

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：國小組

組 別：生活與應用科學(三)(含化學工程/環境科學)

作品名稱：渣香清味

關 鍵 詞：自製濾心、咖啡渣、PM2.5

編 號：



摘要

現代社會的重要話題為資源回收與循環利用。在臺灣，國人每日飲用的咖啡量逐日提高，而咖啡渣除了堆肥，大部分人都會直接丟掉造成浪費。

本實驗主要在探討回收再烘乾的咖啡渣對吸附空氣中懸浮粒子的效果，結果發現：使用平板式衛生紙的咖啡渣濾心效果較好。而在實驗當中，為了改善濾芯保存問題我們以化學處理流程來改善，且使用溼度計維持空間的濕度等處理。

咖啡渣除了本身的特殊香味能取代市面上俗稱香氛扣產品外，它環保且價格低廉，我們以太白粉替代粉塵也能有良好的吸附效果，進而達到綠能、環保的效果。

關鍵字：吸附、PM2.5、咖啡渣、環保利用、自製濾心

壹、 前言

一、研究動機

環保署於 2016/11/30 宣布空汙指標「PSI」及「PM2.5」，實施「AQI」空氣品質指標（Air Quality Index），新增橘色等級，並分成綠、黃、橘、紅、紫及褐紅色等六個等級。當指標達橘色以上時就需減少戶外活動及戴口罩。最近空氣中 PM2.5 濃度很高，出門時若不戴口罩對肺部健康造成很大的傷害。在家中若要使環境的空氣好一些，又得額外花錢買空氣清淨機…等。

許多研究指出活性碳(Activated Carbon)是一種具有高比表面積和某些化學特性的材料，常常用於吸附(Adsorption)[6]。活性碳主要製作步驟為碳化與活化。活性碳的碳化過程，主要是讓含碳材料在缺氧的狀況下進行熱裂解，去除活性碳中之水份，使有機物碳化，讓含碳材料中之可揮發性物質在此加熱過程中脫附進而增加碳成分，使整個碳結構更為穩定。活性碳於碳化過程中，經常會有碳氫化合物的焦油形成而附著在焦炭結構上，堵塞活性碳本體中的孔隙度，造成比表面積減少而影響活性碳的吸附能力，所以必須藉由活化程序來去除碳氫化合物，以增加孔隙度[6]。依活化方式可分為物理法及化學法。

物理活化法是直接利用高溫(800°C~1000°C)，去除表面層的原子，將碳氫化合物熱裂解，增加孔隙生成。常見的三種物理活化為蒸氣活化 (Steam Activation)、二二氧化碳活化 (Carbon Dioxide Activation)、和氧氣活化 (Oxygen Activation)[6]。然而，物理活化法通常無法獲得高比表面積活性碳，因此較少使用於商用活性碳製備。化學活化法是將其碳原料均勻浸漬於活化劑中，如氫氧化鈉(NaOH)、氫氧化鉀(KOH)、和氯化鋅(ZnCl)，藉藥品之脫水及氧化反應，使原料發生膨脹，並在熱解過程中，減少活性碳之中孔隙之堵塞的。這種方法所製備活性碳比表面積甚高，廣泛應用於商用活性碳製造。

通常生產活性碳的原料都具有高碳和有機原料的特性[6]，例如煤炭、泥炭、和木屑。然而，在傳統的生產模式中，副產品及廢料常常未充分利用就丟棄，造成資源的浪費以及對環境的衝擊。近年來，研究人員已開始發展含碳農業固體廢棄物的回收再利用。事實上這些廢棄物，如椰殼、甘蔗渣、和花生殼，已經都通過實驗室測試，能成功地轉化成活性碳 [7]。咖啡亦是含碳原料的一種，更是現今社會上非常普遍的飲品之一。同時連帶產出的咖啡渣產量

也逐年增加。隨著環保意識抬頭，咖啡渣的定位也隨之扭轉，有些研究更使用咖啡渣來達成不同用途，提升咖啡渣廢物利用的價值。

二、研究目的

由於粉塵對健康的威脅逐漸升高，發展低成本又能有效降低粉塵濃度的技術有其必要性。活性碳因比表面積高和具有某些化學特性，是目前廣泛用於降低粉塵濃度的材料。活性碳可由含碳原料透過物理活化或化學活化製成。咖啡亦是含碳原料，已經有研究透過不同活化法成功將咖啡轉換成活性碳。然而，從咖啡製備成活性碳，需要特定技術與專業儀器，耗費時間以及成本甚高。由於咖啡渣能在環境中吸收異味，以及與活性碳有類似的孔洞結構，且生活中咖啡是非常容易取得的，成本也相對低廉。為了測試未經活化過的物質是否能吸附粉塵，本實驗運用廢棄的咖啡渣來吸附粉塵，並且與商用活性碳做比較。另外本實驗也透過物理檢驗來判斷咖啡與粉塵間的吸附機制。而吸附完粉塵的咖啡渣也可回收後做成燃料，兼具環保及實用性，是有可能替代活性碳的另一種吸附材料。咖啡渣的應用範圍甚廣，是一項極具發展潛力的廢棄物。這些咖啡不需特殊的製備程序，在經濟與環保方面考量，咖啡渣應用於降低粉塵濃度的方式更凸顯廢物利用的價值。本實驗做以下的探討：

- (一)、探討不同種類衛生紙對製作咖啡渣濾心的影響。
- (二)、探討不同品牌咖啡渣濾心，其顆粒外觀及使用效果影響。
- (三)、探討不同品牌咖啡渣濾心烘乾後，吸附空氣中的懸浮粒子的效果。

三、文獻回顧

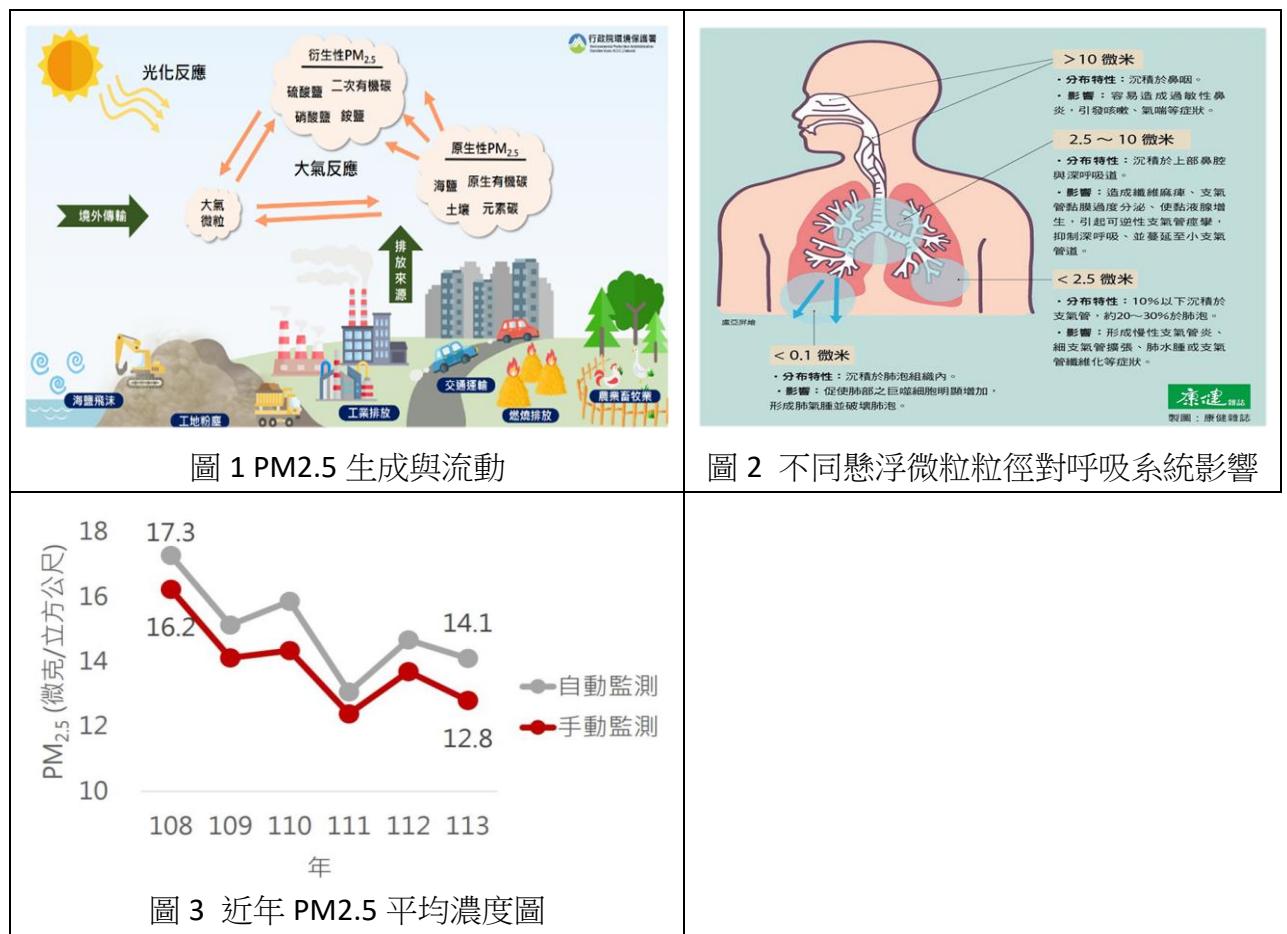
(一)、PM2.5

PM 是 ParticulateMatter 的縮寫，中文名稱為懸浮微粒，主要成分为硫酸鹽、硝酸鹽、氯化鈉、黑碳、礦物粉塵和水，並包含懸浮在空氣中之有機和無機物固體和液體的複雜混合物。

懸浮微粒指在空氣中存在的微小固態或是液態物質，例如灰塵、花粉、塵土、煙霧和小

水珠等(圖 1)，這些物質的形狀大小各異，主流分類上將小於或等於 10 微米(μm)稱為 PM10，小於或等於 2.5 微米則為 PM2.5，也稱為細懸浮微粒。

微粒愈小對人體造成的傷害愈大，細懸浮微粒 PM2.5，因粒徑小，可深入肺泡，並可能抵達細支氣管壁，干擾肺內的氣體交換。如果長期暴露於懸浮微粒，可引發心血管病、呼吸道疾病以及增加肺癌的危險(圖 2)。



(二)、霾

霾（又稱灰霾、煙霧或霧霾）是一種由固體顆粒形成的空氣污染，其核心物質是空氣中懸浮的灰塵顆粒，氣象學上稱為氣膠顆粒。霾中含有數百種大氣化學顆粒物質，它們在人們毫無防範的時候侵入人體呼吸道和肺葉中，從而引起呼吸系統疾病、心血管系統疾病、血液系統、生殖系統等疾病，諸如咽喉炎、肺氣腫、哮喘、鼻炎、支氣管炎等炎症，長期處於這種環境還會誘發肺癌、心肌缺血及損傷；霧霾的危害如同吸菸。而霾也常常引發交通事故。霾的成因與逆溫層的出現有關。在一般情況，地面氣溫較半空為暖，因此空氣會上升並在半空

散開。但若上升的暖空氣遇到逆溫層的出現時，空氣不能上升而造成累積，形成霾。

<p>圖 4 霾的來源及影響</p>	<p>圖 5 霧和霾的差異</p>																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>空氣品質指標 (AQI)</th> <th>狀態色塊</th> <th>對健康影響</th> <th>建議採取的措施</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0~50</td> <td>綠</td> <td>良好</td> <td>各類人群可正常活動</td> </tr> <tr> <td>51~100</td> <td>黃</td> <td>普通</td> <td>極少數異常敏感人群應減少戶外活動</td> </tr> <tr> <td>101~150</td> <td>橘</td> <td>對敏感族群不健康</td> <td>兒童、老年人及心臟病、呼吸系統疾病患者應減少長時間、高強度的戶外活動</td> </tr> <tr> <td>151~200</td> <td>紅</td> <td>對所有族群不健康</td> <td>兒童、老年人及心臟病、呼吸系統疾病患者避免長時間、高強度的戶外活動，一般人群適量減少戶外運動</td> </tr> <tr> <td>201~300</td> <td>紫</td> <td>非常不健康</td> <td>兒童、老年人及心臟病、肺病患者應停留在室內，停止戶外運動，一般人群減少戶外運動</td> </tr> <tr> <td>301~500</td> <td>黑</td> <td>危害</td> <td>兒童、老年人和病人應停留在室內，避免體力消耗，一般人群避免戶外活動</td> </tr> </tbody> </table>	空氣品質指標 (AQI)	狀態色塊	對健康影響	建議採取的措施	0~50	綠	良好	各類人群可正常活動	51~100	黃	普通	極少數異常敏感人群應減少戶外活動	101~150	橘	對敏感族群不健康	兒童、老年人及心臟病、呼吸系統疾病患者應減少長時間、高強度的戶外活動	151~200	紅	對所有族群不健康	兒童、老年人及心臟病、呼吸系統疾病患者避免長時間、高強度的戶外活動，一般人群適量減少戶外運動	201~300	紫	非常不健康	兒童、老年人及心臟病、肺病患者應停留在室內，停止戶外運動，一般人群減少戶外運動	301~500	黑	危害	兒童、老年人和病人應停留在室內，避免體力消耗，一般人群避免戶外活動
空氣品質指標 (AQI)	狀態色塊	對健康影響	建議採取的措施																										
0~50	綠	良好	各類人群可正常活動																										
51~100	黃	普通	極少數異常敏感人群應減少戶外活動																										
101~150	橘	對敏感族群不健康	兒童、老年人及心臟病、呼吸系統疾病患者應減少長時間、高強度的戶外活動																										
151~200	紅	對所有族群不健康	兒童、老年人及心臟病、呼吸系統疾病患者避免長時間、高強度的戶外活動，一般人群適量減少戶外運動																										
201~300	紫	非常不健康	兒童、老年人及心臟病、肺病患者應停留在室內，停止戶外運動，一般人群減少戶外運動																										
301~500	黑	危害	兒童、老年人和病人應停留在室內，避免體力消耗，一般人群避免戶外活動																										
<p>圖 6 台北 101 四小時縮時攝影</p>	<p>圖 7 不同級別的 AQI 建議措施</p>																												

(三)、活性碳

目前活性碳幾乎用於吸附方面的應用，包括液相及氣相吸附。應用主要可區分為兩大部分：一為純化 (Purification)，二為汙染物之控制 (Pollution Control)。另外，尚有部分特殊用途。

液相吸附：在生物及藥學方面，如酵素、維他命、和賀爾蒙的萃取。有機化合物之脫色和脫臭，無機化合物的石油製品的提煉，或者是血漿淨化、人工腎臟、和肝臟之吸附劑等。在環保方面，如家庭飲用水及公用水淨化，或者是工業廢水之處理，亦用於活性碳除去石酸碳、有機染料、界面活性劑、和其他化學藥品廢水。紙漿廢液之處理以及電鍍浴中之有機雜質淨化等方面，均廣泛利用活性碳進行吸附處理[8]。

氣相吸附：利用活性碳過濾空氣，可達除臭等效果，亦可作為防毒面具。一次世界大戰時，由於德軍使用化學武器對抗聯軍，早期科學家首先提議使用活性碳防毒面具吸附劑。此

外，工業廢溶劑回收方面，也可利用活性碳回收蒸氣中之溶劑[9]。

其他用途：活性碳尚可作為催化劑或觸媒，如含氧或鹵素之反應、異性反應、加氫反應、硫化合物反應、脫鹵化反應、和脫氫反應等。另外，活性碳也可使某些分子活化，如氧分子活化等。活性碳亦使用於電池之電極材料等[9]。

活性碳為多孔隙的吸附介質，有分為粉末狀及顆粒狀的碳物質。活性碳濾網常見在空氣清淨機中，可吸附異味、化學性揮發性氣體，例如常見的甲醛、甲苯等，是非常好用的東西，也應用在很多方面，工業廢氣空氣污染防治、水汙染處理都可見活性碳的蹤影，但是要過濾懸浮微粒還是要使用 HEPA 等其他種類的濾網才行。優點是安全有效，缺點是更換成本高(圖 8)。

影響活性碳吸附速率因素有很多，如活性碳前體種類、活性碳內部構造、活化劑選用、比例調配、比表面積、孔隙大小、以及其他因素等等[6]。

HEPA

優點／構造單純、從邊角上就能直接確認過濾效果，可以較親切的價格入手
缺點／濾網上細孔容易孳生細菌造成二次汙染、需長期更換耗材、完全依賴外力
(風扇) 帶動空氣流動，空間坪數愈大效果遞減

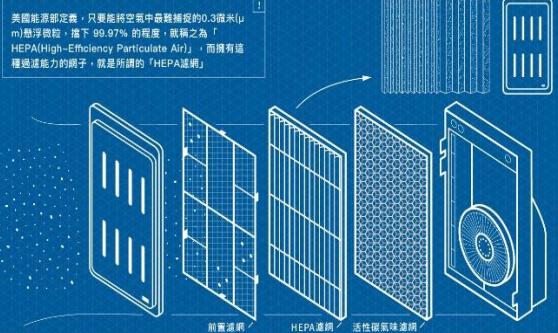


圖 8 空氣清淨機過濾示意圖



圖 9 活性碳 HEPA 濾網

(四)、咖啡渣

隨著飲用咖啡文化的盛行，咖啡渣(Spent Coffee Grounds, SCG)也急遽增加成為環境中的一大廢棄物。同時咖啡渣是具有細粒度、高濕度、有機負荷、和酸度的殘餘物。此外，咖啡渣中也含有與人類健康有關的化合物，如脂肪酸、蛋白質、胺基酸、非蛋白質含氮化合物、褐色物質、膳食纖維、木質素、半纖維素、纖維素、多醣類、多酚類物質、和礦物質等。Franca et al. (2009) 指出咖啡渣內擁有 47% 的水，7% 的蛋白質，17% 的脂質，28% 的碳水化合物、和 1% 的灰分。Kyzas et al. (2012) 發現咖啡渣的成分為 44% 的水、12% 的蛋白質、14% 的脂質、

25%的碳水化合物、和 5%的灰分。以下將介紹咖啡渣中的主要成分：

1. 碳水化合物

烘烤咖啡豆中的多醣類會部分地被熱水萃取出來，其具有保留咖啡的揮發性物質、泡沫之穩定性、結合香氣、和增加黏度等特性。咖啡渣中包含由纖維素與半纖維素所聚合的醣類，其中甘露聚醣為主要的多醣，可作為益生質促進腸道雙歧桿菌生長、減少肝臟脂肪組織之累積並增加脂肪排泄量。咖啡渣中有 84%的不溶性膳食纖維和 16%的可溶性膳食纖維，這些膳食纖維都具有抗氧化特性。在結腸發酵期間會與單寧強烈鍵結並隨後吸收，分散至各組織中發揮健康益處[5]。

2. 蛋白質

咖啡渣蛋白質含量約 13.6%，其中必需胺基酸佔總咖啡渣胺基酸約 49%，主要都由白胺酸和異白胺酸組成。咖啡渣蛋白質富含支鏈胺基酸(BCAA)其比例高於大豆和豆粕，這個特性可用於生產特殊生理需求的功能性食品，如癌症、燒傷患者、和營養不良者。

3. 脂質

咖啡渣的脂質含量含有 10%~15%，以不同方式沖泡咖啡後約有 90.2%的脂質仍然留在咖啡渣中。其脂質組成分為：84.4% 三酸甘油酯、12.3%雙萜醇酯、1.9%園醇類、1.3%極性物質、和 0.1% 的固醇酯。有許多方法都致力於回收咖啡渣中的脂質，如乙醚萃取、己烷萃取和超臨界萃取。咖啡渣油中主要含有亞麻油酸、棕櫚酸、硬脂酸、和油酸，有利於將低血漿中的膽固醇、血栓形成及減少動脈粥狀硬化並且預防心臟疾病[5]。

4. 礦物質

咖啡渣灰分含量為 1.6%，其中最豐富的元素為鉀、其次為磷和鎂，用熱水沖煮咖啡的過程中容易萃取出大多數的礦物質如鉀、鎂、磷、鈉、鐵、錳、和銅。

5. 酚類化合物

咖啡渣含有幾種與人類健康相關的化合物，如具有抗氧化、抗菌、抗病毒、抗發炎和抗癌作用的酚類物質。近年來已有許多研究對咖啡副產品之酚類化合物進行回收萃取，其中含有約 1%~1.5%的總多酚。此外，綠原酸是最主要的成分，並且常以固液萃取法作為咖啡渣萃取酚類化合物的方法，也在體外抗氧化的實驗中表現出良好的自由基清

除活性，因此咖啡渣有潛力作為抗氧化酚類化合物之天然來源。

由於其多樣化的成分，咖啡渣具有很高的再利用潛力。可用作在脂質、酚類生物活性化合物、和碳水化合物的可再生來源，且可用來當作增值產品的良好來源。此外，咖啡渣具有相對高的熱值，可以通過燃燒作為燃料來利用。目前咖啡渣已被許多研究作為肥料、動物飼料、轉換成生物柴油之生產、乙醇燃料、去除水中金屬離子的吸附劑、作為生產甘露醇的原料、製造出具有咖啡香氣的蒸餾酒、和獲得抗氧化酚類的物質之原料。這使得咖啡渣可作為一種綠色能源以及具有潛力的功能性廢棄物。如今，為了降低成本並避免環境污染，某些研究更針對經處理或未經處理的咖啡渣做一些探討。研究顯示認為它是一種具有顯著吸附效率的材料，且也有研究透過不同的活化法成功將咖啡轉換成活性碳來做使用。

Kyzas et al. (2012) 使用未經處理的咖啡渣用於反應性和鹼性去除，將吸附實驗數據擬合到 Langmuir、Freundlich、和 Langmuir-Freundlich 模型。通過實驗評估一些吸附參數，如最佳 DH 值、攪拌速率，初始染料濃度、和溫度，計算活性染料在 25°C 下的最大吸附容量(Q_{max}) 為 179 mg/g (pH=2) 與鹼性溶液(pH=10)為 295mg/g。同時使用 10 個循環的吸附一脫附測定兩種染料再利用的能力，結果顯示從第 1 次循環到第 10 次循環的吸附百分比約降低 7%。

Boonamnuayvitava et al. (2005) 利用不同活化劑(碳化鋅、氮氣、二氧化碳、和蒸氣)從咖啡渣製備活性碳進行甲醛蒸氣的吸附。結果顯示碳化鋅和氮氣活化製備的活性碳表現出最高的吸附能力，如圖 10 所示。咖啡活性碳的比表面積最高可達 $914\text{m}^2/\text{g}$ 。

Kante et al. (2012) 使用氯化鋅當作活化劑在不同活化環境下把咖啡渣製備成活性碳，並且比較不同比例氯化鋅的使用對於吸附硫化氫的能力，如圖 11 所示[5]。顯示氯化鋅對咖啡比例越高吸附效果越好。其咖啡活性碳比表面積更可達 $1121\text{m}^2/\text{g}$ 。

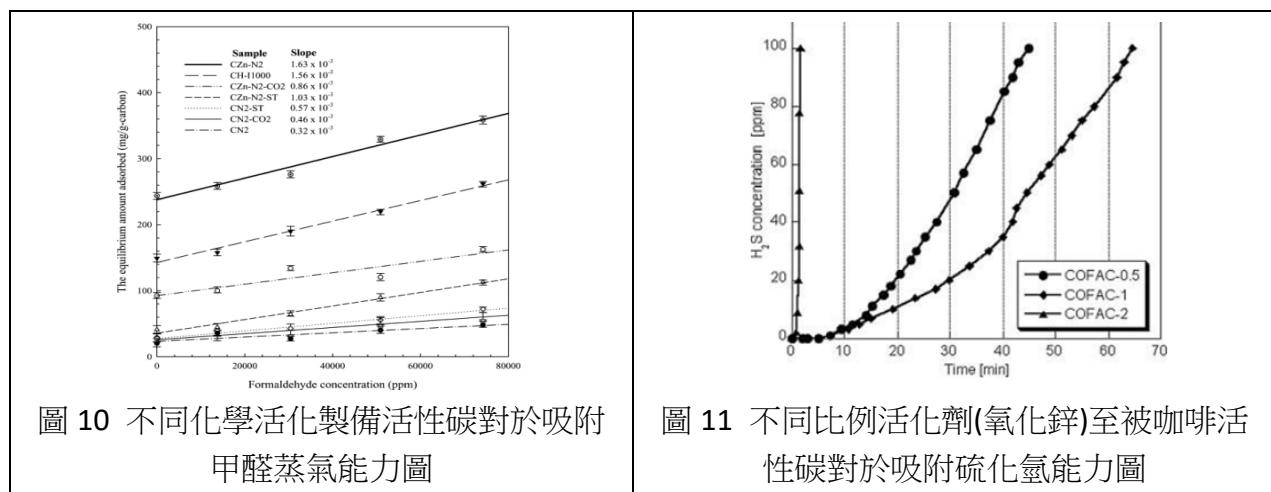


圖 10 不同化學活化製備活性碳對於吸附甲醛蒸氣能力圖

圖 11 不同比例活化劑(氯化鋅)至被咖啡活性碳對於吸附硫化氫能力圖

貳、研究設備及器材

一、實驗器材

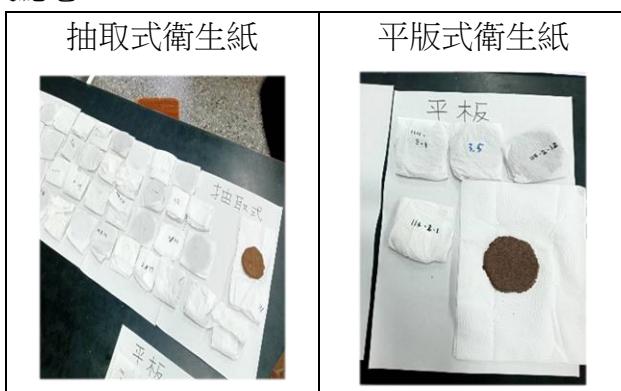
量筒	電子秤	刮杓	篩網
塑膠培養皿	果汁機	塑膠箱	保鮮膜
小鐵盤	熱水瓶	烘箱	風扇
打氣筒	防潮箱	照相機	計算機



二、實驗藥品



三、自製濾心



參、 研究過程及方法

一、材料前處理

本研究所使用的咖啡渣分為 2 部分,一個是由便利超商所販賣咖啡後所產生的廢物,使用的便利超商為 7-11、全家；另一個是由研究成員的家中所飲用後所產生的咖啡渣，其廠牌為星巴克。收集後，先風乾，避免發霉產生變質，造成對實驗的影響。

二、研究流程

實驗一：探討不同種類衛生紙對製作咖啡渣濾心的影響。



實驗二：探討不同品牌咖啡渣濾心，其顆粒外觀及使用效果影響。



自製濾心不好好保存的話，很容易發霉，而且有可能成為昆蟲的食物，造成反效果。於是放置乾燥劑，並定期檢查。



實驗三：探討不同品牌咖啡渣濾心烘乾後，吸附空氣中的懸浮粒子的效果。



結論

三、研究方法

本研究使用的方法為吸附原理，其原理解釋如下：

吸附為一種介面化學現象。其原理為在一般氣相或是固相介面上，固體表面原子有向內拉之現象，因此造成不平衡力。流體中某些物質為了滿足表面平衡，以降低固體表面張力及自由能，因此向固體表面移動，並附在固體上。此時具有表面作用力的固體稱為吸附劑（**Adsorbent**），而吸附在固體上的物質則稱為吸附質（**Adsorbate**）。吸附將會依鍵結作用力的不同，可分為物理吸附（**Physical Adsorption or Physisorption**）、化學吸附（**Chemical Adsorption or Chemisorption**）和離子吸附（**Ion Adsorption**）。

物理吸附，涉及吸附質與吸附劑分子間之交互作用力，其包括倫敦分散力、靜電吸引和排斥力、偶極-偶極作用力、和。另外，在發生物理吸附時，吸附質分子與吸附劑表面並無化學鍵結，彼此組成並不會改變。物理吸附之作用力較小，其焓值變化與吸附值之凝結熱差不多，大約 10 kJ/mole 。物理吸附反應之活性能低，故反應速率相當快，很快可以達成吸附平衡，其為可逆反應，易於脫附。物理吸附並不限於單分子層，他是多分子層吸附，尤其在接近沸點時，可至數個分子層。

化學吸附，亦基於氫鍵、靜電力、吸附質、和吸附劑表面之間因吸引力作用而產生分子軌跡的重疊，形成相似於化學鍵的鍵結，基本上會有類似於共價或陽離子與陰離子通過靜電作用形成的化學鍵，此種也稱作離子鍵的生成。化學反應之焓值較物理吸附大約 40 kJ/mole ，會隨著吸附質與吸附劑間的距離增加而降低。

離子吸附，除了上述的倫敦散射力，上有另一作用力即靜電吸引力。這種作用力比倫敦擴散力較具專一性，尤其在偶極分子與離子固體物之間更為顯著。靜電吸引力大小與固體表面電場強度極分子被極化程度有關，靜電吸引力在極性與共價性的固體物之間無明顯作用，因為缺少了電場的作用。

文獻中也指出許多吸附不是物理吸附，亦不是化學吸附，而是二種吸附之混合。而且某些系統在低溫時為物理吸附，但在高溫時為化學吸附。通常化學吸附比物理吸附在本質上更具特殊的選擇性，且僅與分子和吸附劑間有生成化合物之傾向時才能發生。

幾乎所有的固體表面都會發生吸附的過程。然而，固體材料中的吸附能力取決於幾個高度相關的因素影響，如吸附劑的物理化學性質（如前驅物種類和內部構造、不同活化環境下

活化劑選用以及比例調配、和本身比表面積與孔隙大小等等）、吸附物本身化學特性、主要的實驗條件（如吸附環境溫度）、和吸附劑和吸附物之間的親和力、和其他因素等。

本研究使用重量差法（**Gravimetric Method**）是一種常見的測量吸附量的方法，透過比較吸附前後的重量變化來計算吸附質的含量。以下是吸附量的基本計算公式：

$$q = \frac{(\omega_i - \omega_f)}{m}$$

其中：

- q = 吸附量 (mg/g)
- ω_i = 吸附前的樣品重量 (mg 或 g)
- ω_f = 吸附後的樣品重量 (mg 或 g)
- m = 吸附劑的質量 (g)

肆、 研究結果

一、探討不同種類衛生紙對製作咖啡渣濾心的影響。

(一)、紙的特性：

1. 面紙：化粧及清潔用之薄紙，其原料多為漂白化學紙漿及螺縈紙漿，而加工成皺紋狀其特性為不易撕裂、富柔軟性、不易起毛、具耐濕性，且不可含有可遷移性螢光劑。以 100%漂白化學漿製造，不加膠，但加不脫粉劑，吸水性佳。單層或多層，供擦拭人體用。
2. 餐巾紙：用餐時代替餐巾所用之紙張，一般為 100% 原生化學紙漿或摻用部份原生機械木漿，同樣不得含有可轉移性之螢光劑。
3. 廚房紙巾：不加膠，吸水性佳，使用漂白化學紙漿添加濕強劑製成有皺紋之紙張，替代手巾於廚房擦拭用。
4. 衛生紙：以 100%紙漿或經脫墨之漂白再生紙漿或摻用部份原生機械漿抄製起綢而不加膠，吸水性良好之紙。具適度柔軟性，容易吸水之廁所用紙，產品依表面狀態可分為皺紋衛生紙、花紋衛生紙，而依構造形狀可分為捲筒型（包括單層與雙層）及平版型（包括折疊及連續抽取式），所謂捲筒即每隔一定之距離打一排與捲軸軸向平行之小孔，以便紙張輕易地從紙捲上撕下。
5. 擦拭紙巾：配料不限漂白漿及脫墨漂白漿，不加膠，加有濕強劑，吸水性佳，亦有加除塵劑者，供擦手用或為抹布之替代品。

(二)、實驗步驟：

1. 將水(100 mL)及衛生紙(平版式、抽取式各 1.5 張)放入果汁機攪拌約 30 秒。
2. 再將咖啡渣(12.5 g)放入，再攪拌約 1 分鐘。
3. 倒入篩網先初步將水濾乾。
4. 放到培養皿定型。
5. 用烘爐將其完全烘乾（5 到 10 分鐘）。

(三)、實驗結果：

	抽取式	平版式
編號 1		
重量(g)	3.60 g	4.90 g
編號 2		
重量(g)	3.80 g	4.70 g
編號 3		
重量(g)	4.10 g	4.20 g
表 1 不同種類衛生紙，咖啡渣心成品圖		

二、探討不同品牌咖啡渣濾心，其顆粒外觀及使用效果影響。

[Part1]

(一)、實驗步驟：

1. 將水(100 mL)及衛生紙(抽取式 1.5 張)放入果汁機攪拌約 30 秒。
2. 再將咖啡渣(12.5 g)放入，再攪拌約 1 分鐘。
3. 倒入篩網先初步將水濾乾。
4. 放到培養皿定型。
5. 用烘爐將其完全烘乾 (5 到 10 分鐘)。

(二)、實驗結果：

表 2 各牌子咖啡渣濾心成品圖

	7-11	全家	星巴克
編號 1			
重量(g)	3.10 g	3.30 g	3.90 g
編號 2			
重量(g)	3.10 g	3.10 g	3.70 g
編號 3			
重量(g)			3.60 g

[Part2](製程改良)

(一)、實驗步驟：

1. 將水(100 mL)及衛生紙(抽取式 1.5 張)放入果汁機攪拌約 30 秒(先把紙和水打勻)。
2. 再將咖啡渣(12.5 g)放入，再攪拌約 1 分鐘。
3. 倒入篩網將水濾乾(拿湯匙盡量把水壓乾)。
4. 放到小鐵盤定型。
5. 將小鐵盤放置箱子，封上保鮮膜並戳洞，使空氣得以流通，風乾一星期。

表 3 製作濾心的過程

步驟 1-1	步驟 1-2	步驟 2-1	步驟 2-2
			
步驟 3-1	步驟 3-2	步驟 4	步驟 5
			

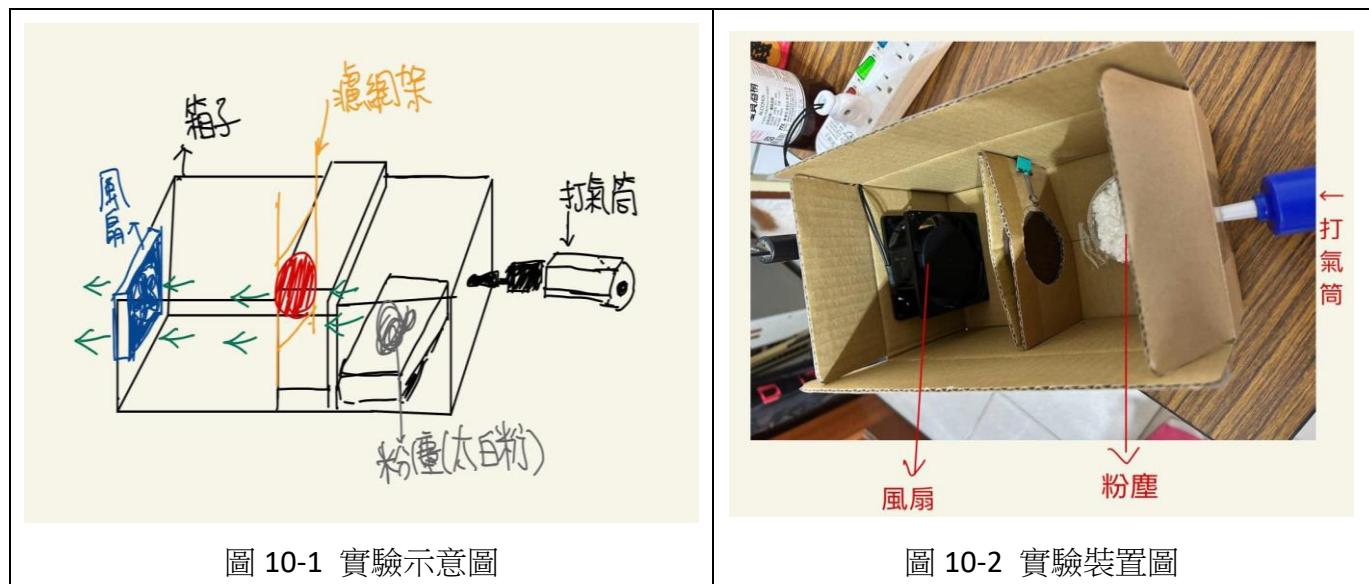
(二)、實驗結果：

表 4 改良版濾心

	7-11	全家	星巴克
標號 1			
重量(g)	4.40g	3.10g	3.80g

			
標號 2	3.40g	3.00g	3.10g
			
標號 3	3.60g	2.80g	4.20g
重量(g)			

三、探討不同品牌咖啡渣濾心烘乾後，吸附空氣中的懸浮粒子的效果。



(一)、實驗步驟

1. 先烘乾抽取式咖啡渣濾心。
2. 再將抽取式咖啡渣濾心放入紙箱內。
3. 架好粉塵(40 g)及電風扇。
4. 打開電腦風扇並開始實驗。
5. 準備一幫浦，並將太白粉全部吹向抽取式咖啡渣濾心。
6. 取下濾心，秤其前後重量變化，得到之數據即為粉塵吸附量。
7. 把抽取式咖啡渣濾心換成其餘材質濾心及活性碳，重複步驟 1 到 6，即可測得不同環保濾心材質所吸附的粉塵重量。

(二)、實驗結果

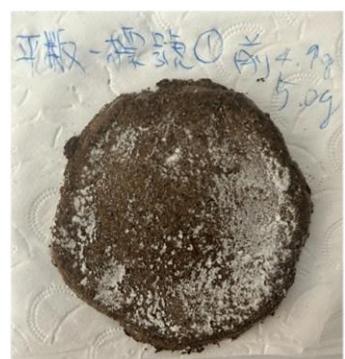
表 5 不同材質濾心對於粉塵的吸附效果

	抽取式濾心	平版式濾心	活性碳
1 號吸附粉塵	0.30g	0.10g	0.20g
重量(g)	3.60g	4.90g	1.30g
2 號吸附粉塵	0.10g	0.20g	0.10g
重量(g)	3.80g	4.70g	1.30g
3 號吸附粉塵	0.10g	0.40g	0.10g
重量(g)	4.10g	4.20g	1.20g

表 6 不同材質濾心對於粉塵的吸附效果 (吸附重量/g)

	抽取式濾心	平版式濾心	活性碳
1 號吸附粉塵	0.083g	0.020g	0.154g
2 號吸附粉塵	0.026g	0.042g	0.077g
3 號吸附粉塵	0.024g	0.095g	0.083g
平均	0.044g	0.052g	0.104g

表 7 咖啡渣濾心吸附粉塵對照圖

	實驗前	實驗後
抽取編號 1		
抽取編號 2		
抽取編號 3		
平版編號 1		

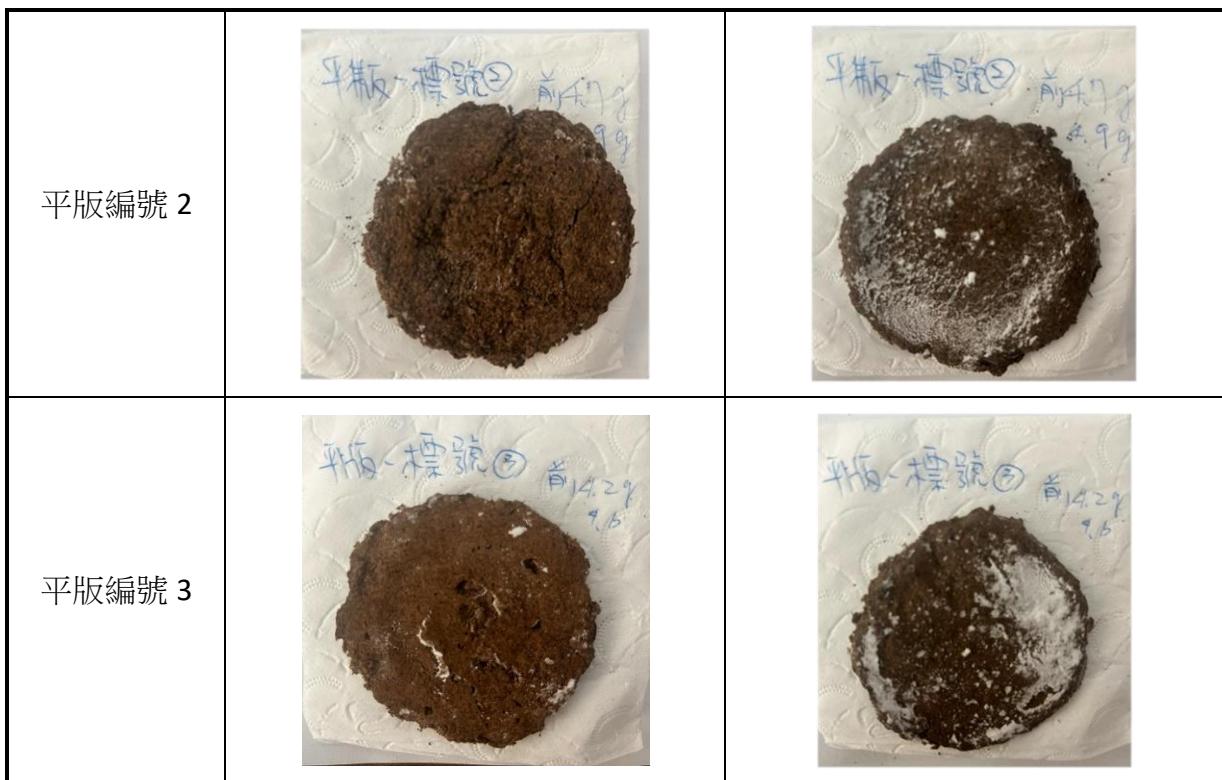
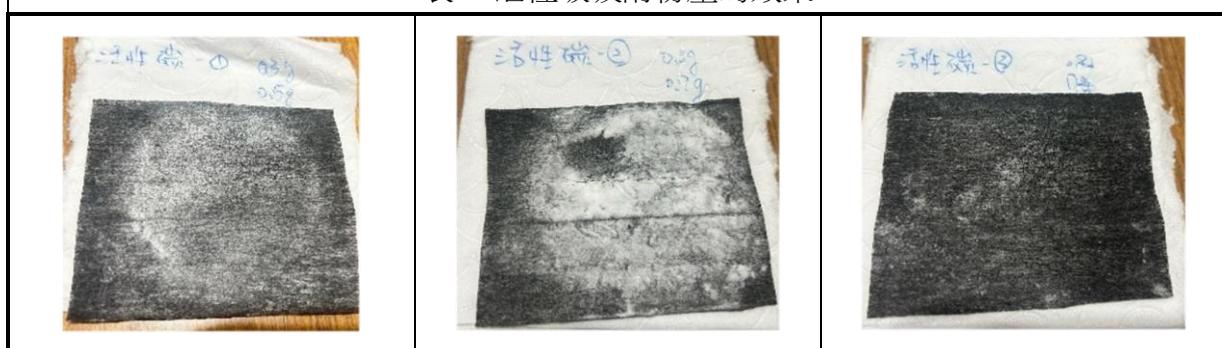


表 8 活性碳吸附粉塵的效果



伍、 討論

一、探討不同種類衛生紙對製作咖啡渣濾心的影響

- (一)、加入抽取式衛生紙做出來的咖啡渣濾心表面不易定形，咖啡渣在乾燥時，衛生紙比較容易沉澱，有厚薄不均的情形，且在烘烤乾燥後，比其他紙類容易焦掉。
- (二)、加入平版式衛生紙做出來的咖啡渣濾心效果較其他紙類佳，乾燥後易定形拿取，但外觀摸起來較粗糙，每張咖啡渣濾心不論製作重量大小，都能穩定成形。

二、探討不同品牌咖啡渣濾心，其顆粒外觀及使用效果影響

在收集咖啡渣的過程，我們得知 7-11 在去年咖啡銷售量 4 億杯以上，若以每杯咖啡約 10 克咖啡粉計算，每日售出約 4 億杯/365 日=約 110 萬杯/日，故產生 $110 \text{ 萬} \times 0.01 \text{ 公斤} = 11,000 \text{ 公斤}$ 的咖啡渣，這種產量，是一個很可觀的再利用資源。

製作濾心時，我們遇到以下的問題：

- (一)、如果同時將衛生紙與咖啡渣一同放入果汁機攪拌，即使長時間也無法讓咖啡渣與紙張攪拌均勻，烘乾後，常會發現上半部較多衛生紙，而下半部較多咖啡渣，且在烘烤乾燥時，容易燒焦冒煙，有安全疑慮。
- (二)、全家咖啡渣做成的濾心容易散開，摸起來相較其他廠牌粗糙許多。
- (三)、星巴克咖啡渣做成的濾心顆粒比較小，較細緻。
- (四)、加入的紙類數量過少，會導致咖啡渣鬆散，不易拿取，容易破掉。

改良前：咖啡渣濾心大多鬆散，不易成型。

改良後：以 100 克水、12.5 克咖啡渣及 1.5 張衛生紙做出的濾心較堅固。

- (一)、咖啡渣濾心在改良前大多鬆散，分佈不均且不易成型；而改良後，除了濾心較堅固外，且表面平整，分佈均勻，利用風乾使濾心成型，除不擔心烤焦外，成功率較高。
- (二)、由表 4 得知，全家咖啡渣做成的濾心較容易就散開。因此為了有效改善此現象，我們利用厚度及濕度進行定型，再風乾，即可得到較佳的咖啡渣濾心。
- (三)、星巴克咖啡渣做成的濾心顆粒比較小，較均勻。推測可能是因為星巴克的顆粒較易打散，較能夠與紙張混合，顏色也較均勻。

三、濾心保存問題

在本研究過程中，發現若濾心不好好保存的話，很容易發霉，而且有可能成為昆蟲的食物，並造成反效果。為了長時間保存烘乾後的咖啡渣濾心，我們以防潮箱(一般的密封盒+鐵粉+防腐劑)進行保存。

保存步驟如下：

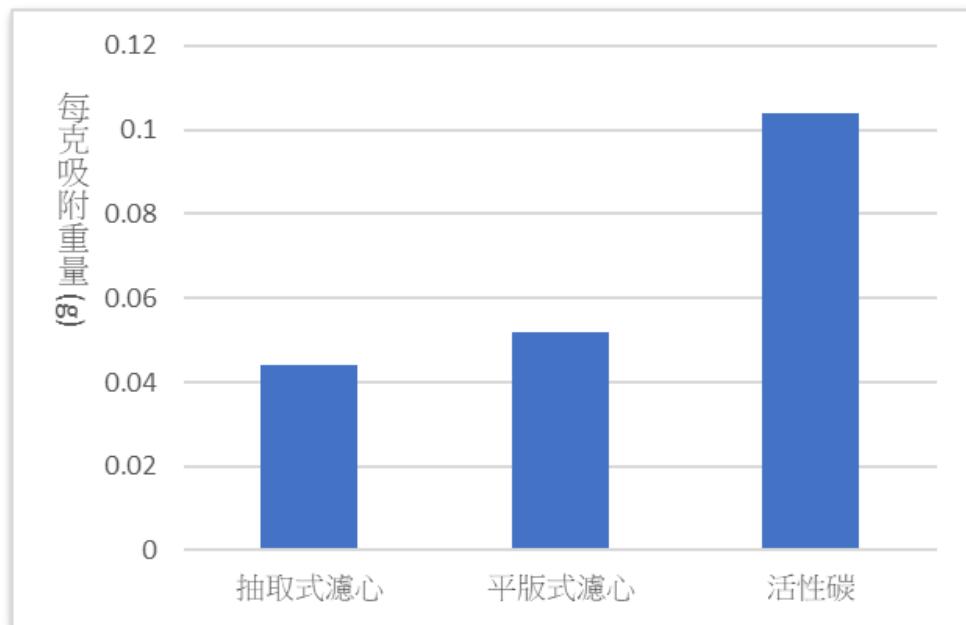
- (一)、咖啡渣濾心放入防潮箱保存前，先利用衛生紙包覆後，再置於乾燥箱，除去水分。
- (二)、咖啡渣濾心放在防潮箱(密封盒+鐵粉+防腐劑)，經 4 個月(12 月～3 月)時間，由表 5 可知並沒有發霉現象，其外觀維持堅固未變形。

表 5 解決問題器材與使用之後的濾心		
		
濾心發霉狀	含溼度計的防潮箱	防腐劑維持濕度
		
7-11 濾心(置防潮箱)	全家濾心(置防潮箱)	星巴克濾心(置防潮箱)

四、探討不同品牌咖啡渣濾心烘乾後，吸附空氣中的懸浮粒子的效果

我們使用自製吹粉塵箱子來研究不同品牌咖啡渣和市售的活性碳對於吸附懸浮粒子的效果，為了有效吸附粉塵，我們製作紙箱通風口，後方裝置電腦風扇，前方利用一幫浦，前方將太白粉向後吹送，並設計讓太白粉的重量前後減輕差異最小的裝置大小。

實驗前先計算未放置濾心前，所減少的重量並於實驗中予以扣除，以減少誤差。經實驗結果發現，在吸附粉塵時效果：平版式咖啡渣濾心>抽取式咖啡渣濾心，相較於活性碳口罩效果較差。



五、建議與未來工作

- (一)、針對泡完後的咖啡渣含水量難以衡量。除了需要用專業儀器測定咖啡渣內部含水量多寡，也得對不同含水量的咖啡渣調整不同時間的烘乾。未來可針對咖啡渣含水量對於吸附能力方面去做進一步的研究。
- (二)、此研究所使用的咖啡是採用三種廠牌 (Starbucks、7-11、和全家)。若能針對更多咖啡品種、咖啡顆粒大小、和有無咖啡因等參數進行更多樣的變化，則可針對這些參數進行最佳化設計，找出擁有最佳性能且不影響其使用壽命。

陸、 結論

由咖啡渣自製濾心對吸附粉塵之研究實驗，其研究結果如下：

一、紙張部分以平板式衛生紙製作的效果較佳且完整。

二、咖啡渣濾紙的製作以 100 克水、12.5 克咖啡渣及 1.5 張衛生紙做出的濾心較堅固，為了增加其保存效果，加入防腐劑外以及控制濕度能保存更好。

三、利用自製儀器吸附粉塵，吸附太白粉的粉塵效果為：平版式咖啡渣濾心>抽取式咖啡渣濾心，相較於活性碳口罩仍效果較差。

四、由上述諸實驗可得知，利用咖啡渣作為吸附劑可以有效的吸附粉塵，其吸附能力亦不亞於具有良好吸附能力的活性碳。就經濟觀點而言，利用簡單處理後的咖啡渣相對於活性碳，可以節省下一筆開銷，並且達到綠色環保的價值。

柒、 參考文獻資料

1. 賴品瑀(2016 年 11 月 29 號)。整合 PM2.5、臭氧 新式空污指標「AQI」12 月 1 日上路。財團法人肺病防治基金會。https://www.taiwanlung.org.tw/news_detail_97.htm
2. 綠學院知識庫(2023 年 9 月 1 號)。什麼是 PM2.5？懸浮微粒會讓人過敏、肺病甚至癌症。綠學院。<https://www.greenimpact.cc/Articles/detail?cid=2&id=153>
3. Mumu Dyla(2016 年 10 月 17 號)。咖啡救世？用咖啡渣過濾水中重金屬。影樂書年代誌。<https://www.savoirtw.org/article/1381#>
4. 陳冠辰、李翊逸、謝東諭(中華民國第 57 屆科展)，果然罩得住。高雄市立五福國民中學。
5. 謝佩服(2019)。利用廢棄咖啡豆進行吸附臭氧效能評估。國立台灣科技大學。
6. H. Marsh & F. R. Reinoso (2006). Activated carbon. *Elsevier*.
7. O. Ioannidou & A. Zabaniotou (2007). Agricultural residues as precursors for activated carbon production-a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(9), 1966-2005.
8. S. Sircar, T. Golden, & M. Rao (1996). Activated carbon for gas separation and storage. *Carbon*, 34(1), 1-12.
9. X. Wang, N. Zhu, & B. Yin (2008). Preparation of sludge-based activated carbon and its application in dye wastewater treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 153(1-2), 22-27.