

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 生活與應用科學科

第三名

040808

落葉變黑金-由校園落葉製成活性碳應用於高中  
實驗室廢液處理之研究

學校名稱：國立蘭陽女子高級中學

作者： 高二 林詩潔 高二 李姿瑩 高二 蘇郁婷 高二 蔡宛伶	指導老師： 陳育珊
---	--------------

關鍵詞：落葉、活性碳、廢液處理

## 摘要

目前用以製成活性碳的材料為木材、椰子殼、稻殼等，皆為質地較粗的纖維材料，而我們採集校內福木及欖仁落葉製成活性碳，經電子顯微鏡觀察，孔洞密度皆比工業用活性碳大，孔洞個數較多，孔洞的大表面積有利於吸附雜質；經由磷酸化學活化的活性碳，甚至出現直徑 20 $\mu$  m 以上的較大孔洞，有利於吸附較大的有機分子。另外，在不同的落葉活性碳對於有色溶液的吸附情形中，不同前處理所製成的活性碳大部份對亞甲藍及過錳酸鉀吸附效果頗佳；對重鉻酸鉀溶液吸附效果其次；而對硫酸銅的吸附效果較差，但所有吸附能力皆較工業用活性碳的效果優異，由此可知，我們自製的落葉活性碳能有效運用於校園實驗室有機染料及重金屬溶液之減廢處理，並達到校園廢棄物再利用的目的。

## 壹、研究動機

目前用以製成活性碳的材料多為木材、椰子殼、稻殼等，皆為質地較粗的纖維材料，而我們選擇利用校園內的落葉(欖仁葉、福木葉)作為材料，希望以落葉的細微纖維乾餾燒製出活性碳，以達校園廢棄物回收再利用的環保方式，並且以工業用活性碳為對照，比較其吸附雜質的效果，期望能運用於校園實驗室有機染料或重金屬溶液之減廢處理。

## 貳、研究目的

- 一、 認識活性碳吸附雜質的原理，了解如何製成活性碳。
- 二、 分別將欖仁、福木的落葉，經不同的前處理方式(未處理、酸洗、物理活化、化學活化)乾餾燒製成落葉活性碳。
- 三、 藉由掃描式電子顯微鏡(SEM)觀察落葉活性碳表面結構。
- 四、 藉由傅立葉轉換紅外線光譜儀(FT-IR)分析落葉活性碳表面官能基。
- 五、 亞甲藍脫色試驗測定落葉活性碳對吸附有機大分子的能力。
- 六、 碘值吸附量測定落葉活性碳對吸附非極性小分子的能力。
- 七、 比較落葉活性碳對硫酸銅、過錳酸鉀、重鉻酸鉀溶液的吸附效果，並選用最佳活性碳測試其在不同 pH 值吸附效果，以應用於校園實驗室常見重金屬溶液減廢處理。

## 參、研究設備及器材

儀器設備			
高溫爐	烘箱(DOS60)	紫外光 / 可見光 分光光度計(MT-200)	掃描式電子顯微鏡 (TS5136MM)
超音波震盪器 (DC400H)	電磁攪拌器	電子秤	數位相機
桌上型 pH 儀	抽濾漏斗	陶製坩堝	研鉢
吸量管	容量瓶	滴管	刮勺

量筒	燒杯	鋁箔紙	濾紙
秤量紙			
藥品			
鹽酸	氯化鋅	磷酸	工業用活性炭
亞甲藍	硫酸銅	過錳酸鉀	重鉻酸鉀



欖仁落葉



福木落葉

## 肆、研究過程及方法

### 一、文獻探討:

(一)碳活化的分類：活性碳孔隙的大小和分佈，決定了活性碳去除汙染物能力強弱的關鍵，因此就必須經由活化處理，讓活性碳原料產生許多大孔以及微孔的熱化過程，達到活性碳更高的吸附效能。

分類依據	分類	定義	特性
依製作方法分類	化學法	將含碳原料與一些特定藥品混合進行熱處理，製取活性碳的方法。用此方法生產的碳稱為化學法。	化學法活化石屬於中孔或微孔，主要用於液相吸附精製和溶劑回收的氣相（蒸氣）吸附場合。
	物理法	以碳為原料，用水蒸氣、二氧化碳、空氣或他們的混合物在高溫下進行活化製取的方法。用此方法生產的活性碳稱為物理法。	物理法活化石的微孔發達，主要用於氣相吸附場合或小分子液相吸附場合。
	物理-化學法	選不同的原料和不同的物理法及化學法的組合，可以對碳的孔洞進行調控。	今後世界各國發展的趨勢。

1.化學活化法：將活性碳原料浸泡化學藥劑，如：氯化鋅、磷酸、氯化鎂、氫氧化鉀、氫氧化鈉、碳酸鈉等，控制焦油形成，增加產率，減少孔隙阻塞，更進一步形成為小孔洞，致使吸附能力增加。

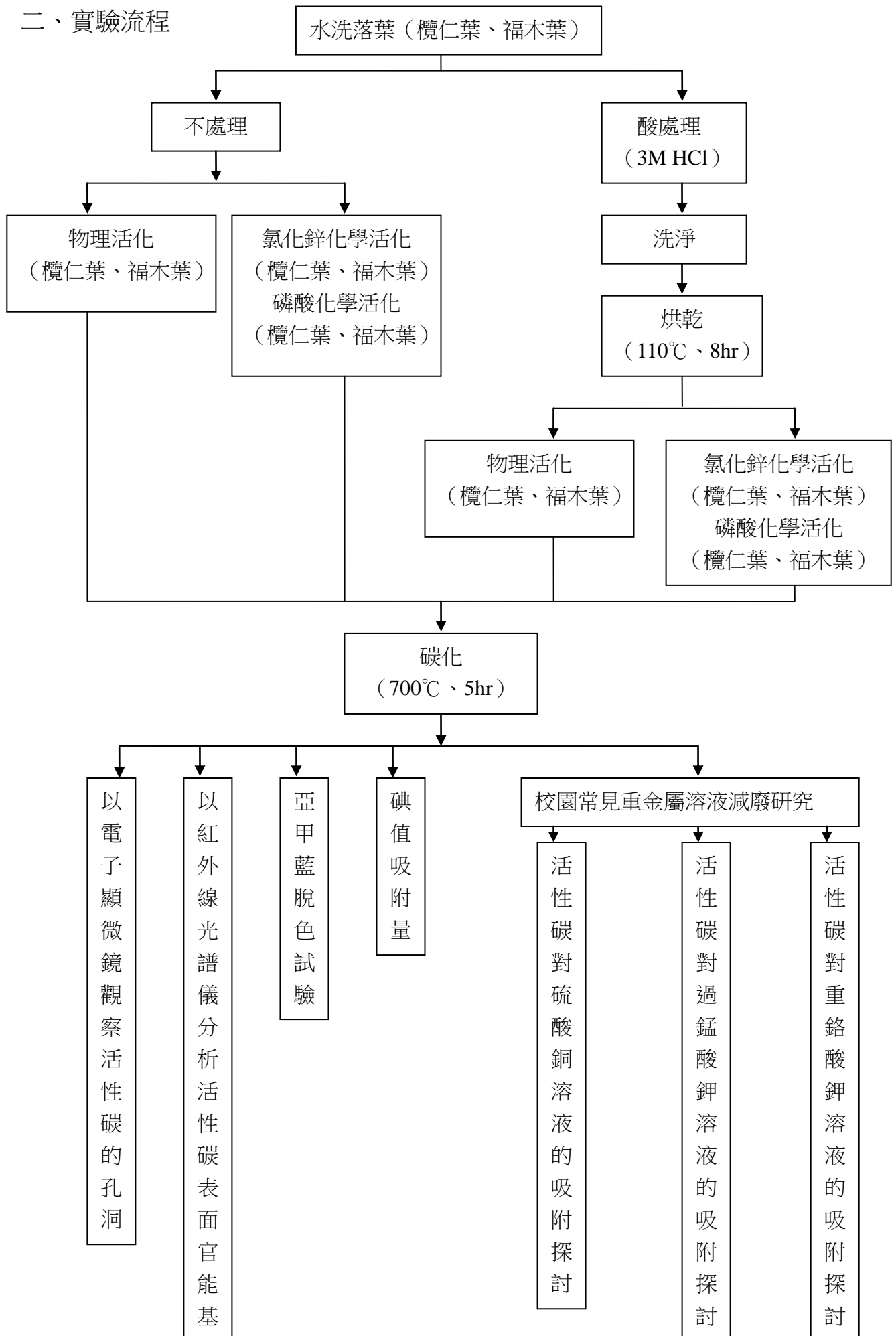
2.物理活化法：有三種較為常見的氣體活化：水蒸氣活化法、二氧化碳活化法、氧氣活化法，皆再高溫環境下進行，進行過程中可大致分為三個階段：

第一階段：打開封閉的微孔，本階段可讓活性碳吸附表面積增加。

第二階段：微孔的擴張，讓焦炭原本之微孔擴大甚至為中孔。

第三階段：孔壁互相穿通，粒子表面會被嚴重侵蝕，導致表面積降低。

## 二、實驗流程



### 三、實驗步驟

#### 【實驗一】活性炭的製備

收集福木與欖仁的落葉並洗淨，放入烘箱以 110°C、8 小時烘乾，並分為未處理、酸洗與否以及物理或化學活化法。

(一)落葉分為酸洗及不酸洗：

- 1.烘乾後取葉子一部分。
- 2.以 3M 鹽酸浸泡落葉一天。

(二)物理法:

- 1.取乾餾完後的葉子一部份。
- 2.置入烘箱中，在葉子下方放一盆水。
- 3.將烘箱溫度設定 110°C，時間設定 8 小時。

(三)化學法：

- 1.葉子分別以 0.5M 氯化鋅溶液、0.5M 磷酸溶液浸泡 1 天。
- 2.將浸泡後的葉子過濾，放入烘箱溫度設定 110°C，時間設定 8 小時烘乾。
- 3.葉子放入陶製坩鍋，外層以鋁箔紙包覆，放置高溫爐加熱至 700°C，5 個小時進行乾餾。

#### 【實驗二】以電子顯微鏡觀察活性炭的孔洞

- (一)將製備的不同種類落葉活性炭以碳膠固定於載台上進行鍍膜(金 Au)。
- (二)置入 SEM 中，抽真空後觀察活性炭的型態。

#### 【實驗三】表面官能基分析

以傅立葉紅外線光譜儀(FT-IR)進行落葉活性炭的表面官能基特性分析。

#### 【實驗四】亞甲藍脫色試驗

(一) 不同活性炭對亞甲藍溶液的吸附測試

- 1.以定量瓶分別配置 10ppm、50ppm 亞甲藍溶液。
- 2.以紫外光/可見光分光光度計尋找最大波長，並以此波長做為以下試樣標準。
- 3.取 10ml 10ppm 及 50ppm 亞甲藍溶液置入燒杯中，加入 0.1g 各種活性炭，在室溫下乙電磁攪拌器攪拌 10 分鐘。
- 4.以濾紙過濾活性炭，所得濾液分別以紫外光 / 可見光分光光度計測穿透度。



(二)效果最佳的活性碳在不同 pH 值下對亞甲藍溶液的吸附測試

1. 由上述實驗結果，取效果最佳的活性碳，加入不同 pH 值(pH=2、4、6、8、10) 500 ppm 亞甲藍溶液，重複上述實驗。

### 【實驗五】碘值吸附量

1. 取 0.1N 碘溶液 20ml 於 50ml 之錐形瓶內。
2. 分別取活性碳 0.1g 加入錐形瓶中，以超音波震盪器震盪 15 分鐘。
3. 以濾紙過濾，取濾液 10ml，以 0.1N 硫代硫酸鈉滴定至溶液為黃色後，加入澱粉指示劑 1ml，再滴定至無色為滴定終點(紀錄硫代硫酸鈉溶液的使用量)。
4. 計算殘留的碘量，反推活性碳吸附的碘質量。

### 【實驗六】校園常見重金屬溶液減廢研究

#### 【實驗六-1】活性碳對硫酸銅溶液的吸附探討

(一)不同活性碳對硫酸銅溶液的吸附測試

1. 以定量瓶分別配置 10ppm、50ppm 硫酸銅溶液。
2. 以紫外光/可見光分光光度計尋找最大波長，並以此波長做為以下試樣標準。
3. 取 10ml，10ppm 及 50ppm 硫酸銅溶液置入燒杯中，加入 0.1g 各種活性碳，在室溫下攪拌 10 分鐘。
4. 以濾紙過濾活性碳，所得濾液分別以紫外光 / 可見光分光光度計測穿透度。

(二)效果最佳的活性碳在不同pH值下對硫酸銅溶液的吸附測試

1. 由上述實驗結果，取效果最佳的活性碳，加入不同 pH 值(pH=2、4、6、8、10) 500 ppm 硫酸銅溶液，重複上述實驗。

#### 【實驗六-2】活性碳對過錳酸鉀溶液的吸附探討

(一)不同活性碳對過錳酸鉀溶液的吸附測試

1. 以定量瓶分別配置 10ppm、50ppm 過錳酸鉀溶液。
2. 以紫外光/可見光分光光度計尋找最大波長，並以此波長做為以下試樣標準。
3. 取 10ml 10ppm 及 50ppm 過錳酸鉀溶液置入燒杯中，加入 0.1g 各種活性碳，在室溫下攪拌 10 分鐘。
4. 以濾紙過濾活性碳，所得濾液分別以紫外光 / 可見光分光光度計測穿透度。

(二)效果最佳的活性碳在不同pH值下對過錳酸鉀溶液的吸附測試

1. 由上述實驗結果，取效果最佳的活性碳，加入不同 pH 值(pH=2、4、6、8、10) 500 ppm 過錳酸鉀溶液，重複上述實驗。

### 【實驗六-3】 活性碳對重鉻酸鉀溶液的吸附探討

#### (一)不同活性碳對重鉻酸鉀溶液的吸附測試

1. 以定量瓶分別配置 10ppm、50ppm 重鉻酸鉀溶液。
2. 以紫外光/可見光分光光度計尋找最大波長，並以此波長做為以下試樣標準。
3. 取 10ml 10ppm 及 50ppm 重鉻酸鉀溶液置入燒杯中，加入 0.1g 各種活性碳，在室溫下攪拌 10 分鐘。
4. 以濾紙過濾活性碳，所得濾液分別以紫外光 / 可見光分光光度計測穿透度。

#### (二)效果最佳的活性碳在不同pH值下對重鉻酸鉀溶液的吸附測試



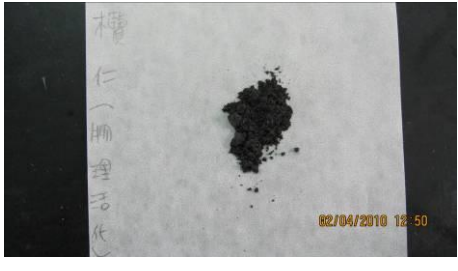

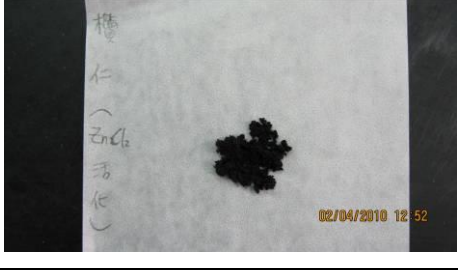
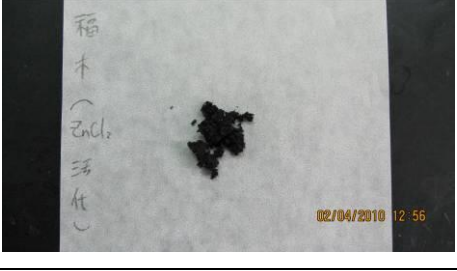

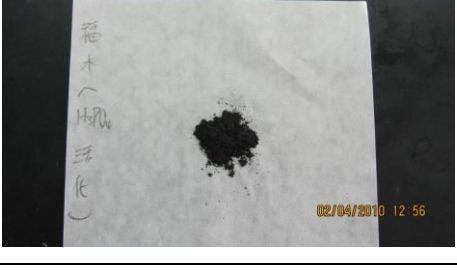
1. 由上述實驗結果，取效果最佳的活性碳，加入不同 pH 值(pH=2、4、6、8、10) 500 ppm 重鉻酸鉀溶液，重複上述實驗。



## 伍、研究結果

### 一、【實驗一】活性炭的製備

(圖 1)各種活性炭的外觀

	
圖 1-1 欖仁葉(未處理)	圖 1-9 福木葉(未處理)
	
圖 1-2 物理活化欖仁葉	圖 1-10 物理活化福木葉
	
圖 1-3 化學活化( $ZnCl_2$ )欖仁葉	圖 1-11 化學活化( $ZnCl_2$ )福木葉
	
圖 1-4 化學活化( $H_3PO_4$ )欖仁葉	圖 1-12 化學活化( $H_3PO_4$ )福木葉

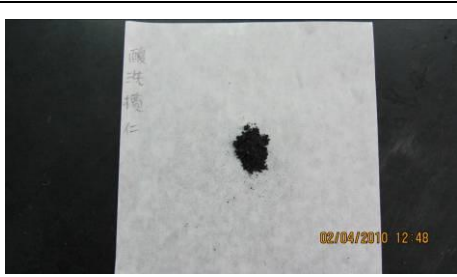


圖 1-5 酸洗欖仁葉



圖 1-13 酸洗福木葉

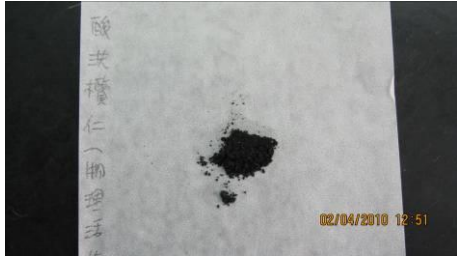


圖 1-6 酸洗物理活化欖仁葉

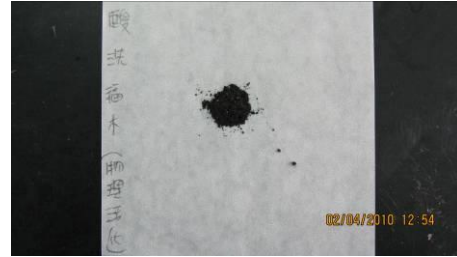


圖 1-14 酸洗物理活化福木葉

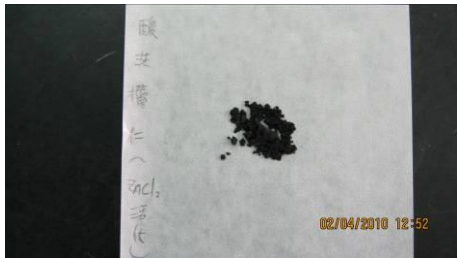


圖 1-7 酸洗化學活化( $ZnCl_2$ )欖仁葉

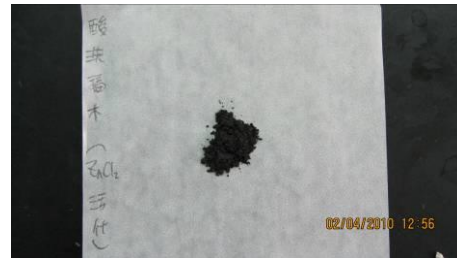


圖 1-15 酸洗化學活化( $ZnCl_2$ )福木葉

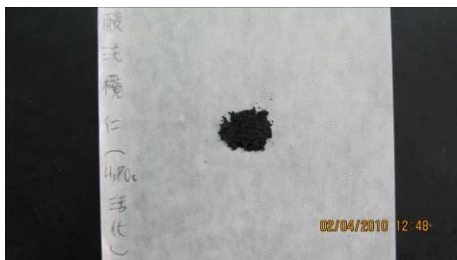


圖 1-8 酸洗化學活化( $H_3PO_4$ )欖仁葉

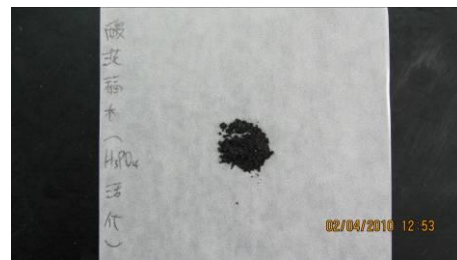


圖 1-16 酸洗化學活化( $H_3PO_4$ )福木葉



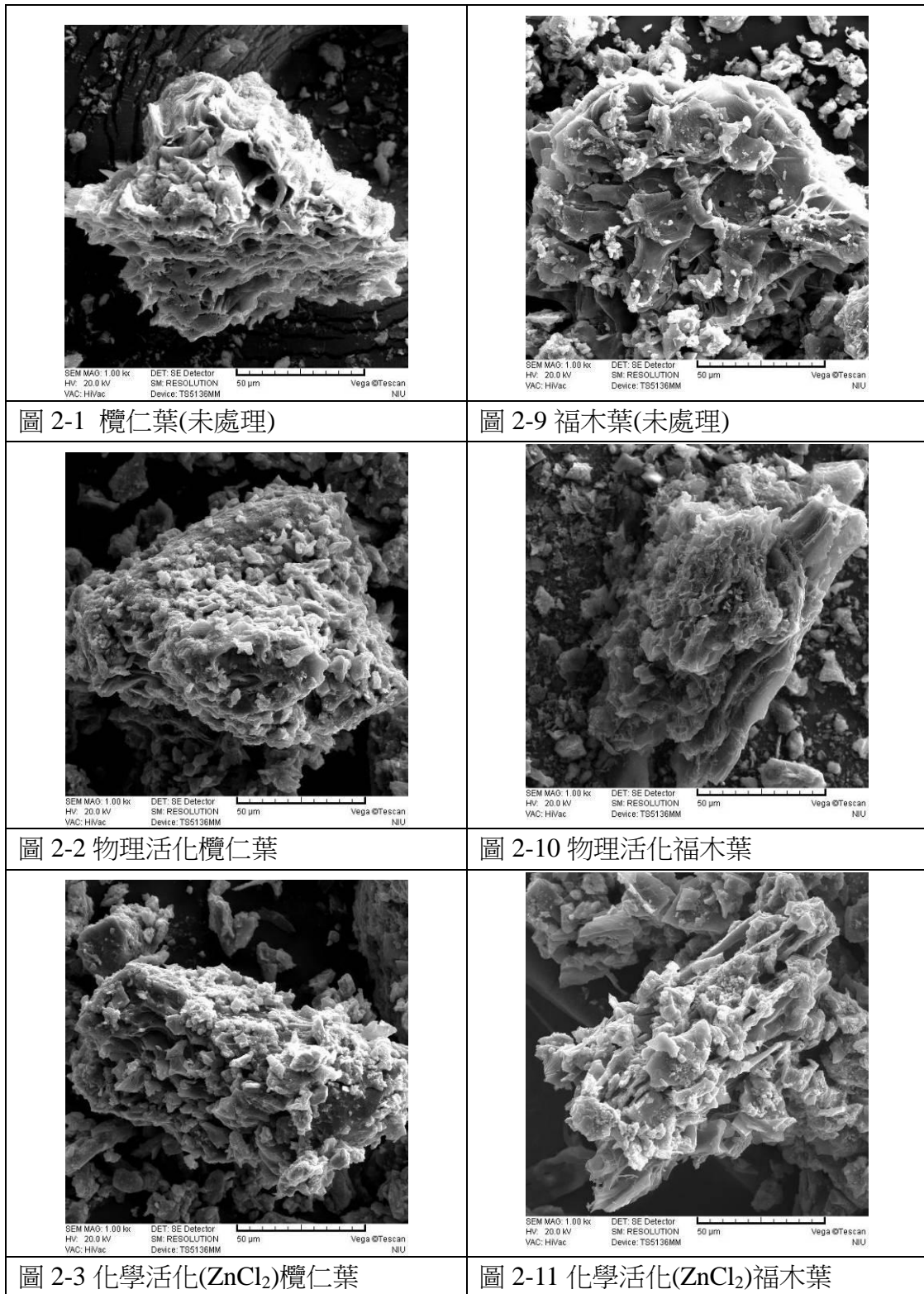
圖 1-17 工業用活性炭

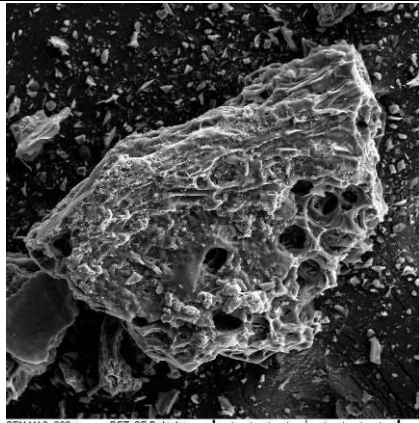
(表 1-1)各種活性碳的外觀紀錄

各種活性碳的外觀	
紀錄項目	乾餾後觀察
落葉	
欖仁葉(未處理)	葉脈部分成片狀，葉梗部份呈現柱狀
物理活化欖仁葉	葉脈部分成片狀，葉梗部份呈現柱狀
化學活化( $ZnCl_2$ )欖仁葉	部分成片狀，葉梗部份呈現柱狀。 部份表面具有結晶
化學活化( $H_3PO_4$ )欖仁葉	葉脈部分成片狀，葉梗部份呈現柱狀
酸洗欖仁葉	部分成片狀，葉梗部份呈現柱狀
酸洗物理活化欖仁葉	葉脈部分成片狀，葉梗部份呈現柱狀
酸洗化學活化( $ZnCl_2$ )欖仁葉	部分成片狀，葉梗部份呈現柱狀。 部份表面具有結晶
酸洗化學活化( $H_3PO_4$ )欖仁葉	部分成片狀，葉梗部份呈現柱狀。
福木葉(未處理)	成片狀，硬度較欖仁葉硬
物理活化福木葉	成片狀，硬度較欖仁葉硬
化學活化( $ZnCl_2$ )福木葉	成片狀，硬度較欖仁葉硬，部分表面具有結晶
化學活化( $H_3PO_4$ )福木葉	成片狀，硬度較欖仁葉硬
酸洗福木葉	成片狀，硬度較欖仁葉硬，部分表面呈現藍色光澤
酸洗物理活化福木葉	成片狀，硬度較欖仁葉硬，部分表面呈現藍色光澤
酸洗化學活化( $ZnCl_2$ )福木葉	成片狀，硬度較欖仁葉硬，部分表面呈現藍色光澤具有結晶
酸洗化學活化( $H_3PO_4$ )福木葉	成片狀，硬度較欖仁葉硬

## 二、【實驗二】以電子顯微鏡觀察活性碳的孔洞

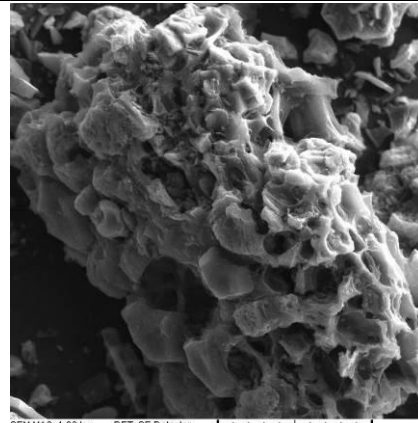
(圖 2)以電子顯微鏡觀察活性碳的孔洞





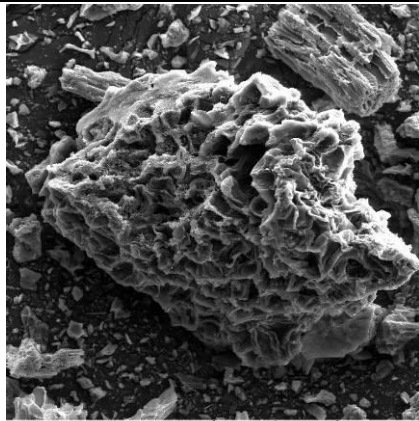
SEM MAG: 300 x DET: SE Detector  
HV: 20.0 kV SM: RESOLUTION  
VAC: HVVac Device: TS5136MM  
200 µm Vega ©Tescan  
NIJ

圖 2-4 化學活化(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)欖仁葉



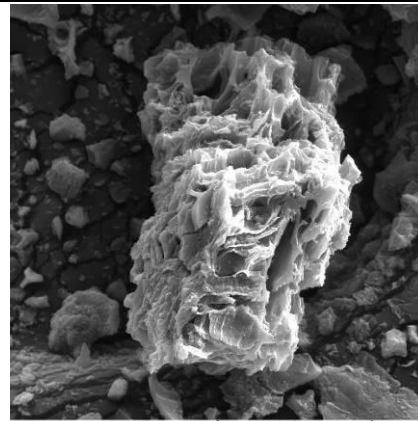
SEM MAG: 1.00 kx DET: SE Detector  
HV: 20.0 kV SM: RESOLUTION  
VAC: HVVac Device: TS5136MM  
50 µm Vega ©Tescan  
NIJ

圖 2-12 化學活化(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)福木葉



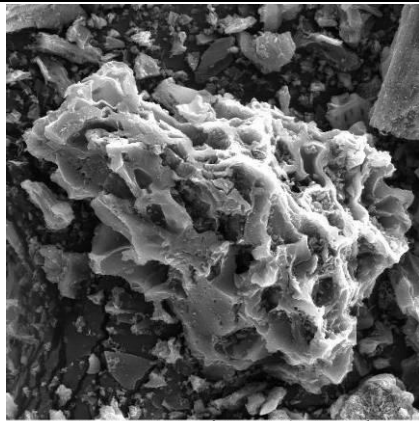
SEM MAG: 400 x DET: SE Detector  
HV: 20.0 kV SM: RESOLUTION  
VAC: HVVac Device: TS5136MM  
100 µm Vega ©Tescan  
NIJ

圖 2-5 酸洗欖仁葉



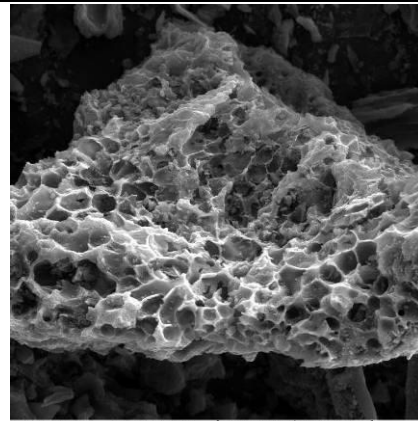
SEM MAG: 1.00 kx DET: SE Detector  
HV: 20.0 kV SM: RESOLUTION  
VAC: HVVac Device: TS5136MM  
50 µm Vega ©Tescan  
NIJ

圖 2-13 酸洗福木葉



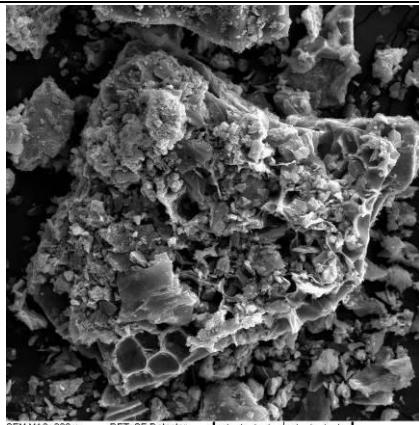
SEM MAG: 1.00 kx DET: SE Detector  
HV: 20.0 kV SM: RESOLUTION  
VAC: HVVac Device: TS5136MM  
50 µm Vega ©Tescan  
NIJ

圖 2-6 酸洗物理活化欖仁葉



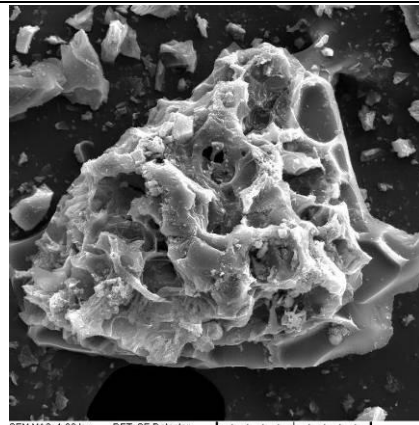
SEM MAG: 1.00 kx DET: SE Detector  
HV: 20.0 kV SM: RESOLUTION  
VAC: HVVac Device: TS5136MM  
50 µm Vega ©Tescan  
NIJ

圖 2-14 酸洗物理活化福木葉



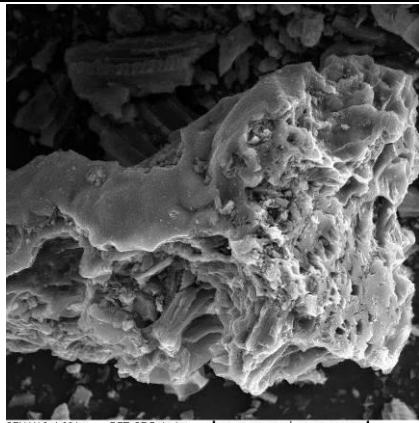
SEM MAG: 900 x  
HV: 20.0 kV  
VAC: HVVac  
DET: SE Detector  
SM: RESOLUTION  
Device: TS5136MM  
50 µm  
Vega ©Tescan  
NIU

圖 2-7 酸洗化學活化( $ZnCl_2$ )欖仁葉



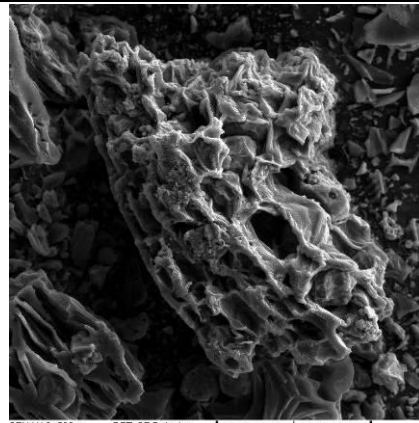
SEM MAG: 1.00 kx  
HV: 20.0 kV  
VAC: HVVac  
DET: SE Detector  
SM: RESOLUTION  
Device: TS5136MM  
50 µm  
Vega ©Tescan  
NIU

圖 2-15 酸洗化學活化( $ZnCl_2$ )福木葉



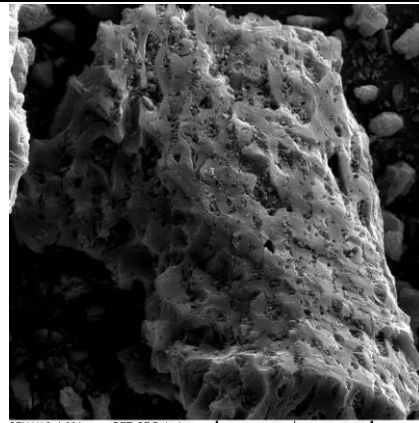
SEM MAG: 1.00 kx  
HV: 20.0 kV  
VAC: HVVac  
DET: SE Detector  
SM: RESOLUTION  
Device: TS5136MM  
50 µm  
Vega ©Tescan  
NIU

圖 2-8 酸洗化學活化( $H_3PO_4$ )欖仁葉



SEM MAG: 500 x  
HV: 20.0 kV  
VAC: HVVac  
DET: SE Detector  
SM: RESOLUTION  
Device: TS5136MM  
100 µm  
Vega ©Tescan  
NIU

圖 2-16 酸洗化學活化( $H_3PO_4$ )福木葉



SEM MAG: 1.00 kx  
HV: 20.0 kV  
VAC: HVVac  
DET: SE Detector  
SM: RESOLUTION  
Device: TS5136MM  
50 µm  
Vega ©Tescan  
NIU

圖 2-17 工業用活性炭

(表 2-1) 電子顯微鏡下活性碳孔洞的觀察紀錄

活性碳種類	孔洞大小( $\mu\text{ m}$ )		
	小孔洞	中孔洞	大孔洞
欖仁葉(未處理)	2.5~5	8.5~10	---
物理活化欖仁葉	2.5~5	---	---
化學活化( $\text{ZnCl}_2$ )欖仁葉	2.5~5	10	---
化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )欖仁葉	---	7.5~10	20~30
酸洗欖仁葉	0.8~4	---	---
酸洗物理活化欖仁葉	2.5~3.78	---	---
酸洗化學活化( $\text{ZnCl}_2$ )欖仁葉	3.3~5	6.7	---
酸洗化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )欖仁葉	1.8~2.5	---	---
福木葉(未處理)	3.8~5	8.8	---
物理活化福木葉	2.5~3.8	---	---
化學活化( $\text{ZnCl}_2$ )福木葉	2.5	---	---
化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )福木葉	---	7.5~10	---
酸洗福木葉	5	---	---
酸洗物理活化福木葉	2.5~3.8	6.3~8.8	---
酸洗化學活化( $\text{ZnCl}_2$ )福木葉	2.5~5	---	---
酸洗化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )福木葉	---	10	20
工業用活性碳	2.5	8.8~10	---

(表 2-2) 電子顯微鏡下活性炭孔洞的觀察紀錄

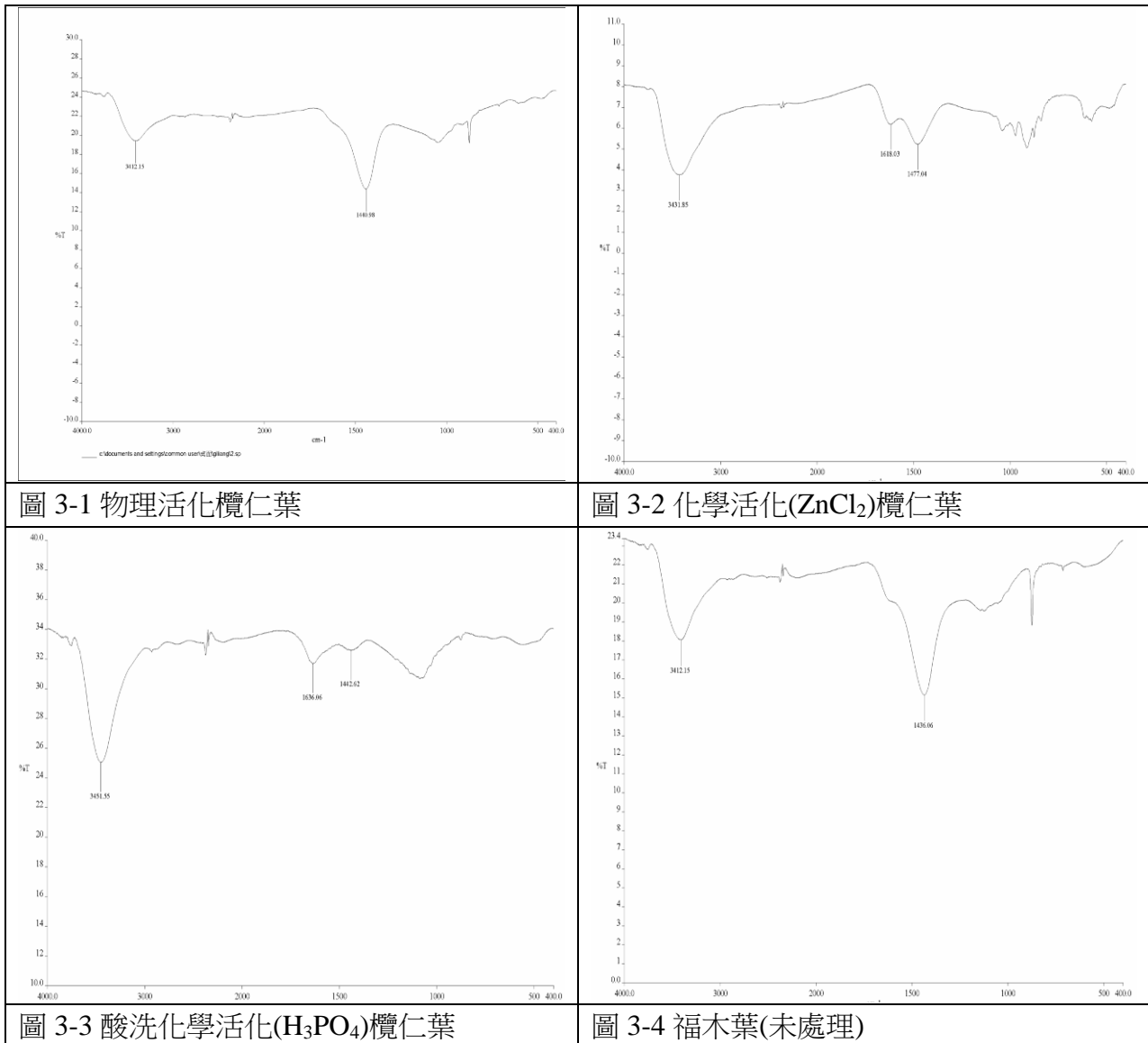
活性炭種類	觀察紀錄
欖仁葉(未處理)	孔洞大部分由 2.5 $\mu$ m -5 $\mu$ m 的小孔洞組成，其中穿插著 8.5 $\mu$ m -10 $\mu$ m 的中孔洞
物理活化欖仁葉	孔洞大部分屬 2.5 $\mu$ m -5 $\mu$ m 的小孔洞，孔洞密度大
化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )欖仁葉	孔洞大部分屬 2.5 $\mu$ m -5 $\mu$ m 及 10 $\mu$ m 的小孔洞及大孔洞所組成，有些活性劑的結晶
化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )欖仁葉	孔洞大部分屬 7.5 $\mu$ m -10 $\mu$ m 及 20 $\mu$ m -30 $\mu$ m 的中孔洞及大孔洞所組成，有些活性劑的結晶
酸洗欖仁葉	孔洞大部分屬 0.8 $\mu$ m -4 $\mu$ m 的小孔洞，孔洞密度大
酸洗物理活化欖仁葉	孔洞大部分屬 2.5 $\mu$ m -3.78 $\mu$ m 的小孔洞
酸洗化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )欖仁葉	孔洞大部分由小 3.3 $\mu$ m -5 $\mu$ m 及 6.7 $\mu$ m 的小孔洞及中孔洞所組成，孔洞密度大，有些活性劑的結晶
酸洗化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )欖仁葉	孔洞大部分屬 1.8 $\mu$ m-2.5 $\mu$ m 的小孔洞，有少許活性劑的結晶
福木葉(未處理)	孔洞大部分由 8.8 $\mu$ m 的中孔洞所組成，其中穿插著些許 3.8 $\mu$ m -5 $\mu$ m 的小孔洞
物理活化福木葉	孔洞大部分屬 2.5 $\mu$ m -3.8 $\mu$ m 的小孔洞，孔洞密度大
化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )福木葉	孔洞大部分屬 2.5 $\mu$ m 的小孔洞，有些活性劑的結晶
化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )福木葉	孔洞大部分屬 7.5 $\mu$ m -10 $\mu$ m 的中孔洞，無結晶
酸洗福木葉	孔洞大部分屬小於 5 $\mu$ m 的小孔洞
酸洗物理活化福木葉	孔洞大部分由小 2.5 $\mu$ m -3.8 $\mu$ m 及 6.3 $\mu$ m -8.8 $\mu$ m 的小孔洞集中孔洞所組成，孔洞密度大
酸洗化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )福木葉	孔洞大部分屬 2.5 $\mu$ m -5 $\mu$ m 的小孔洞，有些活性劑的結晶
酸洗化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )福木葉	孔洞大部分由 10 $\mu$ m 的中孔洞所組成，其中穿插著些許 20 $\mu$ m 的大孔洞，有少許活性劑的結晶
工業用活性炭	孔洞大部分屬於 2.5 $\mu$ m 的小孔洞較少部分的 8.8-10 $\mu$ m 之中孔洞，孔洞密度較為稀疏。



### 三、【實驗三】表面官能基分析

因活性碳不易製備高透明度的樣本，以致利用紅外線光譜儀分析時，不易獲得有用的資料，由實驗結果發現，我們很難得到明顯的吸收峰，只有部分活性碳(物理活化欖仁葉、化學活化( $\text{ZnCl}_2$ )欖仁葉、酸洗化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )欖仁葉、福木葉(未處理)、化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )福木葉、酸洗福木葉)，在  $3400\text{ cm}^{-1}$  出現-OH 的吸收峰、在  $1600$ 、 $1400\text{ cm}^{-1}$  出現 C=C 的吸收峰。

(圖 3) 各種活性碳表面官能基分析



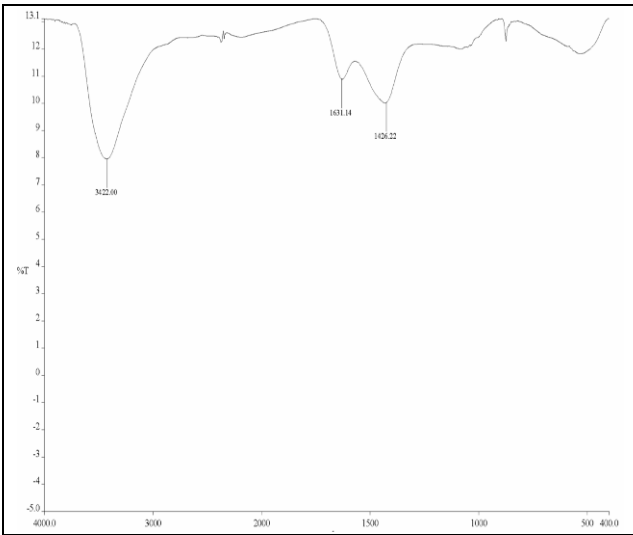


圖 3-5 化學活化(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)福木葉

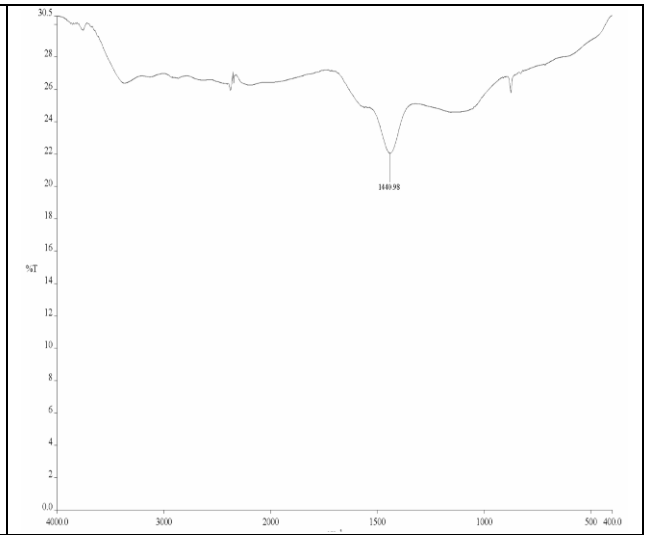


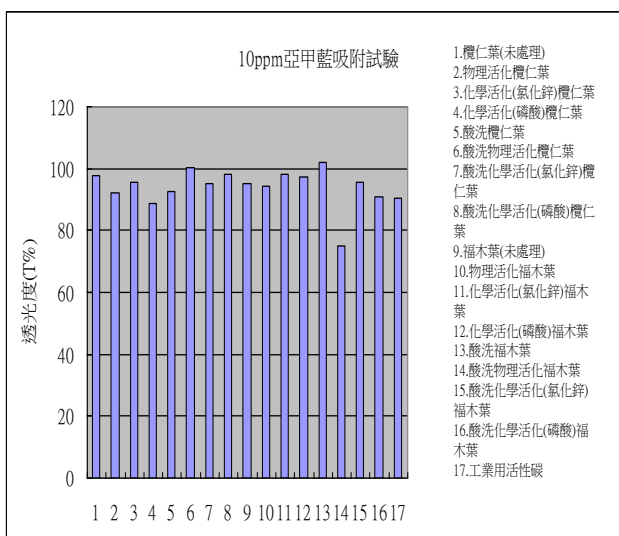
圖 3-6 酸洗福木葉

#### 四、【實驗四】 亞甲藍脫色試驗

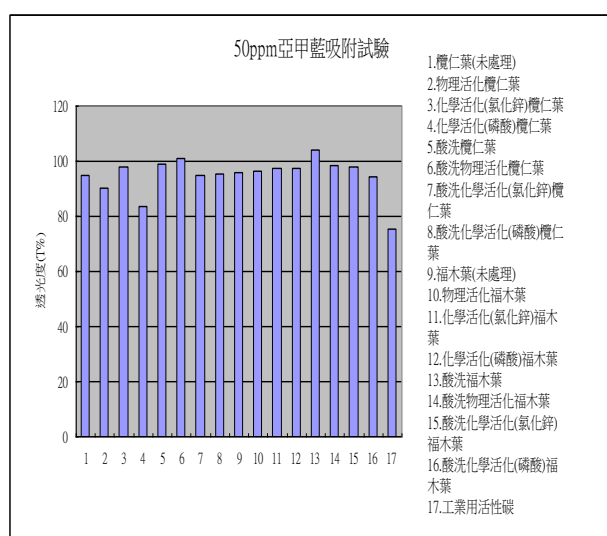
(表4-1) 不同活性碳吸附亞甲藍脫色試驗

活性碳種類	亞甲藍濃度	
	10ppm	50ppm
1.欖仁葉(未處理)	97.6	94.8
2.物理活化欖仁葉	92.0	90.4
3.化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )欖仁葉	95.4	97.7
4.化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )欖仁葉	88.6	83.6
5.酸洗欖仁葉	92.4	99.2
6.酸洗物理活化欖仁葉	100.2	100.9
7.酸洗化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )欖仁葉	95.0	94.8
8.酸洗化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )欖仁葉	98.2	95.5
9.福木葉(未處理)	95.3	95.7
10.物理活化福木葉	94.5	96.4
11.化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )福木葉	98.0	97.4
12.化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )福木葉	97.1	97.4
13.酸洗福木葉	102.0	104.0
14.酸洗物理活化福木葉	75.1	98.6
15.酸洗化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )福木葉	95.5	98.1
16.酸洗化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )福木葉	91.0	94.4
17.工業用活性碳	90.3	75.4

(圖4-1) 10ppm亞甲藍吸附試驗



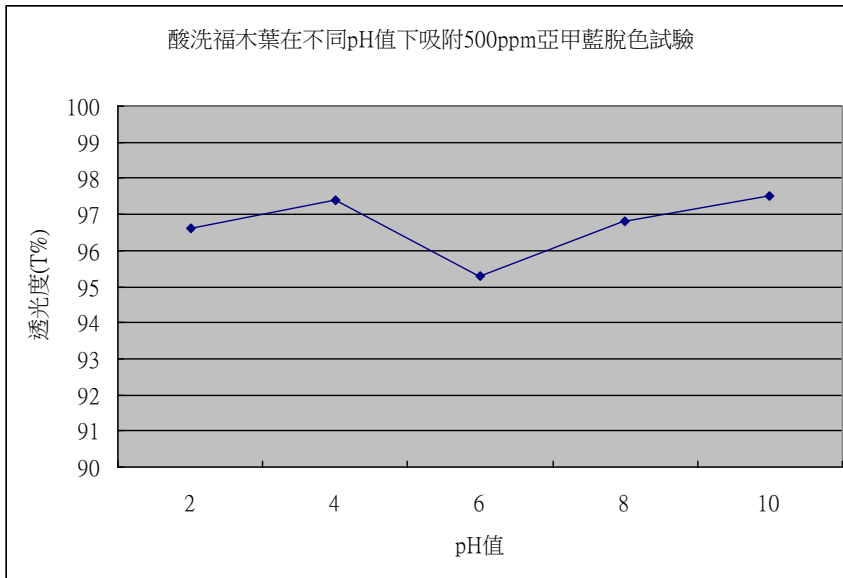
(圖4-2) 50ppm亞甲藍吸附試驗



(表 4-2) 酸洗福木葉在不同pH值下吸附500ppm亞甲藍脫色試驗

亞甲藍溶液pH值	2	4	6	8	10
吸附前溶液穿透度(T%)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
吸附後溶液穿透度(T%)	96.6	97.4	95.3	96.8	97.5

(圖4-3) 酸洗福木葉在不同pH值下吸附500ppm亞甲藍脫色試驗



(吸附前)



(吸附後)

(圖 4-4)酸洗福木葉吸附 10ppm 亞甲藍溶液



(吸附前)



(吸附後)

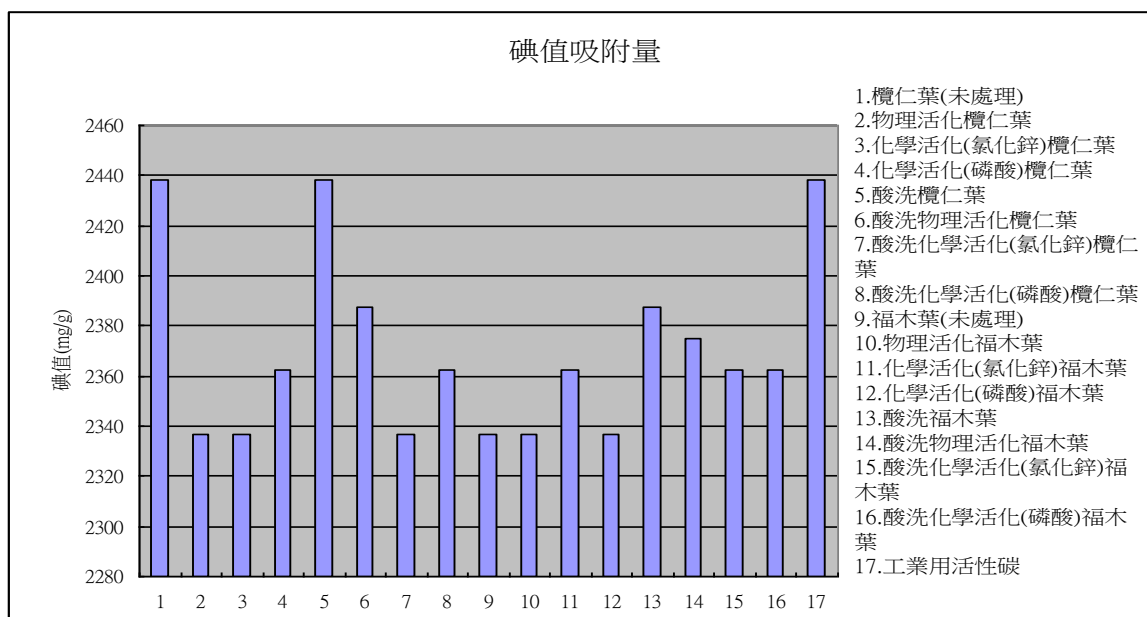
(圖 4-5) 酸洗福木葉吸附 50ppm 亞甲藍溶液

## 五、【實驗五】碘值吸附量

(表 5) 各種活性碳的碘值

活性碳種類	用去 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ 體積(ml)	碘值(mg/g)
1.欖仁葉(未處理)	0.5	2438.4
2.物理活化欖仁葉	0.8	2336.8
3.化學活化( $\text{ZnCl}_2$ )欖仁葉	0.8	2336.8
4.化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )欖仁葉	0.7	2362.2
5.酸洗欖仁葉	0.5	2438.4
6.酸洗物理活化欖仁葉	0.6	2387.6
7.酸洗化學活化( $\text{ZnCl}_2$ )欖仁葉	0.8	2336.8
8.酸洗化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )欖仁葉	0.7	2362.2
9.福木葉(未處理)	0.8	2336.8
10.物理活化福木葉	0.8	2336.8
11.化學活化( $\text{ZnCl}_2$ )福木葉	0.7	2362.2
12.化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )福木葉	0.8	2336.8
13.酸洗福木葉	0.6	2387.6
14.酸洗物理活化福木葉	0.65	2374.9
15.酸洗化學活化( $\text{ZnCl}_2$ )福木葉	0.7	2362.2
16.酸洗化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )福木葉	0.7	2362.2
17.工業用活性碳	0.4	2438.4

(圖 5) 各種活性碳的碘值吸附量比較



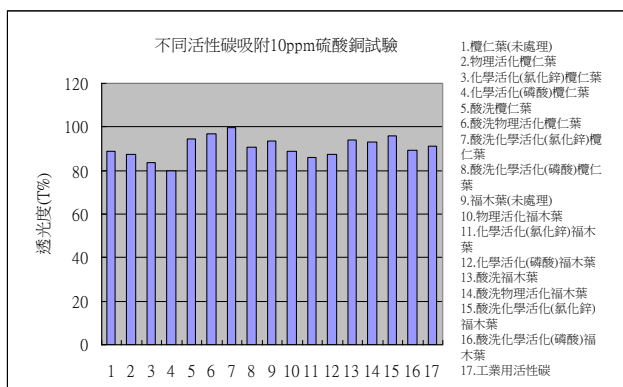
## 六、【實驗六】校園常見重金屬溶液減廢研究

### 【實驗六-1】活性碳對硫酸銅溶液的吸附探討

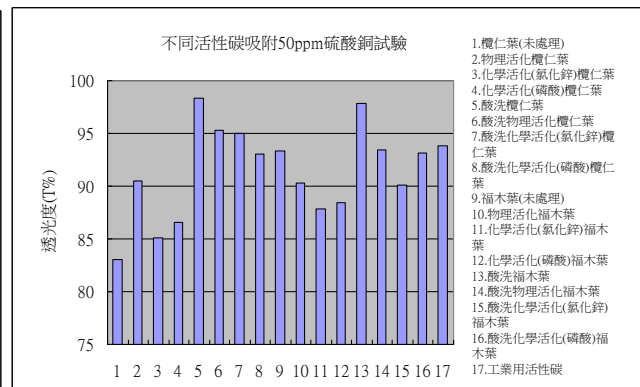
(一)表6-1.1 不同活性碳吸附硫酸銅溶液試驗

活性碳種類	硫酸銅濃度	
	10ppm	50ppm
1.欖仁葉(未處理)	89.0	83.0
2.物理活化欖仁葉	87.6	90.5
3.化學活化( $ZnCl_2$ )欖仁葉	83.5	85.1
4.化學活化( $H_3PO_4$ )欖仁葉	79.8	86.6
5.酸洗欖仁葉	94.3	98.3
6.酸洗物理活化欖仁葉	96.7	95.3
7.酸洗化學活化( $ZnCl_2$ )欖仁葉	99.7	95.0
8.酸洗化學活化( $H_3PO_4$ )欖仁葉	90.6	93.0
9.福木葉(未處理)	93.7	93.3
10.物理活化福木葉	88.7	90.3
11.化學活化( $ZnCl_2$ )福木葉	86.1	87.8
12.化學活化( $H_3PO_4$ )福木葉	87.6	88.4
13.酸洗福木葉	94.0	97.8
14.酸洗物理活化福木葉	93.3	93.4
15.酸洗化學活化( $ZnCl_2$ )福木葉	96.0	90.1
16.酸洗化學活化( $H_3PO_4$ )福木葉	89.5	93.1
17.工業用活性碳	91.0	93.8

(圖6-1.1) 10ppm硫酸銅吸附試驗



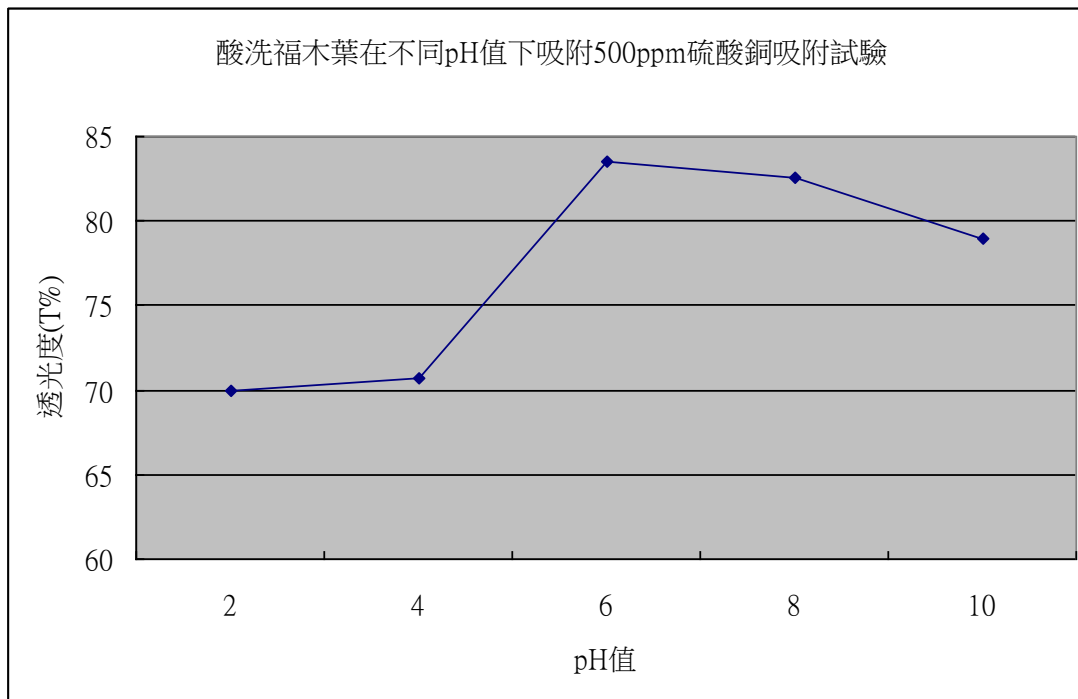
(圖6-1.2) 50ppm硫酸銅吸附試驗



(二) 表6-1. 2酸洗福木葉在不同pH值下吸附500ppm硫酸銅吸附試驗

硫酸銅溶液pH值	2	4	6	8	10
吸附前溶液穿透度(T%)	77.6	88.7	64.7	62.0	54.2
吸附後溶液穿透度(T%)	70	70.7	83.5	82.6	79.0

(圖6-1.3) 酸洗福木葉在不同pH值下吸附500ppm硫酸銅脫色試驗



(吸附前)

(吸附後)

(圖 6-1.4)酸洗福木葉吸附 10ppm 硫酸銅溶液



(吸附前)

(吸附後)

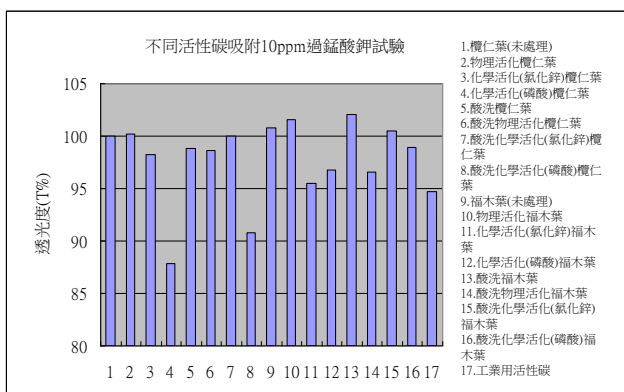
(圖 6-1.5)酸洗福木葉吸附 50ppm 硫酸銅溶液

## 【實驗六-2】活性碳對過錳酸鉀溶液的吸附探討

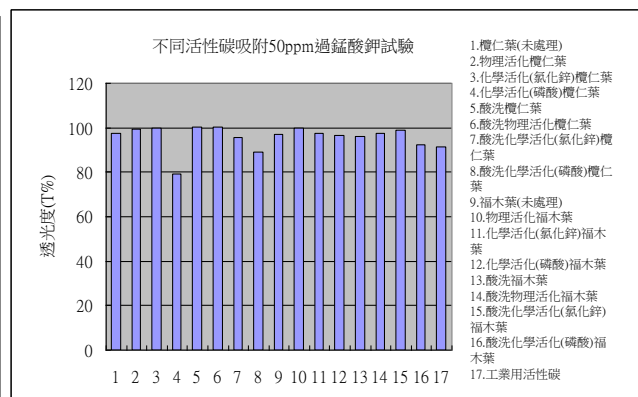
(一) 表6-2.1不同活性碳吸附過錳酸鉀溶液試驗

活性碳種類	穿透度(T%)	過錳酸鉀溶液濃度	
		10ppm	50ppm
1.欖仁葉(未處理)		100.0	97.5
2.物理活化欖仁葉		100.2	99.4
3.化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )欖仁葉		98.2	99.9
4.化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )欖仁葉		87.8	79.3
5.酸洗欖仁葉		98.8	100.5
6.酸洗物理活化欖仁葉		98.6	100.5
7.酸洗化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )欖仁葉		100.0	95.5
8.酸洗化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )欖仁葉		90.8	88.9
9.福木葉(未處理)		100.8	97.0
10.物理活化福木葉		101.6	99.9
11.化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )福木葉		95.5	97.5
12.化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )福木葉		96.8	96.6
13.酸洗福木葉		102.1	96.0
14.酸洗物理活化福木葉		96.6	97.7
15.酸洗化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )福木葉		100.5	99.1
16.酸洗化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )福木葉		98.9	92.4
17.工業用活性碳		94.7	91.2

(圖6-2.1) 10ppm過錳酸鉀吸附試驗



(圖6-2.2) 50ppm過錳酸鉀吸附試驗

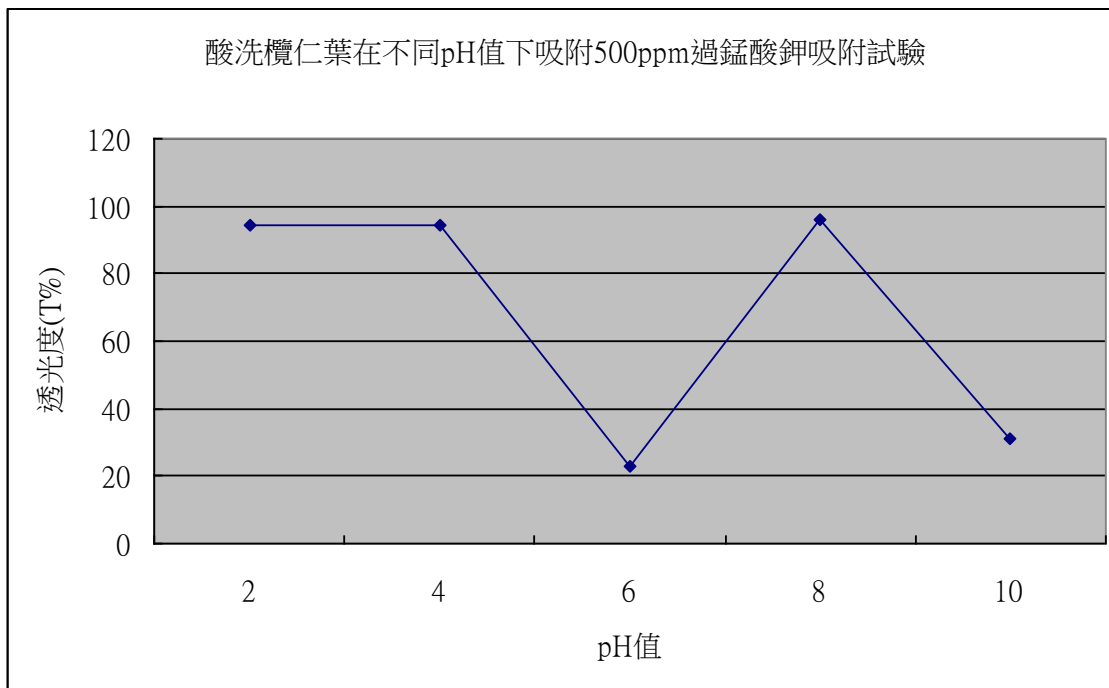


(二) (表6-2.2)酸洗欖仁葉在不同pH值下吸附500ppm過錳酸鉀吸附試驗

過錳酸鉀溶液pH值	2	4	6	8	10
吸附前溶液穿透度(T%)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
吸附後溶液穿透度(T%)	94.6	94.3	22.9	96.1	31.1



(圖6-2.3) 酸洗欖仁葉在不同pH值下吸附500ppm過錳酸鉀吸附試驗



(吸附前)



(吸附後)

(圖 6-2.4)酸洗欖仁葉吸附 10ppm 過錳酸鉀溶液



(吸附前)



(吸附後)

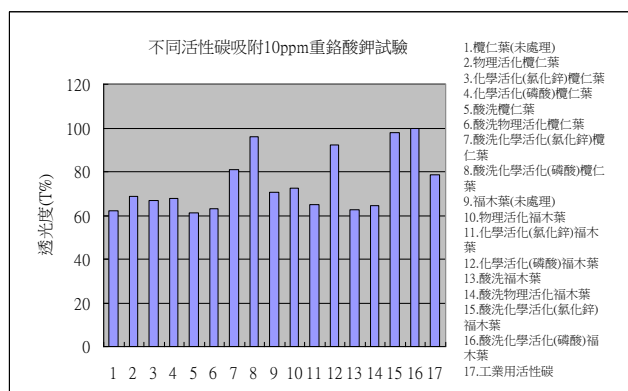
(圖 6-2.5) 酸洗福木葉吸附 50ppm 過錳酸鉀溶液

## 【實驗六-3】 活性碳對重鉻酸鉀溶液的吸附探討

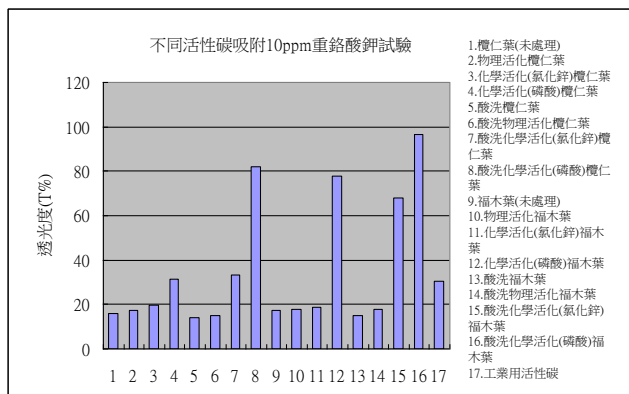
(一) 表6-3.1不同活性碳吸附重鉻酸鉀溶液試驗

活性碳種類	重鉻酸鉀濃度	
	10ppm	50ppm
1.欖仁葉(未處理)	62.2	16.1
2.物理活化欖仁葉	68.6	17.2
3.化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )欖仁葉	66.6	19.8
4.化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )欖仁葉	67.6	31.5
5.酸洗欖仁葉	61.3	14.0
6.酸洗物理活化欖仁葉	63.0	14.9
7.酸洗化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )欖仁葉	81.0	33.3
8.酸洗化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )欖仁葉	95.9	81.9
9.福木葉(未處理)	70.8	17.5
10.物理活化福木葉	72.6	17.9
11.化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )福木葉	65.0	18.6
12.化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )福木葉	92.1	77.8
13.酸洗福木葉	62.8	15.2
14.酸洗物理活化福木葉	64.6	18.0
15.酸洗化學活化(ZnCl <sub>2</sub> )福木葉	97.9	68.0
16.酸洗化學活化(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )福木葉	99.8	96.6
17.工業用活性碳	78.8	30.7

(圖6-3.1) 10ppm重鉻酸鉀吸附試驗



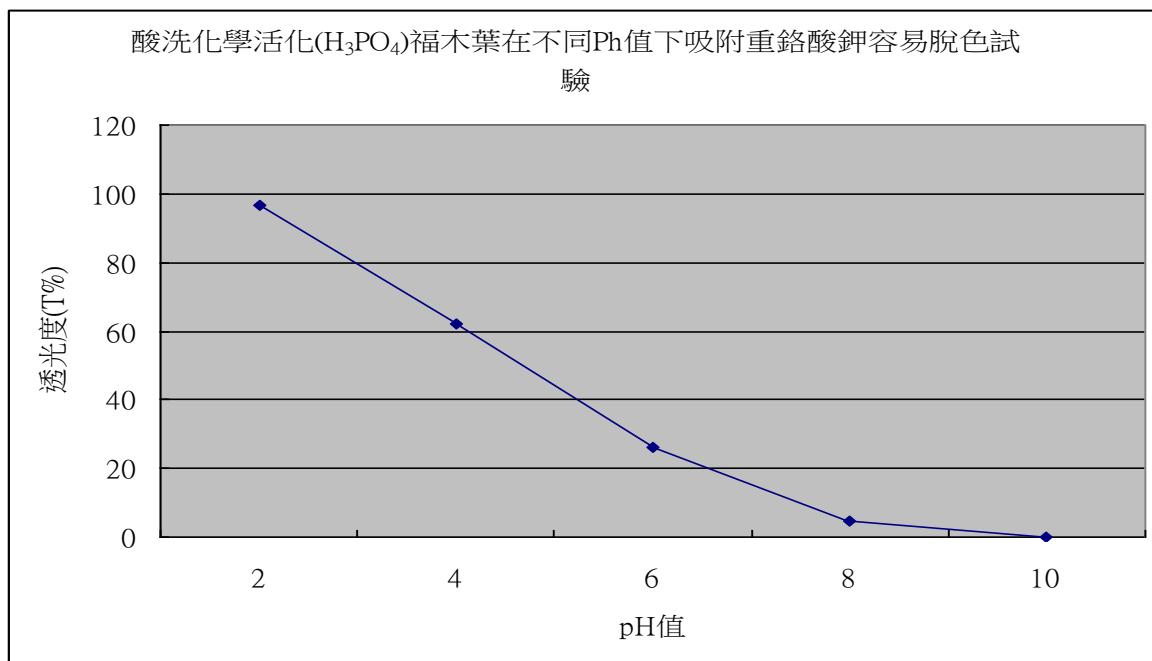
(圖6-3.2) 50ppm重鉻酸鉀吸附試驗



(二) 酸洗化學活化(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)福木葉在不同pH值下吸附500ppm重鉻酸鉀溶液脫色試驗

重鉻酸鉀溶液pH值	2	4	6	8	10
吸附前溶液穿透度(T%)	30.7	22.3	< 0.01	< 0.01	< 0.01
吸附後溶液穿透度(T%)	96.7	62.3	26.0	4.64	< 0.01

(圖6-2.3) 酸洗化學活化(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)福木葉在不同pH值下吸附500ppm重鉻酸鉀溶液吸附試驗



(吸附前)



(吸附後)



(吸附前)



(吸附後)

(圖 6-3.4)酸洗福木葉吸附 10ppm 重鉻酸鉀鉀溶液 (圖 6-3.5)酸洗福木葉吸附 50ppm 重鉻酸鉀鉀溶液

## 陸、討論

1. 由落葉乾餾燒製而成的活性碳，葉片部分呈現片狀，葉梗部份呈現柱狀，形狀不一，皆以研鉢磨碎後再進行各項試驗。福木葉燒製成的活性碳硬度較欖仁葉高，這可能是因為福木葉纖維的密度較大。經由氯化鋅化學活化的活性碳，表面可見細微綠色金屬鋅粉末的結晶，而經由酸洗處理過的福木葉活性碳，部分表面呈現有藍色光澤。
2. 由電子顯微鏡觀察各種自製活性碳，孔洞密度皆比工業用活性碳大，孔洞個數較多，孔洞的大表面積有利於吸附雜質；經由酸洗前處理的落葉活性碳，孔洞密度大、構造明顯，吸附效果良好；經由磷酸化學活化的活性碳，有出現直徑 $20\mu\text{ m}$ 以上的較大孔洞，有利於吸附較大的有機分子。
3. 因活性碳不易製備高透明度的樣本，以致利用紅外線光譜儀分析時，不易獲得有用的資料，由實驗結果發現，我們很難得到明顯的吸收峰，只有部分活性碳(物理活化欖仁葉、化學活化( $\text{ZnCl}_2$ )欖仁葉、酸洗化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )欖仁葉、福木葉(未處理)、化學活化( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )福木葉、酸洗福木葉)，在 $3400\text{ cm}^{-1}$ 出現-OH的吸收峰、在 $1600$ 、 $1400\text{ cm}^{-1}$ 出現C=C的吸收峰。
4. 亞甲藍為芳香族的染料，常用來判斷活性碳吸附染料的能力， $10\text{ppm}$  及  $50\text{ppm}$  的亞甲藍溶液在波長  $664\text{nm}$  的透光度分別為  $33.6\%$  和  $1.22\%$ ，經由各種活性碳吸附測試，透光度平均可高達  $94.3\%$ 、 $96.2\%$ ，吸收率約  $92\%$  及  $94\%$ ，皆高於工業用活性碳的吸收率  $86\%$  及  $75\%$ 。一般而言，福木葉活性碳吸附  $50\text{ppm}$  亞甲藍溶液的能力(吸收率約  $99.0\%$ )較欖仁葉(吸收率約  $96.0\%$ )佳，福木葉活性碳經由物理活化及化學活化皆可提高吸收率，尤其有酸洗前處理的福木葉活性碳，吸收率更高達  $100\%$ ，所以我們自製的落葉活性碳對亞甲藍的吸附力效果極佳，明顯優於工業用活性碳。此外，效果最好的酸洗福木葉活性碳，在各種 pH 值(pH=2、4、6、8、10)下，對  $500\text{ppm}$  亞甲藍溶液皆有優異的吸附效果，透光度平均由 $<0.01\%$ 提升至  $96.7\%$ ，吸收率皆在  $95\%$  以上，不同 pH 值下，酸洗福木葉活性碳對亞甲藍的吸收影響不大。
5. 活性碳之碘吸附量大小可當作吸附非極性小分子之能力的指標，對於某些形式之活性碳而言，碘值可能近似比表面積，但比表面積和碘值間的關係並非絕對，選用製備碳之原料、處理過程和孔體面積的分布變化都有可能影響其吸附效果，由實驗結果發現，自製落葉活性碳碘值皆在  $2330$  毫克碘/克碳以上，接近工業用活性碳的碘值  $2438.4$  毫克碘/克碳。
6.  $10\text{ppm}$  及  $50\text{ppm}$  的硫酸銅溶液在波長  $320\text{nm}$  的透光度分別為  $94.7\%$  和  $52.0\%$ ，經由各種活性碳吸附測試發現，吸附硫酸銅的效果較差，但是有酸洗前處理的欖仁葉(酸洗欖仁葉、酸洗物理活化欖仁葉、酸洗氯化鋅化學活化欖仁葉、酸洗磷酸化學活化欖仁葉)及有酸洗前處理的福木葉(酸洗福木葉、酸洗物理活化福木葉、酸洗氯化鋅化學活化福木葉、酸洗磷酸化學活化福木葉)吸附  $50\text{ppm}$  硫酸銅溶液能力較佳，透光度平均可高達  $95.4\%$ 、 $93.6\%$ ，吸收率約  $91\%$  及  $87\%$ ，亦比工業用活性碳(吸收率約  $87.0\%$ )吸附效果佳。以效果最好的酸洗福木葉活性碳，在各種 pH 值(pH=2、4、6、8、10)下，對  $500\text{ppm}$  硫酸銅溶液進行吸附，在 pH=6、8 時，吸附效果較佳，吸收率約  $59\%$ 。
7.  $10\text{ppm}$  及  $50\text{ppm}$  的過錳酸鉀溶液在波長  $545\text{nm}$  的透光度分別為  $66.6\%$  和  $17.5\%$ ，經由各種活性碳吸附測試，透光度平均可高達  $98.0\%$ 、 $96.1\%$ ，吸收率約  $94\%$  及  $96\%$ ，皆高於工

業用活性碳的吸收率 85.0%及 90.0%。欖仁葉活性碳與福木葉活性碳對過錳酸鉀皆有優異的吸附效果，福木葉活性碳吸附 50ppm 過錳酸鉀溶液的能力(吸收率約 97.0%)略較欖仁葉(吸收率約 95.2%)為佳，但有酸洗前處理的欖仁葉活性碳，吸收率高達 100%，所以我們自製的落葉活性碳對過錳酸鉀的吸附力效果極佳，明顯優於工業用活性碳。此外，效果最好的酸洗欖仁葉活性碳，在各種 pH 值(pH=2、4、6、8、10)下，對 500ppm 過錳酸鉀溶液進行吸附，在 pH=2、4、8 時，皆有不錯的吸附效果，吸收率在 95%以上，但在 pH=6、10 時，吸收較差。

8. 10ppm 及 50ppm 的重鉻酸鉀溶液在波長 400nm 的透光度分別為 71.8%和 18.3%，經由各種活性碳吸附測試發現，吸附重鉻酸鉀的效果較差，但是有酸洗前處理並以磷酸化學活化欖仁葉及酸洗磷酸化學活化福木葉吸附 10ppm 及 50ppm 重鉻酸鉀溶液能力較佳，透光度平均可高達 81.9%、96.6%，吸收率約 78.0%及 96%，遠高於工業用活性碳(吸收率約 16.0%)吸附效果。以效果最好的酸洗磷酸化學活化福木葉活性碳，在各種 pH 值(pH=2、4、6、8、10)下，對 500ppm 重鉻酸鉀溶液進行吸附，在酸性條件下活性碳對鉻離子吸附較好，在 pH=2 時有最佳吸附，吸收率約 96.0%。
9. 一般而言，活性碳對有機分子的吸附能力較佳，對重金屬離子吸附的效果不會很好，但是我們自製的落葉活性碳，對亞甲藍的吸附力效果極佳，另外，對重金屬離子的吸附也不錯，所有吸附能力皆較工業用活性碳的效果優異。

## 柒、結論

1. 由校園落葉(欖仁葉、福木葉)乾餾燒製而成的活性碳，經電子顯微鏡觀察，孔洞密度皆比工業用活性碳大，孔洞個數較多，孔洞的大表面積有利於吸附雜質；經由酸洗前處理的落葉活性碳，孔洞密度大、構造明顯，吸附效果良好；經由磷酸化學活化的活性碳，甚至出現直徑 $20\mu\text{m}$ 以上的較大孔洞，可以吸附較大的有機分子。
2. 活性碳碘值吸附量可當作吸附非極性小分子的能力，自製的各種不同的活性碳之碘值與工業用活性碳差不多，對非極性小分子的吸附應有不錯的效果。
3. 在自製的不同活性碳對於有色溶液的吸附情形中，不同的處理法對於落葉所製成的活性碳大部份對亞甲藍及過錳酸鉀吸附效果頗佳；對重鉻酸鉀溶液吸附效果其次；而對硫酸銅的吸附效果較差，但所有吸附能力皆較工業用活性碳的效果優異，由此可知，我們自製的落葉活性碳能有效運用於校園實驗室有機染料及重金屬溶液之減廢處理，並達到校園廢棄物再利用的目的。

## 捌、參考資料及其他

- (一)賴泓茵、潘怡安(民96)。生活中的碳-探討自製的活性碳之吸附雜質及竹炭屏蔽電磁波效應。臺灣二〇〇七年國際科學展覽會。
- (二)陳弘彬(民91)。孟宗竹炭與活性碳之研製。國立屏東科技大學森林系碩士論文。
- (三)王威傑、許禎玲、曾珮霽、衛建宇(民93)。口罩中的精靈-活性碳DIY。全國中小學科展。

## **【評語】 040808**

研究主題有環保概念，製作之活性碳確有優良之應用品質，在考慮能源效應，減少水含量之後進行活性碳之製成，將更具經濟上之可行性。