

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

佳作

080815

咖啡王子一號店～研製咖啡渣活性碳

學校名稱：國立東華大學附設實驗國民小學

作者： 小六 黃 媛 小六 連芸晨 小六 范晉睿	指導老師： 張慧娟 李瑜霏
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：活性碳、咖啡渣、乾餾

# 咖啡王子一號店~研製咖啡渣活性碳

## 摘要

在台灣飲料市場的佔有率中，咖啡飲料高居第四名，由此可見咖啡渣數量是非常驚人的。上學期我們在自然課中學到燃燒的相關知識，於是我們決定運用乾餾法，展開「咖啡渣活性碳」的研究！透過實驗與操作，我們研發出「咖啡渣活性碳的製作方法」，也驗證自己研製的「咖啡碳」和活性碳一樣，具有吸附雜質以達到淨水和脫色的功能，更設計出具有環保概念且能實際應用於生活中的相關物品。

研究過程中我們花了很多時間討論、設計並操作，為了突破實驗器材的限制，我們也多次前往五金行找尋突破器材限制的改良方法與靈感。師長和同學們都說我們的研究看起來很辛苦，但是因為有許多成長與發現，因此就算再辛苦我們也覺得非常值得。

## 壹、 研究動機

我們常去便利商店買東西，看到有些店外頭的盆栽裡有許多咖啡渣堆肥，也有人放在煙灰缸裡再利用，但是總覺得應該可以再研發更多用途！根據我們在台灣咖啡協會網頁所查到的2003年統計資料，全世界每年的咖啡輸出量已經超過了365 公噸，光是台灣每年所生產出來的咖啡渣就超過10公噸。在台灣飲料市場的佔有率中，咖啡飲料高居第四名，由此可見咖啡渣數量是非常驚人的。如果能善用咖啡渣的特點，開發咖啡渣再利用的功能及方法並運用於生活中，不僅可以減低環境的負荷，對大家來說也是一項福音。

上學期我們在自然課中學到燃燒的相關知識，於是我們決定運用乾餾法，展開「咖啡渣活性碳」的研究！

## 貳、 研究目的

我們想驗證自己乾餾研製的「咖啡碳」是否和活性碳一樣，具有吸附雜質以達到淨水和脫色的功能？因此選擇研究活性碳的製造，一方面驗證自製活性碳的可行性，也想藉此找到在自製活性碳的好方法。因此我們藉由控制不同實驗條件、活化程序製備活性碳，並以所得活性碳進行觀察、測量、實驗，探討不同活化程序對咖啡渣製備活性碳成效的影響。

綜上所述，我們設定研究目的如下：

- 一、研發製作咖啡渣活性碳的過程與方法。
- 二、觀測並分析自製咖啡渣活性碳與市售活性碳的基本特性。
- 三、測試並比較自製咖啡渣活性碳與市售活性碳的吸附效能。
- 四、研製效能佳、使用便利的咖啡渣活性碳並運用於日常生活中。

## 參、 研究設備及器材

本研究所需相關器材列表如下：

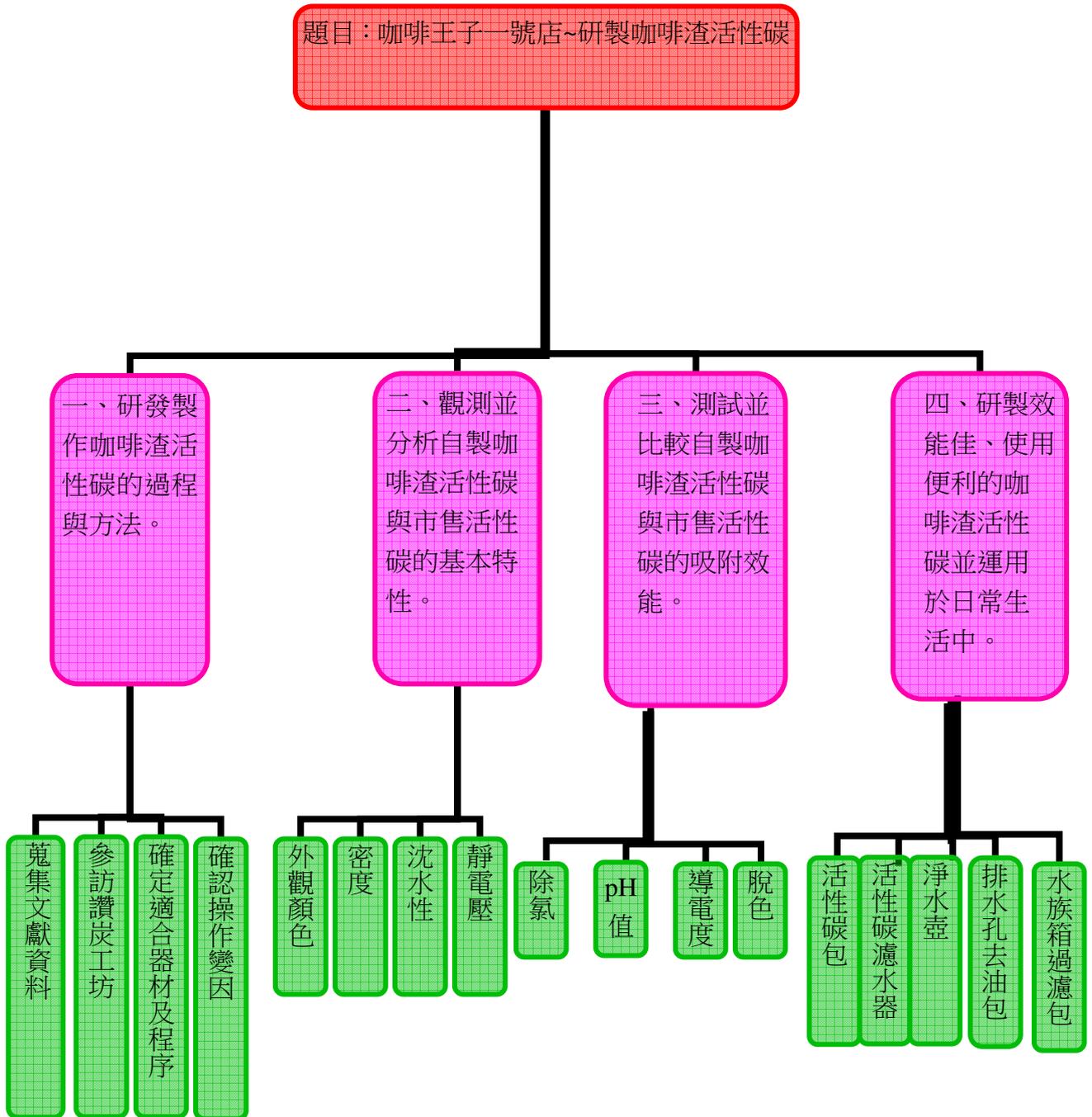
表 3-1 相關器材及設備一覽表

<b>原料及化學藥品</b>	7-11 便利商店咖啡渣、全家便利商店咖啡渣、85°C 咖啡渣、星巴克咖啡渣、學校咖啡機咖啡渣、市售活性碳顆粒、市售活性碳粉末、木炭、椰子殼活性碳、餘氯檢測劑、可樂、氨水、鹽酸、磷酸、蒸餾水、地下水、自來水、RO 逆滲透水、優碘
<b>器(耗)材</b>	1.8*25cm 試管、2.5*25cm 試管、平底試管、試管架、50ml 燒杯、100ml 燒杯、250ml 燒杯、500ml 燒杯、1000ml 燒杯、塑膠盆、滴管、秤藥紙、秤藥盆、刮匙、鐵網、蒸盤、標籤紙、鐵絲、濾紙、5ml 量筒、10ml 量筒、pH 值測試筆、導電度測試筆、大漏斗、小漏斗、長尾夾、白紙板、清洗瓶、不銹鋼鍋、不銹鋼便當盒、不銹鋼杯、鋁罐、鐵罐、不銹鋼管、錐型瓶
<b>設備</b>	瓦斯爐、卡式瓦斯爐、電腦、咖啡機、電子秤、相機

		
從各店家蒐集來的咖啡渣	將咖啡渣炒乾的鍋子和鏟子	各種咖啡碳渣分類標示保存
		
試管、試管架、量筒及保存瓶	濾水器材	計時器
		
化學藥品	pH 值測試筆及導電度測試筆	彈簧秤、電子秤及相關用品
		
瓦斯爐及瓦斯桶	卡式瓦斯爐及瓦斯罐	各種容器及鍋子

圖 3-1 主要實驗器材及設備

## 肆、 研究架構



## 伍、 研究過程及方法

### 一、研發製作咖啡渣活性碳的過程與方法

#### (一) 蒐集文獻資料

一開始，製備活性碳是我們還不熟悉的領域，為了瞭解相關的研究方法，便透過網路、圖書館、訪問專家蒐集相關資料，當作實驗研究的重要參考。

#### 1. 製造活性碳的過程與方法

(1) **活性碳**：活性碳(Activated Carbon)是多孔性碳體之集合性名稱，具有相當特殊的孔洞結構(如圖5-1)。因為直徑大小不等的孔洞分佈極微孔體積因素，所以活性碳具有相當高的表面面積。

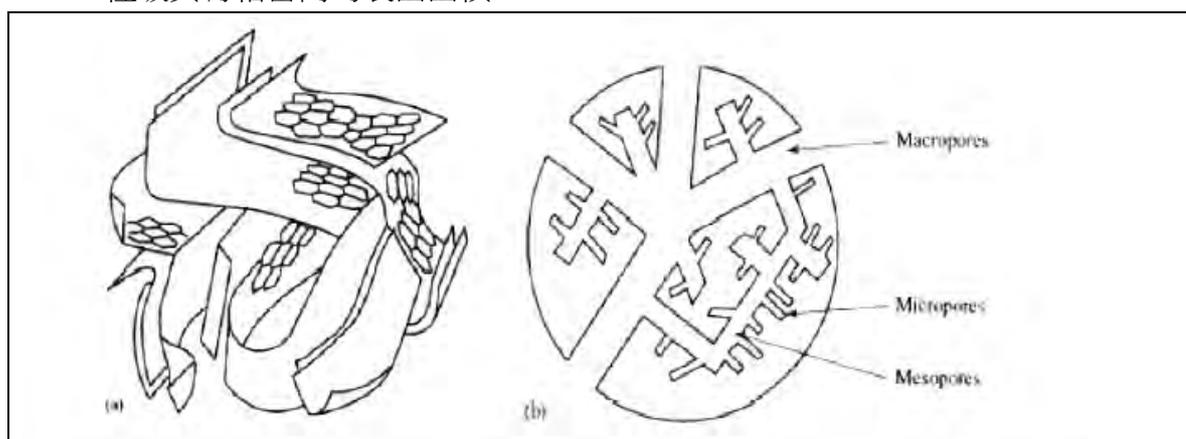


圖5-1 (a)活性碳結構圖；(b)活性碳顆粒內部構造圖(參考自Stoeckli et al, 1990；

Rodriguez-Reinoso1998)

(2) **活性碳的製造原理**：一般活性碳的製造方法有兩個重要的步驟，都是把含碳物質進行碳化、活化：

**A.碳化**：碳化是將含碳原料在缺氧環境加熱，使原料裂解成低分子化合物及碳的殘餘物。在熱解過程中，所用原料種類、熱解溫度、升溫速率、熱解時間等因素都有可能影響產物的成分以及碳含量。對活性碳之吸附性具有影響的孔隙構造及比表面積將會隨著碳化溫度而變化，因此選擇**適當的碳化溫度**相當重要。**一般來說大概都是在600°C~800°C 之間。**

**B.活化**：由於碳化的過程中，常有許多膠質物及其他物質形成，附著於碳結構邊緣上，甚至堵塞部分孔隙，降低許多表面積而影響吸附能力，所以需藉由活化過程碳化時孔隙增多，以增加其表面積而提昇吸附能力。大致上活化方法有分為**物理性活化**和**化學性活化**兩種；物理性活化大部分都是採用氣體配合水蒸氣的方法進行活化的步驟，而化學活化則是將要活化的含碳性物質浸泡在化學藥劑之內，或是在活化過程中加入化學藥劑，利用化學藥效使其孔洞直徑擴大，增加表面積。

**C.活性碳的應用**：活性碳主要是用作為氣體或各種物質選擇性吸附的基材，用途廣泛。例如：濾水器的濾心、除臭劑、脫色劑、處理廢棄廢水等。

**D.影響活性碳的變因**：因為在碳化過程中，無法產生具有高吸附量的活性碳。

所以都需要藉活化程序，來發展孔洞結構，以增加吸附能力。在製作活性碳的時候，會因為種種不同的因素而造成活性碳的結果有所不同；原料、活化條件以及不同的活化劑都是影響的因素。

**E.活性碳的原料：**在自然環境中含碳成分較多的動、植、礦物等物質，如果經由適當的處理之後都可以成為活性碳。

## (二) 測試並決定適合器材及程序

寒假集訓時，我們在網路上看到椰子殼活性碳，因此想探討咖啡渣是否可以用做木炭那種隔氧燃燒的方法製作出活性碳，所以我們用鋁箔紙包裹咖啡渣使其隔絕氧氣，看看咖啡渣會不會跟隔氧燃燒竹筷一樣，冒出白煙，燃起火焰。結果我們發現咖啡渣隔氧燃燒時，會像隔氧燃燒竹筷時一樣冒出大量的白煙，之後燃起了小火苗，因此有了大發現，我們就開始往咖啡渣活性碳這方面進行一連串的試驗。自從決定實驗方向後，我們設計了一連串的實驗。

		
<p>不同店家的咖啡渣用鋁箔包好以進行隔氧加熱燒成活性碳</p>	<p>(7-11、全家、星巴克、85°C、學校)隔氧燒製成活性碳</p>	<p>每次以 60ml 自來水沖濾，觀察比較活性碳的除氯效果</p>
		
<p>加入餘氯檢測劑後進行比色</p>	<p>第 1 次濾水，每一樣咖啡渣活性碳都能有效除氯</p>	<p>第 147 次濾水，全家便利商店的咖啡渣活性碳除氯效果最好</p>

圖 5-2 咖啡渣活性碳濾水初試

### 1. 決定主要原料~咖啡渣

#### (1).程序及方法：

- A 把不同店家的咖啡渣(7-11、全家、星巴克、85°C、學校)隔氧燒製成活性碳。
- B.將燒好的活性碳置於塑膠管中，每次倒入 60ml 的自來水，觀察活性碳的除氯效果。
- C. 分別重覆濾水直至找出除氯效果最佳者(最慢檢測出餘氯殘留)。

**(2)結果：**經過多次的實驗、濾水後，我們發現全家咖啡渣所燒製成的活性碳是除氯效果最好的，因此我們決定往後的實驗都是使用全家的咖啡渣進行實驗。

## 2.決定盛裝活性碳的濾水容器~試管

### (1)程序及方法：

- A.先利用連通管的其中一個塑膠管做為盛裝活性碳的器材。
- B.改用容易剪開的塑膠軟管。
- C.將試管置於試管架上。

(2)結果：決定以「試管」做為我們盛裝活性碳的器材。以便控制水接觸到活性碳的時間值，提高變因的控制性。

表 5-1 盛裝活性碳的濾水容器的優缺點比較

演進程序	優點	缺點	照片
A.切割連通管上塑膠管	* 實驗室已有器材，不需要再採購。	* 切割塑膠管耗費時間。 * 無法控制水接觸到活性碳的時間長度。	
B.改用塑膠軟管	* 容易剪開。 * 比較便宜。	* 塑膠軟管的口徑太小。 * 無法控制水接觸到活性碳的時間長度。	
C.決定用試管	* 方便控制水接觸到活性碳的時間長度。 * 有現成品可購買，數量充足。 * 透明易觀察。	* 購買器材的金錢花費較多。	



圖 5-3 初製活性碳

### 3.決定乾餾用的容器~不銹鋼鍋

#### (1)程序及方法：

測試以下列方法包覆或裝盛咖啡渣，並進行隔氧燃燒。

- A.用雙層的鋁箔紙包覆咖啡渣並扭緊。
- B.將鋁箔紙包覆咖啡渣並把鋁箔紙放入鐵管。
- C.鋁罐裝咖啡渣，再以鋁箔紙蓋住並固定於瓶口。
- D.用鐵罐裝咖啡渣，再以鋁箔紙蓋住並固定於瓶口。
- E.換便當盒裝咖啡渣裝咖啡渣。
- F.使用不銹鋼小鍋盛裝咖啡渣，再以鋁箔紙蓋住鍋口，放上鍋蓋後以長尾夾固定
- G.最後，我們使用不銹鋼鍋裝咖啡渣，再以鋁箔紙包覆，鍋蓋以鐵絲纏繞、固定，隔氧燃燒。而且燒製出來的活性碳較多。

**(2)結果：決定「以不銹鋼鍋裝咖啡渣，用鋁箔紙蓋住鍋口，再放上鍋蓋以鐵絲纏繞、固定，隔氧燃燒」做為隔氧加熱用器材。**

表 5-2 乾餾用容器的優缺點比較

演進程序	優點	缺點	照片
A.用鋁箔包覆	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 鋁箔輕巧，方便撕摺包裝咖啡渣。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 容易破裂，導致咖啡渣掉出或接觸到氧氣。</li> <li>* 手拿鑷子夾著，實驗時間無法久撐。</li> <li>* 直接在酒精燈上燒，受熱不平均。</li> </ul>	
B.鋁箔包覆塞入不銹鋼管	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 可平均受熱。</li> <li>* 鋁箔比較不容易破掉。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 不銹鋼管很重，而且是圓形的容易滾動。</li> <li>* 每次只可裝入 15g 咖啡渣，可碳化的量太少。</li> </ul>	
C.鋁罐	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 使用回收物，很環保</li> <li>* 可裝入 100g 的咖啡渣，容量比鋁箔及不銹鋼管多。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 鋁罐輕薄易變形扭曲，加熱時易破損，導致碳渣接觸氧氣。</li> <li>* 100g 咖啡渣碳化後只能產出約 15g 的咖啡碳，產量仍不足。</li> </ul>	

D.鐵罐	<ul style="list-style-type: none"> <li>*使用回收物，很環保</li> <li>*可裝入 100g 的咖啡渣，容量比鋁箔及不銹鋼管多。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 鐵罐加熱後會有鐵屑與咖啡碳渣混在一起。</li> <li>* 100g 咖啡渣碳化後只能產出約 15g 的咖啡碳，產量仍不足。</li> </ul>	
E.不銹鋼桶	<ul style="list-style-type: none"> <li>*容量較大</li> <li>* 不銹鋼桶底部燒紅 (不銹鋼顏色變化及其代表的溫度為：暗櫻紅色 650~750℃；深櫻紅色 750~780℃ 櫻紅色 780~800℃)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 不銹鋼桶上蓋後很笨重不易搬動。</li> </ul>	
F.不銹鋼便當盒	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 易固定並進行隔氧加熱。</li> <li>* 不銹鋼便當盒較輕巧。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 容量不大無法量產。</li> <li>* 不銹鋼便當盒蓋加熱 4~5 次後，有些變形不易開啟。</li> </ul>	
G.不銹鋼小鍋	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 容量較大可裝約 1 kg 的咖啡渣產出 150g 的啡渣碳渣。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 無把手不易固定鍋蓋及包覆。</li> <li>* 鍋子高度不足，容易接觸火源，鋁箔易被燒破。</li> </ul>	
H.不銹鋼大鍋	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 不會產生鐵屑。</li> <li>* 一次可容納 3 kg 咖啡渣，容量較大，相對的所製得的活性碳量也較多。</li> <li>* 鍋子有把手，易拿取搬動及固定鍋蓋。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 容量大，但是揮發氣體多，需加上鐵絲預防氣爆。</li> </ul>	

#### 4.決定加熱設備~桶裝瓦斯爐

##### (1)程序及方法：

- A.測試用酒精燈乾餾。
- B.改用野外爬山用的小瓦斯爐(需使用卡式瓦斯罐)。
- C.再用桶裝瓦斯的瓦斯爐

(2)結果：使用桶裝瓦斯爐燒製活性炭。

表 5-3 加熱設備的優缺點比較

演進程序	優點	缺點	
A 用酒精燈進行加熱	* 實驗室現成配備，不需再洽詢採購。	* 燃燒時間不能太久。 * 火源穩定性較差。	
B 改以烤肉網及卡式瓦斯爐	* 火力比酒精燈的強且穩定。	* 使用罐裝瓦斯，成本較高。 * 容易晃動較不穩固。	
C 使用桶裝瓦斯爐燒碳	* 使用桶裝瓦斯，成本相對較低。 * 爐台穩固，火源強弱較好控制。 * 持續加熱時間較長較穩定。	* 有重量較不易搬運，搬運時要小心注意。	

#### (三)製備咖啡渣活性炭程序

經過相關文獻探討分析及實驗器材測試，也考量咖啡渣含水量多少及後續碳化程序的節能問題，決定下列咖啡渣活性炭的標準製程：

1. **炒乾**: 先用炒菜鍋將咖啡渣殘留水份炒乾，以方便保存備用及節省碳化程序的瓦斯使用量。
2. **碳化程序**: 將已炒乾的**全家便利商店**咖啡渣置入不銹鋼鍋中，在鍋口包上鋁箔紙並綁上鐵絲，再蓋上鍋蓋固定，進行隔氧碳化。
3. **活化程序**: 秤出 3 份等重的碳渣，分別加入不同比例的水或化學藥品(**溶液:碳**的比例為 **1:1, 1:2, 1:3**)，拌勻後靜置 30 分鐘。依序置入不鏽鋼蒸盤及不銹鋼杯中進行加熱 1 小時。



圖 5-4 碳化程序



圖 5-5 活化程序

**(四) 自製活性碳：**活性碳孔隙的大小和分佈，活性碳吸附能力強弱的關鍵，因此需經由活化處理，使活性碳原料的產生更多的孔洞，讓活性碳有更高的吸附效能。

為了瞭解自製活性碳的可能性與找出效能較佳的自製活性碳，我們設定水量、溫度(冷凍)、酸洗(可樂、鹽酸、磷酸)、鹼處理(氨水)等變因，先製出不同種類活性碳，以利後續進行基本特性檢測及吸附效能測試用。

表 5-4 自製活性碳相關控制變因及製作方法一覽表

	變因控制	程序 1	程序 2	程序 3	活性碳種類
1	活化時加入不同的水量	秤出已碳化之咖啡碳渣 50g(4 份)。	分別以加入 RO 逆滲透水(0g、50g、100g 及 150g)，拌勻後靜置 30 分鐘。	物理活化	未加水活化 (1 : 0)
					加水活化(1 : 1)
					加水活化(1 : 2)
					加水活化(1 : 3)
2	活化時加入不同的水量並置入冷凍庫	秤出已碳化之咖啡碳渣 50g(4 份)。	分別以加入 RO 逆滲透水(0g、50g、100g 及 150g)，拌勻後置於冷凍庫 12 小時。	物理活化	未加水 (1 : 0) 冷凍活化
					加水 (1 : 1) 冷凍活化
					加水 (1 : 2) 冷凍活化
					加水 (1 : 3) 冷凍活化
3	活化時加入不同量的可樂	秤出已碳化之咖啡碳渣 50g(3 份)。	分別以加入可樂 (50g、100g 及 150g)，拌勻後靜置 30 分鐘。	物理活化	加可樂活化 (1 : 1)
					加可樂活化 (1 : 2)
					加可樂活化 (1 : 3)
4	加入不同量的可樂活化後洗淨後再物理活化	秤出已碳化之咖啡碳渣 10g(3 份)。	分別加入可樂 (10g、20g、30g)，拌勻後靜置 30 分鐘，加入 1000ccRO 逆滲透水，靜置 30min 後濾水。	物理活化	碳化可樂活化再水洗活化 (1 : 1)
					碳化可樂活化再水洗活化 (1 : 2)
					碳化可樂活化再水洗活化 (1 : 3)
5	活化時加入不同量的氨水	秤出已碳化之咖啡碳渣 10g(3 份)。	分別加入氨水 (10g、20g、30g)，拌勻後靜置 30 分	物理活化	加氨水活化 (1 : 5)
					加氨水活化

			鐘。		(2 : 5) 加氨水活化 (3 : 5)
6	加入不同量的氨水洗淨後再物理活化		分別加入氨水 (10g、20g、30g)1，拌勻後靜置 30 分鐘，隔氧加熱。之後再分別秤出 10g 碳渣，加入 1000cc 水，靜置濾水。	物理活化	加氨水活化後大量水洗(1 : 5) 加氨水活化後大量水洗(2 : 5) 加氨水活化後大量水洗(3 : 5)
7	鹽酸酸洗→碳化	將已炒乾的 <b>全家</b> 咖啡渣 700g 進行鹽酸洗後置入不銹鋼鍋中碳化。	秤出 10g 碳渣 3 份，分別置於濾網上分別加 RO 逆滲透水(10g、20g、30g)。	物理活化	鹽酸酸洗活化(1 : 1) 鹽酸酸洗活化(1 : 2) 鹽酸酸洗活化(1 : 3)
8	鹽酸酸洗→碳化→大量水洗→再物理活化		秤出 10g 碳渣 3 份，分別置於裝盛 1000ccRO 逆滲透水的大燒杯內靜置 30 分鐘，濾水後分別置於濾網上加 RO 逆滲透水 (10g、20g、30g))	物理活化	鹽酸酸洗大量水洗再活化(1 : 1) 鹽酸酸洗大量水洗再活化(1 : 2) 鹽酸酸洗大量水洗再活化(1 : 3)
9	磷酸酸洗→碳化	將已炒乾的 <b>全家</b> 咖啡渣 700g 進行磷酸酸洗後置入不銹鋼鍋中隔氧進行碳化。	秤出 10g 碳渣 3 份，分別置於濾網上分別加 RO 逆滲透水(10g、20g、30g))	物理活化	磷酸酸洗活化(1 : 1) 磷酸酸洗活化(1 : 2) 磷酸酸洗活化(1 : 3)
10	磷酸酸洗→碳化→大量水洗→再物理活化		秤出 10g 碳渣 3 份，分別置於裝盛 1000ccRO 逆滲透水的大燒杯內靜置 30 分鐘，濾水後分別置於濾網上加 RO 逆滲透水 (10g、20g、30g)	物理活化	磷酸酸洗大量水洗再活化(1 : 1) 磷酸酸洗大量水洗再活化(1 : 2) 磷酸酸洗大量水洗再活化

					(1:3)
11	碳化→可樂洗→水洗 →再物理活化	先將酸洗後咖啡渣碳化(將已炒乾的全家咖啡渣1000g以可樂進行酸洗後置入不鏽鋼鍋中隔氧進行碳化)	秤出10g 碳渣(3份),分別置於裝呈1000c.c.生飲水的大燒杯內靜置30min,濾水後再分別置於濾網上分別加水(10g,20g,30g),置入不鏽鋼鍋內進行加熱1hr	化學活化 物理活化	可樂酸洗活化(1:1)
					可樂酸洗活化(1:2)
					可樂酸洗活化(1:3)
12	椰殼碳化→打碎	椰殼碳化			自製椰殼活化(粉末)
					自製椰殼活化(顆粒)
					自製椰殼活化(綜合顆粒)
13	生豆及熟豆分別碳化 →物理活化	豆碳化(將生豆、熟豆150g置入不鏽鋼鍋中隔氧進行碳化)	分別置入不鏽鋼桶進行加熱1hr活化。 3.各秤出30g 碳渣,研磨5秒後,以篩網篩出顆粒和粉末。	物理活化	生豆顆粒(1:3)
					生豆粉末(1:3)
					熟豆顆粒(1:3)
					熟豆粉末(1:3)
14	咖啡豆分別碳化→物理活化	先將曼特寧、巴西、哥倫比亞咖啡豆碳化(將曼特寧、巴西、哥倫比亞咖啡豆200g置入不鏽鋼鍋中隔氧進行碳化)	1.秤出50g 炭渣(4份),分別加入生飲水150g,拌勻後靜置30mins。 2.分別置入不鏽鋼便當盒進行加熱1hr活化。	物理活化	曼特寧顆粒(1:3)
					曼特寧粉末(1:3)
					巴西顆粒(1:3)
					巴西粉末(1:3)
					哥倫比亞顆粒(1:3)
					哥倫比亞粉末(1:3)

## 二、觀測並分析市售活性碳與自製咖啡渣活性碳的基本特性。

從蒐集的文獻中瞭解活性碳的基本特性：

- 1.密度小：生活中濾水器材常用椰子殼活性碳當作淨水原料。因椰子殼活性碳密度小，手感輕，因此可以將活性碳放到水裡，隨著活性碳吸附水分子達到飽和，加重自身重量才會慢慢沉入水底。
- 2.pH 值影響：活性碳一般在酸性溶液中比在鹼性溶液中有較高的吸附率。 pH 值會因為吸附作用而產生影響。
- 3.吸附能力強：活性碳吸附能力有 2 種，一種是附著能力，一種是吸引能力。活性碳的孔洞越多，附著能力越好，所以當雜質進入活性碳的孔洞後，就卡在孔洞之中出不來了，也不能用一般的水洗方法將雜質洗出，另外無論是液體，氣體或是固體都是有大小的，只有與活性碳孔隙相符合的，才能附著在活性碳之中，粒徑太大或太小都不行。再則因為活性碳表面帶正電，所以能吸引一些帶負電的微小物品。

所以我們決定利用現有設備加上生活中容易取得的器材進行觀測**顏色、沉水性、密度、靜電壓**等基本特性。

首先設定變因，製備不同種類的活性碳，接著進行觀測。因受器材限制，我們決定以下列步驟進行檢測，以下列表說明各項檢測流程及實驗數據統計表。為求客觀每一種檢測值都進行三次實驗，再取其平均值進行統計分析。

(一) **密度**：密度是物體單位體積的質量(密度=質量/體積)，密度小的物質，其原子較鬆散。我們曾經學過用排水法測量不規則物體的體積，但是活性碳是多孔隙結構，如果用排水法測體積，我們無法確認水是否已完全滲入或擴散至孔洞內，則所測得的體積並非真正體積，所以排水法不適合測量多孔物質。

**1.方法**：秤出 1g 活性碳置於 5ml 量筒中，輕敲 40 下求出體積，再以重量÷體積換算成密度值(D=M/V)。

**2.實驗紀錄與統計**：A3 版統計圖表需參見附錄(圖 5-6 各種活性碳密度統計圖)

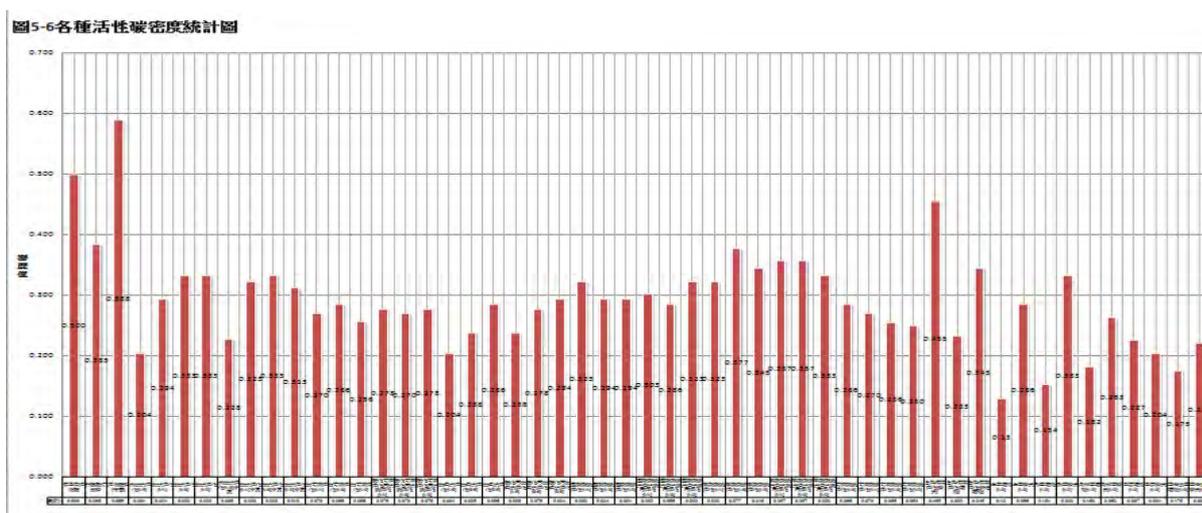


圖 5-6 各種活性碳密度統計圖

### 3.討論

- (1) 所有活性碳中，活性碳粉(市售)密度最高(0.588 cm<sup>3</sup> / g)，表示市售活性碳的比表面積最小。
- (2) 所有活性碳中，生豆顆粒(1:3)密度最低(0.130 cm<sup>3</sup> / g)，表示市售活性碳的比表面積最大。
- (3) 自製活性碳中，自製椰殼活化(粉末)密度最高(0.455cm<sup>3</sup> / g)。
- (4) 自製活性碳中，生豆顆粒(1:3)密度最低(0.130 cm<sup>3</sup> / g)。
- (5) 自製活性碳密度都比市售活性碳小(平均 0.491 cm<sup>3</sup> / g)。
- (6) 市售活性碳中，木炭敲打成粉的密度最小，表示其比表面積最大。



圖 5-7 密度測量步驟

(二) **沉水性**：因活性碳密度小，手感輕，將活性碳放到水裡，隨著活性碳吸附水分子達到飽和，加重自身重量才會慢慢沉入水底。因此我們藉由觀察其沉水性瞭解其物理特性。

**1.方法**：將 0.2g 活性碳置入 20ml 水中靜置 30 分鐘，再觀察水面、試管中段及下方殘留的碳渣。(完全沈入水中 1 分， 大部分沈入水中 2 分，大部分浮在水面 3 分，完全浮在水面上 4 分。)

**2.實驗紀錄與統計**：A3 版統計圖表需參見附錄(圖 5-8 各種活性碳沉水性統計圖)。

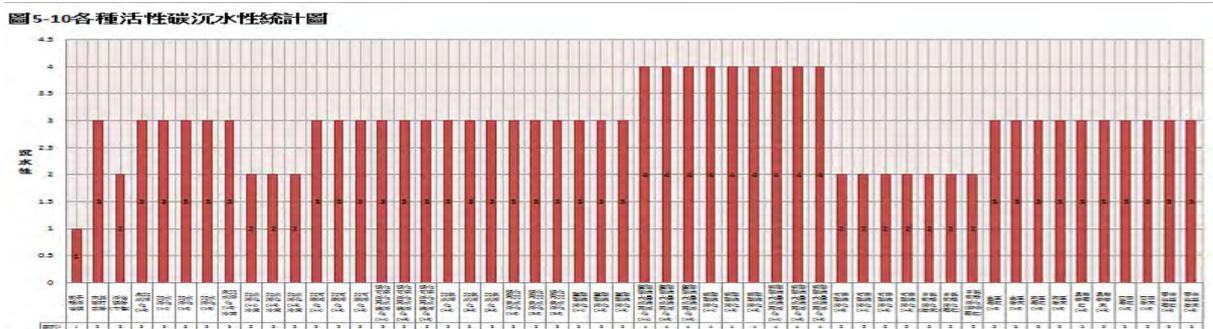


圖 5-8 各種活性碳沉水性統計圖

### 3.討論

- (1) 有 9 種的活性碳沉水性達 4 分：

- a.鹽酸水洗(1 : 1、1 : 2、1 : 3)
  - b.磷酸酸洗(1 : 1、1 : 2、1 : 3)
  - c.磷酸水洗(1 : 1、1 : 2、1 : 3)
- (2) 只有椰子殼活性碳的沉水性是 1 分
- (3) 鹽酸水洗、磷酸酸洗、磷酸水洗的平均沉水性最高(4 分)
- (4) 加水活化冷凍、可樂酸洗及自製椰子殼活化的平均沉水性最低(2 分)
- (5) 我們自製的活性碳沉水性都比市售的椰子殼活性碳(1 分)和活性碳粉末(2 分)好。
- (6) 我們自製的活性碳沉水性分數大多是 3 分。

		
秤出 0.2g 活性碳	置入 20ml 水中	靜置 30 分鐘，再觀察水面、試管中段及下方殘留的碳渣。

圖 5-9 沉水性測量步驟

**(三) 顏色：**活性碳是黑色的，在剛開始練習製碳時發現有些自製活性碳是灰色的，所以將顏色觀察紀錄納入，以做為製碳成功與否的重要參考。

- 1.方法：直接觀察活性碳顏色並比對色卡記錄其分數值(黑色 4 分，黑偏灰 3 分，灰偏黑 2 分，灰 1 分)。
- 2.實驗紀錄與統計：A3 版統計圖表需參見附錄(圖 5-10 各種活性碳顏色統計圖)。

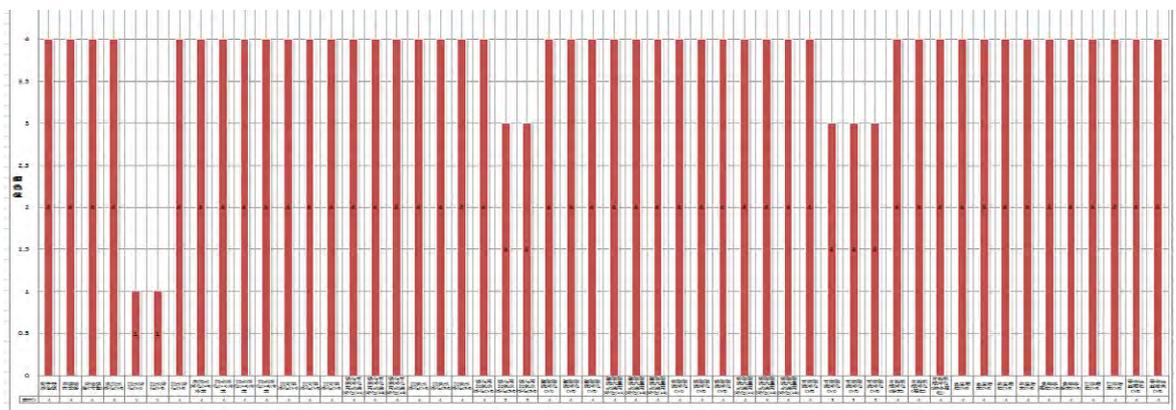


圖 5-10 各種活性碳顏色統計圖

### 3.討論

- (1) 自製的活性碳中，有 41 種活性碳是黑色：
- a.加水活化(1:0、1:3)
  - b.加水冷凍活化(1:0、1:1、1:2、1:3)
  - c.加可樂活化(1:1、1:2、1:3)
  - d.可樂水洗(1:1、1:2、1:3)
  - e.加氨水活化(1:5、2:5、3:5)
  - f.氨水水洗(1:5)
  - g.鹽酸酸洗(1:1、1:2、1:3)
  - h.鹽酸酸洗再水洗(1:1、1:2、1:3)
  - i.磷酸酸洗活化(1:1、1:2、1:3)
  - j.磷酸酸洗再水洗(1:1、1:2、1:3)
  - k.自製椰殼活化(粉末、顆粒、綜合顆粒)
  - l.生豆(顆粒、粉末)
  - m.熟豆(顆粒、粉末)
  - n.曼特寧(顆粒、粉末)
  - o.巴西(顆粒、粉末)
  - p.哥倫比亞(顆粒、粉末)
- (2)自製的活性碳中，有 7 種活性碳是灰色或黑偏灰、灰偏黑：
- a.加水活化(1:1、1:2)
  - b.氨水水洗(2:5、3:5)
  - c.可樂酸洗(1:1、1:2、1:3)
- (3) 我們推測活性碳呈灰色或黑偏灰、灰偏黑，可能是乾餾未徹底隔氧燃燒所致。
- (4)由第 1 點可知，我們所製作的活性碳在乾餾時大部分都有達到隔氧燃燒的效果

**(四) 靜電壓：**根據文獻探討知道活性碳表面帶正電具有吸引力，於是我們藉由靜電測試儀檢測各種類活性碳的靜電電壓。

**1.方法：**將測試儀探測夾歸零後置入活性碳內，報讀第 100 秒的數值。

**2.實驗紀錄與統計：**A3 版統計圖表需參見附錄(圖 5-12 各種活性碳靜電壓統計圖)。



圖 5-12 各種活性碳靜電壓統計圖

### 3.討論

- (1)自製活性碳中，可樂酸洗活化(1:3) 的靜電壓最高(1.067V)。
- (2)自製活性碳中，自製椰殼(粉末)的靜電壓最低(-1.810V)。
- (3)自製活性碳中，自製椰殼的平均電壓最低(-1.076V)。
- (4)自製活性碳中，可樂酸洗活化的平均電壓最高(0.607V)。
- (5)自製活性碳中，有 15 種活性碳帶有負電壓：
  - a.可樂水洗(1:2)( -0.084V) 。
  - b.加氨水活化(2:5)( -0.096V) 。
  - c.鹽酸酸洗(1:2)(-0.314V) 。
  - d.鹽酸酸洗再水洗(1:1)(-0.021V) 。
  - e.鹽酸酸洗再水洗(1:3)(-0.045V) 。
  - f.可樂酸洗(1:1)(-0.675V) 。
  - g.可樂酸洗(1:2)(-0.528V) 。
  - h.可樂酸洗(1:3)(-0.454V) 。
  - i.自製椰殼活化(粉末)(-1.810V) 。
  - j.自製椰殼活化(顆粒)(-1.375V) 。
  - k.自製椰殼活化(綜合顆粒)(-0.043V) 。
  - l.巴西顆粒(1:3)(-0.026V) 。
  - m.巴西粉末(1:3)(-0.002V) 。
  - n.哥倫比亞顆粒(1:3)(-0.048V) 。
  - o.哥倫比亞粉末(1:3)(-0.037V) 。
- (6)自製活性碳中，只有 1 種活性碳正電壓>0.5：
  - a.可樂酸洗 1：3 (1.067) 。



圖 5-11 電壓測量步驟

### 三、測試並比較自製咖啡渣活性碳與市售活性碳的吸附效能。

(一) **餘氯檢測**：飲用水中的微生物或細菌雖經臭氧、活性炭吸附、結晶、軟化等高級淨水程序，但仍無法完全去除，為確保飲用水安全，必須加氯消毒，可是餘氯過高與有機物結合，恐產生致癌的副產品三鹵甲烷。但不加氯不行，加多了恐致癌，若能找出有效除氯的方法，就能減少人體吸收氯而促進健康保健。

1.方法：每杯濾泡過活性碳的水分別滴入 10 滴餘氯檢測劑，與標準色卡比對其顏色變化情形。

2.實驗紀錄與統計：A3 版統計圖表需參見附錄(圖 5-14 各種活性碳餘氯統計圖)。

		
<p>將 0.2g 活性碳倒入 20ml 自來水浸泡 30 分鐘後濾出置於燒杯中</p>	<p>每杯濾泡過活性碳的水分別滴入 10 滴餘氯檢測劑</p>	<p>與標準色卡比對其顏色變化情形。</p>

圖 5-13 餘氯檢測步驟



**(二)導電度**：當水中溶有可解離的鹽類時，該溶液具有導電性。導電能力越高者，導電度 (Electrical Conductivity, EC) 的量測值越高。常用單位有三種，包括：導電度(EC)、導電因子(Conductivity Factor, CF)與總溶解固形物(Total Dissolved Solid, TDS)。TDS 中文譯名為溶解性總固體，水中溶解物越多，水的導電性越好，TDS 值也就越大。我們使用 EC 筆檢測導電度，以呈現水中離子數的多寡，亦可換算成 TDS 值。

**1.方法**：將 0.2g 活性碳倒入 20ml 自來水(地下水)浸泡 30 分鐘後濾出置於燒杯中，使用 EC 筆檢測導電度，以呈現水中離子數的多寡。

**2.實驗紀錄與統計**：A3 版統計圖表需參見附錄(圖 5-16 各種活性碳導電度統計圖)。



圖 5-16 各種活性碳導電度統計圖

### 3.討論

(1)自來水部分(自來水原液導電度為  $209 \mu s/cm$ )

- 哥倫比亞顆粒(1:3)的導電度最高。
- 可樂酸洗(1:2)的導電度最低。
- 因為自來水原液是  $209 \mu s/cm$ ，所以木炭敲打成粉、活性碳粉(市售)、加水活化(1:1, 1:2)、鹽酸酸洗(1:0, 1:1)、磷酸酸洗全部比例、磷酸酸洗再水洗活化全部比例、可樂酸洗活化全部比例，這些活性碳吸附離子的比例較高。
- 自來水濾水導電度實驗中，有 37 種活性碳都釋放出離子，14 種活性碳的離子被吸附。
- 從第 4 點來看，吸附離子活性碳的數量較少，釋放離子的活性碳數量較多。
- 鹽酸酸洗活化(1:1)的導電度最接近  $209 \mu s/cm$ ，表示這種活性碳對於自來水的離子沒有什麼作用。

(2)地下水部分(地下水原液導電度是  $323 \mu s/cm$ )

- 哥倫比亞顆粒(1:3)的導電度最高(11401:0)。
- 可樂水洗(1:3)的導電度最低(64.67 1:0)。
- 因為地下水原液是 3231:0，所以椰子殼活性碳、木炭敲打成粉、活性碳粉(市售)。
- 可樂水洗活化全部比例、磷酸酸洗活化(1:0)，這些活性碳吸附離子的比例較高。
- 地下水濾水導電度實驗中，有 43 種活性碳都釋放出離子，有 8 種活性碳的離子被吸附。
- 從第 4 點來看，吸附離子活性碳的數量較少，釋放離子的活性碳數量較多。
- 磷酸酸洗大量水洗再活化(1:2)的導電度最接近 3231:0，表示這種活性碳對於地下水的離子沒有什麼作用。



- i.磷酸酸洗活化(1:2、1:3)。
- j.磷酸酸洗再水洗(1:1、1:3)。
- k.可樂酸洗(1:1、1:2、1:3)。
- l.自製椰殼活化(粉末、顆粒、綜合顆粒)。
- m.生豆顆粒、粉末。
- n.熟豆顆粒、粉末。
- o.曼特寧顆粒、粉末。
- p.巴西顆粒、粉末。
- q.哥倫比亞顆粒、粉末。

(2)地下水中好的水有：

- a.售活性碳(椰子殼活性碳、木炭敲打成粉、活性碳粉)。
- b.未加水活化(1:0)。
- c.加水冷凍活化(1:0、1:1、1:2、1:3)。
- d.可樂水洗(1:3)。
- e.加氨水活化(1:5、2:5)。
- f.鹽酸酸洗(1:1、1:2)。
- g.磷酸酸洗(1:2)。
- h.磷酸酸洗再水洗(1:1)。
- i.可樂酸洗(1:1、1:2、1:3)。
- j.自製椰殼活化(粉末、顆粒、綜合顆粒)。
- k.生豆顆粒、粉末。
- l.熟豆顆粒、粉末。
- m.曼特寧顆粒、粉末。
- n.巴西顆粒、粉末。
- o.哥倫比亞顆粒、粉末。

(3)所有自來水的水質中，以巴西顆粒濾水最偏鹼性，以鹽酸酸洗再水洗(1:2)的水質最偏酸性。

(4)所有地下水的水質中，以哥倫比亞顆粒(1:3)濾出的水質最偏鹼性，以鹽酸酸洗大量水洗再活化(1:2)的水質最偏酸性。

		
<p>將 0.2g 活性碳倒入 20ml 自來水(地下水)浸泡 30 分鐘後濾出置於燒杯中</p>	<p>使用 pH 值測試筆檢測，每次測量前分別置入 pH7 和 pH4 溶液中用「一字起子」校正。</p>	<p>再放入活性碳濾水中測量酸鹼值。</p>

圖 5-17 pH 值測量步驟

**(四)脫色：**碘液脫色可以表示活性碳吸附小分子的能力指標，因此以稀釋碘液沖濾活性碳來進行吸附能力的檢測。

**1.方法：**以電子秤秤出 2g 活性碳置放在有濾紙的漏斗中備用，先以 5mlRO 逆滲透水沖濾，再倒入在 10ml 的稀釋優碘溶液(優碘：水=1：100) 沖濾入試管中，觀察比較各試管的脫色情形並比對色卡以判斷、登記得分數值。(色卡製作方式：擷取稀釋過碘液照片的色塊，運用提高亮度方式每次增加 10%，逐次增加至 100%，顏色也就由深而漸淺最後至透明無色。我們討論決定依顏色由深到淺的 11 個變化依序訂定數值為 0~10。)

**2.實驗紀錄與統計：**A3 版統計圖表請參見附錄二(圖 5-19 各種活性碳脫色統計圖)。



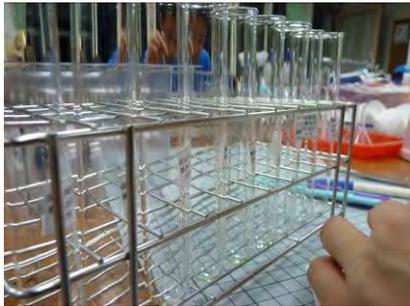
圖 5-19 各種活性碳脫色統計圖

### 3.討論：

- (1) 自製活性碳的吸附效力大多比市售活性碳好。
- (2) 自製椰殼、生熟豆及曼特寧、巴西、哥倫比亞顆粒、粉末的吸附效力最差。
- (3) 自製活性碳中，有 11 種活性碳的吸附效力達 10(減少 100%)：
  - a.未加水活化(1：0)。
  - b.加水活化冷凍(1：0、1：1、1：2、1：3)。
  - c.加可樂活化(1：1、1：2、1：3)。
  - d.可樂水洗(1：1、1：2、1：3)。
- (4) 自製活性碳中，有 16 種活性碳的吸附效力達到 6(減少 60%)：
  - a.加水活化(1：2、1：3)。
  - b.可樂酸洗(1：0、1：1、1：2、1：3)。
  - c.加氨水活化(3：5)。
  - d.鹽酸酸洗(1：1、1：3)。
  - e.鹽酸水洗(1：1、1：2)。
  - f.磷酸酸洗(1：0、1：1、1：2、1：3)。
  - g.磷酸水洗(1：3)。
- (5) 自製活性碳中，有 13 種活性碳濾出的碘液是混濁的。
  - a.自製椰殼(粉末、顆粒、綜合顆粒)。
  - b.生豆(顆粒、粉末)。
  - c.熟豆(顆粒、粉末)。
  - d.曼特寧(顆粒、粉末)。
  - e.巴西(顆粒、粉末)。
  - f.哥倫比亞(顆粒、粉末)。

碘液脫色實驗色卡(提高亮度比)

										
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%(稀釋液原色)



準備試管並貼上標籤



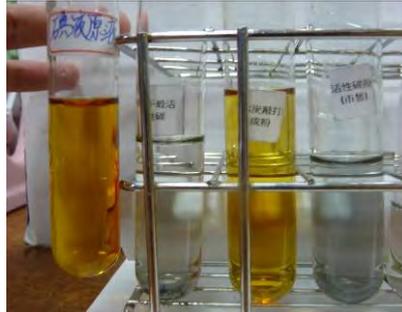
以電子秤稱 2g 活性碳



置於裝有濾紙的漏斗上



將 10ml 稀釋碘液倒入過濾



市售活性炭的濾液看起來有些黑色



濾液與自來水原液進行餘氯比對



將濾液與色卡進行比色並記錄



將實驗成果整齊排列



拍照存用

圖 5-20 脫色檢測步驟

#### 四、研製效能佳、使用便利的咖啡渣活性碳並運用於日常生活中。

根據實驗及測試找出最佳吸附及脫色效能的活性碳，再設計成生活中可簡易運用的濾水小幫手，我們分別設計「活性碳包」、「活性碳濾水器」、「淨水壺」、「排水孔去油包」及「水族箱過濾包」。簡單的將設計製作方法、使用方式條列如下：

##### (一)活性碳包：

###### 1.製作方法

- (1) 秤出 3g 的活性碳(剛好可將茶包裝到 8 分滿)。
- (2) 以 500mlRO 逆滲透水清洗活性碳。
- (3) 水洗後晾乾活性碳。
- (4) 將活性碳放入濾紙中。
- (5) 把濾紙的開口摺起來。
- (6) 將摺好的濾紙放入茶包中。
- (7) 把放入茶包內的濾紙打結固定。

###### 2.測試及使用

- (1) 將活性碳茶包置於稀釋碘液中靜置 10 分鐘。
- (2) 10 分鐘過後取出茶包。
- (3) 經過七次濾水後，稀釋碘液的顏色已經變得非常淡。



圖 5-21 活性碳包製作程序與測試

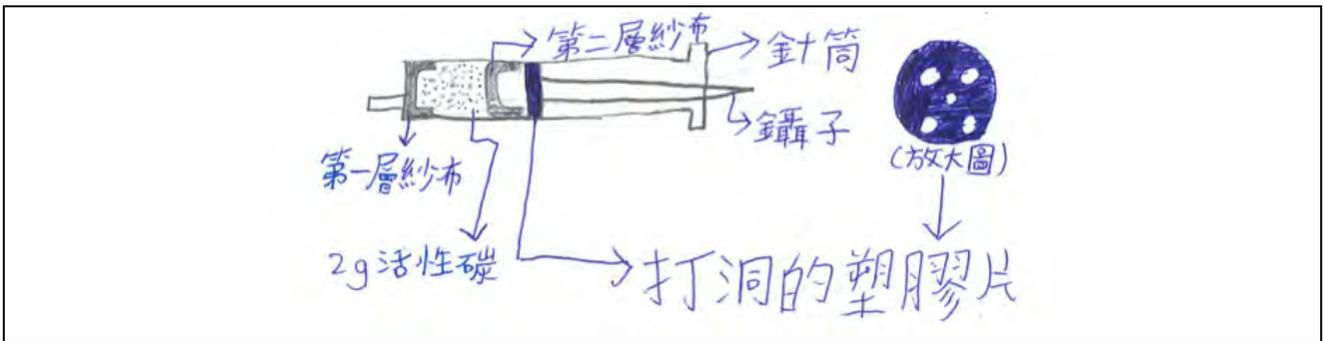
##### (二) 活性碳濾水器

###### 1.製作方法

- (1)用鑷子在針筒中放入一層紗布，以刮匙在針筒中置入 2g 活性碳。
- (2) 以鑷子在針筒中放入第二層紗布，最後在針筒中放入打洞的塑膠片。

## 2.測試及使用

(1)裝 1000ml 的自來水備用，分次將自來水倒入針筒濾水，檢測餘氯殘留量。



活性炭濾水器設計圖

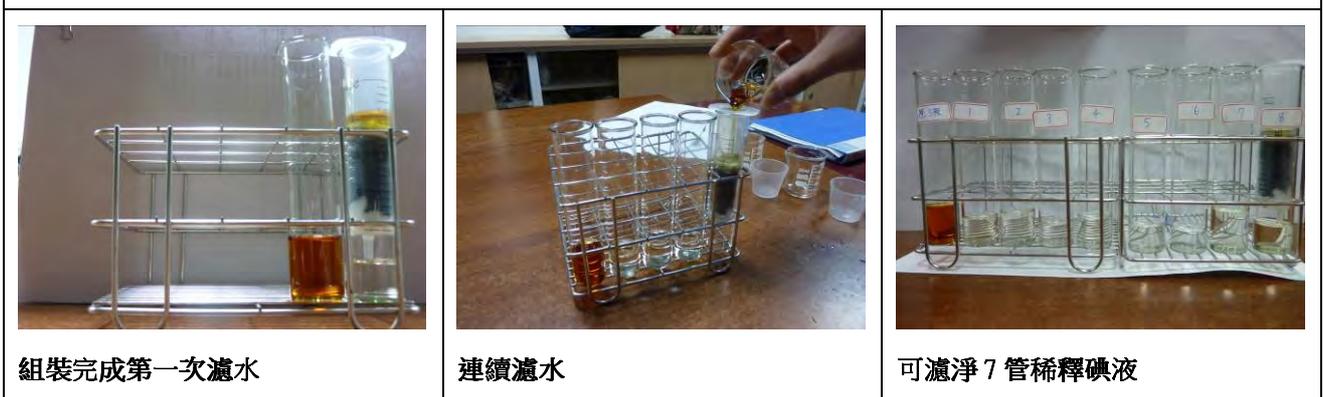


圖 5-22 活性炭濾水器設計圖與測試

## (三)淨水壺

### 1.製作方式

- (1)秤出 4g 活性炭，裝入滷材袋中包好。
- (2)裁下兩塊 12.5cm\*7.8cm 過濾棉，把裝有活性炭的滷材袋在兩塊過濾棉間呈三明治狀。
- (3)置於篩粉器內，將網子全部填滿。
- (4)取 10ml 的稀釋碘液倒入篩粉器中，篩粉器下方連接容器。

### 2.檢測方式

- (1)將自來水或地下水沖濾過組裝好的淨水器
- (2)檢測濾液的餘氯值或導電度。



圖 5-23 淨水器設計圖與測試

#### (四)排水孔去油包

##### 1.製作方式

(1)將活性碳裝袋置入水排孔濾網中。

##### 2.檢測方式

(1)將沙拉油與水混合，沖濾過組裝好的去油包。

(2)觀測殘留油量。

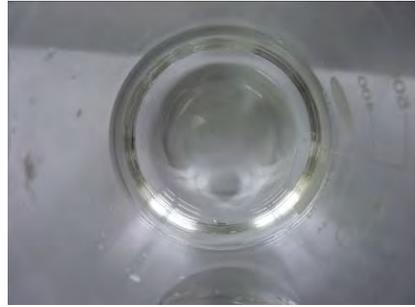
		
<p>將裝有活性碳的去油包置於排水孔濾網中</p>	<p>實際組裝</p>	<p>油水過濾後油光變少了</p>

圖 5-23 淨水器設計圖與測試

#### (五)水族箱過濾包

##### 1.製作方式

(1)裝自製活性碳置入水族箱過濾器的濾包中。

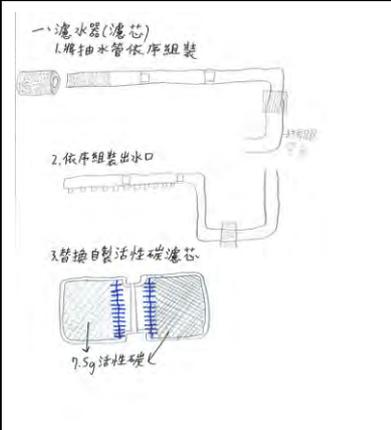
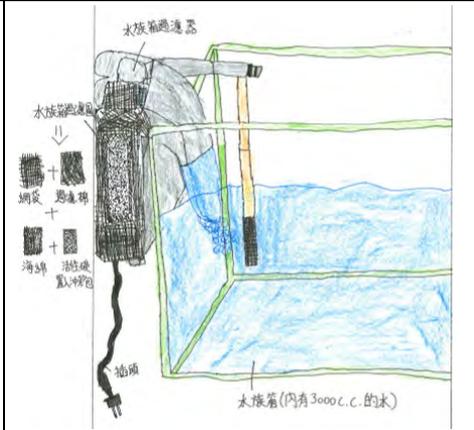
(2)依序組裝水族箱濾水器，並置入 10 公升的生飲水。

(3)置入 10 條小魚並啟動濾水循環。

(4)為利對照再另行組裝一套器材條件相同但放置市售活性碳的水族箱及濾水循環。

##### 2.檢測方式

(1)定時放入定量魚飼料並觀測水質澄清、pH 值及導電度等變化。

		
<p>水族箱過濾包設計圖</p>	<p>實際組裝</p>	<p>濾水裝置</p>

## 陸、 結論

### 一、研發製作咖啡渣活性碳的過程與方法

- (一)經過測試並決定適合器材及程序，我們發現若要自製咖啡渣活性碳，**可選擇使用全家便利商店的咖啡渣當原料，用試管做盛裝活性碳的濾水容器，用不銹鋼鍋當乾餾用的容器，並以桶裝瓦斯爐進行加熱。**
- (二)碳化程序:**隔氧加熱程序中若能適時加以搖動，有利於碳化品質的均勻性。**1 公斤炒乾的咖啡渣隔氧加熱約 2.5 小時即可完成。活化程序則建議隔氧加熱約 1 小時較佳。

### 二、基本特性

- (一)密度:經過測試，自製的活性碳，密度都比市售活性碳小，因此我們**判斷自製活性碳吸附效果較佳，「比表面積」比市售活性碳大。**
- (二)沉水性:自製的活性碳沉水性大多是 3 分，比市售的椰子殼活性碳(1 分)和活性碳粉末(2 分)。可見自製活性碳密度確實較輕小。
- (三)顏色:除了加水活化(1:1、1:2)的活性碳外觀呈現灰色。而加氨水活化(2:5、3:5)及可樂酸洗(1:1、1:2、1:3)的活性碳外觀呈現黑偏灰。其他活性碳都跟市售活性碳及木炭一樣是黑的。
- (四)靜電壓:自製活性碳中**大部分是正電壓**，也都超過市售椰子殼活性碳的靜電壓(0.196V)，因此**除氯效果好**。但是，我們發現有 15 種自製活性碳帶有負電壓。可是根據文獻探討，我們得知活性碳應該是帶正電的，為什麼有這種呈現負電現象？值得再深入研究。

### 三、測試並比較自製咖啡渣活性碳與市售活性碳的吸附效能

- (一)餘氯檢測:自製活性碳中可樂酸洗(1:1)冷凍是除氯效果最差的 0.1。但此之外，除氯效果都跟市售活性碳一樣好。
- (二)導電度:因為地下水原液是  $323 \mu s/cm$ ，所以椰子殼活性碳、木炭敲打成粉、活性碳粉(市售)、可樂水洗全部比例、磷酸酸洗(1:0)，這些活性碳顯現良好的吸附離子效能。而自來水原液是  $209 \mu s/cm$ ，所以木炭敲打成粉、活性碳粉(市售)、加水活化(1:1、1:2)、鹽酸酸洗(1:0、1:1)、磷酸酸洗全部比例、磷酸酸洗再水洗活化全部比例、可樂酸洗活化全部比例，這些活性碳吸附離子的比例較高。
- (三)pH 值變化:在學校自來水的 pH=7.8，地下水的 pH=8.0。經過活性碳浸泡濾出後，pH 值均有所改變。所有自來水的水質中，以巴西顆料濾出的水質最偏鹼性，以加水活化(1:2)的水質最偏酸性。所有地下水的水質中，以哥倫比亞顆料(1:1)濾出的水質最偏鹼性，以鹽酸酸洗再水洗(1:2)的水質最偏酸性。
- (四)脫色:**自製活性碳的脫色效果都比市售活性碳好**。在自製活性碳中，我們發現除了少數 2 種活性碳之外，其餘效果差的，都是經過酸洗的，所以我們推測：酸洗無法提升活性碳的小分子吸附效果。
- (五)綜合比較:綜合比較各類活性碳的吸附效應，我們發現有些活性碳能能夠同時在餘氯檢測、pH 值變化、導電度、脫色實驗中顯現良好的吸附效能**(如：可樂水洗活性碳)**。茲將統整發現列表如下，若將每一種標記的吸附功能記號當作 1 分，整理分析統計如圖 6-1：(A3 版統計圖表需參見附錄)。

表 6-1 活性碳吸附功能綜合比較統計表

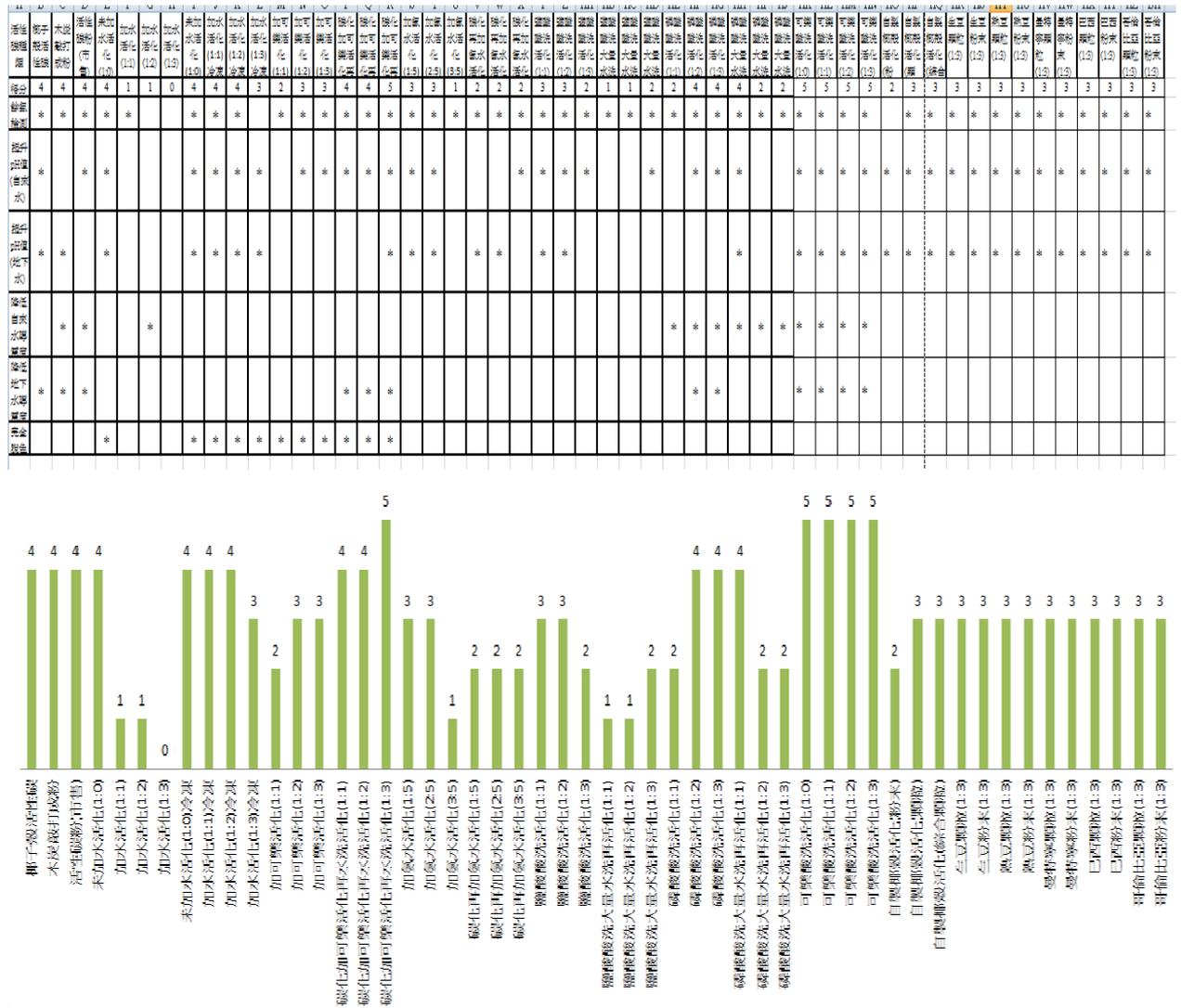


圖 6-1 各種活性碳吸附功能綜合比較統計圖

並將發現條列如下：

- (1) 可樂水洗(1：3)的活性碳在 5 項檢測中都有發揮吸附效果。
- (2) 可樂水洗 (1：1、1：2、1：3)除氯、提升自來水 pH 值、降低地下水導電度和脫色部分顯現吸附功能。
- (3) 加水冷凍((1：0、1：1、1：2)的活性碳在除氯、提升自來水 pH 值、提升地下水 pH 值和脫色部分呈現吸附效果。
- (4) 磷酸(1：2、1：3)對氯、提升自來水 pH 值、降低自來水導電度和降低地下水導電度有效。

#### 四、研製效能佳、使用便利的咖啡渣活性碳並運用於日常生活中。

根據實驗及測試找出容易製作且具最佳吸附及脫色效能的活性碳，再設計成生活中可簡易運用的濾水小幫手，我們分別運用生活中容易取得的茶袋包、篩粉器、透明管、濾棉等材料，設計「活性碳包」、「活性碳濾水器」、「淨水壺」、「排水孔去油包」及「水族箱過濾包」，也確實達到濾水及淨水的功能。

## 柒、 建議

活性碳的吸附功效能廣泛運用於日常生活中，我們希望透過多項實驗設計、驗證，發現、歸納或推論出可能影響活性碳吸附現象的相關因素，並找出最適合運用於生活中的咖啡渣活性碳，過程中我們都盡量力求精準，但或許遇有許多不周延或值得再深入探討的部分未完成，若還有時間與機會，將再一探究竟。

在備製活性碳過程中，常使用乾餾法進行碳化及活化的程序，加熱過程中氣體揮發蒸散，若能進一步針對乾餾過程中產生的氣體進行收集和探討研究，除了可改善氣體直接散發到大氣中的空氣污染問題，也可以讓研究面向再加深加廣。

研究與實驗過程因為時間、空間與資源的限制，導致有所誤差，因此以後再做類似這樣的實驗時，也許在儀器的選擇上、記錄標準認定，極需加強其精準性與一致性。另外在經濟成本考量上，也因實驗需要用到瓦斯、濾紙、可樂等原料，在實驗數量上有所限制，因此未來研究此相關題目時，可使用一些替代性、成本較低之材料，或尋求社會資源以增加實驗數量求其平均數以達客觀性，符合科學實事求是的精神。

## 捌、 參考資料

- (一) 林詩潔等(民 99)。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。中華民國第 50 屆中小學科學展覽會說明書。
- (二) 楊璞安等(民 94)。我的色素不見了－探討活性炭吸附色素的能力。中華民國第四十五屆中小學科學展覽會作品說明書。
- (三) 林明宏著(2012)。戰勝科展Ⅱ：化學實驗的第一本書。貓頭鷹出版社。
- (四) 陳文福著(2005)。台灣的地下水。遠足文化。

## 【評語】 080815

本作品研發利用咖啡渣製作活性碳，並以此探討其密度、沉水性、靜電壓等性質，以及利用此活性碳除水中氯及脫色等功能。活性碳製作可參考的資料很多，其特性與淨水效能也已有標準方法，作者可詳參以進行後續研究。