



人文
科技
創新領航

臺北市第三十八屆中小學科學展覽會

組 別：國中組

科 別：生活與應用科學

學校名稱：新民國民中學

作品名稱：廚餘來電了！

作 者：管慶安、張中維、楊筱南

指導老師：楊月萍、吳宛如



中華民國第 四十五 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生活與應用科學

組 別：國中組

作品名稱：廚餘來電了！

關 鍵 詞：鳳梨廚餘水、再生電池、資源再利用

編 號：

目錄

廚餘來電了！.....	1
壹、 摘要.....	1
貳、 研究動機.....	1
參、 研究目的.....	1
肆、 研究設備及器材.....	2
伍、 研究過程.....	2
陸、 研究結果.....	6
柒、 研究討論.....	17
捌、 研究結論.....	20
玖、 參考資料：.....	21

廚餘來電了！

壹、摘要

日本的水果時鐘引起我們的興趣，我們試著利用廚餘製成再生電池。將廚餘分成飯、菜、肉和水果四類並將各類分成兩組（加酵母粉溶液為實驗組，不加為對照組）各取 3Kg，以電壓和電流大小為基準，發現水果類的效果最佳，可做為日後實驗的來源。為避免電池中的極板晃動，需在廚餘水中加入黏稠物質，我們取高分子聚合物、洋菜粉、澱粉、海采粉和太白粉為添加物，檢驗其電流大小和保存期限，得知添加高分子聚合物的再生電池串連三個可讓自製時鐘運轉十天以上，若再加入二氧化錳做為去極劑，更可讓再生電池有效延長使用時間至二個月。再生電池在與市售電池、水果電池相較下，不但環保且能資源再利用，具有推廣價值。目前繼續改良再生電池電流過小及用途。

貳、研究動機

暑假到日本旅遊時，看到用水果發電的時鐘，覺得很特別，開學後和理化老師及同學討論，發現除了水果以外還有許多物質可以發電，再加上去年十二月政府推行廚餘及廢電池回收活動，且電池使用完大都會造成環境嚴重的汙染。因此，我們想知道這些不起眼的廚餘是否可產生能量，將其製成再生電池，代替一般的乾電池並且減少環境的汙染。

參、研究目的

- 一、 在不同的水果種類中，找出最適合製作水果電池的材料
- 二、 在不同的廚餘種類中，找出最適合製作再生電池的材料
- 三、 找出鳳梨廚餘水發酵作用的最佳時段
- 四、 在廚餘水中加入不同添加物達到凝膠的效果，並測試保存期限
- 五、 比較不同的再生電池，測其使用時間
- 六、 探討加入去極劑（二氧化錳）是否可延長再生電池使用時間

肆、 研究設備及器材

- 一、 器材：水桶 10L、三用電錶、量筒、濾紙、漏斗、燒杯、溫度計、玻棒、刮杓、菜刀、附鱷魚夾電線、鋅銅片、砂紙、口罩、報紙寶特瓶、試管刷、秤、秤量紙、酒精燈、陶瓷纖維網、三腳架、打火機、電子秤、自製時鐘、培養皿、電子錶、乾電池、鹼性電池
- 二、 藥品：高分子聚合物（聚丙烯酸鈉 Sodium polyacrylate）、洋菜粉、酵母粉、澱粉、海采粉、太白粉、二氧化錳
- 三、 水果：蘋果、檸檬、香蕉、西瓜、鳳梨
- 四、 廚餘：剩肉、剩菜、剩飯、鳳梨皮

伍、 研究過程

一、 在不同的水果種類中，找出最適合製作水果電池的材料

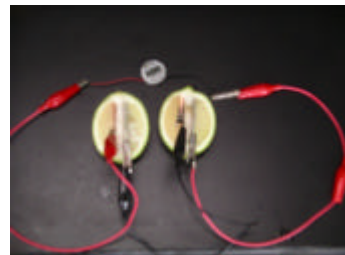
- （一）先準備蘋果、檸檬、香蕉、西瓜、鳳梨五種水果，? 種水果各 150g。
- （二）將這五種水果切成兩半，放入鋅、銅各一片當作正、負極，作為水果電池。
- （三）串聯兩個水果電池後，測其電流、電壓及電子錶時間顯示的情形。



準備五種水果



測量電壓、電流



測量電子錶時間顯示情形

（照片一）

二、在不同的廚餘種類中，找出最適合製作再生電池的材料

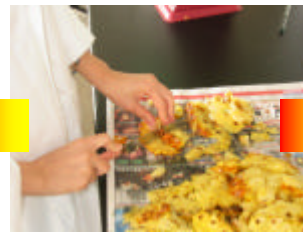
- (一) 向全校分別收集肉、菜、飯類的廚餘，並向水果攤要鳳梨皮。
- (二) 分開清洗各類廚餘，並切塊。
- (三) 將各類廚餘再分成二桶，一桶是加酵母粉溶液（酵母粉和水以 1：100 的比例配成 250ml 溶液）作為實驗組，另一桶則不加酵母粉溶液作為對照組。每桶秤 3Kg，並放入 10L 的水桶中靜置發酵。
- (四) 完成上述步驟後，每三天收集各類的廚餘水，並紀錄各類廚餘的水量、溫度、電壓、電流和 pH 值。



收集各類廚餘



清洗廚餘



廚餘切成小塊



秤重 3Kg



裝桶 3Kg



對照組



實驗組(加酵母菌溶液)



測量溫度



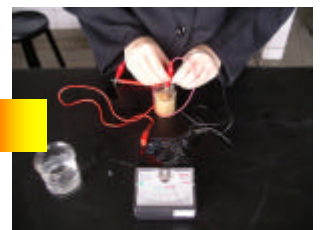
收集廚餘水



測量廚餘水量



測量 pH 值



測量電流

(照片二)

三、找出鳳梨廚餘發酵作用最佳的時段

- (一) 收集鳳梨皮並切塊，分成實驗組、對照組兩桶（各 3 kg）。
- (二) 其中一桶加入 250ml 的酵母粉溶液（酵母粉：水 = 1：100）作為實驗組。
另一桶則不做任何處理，作為對照組。
- (三) 每隔三天各收集實驗組和對照組的廚餘水一次，並紀錄其水量、電流、電壓和 pH 值大小。

四、在廚餘水中加入不同添加物成凝膠狀，並測試保存期限

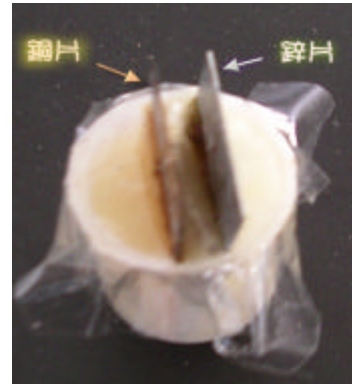
- (一) 收集靜置發酵 9 天的鳳梨廚餘水，並分裝成 50ml 的鳳梨廚餘水數杯。
- (二) 在各杯中依序加入澱粉量為 1g、2g、3g...（依此變化量增加）並各加熱 5 分鐘，靜置冷卻後測其電流及 pH 值大小。
- (三) 將添加物換成洋菜粉、高分子聚合物、太白粉和海采粉，皆按照上述步驟（一）（二）重複進行。
- (四) 將各添加物與鳳梨廚餘水依最佳比例製成再生電池。
- (五) 將各類的再生電池分別保留一杯，測試其保存期限。



利用酒精加熱



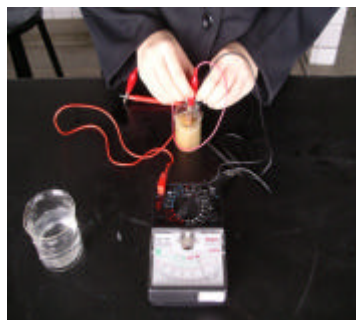
靜置冷卻



再生電池



測 pH 值



測電流

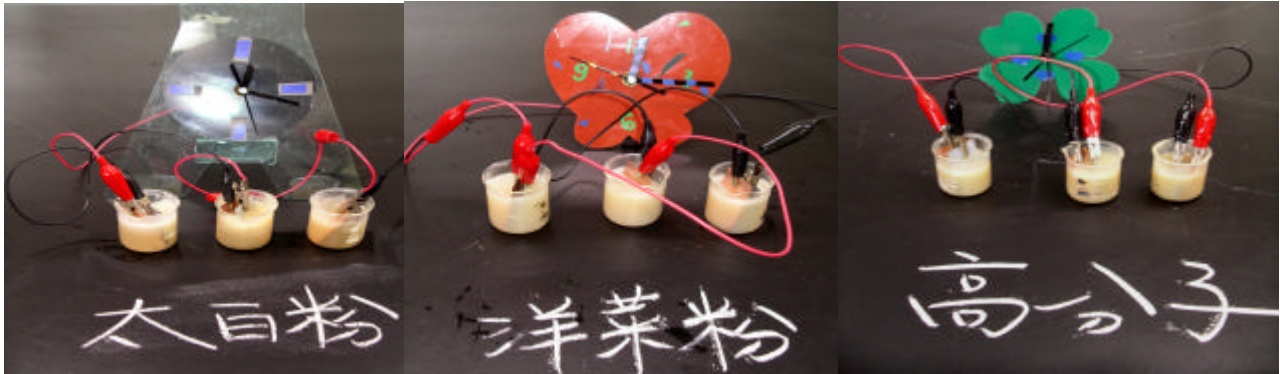


測試再生電池的保存期限

(照片三)

五、比較不同的再生電池，測其使用時間

- (一) 收集靜置發酵 9 天的鳳梨廚餘水，依上述過程四的方法製成各類再生電池。
- (二) 將各類再生電池串聯三個分別接上自製時鐘，紀錄時鐘持續運轉的時間。



含太白粉的再生電池

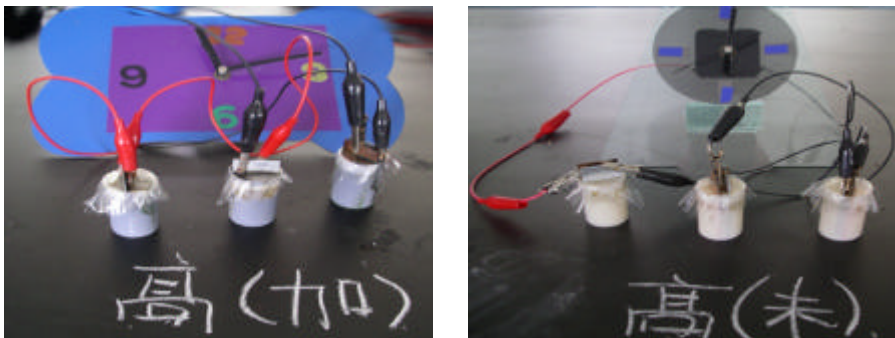
含洋菜粉的再生電池

含高分子聚合物的再生電池

(照片四)

六、探討加入去極劑（二氧化錳）是否可延長再生電池使用時間

- (一) 先收集靜置發酵 9 天的鳳梨廚餘水，並分裝至底片盒中。(每盒約 30ml)
- (二) 將其中三個底片盒分別加入適量的高分子聚合物及二氧化錳以做為實驗組，另外三個底片盒只加入適量的高分子聚合物當作對照組。
- (三) 將實驗組及對照組分別接上自製時鐘，並紀錄時鐘連續運轉的時間。
- (四) 將高分子聚合物換成洋菜粉並重複步驟 (一) (三)。



實驗組 (含二氧化錳)

對照組 (不含二氧化錳)

(照片五)

陸、 研究結果

一、 在不同的水果種類中，找出最適合製作水果電池的材料

表一 各類水果(約 150g)所測得的數據

水果種類 項目	蘋 果	檸 檬	香 蕉	西 瓜	鳳 梨
電壓(V)	1.65	1.55	1.5	1.5	1.55
電流(mA)	0.25	0.6	0.35	0.5	0.55
電子錶的時間 顯示	清楚	較清楚	清楚	清楚	較清楚

- 1.由表一可知：檸檬與鳳梨是較適合製作水果電池的材料。
- 2.因鳳梨的平均價格及重量均優於檸檬，且鳳梨削皮後所剩下的皮與果肉多，故我們希望利用鳳梨廚餘製作成再生電池。
- 3.除了鳳梨廚餘外，我們希望能找出其他適合當作再生電池的材料的廚餘。
- 4.由實驗過程中發現：新鮮水果易腐敗，無法長久保存，因此無法推廣使用。



新鮮水果（第一天）



放置三天後的水果

（照片六）

二、在不同的廚餘種類中，找出最適合製作再生電池的材料

(一) 各類廚餘水測量數據：

表二 各類廚餘水在盛產期所測得的數據

類別	放置天數	廚餘水(ml)		溫度()		電流(mA)		電壓(V)		pH 值	
		實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組
肉類	第 3 天	39	45	26	26	2.5	2	0.4	0.4	4.5	4.4
	第 6 天	35	30	27	27	5	3	0.5	0.3	4.5	4.4
	第 9 天	48	65	29	29	3.5	2	0.7	0.6	4.1	4.2
	第 12 天	26	40	27	26	5	2.5	0.5	0.6	3.8	4.3
	第 15 天	-40	23	27	27	2	1	0.4	0.5	4	4.5
菜類	第 3 天	242	120	26	26	2	1	0.5	0.5	4.1	5
	第 6 天	167	95	27	28	6	4	0.5	0.5	4.2	4.6
	第 9 天	103	76	28	29	4.5	3.5	0.5	0.5	3.5	4.6
	第 12 天	77	52	27	26	6	3.5	0.4	0.5	3.4	5.2
	第 15 天	63	46	27	26	5	4	0.5	0.4	3.4	5
飯類	第 3 天	-243	0	26	27						
	第 6 天	-216	0	26	26						
	第 9 天	-213	0	28	28						
	第 12 天	-250	0	28	27						
	第 15 天	-250	0	27	27						
鳳梨類	第 3 天	303	245	26	27	9	9	0.9	0.9	3	3.2
	第 6 天	130	144	27	26	9	8	0.9	0.9	3	3.3
	第 9 天	333	350	29	29	10	9	1	1	3.1	3.3
	第 12 天	140	155	27	27	8	7	1	0.9	3.2	3.3
	第 15 天	115	135	27	26	7	7	0.9	1	3	3.5

實驗組的水量已扣除酵母粉溶液的 250ml

表三 各類廚餘水在非盛產期所測得的數據

類別	放置天數	廚餘水 (ml)		溫度 ()		電流 (mA)		電壓 (V)		pH 值	
		實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組
肉類	第 3 天	19	25	13	13	2.8	2.2	0.4	0.4	4.4	4.5
	第 6 天	32	23	16	16	6	4	0.4	0.3	4.5	4.4
	第 9 天	24	53	22	22	3.1	2	0.6	0.6	3.9	4.1
	第 12 天	22	35	18	18	5.2	2.7	0.5	0.6	3.9	4.2
	第 15 天	-62	17	19	19	3.1	2.2	0.4	0.5	4.1	4.4
菜類	第 3 天	15	12	13	13	2	1	0.5	0.5	4.1	5
	第 6 天	25	22	16	17	6	4	0.5	0.5	4.2	4.6
	第 9 天	70	52	22	22	4.5	3.5	0.5	0.5	3.5	4.6
	第 12 天	40	35	17	18	6	3.5	0.4	0.5	3.4	5.2
	第 15 天	35	25	19	19	5	4	0.4	0.4	3.4	5
飯類	第 3 天	-250	0	13	13						
	第 6 天	-250	0	16	15						
	第 9 天	-250	0	22	22						
	第 12 天	-250	0	18	18						
	第 15 天	-250	0	20	19						
鳳梨類	第 3 天	221	123	14	13	4	3	0.9	0.9	3.6	3.4
	第 6 天	95	89	16	16	4	3.5	0.9	0.9	3.6	4.0
	第 9 天	210	130	21	22	6	4	0.9	0.9	3.4	3.5
	第 12 天	55	55	16	18	4.5	4	0.9	0.9	3.5	3.6
	第 15 天	33	68	20	20	4	3.5	0.9	1	3.4	3.5

實驗組的水量已扣除酵母粉溶液的 250ml

(二) 由表二、表三及平時實驗觀察整理出各類廚餘的優缺點，如表四。

表四 各類廚餘優缺點

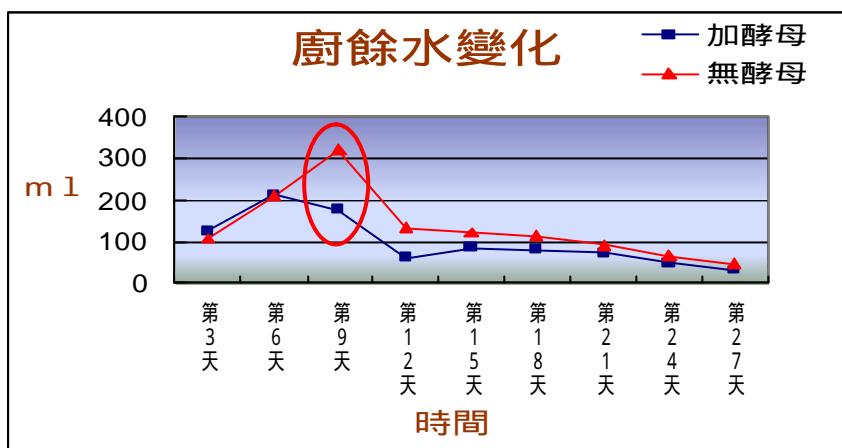
廚餘種類	優點	缺點
肉類	無	1.太多油滲入，影響電流不穩定 2.產生的廚餘水臭味重
菜類	1.廚餘水多（比飯、肉類多）	1.臭味重、易生蛆（因是菜類本身未洗乾淨） 2.雜質很多（不易過濾） 3.電流、電壓量不高 4.產生的廚餘水呈黏稠狀不好過濾
飯類	1.味道不是很臭 2.雜質不多	1.廚餘水量太少（飯會吸水）
鳳梨類	1.電流量較大 2.易脫水，廚餘水量多 3.來源易取得	1.因易脫水，故發酵期短，約二星期左右

由表四發現，鳳梨類的優點多於其他三類，故我們採用鳳梨皮作為廚餘水的來源。

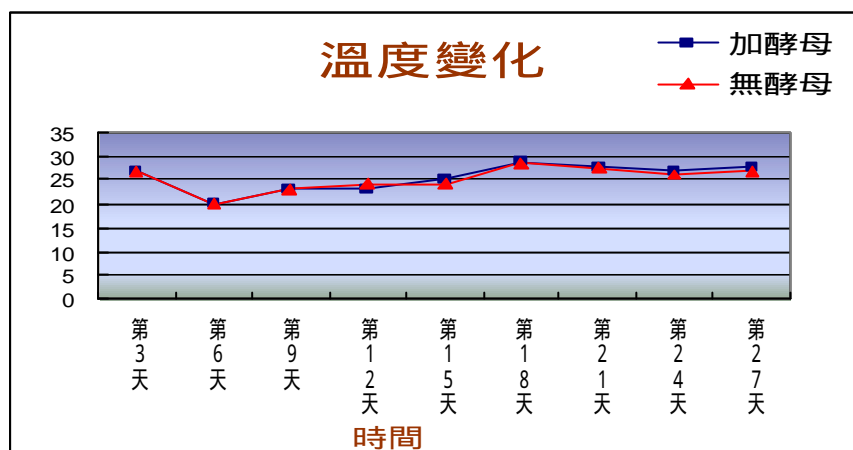
三、找出鳳梨廚餘水發酵作用的最佳時段

(一) 鳳梨廚餘水各項測量數據（表五）：

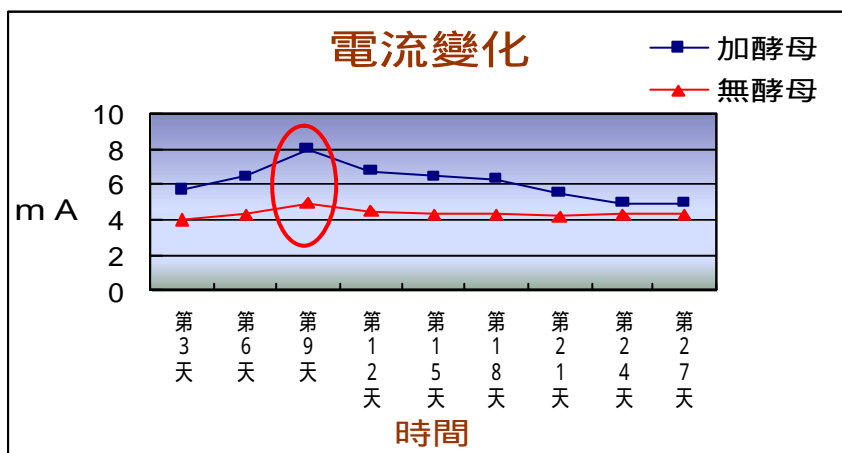
天數 收集	項目 測量值	廚餘水 (ml)		溫度 ()		電流 (mA)		pH 值	
		加酵母	無酵母	加酵母	無酵母	加酵母	無酵母	加酵母	無酵母
		實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組
第 3 天		127	105	27	27	5.75	4	3.15	3.57
第 6 天		215	210	20	20	6.5	4.25	3.13	3.44
第 9 天		275	321	23	23	8	5	3.11	3.31
第 12 天		60	133	23	24	6.75	4.5	3.14	3.44
第 15 天		84	121	25	24	6.5	4.25	3.15	3.59
第 18 天		80	113	29	28.5	6.25	4.25	3.16	3.65
第 21 天		74	90	28	27.5	5.5	4.2	3.5	3.54
第 24 天		50	63	27	26	5	4.3	3.54	3.55
第 27 天		30	45	28	27	5	4.3	3.58	3.59



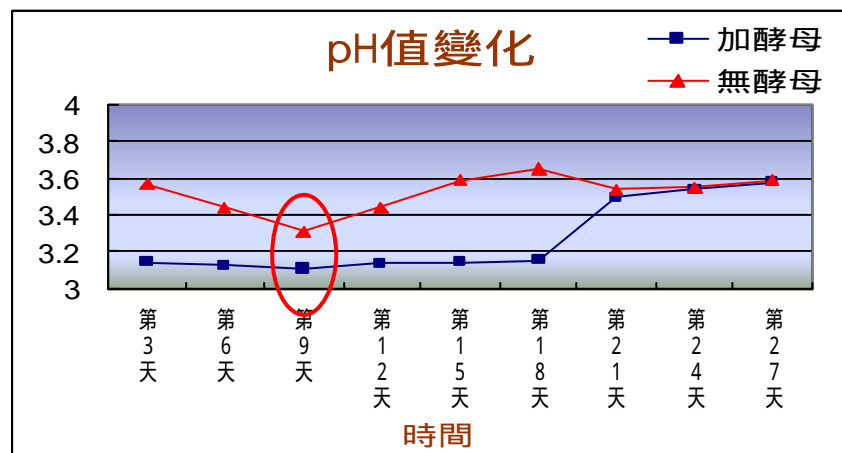
圖一 有無酵母菌對鳳梨廚餘水量的影響



圖二 有無酵母菌對鳳梨廚餘水溫度的影響



圖三 有無酵母菌對鳳梨廚餘水電流的影響



圖四 有無酵母菌對鳳梨廚餘水 pH 值的影響

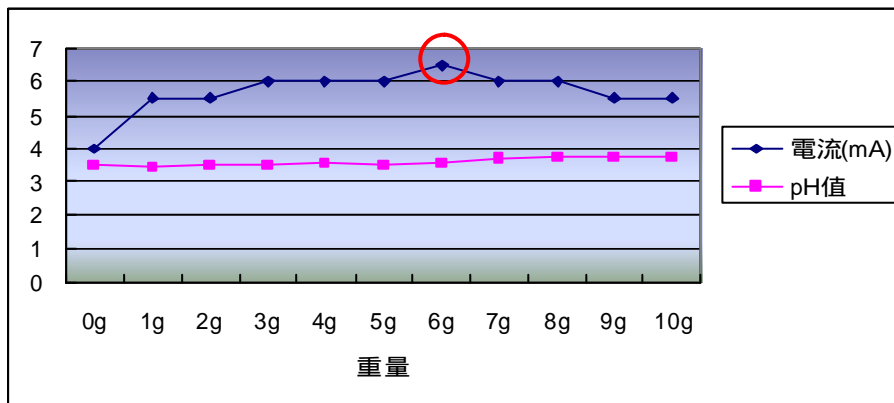
1. 由圖一可知：鳳梨廚餘有加酵母粉溶液其出水量高於未加酵母粉溶液。
2. 由圖二可知：溫度對鳳梨廚餘的發酵作用影響不大。
3. 由圖三可知：鳳梨廚餘有加酵母粉溶液時，電流較大。
4. 由圖四可知：鳳梨廚餘有加酵母粉溶液時，pH 值較小。
5. 測量鳳梨廚餘水的電流時，發現：因極板容易在水狀電解液中晃動，不易固定造成電流不穩定。故設法將鳳梨廚餘仿照市售乾電池加入添加物改良成凝膠狀。

四、在廚餘水中加入不同添加物達到凝膠的效果，並測試保存期限

(一) 在 50ml 鳳梨廚餘水中添加澱粉後測其電流和 pH 值大小

(二) 表六 在鳳梨廚餘水中加入不同質量的澱粉測其電流和 pH 值大小

項目	編號	對照組	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
澱粉(g)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
電流(mA)		4	5.5	5.5	6	6	6	6.5	6	6	5.5	5.5
pH 值		3.50	3.51	3.51	3.53	3.53	3.54	3.54	3.57	3.58	3.60	3.61

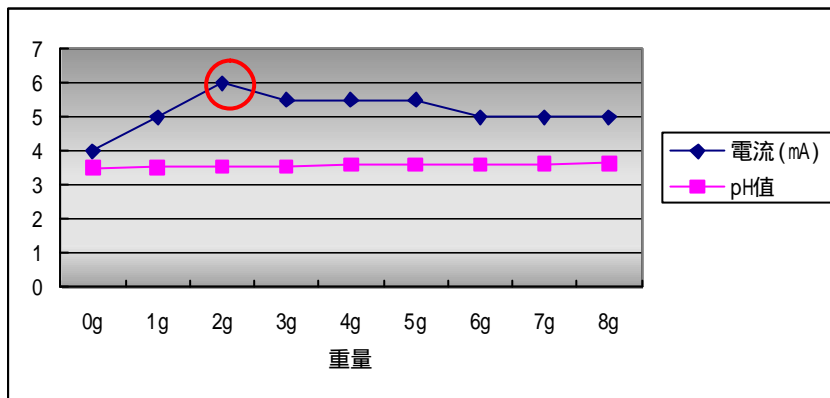


圖五 50ml 鳳梨廚餘水加入澱粉後測其電流與 pH 值大小

(三) 在 50ml 鳳梨廚餘水中添加洋菜粉測其電流和 pH 值大小

表七 在鳳梨廚餘水中加入不同質量洋菜粉測其電流和 pH 值大小

項目\編號	對照組	1	2	3	4	5	6	7	8
洋菜粉(g)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
電流(mA)	4	5	6	5.5	5.5	5.5	5	5	5
pH 值	3.50	3.53	3.54	3.56	3.60	3.60	3.61	3.63	3.64

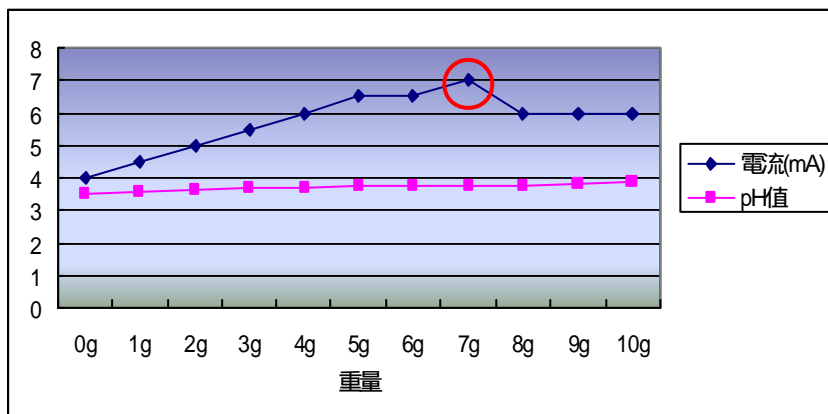


圖六 50ml 鳳梨廚餘水加洋菜粉後測其電流和 pH 值大小

(四) 在 50ml 鳳梨廚餘水中添加高分子聚合物測其電流和 pH 值大小

表八 在鳳梨廚餘水中加入不同質量高分子聚合物測其電流和 pH 值大小

項目\編號	對照組	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
高分子聚合物(g)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
電流(mA)	4	4.5	5	5.5	6	6.5	6.5	7	6	6	6
pH 值	3.50	3.60	3.64	3.69	3.72	3.74	3.73	3.76	3.78	3.82	3.85

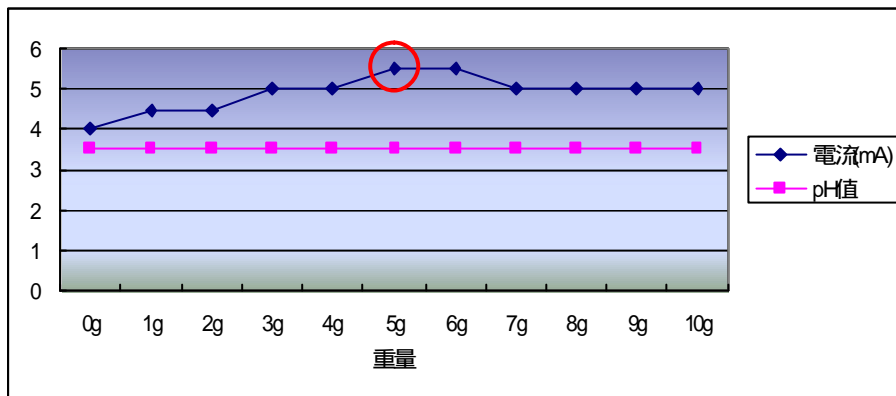


圖七 50ml 鳳梨廚餘水加入高分子聚合物後測其電流和 pH 值大小

(五) 在 50ml 鳳梨廚餘水中添加太白粉測其電流和 pH 值大小

表九 在鳳梨廚餘水中加入不同質量太白粉測其電流和 pH 值大小

項目 \ 編號	對照組	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
太白粉(g)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
電流(mA)	4	4.5	4.5	5	5	5.5	5.5	5	5	5	5
pH 值	3.50	3.50	3.51	3.51	3.52	3.52	3.52	3.50	3.51	3.52	3.53

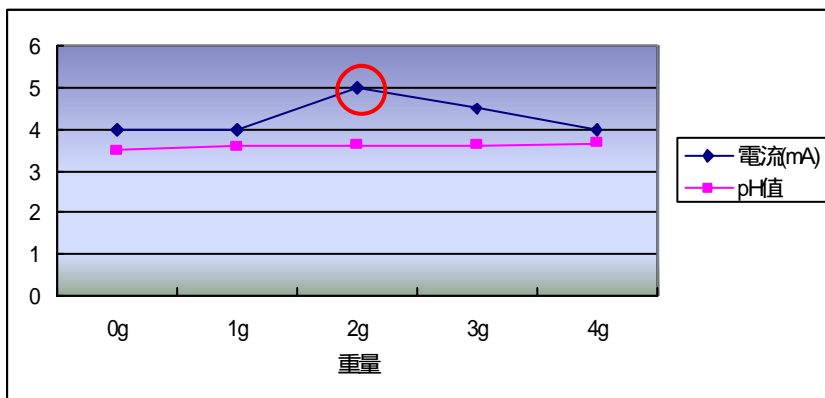


圖八 50ml 鳳梨廚餘水加太白粉後測其電流和 pH 值大小

(六) 在 50ml 鳳梨廚餘水中添加海采粉測其電流和 pH 值大小

表十 在鳳梨廚餘水中加入不同質量海采粉測其電流和 pH 值大小

項目 \ 編號	對照組	1	2	3	4
海采粉 (g)	0	1	2	3	4
電流(mA)	4	4	5	4.5	4
pH 值	3.50	3.55	3.62	3.62	3.67



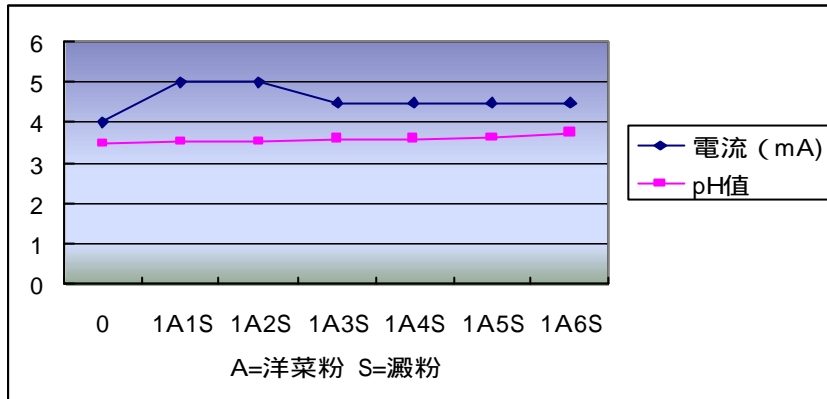
圖九 50ml 鳳梨廚餘水加入海采粉後測其電流和 pH 值大小

1. 綜合圖五 圖九可發現: 各類再生電池的 pH 值會隨著加入添加物質量的增加而微幅上升, 推測可能是受凝膠狀態的影響。

(七) 在 50ml 鳳梨廚餘水中洋菜粉和澱粉混合後測其電流和 pH 值大小

表十一 在鳳梨廚餘水中以不同質量洋菜粉和澱粉混合測其電流和 pH 值大小

項目 \ 編號	對照組	1	2	3	4	5	6
比例(g)	0	1A1S	1A2S	1A3S	1A4S	1A5S	1A6S
電流(mA)	4	5	5	4.5	4.5	4.5	4.5
pH 值	3.50	3.53	3.55	3.59	3.60	3.64	3.75

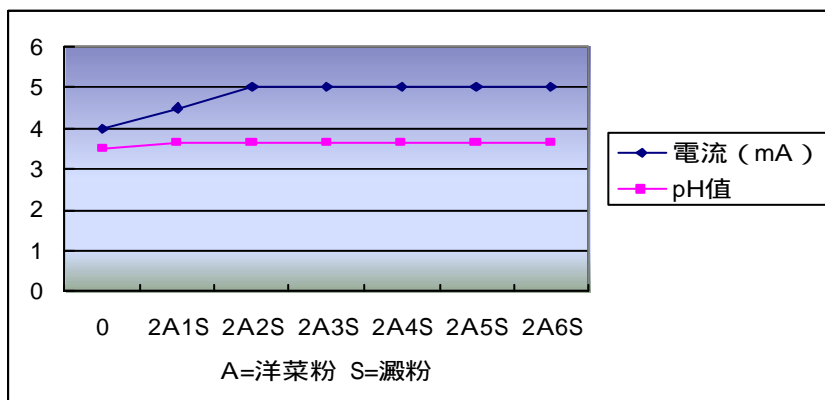


圖十 50ml 鳳梨廚餘水加入洋菜粉和澱粉後測其電流和 pH 值大小

1A 為 1g 的洋菜粉，1S 為 1g 的澱粉，其餘類推。

表十二 在 50ml 鳳梨廚餘水中洋菜粉和澱粉混合後測其電流和 pH 值大小

項目 \ 編號	對照組	1	2	3	4	5	6
比例(g)	0	2A1S	2A2S	2A3S	2A4S	2A5S	2A6S
電流(mA)	4	4.5	5	5	5	5	5
pH 值	3.50	3.63	3.63	3.63	3.65	3.66	3.65



圖十一 50ml 鳳梨廚餘水加入洋菜粉和澱粉後測其電流和 pH 值大小

- 1.綜合圖五 圖九可知，加入不同添加物所增加的電流大小為：高分子聚合物 > 澱粉 > 洋菜粉 > 太白粉 > 海采粉，以高分子聚合物所能增加的電流最大，且實驗過程中其電流亦最穩定。
- 2.綜合圖五 圖九可知，pH 值與電流大小較無關連。
- 3.綜合圖十及圖十一，可發現：若加入混合的添加物於再生電池中，電流增加效果不佳，因此建議只加入一種添加物即可。

(八) 測量加入不同添加物的再生電池保存期限

表十三 不同添加物的再生電池其發霉情形

天數 \ 種類 發霉情形	澱粉	太白粉	海采粉	洋菜粉	高分子聚合物
第一天					
第二天					
第三天	+				
第四天	++	+			
第五天	+++	++	+	+	
第六天	++++	+++	++	+	
第七天	++++++	++++	++	++	+

註:(+)代表發霉，且(+)愈多發霉愈明顯

由表十三可知，加入不同添加物所製成的再生電池其保存期限為
高分子聚合物 > 洋菜粉 > 海采粉 > 太白粉 > 澱粉

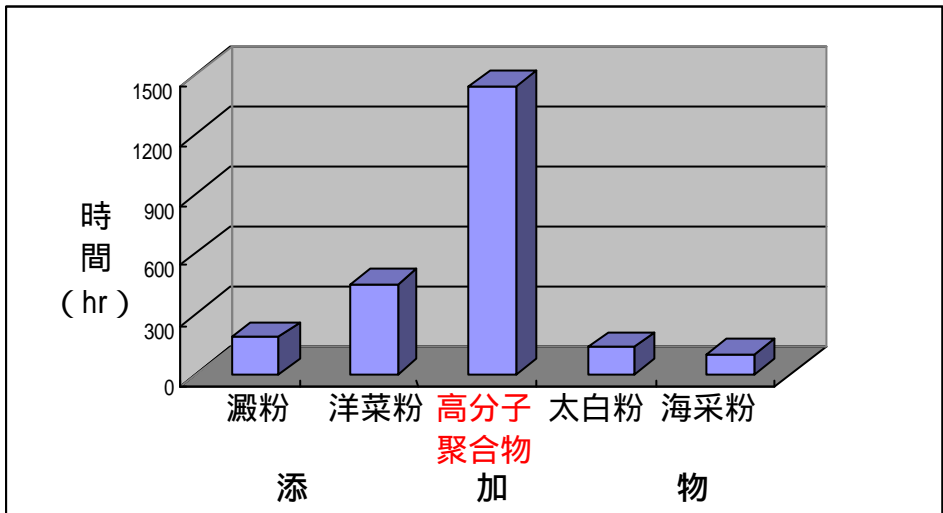


照片七 各類再生電池放置七天後的發霉情形

五、比較不同的再生電池，測其使用時間

(一) 表十四 紀錄不同種類的再生電池，可使時鐘連續運轉的時間（盛產期）

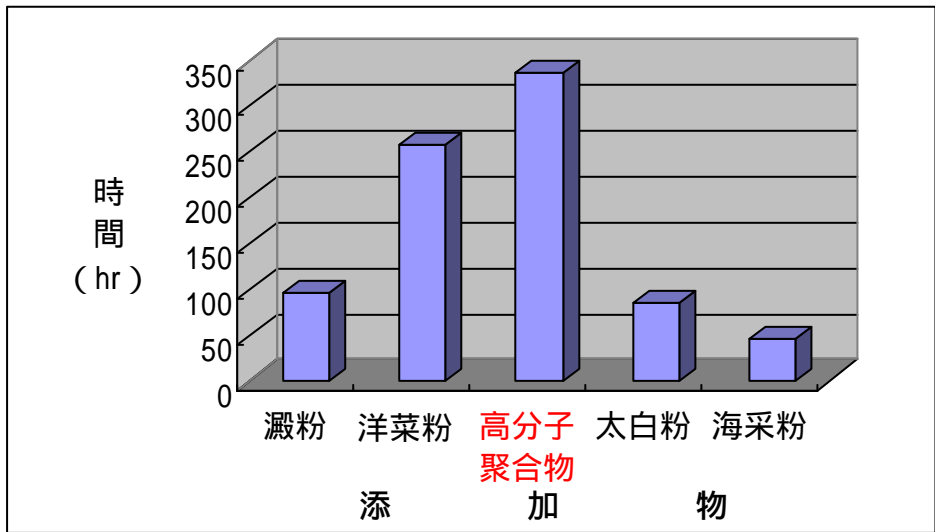
添加物的種類	澱粉 6g	洋菜粉 2g	高分子聚合物 7g	太白粉 5g	海采粉 3g
原始電流 (mA)	8	8	8	8	8
加入後電流 (mA)	11	10	12	9.5	9
時鐘運轉時間 (hr)	183	448	1450	128	89.5



圖十二 在盛產期不同種類的再生電池運轉時間

表十五 紀錄不同種類的再生電池，可使時鐘連續運轉的時間（非盛產期）

添加物的種類	澱粉 6g	洋菜粉 2g	高分子聚合物 7g	太白粉 5g	海采粉 3g
原始電流 (mA)	4	4	4	4	4
加入後電流 (mA)	6.5	6.0	7	5.5	5
時鐘運轉時間 (hr)	96	257.5	336	84.5	46.35



圖十三 在非盛產期不同種類的再生電池運轉時間

- 1.由表十四及表十五發現：澱粉的電流增加量雖大於洋菜粉，但澱粉加熱溶解過程中不易均勻，所以影響電池的使用時間。
- 2.由表十四及表十五發現：在盛產期所製作的再生電池，其可使用的時間較長。

六、探討加入去極劑（二氧化錳）後是否可延長再生電池使用時間

表十六 再生電池中加入去極劑後，自製時鐘連續運轉時間的變化

添加物	高分子聚合物		洋菜粉	
	不加二氧化錳	加入二氧化錳	不加二氧化錳	加入二氧化錳
處理方式				
電流 (mA)	7	7	6	6
時間 (hr)	336	405	260.5	312

(一) 由表十六可知，再生電池中的添加物以加入高分子聚合物的電流和使用時間，皆優於洋菜粉。

(二) 加入二氧化錳做為去極劑，可有效延長再生電池的使用時間。

柒、研究討論

- 一、在不同水果種類中以鳳梨及檸檬的電流和電壓為最佳。
- 二、剛開始漏出的鳳梨廚餘水，帶有微微的水果酒味，但是約 3 個星期後，鳳梨廚餘水帶有濃濃的酸味，應該是：醱類先發酵變成酒之後再轉變成酸性物質。
- 三、鳳梨廚餘放久後，廚餘桶內的鳳梨上面會附著一層白色物質，由顯微鏡觀察發現是黴菌。
- 四、由表二及表三可得知，實驗組（加酵母粉溶液）其電流較對照組大，pH 值較小，因此我們選擇有加酵母粉溶液的鳳梨廚餘水作為日後實驗的主要來源。
- 五、由表二及表三可得知，夏天為鳳梨的盛產期，故水量及電流均較冬天時為佳。
- 六、由表五得知，廚餘桶內的溫度對電流影響不大，且同類的電解液其電壓變化不大，因此我們往後將不探討溫度及電壓的變化。
- 七、由圖（三）得知，鳳梨廚餘水放置大約 9 天左右，其電流達到高峰期，且測試過程中電流亦較穩，所以日後直接收集放置 9 天的鳳梨廚餘水。
- 八、由圖（三）可發現：鳳梨廚餘水放越久，電流越大（約在第 9 天達到最高峰），但放過久（約 9 天後），電流反而會下降。
- 九、綜合圖五~九可得知，鳳梨廚餘水加入不同的添加物，其 pH 值的大小與電流的變化較無關聯。

十、綜合表六 表十比較鳳梨廚餘水加入各種添加物所製造的再生電池之優缺點，如下：

添加物種類	優點	缺點
澱粉	1.易取得 2.價錢最便宜 3.電流較大	1.最容易發霉
洋菜粉	1.易凝膠 2.電流穩 3.加熱後易均勻凝膠	1.價錢最貴 2.易孳生果蠅
高分子聚合物	1.電流較大且穩定 2.最不容易發霉 3.能讓時鐘連續運轉的時間最長	1.最不易取得
太白粉	1.易取得	1.容易發霉 2.放置時間短
海采粉	1.不需加熱，攪拌即可凝膠 2.不易發霉	1.電流變化最小 2.不易取得

十一、承十，可得知鳳梨廚餘水中以加入洋菜粉或高分子聚合物效果為佳。

十二、由表十一和表十二可得知，添加物混合後的電流增加效果不佳，故鳳梨廚餘水中並不適合同時加入兩種以上的添加物。

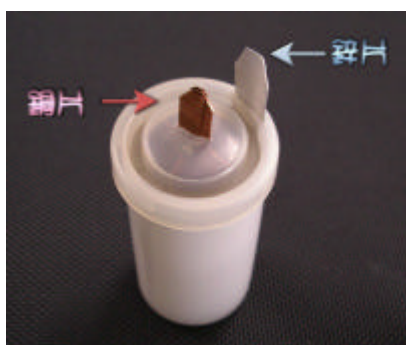
十三、由表十三可發現，洋菜粉及高分子聚合物所製成的再生電池較不易發霉，當中又以高分子聚合物的再生電池保存效果最佳。

十四、由表十四和表十五可得知，鳳梨廚餘水中添加洋菜粉或高分子聚合物，可讓自製時鐘連續運轉 10 天以上。

十五、凝膠狀的鳳梨廚餘水，其電流不但穩定且使用時間較長。

十六、因實驗過程中發現，鋅片表層易受酸性的廚餘水侵蝕而破壞，故仿照市售的乾電池中，在鳳梨廚餘水中添加二氧化錳作為去極劑，以保護鋅片並延長再生電池的使用時間，如表十六。

十七、為方便攜帶，將自製的再生電池仿照市售的乾電池加以改良，如照片八及圖十四。



照片八 自製再生電池的外觀



圖十四 自製再生電池剖面圖

十八、比較普通電池、水果電池與再生電池電壓、電流及使用時間

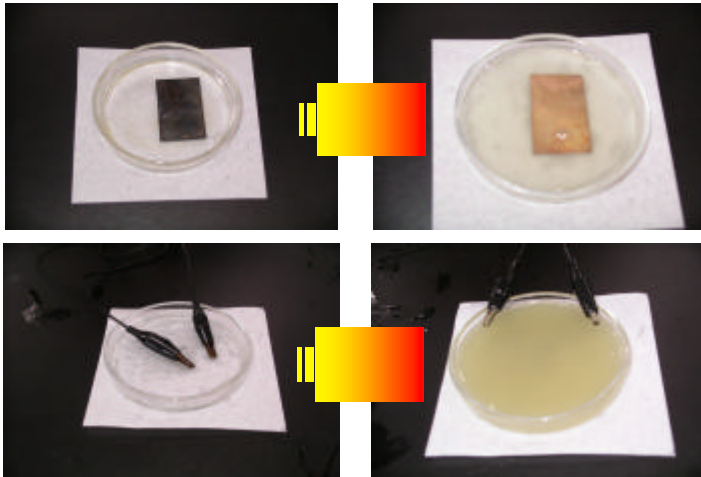
電池種類	普通電池 (各一個)		水果電池 (各約 150g)		再生電池 (各約 150g)	
名稱	乾電池	鹼性電池	檸檬	鳳梨	高分子聚合物	洋菜粉
電壓(V)	1.5	1.55	1.55	1.55	2	2
電流(mA)	極大	極大	0.6	0.55	7	6
使用時間(天)	約 90 天	90 天以上	0	0	約 17 天	約 13 天

十九、比較普通電池、水果電池及再生電池的優缺點

電池種類	優點	缺點
普通電池	<ol style="list-style-type: none"> 1.容易攜帶且易取得 2.用途廣 3.電流較大且穩定 4.外型美觀 5.使用時間久 	<ol style="list-style-type: none"> 1.價錢貴 2.不環保 3.放置過久內容物易外洩
水果電池	<ol style="list-style-type: none"> 1.美觀 2.環保 3.製作容易 4.材料易取 	<ol style="list-style-type: none"> 1.易孳生蚊蟲、保存期限短(約三天) 2.價錢昂貴 3.電流小 4.浪費資源且用途不廣
再生電池	<ol style="list-style-type: none"> 1.環保且便宜 2.製作容易 3.可使資源再利用 4.電流穩定 	<ol style="list-style-type: none"> 1.內容物易外洩 2.電流小 3.用途不廣

捌、 研究結論

- 一、 實驗過程中發現，將生鏽的金屬片放入鳳梨廚餘水中易將生鏽的部分去除，應該是酸性物質與生鏽的部分發生反應。



新除鏽大師---神奇廚餘水

- 二、 鳳梨廚餘水因發酵後會產生電解質，可作為植物肥料的添加劑。
- 三、 實驗中發現：鳳梨廚餘水發酵後亦可去除油污，推測應該是鳳梨廚餘水發酵後可能具有親油基可將油污帶走。
- 四、 從討論得知：在鳳梨廚餘水中加入高分子聚合物及二氧化錳，在盛產期可讓自製的時鐘連續運轉 2 個月以上。
- 五、 由本次實驗發現，鳳梨廚餘水雖具有提供能源的效果，但其電流太小，只適用於耗電量較小的電器，無法普及，故日後可朝加大電流為努力方向。
- 六、 我們自製的再生電池在許多方面都優於水果電池及市售乾電池，因此具有推廣的可能性。
- 七、 建議：製造鳳梨罐頭的業者可在工廠旁設立鳳梨廚餘回收廠，以製成鳳梨再生電池。

玖、參考資料：

- 一、國中理化課本第二冊第 11 章、第三冊第 13 章。國立編譯館。台北。
- 二、楊訓庭、林福興、陳覆恆和徐堯慶。利用蔬菜水果製作電池的研究。北市科展第二十一屆。
- 三、葉一芥、林子淇、劉美辰、謝曼晴和宋淑貞。鐵銅電池之探討及改良。花蓮縣立國風國民中學科展。
- 四、惠沁宜、楊全琮、連健宏、鄒偉桐、嚴成翰和劉詠仁。自製迷你電池之探討。北市科展第三十六屆。
- 五、謝明芸、宋淑貞、楊馥菱、李旻穗、黃燕靜和溫開俊。鋅銅電池之探討及改良。花蓮縣立國風國民中學科展。