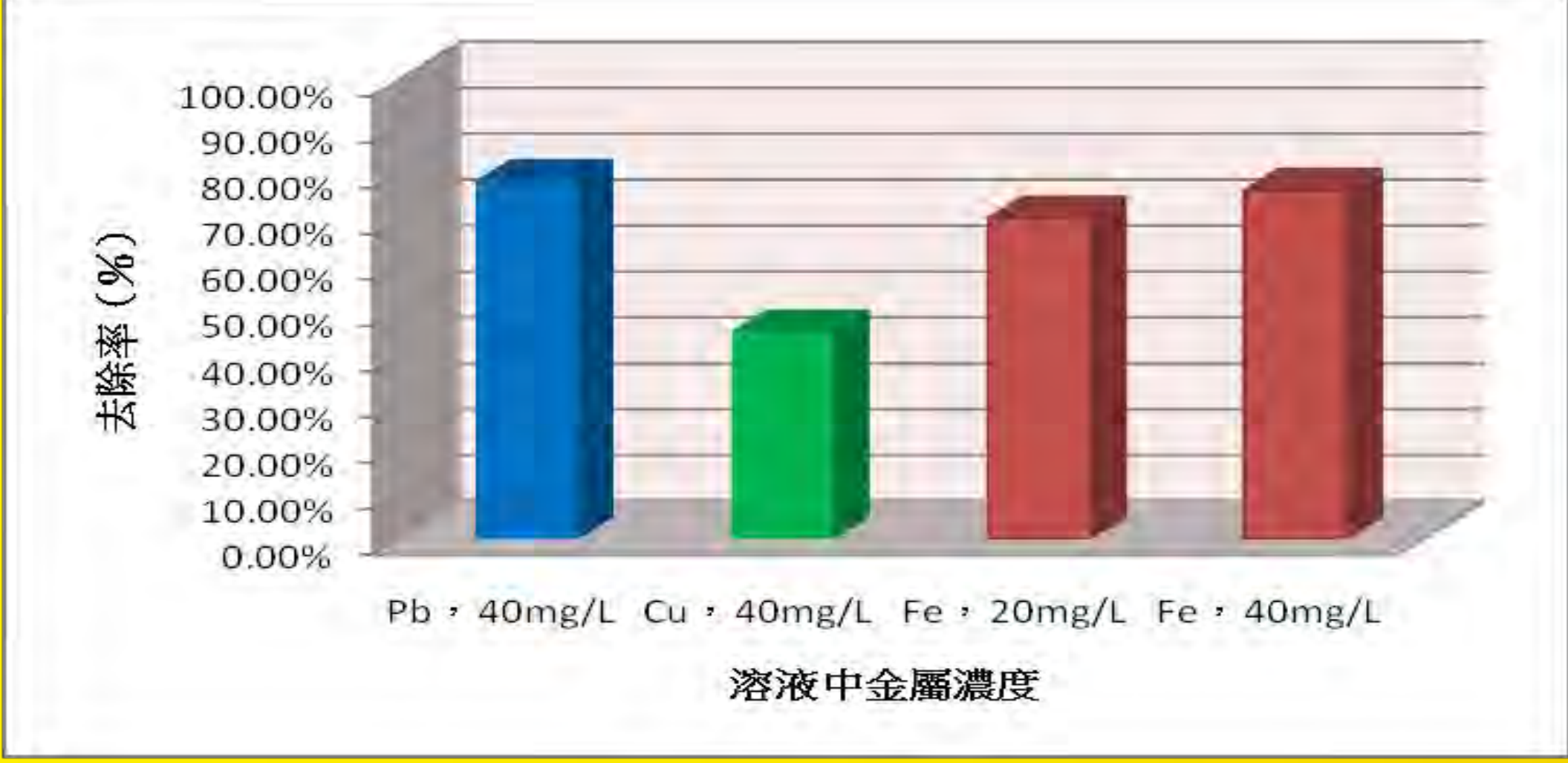
●圖十、綜合離子吸附



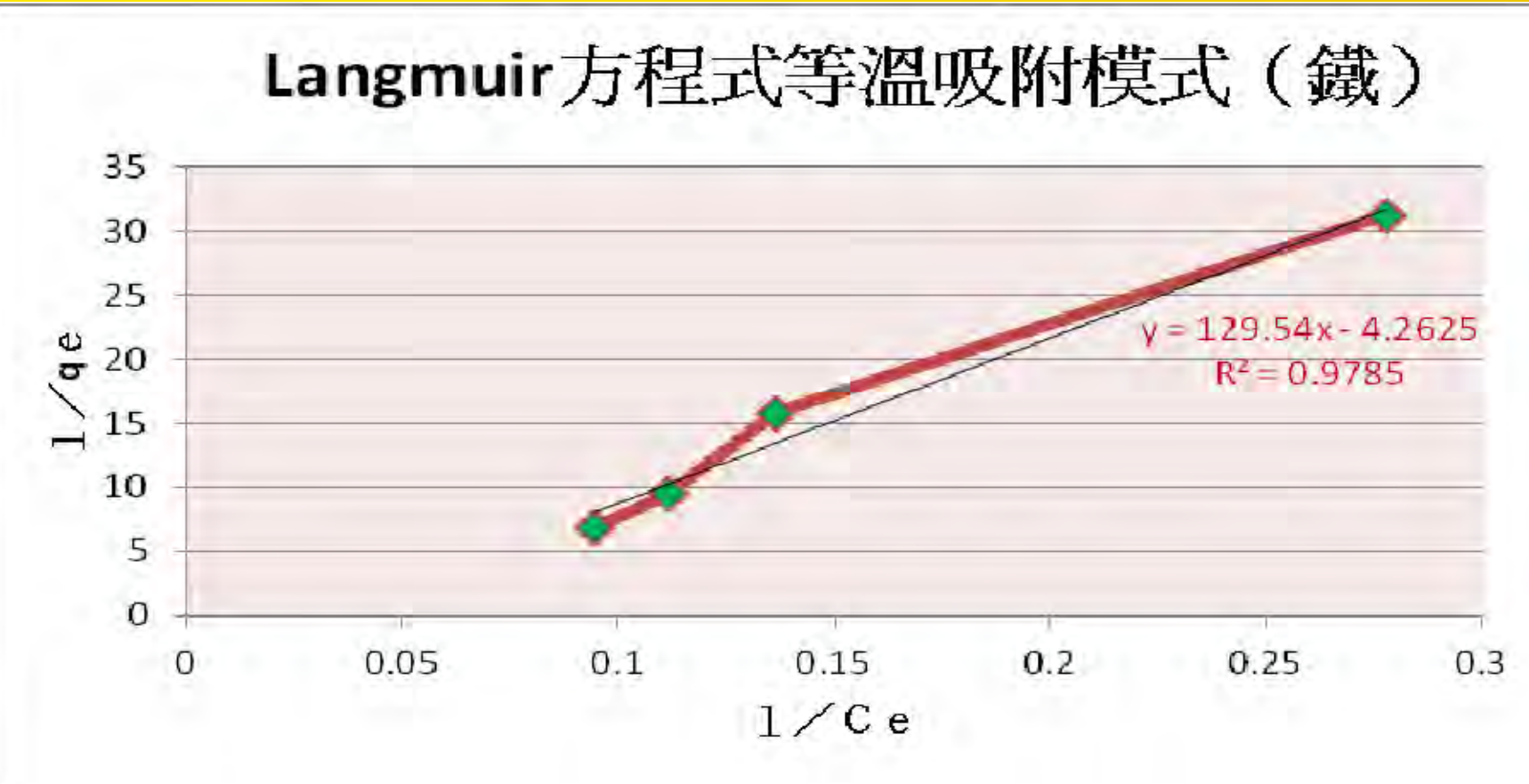
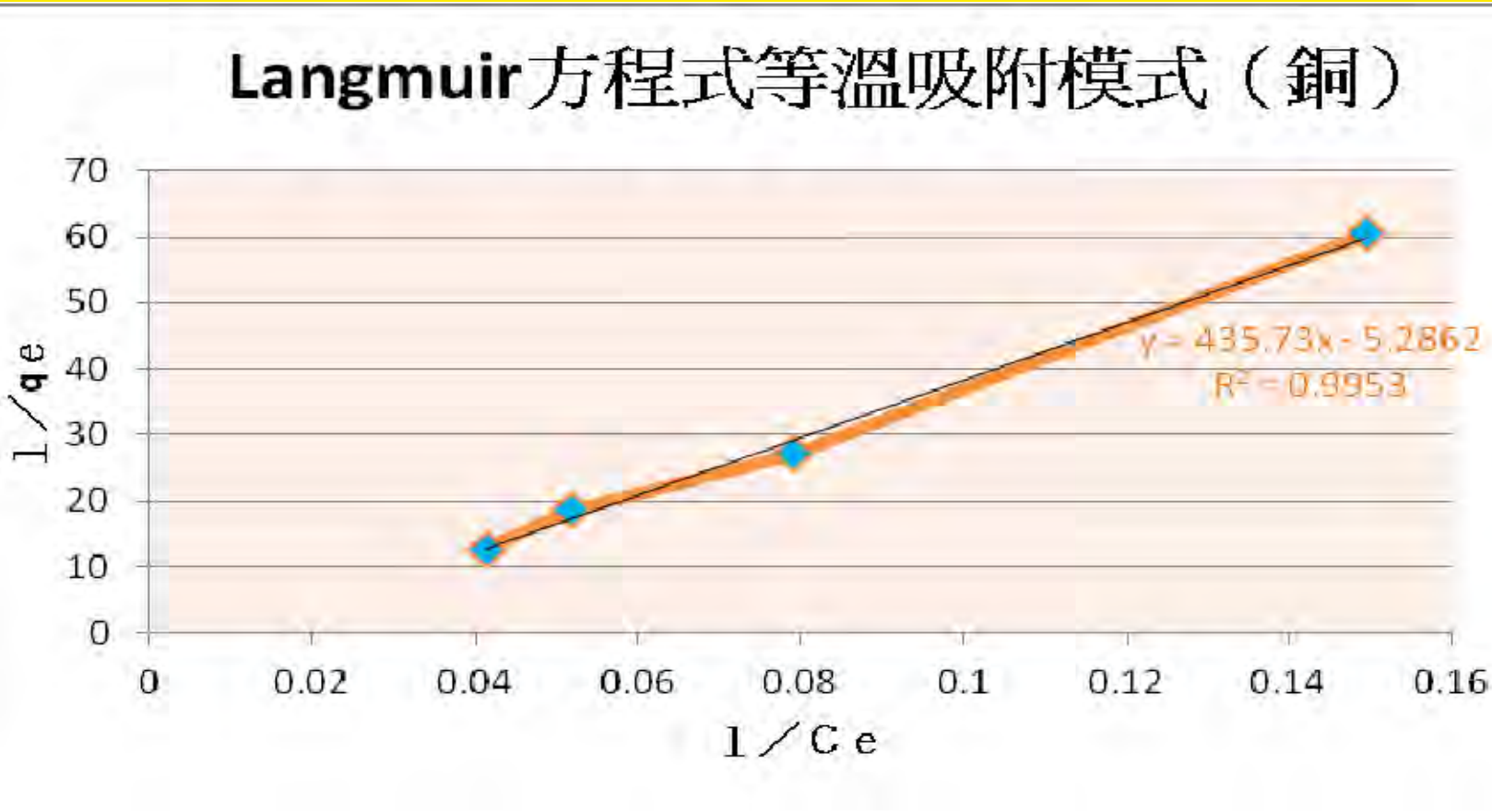
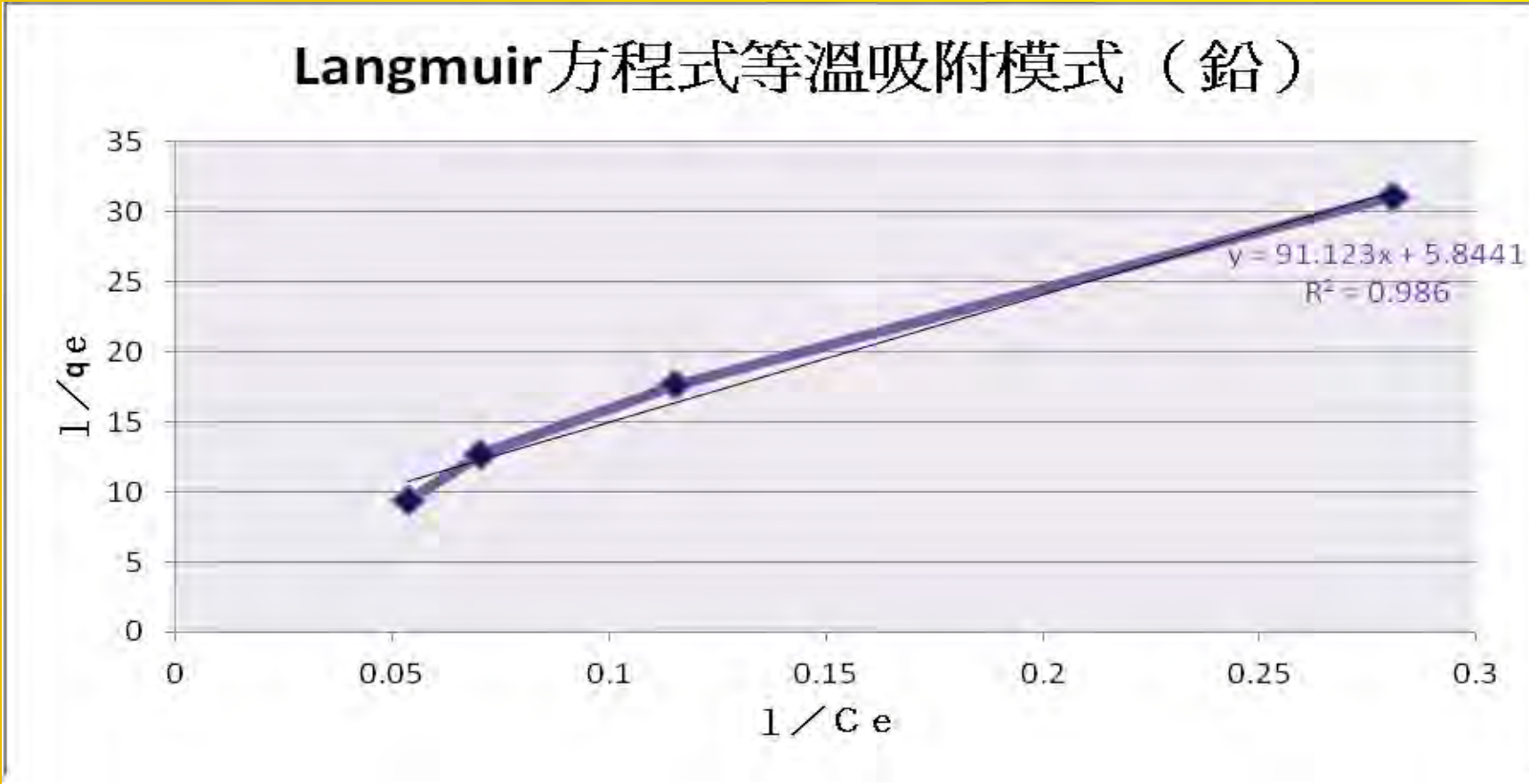
●圖十一、雙重變因



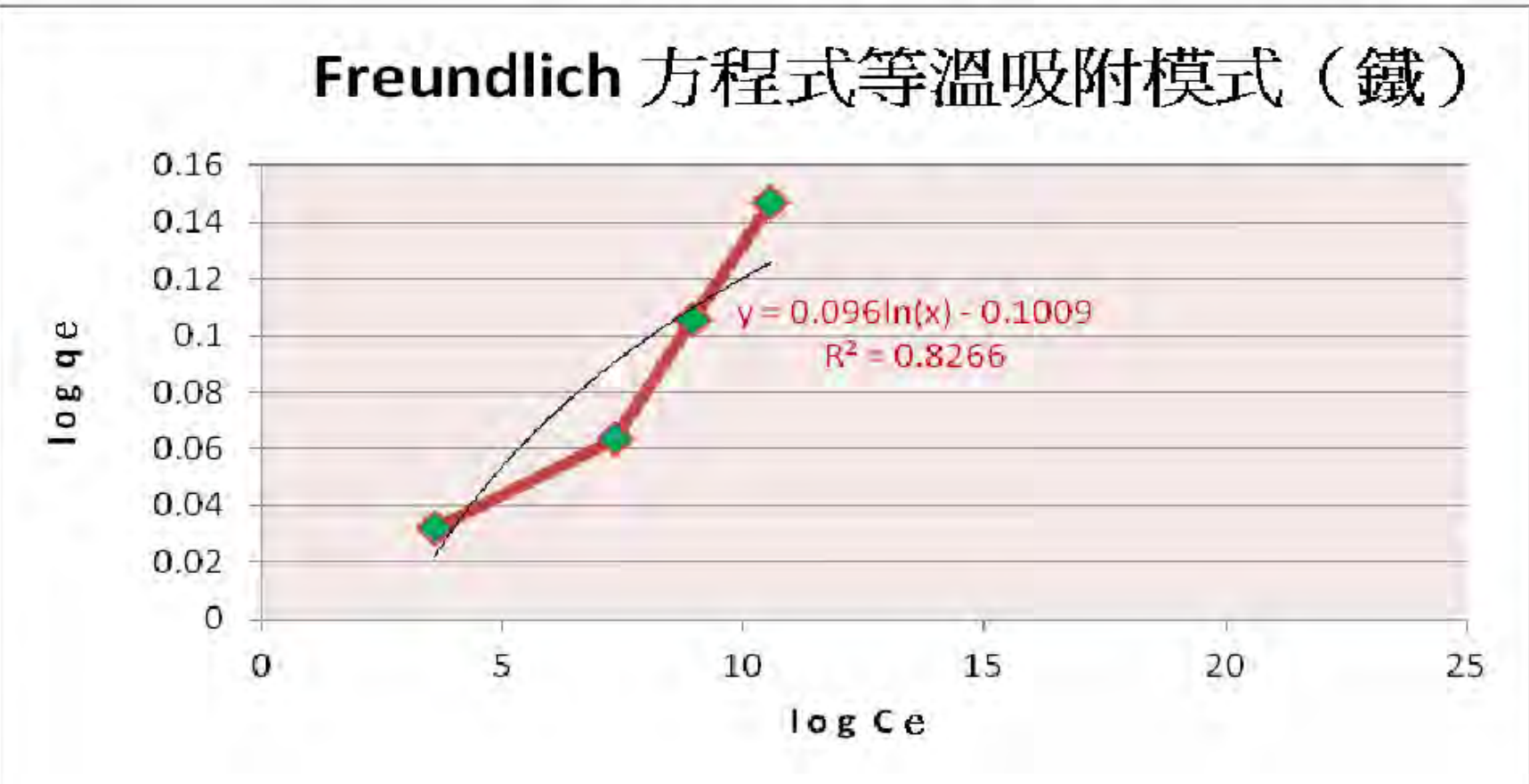
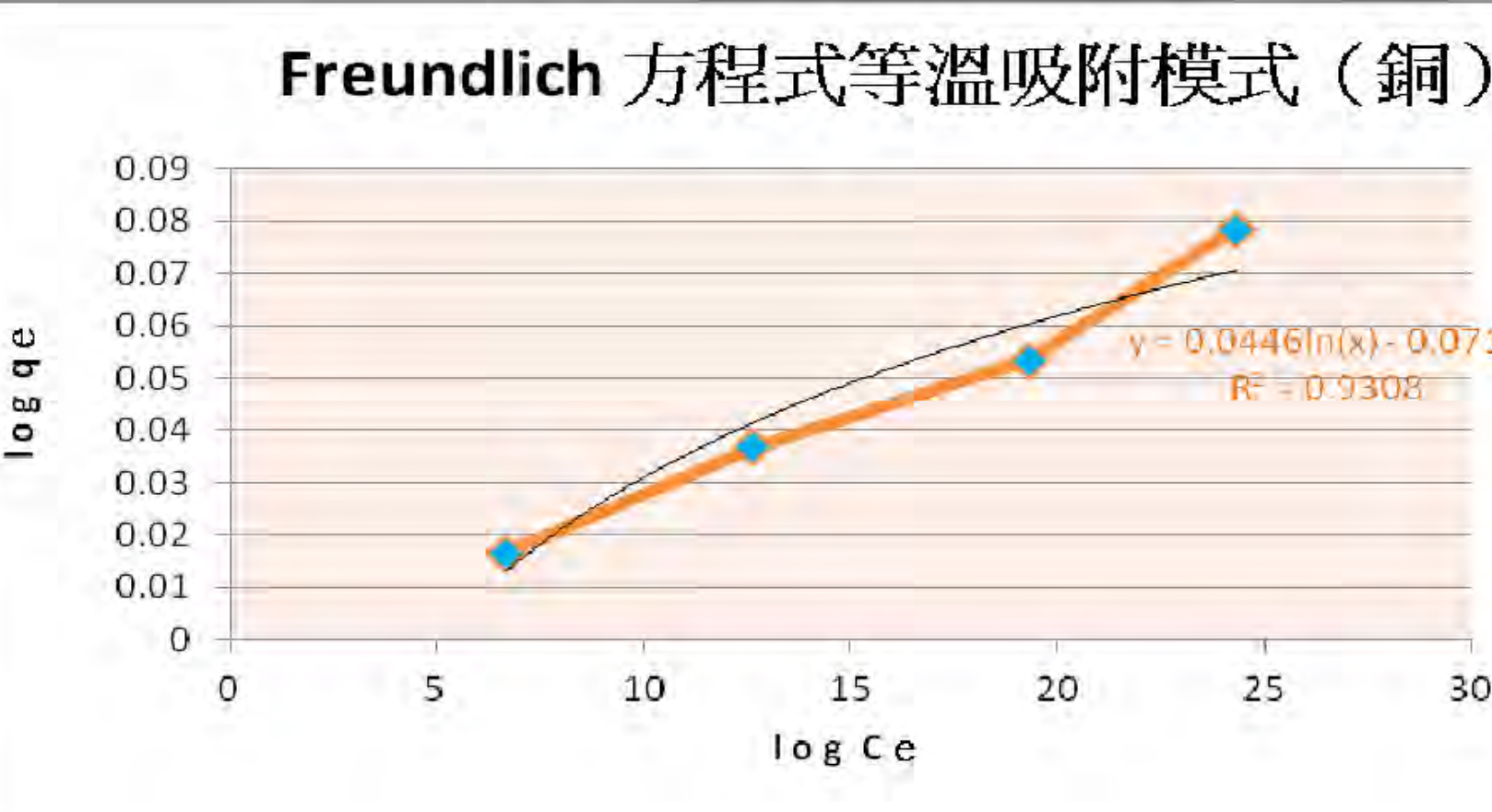
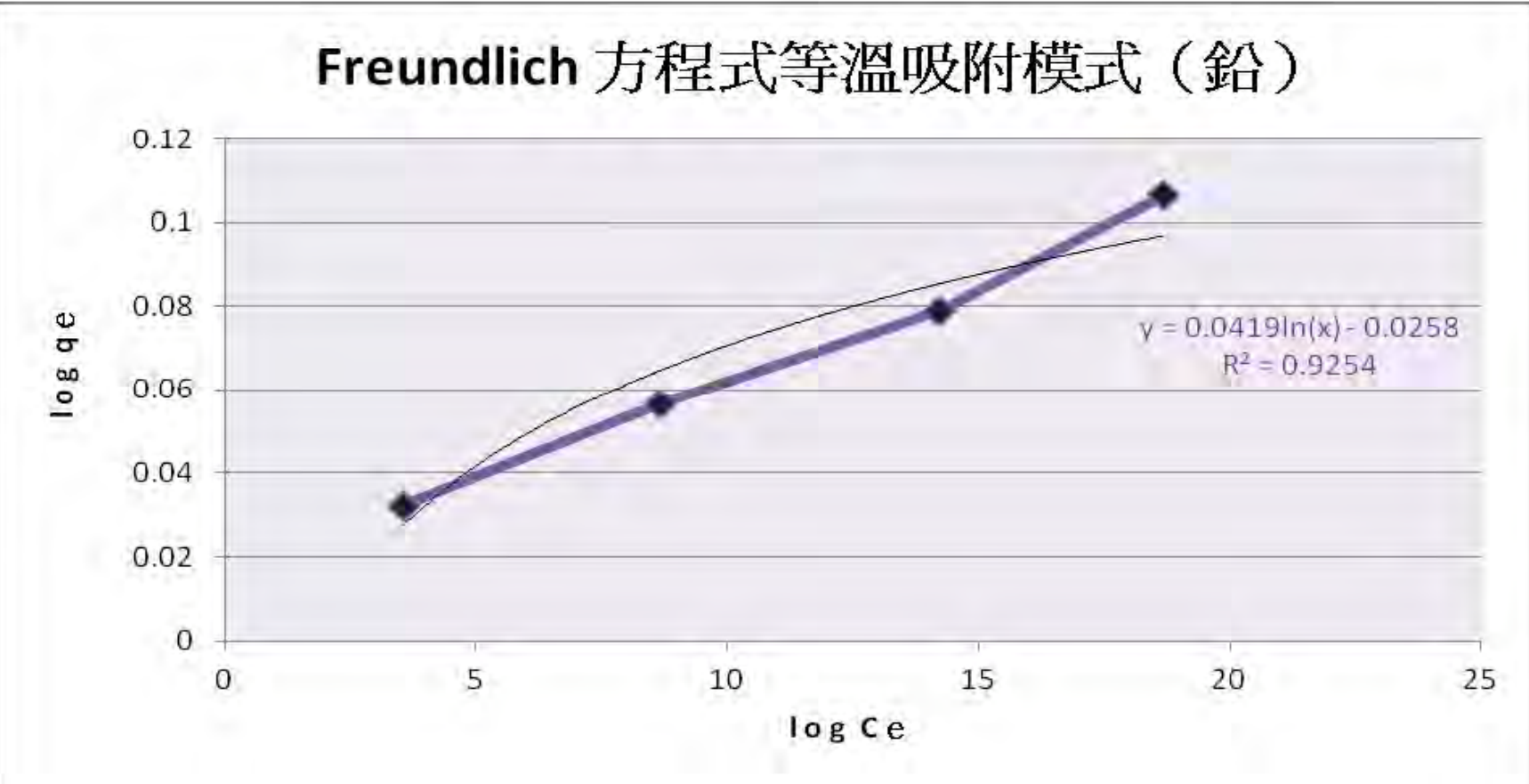
●圖十二、實驗中採不同濃度金屬 Pb，20mg/L、Cu，20mg/L在60℃去除率最高



●圖十二、實驗中採不同濃度金屬行溫度變因吸附，Pb，40mg/L、Cu，40mg/L、Fe，20mg/L、40mg/L為15℃去除率最高

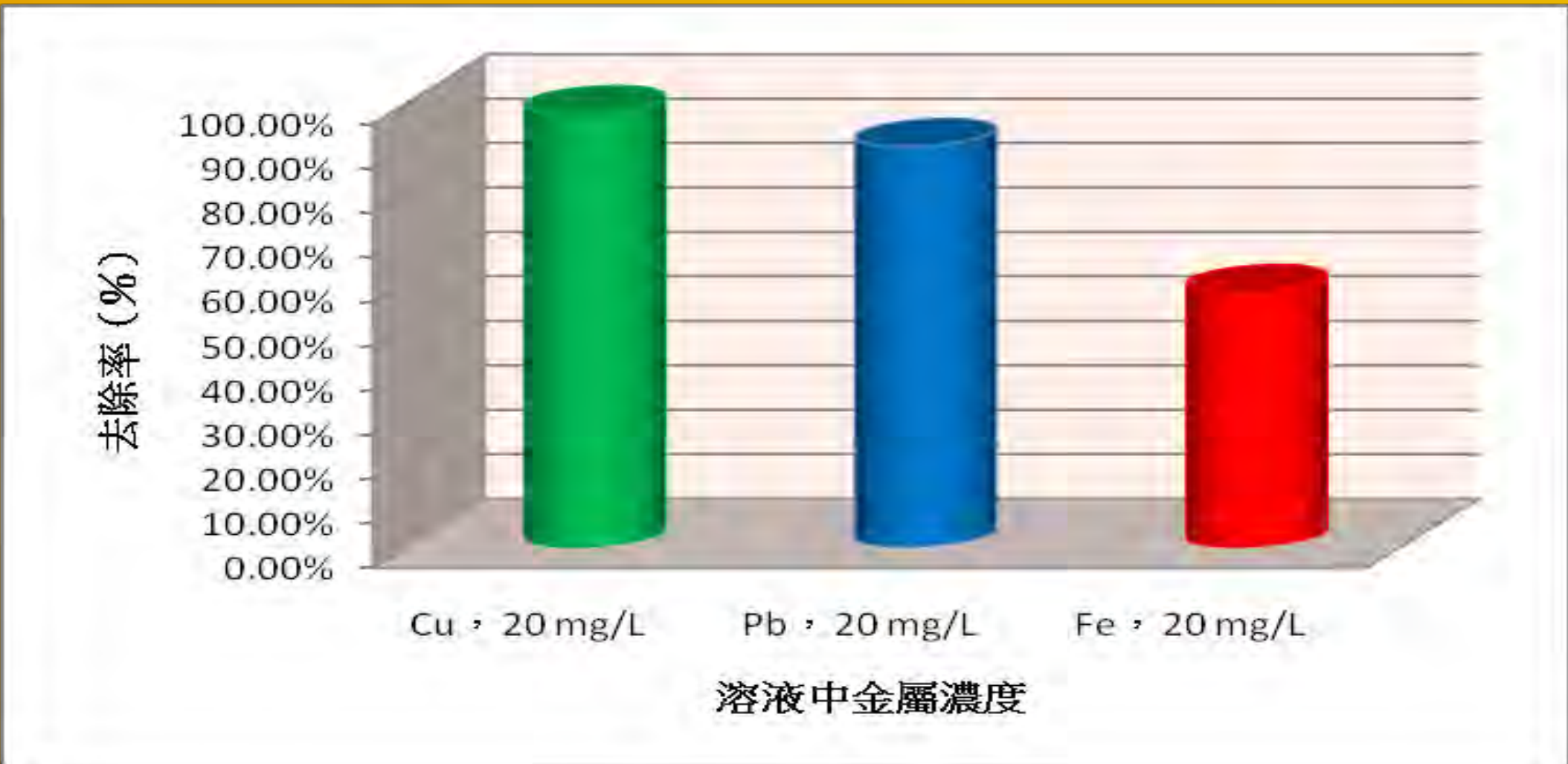


●圖十三、Langmuir方程式等溫吸附模式



●圖十四、Freundlich方程式等溫吸附模式

●表三、螯合吸附

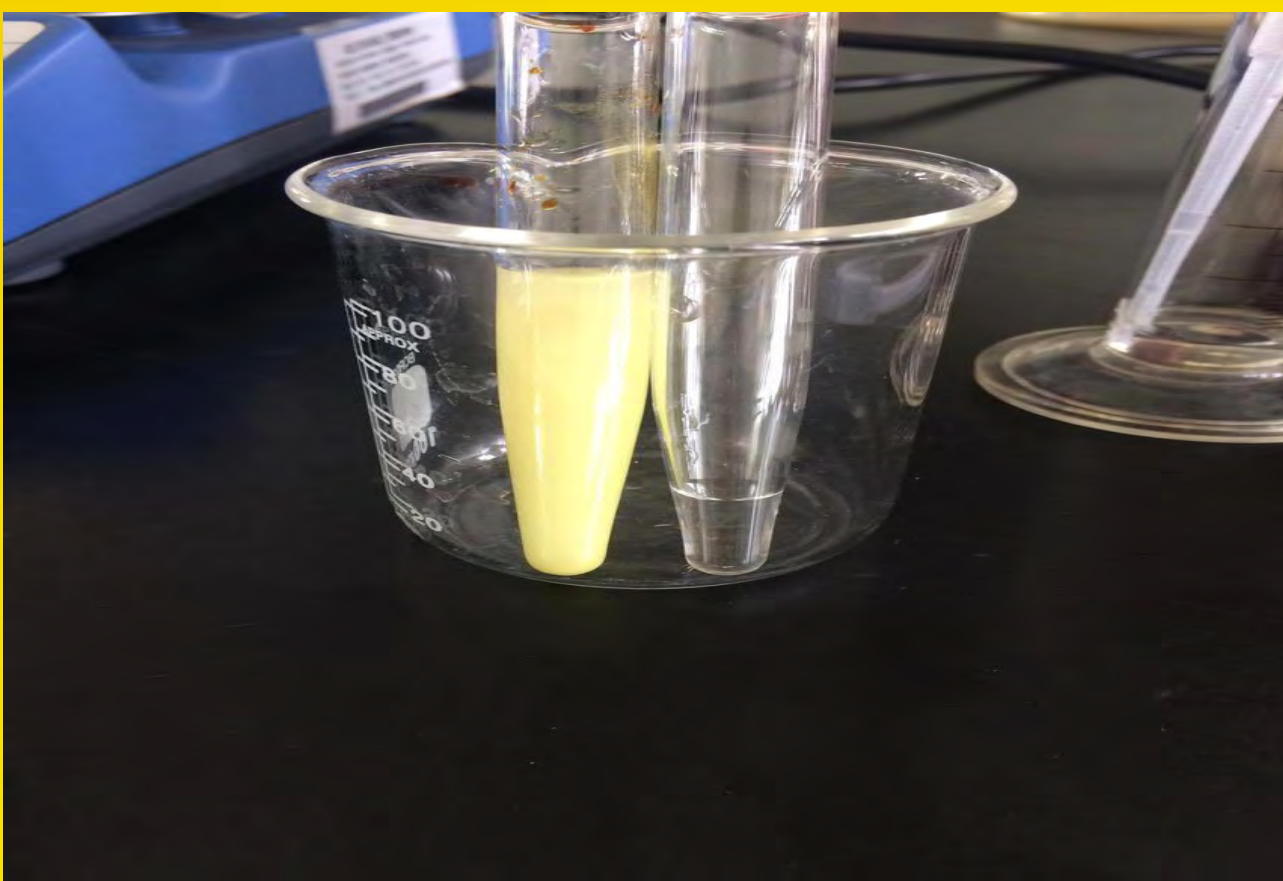


●圖十五、灰化吸附

吸附時間：1小時、吸附劑量：20 g、溫度：40℃		去除率	吸附量
太白粉 (馬鈴薯澱粉)	原溶液: Pb、40 mg/L	16.1%	6.44 mg/L
	原溶液: Cu、40 mg/L	29%	11.6 mg/L
	原溶液: Fe、40 mg/L	91.57%	36.63 mg/L
麵粉	原溶液: Pb、40 mg/L	31.03%	12.41 mg/L
	原溶液: Cu、40 mg/L	27.73%	11.09 mg/L
	原溶液: Fe、40 mg/L	67.73%	27.09 mg/L
地瓜粉	原溶液: Pb、40 mg/L	9.45%	3.78 mg/L
	原溶液: Cu、40 mg/L	23.23%	9.29 mg/L
	原溶液: Fe、40 mg/L	18.88%	18.88 mg/L

陸、討論

- 一、根據恆溫吸附圖可知這三種金屬雖較接近Langmuir恆溫吸附方程式但差異並不顯著且根據溫度實驗，馬鈴薯渣的吸附模式可能兩種同時發生
- 二、在Pb(40 mg/L)吸附實驗中以40g吸附劑做吸附，我們發現在40℃時的吸附效果是比在60℃時來的好，我們認為是因為鉛在吸附劑量多時的物理吸附量增多，在高溫時造成部份離子脫附而造成吸附效果降低。
- 三、馬鈴薯渣吸附鉛的效果最好但在灰化後對於銅的效果較好可能是因為灰化後吸附劑孔隙的改變。
- 四、經由澱粉螯合能發現馬鈴薯澱粉對於重金屬的螯合有一定的效果由此能推測馬鈴薯渣吸附實驗可能也包含螯合的狀況。
- 五、廢渣處理: (1)灰化後能做二次吸附，在做妥善的回收
(2)發酵成生質酒精讓馬鈴薯渣做最大化的利用，創造其附加價值



●圖十六、發酵液蒸餾後以碘仿試驗檢驗酒精存在

柒、結論

一、各金屬濃度在單一變因下最佳去除率：

●表四、單一變因去除率之比較

溶液金屬濃度	吸附時間	吸附劑量	吸附溫度	去除率
Pb，20 mg/L	1hr	40克	40℃	99.20%
Pb，40 mg/L	1hr	40克	40℃	98.07%
Cu，20 mg/L	1hr	20克	60℃	72.81%
Cu，40 mg/L	1hr	40克	40℃	67.50%
Fe，20 mg/L	1hr	20克	15℃	69.80%
Fe，40 mg/L	4hr	20克	40℃	79.37%

二、鉛與銅在低濃度時在高溫吸附時效果較好，其餘是在低溫效果較好

三、無論是哪種離子，我們從實驗結果發現吸附劑量越多，吸附量就越多

四、Pb受到變因的影響：吸附劑量 > 溫度≡時間

五、Cu受到變因的影響：吸附劑量 > 溫度≡時間

六、Fe受到變因的影響：溫度 > 吸附劑量≡時間

七、從離子綜合吸附實驗中，能得知，馬鈴薯渣對於各金屬的吸附效果為：Pb > Fe > Cu

捌、參考資料

註1 來源：行政院環境保護署（2014年1月24號）．流水標準（第1030005842號令修正發布第二條條文）．取自：<https://goo.gl/Mv7sS4>

註2 來源：鄭添吉(2014年7月)．利用咖啡渣吸附水溶液中重金屬．取自：<https://goo.gl/q1v6L0>

書籍參考:葉和明（1988）．單元操作．台北市：三民書局

書籍參考:鄭新讚（2008）．儀器分析Ⅱ．台北縣：全華