

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

032902

何以解憂？惟有杜康探討泡沫分離法以小米酒
粕蛋白在不同條件下吸附汙染物之可行性

學校名稱：桃園市私立康萊爾雙語中小學(國中部)

| | |
|---------------|--------------|
| 作者： 國一 曹佳儀 | 指導老師： 林 琦 |
|---------------|--------------|

關鍵詞：酒粕蛋白、浮選法、汙染物

摘要

本實驗廢物利用，**首次取用**天然廢棄的酒粕蛋白萃取液，以蛋白質兩特性：起泡、遇重金屬變性，作為泡沫分離法的起泡劑與吸附劑，本組實驗貢獻：

- 一、酒粕蛋白萃取液可以做為泡沫浮選使用。
- 二、自製泡沫浮選器並逐步改善浮選器功能：1. 增加溫度控制功能 2. 增加循環功能
3. 增加泡沫移除功能 4. 取泡分析更為容易。
- 三、以致冷晶片自製恆溫控制組水浴循環槽，完成不同溫度下酒粕蛋白的吸附力實驗。
- 四、自創排氣集水法，能準確測得非水溶性氣體收集的體積。
- 五、酒粕蛋白不只利用於重金屬離子浮選，還可作為鋰電池粉末分離回收、染劑及工廠廢液清除之用。
- 六、**酒粕蛋白**環保零汙染，能賦予廢棄物新用途，為廢水處理及綠色環保生活貢獻一份心力。

壹、研究動機

我曾去過位於美國西部的卡力哥鎮，它是一座廢棄的銀礦場。導遊為我們介紹景點的同時有提到浮選法這個選礦技術，當時在我心中埋下好奇的種子，成為這次科展的原動力。酒粕為釀酒後廢棄產物，原本穀物含有澱粉與蛋白質，於釀酒後澱粉轉化成糖又轉化成酒，剩下蛋白質，僅能作為飼料或是肥料，本組實驗取台東八號的小米製成酒後的殘渣酒粕，因為小米蛋白質含量高於一般穀物；再洽詢台東著名小米酒坊，表示其酒粕殘渣均用於肥料，尚無作為動物飼料使用，符合本組需求。由於蛋白質會與金屬發生變性反應，加上有易起泡特性，本組廢物利用以此兩特性完成泡沫分離汙染物實驗。

能為環保盡一份心力，是每個人的責任，希望我的研究能夠引起人們的關注，進而讓大家更關懷這片孕育無數生命的藍色大海、同時保護我們的地球。

本實驗與課程相關部分：

| 課程出處 | 單元內容 |
|-------|----------------------------|
| 生物第三章 | 3-1 食物中的養分與能量 |
| 自然(三) | 2-2 水溶液 4 光、影像與顏色 6 元素與化合物 |
| 自然(四) | 1 化學變化 4 反應速率與平衡 |

貳、研究目的

本實驗爲了探討小米酒粕泡沫液在何種條件下可吸附最多的重金屬，本組以致冷晶片製作了水浴恆溫控制器。並不斷改良泡沫浮選器以達成以下實驗。

基礎實驗部分：

- 一、 實驗一：探討小米酒粕液對不同濃度比例重金屬的吸附效果。
- 二、 實驗二：探討小米酒粕液在不同氣體供應量下對重金屬的吸附效果。
- 三、 實驗三：探討小米酒粕液在不同水循環速度下對重金屬的吸附效果。
- 四、 實驗四：探討小米酒粕液在不同濃度比例下對重金屬的吸附效果。
- 五、 實驗五：探討小米酒粕液在不同溫度下對重金屬的吸附效果。

應用實驗部分：

- 六、 實驗六：探討小米酒粕液對不同重量鋰電池粉末的分離效果。
- 七、 實驗七：探討小米酒粕液對不同濃度比例直接染料的吸附效果。
- 八、 實驗八：實測小米酒粕液對不同濃度比例染整廠廢液的吸附效果。
- 九、 實驗九：探討小米酒粕液對酸鹼溶液的影響效果。

參、研究設備與器材

一、原料：



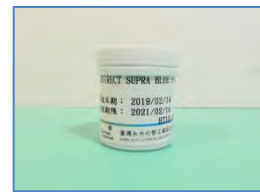
小米酒粕



硫酸銅



氯化亞鈷



直接染料



鋰電池粉末



染整廠廢液

二、儀器與設備類：



分光光度計



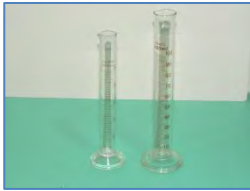
光度皿



漏斗



精密天平



量筒



燒杯



電動微量滴管



寶特瓶



過濾布



果汁機



針筒與過濾器



自製針筒過濾器



酸鹼度計



水冷頭



三通與流量閥



水管



潛水馬達



止逆閥



氣體分散器



空氣供應泵



溫度控制器



散熱鰭片組



致冷晶片



12V 電源供應器



烤箱



燃燒皿



試管與架子



1 號濾紙



移液器



酒精燈



離心機



篩網



微量吸管吸頭



熱熔膠槍



銼刀



強力磁鐵

三、特殊器材使用說明：

(一)致冷晶片恆溫槽製作：

1. 材料：電源供應器、溫度控制器、致冷晶片、水冷頭冷卻組、風扇、鱗片散熱組、信號線、潛水馬達(60L/H)、水管、置物箱。
2. 原理：通過直流電流可自由進行冷卻、加熱、溫度控制的半導體元件，晶片兩面的溫差受到電流大小的影響，電流越大則溫差越大。
3. 組合方式與測試：
 - (1)將恆溫控制套件：溫度控制器、致冷晶片、水冷頭、電源供應器(110V/5A) 及風扇與水管組合完成。
 - (2)水冷頭和致冷晶片貼合，製冷晶片表面要塗上散熱膏，將兩支水管分爲一進一出，接上水冷頭通入水箱。水箱上 2 支水管，一支水管接上潛水馬達入水口，另一支接浮選器入水口，溫度感應器置入水槽中，以利溫度感應回饋控制器。
 - (3)加入足量清水淹蓋過潛水馬達，開啓電源，檢查水流循環正常。
 - (4)按下溫度控制器右下 SET 鍵，三秒後數字會閃爍，再按左側▼或是▲設定選擇溫度。完成後在按下 SET 鍵一次。



排水測試

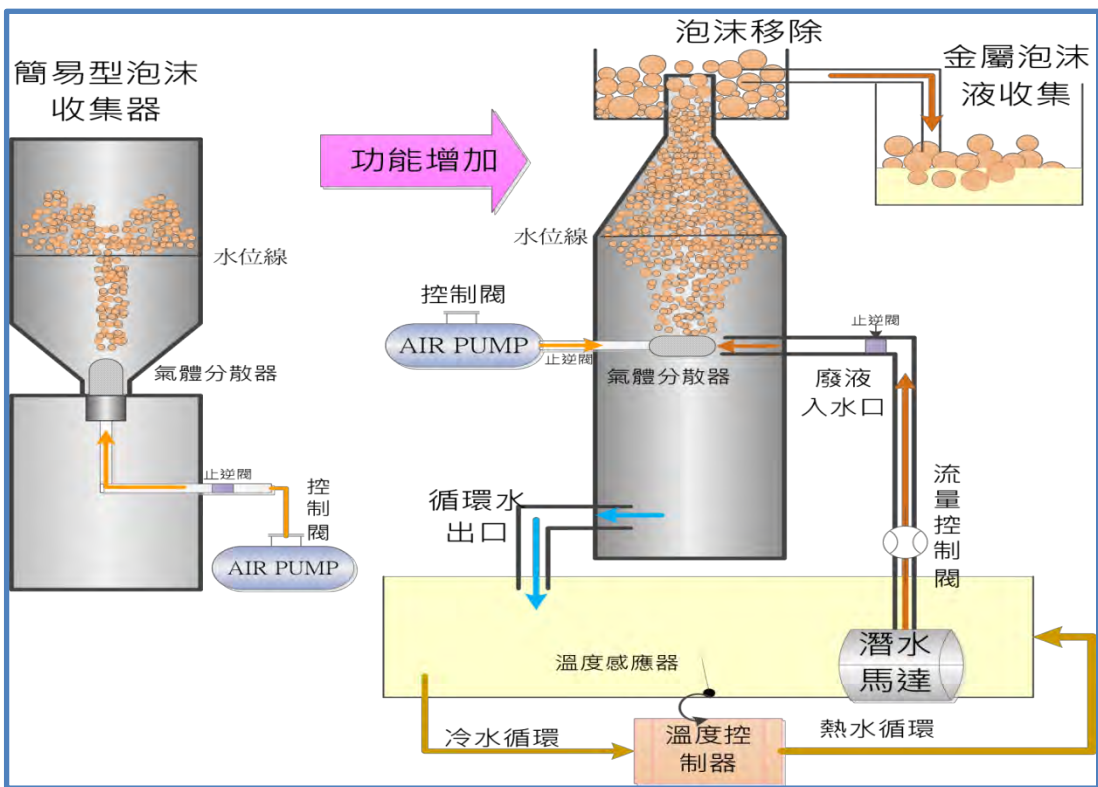
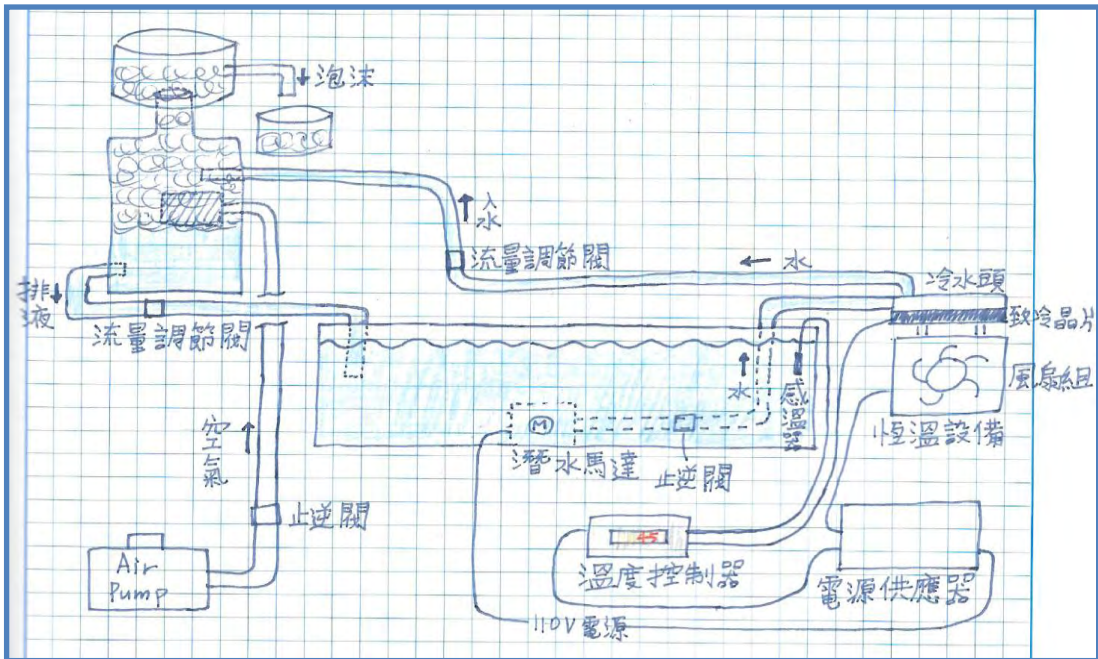


測試止逆閥



溫度控制器

(二)泡沫浮選器製作與改良

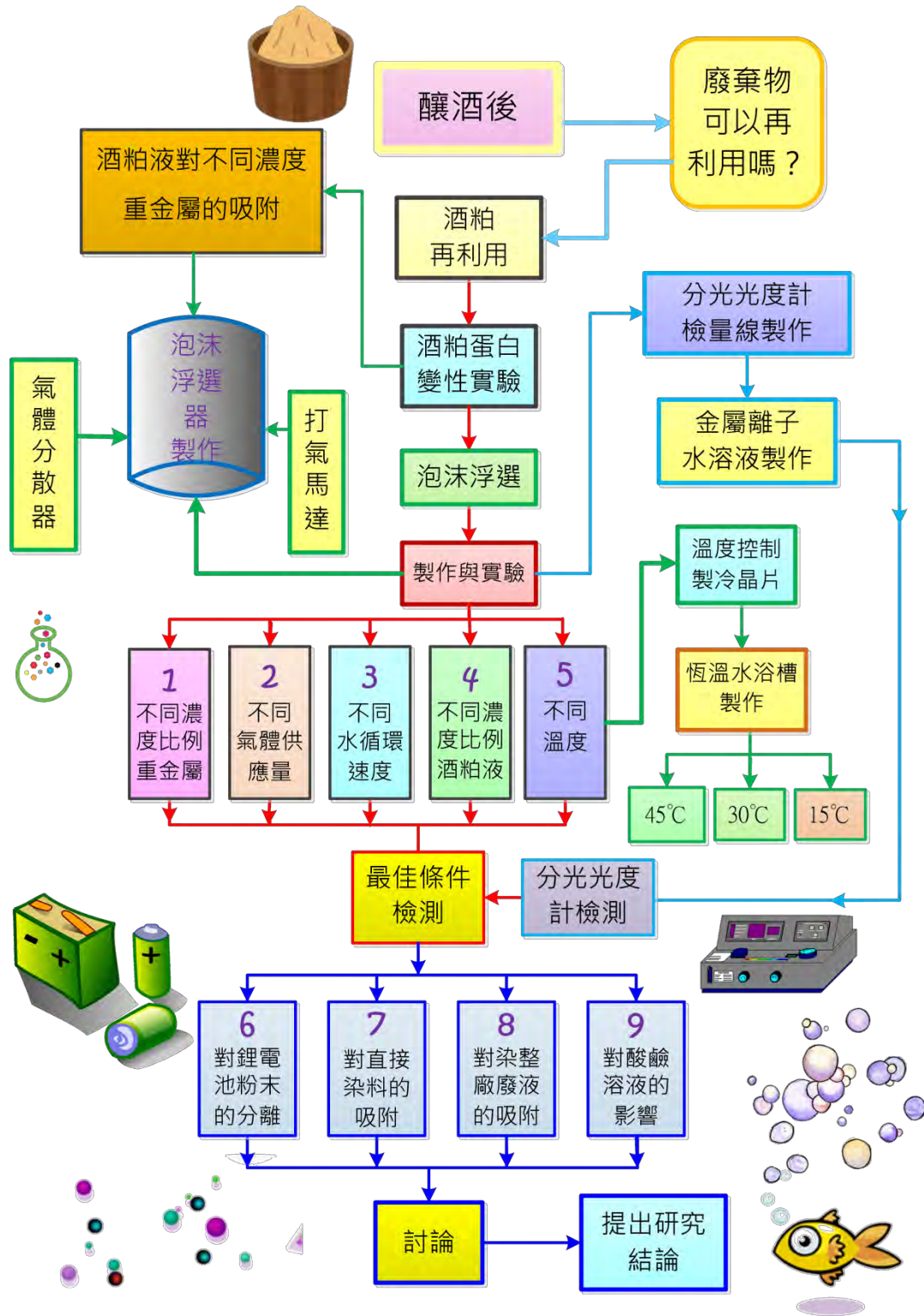


| | | | |
|----|----------------------------------|-----------|---------------------------------------|
| 優點 | 簡單，條件調整容易，起泡性觀察容易，取泡分析容易 | 功能增加 ➔ | 1.增加溫度控制功能 |
| 缺點 | 單一浴槽更換試劑麻煩，泡沫無法分離，循環條件無法測試、無恆溫裝置 | | 2.增加循環功能 3.增加泡沫移除功能 4.取泡分析更為容易。 |

肆、研究過程及方法

一、實驗流程

探討泡沫分離法以小米酒粕蛋白在不同條件下吸附污染物之可行性



二、文獻探討

(一)第三屆旺宏科學獎成果報告書『利用泡沫浮選法浮除水中的含鉻離子』，該組實驗以泡沫浮選法將鉻離子溶液去除，其中探討以下項目：第一、探討浮選含鉻離子溶液效果最佳的界面活性劑。對於最佳效果的界面活性劑，本組使用酒粕蛋白萃取液"，利用蛋白質的特性，它們產生肥皂般的泡沫，且蛋白質能金屬離子結合，故無需再去尋找最佳的界面活性劑。第二、設計可適用於實驗的浮選器材。本組的打氣裝置是用空氣供應泵，而該組是用二氧化碳鋼瓶，碳酸對水溶液是否造成酸鹼值有影響未討論；本組使用空氣成本上也較經濟。第三、改變界面活性劑與溶液的比例，找出最佳的浮選環境。第四、探討打氣時間對浮選效果的影響。第五、探討浮選管口徑對浮選效果的影響。第六、探討液面高度對浮選效果的影響。浮選器的製作，該組是用壓克力管，我們以廢棄寶特瓶切割連接方式完成；在研究實驗當中，我們也做了不同的流量大小與不同氣體供應量實驗，更進一步增加不同濃度比例與不同溫度的酒粕液浮選分離污染物實驗，其中不同的氣體供應量因該組的打氣時間為 2 分鐘為最佳，而本組實驗初期亦打氣攪拌 10 分鐘，結果發現偏低，後經實驗確認打氣時間以 5 分鐘以上的結果較為一致。這現象應為蛋白質與介面活性劑不同，本實驗蛋白質濃度較低需要較長時間的混合反應。

(二)全國高中小論文(2017)化學組特優獎『以泡沫浮選器分離廢水重金屬硫酸鎳之研究』，該組的研究材料是廢水中的鎳金屬，本組實驗是硫酸銅與氯化亞鈷金屬，該組實驗並沒有實驗不同的溫度，與不同的氣體供量產生效果，以及流量大小對浮選效果之影響。該組實驗也是開啓泡沫產生機後，前 2 分鐘內的除汙效果最好，本組做時間效果實驗以 5 分鐘較佳。

(三)網路查詢：有關蛋白質的變性作用：天然蛋白質的原有性質，受到加熱、高壓、紫外光及 X-射線等物理作用或酸、鹼、尿素、有機溶劑、**重金屬**等化學藥劑破壞，引起蛋白質二級、三級、四級結構的改變，使蛋白質失去重疊、纏繞的性狀，該性質的改變，稱為變性(denaturation)。起泡原理: 利用蛋白質分子降低表面張力的作用，使空氣快速加入形成泡沫。

三、實驗準備

(一) 製作重金屬離子檢量線

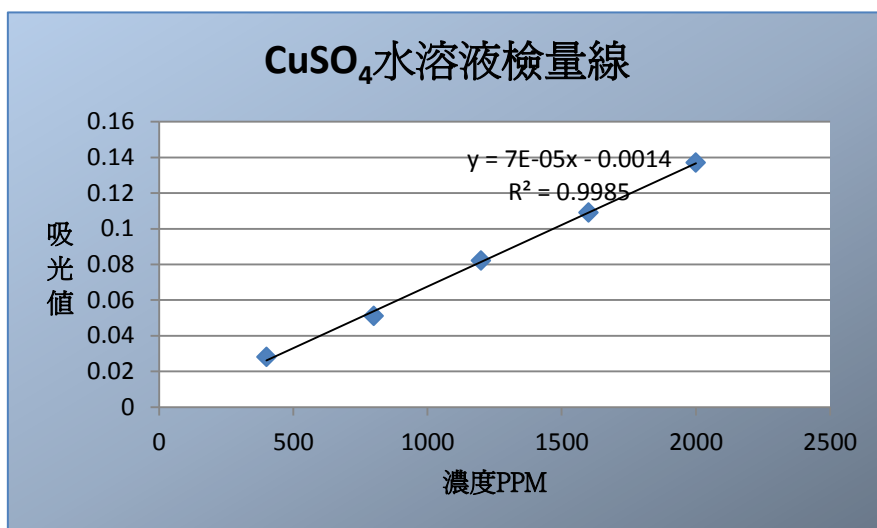
1. 先配製 1% 溶液，再取 1% 水溶液 4 毫升，加純水至 100 毫升稀釋成 0.040%，即 400ppm 之水溶液。以此方式配成 400、800、1200、1600、2000ppm 之標準溶液。

| 溶液 | 分子式 | 分子量 | 計算 | 水量 | 取量 |
|------|---|--|---|-------|-------|
| 硫酸銅 | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 250$ $\text{CuSO}_4 = 160$ | $[X(160/250)] \div (500+X) = 1\%$ $X \approx 7.93$ | 500ml | 7.93g |
| 氯化亞鈷 | $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 238$ $\text{CoCl}_2 = 130$ | $[X(130/238)] \div (500+X) = 1\%$ $X \approx 9.32$ | 500ml | 9.32g |

2. 我們先取中間值 1200ppm 分別以 400nm、420nm……700nm、720nm 波長測其吸光值，測得：硫酸銅溶液在波長為 760nm 時，吸光值為 0.082(最高)(測不同波長時，先以純水校正歸零)，氯化亞鈷溶液在波長為 520nm 時，吸光值為 0.046 (最高)

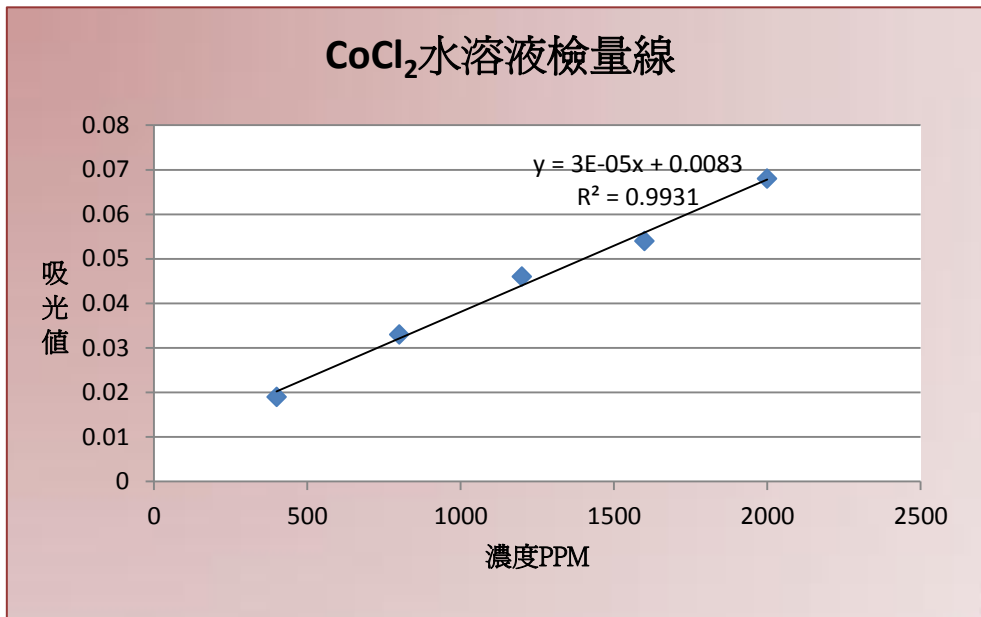
3. 硫酸銅吸光值：

| 波長 | 760nm | | | | |
|-----|--------|--------|---------|---------|---------|
| 濃度 | 400ppm | 800ppm | 1200ppm | 1600ppm | 2000ppm |
| 吸光值 | 0.028 | 0.051 | 0.082 | 0.109 | 0.137 |



4. 氯化亞鈷吸光值

| 波長 | 520nm | | | | |
|-----|--------|--------|---------|---------|---------|
| 濃度 | 400ppm | 800ppm | 1200ppm | 1600ppm | 2000ppm |
| 吸光值 | 0.019 | 0.033 | 0.046 | 0.054 | 0.069 |



硫酸銅水溶液



氯化亞鈷水溶液



分光光度計測量

(二)、小米酒粕溶液的準備：

1. 果汁機打碎：取酒粕原液無稀釋，設定果汁機高速打 5 分鐘。
2. 以豆漿濾布過濾，留下濾液實驗。酒粕原料 2053.6g 分離出渣 364.6 g + 汁液 1689g



準備工作



果汁機打碎



以濾布過濾

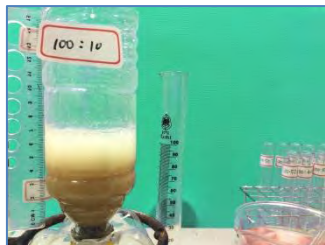
四、實驗一：探討小米酒粕液對不同濃度比例重金屬的吸附效果。

(一)不同濃度重金屬準備：

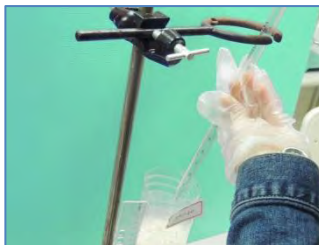
1. 取1.00%硫酸銅水溶液加入純水稀釋成1000ppm，配製下表各濃度比例，做重金屬吸附實驗。氯化亞鈷亦相同方法。

| 酒粕溶液 (ml) | 硫酸銅 水溶液(ml) | 氯化亞鈷水 溶液(ml) | 換算金屬水溶 濃度(ppm) |
|--------------|----------------|-----------------|-------------------|
| 100.0 | 10.0 | 10.0 | 100 |
| 100.0 | 20.0 | 20.0 | 200 |
| 100.0 | 30.0 | 30.0 | 300 |
| 100.0 | 40.0 | 40.0 | 400 |
| 100.0 | 50.0 | 50.0 | 500 |

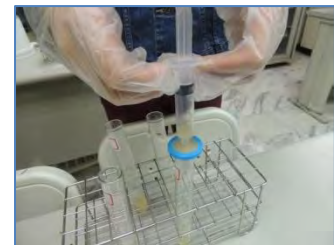
- 將以上分別倒入泡沫浮選器進行浮選，時間5分鐘，取樣上泡沫和下溶液各2毫升，將上下層溶液分別倒入針筒，經由0.45 μ m針筒過濾器按壓過濾。
- 以分光光度計分析。測吸光值：硫酸銅波長760nm，氯化亞鈷波長520nm。



泡沫浮選過程



取樣過程

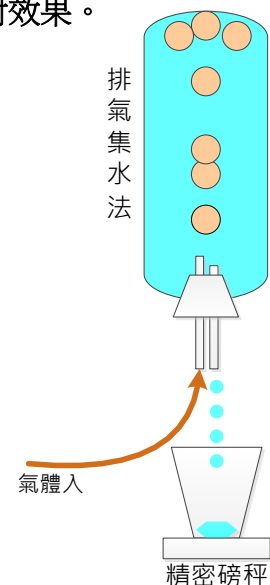


以針筒過濾器過濾

五、實驗二：探討小米酒粕液在不同氣體供應量下對重金屬的吸附效果。

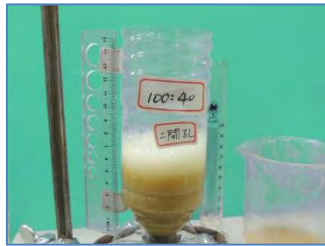
(一)氣體供應量測量：(排氣集水法測量體積)

- 製作測水量工具：取一寶特瓶、2孔錐形橡膠孔塞 x1、軟管 x2, 如右圖。
- 設定三段排氣量,分別為
 - 大：塞住 Air pump 其中一個出氣孔且開二段風速。
 - 中：開放 Air pump 兩個出氣孔且開二段風速。
 - 小：開放 Air pump 兩個出氣孔且開一段風速。
- 寶特瓶裝滿水, 先按住排水孔, 計時 10 秒, 開 Air pump, 秤水重量



| Air pump | 排氣量(水)(ml) |
|----------|-------------|
| 大 (二,塞孔) | 370.0 /10 秒 |
| 中 (二,開孔) | 239.0 /10 秒 |
| 小 (一,開孔) | 174.0 /10 秒 |

4. 測試酒粕:1000ppm 硫酸銅 為100：40時，以上三種排氣量進行浮選5分鐘，取硫酸銅水溶液樣上泡沫2.0毫升，經由0.45 μ m針筒過濾器按壓過濾，測量吸光值。



實驗起泡



過濾後溶液



分光光度計分析

六、實驗三：探討小米酒粕液在不同水循環速度下對重金屬的吸附效果。

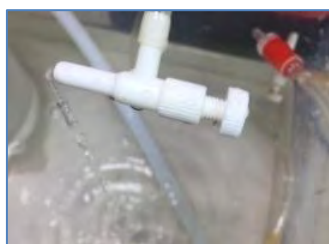
(一)水循環速度測量：

- 1.量杯重量歸零，計時 10 秒，以流量調節閥旋轉圈數測試排水量多寡

| 流量調節閥旋轉圈數 | 排水量(g) |
|-----------|-----------|
| 2 圈 | 39.0/10 秒 |
| 1.5 圈 | 27.2/10 秒 |
| 1 圈 | 17.8/10 秒 |

(二)測試酒粕流量改變，對 1000ppm 硫酸銅浮選的影響

1. 用量杯調配 酒粕:1000ppm 硫酸銅 = 100:40，加入泡沫浮選器中，分別以流量 39.0g/10、27.2g/10、17.8g/10 秒進行浮選 5 分鐘，取樣上泡沫 2 毫升。
2. 將上述各溶液分別倒入針筒中，經由 0.45 μ m 針筒過濾器按壓過濾。
3. 以波長 760nm 測吸光值



排水流量測試



溶液循環



自己設計的機器其過濾過程

七、實驗四：探討小米酒粕液在不同濃度比例下對重金屬的吸附效果。

- (一)以下比例混合純水調整酒粕的濃度和 1000ppm 硫酸銅水溶液與氯化亞鈷水溶液：

| 酒粕(ml) : 水(ml): CuSO4(ml) CoCl2(ml) | | |
|--|----|----|
| 60 | 40 | 40 |
| 70 | 30 | 40 |
| 80 | 20 | 40 |
| 90 | 10 | 40 |
| 100 | 0 | 40 |

(二)我們將 3 種液體依比例，加入泡沫浮選器進行浮選 5 分鐘，分別取樣上泡沫和下溶液各 2 毫升。

(三)將上述 5 種不同濃度取樣上和下之溶液分別倒入針筒中，經由 0.45 μ m 針筒過濾器按壓過濾，以分光光度計測量吸光值。

(四)完成硫酸銅水溶液實驗，清洗浮選實驗組設備，再更換氯化亞鈷水溶液組繼續實驗。

八、實驗五：探討小米酒粕液在不同溫度下對重金屬的吸附效果。

(一)以致冷晶片恆溫器，調控本實驗三種溫度：15 $^{\circ}$ C、30 $^{\circ}$ C、45 $^{\circ}$ C。

(二)將 100：40 酒粕溶液和 1000ppm 硫酸銅混合均勻於三角錐瓶裡，完成後錐瓶置於恆溫槽。

(三)由冰箱取出酒粕溶液待溫度上升至 15 $^{\circ}$ C 開始試驗，以溫度計再確認達到實驗所需溫度，保持循環 5 分鐘後，觀察起泡狀況，再取樣分析，以下檢測分析方式同前實驗做法。

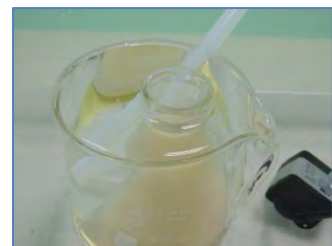
(四)實驗由低溫 15 $^{\circ}$ C 完成後，再升溫至 30 $^{\circ}$ C 續做實驗。再升溫 45 $^{\circ}$ C。



30 $^{\circ}$ C 的起泡狀況



控制器控制溫度



恆溫循環過程

九、實驗六：探討小米酒粕液對不同重量鋰電池粉末的分離效果。

(一)向環保署特約廢電池回收廠索取鋰鐵電池粉末樣品，成分主要為鐵、鋰、碳及少許其他金屬。

(二) 鋰鐵電池粉末先以篩子篩去大顆粒碎片，再以強力磁鐵除去鐵粉末。

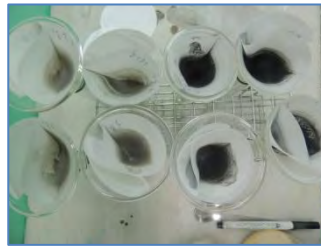
(三) 秤取1、2、3、4、5g剩餘鋰電池粉末，以100毫升酒粕原液進行浮選5分鐘，分別取樣上泡沫和下溶液各5毫升，以秤過重量之一號濾紙過濾，烘乾濾紙後秤重。

(四) 從濾紙上刮下過濾後粉末，秤重後放入燃燒皿，以250度烤箱烘烤一小時以去除酒粕蛋白與鋰電池粉末內的碳成分，秤重計算剩餘金屬比例。

(五) 實驗完成後，廢液以細節網過濾後，以固態廢棄物處理。



2g 鋰電池粉末浮選狀態



濾紙過濾



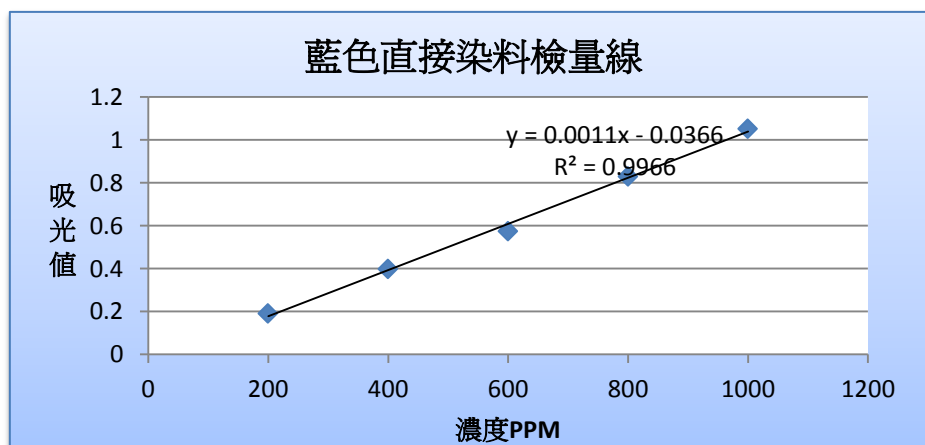
烤箱高溫烘烤過程

十、實驗七：探討小米酒粕液對不同濃度比例直接染料的吸附效果。

(一) 製作藍色直接染料檢量線

1. 秤取 1g 染料，以純水稀釋配製 0.1% 直接染料
2. 再稀釋濃度配製 200ppm、400ppm、600ppm、800ppm、1000ppm 標準溶液。
3. 先取中間值 600ppm 分別以 400nm、420nm……680nm、700nm 波長測其吸光值，測得當波長為 580nm 時，吸光值為 0.615(最高)。
4. 依序將不同濃度的直接染料以波長 580nm 測其吸光值：

| 波長 | 580nm | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|---------|
| 濃度 | 200ppm | 400ppm | 600ppm | 800ppm | 1000ppm |
| 吸光值 | 0.191 | 0.399 | 0.574 | 0.829 | 1.052 |



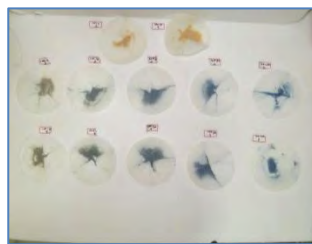
(二) 將直接染料稀釋成 1000ppm，分別取各比例與 100 毫升小米酒粕混合做吸附實驗。

| 酒粕溶液 (ml) | 染劑溶液(ml) | 換算直接染料濃度(ppm) |
|-----------|----------|---------------|
| 100.0 | 20.0 | 200 |
| 100.0 | 40.0 | 400 |
| 100.0 | 60.0 | 600 |
| 100.0 | 80.0 | 800 |
| 100.0 | 100.0 | 1000 |

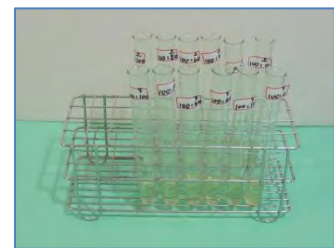
(三) 於浮選時間達 5 分鐘時，分別取樣上泡沫和下溶液各 5 毫升，於另一試管口置入玻璃漏斗，並摺放 9 cm 一號濾紙，將取得泡沫和下溶液倒入過濾後得微藍色透明液體，以波長 580nm 測吸光值。



泡沫浮選過程



浮選後以濾紙過濾



濾紙過濾後溶液

(四)另外以同樣方法，我們配製低濃度直接染料做吸附效果實驗。

| 酒粕溶液 (ml) | 染劑溶液(ml) | 換算直接染料濃度(ppm) |
|-----------|----------|---------------|
| 100.0 | 5.0 | 50 |
| 100.0 | 10.0 | 100 |
| 100.0 | 15.0 | 150 |
| 100.0 | 20.0 | 200 |

(五) 於浮選時間達 5 分鐘時，分別取樣上泡沫和下溶液各 5 毫升，以濾紙過濾，波長 580nm 測吸光值。



泡沫浮選過程



浮選後以濾紙過濾



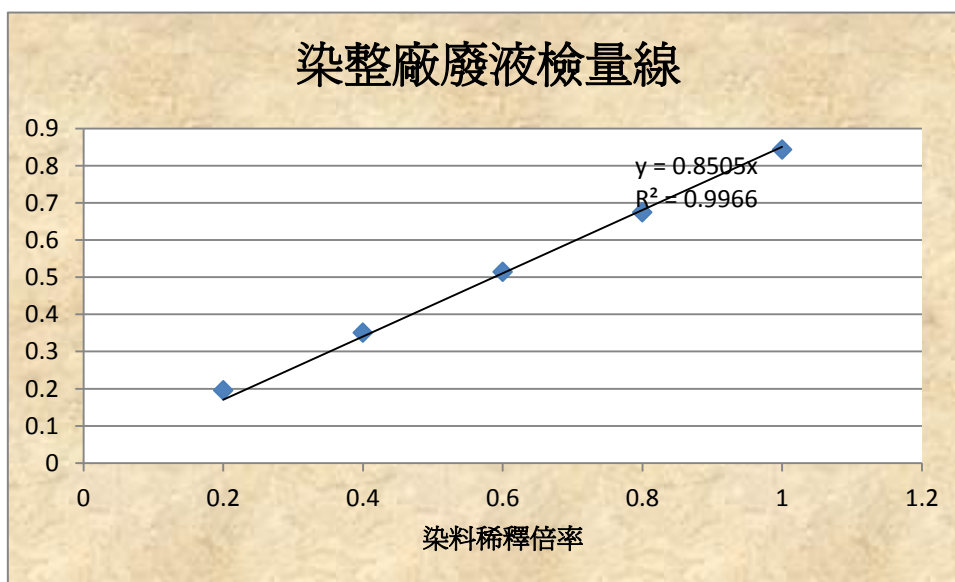
濾紙過濾後溶液

十一、實驗八：實測小米酒粕液對不同濃度比例染整廠廢液的吸附效果。

(一) 製作染整廠廢液檢量線

1. 實際走訪竹科污水處理廠、桃園地區染整廠，並且取得染整廠廢液。
2. 將染料廢液分別稀釋成 1、0.8、0.6、0.4、0.2 倍。
3. 先取中間值 0.6 倍分別以 400nm、420nm……680nm、700nm 波長測其吸光值，測得當波長為 400nm 時，吸光值為 0.514(最高)。
4. 依序將 1、0.8、0.6、0.4、0.2 倍不同濃度比例的染整廠廢液以波長 400nm 測吸光值

| 波長 | 400nm | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 濃度 | 0.2x | 0.4x | 0.6x | 0.8x | 1x |
| 吸光值 | 0.196 | 0.351 | 0.514 | 0.675 | 0.843 |



(二)分別取各比例廢液原液與 100 毫升小米酒粕混合做吸附實驗。

| 酒粕溶液 (ml) | 染劑溶液(ml) |
|-----------|----------|
| 100.0 | 10.0 |
| 100.0 | 20.0 |
| 100.0 | 40.0 |
| 100.0 | 60.0 |
| 100.0 | 80.0 |
| 100.0 | 100.0 |

(三)於浮選時間達 5 分鐘時，分別取樣上泡沫和下溶液各 5 毫升，於另一試管口置入玻璃漏斗，並摺放 9 cm 一號濾紙，將取得泡沫和下溶液倒入過濾後得微透明液體，以波長 400nm 測吸光值。



實際走訪染整廠



浮選後以濾紙過濾



濾紙過濾後的濾液

十二、實驗九：探討小米酒粕液對酸鹼溶液的影響效果。

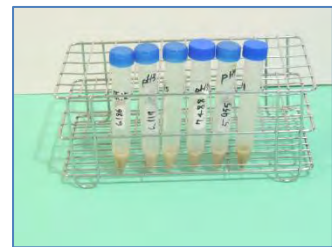
- (一) 取 100 毫升酒粕液以市售緩衝溶液調整其 pH 值為 3、5、7、9、11、原液(pH=3.66)，分別倒入泡沫浮選器中進行浮選和觀察起泡高度。
- (二) 我們於浮選時間達 5 分鐘時，分別取樣上泡沫和下溶液各 5ml，以酸鹼度計測酸鹼值。
- (三) 取出 6 支離心管以精密天平測量和記錄個別重量。
- (四) 將浮選後和取樣的上泡沫和下溶液倒回浮選液中攪勻，置入離心管，放入離心機中以 4000 rpm 速度離心 10 分鐘
- (五) 取出離心管，緩緩倒出血內的液體，留下離心後的沉澱物，以精密天平測量和記錄個別重量，計算沉澱物重量。



測定並調整酒粕 pH 值



pH3 時浮選泡沫狀態

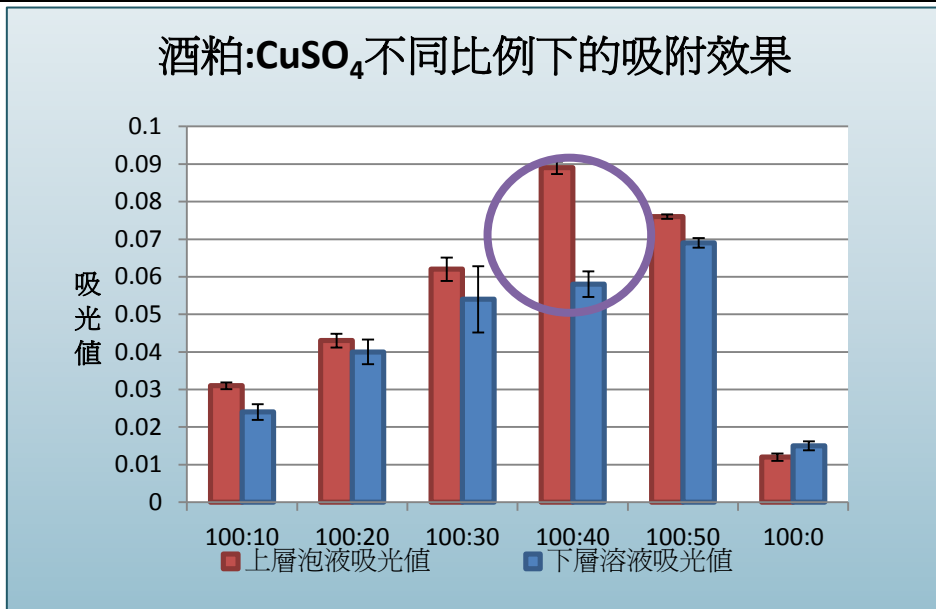


離心後的沉澱物

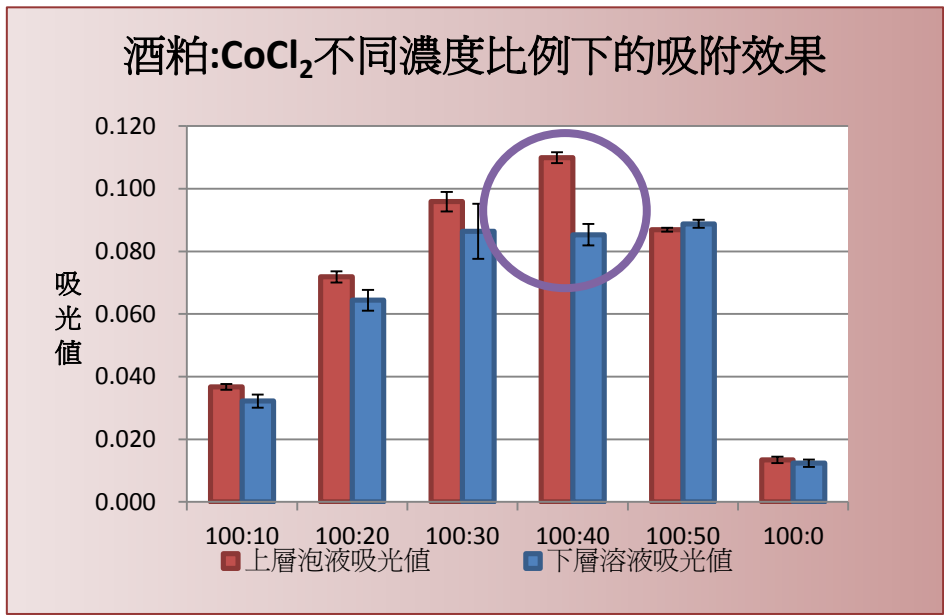
伍、研究結果

一、實驗一：探討小米酒粕液對不同濃度比例重金屬的吸附效果。(三次實驗)

| 酒粕溶液(ml)： 硫酸銅水溶液(ml) | 上層泡液三次平均 吸光值與標準差 | | 下層溶液三次平均 吸光值與標準差 | |
|-------------------------|---------------------|--------|---------------------|--------|
| 100 : 10 | 0.031 | 0.0009 | 0.024 | 0.0021 |
| 100 : 20 | 0.043 | 0.0018 | 0.040 | 0.0033 |
| 100 : 30 | 0.062 | 0.0031 | 0.054 | 0.0088 |
| 100 : 40 | 0.089 | 0.0017 | 0.058 | 0.0034 |
| 100 : 50 | 0.076 | 0.0006 | 0.069 | 0.0013 |
| 100 : 0 (對照組) | 0.012 | 0.0010 | 0.015 | 0.0012 |



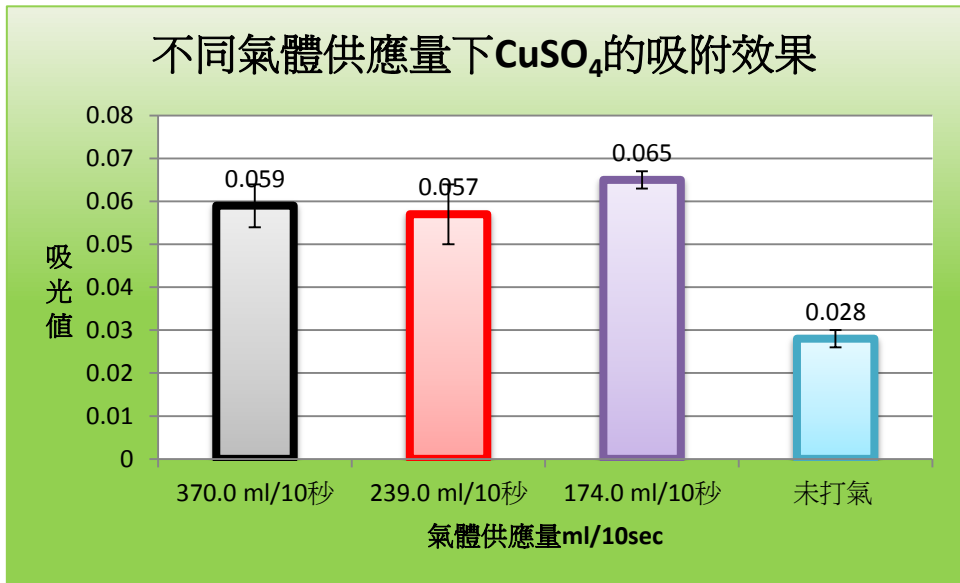
| 酒粕溶液(ml)： 氯化亞鈷水溶液(ml) | 上層泡液三次平均 吸光值與標準差 | | 下層溶液三次平均 吸光值與標準差 | |
|--------------------------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| 100 : 10 | 0.037 | 0.001 | 0.032 | 0.002 |
| 100 : 20 | 0.072 | 0.002 | 0.064 | 0.002 |
| 100 : 30 | 0.096 | 0.002 | 0.086 | 0.003 |
| 100 : 40 | 0.110 | 0.004 | 0.085 | 0.001 |
| 100 : 50 | 0.087 | 0.002 | 0.089 | 0.003 |
| 100 : 0 (對照組) | 0.013 | 0.003 | 0.012 | 0.002 |



結果：最有效硫酸銅與氯化亞鈷吸附比例皆為：100(酒粕溶液)：40。

二、實驗二：探討小米酒粕液在不同氣體供應量下對重金屬的吸附效果。(三次實驗)

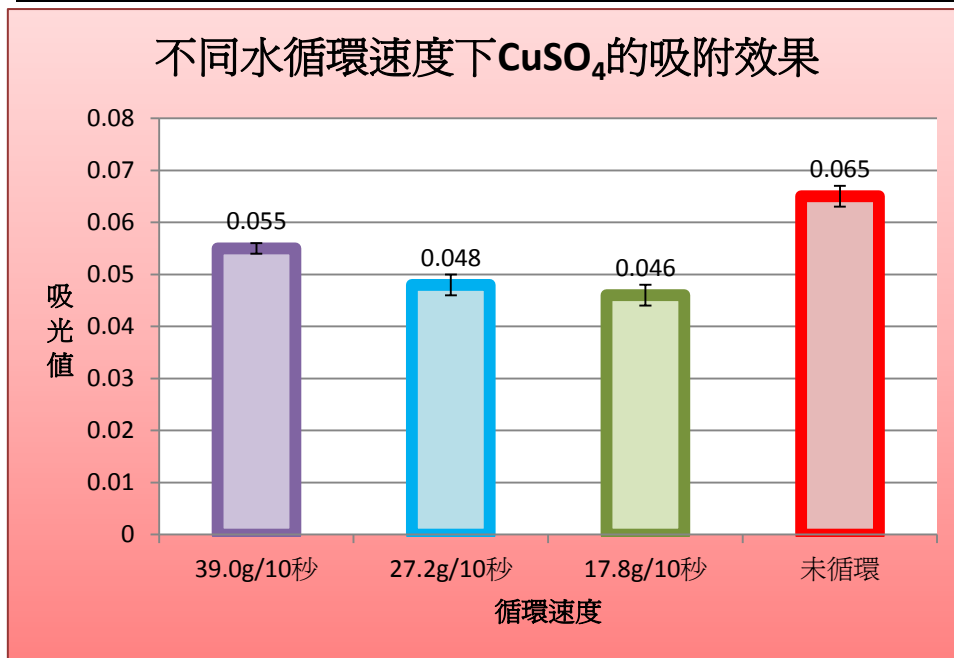
| 酒粕汁液:硫酸銅 100 : 40 波長 760nm, 泡沫處吸光值 | | |
|------------------------------------|-------|-------|
| 排氣量(水)ml | 吸光值 | 標準差 |
| 370.0 ml | 0.059 | 0.005 |
| 239.0 ml | 0.057 | 0.007 |
| 174.0 ml | 0.065 | 0.002 |
| 未打氣(對照組) | 0.028 | 0.002 |



結果：氣體供應量以較小的174.0ml/10秒，吸附值最高，顯示排氣不宜太大。

三、實驗三：探討小米酒粕液在不同水循環速度下對重金屬的吸附效果。(三次實驗)

| 酒粕：CuSO ₄ | 760nm | |
|----------------------|-------|-------|
| 100：40 | 吸光值 | 標準差 |
| 39.0g/10 秒 | 0.055 | 0.001 |
| 27.2g/10 秒 | 0.048 | 0.002 |
| 17.8g/10 秒 | 0.046 | 0.002 |
| 未循環(對照組) | 0.065 | 0.002 |

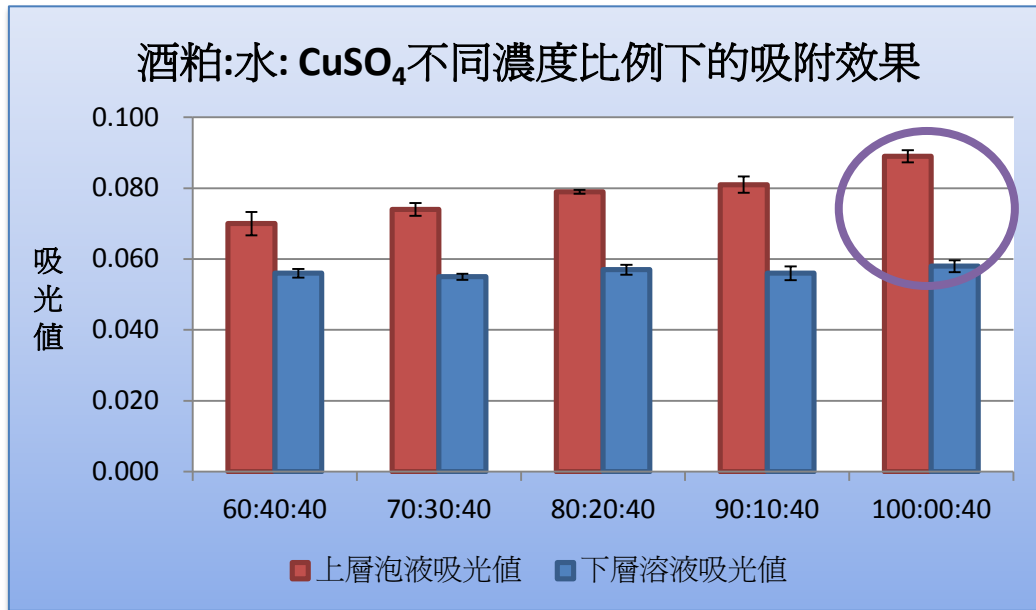


結果：經由此實驗我們得知溶液循環快，浮選效果越好。

四、實驗四：探討小米酒粕液在不同濃度比例下對重金屬的吸附效果。(三次實驗)

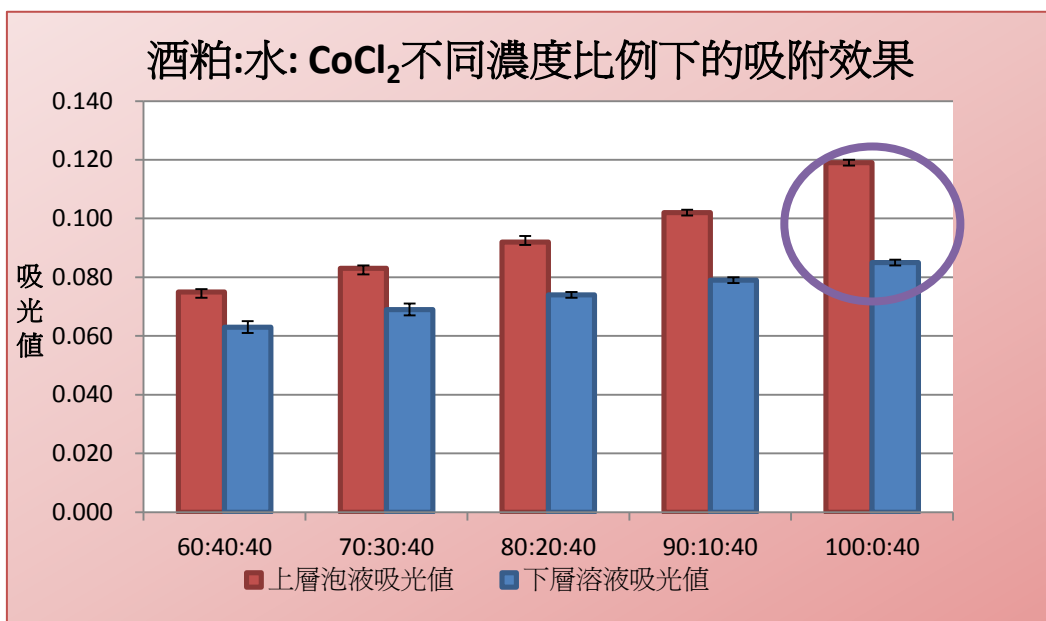
(一) 硫酸銅水溶液測量：

| 酒粕:水: CuSO ₄ | 取樣位置 | 吸光值 | 標準差 | 取樣位置 | 吸光值 | 標準差 |
|-------------------------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 60:40:40 | 上 | 0.070 | 0.003 | 下 | 0.056 | 0.001 |
| 70:30:40 | 上 | 0.074 | 0.002 | 下 | 0.055 | 0.001 |
| 80:20:40 | 上 | 0.079 | 0.001 | 下 | 0.057 | 0.001 |
| 90:10:40 | 上 | 0.081 | 0.002 | 下 | 0.056 | 0.002 |
| 100:0:40(對照組) | 上 | 0.089 | 0.002 | 下 | 0.058 | 0.002 |



(二) 氯化亞鈷水溶液測量：

| 酒粕:水: CoCl ₂ | 取樣位置 | 吸光值 | 標準差 | 取樣位置 | 吸光值 | 標準差 |
|-------------------------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 60:40:40 | 上 | 0.075 | 0.001 | 下 | 0.063 | 0.002 |
| 70:30:40 | 上 | 0.083 | 0.001 | 下 | 0.069 | 0.002 |
| 80:20:40 | 上 | 0.092 | 0.002 | 下 | 0.074 | 0.001 |
| 90:10:40 | 上 | 0.102 | 0.001 | 下 | 0.079 | 0.001 |
| 100:0:40 | 上 | 0.119 | 0.001 | 下 | 0.085 | 0.001 |

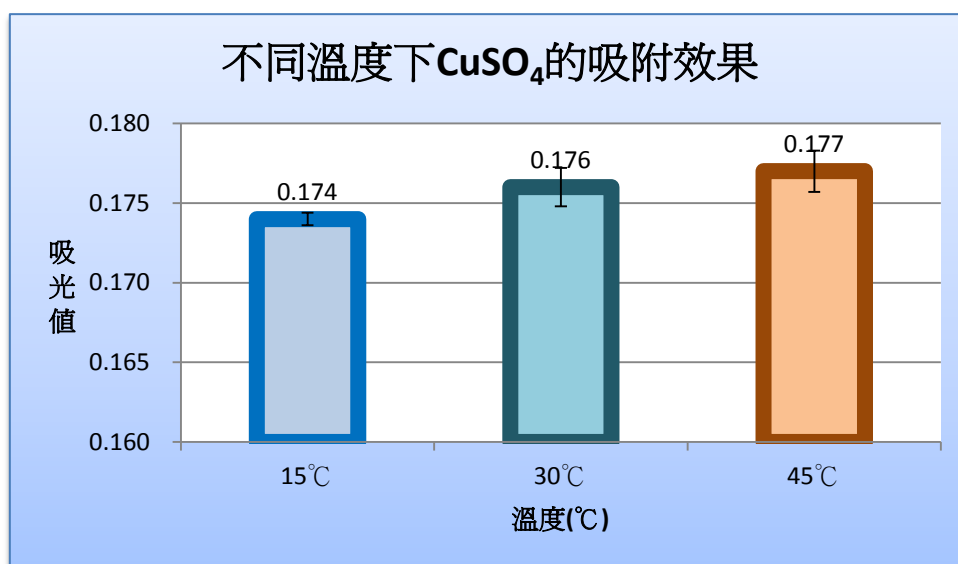


結果：1.實驗發現酒粕濃度降低，泡沫隨之減少，0.45μm 針筒過濾速度變快。

2.經由此實驗我們得知酒粕濃度越高，浮選效果越好。

五、實驗五：探討小米酒粕液在不同溫度下對重金屬的吸附效果。(三次實驗)

| 酒粕汁液:硫酸銅 100 : 40 波長 760nm, 泡沫處吸光值 | | |
|------------------------------------|-------|--------|
| 溫度 | 吸光值 | 標準差 |
| 15°C | 0.174 | 0.0004 |
| 30°C | 0.176 | 0.0012 |
| 45°C | 0.177 | 0.0013 |



結果：1. 在溫度 15°C~45°C間，小米酒粕液在不同溫度下對重金屬的吸附效果有略增但不明顯。

2. 隨溫度增加起泡效果明顯上升。

六、測試最佳浮選條件：依照前述試驗，試驗最佳化條件。(三次實驗)

酒粕：重金屬的比例濃度

酒粕：硫酸銅 = 200 毫升原液：80 毫升 1000ppm 硫酸銅溶液

酒粕：氯化亞鈷 = 200 毫升原液：80 毫升 1000ppm 氯化亞鈷溶液

氣體供量：174.0 ml/10 秒 (低排氣)，水循環速度：39.0g/10 秒 (高速)，溫度：常溫

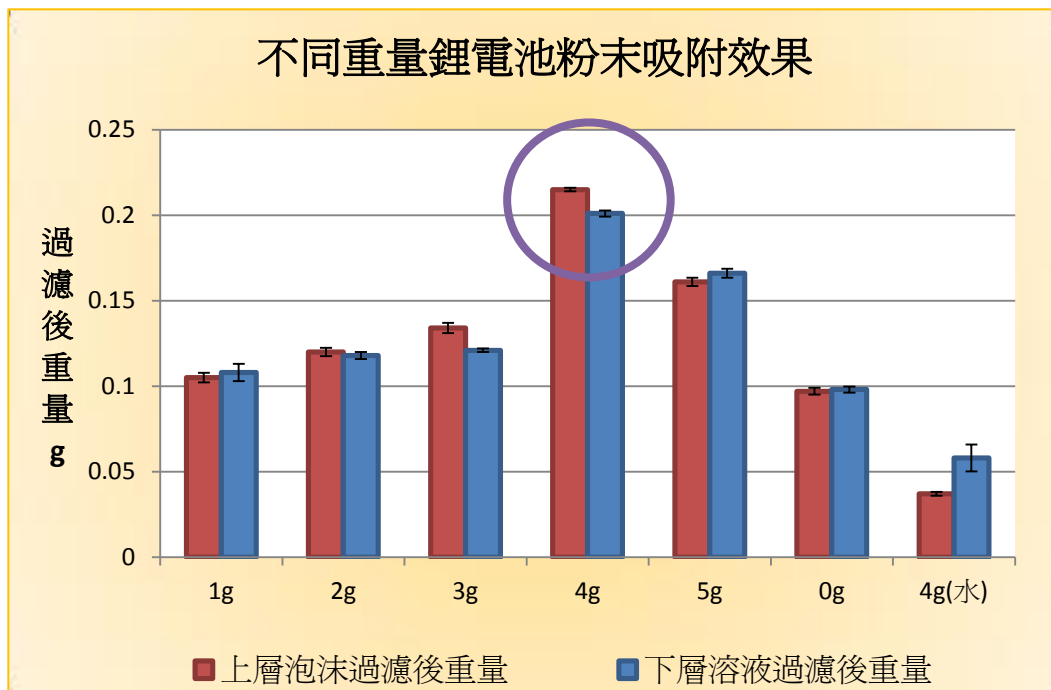
| 重金屬種類 | 泡沫處吸光值 | 標準差 | 對照組酒粕吸光值 | 標準差 |
|--------------|--------|-------|----------|-------|
| 硫酸銅 (760nm) | 0.181 | 0.001 | 0.013 | 0.002 |
| 氯化亞鈷 (520nm) | 0.123 | 0.001 | 0.014 | 0.003 |

結果：以最佳條件測試，確實可以得到較佳之浮選結果。

七、實驗六：探討小米酒粕液對不同重量鋰電池粉末的分離效果。(三次實驗)

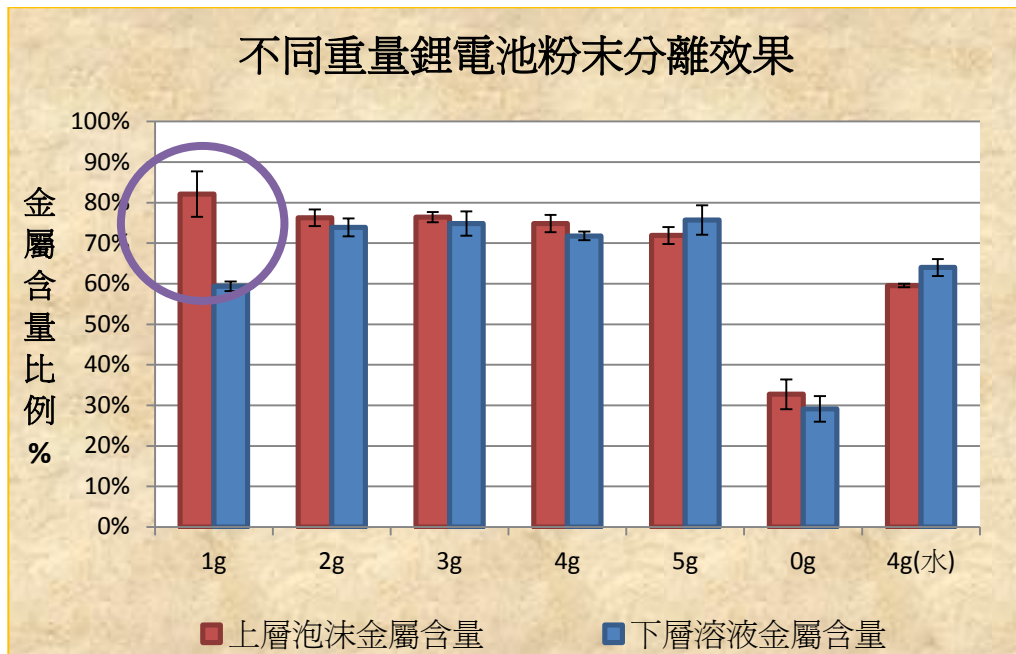
(一) 不同重量的鋰電池粉末以 100 毫升酒粕原液浮選五分鐘後，分別取樣上泡液和下溶液各 5 毫升，過濾後重量計算結果：

| 5ml 浮選液過濾後重量(g) | | | | |
|-----------------|--------------|-------|--------------|-------|
| 鋰電池粉末 | 上層 | 標準差 | 下層 | 標準差 |
| 1.000g | 0.105 | 0.003 | 0.011 | 0.005 |
| 2.000g | 0.120 | 0.002 | 0.118 | 0.002 |
| 3.000g | 0.134 | 0.003 | 0.121 | 0.001 |
| 4.000g | 0.215 | 0.001 | 0.201 | 0.002 |
| 5.000g | 0.162 | 0.002 | 0.166 | 0.003 |
| 0g(對照組) | 0.097 | 0.002 | 0.098 | 0.002 |
| 4.0g(水, 對照組) | 0.037 | 0.001 | 0.058 | 0.008 |



(二) 從濾紙上刮取浮選後之鋰電池粉末後計算重量，以 250°C 烤箱烘烤一小時去除炭粉及其他雜質，計算剩餘無法燃燒金屬比例：烘烤後剩餘重量/實際烘烤重量（因無法完全刮取，所以採已刮取粉末烘烤前後的重量比例表示。）

| 電池粉末重量 | 上泡液金屬含量 | 標準差 | 下溶液金屬含量 | 標準差 |
|------------|---------------|-------|---------------|-------|
| 1g | 82.11% | 0.056 | 59.39% | 0.012 |
| 2g | 76.25% | 0.021 | 73.90% | 0.022 |
| 3g | 76.39% | 0.013 | 74.81% | 0.030 |
| 4g | 74.85% | 0.022 | 71.78% | 0.011 |
| 5g | 71.89% | 0.021 | 75.70% | 0.037 |
| 0g(對照組) | 32.73% | 0.037 | 29.12% | 0.032 |
| 4g(水, 對照組) | 59.55% | 0.004 | 64.00% | 0.021 |

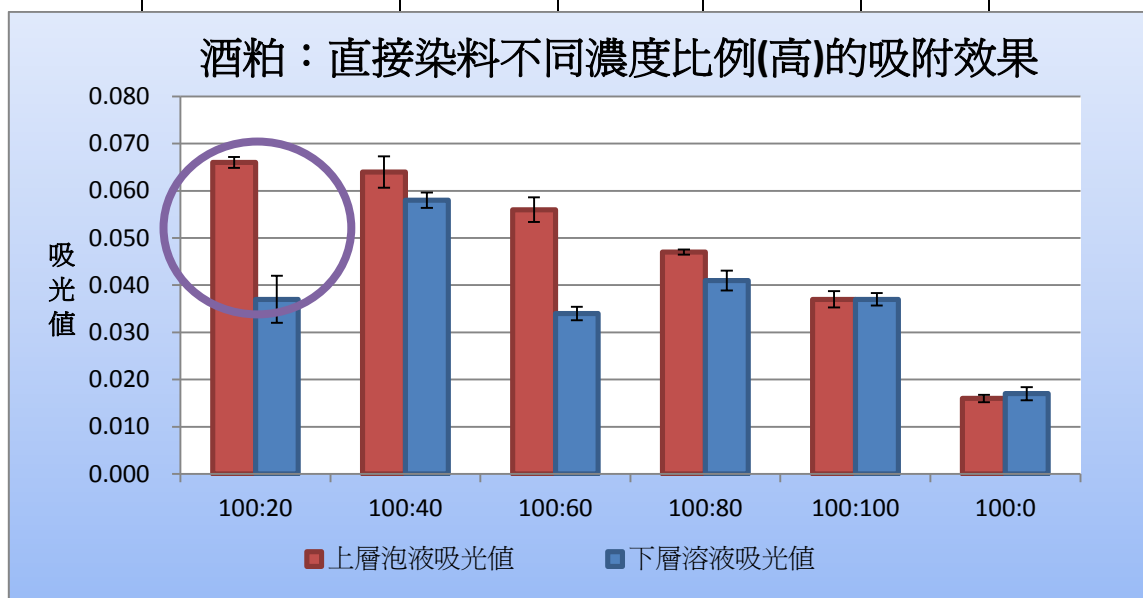


結果：1. 100 毫升酒粕泡沫浮選鋰電池粉末，以 4g 粉末效果最佳。

2. 1g 的鋰電池粉末進行浮選時，在上泡沫明顯可獲得較多金屬。

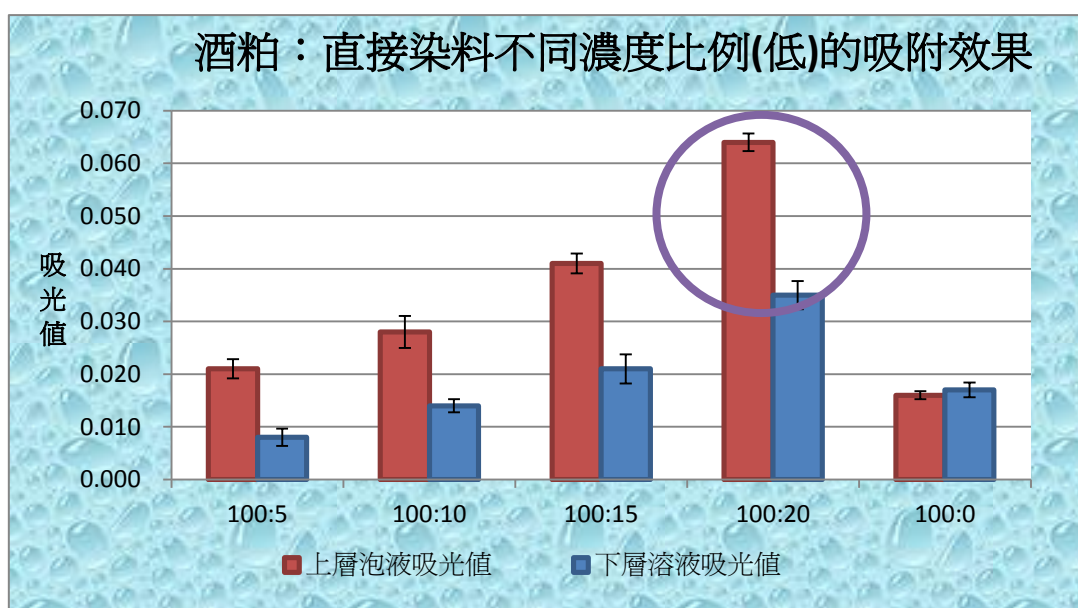
八、實驗七：探討小米酒粕液對不同濃度比例直接染料的吸附效果。(三次實驗)

| 酒粕溶液(ml):直接染料(ml) | 580nm吸光值 | | | |
|-------------------|----------|-------|---------|-------|
| | 上層泡沫液吸光值 | 標準差 | 下層溶液吸光值 | 標準差 |
| 100:20 | 0.065 | 0.001 | 0.037 | 0.003 |
| 100:40 | 0.064 | 0.003 | 0.058 | 0.002 |
| 100:60 | 0.056 | 0.003 | 0.034 | 0.001 |
| 100:80 | 0.047 | 0.001 | 0.041 | 0.002 |
| 100:100 | 0.037 | 0.002 | 0.037 | 0.001 |
| 100:0 | 0.128 | 0.002 | 0.074 | 0.001 |



結果：濃度比例大於 100:20 時，酒粕蛋白和直接染料之螯合物大量殘留在濾紙上，可改用沉降法去除此污染物。

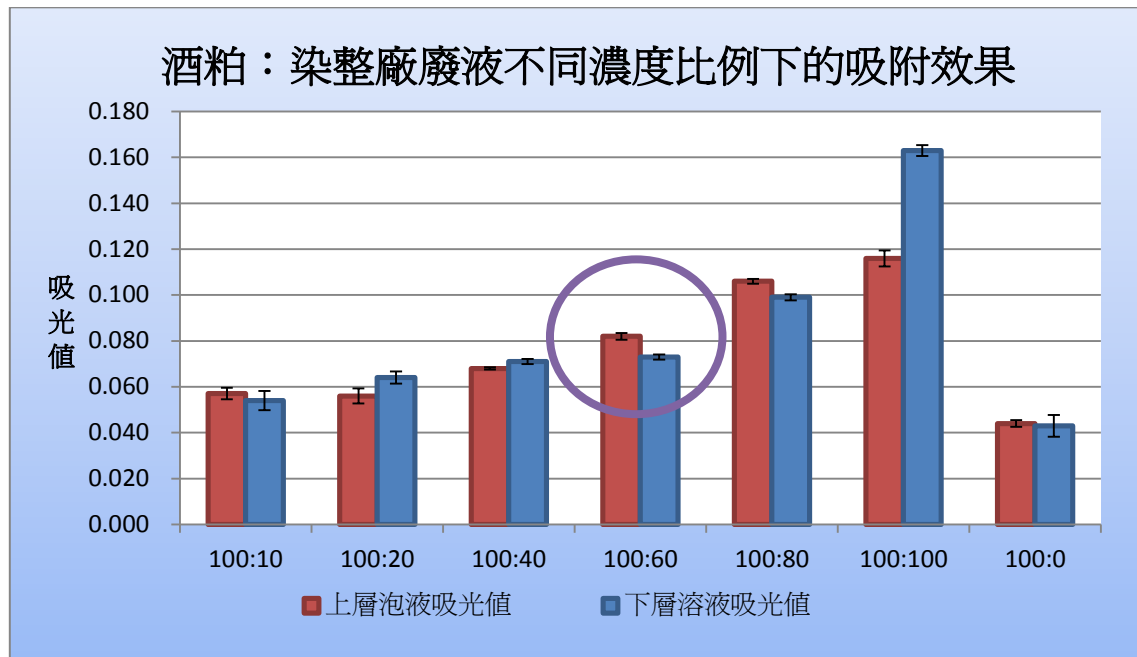
| 酒粕溶液(ml):直接染料(ml) | 580nm吸光值 | | | |
|-------------------|--------------|-------|--------------|-------|
| | 上層泡液吸光值 | 標準差 | 下層溶液吸光值 | 標準差 |
| 100:5 | 0.021 | 0.002 | 0.008 | 0.002 |
| 100:10 | 0.028 | 0.003 | 0.014 | 0.001 |
| 100:15 | 0.041 | 0.002 | 0.021 | 0.003 |
| 100:20 | 0.064 | 0.002 | 0.035 | 0.003 |
| 100:0(對照組) | 0.016 | 0.001 | 0.017 | 0.001 |



結果：最有效直接染料吸附濃度比例是：100(酒粕溶液)：20。

九、實驗八：實測小米酒粕液對不同濃度比例染整廠廢液的吸附效果。(三次實驗)

| 酒粕溶液(ml):工廠廢液(ml) | 400nm吸光值 | | | |
|-------------------|--------------|-------|--------------|-------|
| | 上層泡液吸光值 | 標準差 | 下層溶液吸光值 | 標準差 |
| 100:10 | 0.057 | 0.003 | 0.054 | 0.004 |
| 100:20 | 0.056 | 0.003 | 0.064 | 0.003 |
| 100:40 | 0.068 | 0.001 | 0.071 | 0.001 |
| 100:60 | 0.082 | 0.002 | 0.073 | 0.001 |
| 100:80 | 0.106 | 0.001 | 0.099 | 0.001 |
| 100:100 | 0.116 | 0.003 | 0.163 | 0.002 |
| 100:0(對照組) | 0.044 | 0.001 | 0.043 | 0.005 |



結果：實測後發現酒粕與染整廠廢液在 100:60 時有良好吸附能力。

十、實驗九：探討小米酒粕液對酸鹼溶液的影響效果。(三次實驗)

| 酒粕 pH 值 | 起泡高度(cm) | 上層泡液 pH | 下層溶液 pH | 離心沉澱 (g) |
|----------|----------|---------|---------|----------|
| 3 | 1.2 | 3.02 | 3.01 | 0.745 |
| 5 | 0.8 | 4.96 | 4.96 | 1.021 |
| 7 | 0.3 | 6.55 | 6.99 | 0.983 |
| 9 | 1.1 | 8.89 | 8.87 | 1.096 |
| 11 | 1.4 | 10.36 | 10.49 | 1.248 |
| 原液(3.66) | 1.0 | 3.68 | 3.67 | 1.295 |

結果：酒粕在酸性與鹼性環境中較容易起泡，中性環境中泡沫明顯變少，較不適合做泡沫浮選。

陸、討論

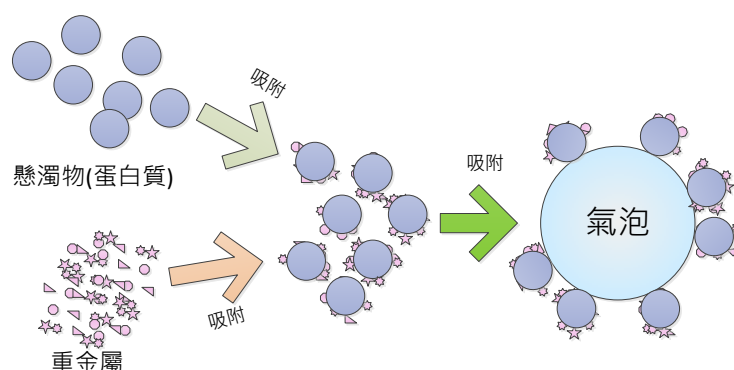
一、實驗一：探討小米酒粕液對不同濃度比例重金屬的吸附效果。

| 水溶液 | 上泡沫吸光值 | 下溶液吸光值 | OD差值 | 檢量線 | 吸附濃度 ppm |
|------|--------|--------|-------|------------------------------------|----------------|
| 硫酸銅 | 0.089 | 0.058 | 0.031 | $y = (7 \times 10^{-5})X + 0.0014$ | X=422.9 |
| 氯化亞鈷 | 0.110 | 0.085 | 0.025 | $y = (3 \times 10^{-5})X + 0.0083$ | X=556.7 |

本實驗結果顯示，鈷離子吸附效果優於銅離子。本組實驗使用酒粕蛋白，因為蛋白質含有豐富的胺基酸，其結構上的特殊官能基胺基（ $-\text{NH}_2$ ）與羧基（ $-\text{COOH}$ ）對金屬離子均具有螯合作用，造成蛋白質變性，生成不溶物，易被泡沫浮選而分離出廢液中的重金屬。依此原則染料若為具電荷性的反應性染料或是還原染料亦可吸附。

二、實驗二：探討小米酒粕液在不同氣體供應量下對重金屬的吸附效果。

氣體供應以較小的 174.0ml/10 秒，吸附值最高，顯示排氣不宜太大。重復實驗結果都是一致，研判的結果：第一、二組可能因為空氣泡量過多，使混合液裡泡沫翻騰攪亂，而造成效果不理想，所以排氣量最小吸附值濃度最高。泡沫浮選法主要是將空氣送入含有介面活性劑的溶液中而起泡來分離雜質，而本實驗起泡能力是以酒粕裡的可溶性蛋白，蛋白具有部分介面活性劑的特性，如乳化、吸油、吸水、起泡等。當蛋白質散佈於氣體和溶液的介面中，一旦變性、伸直、濃縮，並分散後，降低了表面張力，就會起泡，氣泡可將混合液的部分物質分離。蛋白泡沫浮選圖示：



三、實驗三：探討小米酒粕液在不同水循環速度下對重金屬的吸附效果。

經由此實驗我們得知未循環的對照組效果最好，但汙水處理需在循環下進行，在實驗中三個不同水循環速度下，溶液循環快，浮選效果越好，可見在混合槽內，因為泡沫有較多的機率與混合液裡的物質產生”撞擊”，故其吸附效果佳。

四、實驗四：探討小米酒粕液在不同濃度比例下對重金屬的吸附效果。

實驗結果呈現：越高的酒粕蛋白濃度有越高的吸附效果，本組認為：酒粕裡的蛋白濃度無法像一般介面活性劑具有極佳的起泡效果，可算是低濃度介面活性劑，(查詢台灣食品成分資料庫2016N5版，小米粗蛋白-成分值：11.3g/100g) 提高濃度，吸附量增大。

五、實驗五：探討小米酒粕液在不同溫度下對重金屬的吸附效果。

探討不同溫度下吸附效果。本實驗溫度由 15°C、30°C、45°C 增加，發生吸附作用，但吸附力相當一致，**研判 1.** 可能低溫加熱對穀物蛋白的變性作用較不明顯。**研判 2.** 升高溶液溫度後，泡沫產生的數量增加，有易於增加吸附，但溫度升高導致蛋白質的粘度降低，減小吸附能力，兩者之間作用互相影響，實驗證明 15°C~45°C 之間對酒粕蛋白吸附力無影響。

我們以前述實驗找出**最佳浮選條件**，以適當酒粕與重金屬溶液比例，低排氣氣體供量，高水循環速度，室溫進行浮選，以酒粕原液作為對照組，確實可以得到極佳的浮選量。

| 浮選種類 | 上泡沫吸光值 | 對照組吸光值 | 吸光值差值 | 檢量線 | 上層濃度 ppm |
|----------------|--------|--------|-------|------------------------------------|----------|
| 酒粕:硫酸銅=100:40 | 0.181 | 0.013 | 0.168 | $y = (7 \times 10^{-5})X + 0.0014$ | X=2380 |
| 酒粕:氯化亞鈷=100:40 | 0.123 | 0.014 | 0.109 | $y = (3 \times 10^{-5})X + 0.0083$ | X=3356 |

六、實驗六：探討小米酒粕液對不同重量鋰電池粉末的分離效果。

鋰電池之回收與成分分離為近年來之環保課題，美國密西根理工大學化工系 2018 年發表之期刊論文顯示，以煤油為媒介進行廢鋰電池粉末浮選，泡沫可以帶走以炭為主之疏水性陽極成分，留下以鋰離子為主陰極成分 (Zhan, et al. 2018)。我們以不同重量電池粉末進行浮選，以高溫去除回收粉末中非金屬成分，發現浮選重量為 1 克時，上層泡沫可獲得較多金屬，應為酒粕蛋白之親水性影響。

七、實驗七：探討小米酒粕液對不同濃度比例直接染料的吸附效果。

| 浮選種類 | 上泡沫吸光值 | 下溶液吸光值 | 吸光值差值 | 檢量線 | 吸附濃度 ppm |
|--------------|--------|--------|-------|------------------------|----------|
| 酒粕:染劑=100:20 | 0.064 | 0.035 | 0.029 | $y = 0.0011X - 0.0366$ | 59.6 |

每年有大量的染料在紡織品染色過程流失造成汙染，這是目前亟需解決之環保議題，我們嘗試使用小米酒粕進行染劑的浮選，發現在酒粕與染劑 100 比 20 之比例有很好浮選效果，另外發現浮選後以濾紙過濾，酒粕蛋白呈現明顯藍色染料顏色，浮選後以酒粕蛋白作為廢液吸附劑亦為另一思考方向。

九、實驗八：實測小米酒粕液對不同濃度比例染整廠廢液的吸附效果。

| 浮選種類 | 上泡沫吸光值 | 下溶液吸光值 | 吸光值差值 | 檢量線 | 吸附比例 |
|--------------|--------|--------|-------|---------------|--------|
| 酒粕:染劑=100:60 | 0.082 | 0.073 | 0.009 | $y = 0.8505X$ | 0.011x |

以工廠廢液實測，因為不知實際廢液濃度，故以稀釋比例估算，發現最佳比例為 100 毫升酒粕:60 毫升染整廠廢液，浮選五分鐘後可清除百分之一的廢液污染物。

十、實驗九：探討小米酒粕液對酸鹼溶液的影嚮效果。

酸鹼度為蛋白性質重要影響因素，我們以市售緩衝液調整酒粕酸鹼值，發現在強酸(pH=3)與強鹼(pH=11)環境下仍有良好起泡高度，中性環境下反而無法起泡，另外調整酸鹼度 5-11，酒粕顏色改變並且成粉狀，所以過濾觀察蛋白沉澱物，發現沉澱物隨酸鹼度增加而增加，但都低於原液，顯示酸鹼改變對酒粕蛋白結構有很大的影響。因為酒粕蛋白本身即具有緩衝溶液特性，故在調整酸鹼值後，溶液產生凝聚顆粒分層，起泡效果降低，對此類廢液，泡沫分離法恐效果不佳，建議以沉降法分離即可。在業界亦有使用 pH 值調整劑，控制金屬特性，來改善浮選效果。

依照本組實驗結果，酒粕蛋白泡沫浮選確實可以應用於廢液處理用途，一般廢液處理成本，依照不同處理法，需考量電力消耗成本、處理藥劑成本、維修成本、污泥處置成本、人力成本、管理成本等等費用，若以酒粕蛋白泡沫浮選可大幅降低處理藥劑成本，並且因為酒粕本身為天然物質，能避免藥劑施用造成環境二次汙染，其餘在電力、維護上，因設備結構單純，必然達到一定程度的節約。

柒、結論

一、實驗一：探討小米酒粕液對不同濃度比例重金屬的吸附效果。

1. 小米酒粕蛋白萃取液可以作為環保泡沫浮選法的起泡劑與吸附劑。
2. 吸附量比較：鈷離子>銅離子。

二、實驗二：探討小米酒粕液在不同氣體供應量下對重金屬的吸附效果。

氣體供應以較小的 174.0ml/10 秒，吸附值最高，顯示氣體供應適當即可。

三、**實驗三**：探討小米酒粕液在不同水循環速度下對重金屬的吸附效果。

溶液循環快，碰撞機會增加，浮選效果越好。

四、**實驗四**：探討小米酒粕液在不同濃度比例下對重金屬的吸附效果。

實驗結果呈現：越高的酒粕蛋白萃取液濃度，有越高的吸附效果。

五、**實驗五**：探討小米酒粕液在不同溫度下對重金屬的吸附效果。

溫度對本組在 15~45°C 的實驗，吸附效果顯示非常接近，不明顯。亦即在此溫度中以酒粕蛋白萃取液處理廢液，無須調整溫度，可以節約能源。

六、**實驗六**：探討小米酒粕液對不同重量鋰電池粉末的分離效果。

以小米酒粕浮選 1g 鋰電池粉末，可以有效分離粉末內親水性金屬微粒和疏水性非金屬微粒。

七、**實驗七**：探討小米酒粕液對不同濃度比例直接染料的吸附效果。

實驗結果呈現酒粕萃取液對濃度 $\leq 200\text{ppm}$ 的直接染料有良好浮選效果，另外蛋白本身亦能吸附濃度 $>200\text{ppm}$ 的直接染料，可改採沉降法去除。

八、**實驗八**：實測小米酒粕液對不同濃度比例染整廠廢液的吸附效果。

實測結果顯示小米酒粕液可吸附染整廠廢液中的污染物。

九、**實驗九**：探討小米酒粕液對酸鹼溶液的影響效果。

結果呈現酒粕本身為酸性，在中性環境下不利於浮選。

未來展望

短期目標：本組以泡沫分離法有效分離出染整廠廢液之污染物、廢電池回收廠之鋰粉末，

近期將進駐染整廠區，實際進行廢液處理，完成相關分析與評估。

中期目標：找尋其他天然介面活性劑，讓泡沫分離處理廢液的方法，有更多零污染配方可供選用。

遠期目標：由於廢液處理成本大，導致小型工廠偷排廢液的情況時有所聞，為了捍衛環保，希望我的作品能引起廣大的迴響，進而和環保單位配合指導、鼓勵各小型工廠設置低成本的浮選器，有效處理自家工業廢液，淨化我們的河川。

本作品專利申請號：108113901

捌、參考資料與其他

- 行政院環境保護署 廢水汙染管制 2018 年 8 月 5 日 <https://water.epa.gov.tw/Page2.aspx>
- 自然界中的金屬螯合作用 (Chelation in nature) 2018 年 8 月 16 日 高瞻自然科學教育平臺 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=48516>
- 台灣食品成分資料庫 2016N5 版
2019 年 1 月 22 日查詢 <https://www.fda.gov.tw/tc/siteList.aspx?sid=284>
- 陳韋庭、何若瑄、周繼發(2010)。蛋黃與蛋白起泡性質之比較。台灣農業化學與食品科學，48(4)， 182-188。
- 張均豪、黃瑋翔(2018) 異「去」「銅」工之妙-蛋白質與重金屬的螯合反應之探討
全國小論文 20180331 梯次作品
- 鄭允亮、李欣蓓、李姣真(2012) 結合幾丁聚醣及聚麩胺酸對重金屬離子吸附之研究
—研發全新吸附暨檢測之循環系統 第 52 屆全國中小學科展 化學科
- 李紘瑋(2017) 以泡沫浮選器分離廢水重金屬硫酸鎳之研究(全國高中小論文)化學組
- 蘇曼農(2004) 利用泡沫浮選法浮除水中的含鉻離子 第三屆旺宏科學獎成果報告書
- 國家環境毒物中心網頁 [資訊] 塑膠微粒 Q&A
<http://nehrc.nhri.org.tw/foodsafety/news.php?id=186>
- Zhan, R. Oldenburg, Z. and Pan, L. (2018) Recovery of active cathode materials from lithium-ion batteries using froth flotation. Sustainable Materials and Technologies. 17 e00062

【評語】 032902

本作品參考先前科展得獎作品，利用環境中隨手可得的材料進行研究，以小米酒粕中蛋白質的起泡性，以及其可吸附金屬的特性進行各種條件下的吸附能力，與過去的作品相較，這項作品增加了泡沫移除的設計，使得這個裝置增加循環功能。研究內容相當完整，自相關文獻的探討、實驗的設計、自銅、鈷離子至其他工業污染物吸附處理結果與討論，內容豐富完整，已有初步之實驗結果，並已申請專利中。

摘要

本實驗廢物利用，首次取用天然廢棄的酒粕蛋白萃取液，以蛋白質兩特性：起泡、遇重金屬變性，作為泡沫分離法的起泡劑與吸附劑，本組實驗貢獻：

- 一、酒粕蛋白萃取液可以做為泡沫浮選使用。
- 二、自製泡沫浮選器並逐步改善浮選器功能：
 - 1.增加溫度控制功能
 - 2.增加循環功能
 - 3.增加泡沫移除功能
 - 4.取泡分析更為容易。
- 三、以致冷晶片自製恆溫控制組水浴循環槽，完成不同溫度下酒粕蛋白的吸附力實驗。
- 四、自創排氣集水法，能準確測得非水溶性氣體收集的體積。
- 五、酒粕蛋白不只利用於重金屬離子浮選，還可作為鋰電池粉末分離回收、染劑及工廠廢液清除之用。
- 六、酒粕蛋白環保零污染，能賦予廢棄物新用途，為廢水處理及綠色環保生活貢獻一份心力。

壹、研究動機

我曾去過位於美國西部的卡力哥鎮，它是一座廢棄的銀礦場。導遊為我們介紹景點的同時有提到浮選法這個選礦技術，當時在我心中埋下好奇的種子，成為這次科展的原動力。酒粕為釀酒後廢棄產物，原本穀物含有澱粉與蛋白質，於釀酒後澱粉轉化成糖又轉化成酒，剩下蛋白質，由於蛋白質會與金屬發生變性反應，加上有易起泡特性，本組廢物利用以此兩特性完成泡沫分離汙染物實驗。

貳、研究目的

本實驗為了探討小米酒粕泡沫液在何種條件下可吸附最多的重金屬，本組以致冷晶片製作了水浴恆溫控制器。並不斷改良泡沫浮選器以達成以下實驗。

基礎實驗部分：

- 一、實驗一：探討小米酒粕液對不同濃度比例重金屬的吸附效果。
- 二、實驗二：探討小米酒粕液在不同氣體供應量下對重金屬的吸附效果。
- 三、實驗三：探討小米酒粕液在不同水循環速度下對重金屬的吸附效果。
- 四、實驗四：探討小米酒粕液在不同濃度比例下對重金屬的吸附效果。
- 五、實驗五：探討小米酒粕液在不同溫度下對重金屬的吸附效果。

應用實驗部分：

- 六、實驗六：探討小米酒粕液對不同重量鋰電池粉末的分離效果。
- 七、實驗七：探討小米酒粕液對不同濃度比例直接染料的吸附效果。
- 八、實驗八：實測小米酒粕液對不同濃度比例染整廠廢液的吸附效果。
- 九、實驗九：探討小米酒粕液對酸鹼溶液的影響效果。

參、研究設備與器材(略)

一、特殊器材使用說明：

(一)致冷晶片恆溫槽製作：

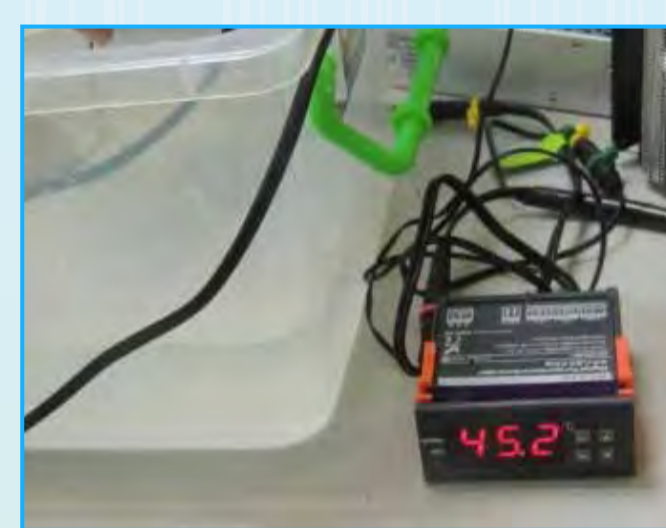
原理：通過直流電流可自由進行冷卻、加熱、溫度控制的半導體元件晶片兩面的溫差受到電流大小的影響，電流越大則溫差越大。



排水測試



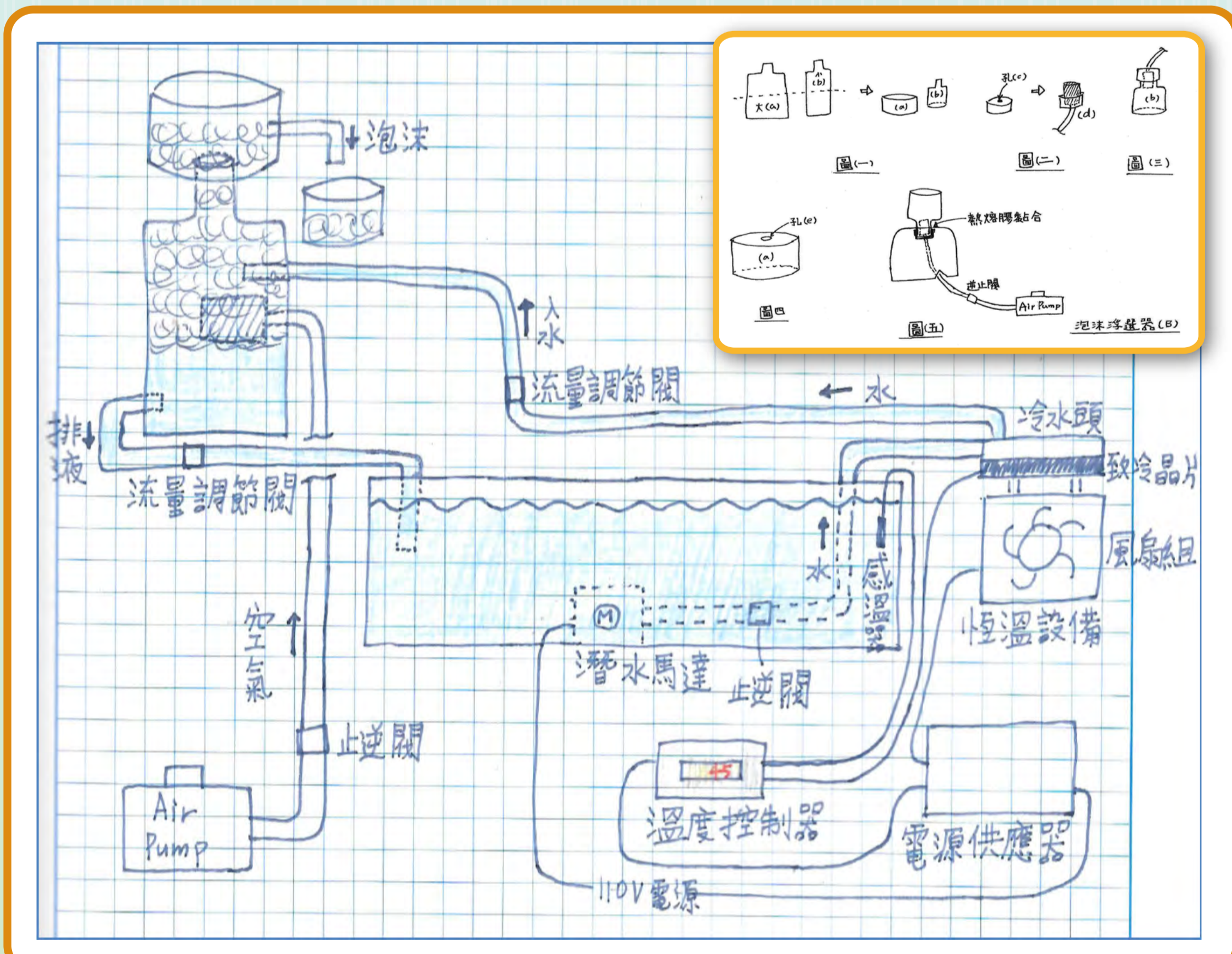
測試止逆閥



溫度控制器

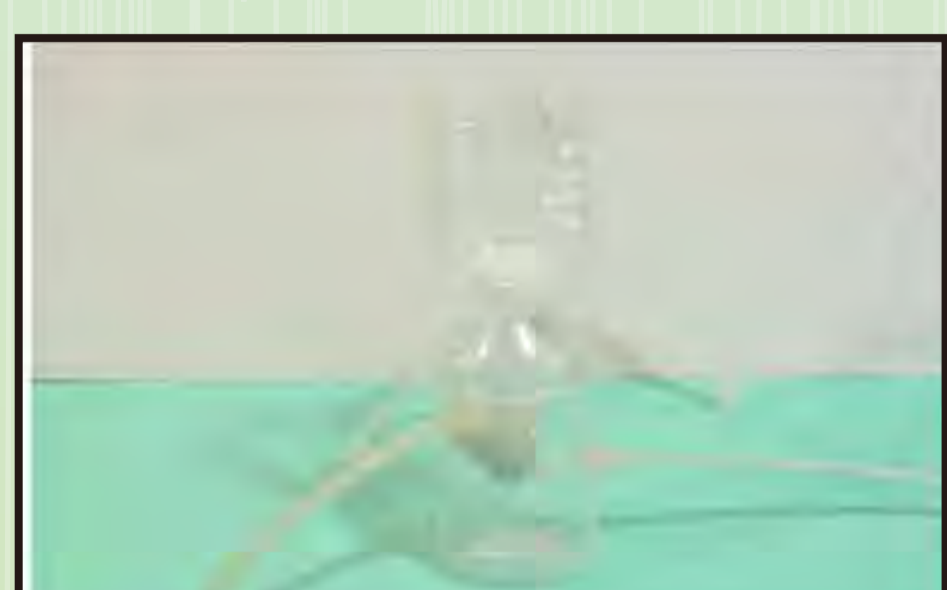
(二)泡沫浮選器製作與改良

1.設計如下圖



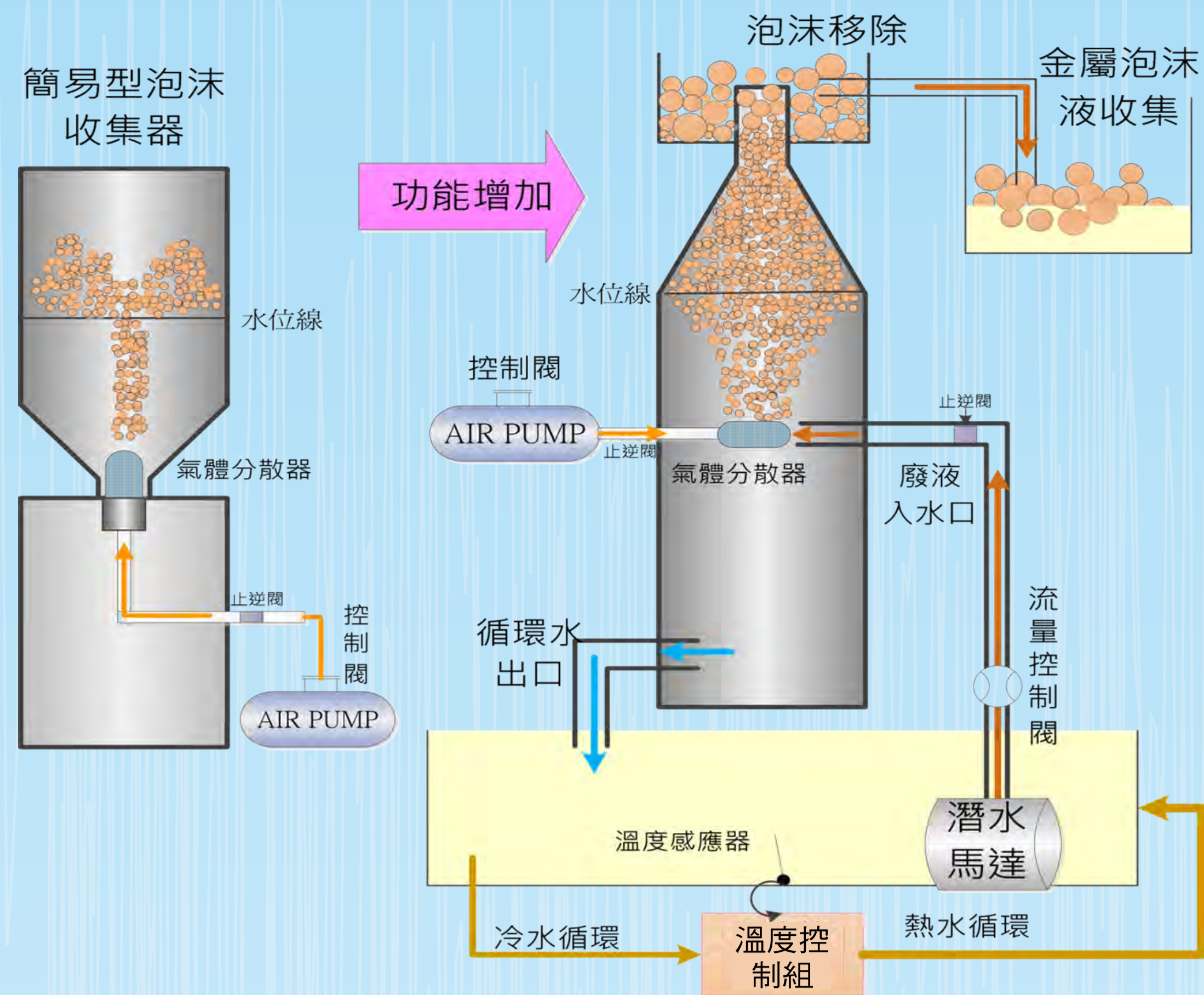
優點：簡單，條件調整容易，起泡性觀察容易，取泡分析容易

缺點：單一浴槽更換試劑麻煩，泡沫無法分離，循環條件無法測試、無恆溫裝置



功能增加

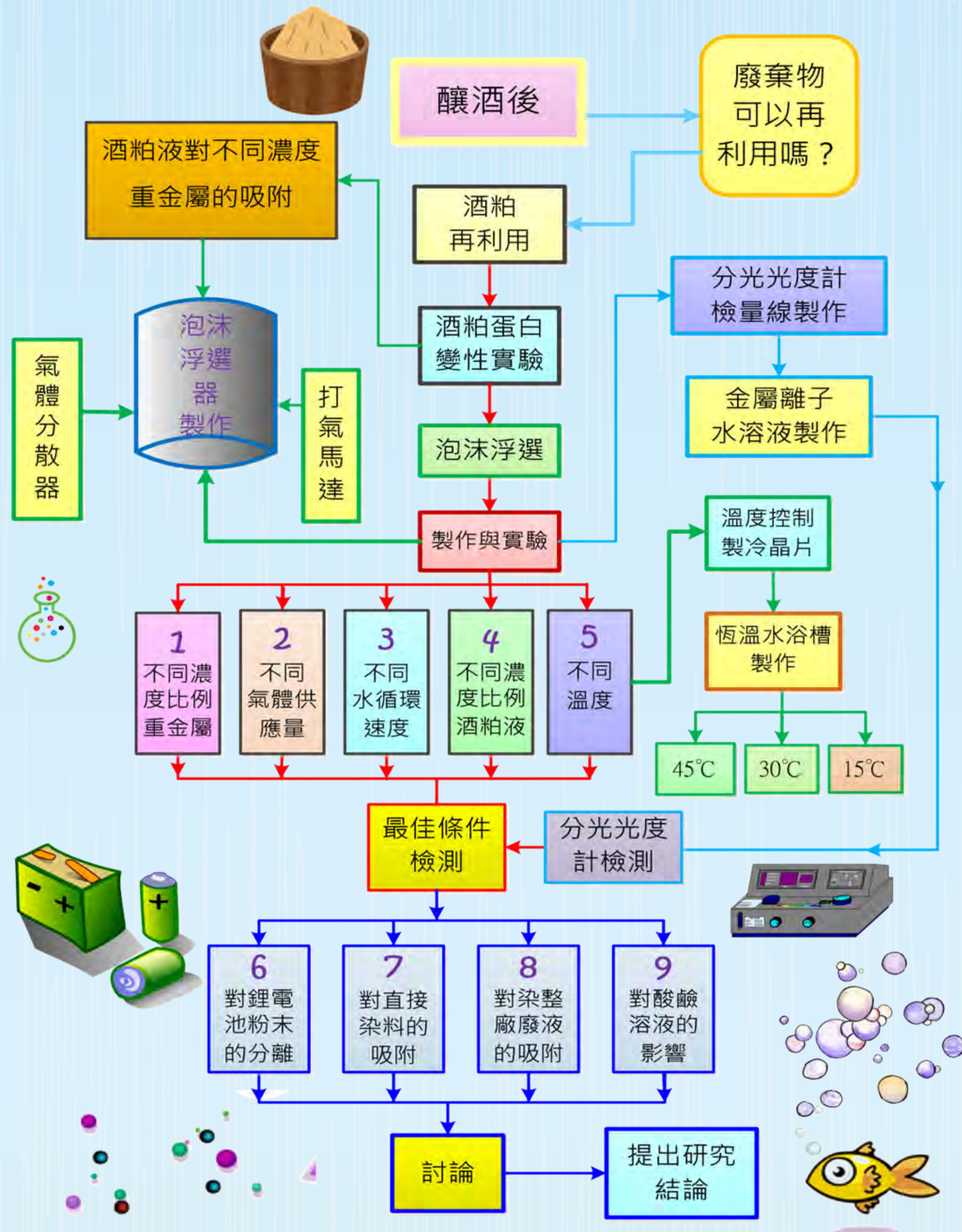
- 1.增加溫度控制功能
- 2.增加循環功能
- 3.增加泡沫移除功能
- 4.取泡分析更為容易。



肆、研究過程或方法

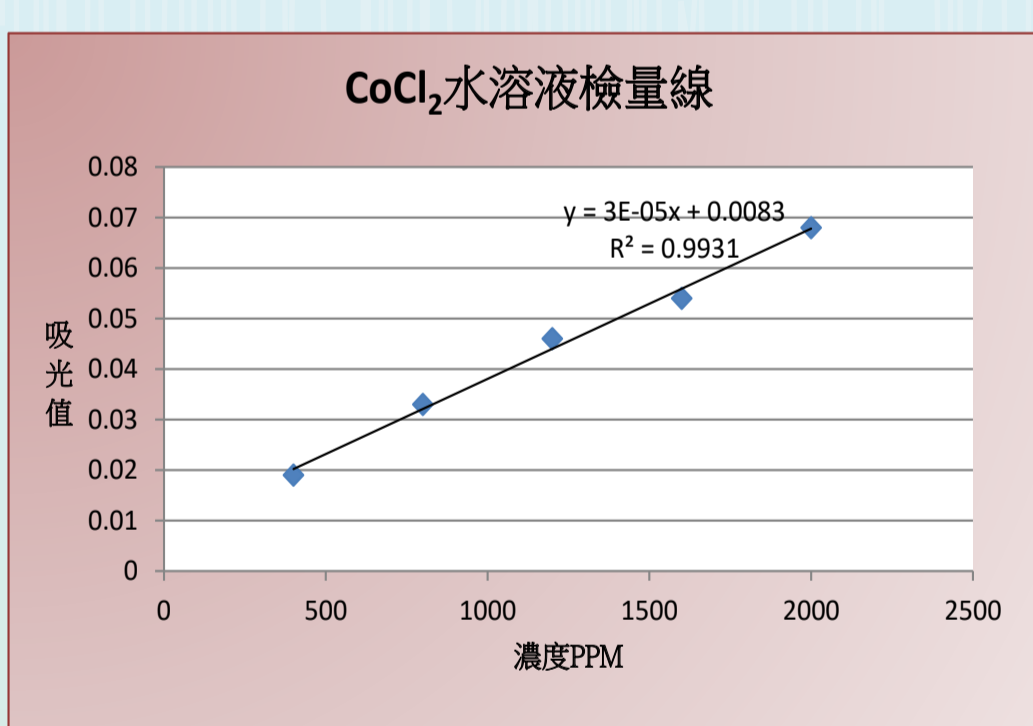
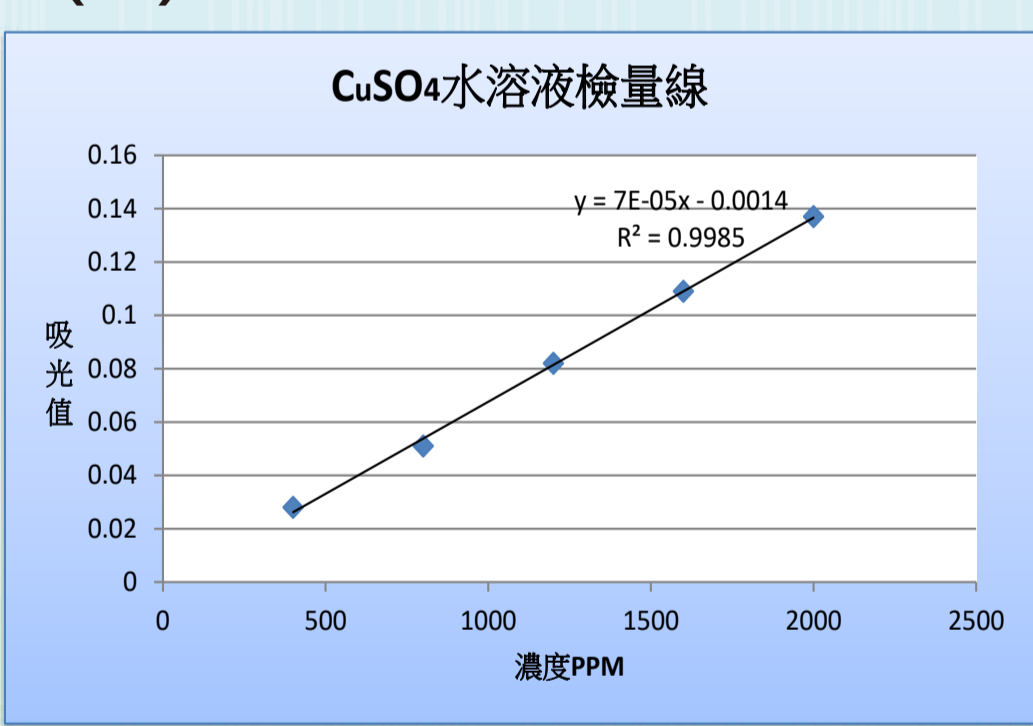
一、實驗流程

探討泡沫分離法以小米酒粕蛋白在不同條件下吸附汙染物之可行性

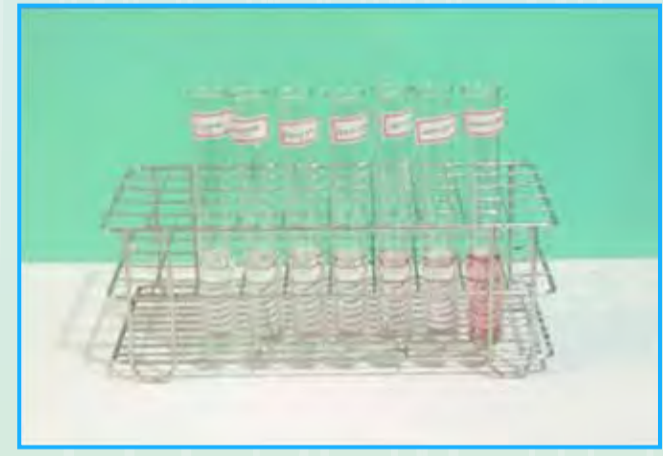


二、實驗準備

(一)製作重金屬離子檢量線



硫酸銅水溶液



氯化亞鈷水溶液



分光光度計測量

(二)小米酒粕溶液的準備：



準備工作



果汁機打碎

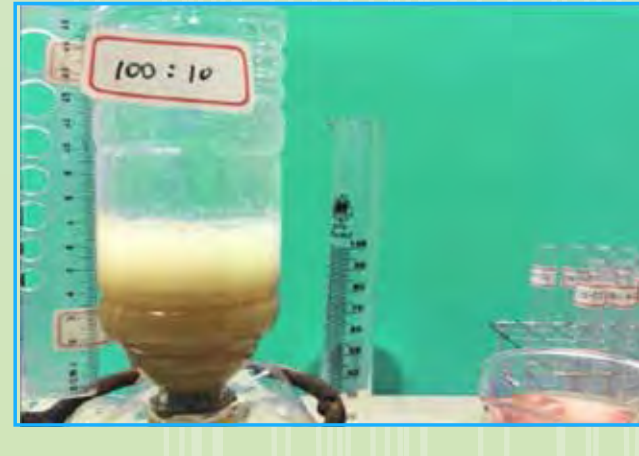


以濾布過濾

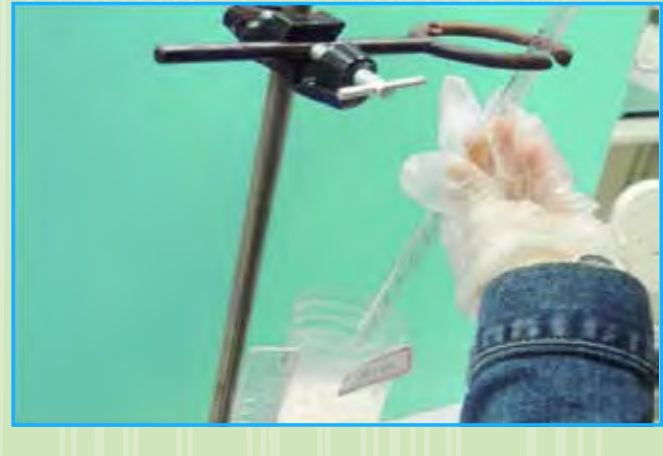
四、實驗一：探討小米酒粕液對不同濃度比例重金屬的吸附效果。

(一)不同濃度重金屬準備：

| 酒粕溶液 (ml) | 硫酸銅水溶液 (ml) | 氯化亞鈷水溶液 (ml) | 換算金屬水溶液濃度 (ppm) |
|-----------|-------------|--------------|-----------------|
| 100.0 | 10.0 | 10.0 | 100 |
| 100.0 | 20.0 | 20.0 | 200 |
| 100.0 | 30.0 | 30.0 | 300 |
| 100.0 | 40.0 | 40.0 | 400 |
| 100.0 | 50.0 | 50.0 | 500 |



泡沫浮選過程



取樣過程



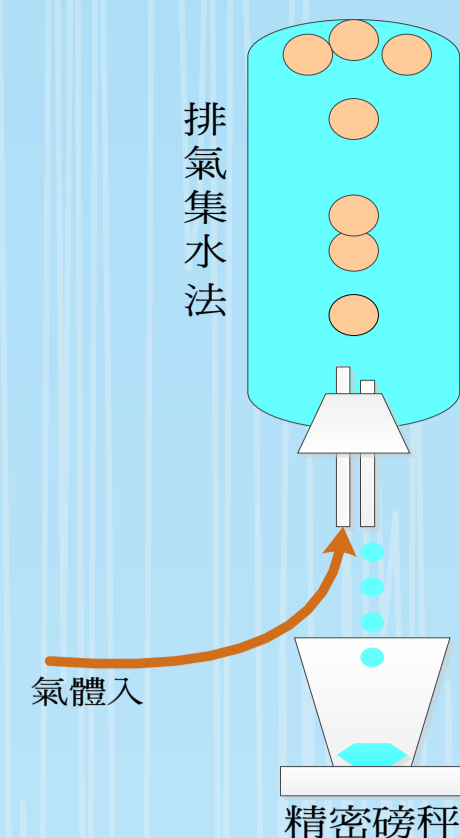
以針筒過濾器過濾

五、實驗二：探討小米酒粕液在不同氣體供應量下對重金屬的吸附效果。

(一)氣體供應量測量：(排氣集水法測量體積)

1. 製作測量工具：寶特瓶裝滿水，先按住排水孔，計時10秒，開Air pump, 秤水重量

| Air pump | 排氣量(水)(ml) |
|----------|------------|
| 大(二,塞孔) | 370.0/10秒 |
| 中(二,開孔) | 239.0/10秒 |
| 小(一,開孔) | 174.0/10秒 |



2. 測試酒粕:1000ppm 硫酸銅 為100:40時, 以上三種排氣量進行浮選5分鐘, 取硫酸銅水溶液樣上泡沫2.0毫升, 測量吸光值。



實驗起泡

過濾後溶液

分光光度計分析

六、實驗三：探討小米酒粕液在不同水循環速度下對重金屬的吸附效果。

(一)水循環速度測量：

| 流量調節閥旋轉圈數 | 排水量(g) |
|-----------|----------|
| 2圈 | 39.0/10秒 |
| 1.5圈 | 27.2/10秒 |
| 1圈 | 17.8/10秒 |

(二)測試酒粕流量改變, 對1000ppm 硫酸銅浮選的影響



排水流量測試

溶液循環

自己設計的機器其過濾過程

七、實驗四：探討小米酒粕液在不同濃度比例下對重金屬的吸附效果。

(一)以下比例混合純水調整酒粕的濃度和1000ppm硫酸銅水溶液與氯化亞鈷水溶液：

| 酒粕(ml) | 水(ml) | CuSO ₄ (ml) | CoCl ₂ (ml) |
|--------|-------|------------------------|------------------------|
| 60 | 40 | 40 | |
| 70 | 30 | 40 | |
| 80 | 20 | 40 | |
| 90 | 10 | 40 | |
| 100 | 0 | 40 | |

(二)我們將3種液體依比例, 加入泡沫浮選器進行浮選5分鐘, 分別取樣上泡沫和下溶液各2毫升。經由0.45μm針筒過濾器按壓過濾, 以分光光度計測量吸光值。

八、實驗五：探討小米酒粕液在不同溫度下對重金屬的吸附效果。

(一)以致冷晶片恆溫器, 調控本實驗三種溫度: 15°C、30°C、45°C。



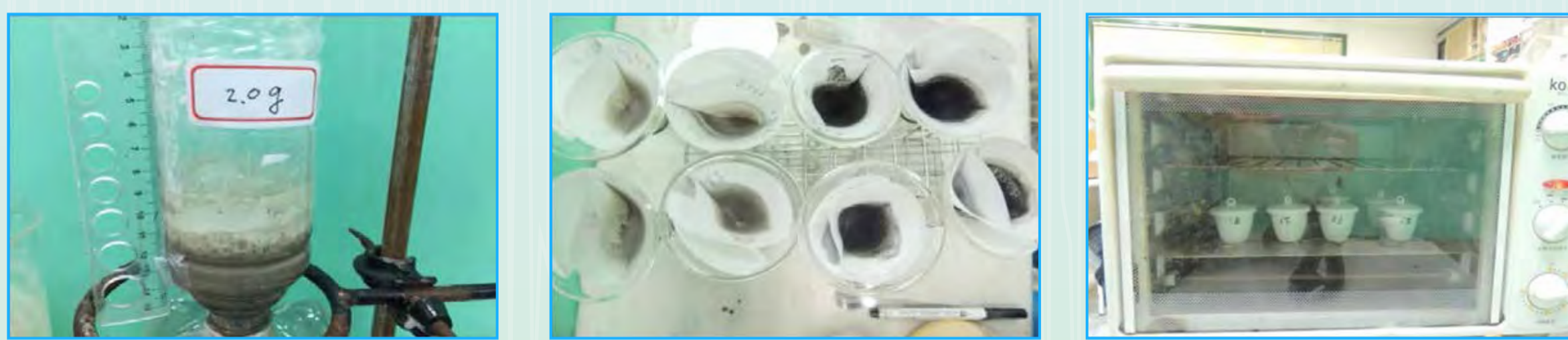
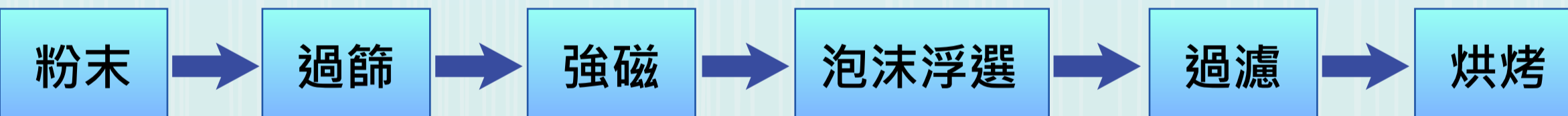
30°C的起泡狀況

控制器控制溫度

恆溫循環過程

九、實驗六：探討小米酒粕液對不同重量鋰電池粉末的分離效果。

(一)向廢電池回收廠索取鋰鐵電池粉末樣品, 成分主要為鐵、鋰、碳及少許其他金屬。



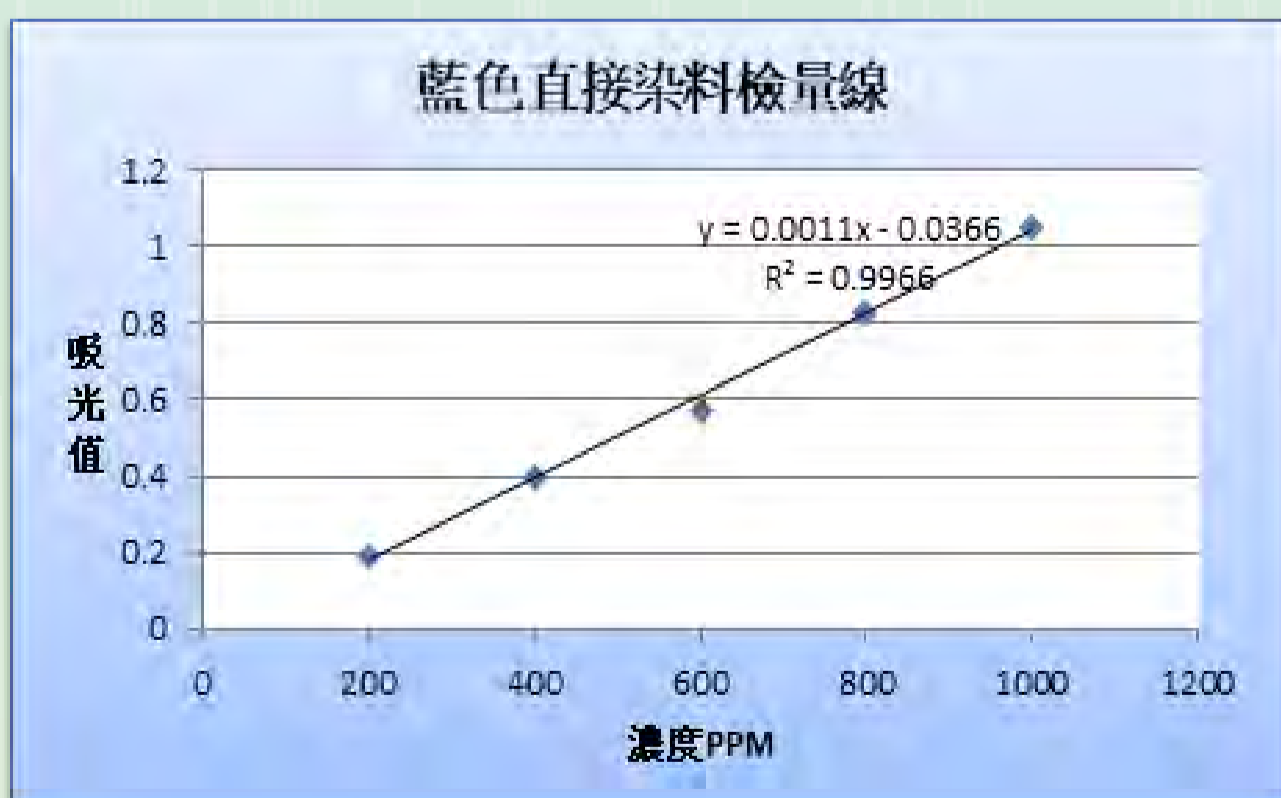
2g鋰電池粉末浮選狀態

濾紙過濾

烤箱高溫烘烤過程

十、實驗七：探討小米酒粕液對不同濃度比例直接染料的吸附效果。

(一)製作藍色直接染料檢量線



(二)將直接染料稀釋成1000ppm, 分別取各比例與100ml小米酒粕混合做吸附實驗。

| 酒粕溶液(ml) | 染劑溶液(ml) | 換算直接染料濃度(ppm) |
|----------|----------|---------------|
| 100.0 | 20.0 | 200 |
| 100.0 | 40.0 | 400 |
| 100.0 | 60.0 | 600 |
| 100.0 | 80.0 | 800 |
| 100.0 | 100.0 | 1000 |



泡沫浮選過程

浮選後以濾紙過濾

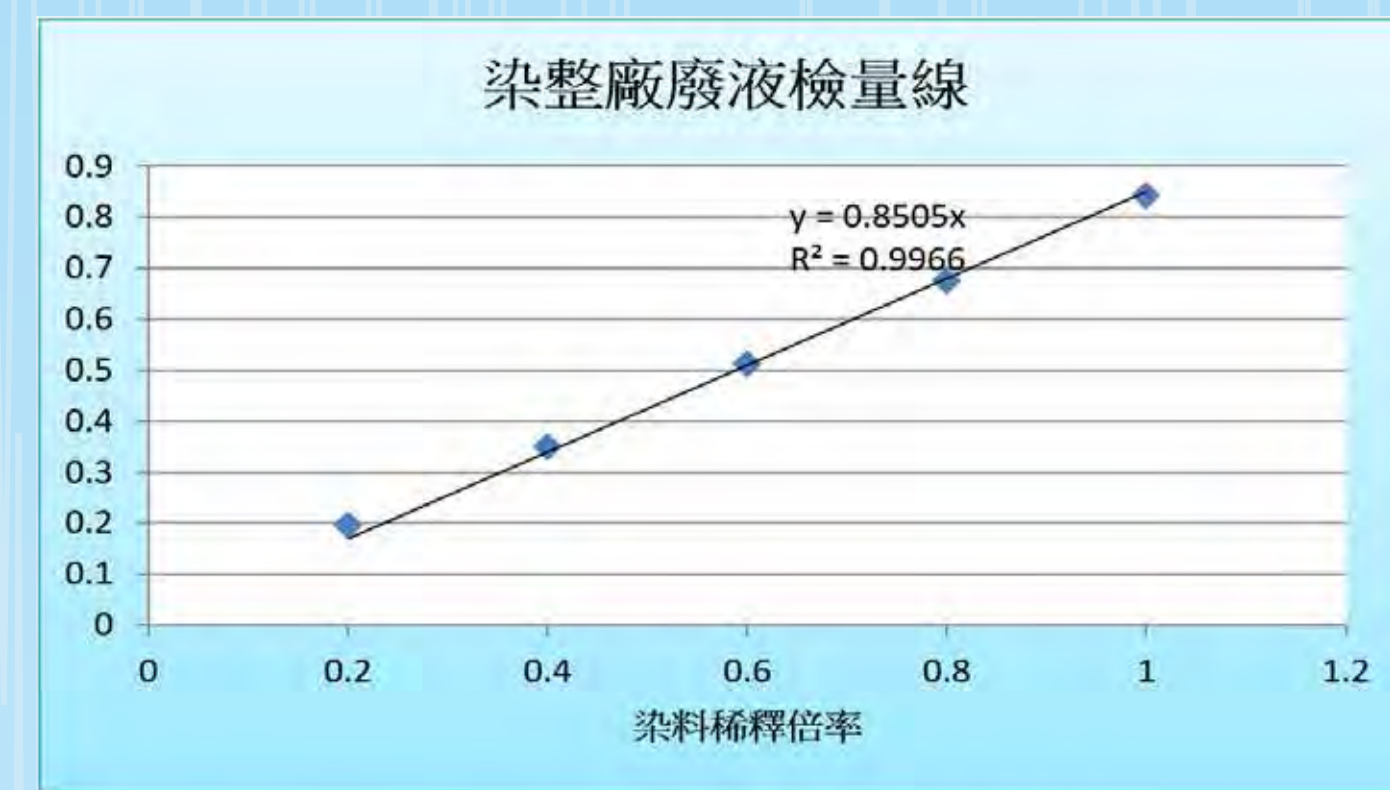
濾紙過濾後的濾液

(三)另外以同樣方法, 我們配製低濃度直接染料做吸附效果實驗。

| 酒粕溶液(ml) | 染劑溶液(ml) | 換算直接染料濃度(ppm) |
|----------|----------|---------------|
| 100.0 | 5.0 | 50 |
| 100.0 | 10.0 | 100 |
| 100.0 | 15.0 | 150 |
| 100.0 | 20.0 | 200 |

十一、實驗八：實測小米酒粕液對不同濃度比例染整廠廢液的吸附效果。

(一)製作染整廠廢液檢量線



(二)分別取各比例廢液原液與100ml小米酒粕混合做吸附實驗。

| 酒粕溶液(ml) | 染劑溶液(ml) |
|----------|----------|
| 100.0 | 10.0 |
| 100.0 | 20.0 |
| 100.0 | 40.0 |
| 100.0 | 60.0 |
| 100.0 | 80.0 |
| 100.0 | 100.0 |

(三)於浮選時間達5分鐘時, 分別取樣上泡沫和下溶液各5毫升, 於另一試管口置入玻璃漏斗, 並摺放9cm一號濾紙, 將取得泡沫和下溶液倒入過濾後得微透明液體, 以波長400nm 測吸光值。



實際走訪染整廠

浮選後以濾紙過濾

濾紙過濾後的濾液

十二、實驗九：探討小米酒粕液對酸鹼溶液的吸附效果。

(一)取100毫升酒粕液以市售緩衝溶液調整其pH值為3、5、7、9、11、原液(pH = 3.66), 分別倒入泡沫浮選器中進行浮選和觀察起泡高度。

(二)我們於浮選時間達5分鐘時, 分別取樣上泡沫和下溶液各5ml, 以酸鹼度計測酸鹼值。

(三)將浮選後和取樣的上泡沫和下溶液倒回浮選液中攪勻, 以4000 rpm速度離心10分鐘, 留下離心後的沉澱物, 計算沉澱物重量。



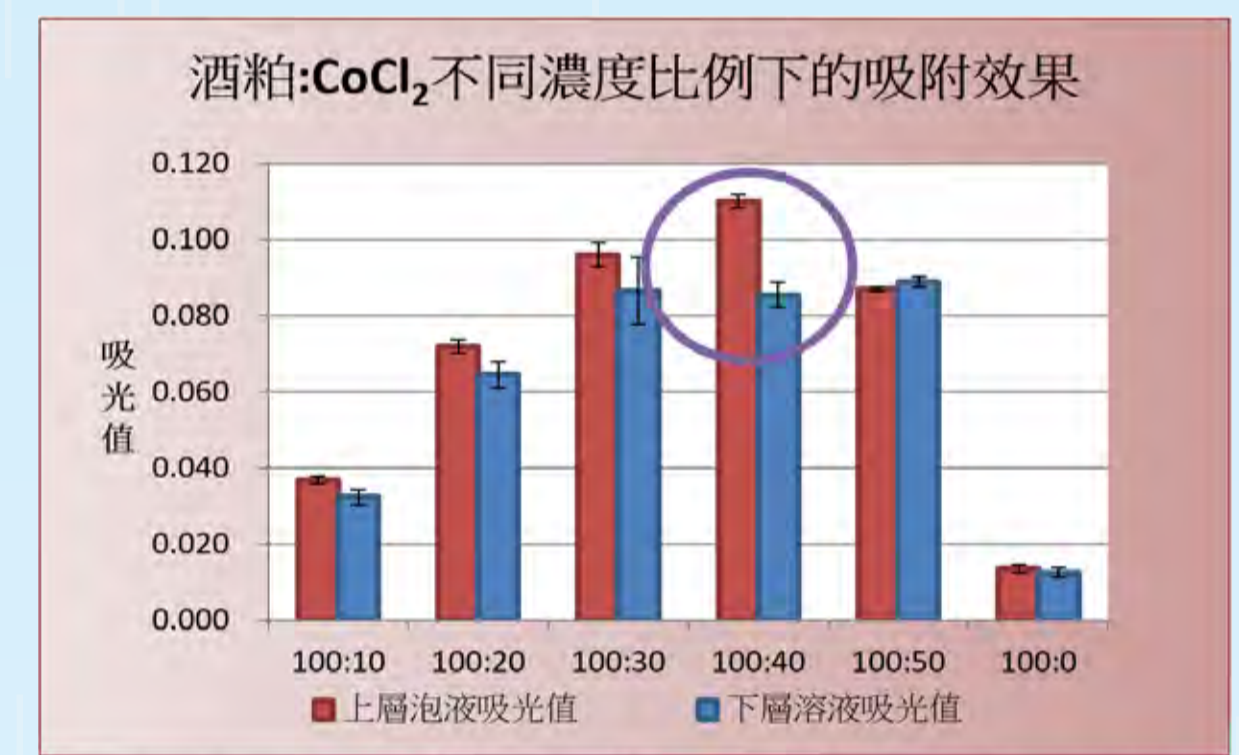
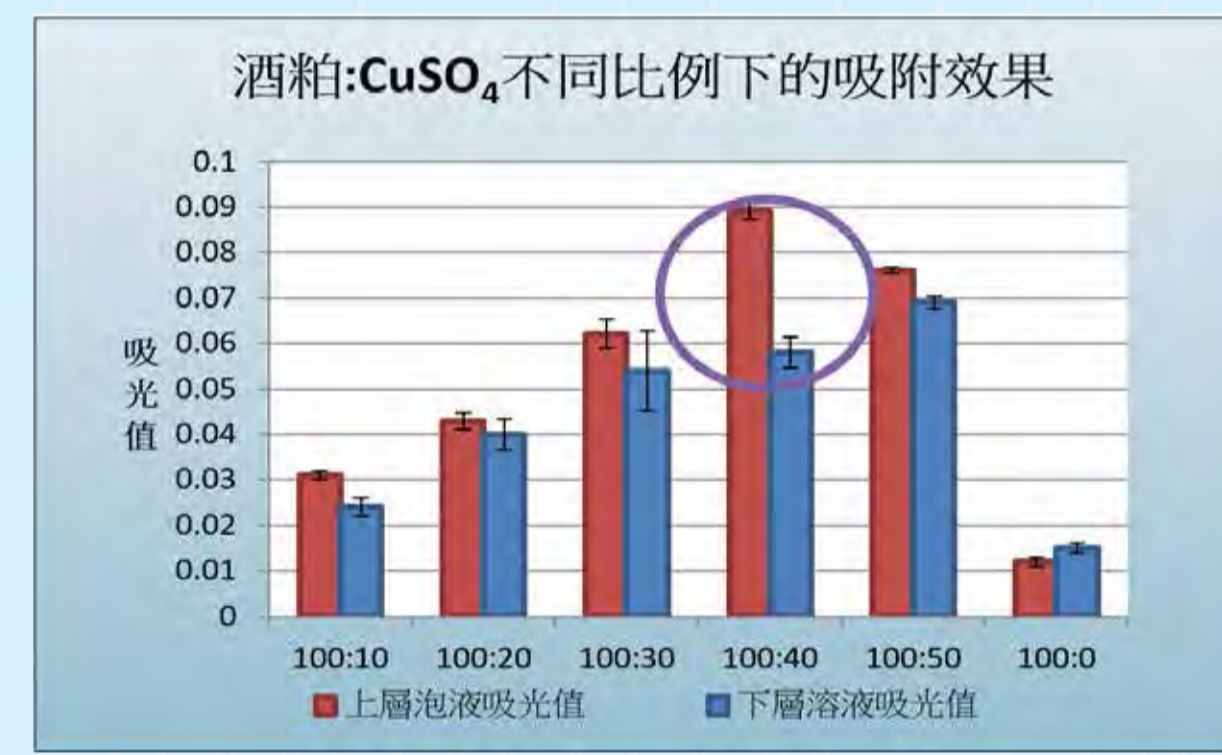
測定並調整酒粕pH值

pH3時浮選泡沫狀態

離心後的沉澱物

伍、研究結果

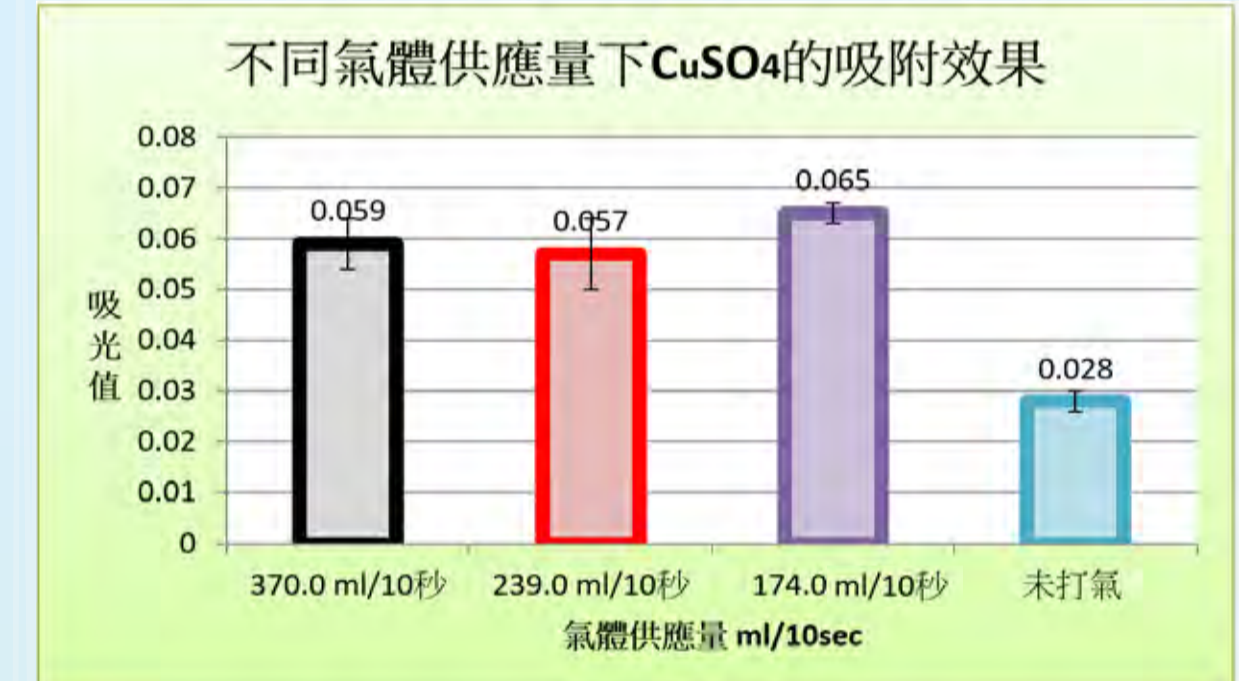
一、實驗一：探討小米酒粕液對不同濃度比例重金屬的吸附效果。(三次實驗)



結果：最有效硫酸銅與氯化亞鈷吸附比例皆為：100(酒粕溶液)：40。

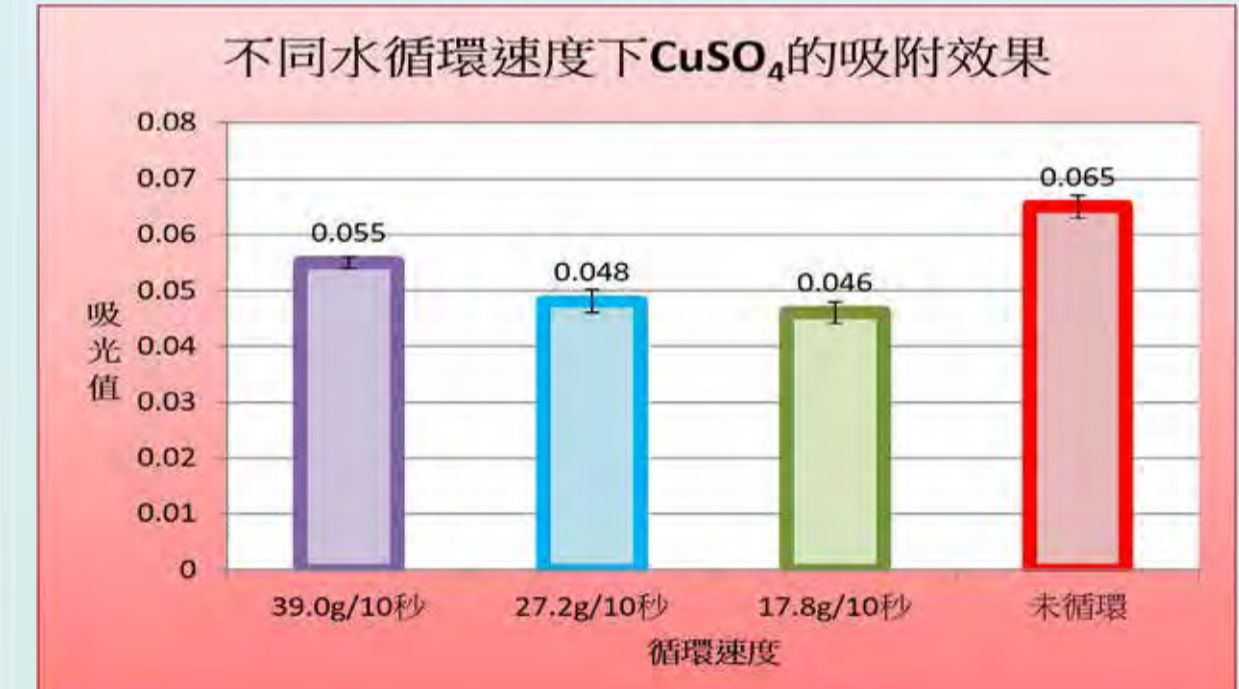
二、實驗二：探討小米酒粕液在不同氣體供應量下對重金屬的吸附效果。(三次實驗)

結果：氣體供應量以較小的174.0ml/10秒, 吸附值最高, 顯示排氣不宜太大。



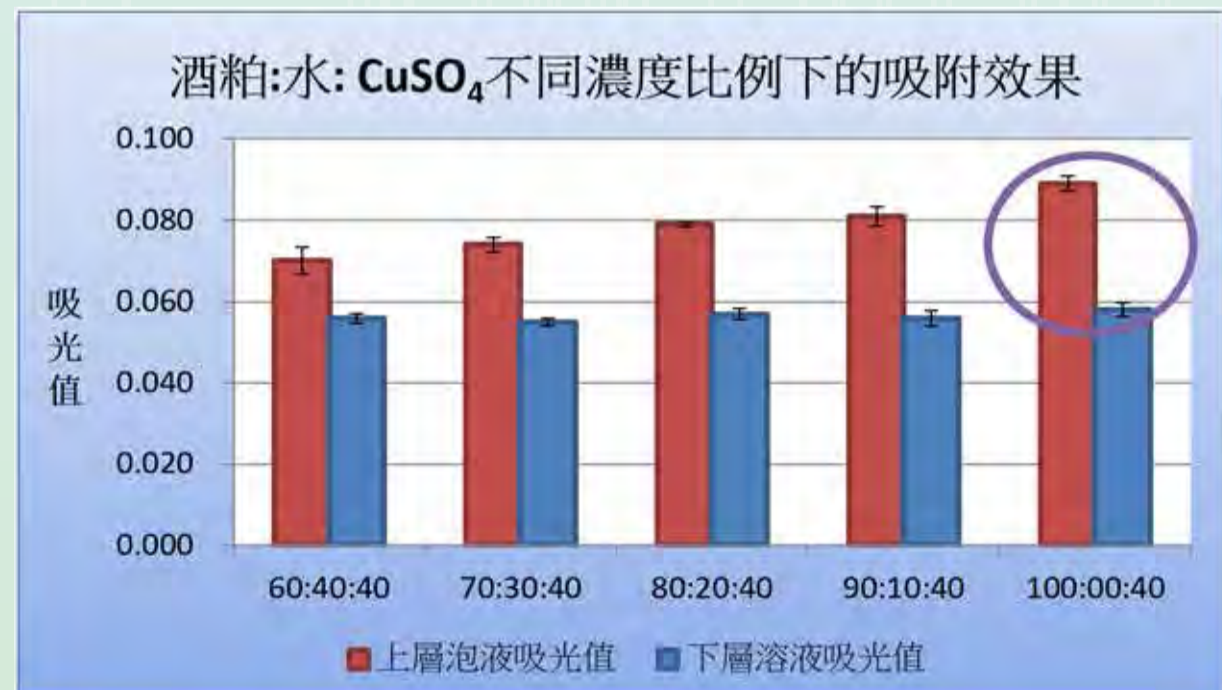
三、實驗三：探討小米酒粕液在不同水循環速度下對重金屬的吸附效果。(三次實驗)

結果：經由此實驗我們得知溶液循環快, 浮選效果越好。



四、實驗四：探討小米酒粕液在不同濃度比例下對重金屬的吸附效果。(三次實驗)

(一)硫酸銅水溶液測量：



(二)氯化亞鈷水溶液測量：



結果：1. 實驗發現酒粕濃度降低, 泡沫隨之減少, 0.45μm針筒過濾速度變快。
2. 經由此實驗我們得知酒粕濃度越高, 浮選效果越好。

五、實驗五：探討小米酒粕液在不同溫度下對重金屬的吸附效果。(三次實驗)



結果：
1. 在溫度15°C~45°C間, 小米酒粕液在不同溫度下對重金屬的吸附效果有略增但不明顯。
2. 隨溫度增加起泡效果明顯上升。

六、測試最佳浮選條件：依照前述試驗, 試驗最佳化條件。(三次實驗)

酒粕：重金屬的濃度比例

酒粕：硫酸銅 = 200毫升原液：80毫升 1000ppm硫酸銅溶液

酒粕：氯化亞鈷 = 200毫升原液：80毫升 1000ppm氯化亞鈷溶液

氣體供量：174.0 毫升/10秒(低排氣), 水循環速度：39.0g/10秒(高速), 溫度：常溫

| 重金屬種類 | 泡沫處吸光值 | 標準差 | 對照組酒粕吸光值 | 標準差 |
|--------------|--------|-------|----------|-------|
| 硫酸銅 (760nm) | 0.181 | 0.001 | 0.013 | 0.002 |
| 氯化亞鈷 (520nm) | 0.123 | 0.001 | 0.014 | 0.003 |

結果：以最佳條件測試, 確實可以得到較佳之浮選結果。

