

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 環境學科

(鄉土)教材獎

052605

「油」刃有「餘」-新型環保剩食電池

學校名稱：高雄市立高雄高級工業職業學校

作者： 職三 余榮恩 職三 林鈞威	指導老師： 洪鼎惟 沈睿思
-------------------------	---------------------

關鍵詞：剩食處理、環保電池、油份吸附

摘要

環保剩食電池的成分為剩食、硫酸銅溶液、海藻酸鈉溶液，一般未經處理的剩食易含有油份，容易使電流無法持續，放入盆栽會使植物的毛孔被油脂堵塞導致植物死亡。本組利用磁性化的花生殼粉將存在於剩食中的油份吸附後，再以磁鐵棒去除。如此一來，剩食電池的內部就不會含有油份，吸完油份的磁性花生殼粉亦可以洗淨後重複使用，吸附的油份可另做生質能源使用。剩食電池的電壓及電流不會受到不同種類的剩食影響，剩食電池在接上 LED 燈泡三星期後，電壓仍有 2.0 伏特以上、電流下降呈現穩定的 0 級反應且這樣的電量可以點亮 10 顆 0.02 瓦的 LED 燈泡長達 21 天，使用完的剩食電池亦可放進盆栽中，做為植物的肥料及養分，充分做到綠色化學原則中的再生、物盡原則。

壹、前言 (含研究動機、目的、文獻回顧)

一、研究動機

根據環保署 2018 年統計資料顯示，全國廚餘回收量逾 59 萬公噸，用廚餘桶堆疊起來的高度約 1 萬 3500 座台北 101，且聯合國統計，全球每年扔掉約 13 億噸食物。此外，為防堵非洲豬瘟，2021 年非洲豬瘟中央災害應變中心宣布 9 月份禁止廚餘養豬，在禁止廚餘養豬之後，各縣市紛紛出現廚餘去化問題，環保署則表示，目前廚餘以生質能源化與堆肥化為優先處理選項。

廚餘的再利用是目前很重要的課題，廚餘可以分為生廚餘及熟廚餘，生廚餘通常用於堆肥，因為堆肥的含油量不可以太高，熟廚餘則是以養豬為大宗，然而若要發展生質能源，脂質與蛋白質含量較高的熟廚餘，其潛力高於生廚餘，但必須要控制熟廚餘的含油量，也因此台中市府當初規劃外埔生質能廠時，擔心廚餘油鹽含量對於厭氧醱酵可能產生的不利影響，而保守規劃，僅以生廚餘為料源。

本組整理這些報導後，認為油份含量過高是熟廚餘在使用上最大的障礙，但以目前的除油方式，又使得多數企業卻步，因此大多數的熟廚餘就白白浪費。因此本組希望研發一種簡易的方式使熟廚餘方便去油，而去油後的熟廚餘可以再進行發電，發電完畢後的熟廚餘即可

做為堆肥；且去油後的油份亦可再製作成生質柴油，整個流程可將熟廚餘妥善利用。本研究的動機與規劃如圖 1 所示。

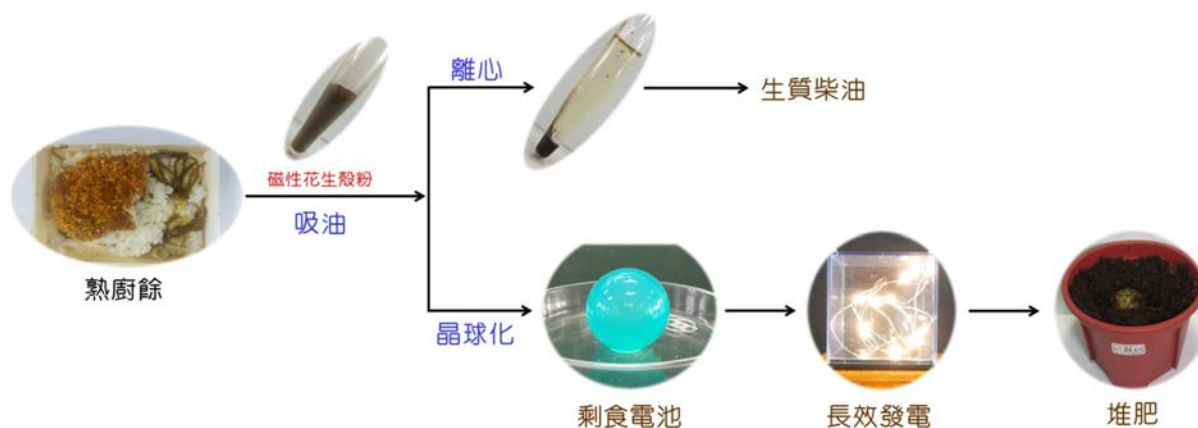


圖 1 本研究規劃圖

本研究利用課堂中所學到的化學電池製備知識（普通化學下冊第 14 章氧化還原與電化學及基礎化工上冊第七章電化學）。此外，普通化學實驗課也曾做過鋅銅電池，然而該電池裝置體積太大，且電流非常小，連一顆 LED 燈泡都無法點亮。因此本組在這理論基礎上，結合電化學的知識加上實作的經驗，希望可以做出攜帶方便、電流高且具有長效穩定電流的新型環保剩食電池。

二、研究目的

基於本研究的研究動機，本組先取得晶球化電池的最佳化條件，之後再設計製備取簡易除油劑，再進行新型環保剩食電池的電流、電壓探討，並與未去油的一般晶球電池互相比較。綜合上述，以下是本研究的研究目的：

- (一) 探討晶球化電池的最佳化條件。
- (二) 探討利用花生殼粉製作磁性簡易去油劑的效果。
- (三) 探討有無經過吸油處理的剩食的電池之電壓跟電流的關係。
- (四) 探討不同剩食製備的新型環保剩食電池之電壓跟電流的關係。
- (五) 探討新型環保剩食電池使用後對自然環境的安全性。

三、文獻回顧

(一) 交聯作用

晶球化最主要是利用交聯作用，最常使用的為海藻酸鈉。海藻酸是一種天然多糖（圖 2），海藻酸易與陽離子形成凝膠，例如：海藻酸鈉等，被稱為海藻膠。單體為 β -D-甘露糖醛酸（M）和 α -L-古羅糖醛酸（G）。M 和 G 單元通過 1, 4 糖苷鍵線性結構共價結合。二價以上的陽離子會與海藻酸鈉中的鈉離子發生置換，產生交聯反應（cross-linking，圖 3）。本組的晶球化的基材就是使用海藻酸鈉做為原材料。

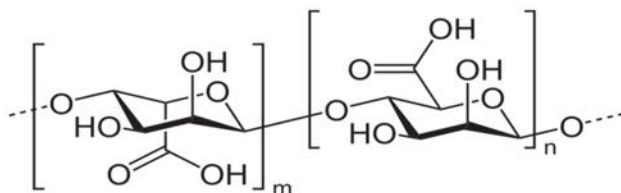


圖 2 海藻酸鈉單體



圖 3 海藻酸鈉交聯示意圖

(二) 磁性化吸附劑

良好的吸附劑應該符合使用目的，本研究主要去除廚餘所產生的油份，因此吸附劑需要使用比重較低的材料，因此本組選定花生殼粉。此外，磁性粒子的種類繁多，常應用於環境中之磁性顆粒種類分為零價鐵、磁鐵礦 (Fe_3O_4) 及赤磁鐵礦三種，其中又以 Fe_3O_4 為常見鐵性材料，製備磁性顆粒有很多方式，其中以化學共沉法最具經濟效益與可行性。化學共沉法為使用化學加藥製備磁性流體，且此法操作簡易、價格便宜，因此廣泛應用。本組結合花生殼粉及磁性粒子的優勢，製備磁性化吸附劑（圖 4）。

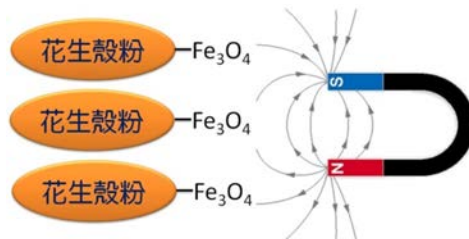


圖 4 磁性化花生殼粉示意圖

(三) 歷屆科展相關文獻回顧

本組比較了下列歷屆科展作品還有獨立研究作品，比較如下表 1：

編號一：【銅鋅協力-高能量鋅銅電池】中華民國第 44 屆中小學科學展覽

編號二：【海藻酸鈉膠球電池探究實驗】高雄市 109 年度國中學生獨立研究競賽

編號三：【一『碳』究竟-探討製備廚餘電池之條件】中華民國第 49 屆中小學科學展覽

編號四：【「氫」愛的，「ㄉㄨㄌㄨ」把我電倒了一廚餘發電探究】中華民國第 60 屆中小學科學展覽

表 1 文獻回顧比較表

比較項目 作品組別	是否可以 點亮 LED	點亮時間	最大電壓	最大電流	電極大小	含有液體 電解液	電池大小
編號一	是	數小時	1.02 V	166.0 mA	大	是	大
編號二	是	兩天	1.48 V	67.0 mA	小	否	小
編號三	是	-	1.20 V	30.0 mA	小	是	中
編號四	否-	-	0.35 V	0.752 mA	中	是	大

編號一的電池電流大，但是使用的電極很大，不太經濟而且電解液含有強鹼若不慎洩漏容易有危險之虞。編號二的電池可以點亮 LED 兩天，不過電流不夠高。編號三的電池可以點亮 LED 燈，編號四的電池沒有實驗點亮 LED，皆沒有測量可以續航多久，且含有液體電解液(液肥)，可能產生令人不適的氣味。

綜合上述的研究成果，可以發現多數號稱廚餘發電的研究，但實際進行研究的廚餘，多為非實際的熟廚餘，而是一般含油量很低的米飯或是幾乎無油份的生廚餘，因此本研究更希望直接以實際的熟廚餘進行實際的廚餘發電研究。

本研究的最終目的是做出能夠點亮 LED，並連續點亮一段時間，和設計出電極小、電池體積也小又不含有液態電解液，這樣方便攜帶又怕傾倒不會臭，使用後還有養分可以給植物的環保電池。此外，本組也參考了高雄市第 61 屆中小學科學展覽【廚餘不棄 發電有利】，發現廚餘裡的澱粉在水解後可以增加電池的電流，剛好切合本組的主題，為此本組的電池裡面才加入廚餘，想要讓本組電池的能力更好。

貳、研究設備及器材

本研究所使用的器材與藥品整理如下表 2~3 所示：

表 2 實驗器材表

器材名稱	規格／數量	器材名稱	規格／數量
刮勺	塑膠／3	精秤天平	±0.0001 g／1
燒杯	100 mL／3	電磁加熱攪拌器	C-MAG HS7／2
培養皿	Φ 100 mm／2	磁石	中型／2
量筒	100 mL／1	塑膠盆	2 L／1
鱷魚夾	30 cm／4	半圓形模具	30 mL／5
洗滌瓶	500 mL／2	銅電極	1*2.5 cm／若干
有蓋塑膠九格盤	PP／1	鋅電極	1*2.5 cm／若干
塑膠滴管	3 mL／若干	三用電表	數位型／2
離心機	5000 rpm／1	離心管	15 mL／8
強力磁鐵	大／1	瑪瑙研鉢	小／1
玻璃瓶	15 mL／若干	鉗子	大／1
水流抽氣幫浦	150 W／1	LED 燈泡	0.02 W／10
分光光度計	Prema Pro-779／1	可變電阻	CT20P-150／4

表 3 實驗藥品表

藥品名稱	規格／數量	藥品名稱	規格／數量
過錳酸鉀	EP 級／適量	海藻酸鈉	食品級／適量
氯化鐵	EP 級／適量	硫酸銅	EP 級／適量
鹽酸	1 M／適量	檸檬酸	食品級／適量
唾液	適量	花生殼	市售／適量
硫酸亞鐵	EP 級／適量	氨水	18 M／適量

參、研究過程或方法

一、研究過程

本研究的研究過程如圖 5 所示：

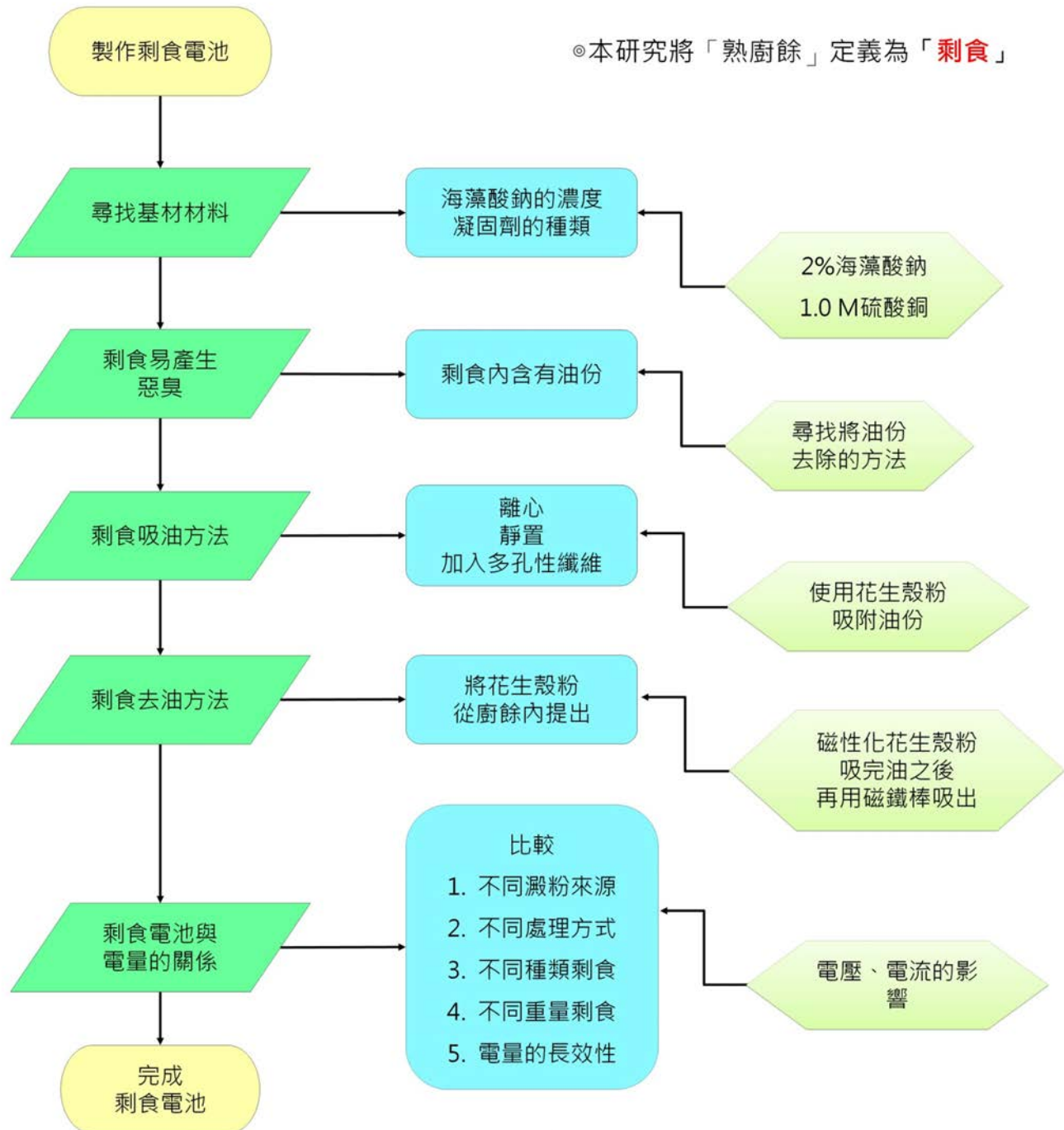


圖 5 研究架構流程圖

二、研究方法

(一) 探討不同濃度的海藻酸鈉溶液及不同濃度的硫酸銅溶液對於電池膠球形成的影響

1. 分別配製不同濃度的海藻酸鈉溶液與不同濃度的硫酸銅溶液 (圖 6、7)。
2. 將海藻酸鈉倒入模具後泡入硫酸銅溶液中到三至四小時靜候成型。
3. 取出電池膠球觀察並記錄。



圖 6 海藻酸鈉溶液



圖 7 硫酸銅溶液

(二) 探討在電池中加入不同澱粉類的剩食對於電池之電壓與電流的影響

1. 在海藻酸鈉膠球中分別加入白飯、地瓜以及饅頭 (圖 8、9、10)。
2. 膠球成型後檢測觀察並紀錄。
3. 為確保實驗的一致性，測量電流及電壓時，銅片及鋅片均為間隔 1 公分，使用 15 公分的電線 (附鱷魚夾) 連接電阻及三用電表。
4. 分別量測空載 ($0\ \Omega$) 及串聯 $90\ \Omega$ 電阻的電流及電壓。
5. 再並聯 $90\ \Omega$ 的電阻，求得剩食電池的內電阻。



圖 8 白飯組



圖 9 地瓜組



圖 10 饅頭組

(三) 探討剩食經過不同的處理對於電池之電壓與電流的關係

1. 在海藻酸鈉膠球裡加入白飯後，加入唾液 0.5 毫升，以模擬發酵情形 (圖 11、12)。
2. 膠球成型後檢測觀察並紀錄。

3. 分別量測空載 ($0\ \Omega$)及串聯 $90\ \Omega$ 電阻的電流及電壓。
4. 再並聯 $90\ \Omega$ 的電阻，求得剩食電池的內電阻。

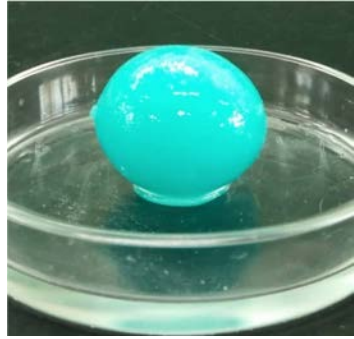


圖 11 白飯組

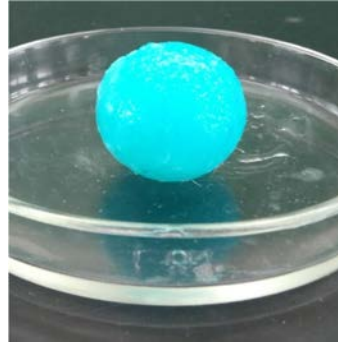


圖 12 白飯唾液組

(四) 探討花生殼粉的吸油能力

1. 將花生殼依不同的磨碎程度分為 3 組，分別為壓碎 (圖 13)、粗磨 (圖 14)、細磨 (圖 15)。
2. 分別在離心管中加入 0.5 克花生殼試樣及 3 克植物油。
3. 放置於離心機中，以 4500 rpm 持續 10 分鐘。
4. 倒出未被吸附的油，並測量吸油量。



圖 13 壓碎花生殼

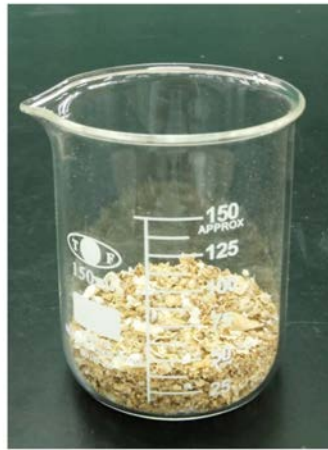


圖 14 粗磨花生殼



圖 15 細磨花生殼

(五) 探討是否可利用花生殼粉來進行剩食的吸油處理

1. 先將剩食打製成泥 (圖 16)，取 5 克置於模具中，加入 1.0 公克細磨的花生殼粉於剩食中 (圖 17)。
2. 加入海藻酸鈉溶液攪拌均勻 (圖 18)。

3. 放入硫酸銅溶液，觀察液體表面是否有折射現象 (圖 19)。



圖 16 剩食泥



圖 17 加入花生殼粉



圖 18 加入海藻酸鈉

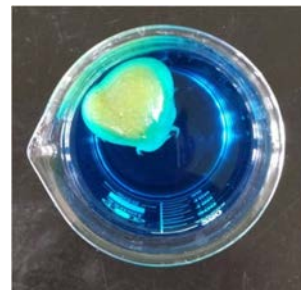


圖 19 泡入硫酸銅中

(六) 花生殼粉進行磁性化處理

1. 秤取氯化鐵約 5.4000 g，並置於 500 mL 燒杯中。
2. 加入硫酸亞鐵約 2.7800 g 及細磨花生殼粉約 2.0000 g。
3. 加入 100 mL 蒸餾水，放置於加熱板上，加入濃氨水約 8 mL 將溶液調至鹼性。
4. 放入攪拌磁石攪拌，將加熱板溫度控制在 80~85°C，加熱半小時。
5. 利用水流抽氣幫浦過濾後將沉澱物放入烘箱，並將溫度設置 90°C，烘乾 4 小時。
6. 將烘乾後的沉澱物利用瑪瑙研鉢磨碎 (圖 20)，並確認磁性化的結果 (圖 21)，再放入瓶中保存。



圖 20 利用瑪瑙研鉢細磨沉澱物



圖 21 磁鐵吸附磁性化花生殼粉

(七) 探討磁性化花生殼粉的吸油能力以及回收性

1. 在離心管 A 中放入 0.5 克花生殼粉，再加入 3 克植物油，稱為花生殼粉組。
2. 在離心管 B 中放入 0.5 克磁性化花生殼粉，再加入 3 克植物油，稱為磁性化組。
3. 在離心管 C 中放入 0.5 克回收清洗過後磁性化花生殼粉，再加入 3 克植物油，稱

為回收磁性組。

4. 在離心管 D 中放入 0.5 克花生殼粉，再加入 1.5 克植物油，1.5 克的水，稱為油水花生殼粉組。
5. 在離心管 E 中放入 0.5 克磁性化花生殼粉，再加入 1.5 克植物油，1.5 克的水，稱為油水磁性化組。
6. 將離心管放入離心機中，並以 4500 rpm 持續離心 10 分鐘，傾倒出未被吸附的油。
7. 測量各組之吸油量。

(八) 探討有無經過吸油處理的剩食所製作之電池的電壓與電流的影響

1. 使用磁性化花生殼粉吸附剩食內的油。
2. 分別做出空白組、不吸油組 (不處理剩食，圖 22)、吸油組 (有處理剩食，圖 23)。
3. 泡入 1.0 M 的硫酸銅溶液三至四小時後，檢測並記錄。



圖 22 不吸油組



圖 23 吸油組

(九) 探討加入不同來源的剩食對於電壓跟電流的關係

1. 取不同來源的剩食 (取一個星期學校營養午餐，如表 4)放入海藻酸鈉溶液 (圖 24~28)。
2. 泡入 1.0 M 的硫酸銅溶液中三至四小時。
3. 檢測並記錄。

表 4 一周剩食菜單

剩食代號	菜單內容
蔬食組	米飯、椒鹽素魚排、羅漢大齋、炒油菜、玉米濃湯
芝麻米飯	芝麻米飯、豆豉蒸排骨、塔香炸蛋、蒜香小白菜、紅豆粉粿甜湯

麵食組	紅蔥肉絲炒刀削麵、麥克雞塊、黑胡椒毛豆莢、酸辣湯
小米飯組	小米飯、宮保雞丁、沙茶豆干、炒青江菜、黃瓜黑輪
一般便當	米飯、咖哩肉、酸菜炒麵腸、肉燥空心菜、豆薯蛋花



圖24 蔬食組

圖25 芝麻米飯

圖26 麵食組

圖27 小米飯組

圖28 一般便當

(十) 探討加入不同重量的剩食對於電壓跟電流的關係

1. 分別取不同重量的剩食 (一克、三克、五克)放入海藻酸鈉溶液中攪拌均勻。
2. 泡入 1.0 M 的硫酸銅溶液三至四小時，檢測並記錄。

(十一) 探討剩食電池的電壓及電流的長效性

1. 以剩食電池最佳化條件進行剩食電池製作。
2. 每日量測剩食電池的電壓及電流，直至電池無法使 LED 燈泡發亮為止。

(十二) 探討發完電後的剩食電池的鋅含量

1. 分別秤重尚未發電的電池重量 (W_1)和發電完的電池重量 (W_2)。
2. 分別切碎後泡入 3.0 M 鹽酸讓銅離子溶出。
3. 分別滴入過量的 3.0 M 氫氧化鈉，使銅離子變成氫氧化銅沉澱。
4. 使用抽氣過濾過濾沉澱物後將沉澱物放入烘箱烘乾並測量重量。
5. 扣除濾紙重，分別記錄氫氧化銅淨重：

W_3 ：未發電電池所沉澱的重量； W_4 ：發電完電池所沉澱的重量

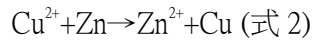
6. 使用下列算式計算出銅的淨重：

$$W_{Cu} = W_{Cu(OH)_2} \times \frac{63.5 \text{ g/mol}}{97.6 \text{ g/mol}} \quad (\text{式I})$$

7. 將 $W_5 - W_6$ 可求出電池內有多少重量的銅進行置換反應 ($W_7 = W_5 - W_6$)

W_5 ：未發電電池的含銅重量； W_6 ：發電完電池的含銅重量

8. 再由下列反應式，可得知鋅電極消耗的莫耳數等於銅生成的莫耳數。



9. 使用下列算式計算發完電後的電池所含鋅離子重(W_8)

$$W_8 = W_{\text{Cu}} \times \frac{65.3 \text{ g/mol}}{63.5 \text{ g/mol}} = W_{\text{Zn}} \text{ (式3)}$$

10. 將鋅的重量(W_8)除以發完電後的電池重量(W_2)即是發完電後電池的鋅離子含量(X_1)，即每一克電池含有 X mg 的鋅離子。

$$\frac{W_8}{W_2} = X_1 = \frac{\text{電池含鋅離子重 (mg)}}{\text{電池總重 (g)}} = X \text{ mg Zn / g電池 (式4)}$$

(十三) 海藻酸鈉吸附重金屬研究。

1. 使用硫酸銅配製出 1000、2000、3000、4000、5000 ppm 的銅離子溶液。
2. 利用分光光度計在 740 nm 下，進行檢量線製作。
3. 在 100 mL 在燒杯中放入 16 g 的 2% 海藻酸鈉溶液，再分別加入 1000~5000 ppm 的銅離子溶液 100 mL。
4. 靜置一天，測量燒杯中銅離子溶液的吸光度。
5. 對照檢量線並計算海藻酸鈉吸附銅離子的重量。
6. 使用下列公式計算：

加入銅離子溶液濃度： S_1

測量出吸附後的銅離子溶液吸光度： A_1

根據檢量線回推吸附後燒杯中銅離子溶液濃度： S_2

吸附銅離子的濃度差： S_3 ， $S_3 = S_1 - S_2$

$$\text{吸附率} = \frac{S_3}{S_1} \times 100\%$$

(十四) 探討剩食電池是否可以自然降解。

1. 將使用完之電池放入土壤中觀察是否可自行降解。
2. 每日將電池挖出觀察並紀錄降解情形，並記錄土壤的 pH 值。
3. 將使用後的剩食電池做為堆肥，觀察植物生長情形。

肆、研究結果

一、不同濃度的海藻酸鈉溶液及硫酸銅對於晶球電池的實驗結果

不同濃度的海藻酸鈉溶液及硫酸銅對於晶球電池的實驗結果，如下表 5 所示：

表 5 不同濃度的海藻酸鈉溶液及硫酸銅對於晶球形成的紀錄表

海藻酸鈉濃度 硫酸銅濃度	1%	2%	3%	4%
0.5 M	太軟	略軟	適中	較硬
1.0 M	太軟	適中	適中	太硬
2.0 M	太軟	略軟	較硬	太脆

本次實驗發現適合做為晶球電池的海藻酸鈉及硫酸銅濃度有三組，分別為海藻酸鈉濃度為 2%，硫酸銅濃度為 1.0 M；海藻酸鈉濃度為 3%，硫酸銅濃度分別為 0.5 M、1.0 M，其中海藻酸鈉濃度為 2%，硫酸銅濃度為 1.0 M 較為經濟，是此研究項目的最佳化條件，後續的研究將以此比例為主。

二、加入不同澱粉類的剩食對於剩食電池之電壓與電流的影響

加入不同澱粉類的剩食所得到的晶球剩食電池如圖 29~31 所示。分別量測剩食電池空載及串聯 90Ω 電阻的電壓、電流，如圖 32~35。會使用 90Ω 電阻的原因是一般 LED 燈泡需要 20 mA 的電流，經換算後 LED 燈泡約為 90Ω 的電阻。由實驗結果可以發現，加入白飯及地瓜的確可以有效提高剩食電池的電流，然而饅頭卻沒有相似的趨勢，應該是打成泥的時間相同下，饅頭顆粒較大，要完全轉化為醣類的時間較久，因此效果不盡理想。再串聯 90Ω 電阻後，電流皆下降，但加入白飯及地瓜剩食的電流仍較空白組高。在電壓部分，則沒有明顯的差異。

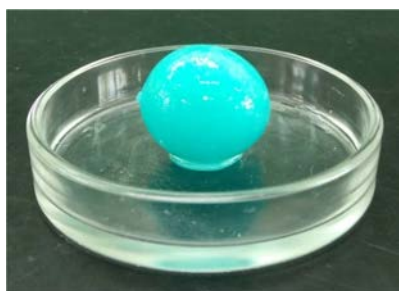


圖 29 白飯組剩食電池

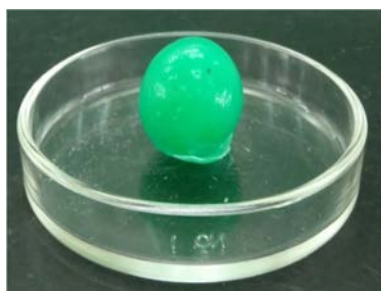


圖 30 地瓜組剩食電池

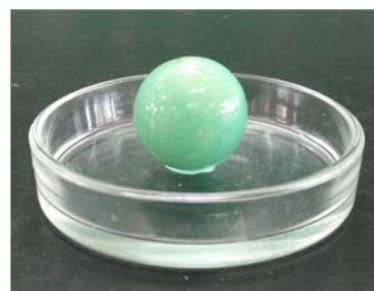


圖 31 饅頭組剩食電池

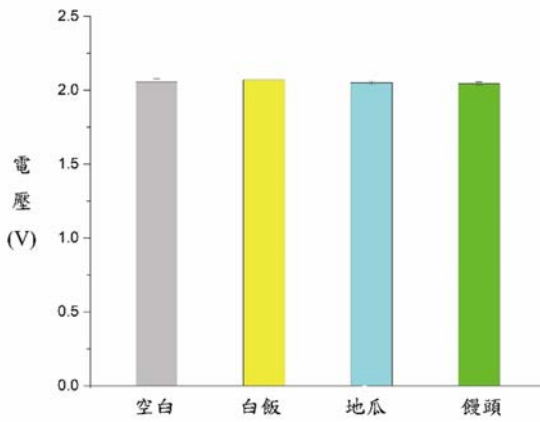


圖 32 不同澱粉剩食電池空載電壓

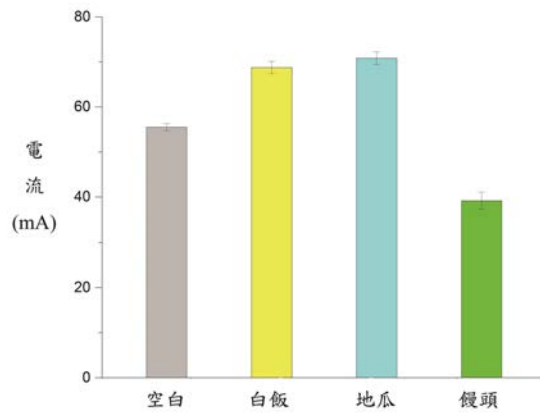


圖 33 不同澱粉剩食電池空載電流

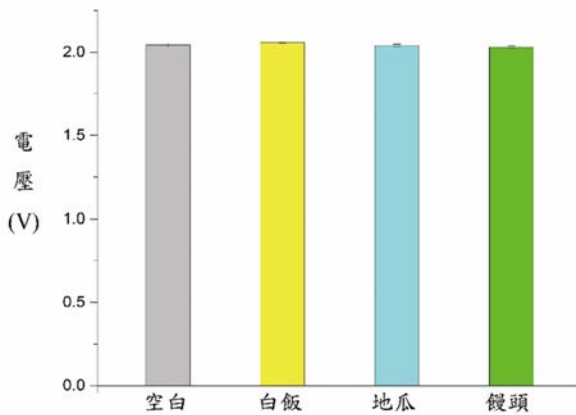


圖 34 不同澱粉剩食電池負載 90Ω 電壓

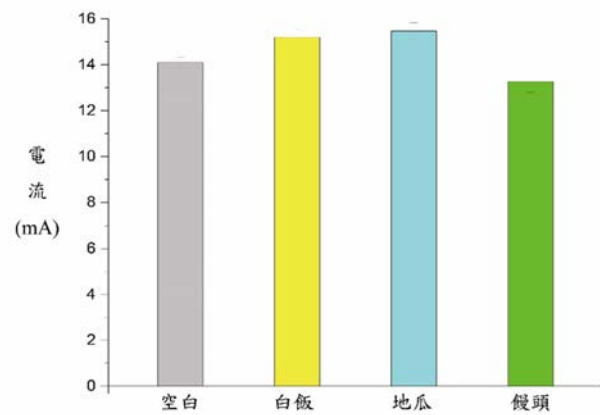


圖 35 不同澱粉剩食電池負載 90Ω 電流

經由空載電壓、並聯 90Ω 電壓結果可以求出該電池的內電阻，一般而言內電阻愈小的電池使用效果愈佳，結果如表 6 所示，在晶球電池中加入澱粉，會使電池的內電阻上升，因此白飯、地瓜及饅頭的內電阻均有上升，但地瓜的內電阻上升並不明顯，由此可知，地瓜是剩食電池主要澱粉的最佳來源。

表 6 不同澱粉剩食電池的內電阻

	空白組	白飯組	地瓜組	饅頭
內電阻 (Ω)	23.10±1.10	35.04±0.84	27.77±1.04	30.50±3.04

三、不同澱粉的處理方式對於電池之電壓與電流的影響

在確認剩食電池能有效提高電池的電流後，本組試著在白飯中加入唾液，模擬真實剩食情況，亦分別量測剩食電池空載及串聯 90Ω 電阻的電壓、電流，如圖 36~39。由實驗結果發

現，在澱粉中加入唾液，反而使電流及電壓稍微下降，推測是因為唾液在澱粉雖然可以提高澱粉轉化為醣類的速率，但唾液亦會形成阻礙。

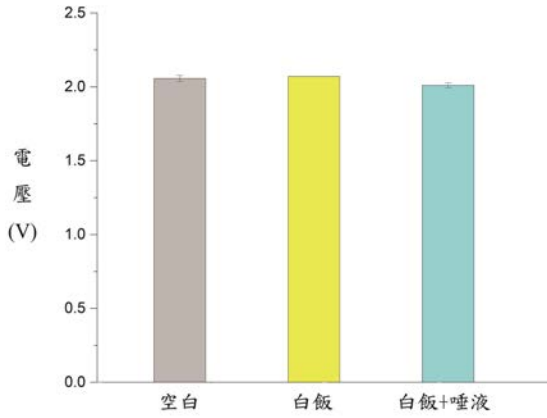


圖 36 不同處理方式剩食電池空載電壓

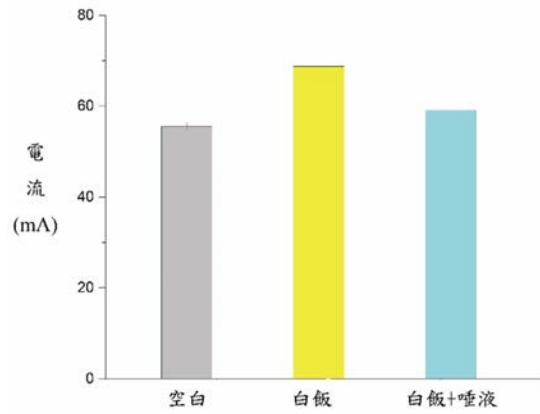


圖 37 不同處理方式剩食電池空載電流

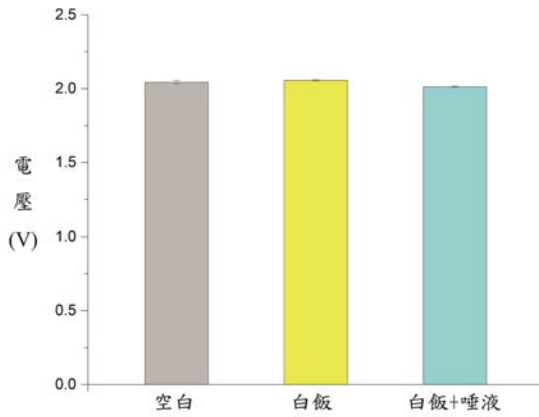


圖 38 不同處理方式剩食電池負載 90Ω 電壓

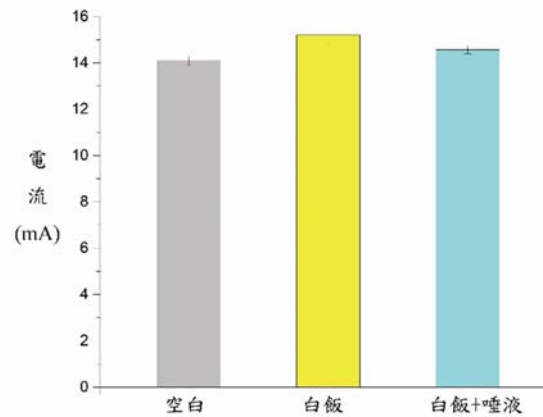


圖 39 不同處理方式剩食電池負載 90Ω 電流

不同處理方式剩食電池其電池內電阻結果如表 7 所示，在白飯中加入唾液，使電池的內電阻略為上升，由此可知，額外添加唾液並不是有效助於發電的好方式，後續的實驗將使用一般的剩食為主，不再額外添加唾液或酵素。

表 7 不同處理方式剩食電池的內電阻

	空白組	白飯組	白飯+唾液組
內電阻 (Ω)	23.10±1.10	35.04±0.84	36.23±2.39

四、不同磨碎程度的花生殼粉吸油能力比較

不同磨碎程度的花生殼粉的吸油能力實驗結果，如下表 8。在三種不同磨碎程度的花生殼粉，其中以細磨的吸油程度最高，次之粗磨，壓碎最低，且細磨的吸油程度可以達到自身重量的約 3 倍，後續的實驗所使用的花生殼粉將以細磨為主。不同磨碎程度的花生殼粉吸油前後如圖 40 所示。

表 8 花生殼粉的吸油量表

磨碎程度	吸油量 (克/每 0.5 克花生殼粉)
壓碎	0.8700±0.0361
粗磨	1.1767±0.0252
細磨	1.5100±0.0361

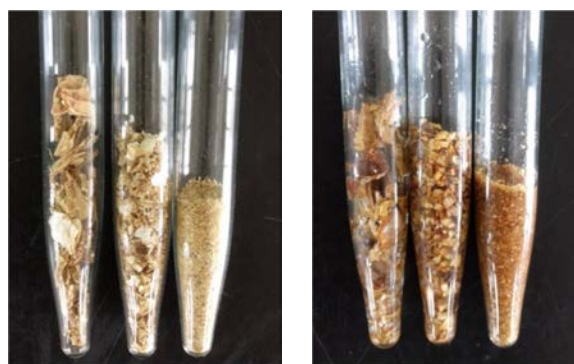


圖 40 花生殼粉吸油前 (左)後 (右)

五、花生殼粉進行剩食的吸油處理

為了解決本研究最初的想法，本組將剩食放了一周後，待剩食產生油份後，再加入花生殼粉，由圖 41 可發現，未使用花生殼粉，上面有一層很明顯的油份，而加入花生殼粉後，多數的油份已經被花生殼粉吸附，效果很明顯。再將其製成晶球剩食電池，如圖 42 所示，加入花生殼粉的剩食電池完全沒有多餘的油份，而未添加花生殼粉的電池旁邊有很明顯的油份。由此實驗可得知，加入花生殼粉可以有效解決剩食產生的油份，而且花生殼非常便宜，甚至可以算是廢棄物，其成本極低，加入剩食中不只解決的油份可能帶給植物的傷害，也可以讓凝固劑 (硫酸銅溶液) 的正常使用寿命增長，此外花生殼粉還能給植物養分。

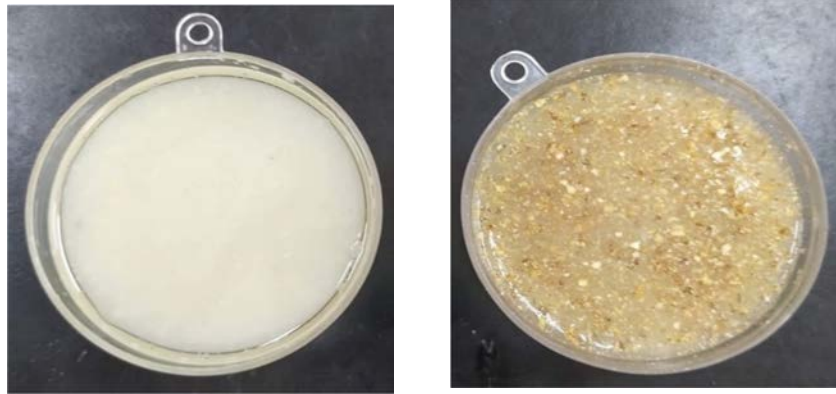


圖 41 左圖為無添加花生殼粉，右圖已加入花生殼粉

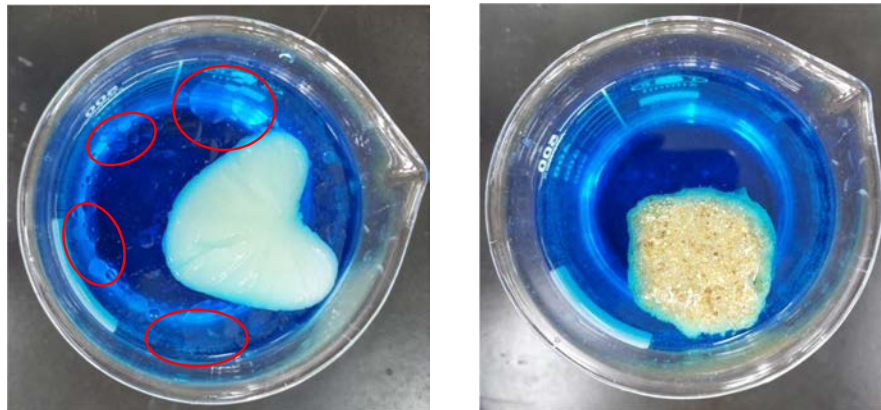


圖 42 無花生殼粉有明顯油滴，有花生殼粉無明顯油滴

六、磁性花生殼粉磁性性質比較

為了確定磁性花生殼粉是否能適用在不同環境之下，本組選擇清潔劑及鹽酸做為極端環境，將花生殼粉磁性化後，放在清水、清潔劑及 1.0 M 的鹽酸，持續一星期 (圖 43)。一星期後，本組發現只有鹽酸組的磁性化消失，只剩下花生殼，沒有任何磁性，本組認為應該是鹽酸將花生殼粉與氧化鐵的鍵結破壞，而使花生殼粉與氧化鐵分離。剩餘兩組又放了將近兩個月，磁性依舊不減，由此可知本組的方法在一般環境下，在沒有接觸到強酸環境下，此法可以製造出穩定的磁性化花生殼粉以做為吸附油份的吸附劑。

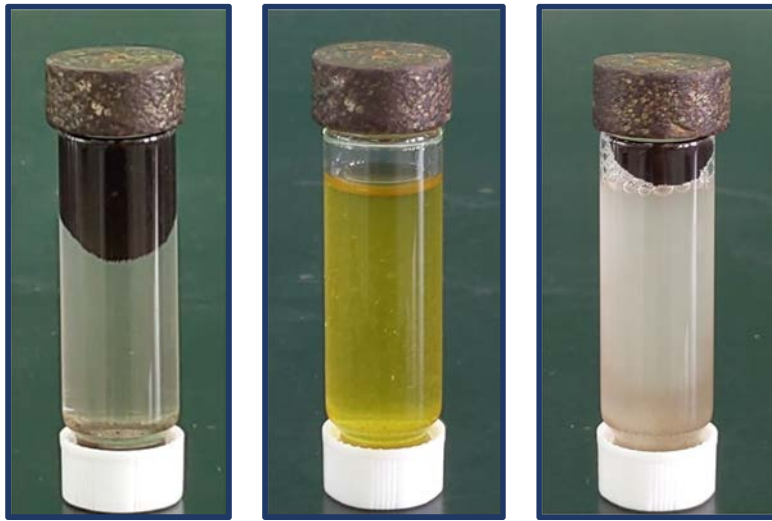


圖 43 從左至右分別為清水組、鹽酸組、清潔劑組

七、磁性化花生殼粉的吸油能力實驗

為了確保磁性化後的花生殼粉是否仍具有吸油能力，因此進行磁性化花生殼粉的吸油能力實驗，結果如下表 9 所示。藉由花生殼粉組跟磁性化組來比較，本組可以知道磁性化過後的吸油能力確實會略有下降，但差異不大，因為同重量的花生殼粉與磁性化花生殼粉，實際含有的花生殼粉量並不一樣，磁性化花生殼粉含有氧化鐵，無法吸附油份，因此造成吸油能力略有下降。根據磁性化組跟回收磁性組來比較，本組可以知道回收並清洗後過後的磁性化花生殼粉仍有一定的吸油能力，這也顯示本研究所得到的磁性花生殼粉具有重複使用的優勢，而非是一次性的產品。此外，為了模擬剩食裡面含有油和水的環境，所以進行了油水花生殼粉組、油水磁性化組比較，本組發現花生殼粉亦具有吸水的能力，因此實際上 0.5 克的磁性花生粉，可以吸收 0.5 克的油。

表 9 磁性化花生殼粉的吸油量表

組別 次數	花生殼粉組	磁性化組	回收磁性組	油水 花生殼粉組	油水 磁性化組
平均值	1.14 g	0.94 g	0.81 g	0.61 g	0.50 g
標準差	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02

八、有無經過吸油處理的剩食電池其電壓跟電流實驗結果

本組利用磁性花生殼粉將剩食的油份吸附後去除，所製得的晶球剩食電池，與空白組 (未添加剩食)及未處理過的剩食所製得的晶球電池做比較，如圖 44、45 所示。由圖 44 可知，電壓的部分，三組間沒有太大的影響，但由標準差來看，未處理組的標準差明顯較大，特別是時間愈久，標準差也跟著加大，顯示出未處理組在時間拉長後，其油份逐漸增加，使得電壓開始出現不穩定的現象，反觀磁性花生殼粉組具有穩定的電壓及微小的標準差。電流的差異由圖 45 可加明顯，未處理組的電流明顯在第三天後下降，且標準差很大；磁性花生殼粉組從第一天有具有較高的電流，且標準差的值未隨著天數有明顯增大，在一星期的實驗中，均能有 80 mA 的電流，顯示其穩定性相當好，磁性花生殼粉組與未處理組的電流最高可以差到 11 mA。由這個實驗可知，經過磁性化花生殼粉處理剩食後所做的晶球電池，電壓和電流的穩定度均優於未處理剩食所做的電池。

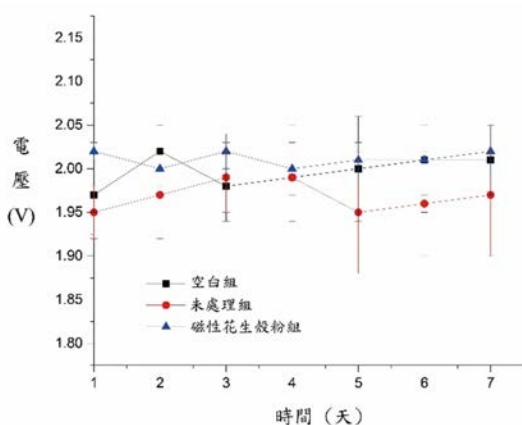


圖 44 有無吸油處理剩食電池電壓

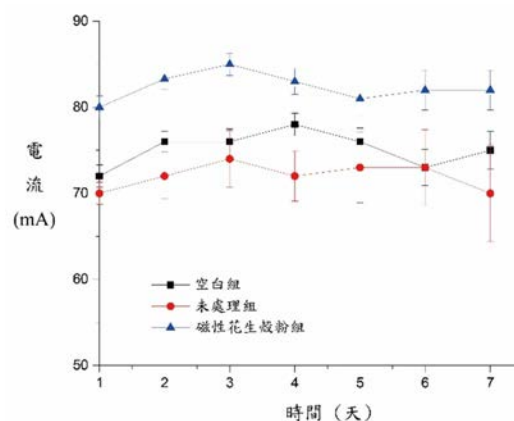


圖 45 有無吸油處理剩食電池電流

九、不同來源的剩食對於電壓跟電流的關係

本組進一步想探討若使用不同來源的剩食，其電流或電壓是否會有所差異？因此本組選用本校一周的營養午餐，每天的營養午餐營養師都會控制在適合高中生一餐的熱量，因此每天的熱量都是接近的，如此便可以比較在固定熱量下，剩食的電流與電壓的差異，實驗結果如下圖 46~49，在重量與熱量相同下，一般便當組的電流最大，麵食組的電流最小，但變化並不明顯，再串聯 90Ω 電阻後，電流皆下降，但電流最大的變為小米飯組，最小則為芝麻米飯組，但差異仍不大。在電壓部分，則沒有明顯的差異。由此可知，只要控制熱量及重量，剩

食電池的發電能力是接近的。

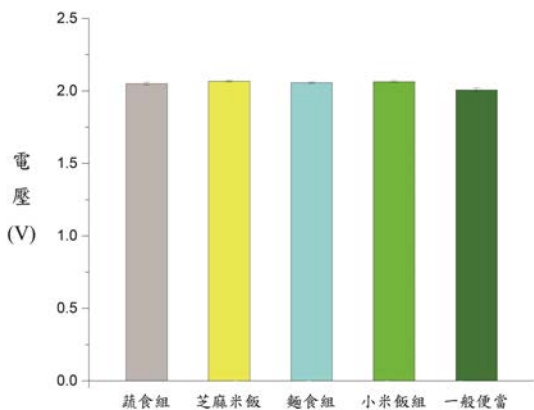


圖 46 不同來源剩食電池空載電壓

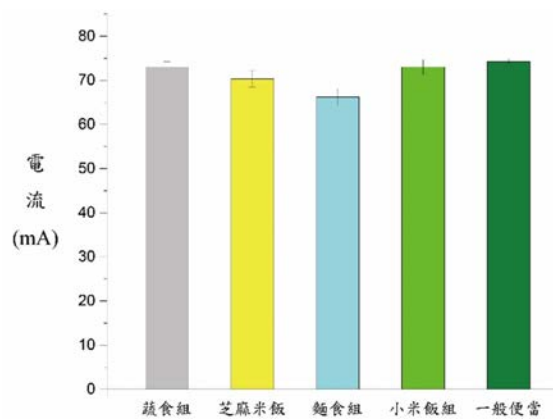


圖 47 不同來源剩食電池空載電流

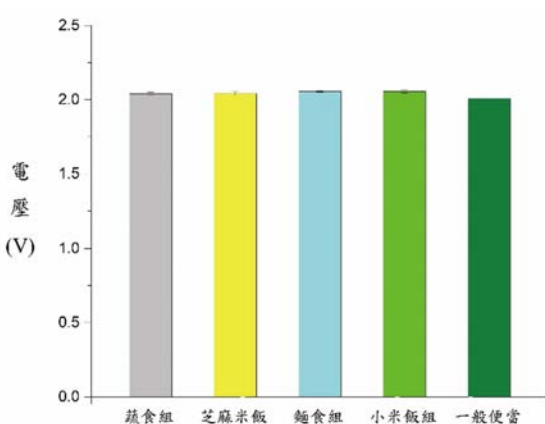


圖 48 不同來源剩食電池負載 90Ω 電壓

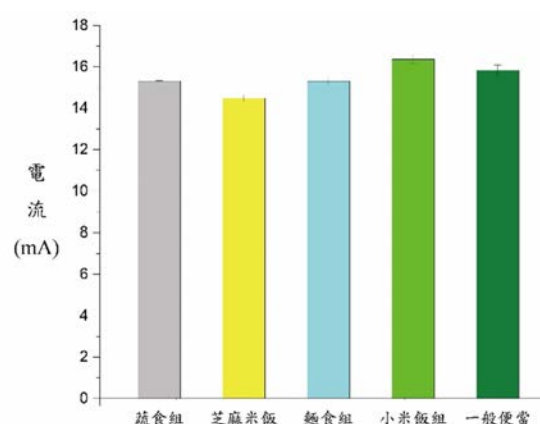


圖 49 不同來源剩食電池負載 90Ω 電流

不同來源剩食電池其電池內電阻結果如表 10 所示，內電阻的範圍在 31.22~36.78，差異不大，由電壓、電流及內電阻的研究結果顯示，僅要控制重量及熱量，剩食電池的效果差異不大，表示在實際應用上，具有很大的潛力，不需要刻意區分剩食的種類，皆可得到相似的電壓及電流。

表 10 不同處理方式剩食電池的內電阻

	蔬食組	芝麻米飯	麵食組	小米飯組	一般便當
內電阻 (Ω)	36.10±2.40	36.53±0.93	36.78±0.94	34.91±0.84	31.22±1.53

十、不同重量的剩食對於電壓跟電流的實驗結果

本組取用一般便當組的剩食，做為此實驗項目的剩食來源，分別加入 1~10 克不等的剩食做為操作變因，結果如圖 50、51 所示。不管加入多少的剩食量，其電壓的變化並不明顯，但剩食電池的電流卻隨著加入剩食的重量提升而提高，而且剩食量多的組別，其電壓及電流也更加穩定。

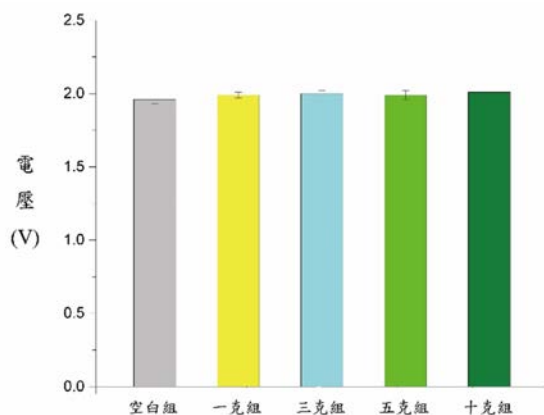


圖 50 不同重量剩食電池電壓

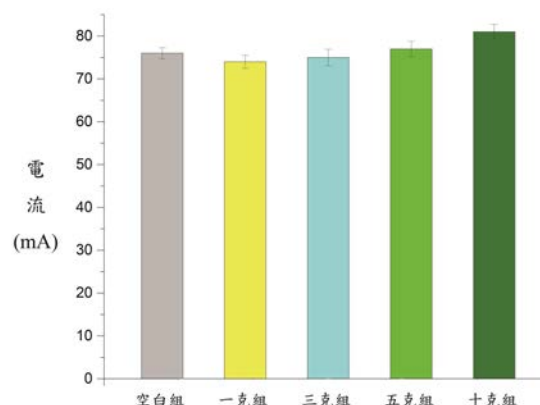


圖 51 不同重量剩食電池電流

十一、探討剩食電池的電壓及電流的長效性

本研究加入磁性化花生殼粉最主要的目的是希望可以使剩食電池具有長效性的電壓與電流，研究過程以未處理的剩食電池為對照組，當磁性花生殼粉組的剩食電池已經無法很明顯的使 LED 燈泡發亮為截止時間，由實驗結果得知磁性花生殼粉的剩食電池至第 21 天才無法明顯的使 LED 燈泡發亮，然而未處理的剩食電池在第 9 天已經無法使 LED 燈泡發亮。由此可知，經由磁性化花生殼粉製得的剩食電池具有長效性。

在電壓部分，磁性花生殼粉組在 21 天中，仍可維持 2.0 以上的電壓，然而未處理組的電壓一直下降，穩定性很差；在電流部分，磁性花生殼粉組在 21 天中，呈現緩慢的下降，經由線性迴歸方程式可得：電流 $=-0.1301 \times \text{天數} + 5.0425$ ， $R^2=0.9534$ ，由此可知磁性花生殼粉組的電流下降趨勢是屬於等差數列，在化學反應中為 0 級反應；而未處理組則是在第 7 天後有很明顯的下降，下降後都在 1.0 左右，其穩定性明顯不如磁性花生殼粉組。實驗結果如圖 52、53 所示。

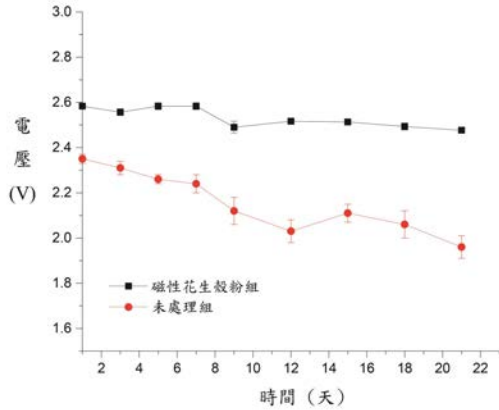


圖 52 電壓長效性測試

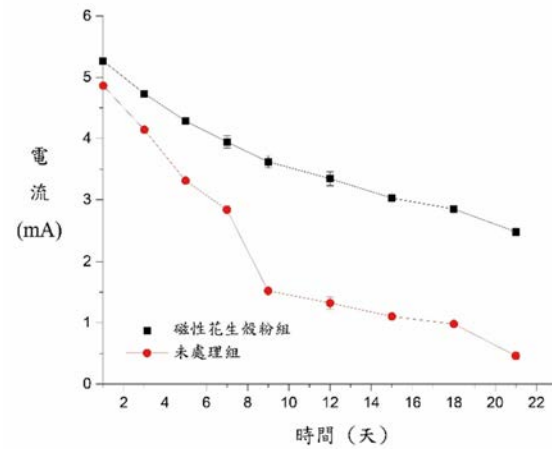


圖 53 電流長效性測試

十二、剩食電池發電後的鋅含量實驗結果

本電池的電極為鋅片與銅片，在放電反應後會產生鋅離子，因此本研究在剩食電池發完電後，量測產生鋅離子的含量。分別秤重尚未發電的電池重量 ($W_1 = 8.0000$ g)和發完電的電池重量 ($W_2 = 8.0000$ g)，加入過量氫氧化鈉，使銅離子變成氫氧化銅沉澱，抽氣過濾過濾後，放入烘箱烘乾測量重量氫氧化銅淨重： $W_3 = 0.1618$ g； $W_4 = 0.0040$ g，計算出銅的淨重： $W_5 = 0.1053$ g； $W_6 = 0.0026$ g

$$W_5 = 0.1618 \times \frac{63.5 \text{ g/mol}}{97.6 \text{ g/mol}} = 0.1053 \text{ (g)}$$

$$W_6 = 0.004 \times \frac{63.5 \text{ g/mol}}{97.6 \text{ g/mol}} = 0.0026 \text{ (g)}$$

將 $W_5 - W_6$ 可以求出電池內有 0.1027 g 的銅進行了置換反應 (W_7)，並由鋅電極消耗的莫耳數等於銅生成的莫耳數算出鋅離子重 0.1056 g (W_8)

$$W_8 = 0.1027 \times \frac{65.3 \text{ g/mol}}{63.5 \text{ g/mol}} = W_{Zn}$$

再將鋅的重量 ($W_8 = 0.1056$ g)除以發完電後的電池重量 ($W_2 = 8.0000$ g)即是發完電後電池的鋅離子含量 $X_1 = 13.2$ mg/g (每一克使用過後電池所含的鋅離子含量)

$$\frac{W_8}{W_2} = X_1 = \frac{105.6 \text{ (mg)}}{8.0000 \text{ (g)}} = 13.2 \text{ mg Zn / g 電池}$$

由研究結果，每克的剩食電池在發電後，會產生 13.2 mg 的鋅離子，依據文獻顯示，臺灣的土壤易缺鋅，東部的海濱火山灰質土壤及花蓮的片石灰岩混合沖積土，皆因使用鋅肥得

到改善；西部鋅含量較低的土壤則在嘉南、雲林、彰化的砂頁岩及粘板岩沖積土。然而適當的鋅離子含量約為 20~50 mg/kg，換算下來每公斤的土壤使用兩克本研究剩食電池發電後做為堆肥，可以有效的使土壤具有足夠的鋅離子濃度。

十三、海藻酸鈉吸附重金屬之能力實驗結果

本研究的剩食電池雖添加硫酸銅溶液，但使用海藻酸鈉在晶球化的過程中，亦會吸附重金屬，如此一來即可使剩食電池中的銅離子含量大幅度的降低，銅離子的濃度在分光光度計 740 nm 下，進行檢量線製作 (如圖 54)。並量測靜置一天後的晶球化電池，燒杯外的銅離子溶液吸光度，反推晶球電池內的銅離子含量，而反推出海藻酸鈉吸附重金屬的能力。

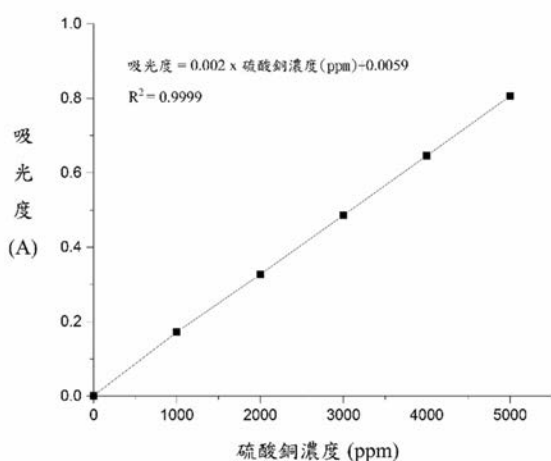


圖 54 硫酸銅溶液檢量線

經對照硫酸銅溶液檢量線後，可以發現海藻酸鈉具有不錯的吸附銅離子能力，吸附率介於 37.71%~85.62%如表 11 所示。硫酸銅溶液的濃度愈高，海藻酸鈉吸附銅離子的量也愈多，但以吸附率來看，硫酸銅溶液的濃度愈高，吸附率愈高。因此可知，本研究的晶球剩食電池除了有良好長效性的發電能力，亦可藉由海藻酸鈉的性質吸附一定量的銅離子。

表 11 銅離子吸附能力

硫酸銅溶液濃度 (ppm)	吸附硫酸銅濃度 (ppm)	吸附率 (%)
1000	856.19±35.49	85.62±3.56
2000	1078.09±62.83	53.90±3.14
3000	1337.44±54.41	44.58±1.81

4000	1594.71±81.86	39.87±2.05
5000	1885.27±19.07	37.71±0.38

十四、剩食電池自然降解的實驗

剩食電池放到土壤約一個星期後就可以自然降解掉，本組的目標就是發完電後可以當作肥料自行降解，而且在之前的實驗也發現，在裡面添加不同種類的剩食，對電壓和電流造成的影響不大，因此這個產品甚至可以額外添加想要的肥料，例如：氮肥、磷肥、鉀肥……等，在觀察剩食電池的變化外，每天亦量測土壤的 pH 值，由結果可知，pH 值緩慢的下降，顯示剩食電池分解後略帶酸性，在第五天後 pH 值的變化就相當小。每日觀察結果整理如下表 12 及圖 55~56。

表 12 剩食電池在土壤的分解狀況及土壤 pH 值表

天數	剩食電池狀況及土壤 pH 值
第 1 天	剛放下去沒有太大變化，等待後續觀察。 pH=6.43±0.21
第 2 天	感覺表面有點脫水體積有變小，底下顏色變深。 pH=6.23±0.07
第 3 天	表皮乾癟體積變得更小，有脫皮的感覺。 pH=5.96±0.07
第 4 天	已經有分解的感覺，顏色變得更深，感覺比之前還要軟。 pH=5.87±0.14
第 5 天	球體觀察明顯裂開，底部已經坍塌。 pH=5.80±0.14
第 6 天	大部分分解在土壤中，變得十分軟爛。 pH=5.77±0.07



圖 55 從左至右分別為分解的第一天、第二天、第三天



圖 56 從左至右分別為分解的第四天、第五天、第六天

本組亦將發電後的剩食電池放入相同的植物盆栽三十天後，觀察其變化，由圖 57 可知，放入剩食電池的盆栽不僅不會受到剩食電池負面的影響（例如：枯萎或是爛根），反而生長得更為茂盛。

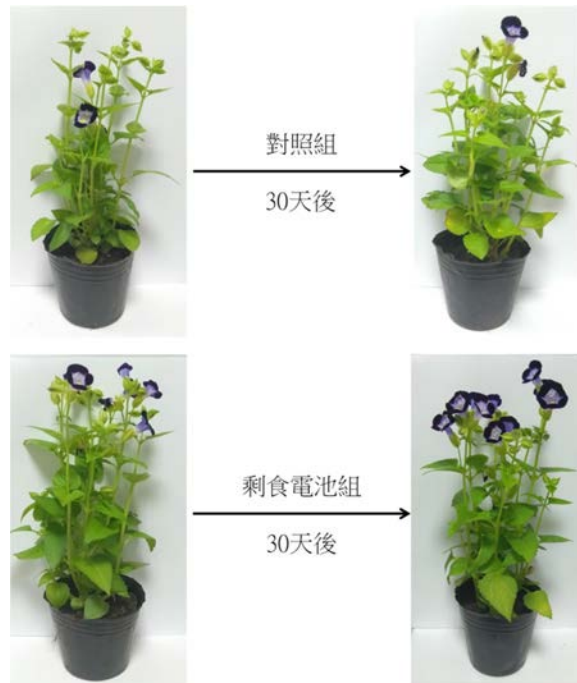


圖 57 有無放入剩食電池，盆栽的差異比較

伍、討論

- 一、為了模擬更像真實的環境，所以使用新鮮唾液進行比較，由結果顯示加入唾液不會提高電壓與電流。
- 二、為了可以量測剩食電池實際使用上的電流，也想知道剩食電池的內電阻為多少，因此本組使用 90 歐姆的可變電阻。主要是 LED 燈泡規格都不太一樣，即以額定電壓 1.8 伏特額定電流 20 毫安培為例，計算出電阻為 90 歐姆，因此在測量剩食電池的電流電壓時，都是使用 90 歐姆的精密電阻去模擬實際上的 LED 燈泡。
- 三、在相同體積下，被切的愈小表面積就愈大，花生殼粉也是如此，細磨之後吸油量明顯增大，且花生殼粉質地不硬，可使用一般的咖啡豆磨豆機將其細磨，但花生品種是否會影響吸油量可待日後探討。
- 四、剩食要包入電池內，使用後要放到植物盆栽裡做分解，如果剩食裡面有含油份，不但會污染凝固劑，還容易酸敗，影響電量外，還可能堵住植物的根部，讓根部腐爛植物死亡，為此本組找出磁性化花生殼粉，吸附油脂後可以用磁鐵輕易取出，根據本組設計的實驗，回收後清洗還是可以保持一定的吸油量。經由磁性花生殼粉吸附油份的剩食具有很明顯的效果，如圖 58 所示。



圖 58 由左至右分別為未經吸油處理之剩食、加入磁性化花生殼粉進行吸油處理之剩食、
經吸油處理完之剩食

- 五、根據本組的實驗，磁性化花生殼粉在極端環境下是有可能被分解掉的，雖然說有使用上的限制，不過一般的剩食很少會遇到如此極端的環境，之後實驗可以延伸出使用的環境是否會影響吸油量。

- 六、2020 年我國平均每人每年約產生 22.2 公斤廚餘，根據計算大概會有一公斤的油份，所以一公斤的花生殼粉可以處理掉一個人一整年的廚餘量，所吸附的油份可以在製程生質柴油，磁性花生殼粉亦可以回收再使用，裡面的成分也不會傷害大自然，是可以重複使用的物理吸附劑。
- 七、本產品的剩食電池裡面的剩食，是用營養午餐的剩菜剩飯，內含有飯、菜、肉，沒有經過發酵，只有吸除油份，在實際應用上會更加方便。但之後的研究可以延伸發酵後對於電量和電流的變化，或是發酵前後置於土壤裡面對於植物的生長變化。
- 八、在不同的剩食來源，同樣的剩食重量及熱量下，電流和電壓其實沒有太大的變化。從實驗也可以觀察到剩食的量跟發出來的電流量呈正相關，而且穩定度也更好。由於時間問題本組尚未將完整的重量做出來，往後亦可將此部分完整做出結果，可以更直觀地看出剩食的重量和電流電壓的關係。
- 九、本研究所製得的剩食電池具有長效性及穩定性，且實際使用剩食（熟廚餘）進行研究，都突破以往使用生廚餘的研究。再加上關鍵的磁性化花生殼粉的成本亦相對低廉，無論是一般使用或是工廠大量生產，皆不會造成過多的負擔。

陸、結論

- 一、對於剩食電池基材來說使用 2%海藻酸鈉和 1.0 M 硫酸銅溶液為本研究最佳晶球化條件。
- 二、不同種類的剩食對於電壓和電流並沒有太大的關係，因此在使用上的限制很小，亦不用刻意的去分類回收剩食。
- 三、比較花生殼粉的吸油能力，壓碎效果不好、粗磨次之、細磨最佳，磁性化之後吸油份也沒有明顯的下降，在吸收油份後，利用磁鐵棒更能直接的把剩食的油帶走，且清洗後可以重複使用，是十分良好的磁性吸油劑。
- 四、在經由磁性化花生殼粉處理後的剩食，其量與產生的電流量呈正相關，而且穩定度也更好，在同樣的剩食量、相同熱量之下，不同剩食的電流和電壓其實沒有太明顯的差異。
- 五、本組製得的剩食電池具有優秀的長效性及穩定性，在連接 LED 燈泡 21 天後，電壓仍有 2.4 V 以上，電流也接近 2 mA，電流下降呈現 0 級反應，都明顯優於未處理的剩食。
- 六、將剩食電池串聯兩到三顆，就可以點亮 LED 燈，並且在串聯 10 顆 LED 燈的情況下，連續點亮 21 天，可以搭配盒子跟美工技術，做出獨一無二的環保電池小夜燈或是造景燈，放在盆栽裡面美觀，也沒有強鹼或強酸的電解液也不怕傾倒溢出，如圖 59 所示。



圖 59 實際應用剩食電池於小夜燈或是造景燈

- 七、硫酸銅除了做為電解質，對於抗菌有良好的表現，經由剩食電池本身海藻酸鈉可以吸附過多的銅離子之外，置入土壤中的剩食電池經本組研究發現待降解後仍不會發臭。
- 八、剩食電池放置土壤中一個禮拜後就會自行降解，化作肥料滋潤土壤，也不會有因為油份而產生酸敗或是把植物的根堵塞的問題，還可以做為肥料藉由降解過程使其緩慢釋放。

九、臺灣的土壤大多缺乏鋅離子，使得農作物的生產受到影響，因此需要額外補充鋅離子，但本研究的剩食電池放電後會產生鋅離子，因此每公斤的土壤使用兩克本研究剩食電池發電後做為堆肥，可以有效的使土壤具有足夠的鋅離子濃度。

柒、參考文獻資料

行政院環境保護署綜計處 (2019 年 11 月 21 日). 行政院環進保護署環保新聞專區. 擷取自行政院環進保護署網站:

<https://enews.epa.gov.tw/Page/3B3C62C78849F32F1d968fad-3d84-4c29-abd8-4b2a5ef5f4d3>

呂佩軒、陳玟均 (2020 年 2 月 10 日). 銅鋅協力-高能量鋅銅電池. 擷取自臺灣網路科教館網站:

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=486&sid=1246>

卓家弘、周囿佑、吳翊誠 (2021 年 2 月 10 日). 「氫」愛的，「ㄉㄨㄌ」把我電倒了一廚餘發電探究. 擷取自臺灣網路科教館網站:

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=15422&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=16564>

洪鼎惟、沈信良 (2020). 普通化學上下冊. 高雄市：全華圖書股份有限公司.

洪鼎惟、沈睿思、葉忠福 (2020). 化工創意專題實作. 高雄市：臺科大圖書股份有限公司.

海藻酸 維基百科 (2022 年 1 月 9 日). 擷取自維基百科網站:

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E8%97%BB%E9%85%B8>

趙紫如、劉昀宜、邱憶如、陳昱誼 (2022 年 2 月 10 日). 一『碳』究竟-探討製備廚餘電池之條件. 擷取自臺灣網路科教館網站:

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=65&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=56&sid=5044>

蔡琮浩 (2021 年 9 月 14 日). 議題研析立法院會議資訊網站. 擷取自立法院會議資訊網站:

<https://www.ly.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=6590&pid=211355>

陳鴻堂 (2020 年 6 月 9 日). 臺灣土壤易缺鋅！鋅肥管理與施作方法. 豐年雜誌.取自

<https://www.agriharvest.tw/archives/38994>

【評語】 052605

1. 本作品利用磁性化(吸附 Fe_3O_4)的花生殼粉，先將剩食中的油份吸附，再以磁鐵棒去除。磁性花生殼粉可洗淨後重複使用，剩食加上硫酸銅溶液、海藻酸鈉溶液製成剩食電池，接上 0.02 瓦 LED 燈泡可使用三星期，電壓維持在 2.0 伏特以上。最後將使用後的剩食電池注入盆栽中，做為植物的肥料及養分。作品的創意雖較弱，但考量周詳，能達到綠色化學應用於家園的目的，具有環境保護及資源循環的意義。
2. 研究設計在海藻酸鈉膠球裡加入白飯後，加入唾液 0.5 毫升，若能將澱粉重量與唾液體積量化關係釐清，將更具比較性與應用性。
3. 若能將複雜的剩食菜單內容，轉換為澱粉、脂肪酸與纖維之比例，將更能有條理逐一比對何種比例的組合將最具發電性。建議探討證實電池應用於堆肥時硫酸銅殘留量對於土壤可能的影響。

作品簡報

「油」刃有「餘」 - 新型環保剩食電池

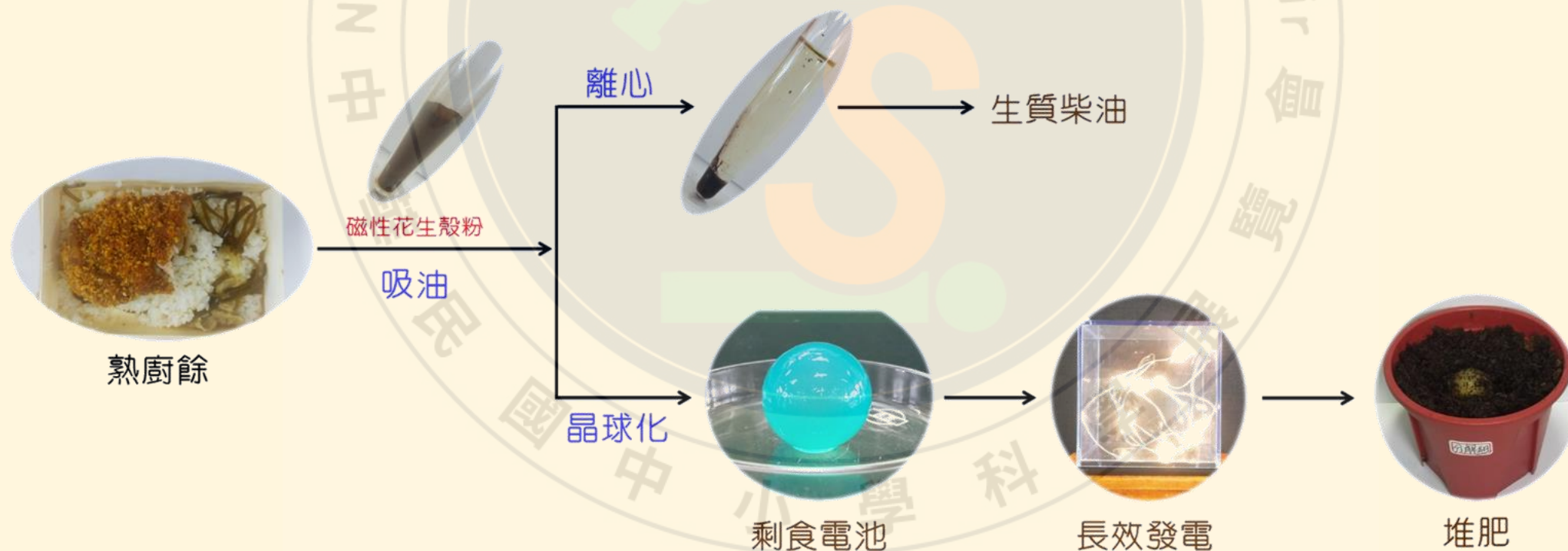
組別：高級中等學校組
科別：環境學科



壹、研究動機



1. 油份**含量過高**是熟廚餘在使用上最大的障礙，目前除油方式，使得多數企業卻步。
2. 希望研發一種簡易的方式使熟廚餘方便去油，去油後熟廚餘可以**再進行發電**。
3. 發電完畢後的熟廚餘即可做為堆肥；去油後的油份亦可再製作成生質柴油。
4. 充分做到綠色化學原則中的**再生**、**物盡**原則。

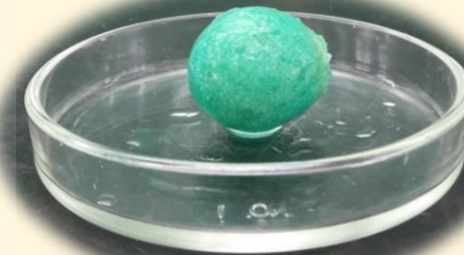
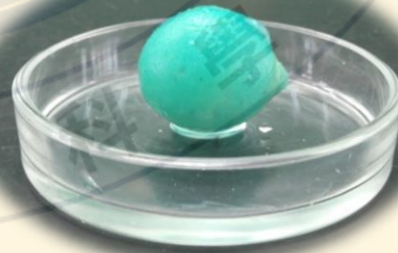
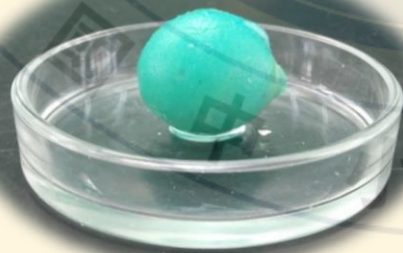
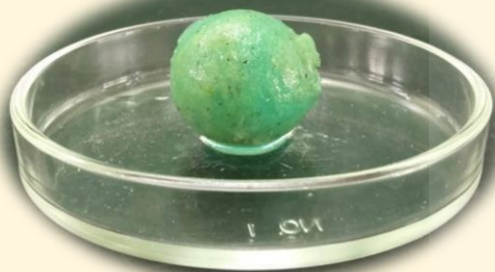




貳、研究目的



- 探討晶球化電池的**最佳化**條件。
- 探討利用花生殼粉製作磁性**簡易去油劑**的效果。
- 探討有無經過**吸油處理**的剩食的電池之電壓跟電流的關係。
- 探討不同剩食製備的新型環保剩食電池之電壓跟電流的關係。
- 探討新型環保剩食電池使用後對**自然環境的安全性**。



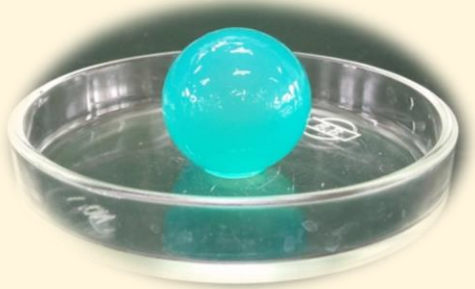


參、研究流程與方法



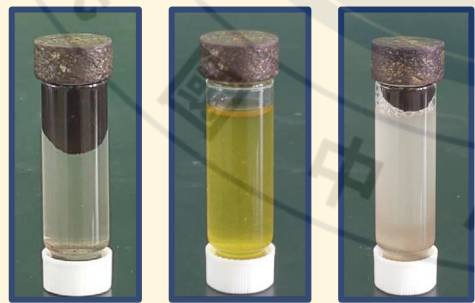
晶球化電池 最佳條件

1. 不同海藻酸鈉的濃度
2. 凝固劑的種類



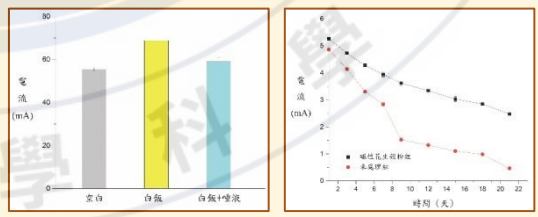
磁性花生殼粉 性質檢測

1. 花生殼粉吸油測試
2. 磁性花生殼粉製備
3. 磁性花生殼粉吸油測試



剩食電池 電壓及電流

- 比較
1. 不同澱粉來源
 2. 不同處理方式
 3. 不同種類剩食
 4. 不同重量剩食
 5. 電量的長效性



永續環境 綠色化學

1. 剩食電池的鋅含量
2. 海藻酸鈉吸附重金屬
3. 自然降解測試
4. 土壤的pH值
5. 造景燈設計

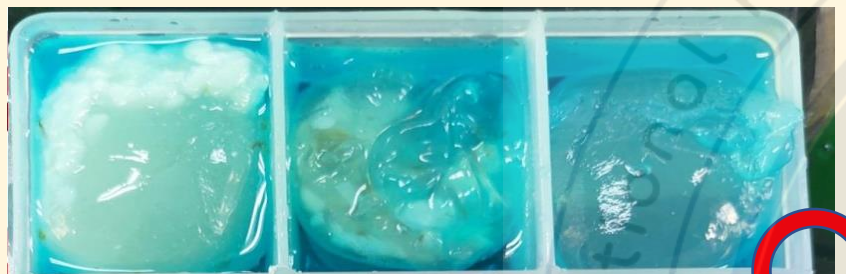




肆、研究結果

晶球化電池最佳條件

不同鹽類溶液對晶球形成差異



硫酸銅溶液



過錳酸鉀溶液



氯化鈣溶液

不同濃度的海藻酸鈉及硫酸銅溶液對於晶球形成紀錄

海藻酸鈉濃度	1%	2%	3%	4%
0.5 M	太軟	略軟	適中	較硬
1.0 M	太軟	適中	適中	太硬
2.0 M	太軟	略軟	較硬	太脆

有三組比例適合做為環保電池，其中又以**2%的海藻酸鈉溶液**以及**1.0 M的硫酸銅溶液**最為合適，是此研究項目的最佳化條件，後續的研究將以此比例為主。



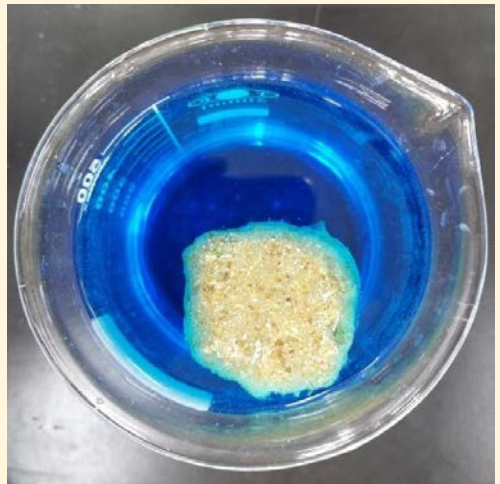
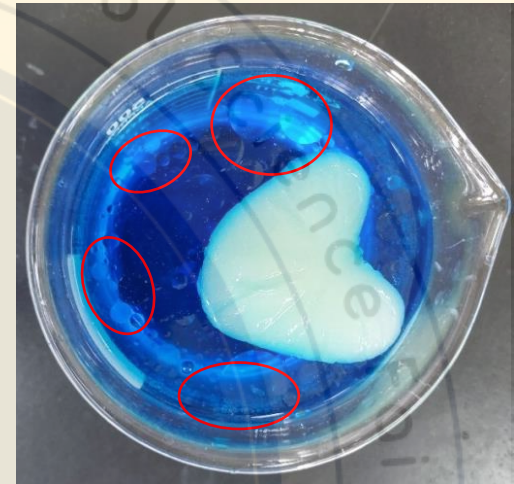
肆、研究結果

磁性花生殼粉性質檢測

花生殼粉進行剩食的吸油處理

磨碎程度	吸油量 (克/每0.5克花生殼粉)
壓碎	0.8700±0.0361
粗磨	1.1767±0.0252
細磨	1.5100±0.0361

細磨的吸油程度可以達到自身重量的約3倍！

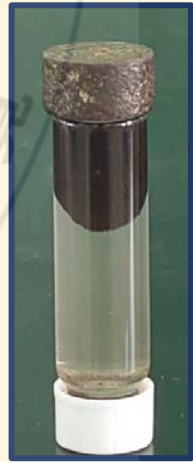


無花生殼粉有明顯油滴，有花生殼粉無明顯油滴

不同花生殼粉的吸油量 (0.5克花生殼粉)

次數 \ 組別	花生殼粉組	磁性化組	回收磁性組	油水花生殼粉組	油水磁性化組
平均值	1.14 g	0.94 g	0.81 g	0.61 g	0.50 g
標準差	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02

清洗後的花生殼粉仍有一定的吸油能力，可以重複使用並非一次性的產品。



清水組



鹽酸組

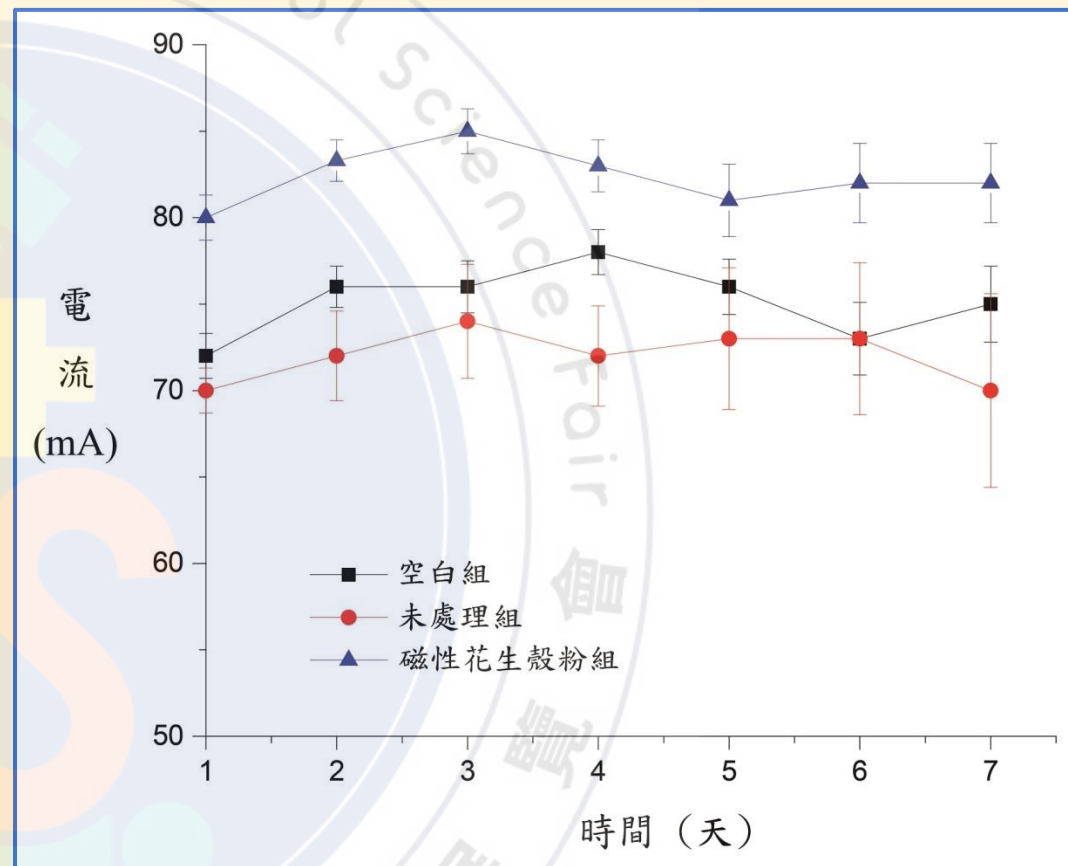
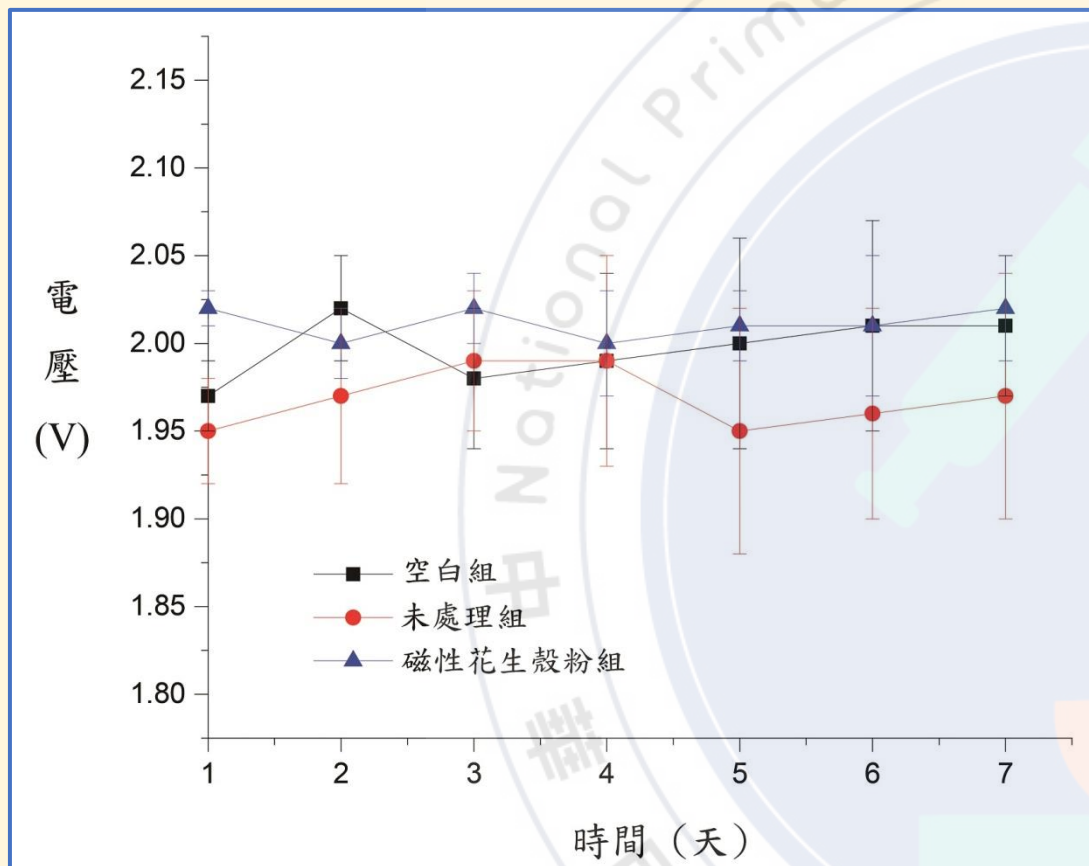


清潔劑組



肆、研究結果

有無吸油處理剩食電池電壓及電流



- 三組的電壓差距並不明顯，可是**未處理組的標準差較大**，相對來說更不穩定，反觀**磁性花生殼粉組擁有較穩定的電壓**以及較小的標準差。

- 經過吸油處理之後，電池電流比未處理的還要**高約10 mA左右**，由這兩組數據可以得知，經過吸油處理後是**有利於整個電池的表現**。

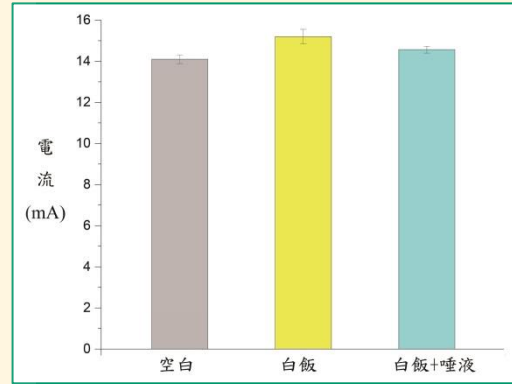
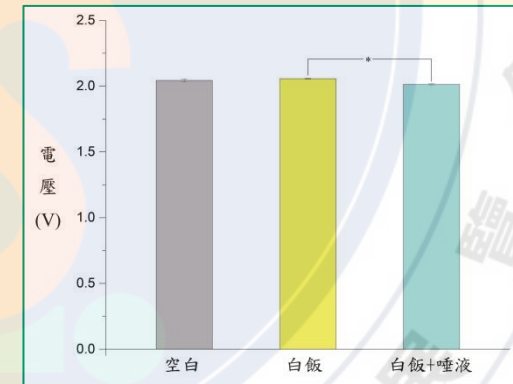
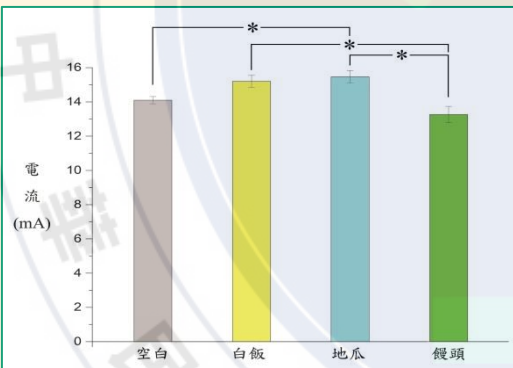
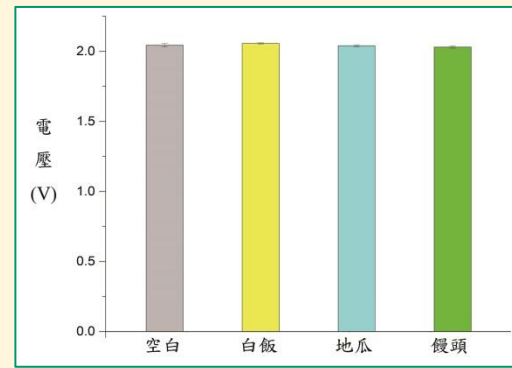
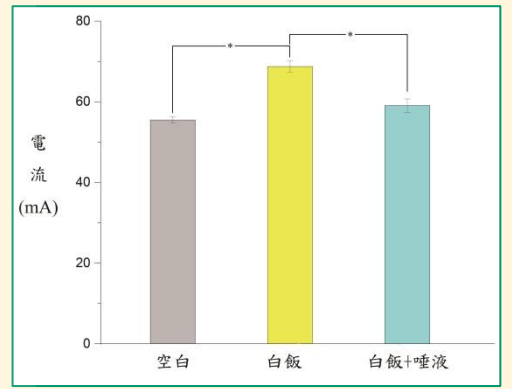
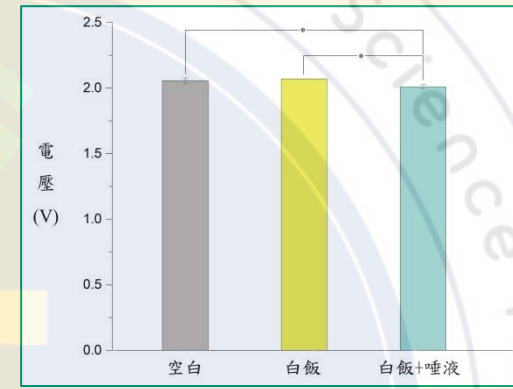
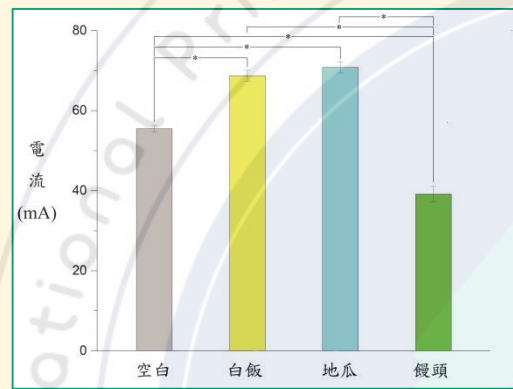
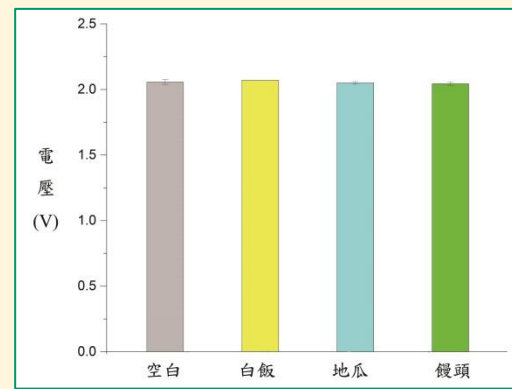


肆、研究結果

不同澱粉種類、處理方式剩食電池電壓及電流

不同澱粉種類的剩食

不同澱粉處理方式



剩食電池內電阻

	空白組	白飯組	地瓜組	饅頭
內電阻	23.10±	35.04±	27.77	30.50
(Ω)	1.10	0.84	±1.04	±3.04

剩食電池內電阻

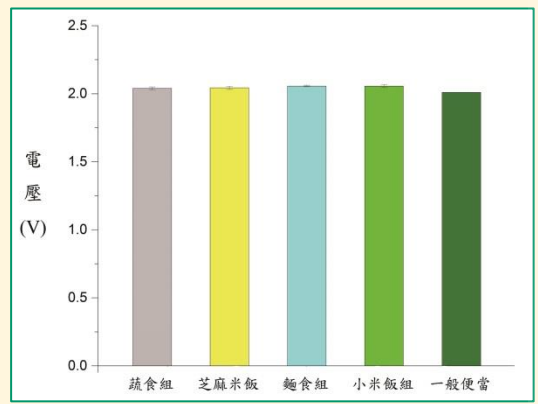
	空白組	白飯組	白飯+唾液組
內電阻	23.10±	35.04±	36.23±
(Ω)	1.10	0.84	2.39



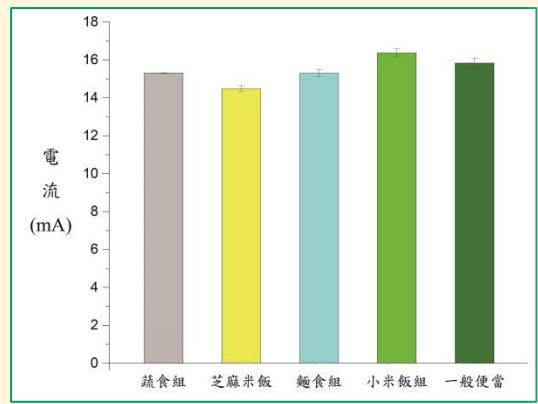
肆、研究結果

不同來源、重量剩食電池電壓及電流

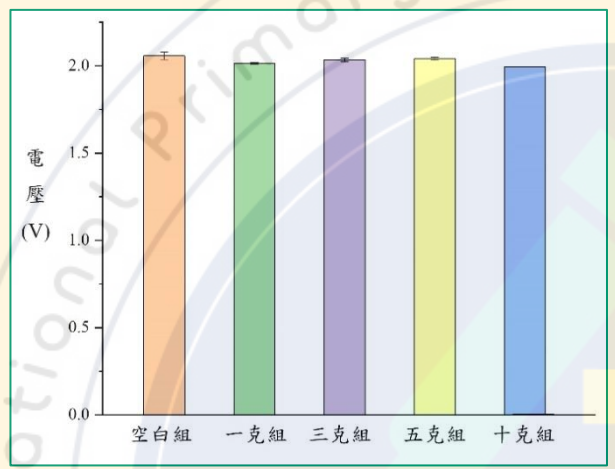
不同來源剩食



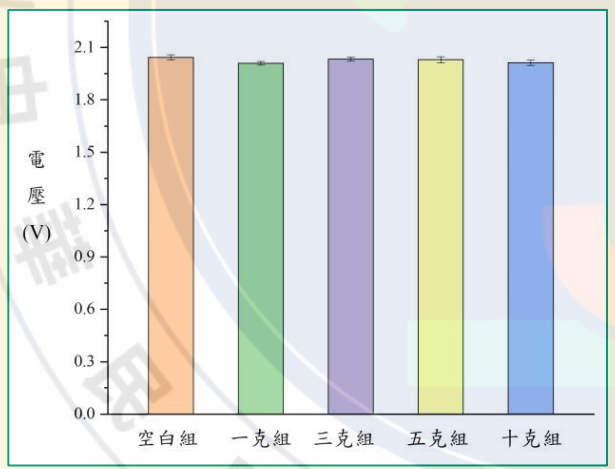
負載90 Ω電壓



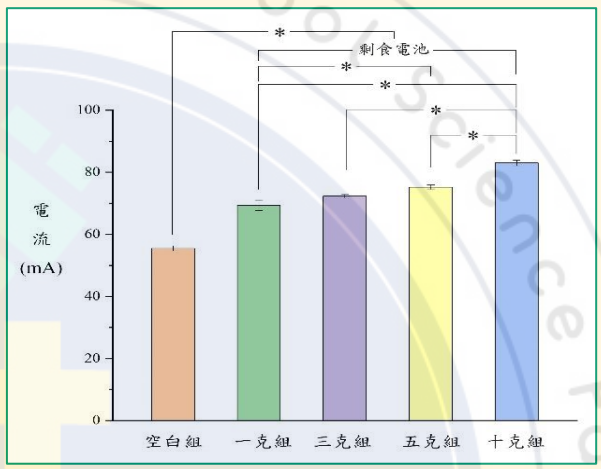
負載90 Ω電流



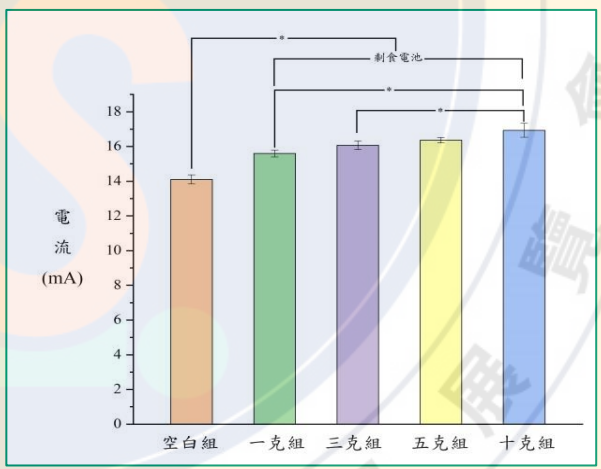
空載電壓



負載90 Ω電壓



空載電流



負載90 Ω電流

不同重量剩食

1. 無論是空載電壓或是負載90 Ω電壓，有無添加剩食均未達顯著差異。然而加入不同重量的剩食在空載電流或是負載90 Ω電流均達顯著差異，表示**加入剩食能顯著提升電池的電流**。
2. 添加五克以上剩食，在負載90 Ω電流下，電流量未達顯著差異，顯示**添加五克以上電流相似，無差異**。

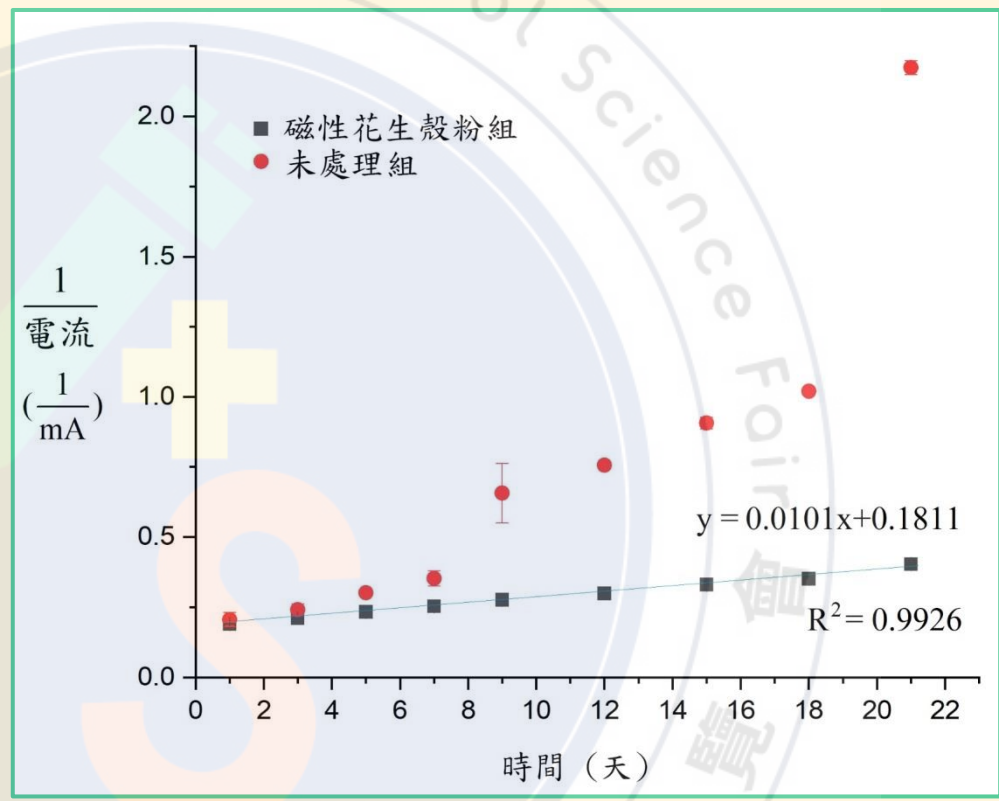
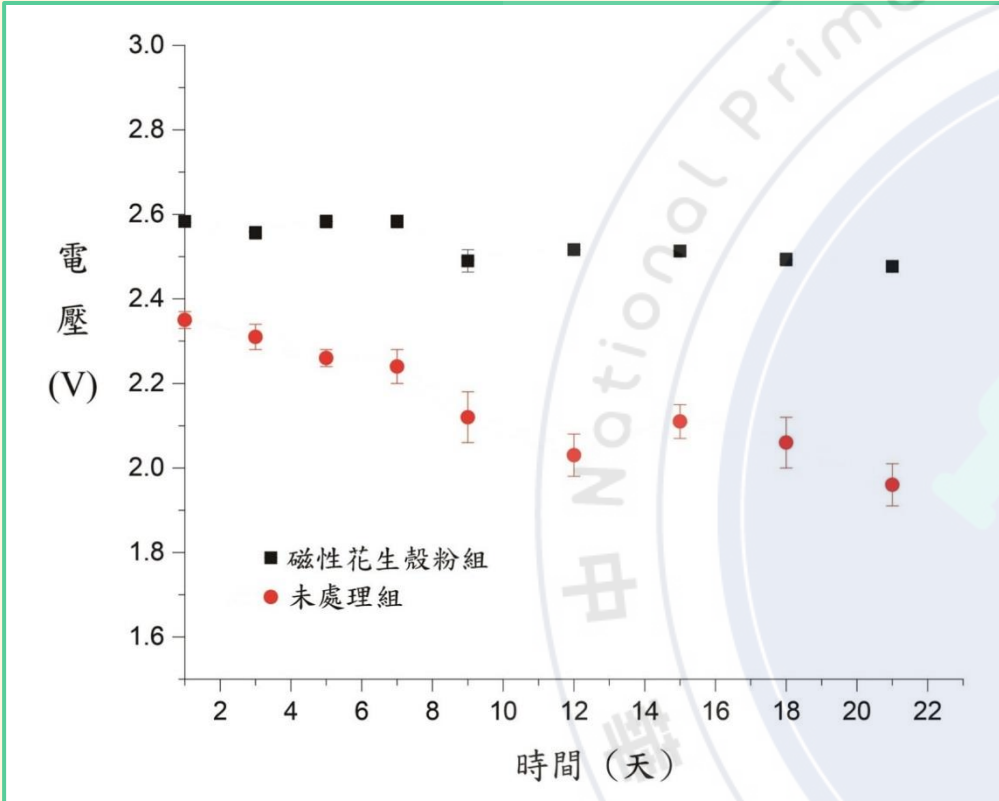
不同重量剩食電池內電阻 →

	空白組	一克組	三克組	五克組	十克組
內電阻 (Ω)	23.10±1.10	24.50±2.63	32.30±1.64	32.96±1.38	32.60±0.69



肆、研究結果

剩食電池電壓及電流的長效性



DAY 14



磁性花生殼粉的剩食電池至**第21天**才無法明顯的使LED燈泡發亮，然而未處理的剩食電池在第9天已經無法使LED燈泡發亮。磁性花生殼粉組的電流下降趨勢是屬於化學反應中的**2級反應**。



肆、研究結果

永續環境綠色化學

海藻酸鈉吸附銅離子能力

硫酸銅溶液濃度 (ppm)	吸附率 (%)
1000	85.62±3.56
2000	53.90±3.14
3000	44.58±1.81
4000	39.87±2.05
5000	37.71±0.38

鋅離子含量測試

每克的剩食電池在發電後，會產生**13.2 mg**的鋅離子，臺灣的**土壤易缺鋅**，換算下來每公斤的土壤使用兩克本研究剩食電池發電後做為堆肥，可以有效的使土壤具有足夠的鋅離子濃度。

剩食電池自我降解能力



DAY 1



DAY 6

剩食電池狀況及土壤pH值

第1天	剛放下去沒有太大變化，等待後續觀察。 pH=6.43±0.21
第2天	感覺表面有點脫水體積有變小，底下顏色變深。 pH=6.23±0.07
第3天	表皮乾癟體積變得更小，有脫皮的感覺。 pH=5.96±0.07
第4天	已有分解的感覺，顏色更深，比之前還要軟。 pH=5.87±0.14
第5天	球體觀察明顯裂開，底部已經坍塌。 pH=5.80±0.14
第6天	大部分分解在土壤中，變得十分軟爛。 pH=5.77±0.07



伍、討論與結論



1. 細磨花生殼粉的吸油能力最佳，**磁性化之後吸油能力也無明顯下降**，在吸收油份後，利用磁鐵棒更能直接將剩食的油帶走，且清洗後可以重複使用，是十分良好的磁性吸油劑。
2. 在同樣的剩食量、相同熱量之下，**不同來源剩食的電流和電壓沒有太明顯的差異**。
3. 本組製得的剩食電池具有**優秀的長效性及穩定性**，在連接LED燈泡21天後，電壓仍有2.4 V以上，電流也接近2 mA，**電流下降呈現2級反應，都明顯優於未處理的剩食**。

參考資料與文獻

- 陳鴻堂 (2020年6月9日). 臺灣土壤易缺鋅！鋅肥管理與施作方法. 豐年雜誌.
- 趙紫如、劉昀宜、邱憶如、陳昱誼 (2022年2月10日). 一『碳』究竟-探討製備廚餘電池之條件.
- 呂佩軒、陳玟均 (2020年2月10日). 銅鋅協力-高能量鋅銅電池.
- 卓家弘、周囿佑、吳翊誠 (2021年2月10日). 「氫」愛的，「ㄉㄨㄌㄨ」把我電倒了-廚餘發電探究.
- 洪鼎惟、沈睿思、葉忠福 (2020). 化工創意專題實作. 高雄市：臺科大圖書股份有限公司.