

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

最佳(鄉土)教材獎

030203

“凍”未條！水果在放電～蕃茄「果凍」鋅銅乾  
電池

學校名稱：雲林縣立雲林國民中學

作者：  國二 潘建達  國二 曾揚傑  國二 劉承翰	指導老師：  李靜怡  尤佐丞
-----------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：水果電池、鋅銅電池、果凍電池

# “凍”未條！水果在放電~蕃茄「果凍」鋅銅乾電池

## 摘要

我們以生活中多汁、具酸性的水果做為電解質溶液，利用不同金屬製作電池，發現**鋅、銅**二種金屬做為電極之電池，其電壓、電流較高，而水果則以**蕃茄**效果較好，為了攜帶方便，於是加入**洋菜**製成**水果果凍**，發現其電流、電壓未降低，且可增加使用持久性，因此製作出**可攜帶且不漏液之「蕃茄果凍鋅銅乾電池」**。

在實驗中，也發現**電極面積越大、電極距離越近、及70%濃度**可提高**電流**值，但對於電壓則差異不大，影響**電壓**最大的因素則是**金屬片的種類**，另串聯電池可提高電壓，達到啓動電壓啓動電器，並聯電池則可提高電流，延長使用時間，於是我們利用串、並聯使電壓、電流達到電器所需之值，且**實際應用於LED燈及鬧鐘**，發現可使用長達二十幾天。

## 壹、研究動機

現代環保意識高漲，垃圾問題與能源問題不斷的浮現，各種能源越來越缺乏，為了環境，必須有呼應時代需求的新能源；看到果農辛苦栽種的水果，因為生產過剩，而任其腐敗，我們心想，若能讓其成為另一種新能源，又與現代環保意識相呼應，這何嘗不是一種創舉呢？

## 貳、研究目的

- 一、探討影響水果電池之因素
  - (一) 水果種類
  - (二) 電極深度(接觸面積)
  - (三) 電極距離
  - (四) 電極金屬片種類
  - (五) 果汁濃度
- 二、探討製成果凍電池是否可產生相同效果。
- 三、研究各種形式的水果電池並實際運用於生活中的電器。
- 四、製作出可攜帶且不漏液之蕃茄果凍鋅銅乾電池。

## 參、研究設備及器材

### 一、水果：

(一)茂谷柑、(二)香蕉、(三)檸檬、(四)蘋果、(五)柳丁、(六)楊桃、(七)蕃茄、(八)奇異果、  
(九)葡萄柚

### 二、金屬片：

(一)鋁片(1cm×10cm、2cm×2cm)、  
(二)銅片(1cm×10cm、2cm×2cm、2cm×5cm、2cm×10cm)、  
(三)鋅片(1cm×10cm、2cm×2cm、2cm×5cm、2cm×10cm)、  
(四)鐵片(1cm×10cm)、  
(五)鉛片(1cm×10cm)

### 三、容器：

(一)燒杯(50mL、100 mL、250mL)、(二)奶粉盒(約 125mL)、(三)四分格奶粉盒

### 四、測量工具：

(一)鱷魚線、(二)三用電錶、(三)直尺

### 五、製成果凍器材：

(一)洋菜粉、(二)瓦斯爐、(三)鍋子

### 六、電器：

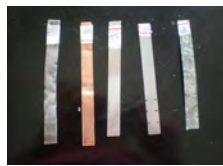
(一)LED 燈、(二)鬧鐘、(三)數位計時器

### 七、其他器材：

(一)蒸餾水、(二)果汁機、(三)珍珠板、(四)保鮮膜、(五)冰棒棍



水果



1\*10 金屬片



2\*10 金屬片



奶粉盒



三用電錶



洋菜粉



Led 燈



鬧鐘

圖 1 實驗器材

## 肆、研究過程或方法

### 一、探討影響水果電池的不同因素

#### (一) 水果種類(分直接採用果肉及榨汁兩種方式)

##### 1. 直接採用果肉

- (1)將茂谷柑、香蕉、檸檬、蘋果、柳丁、楊桃、蕃茄、奇異果、葡萄柚等水果切開。
- (2)以鋁片(1cm×10cm)當負極、銅片(1cm×10cm)當正極，電極深度1cm且相距1cm，以三用電錶分別測量其每種水果之電壓及電流。

##### 2. 榨汁

- (1)將茂谷柑、香蕉、檸檬、蘋果、柳丁、楊桃、蕃茄、奇異果、葡萄柚等水果榨汁，約取50mL。
- (2)以鋁片(1cm×10cm)當負極、銅片(1cm×10cm)當正極，電極深度1cm且相距1cm，以三用電錶分別測量其每種水果之電壓及電流。

#### (二) 電極深度(接觸面積)

1. 改變電極深度為1cm、2cm、3cm，測量(1)直接採用果肉及(2)榨汁之電壓及電流。

#### (三) 電極距離

1. 改變電極距離1cm、2cm、3cm，測量(1)直接採用果肉及(2)榨汁之電壓及電流。

#### (四) 電極金屬片種類

1. 採用電流較大的蕃茄作為此實驗之電解質溶液。
2. 改變電極為鋅片(1cm×10cm)和銅片(1cm×10cm)；鐵片(1cm×10cm)和銅片(1cm×10cm)；鉛片(1cm×10cm)和銅片(1cm×10cm)分別測量電壓及電流。

#### (五) 果汁濃度

1. 將蕃茄榨汁，加入蒸餾水分別調配濃度為100%、90%、80%、70%、60%、50%、40%、30%、20%、10%、0%各50mL。
2. 以電壓值較大的鋅片(1cm×5cm)當負極、銅片(1cm×5cm)當正極，電極深度固定3cm，距離1cm，分別測量各種濃度蕃茄汁之電壓及電流。

### 二、探討製成果凍電池是否可產生相同效果

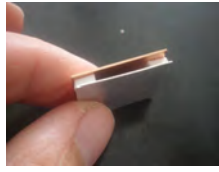
- (一) 將50mL煮沸的洋菜水中，攪拌均勻並倒入容器中，放入冰箱冷藏以製成果凍。  
(洋菜：水=10g：750mL)
- (二) 探討果凍形態之電池，與水果種類、電極深度(接觸面積)、電極距離之影響。

### 三、研究各種形式的水果電池並實際運用於生活中的電器

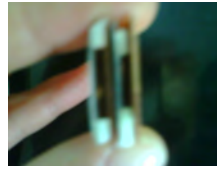
#### (一) 形式(一) 合杯內串聯

1. 以鋁、銅金屬片組成一組(邊長為2cm×2cm)，以泡棉膠固定四角，避免鋁銅片接觸。深度固定1cm，以三用電錶分別測量茂谷柑汁之電壓及電流。(圖2)

2. 以相同方式將鋁、銅金屬片組成另一組，利用鋁-銅-鋁-銅方式疊合，以三用電錶分別測量茂谷柑汁之電壓及電流。(圖 3)



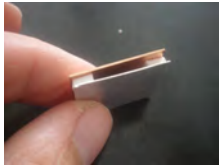
(圖 2)



(圖 3)

(二) 形式(二) 合杯內並聯(金屬片 2\*2cm)

1. 以鋁、銅金屬片組成一組(邊長為 2cm\*2cm)，以泡棉膠固定四角，避免鋁銅片接觸(圖 4)，深度固定 1cm，以三用電錶分別測量蕃茄汁及茂谷柑汁之電壓及電流。
2. 增加金屬片數為 2 片、3 片、4 片、5 片，將銅一邊貼泡棉膠與上片銅不接觸，一邊則與上片銅接觸，重複步驟(二)。(圖 5~7)



(圖 4)



(圖 5)



(圖 6)



(圖 7)

(三) 形式(三) 合杯內並聯(金屬片 1\*10cm)

1. 分別測量鋁-銅、鋅-銅兩組不同之金屬片在蕃茄汁之電壓及電流，固定深度為 3cm。
2. 增加金屬片片數為 2 片、3 片、4 片、5 片，可利用橡皮筋及冰棒棍固定兩金屬片之間距離，使金屬片不接觸(圖 8、9)，利用三用電表測量電壓及電流。
3. 將水果電池應用於 LED 燈及鬧鐘。



(圖 8)



(圖 9)

(四) 形式(四) 分杯串聯及並聯(金屬片 2\*10cm)

1. 利用鋅片、銅片當電極，盡量把金屬片完全置於奶粉盒內(圖 10)，再倒入番茄洋菜水混合液，使其成果凍後，再進行實驗(圖 11)。
2. 將奶粉盒串、並聯，分別測量電壓及電流，將水果電池應用於 LED 燈及鬧鐘。



(圖 10)



(圖 11)

(五) 形式(五) 分杯串聯及並聯(金屬片 2\*5cm)

1. 將蕃茄洋菜水直接倒入 4 個奶粉盒內，使其成形。
2. 每一個奶粉盒皆插入 2cm×5cm 的鋅銅兩金屬片。
3. 將奶粉盒串、並聯，分別測量電壓及電流。
4. 將水果電池應用於 LED 燈及鬧鐘。

#### 四、製作出可攜帶且不漏液之蕃茄果凍鋅銅乾電池

##### (一) 電池(一)

1. 先將奶粉盒蓋子邊緣用加熱過的美工刀割出二條線，將 2cm×5cm 鋅片及銅片金屬片一邊用剪刀剪出一個細長條(圖 12)，然後將金屬片通過奶粉盒，使其漏出一部分金屬在奶粉盒外，使其可連接電線。裝置如(圖 13~15)。
2. 將蕃茄洋菜水倒入奶粉盒內，使其冷卻成果凍。
3. 測量個別電壓及電流，再串聯 2 個測量電壓電流，最後將串聯的二組，再並聯，測量電壓及電流。
4. 連接 LED 燈及鬧鐘使用。



(圖 12)



(圖 13)



(圖 14)



(圖 15)

##### (二) 電池(二)

1. 將各五片鋅片和銅片利用膠帶將一端固定住，使其金屬片相接觸，在另一端用珍珠板作隔層(圖 16)，使金屬片不接觸且有空間，再利用膠帶固定於四分格奶粉盒內，裝置如(圖 17)。
2. 倒入蕃茄洋菜水於四分格奶粉盒，使其冷卻成果凍。
3. 測量個別電壓及電流，再串聯 2 個測量電壓電流，最後將串聯的二組，再並聯，測量電壓及電流。
4. 連接 LED 燈及鬧鐘使用。



(圖 16)



(圖 17)

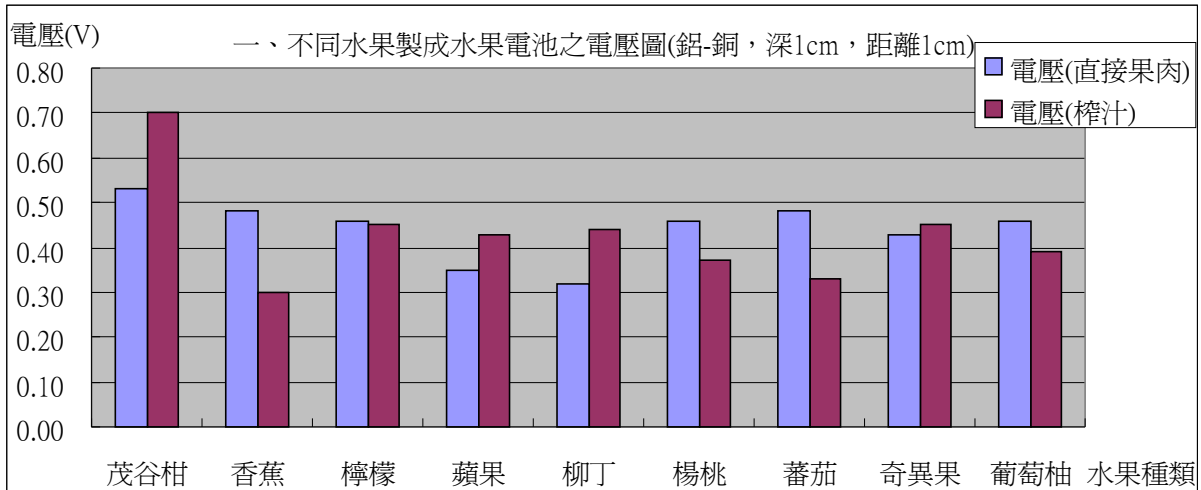
## 伍、研究結果

### 一、探討影響水果電池的不同因素

#### (一) 水果種類(分直接採用果肉及榨汁兩種方式)

##### 1. 電壓

水果種類	茂谷柑	香蕉	檸檬	蘋果	柳丁	楊桃	蕃茄	奇異果	葡萄柚
直接果肉	0.53	0.48	0.46	0.35	0.32	0.46	0.48	0.43	0.46
榨汁	0.70	0.30	0.45	0.43	0.44	0.37	0.33	0.45	0.39

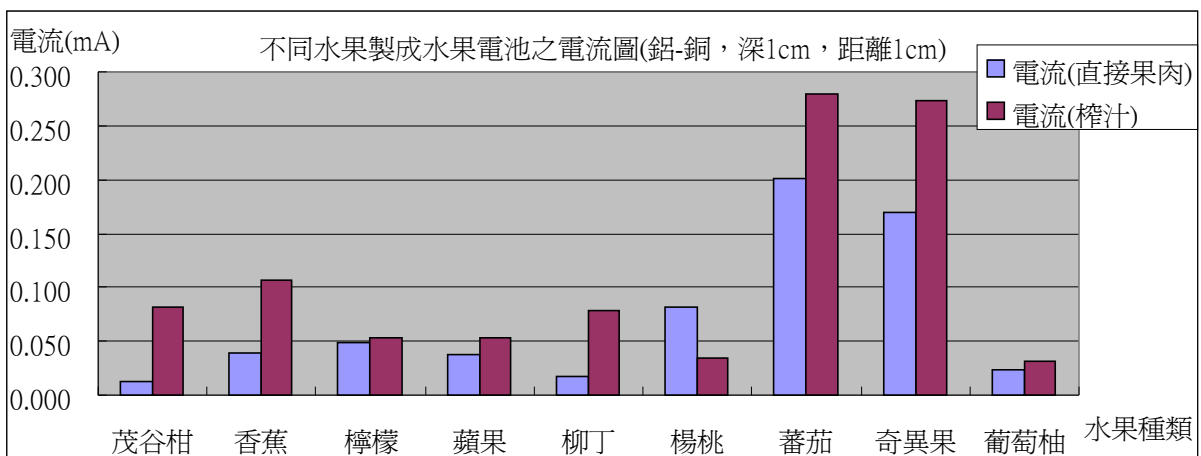


電壓：茂谷柑榨汁最大、茂谷柑直接果肉次之、香蕉榨汁最小。

直接果肉或榨汁電壓值變化不一定，須依水果種類而定。

##### 2. 電流

水果種類	茂谷柑	香蕉	檸檬	蘋果	柳丁	楊桃	蕃茄	奇異果	葡萄柚
直接果肉	0.013	0.040	0.048	0.038	0.017	0.081	0.201	0.170	0.024
榨汁	0.081	0.107	0.053	0.053	0.078	0.034	0.280	0.273	0.031



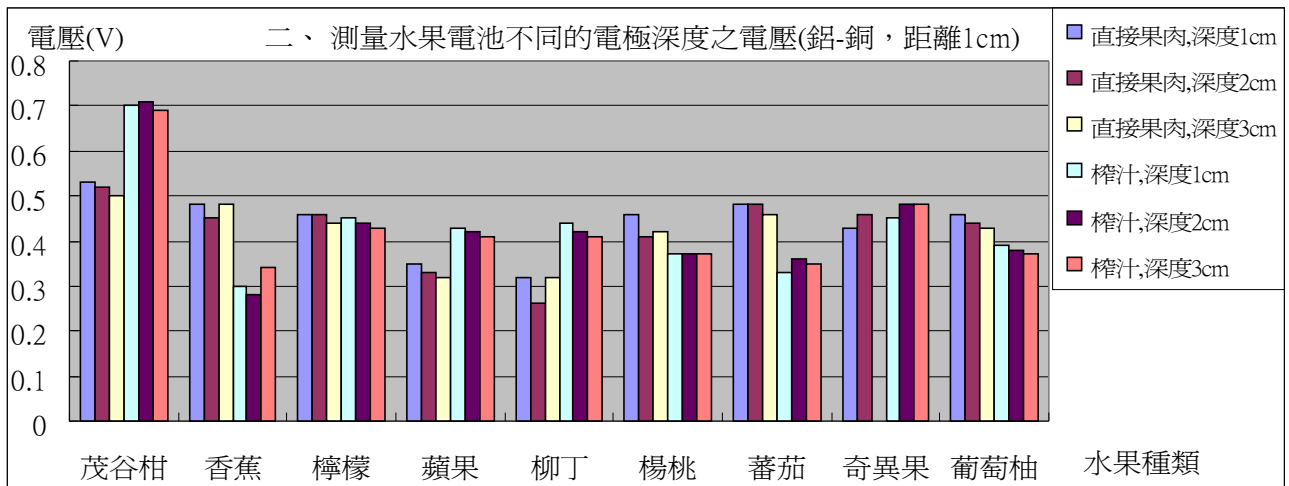
電流：蕃茄榨汁最大、奇異果榨汁次之、柳丁直接果肉最小。

大部分的水果榨汁皆比直接測量果肉之電流值大。

## (二) 電極深度(接觸面積)

### 1. 電壓

電壓	水果種類	面積	茂谷柑	香蕉	檸檬	蘋果	柳丁	楊桃	蕃茄	奇異果	葡萄柚
直接 果肉	深度 1cm	1cm <sup>2</sup>	0.53	0.48	0.46	0.35	0.32	0.46	0.48	0.43	0.46
	深度 2cm	2cm <sup>2</sup>	0.52	0.45	0.46	0.33	0.26	0.41	0.48	0.46	0.44
	深度 3cm	3cm <sup>2</sup>	0.5	0.48	0.44	0.32	0.32	0.42	0.46	X	0.43
榨汁	深度 1cm	1cm <sup>2</sup>	0.7	0.3	0.45	0.43	0.44	0.37	0.33	0.45	0.39
	深度 2cm	2cm <sup>2</sup>	0.71	0.28	0.44	0.42	0.42	0.37	0.36	0.48	0.38
	深度 3cm	3cm <sup>2</sup>	0.69	0.34	0.43	0.41	0.41	0.37	0.35	0.48	0.37



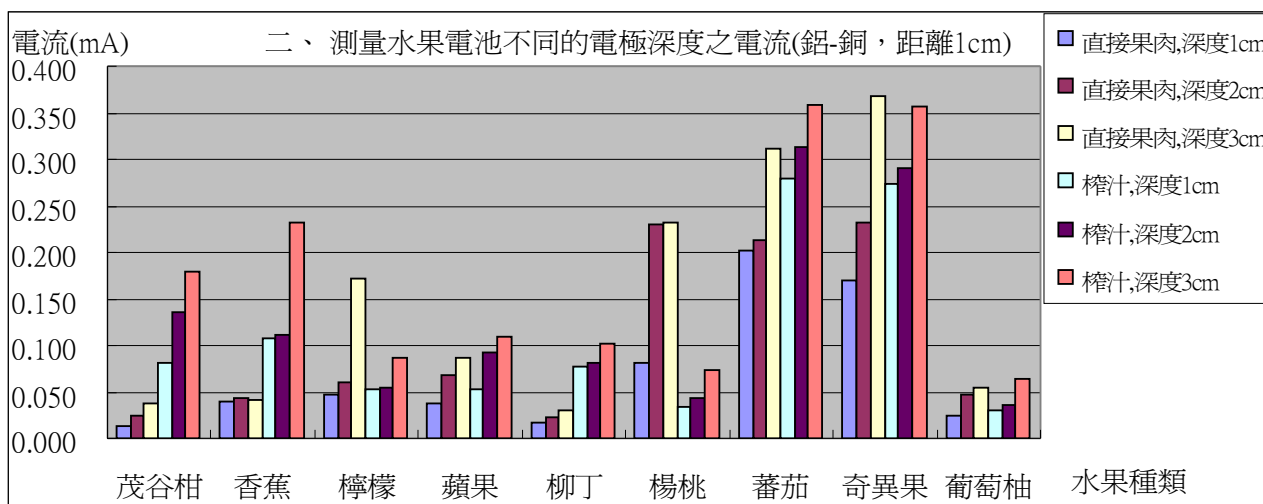
電壓：茂谷柑榨汁最大、奇異果榨汁次之、香蕉榨汁最小。

深度不影響電壓，整體上差異不大。

### 2. 電流

電流	水果種類	面積	茂谷柑	香蕉	檸檬	蘋果	柳丁	楊桃	蕃茄	奇異果	葡萄柚
直接 果肉	深度 1cm	1cm <sup>2</sup>	0.013	0.040	0.048	0.038	0.017	0.081	0.201	0.170	0.024
	深度 2cm	2cm <sup>2</sup>	0.025	0.044	0.060	0.068	0.023	0.231	0.213	0.232	0.048
	深度 3cm	3cm <sup>2</sup>	0.037	0.042	0.172	0.087	0.031	0.233	0.311	0.367	0.055
榨汁	深度 1cm	1cm <sup>2</sup>	0.081	0.107	0.053	0.053	0.078	0.034	0.280	0.273	0.031
	深度 2cm	2cm <sup>2</sup>	0.135	0.111	0.054	0.093	0.082	0.043	0.313	0.291	0.036
	深度 3cm	3cm <sup>2</sup>	0.180	0.232	0.087	0.110	0.101	0.073	0.359	0.356	0.064





電流：奇異果最大、蕃茄次之、葡萄柚最小。

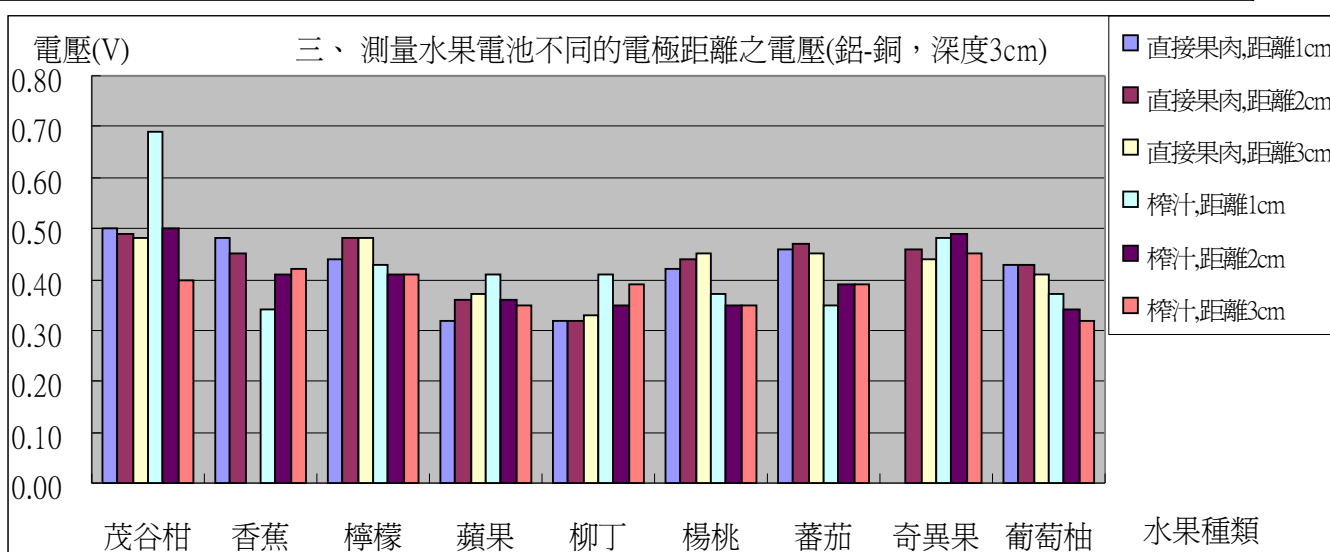
深度影響電流，深度越深電流越大，且增加很多。(深度 3cm > 2cm > 1cm)

### (三) 電極距離

#### 1. 電壓

電壓	水果種類	茂谷柑	香蕉	檸檬	蘋果	柳丁	楊桃	蕃茄	奇異果	葡萄柚
直接果肉	距離 1cm	0.50	0.48	0.44	0.32	0.32	0.42	0.46	x	0.43
	距離 2cm	0.49	0.45	0.48	0.36	0.32	0.44	0.47	0.46	0.43
	距離 3cm	0.48	x	0.48	0.37	0.33	0.45	0.45	0.44	0.41
榨汁	距離 1cm	0.69	0.34	0.43	0.41	0.41	0.37	0.35	0.48	0.37
	距離 2cm	0.50	0.41	0.41	0.36	0.35	0.35	0.39	0.49	0.34
	距離 3cm	0.40	0.42	0.41	0.35	0.39	0.35	0.39	0.45	0.32

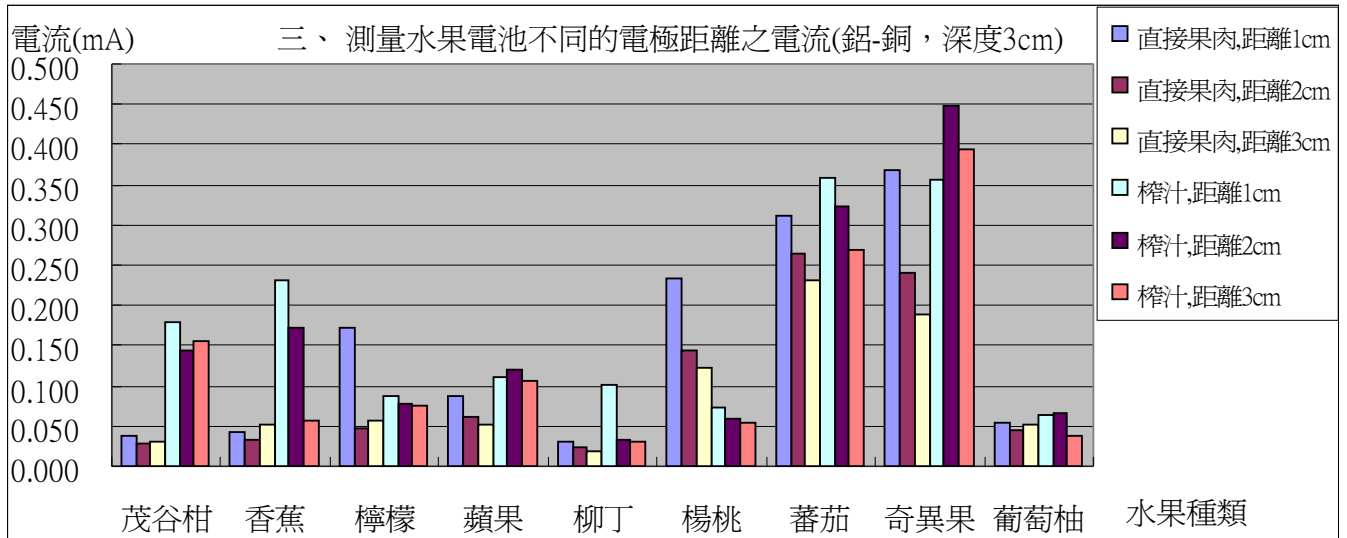
備註：X 代表無法測量到此距離



電壓因距離因素差異不大。

## 2. 電流

電流	水果種類	茂谷柑	香蕉	檸檬	蘋果	柳丁	楊桃	蕃茄	奇異果	葡萄柚
直接果肉	距離 1cm	0.037	0.042	0.172	0.087	0.031	0.233	0.311	0.367	0.055
	距離 2cm	0.028	0.034	0.047	0.061	0.023	0.143	0.264	0.241	0.045
	距離 3cm	0.030	0.051	0.057	0.051	0.018	0.123	0.231	0.189	0.053
榨汁	距離 1cm	0.180	0.232	0.087	0.110	0.101	0.073	0.359	0.356	0.064
	距離 2cm	0.143	0.171	0.079	0.120	0.032	0.060	0.322	0.447	0.065
	距離 3cm	0.156	0.057	0.076	0.107	0.031	0.055	0.270	0.393	0.038

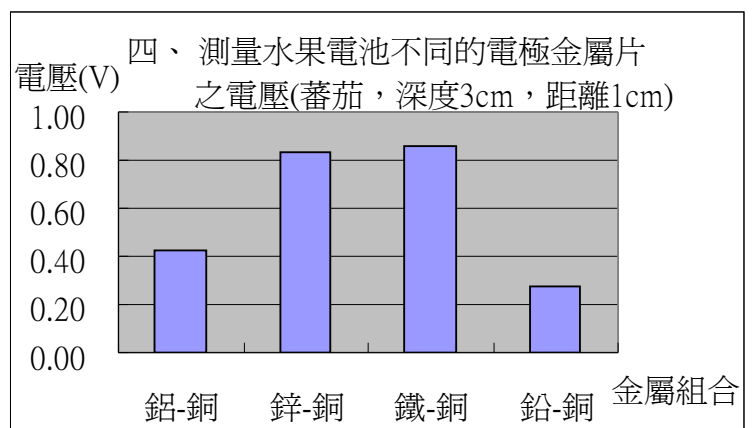


電流則因距離越近，其值越大，且差異很大。

### (四) 電極金屬片種類

電壓：

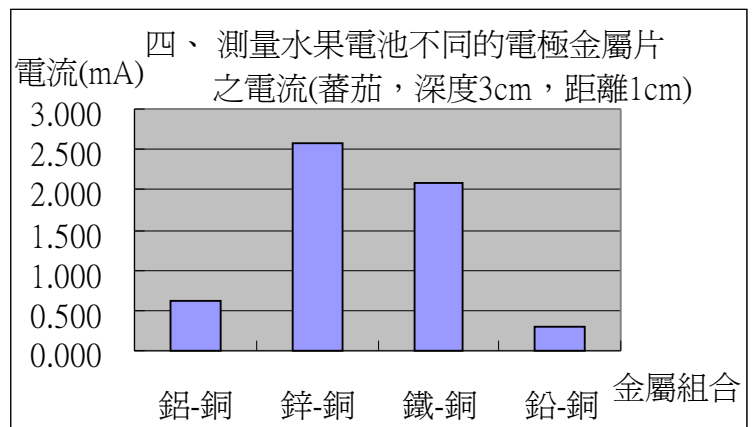
金屬組合 電壓	鋁-銅	鋅-銅	鐵-銅	鉛-銅
第一次	0.43	0.83	0.84	0.23
第二次	0.43	0.84	0.86	0.31
第三次	0.43	0.84	0.88	0.29
平均	0.43	0.84	0.86	0.28



電壓以鐵銅與鋅銅電壓最高，以鉛銅最差。

電流：

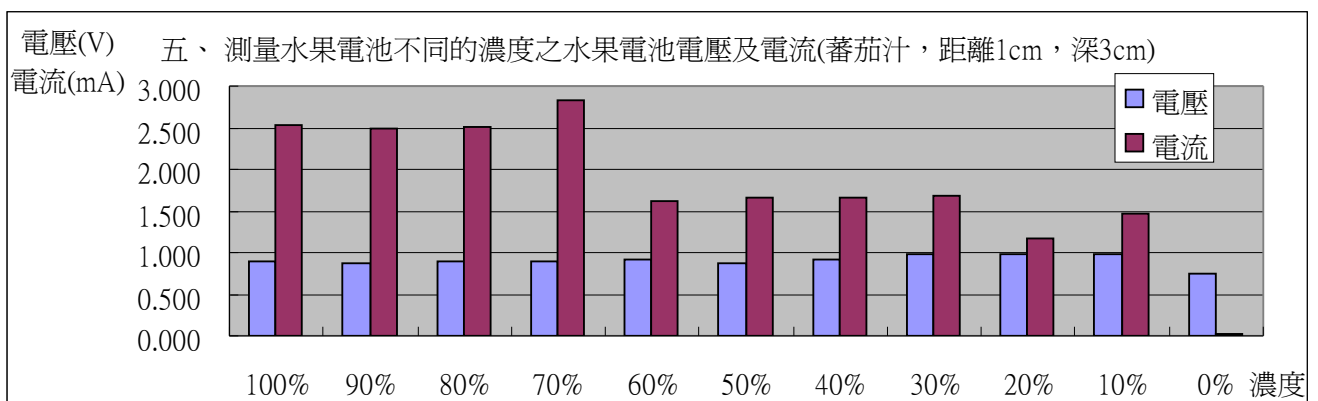
金屬組合 電流	鋁-銅	鋅-銅	鐵-銅	鉛-銅
第一次	0.682	3.250	2.480	0.277
第二次	0.575	2.080	1.900	0.308
第三次	0.602	2.390	1.860	0.311
平均	0.620	2.573	2.080	0.299



電流以鋅銅最佳，鉛銅最差。

### (五) 果汁濃度

蕃茄汁	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
蒸餾水	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
蕃茄濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
電壓 1	0.898	0.868	0.895	0.889	0.975	0.888	0.898	0.994	0.956	0.987	0.782
電壓 2	0.888	0.884	0.889	0.899	0.884	0.746	0.926	0.945	0.984	0.956	0.720
電壓 3	0.869	0.876	0.892	0.897	0.881	0.987	0.934	0.984	0.975	0.971	0.713
電壓平均	0.885	0.876	0.892	0.895	0.913	0.874	0.920	0.974	0.972	0.971	0.738
電流 1	2.36	2.58	2.68	2.95	1.56	1.84	1.74	1.76	1.23	1.59	0.0289
電流 2	2.41	2.39	2.33	2.77	1.71	1.49	1.58	1.56	1.18	1.35	0.0245
電流 3	2.85	2.46	2.56	2.81	1.59	1.62	1.62	1.72	1.13	1.47	0.0234
電流平均	2.54	2.48	2.52	2.84	1.62	1.65	1.65	1.68	1.17	1.47	0.0256



電壓：差異不大。

電流：70%最高。

## 二、 探討製成果凍電池是否可產生相同效果。

### (一) 不同水果種類之果凍電池

水果種類	茂谷柑	香蕉	檸檬	蘋果	柳丁	楊桃	蕃茄	奇異果	葡萄柚
電壓(V)	0.40	0.44	0.29	0.43	0.40	0.36	0.41	0.47	0.39
電流(mA)	0.107	0.162	0.011	0.057	0.102	0.123	0.360	0.240	0.025

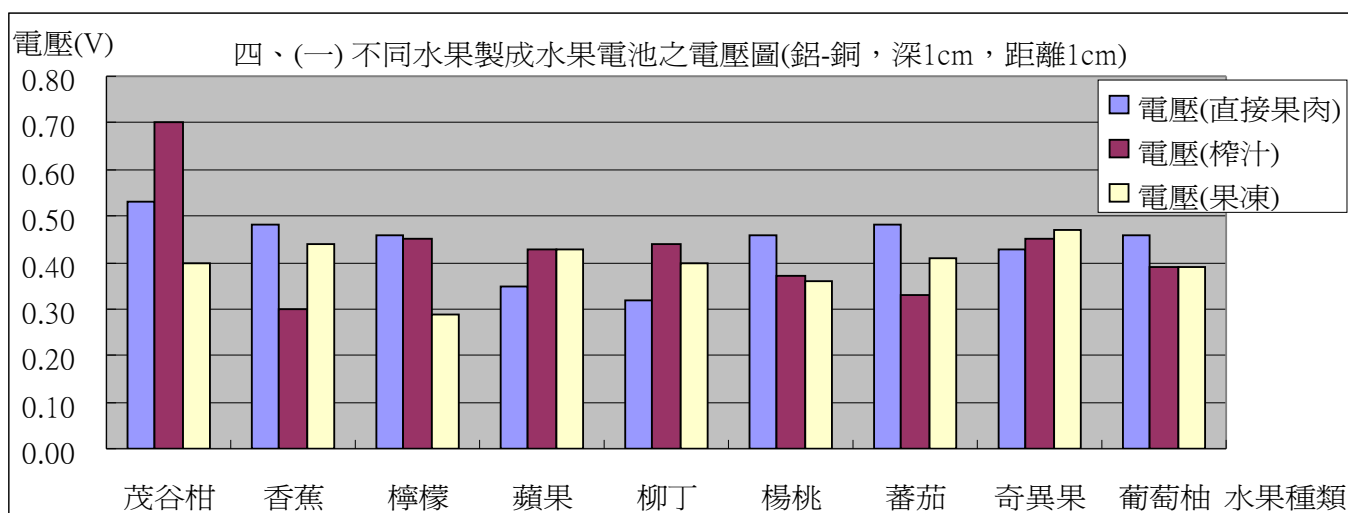
電壓：奇異果最大、香蕉次之、檸檬最小。

電流：蕃茄最大、奇異果次之、檸檬最小。

如以電壓電流整體考慮：以蕃茄為理想。

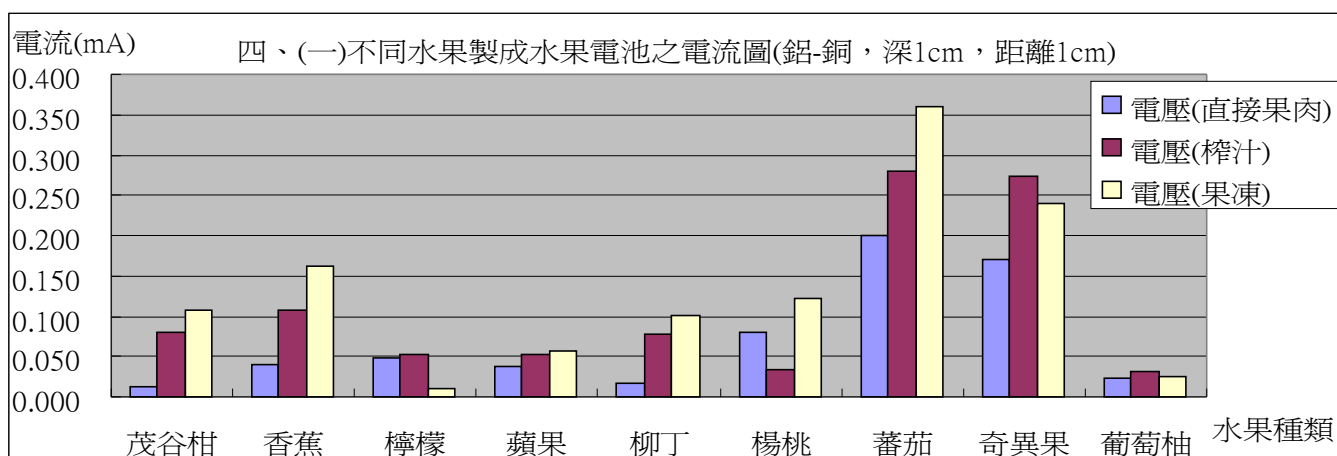
### 直接果肉、榨汁、果凍三種型態之比較：

電壓：



三種型態之電壓差異不大。

電流：



蕃茄果凍之電流明顯高於其他者，故選擇蕃茄為本次實驗之主題。

## (二) 電極深度

果凍之電壓：

奇異果最大、柳丁次之、檸檬最小。深度不影響電壓，整體上差異不大。(如下表)

水果種類	茂谷柑	香蕉	檸檬	蘋果	柳丁	楊桃	蕃茄	奇異果	葡萄柚
電壓									
深度 1cm	0.40	0.44	0.29	0.43	0.40	0.36	0.41	0.47	0.39
深度 2cm	0.39	0.45	0.30	0.45	0.44	0.38	0.44	0.43	0.37
深度 3cm	0.37	0.44	0.40	0.44	0.46	0.40	0.45	0.48	0.38

果凍之電流：

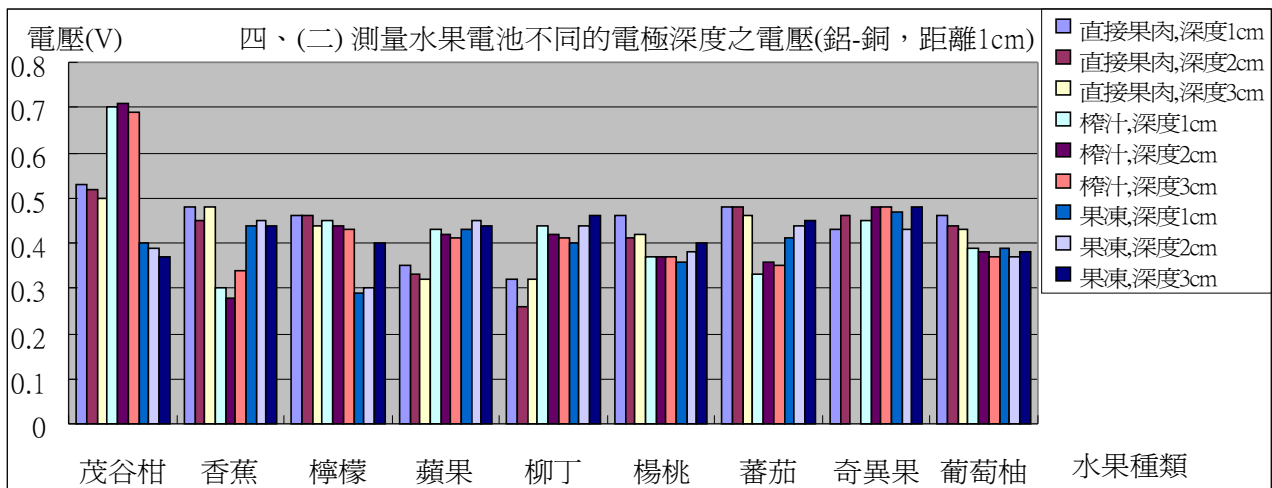
奇異果最大、蕃茄次之、檸檬最小。

深度影響電流，深度越深電流越大(深度 3cm > 2cm > 1cm)。(如下表)

電流	茂谷柑	香蕉	檸檬	蘋果	柳丁	楊桃	蕃茄	奇異果	葡萄柚
深度 1cm	0.107	0.162	0.011	0.057	0.102	0.123	0.360	0.240	0.025
深度 2cm	0.183	0.186	0.041	0.280	0.147	0.145	0.340	0.430	0.070
深度 3cm	0.229	0.190	0.048	0.300	0.202	0.159	0.490	0.540	0.076

## 直接果肉、榨汁、果凍三種型態之比較：

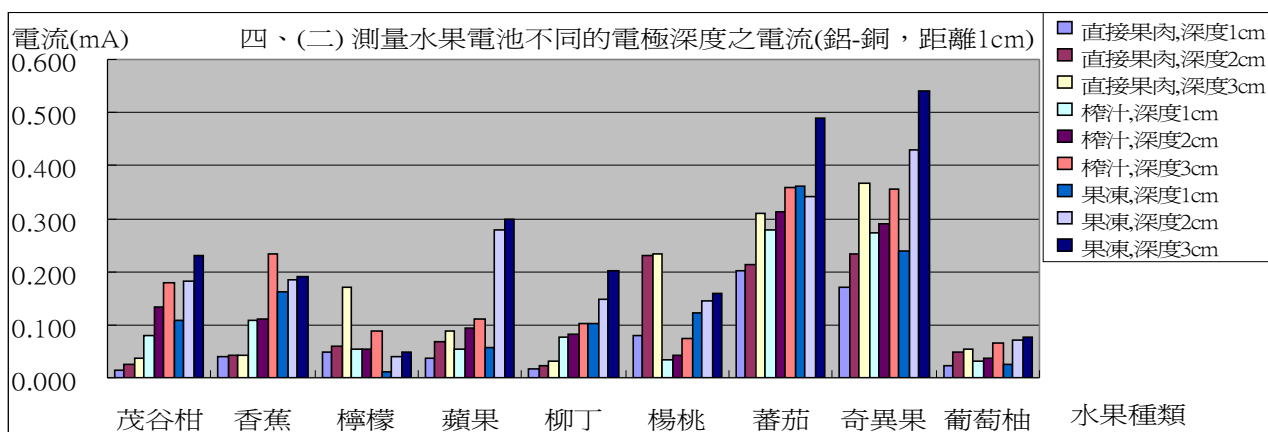
電壓：



電壓：茂谷柑榨汁最大、蕃茄果肉、香蕉果肉、奇異果次之  
、香蕉榨汁、柳丁果肉最小。

深度不影響電壓，整體上差異不大。

電流：



電流：奇異果果凍最大、蕃茄果凍、蘋果果肉次之、茂谷柑、葡萄柚果肉最小。

深度越深電流越大。整體而言：直接果肉 < 榨汁 < 製成果凍

### (三) 電極距離

果凍之電壓：

奇異果最大、蕃茄次之、檸檬最小。

距離不影響電壓，整體上差異不大(如下表)

電壓	茂谷柑	香蕉	檸檬	蘋果	柳丁	楊桃	蕃茄	奇異果	葡萄柚
距離 1cm	0.37	0.44	0.40	0.44	0.46	0.40	0.45	0.48	0.38
距離 2cm	0.39	0.43	0.37	0.42	0.38	0.35	0.45	0.47	0.36
距離 3cm	0.38	0.43	0.31	0.41	0.37	0.35	0.44	0.50	0.38

果凍之電流：

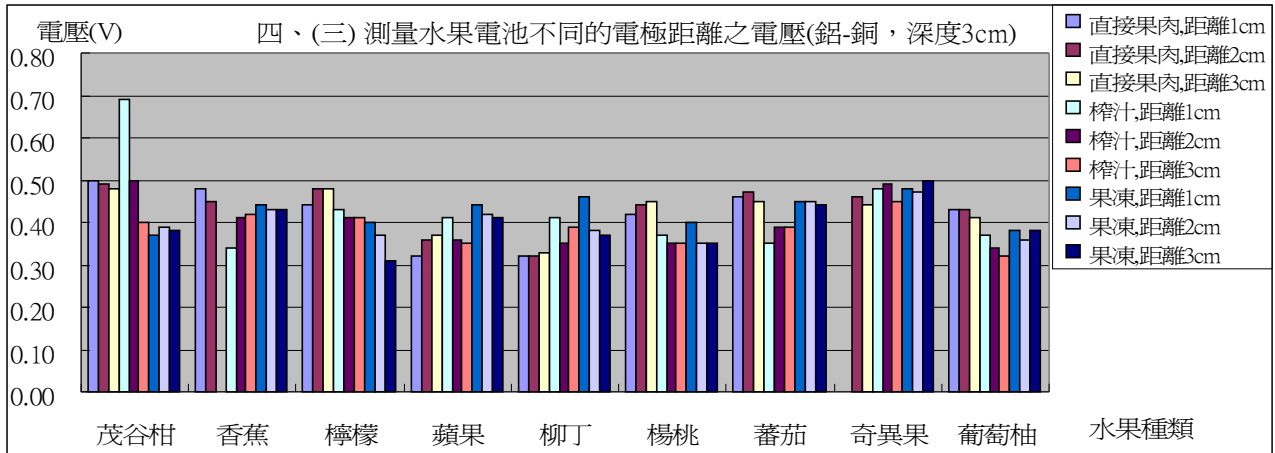
電流：奇異果最大、蕃茄次之、檸檬最小。

距離影響電流，距離越近電流越大。(距離 1cm > 2cm > 3cm) (如下表)

電流	茂谷柑	香蕉	檸檬	蘋果	柳丁	楊桃	蕃茄	奇異果	葡萄柚
距離 1cm	0.229	0.190	0.048	0.300	0.202	0.159	0.490	0.540	0.076
距離 2cm	0.161	0.244	0.103	0.205	0.093	0.102	0.400	0.450	0.105
距離 3cm	0.174	0.299	0.091	0.189	0.082	0.102	0.410	0.540	0.080

直接果肉、榨汁、果凍三種型態之比較：

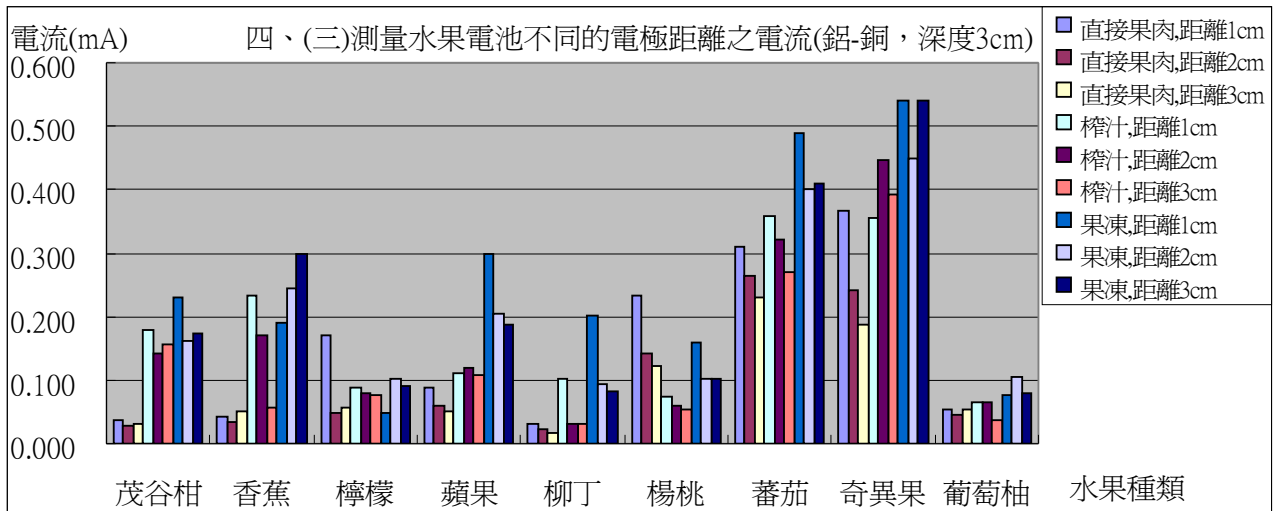
電壓：



電壓：茂谷柑榨汁最大，蕃茄果肉、奇異果果凍次之，柳丁果肉最小。

距離影響電壓不大。

電流：



電流：奇異果果凍最大，蕃茄果凍次之，柳橙汁最小。

距離影響電流，距離越近電流越大。(距離 1cm > 2cm > 3cm)

其中以果凍電流較大。

(四) 探討洋菜電池是否也可產生電壓及電流。

1. 以鋁片 (1cm×5cm)、銅片 (1cm×5cm) 當電極，電極距離固定 1cm

電壓	深度 1cm	深度 2cm	深度 3cm	電流	深度 1cm	深度 2cm	深度 3cm
	0.49	0.51	0.50		0.020	0.050	0.070

2. 以鋁片 (1cm×5cm)、銅片 (1cm×5cm) 當電極，電極深度固定 3cm

電壓	距離 1cm	距離 2cm	距離 3cm	電流	距離 1cm	距離 2cm	距離 3cm
	0.50	0.52	0.51		0.070	0.050	0.070

洋菜為電解質。

三、研究各種形式的水果電池並實際運用於生活中的電器。

(一) 形式(一) 合杯內串聯(鋁-銅金屬片 2\*2cm)

以茂谷柑為電解液

組數	鋁-銅	鋁-銅-鋁-銅	鋁-銅	鋁-銅-鋁-銅
	1組	2組	1組	2組
	電壓	電壓	電流	電流
第一次	0.530	0.520	0.174	0.121
第二次	0.530	0.510	0.218	0.138
第三次	0.510	0.520	0.122	0.127
平均	0.523	0.517	0.171	0.129

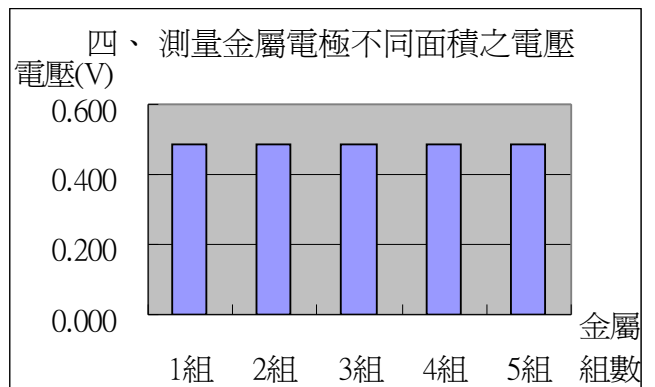
這樣的組合，電壓、電流並不會增加。

(二) 形式(二) 合杯內並聯(鋁-銅金屬片 2\*2cm)

1. 以番茄為電解液

組數	1組	2組	3組	4組	5組
電壓					
第一次	0.482	0.483	0.492	0.488	0.487
第二次	0.483	0.485	0.489	0.481	0.488
第三次	0.496	0.484	0.482	0.490	0.489
平均	0.487	0.484	0.488	0.486	0.488

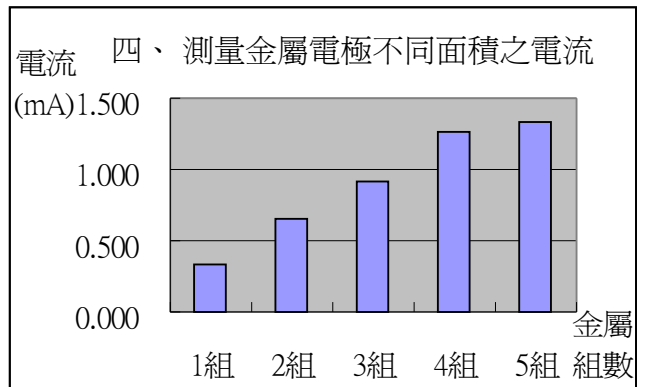
電壓與組別無關。





組數 電流	1組	2組	3組	4組	5組
第一次	0.318	0.600	1.070	1.270	1.280
第二次	0.337	0.700	0.900	1.350	1.360
第三次	0.347	0.640	0.800	1.190	1.340
平均	0.334	0.647	0.923	1.270	1.327

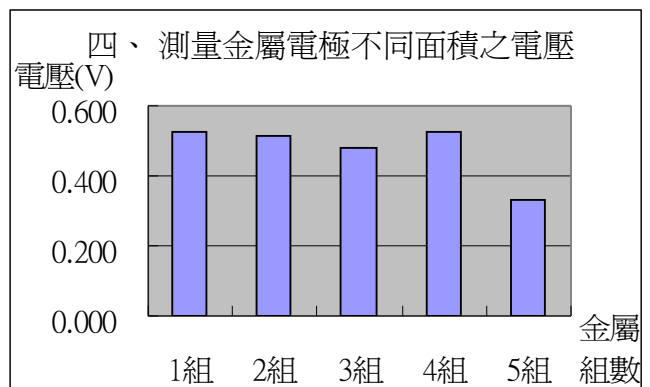
組數越多，電流越大。



## 2. 以茂谷柑為電解液

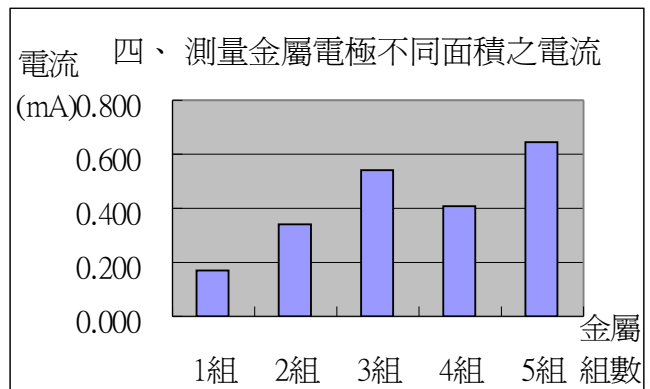
組數 電壓	1組	2組	3組	4組	5組
第一次	0.530	0.520	0.491	0.521	0.340
第二次	0.530	0.510	0.479	0.524	0.340
第三次	0.510	0.520	0.472	0.525	0.320
平均	0.523	0.517	0.481	0.523	0.333

組數影響電壓不大，但以三組為佳。



組數 電流	1組	2組	3組	4組	5組
第一次	0.174	0.301	0.621	0.416	0.720
第二次	0.218	0.352	0.507	0.428	0.590
第三次	0.122	0.360	0.504	0.383	0.613
平均	0.171	0.338	0.544	0.409	0.641

組數影響電流較大，以越多組為佳。



※串聯 2 個電池(由各 4 片鋁、銅組成一 個電池)，運用於 Led 燈(圖 18)



※發現電壓仍不夠大，無法  
驅動 Led 燈。

圖 18

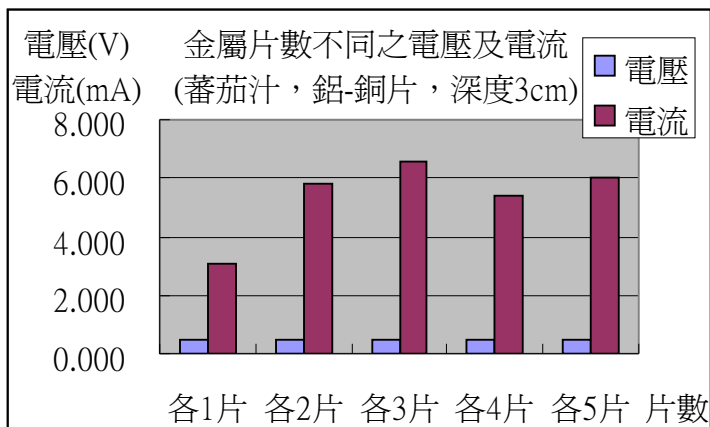
(三) 形式(三) 合杯內並聯(金屬片 1\*10cm)

1. 鋁-銅片

鋁-銅片數	各 1 片	各 2 片	各 3 片	各 4 片	各 5 片
電壓	0.501	0.512	0.508	0.510	0.506
電流	3.08	5.80	6.57	5.37	6.03

以鋁銅為電極時，

金屬片數量為 3 片最佳。

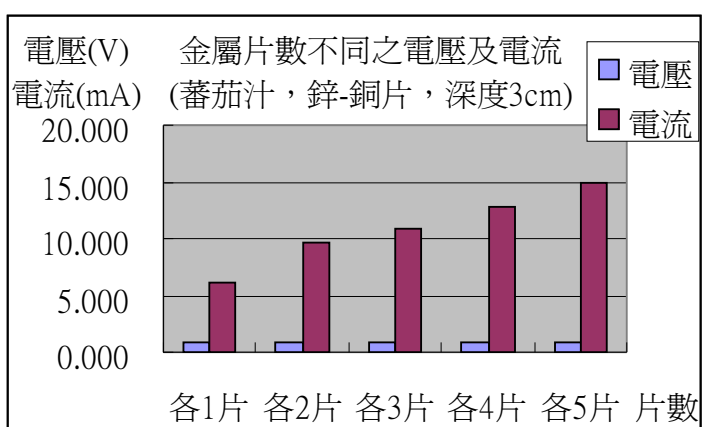


2. 鋅-銅片

鋅-銅片數	各 1 片	各 2 片	各 3 片	各 4 片	各 5 片
電壓	0.872	0.920	0.902	0.943	0.924
電流	6.22	9.71	10.90	12.82	14.84

以鋅銅為電極時，

金屬片組數為 5 片最佳。



※串聯 3 組(各 3 片鋅、銅金屬片組成一組)，運用於 Led 燈(圖 19)

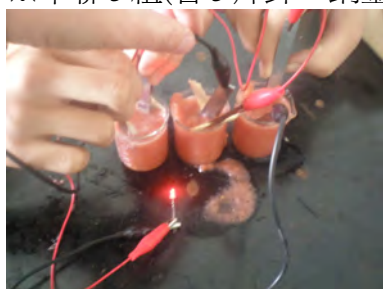


圖 19

※以各三片鋅、銅金屬片組成一組，串聯三組，可使 LED 亮。

※串聯 2 組(各 3 片鋅、銅金屬片組成一組)，運用於鬧鐘(圖 20)



圖 20

※時間久會開始發臭，接著停止運轉，可使鬧鐘運轉 14 小時。

(四) 形式(四) 分杯串聯及並聯(金屬片 2\*10cm)

串聯個數	1 個	2 個	3 個	4 個	並聯個數	1 個	2 個	2 個串聯再並聯	第一次	第二次
電壓(V)	0.91	1.66	2.64	3.49	電壓(V)	0.91	0.858	電壓(V)	1.7	1.7
電流(mA)	1.7	1.64	1.56	1.81	電流(mA)	1.7	2.81	電流(mA)	3.14	3.46
功率(瓦特)	0.0015	0.0027	0.0041	0.0063	功率(瓦特)	0.0015	0.0024	功率(瓦特)	0.0053	0.0059
時鐘	X	O	O	O	時鐘	X	X	時鐘	O	O
LED	X	O	O	O	LED	X	X	LED	O	O

O 表儀器可運作 X 不可運作

※串聯 2 組，測量電壓(圖 21)，運用於 Led 燈(圖 22、23)，運用於鬧鐘(圖 24、25)



圖 21

※串聯二組，可得到 1.66V。

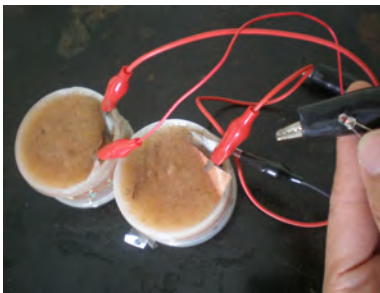


圖 22

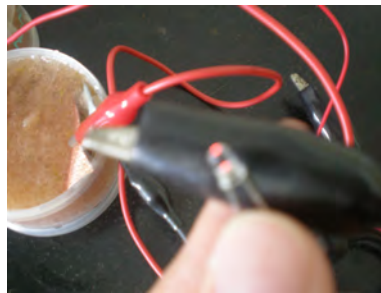


圖 23

※串聯二組，可使 LED 亮。



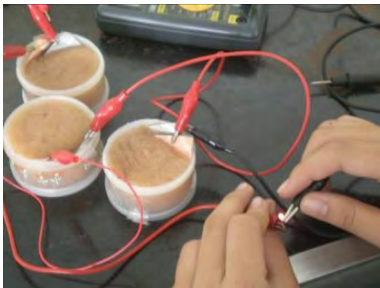
圖 24



圖 25

※串聯二組，可使鬧鐘運轉，圖為隔幾秒連拍。(左圖為 2 點 47 分 6 秒，右圖為 2 點 47 分 17 秒)

※串聯 3 組，運用於 Led 燈(圖 26)



※串聯三組，可使 LED 更亮。

圖 26

※各串聯二組，再並聯

1. 第五天(圖 27、28)—發霉
2. 第八天(圖 29、32)—水分減少、果蠅
3. 第十四天(圖 33、35)—果凍剩一半
4. 第十七天(圖 36、39)—金屬片露出、生銅綠、果凍變黑褐色
5. 此電池共運轉了二十幾天，發現果凍幾乎消耗
6. 經洗滌容器及金屬片後，再重新充填果凍，仍可繼續運轉



圖 27



圖 28

※ (第五天)  
圖為隔幾秒連拍。  
(左圖為 9 點 54 分 42 秒，  
右圖為 9 點 54 分 45 秒)



圖 29



圖 30

※ (第八天)  
圖為隔幾秒連拍。  
(左圖為 50 分 10 秒，  
右圖為 50 分 15 秒)

發現水分  
逐漸減少，  
且有果蠅，  
故包保鮮  
膜。



圖 31



圖 32

發現果凍逐漸乾燥且高度逐漸降低，造成金屬片有時接觸造成不再運轉，但只要移動一下金屬片不再接觸，即可繼續運轉，已可運轉 12 天。

已經開始發霉了。



圖 33



圖 34

圖 35



※各串聯二組，再並聯(第十四天)圖為隔幾秒連拍。  
(左圖為 8 點 12 分 26 秒，右圖為 8 點 12 分 34 秒)

果凍以剩下一半，但仍繼續轉動，已運轉 14 天。



圖 36



圖 37

※ (第十七天)  
圖為隔幾秒連拍。  
(左圖為 1 點 59 分 30  
秒，右圖為 1 點 59 分  
35 秒)



圖 38

金屬片已部分  
露出，無接觸  
果凍。



圖 39

果凍已變質，顏  
色呈黑褐色，且  
極重霉味，銅片  
也產生銅綠了。

(五) 形式(五) 分杯串聯及並聯(金屬片 2\*5cm)

串聯個數	1 個	2 個	3 個	4 個	並聯個數	1 個	2 個	3 個	4 個
電壓(V)	0.86	1.66	2.56	3.1	電壓(V)	0.82	0.85	0.86	0.83
電流(mA)	1.71	1.8	1.87	1.72	電流(mA)	1.83	3.06	4.34	5.14
功率(瓦特)	0.0015	0.0030	0.0048	0.0053	功率(瓦特)	0.0015	0.0026	0.0037	0.0043
時鐘	X	O	O	O	時鐘	X	X	X	X
LED	X	O	O	O	LED	X	X	X	X
O 表儀器可運作 X 不可運作									

※需 2 組以上電池才能達 1.5V 驅動鬧鐘及 LED 燈，而電流只要有 1.7mA 以上即可。

四、製作出可攜帶且不漏液之蕃茄果凍鋅銅乾電池。

(一) 電池組(一)

電池 個別	No.1	No.2	No.3	No.4	2 個 串聯	No.1 和 No.2	No.3 和 No.4	將 2 組串聯 再並聯	No.1-2 No.3-4 並聯
電壓(V)	0.94	0.89	0.93	0.91	電壓(V)	1.76	1.77	電壓(V)	1.63
電流 (mA)	1.33	1.36	1.44	1.1	電流 (mA)	1.28	1.2	電流(mA)	2.11
功率 (瓦特)	0.0013	0.0012	0.0013	0.0010	功率 (瓦特)	0.0023	0.0021	功率(瓦特)	0.0034

1. 運用於 Led 燈(圖 40)
2. 運用於數位計時器(圖 41、42)



※可使 LED 亮。

圖 40



圖 41



圖 42

※ 圖為隔一分連拍。  
(左圖為 1 點 1 分，  
右圖為 1 點 2 分)  
測試運轉一天沒問題，可運  
轉 30 天以上。

(二) 電池組(二)

電池 個別	No.1	No.2	No.3	No.4	2 個 串聯	No.1 和 No.2	No.3 和 No.4	將 2 組串聯 再並聯	No.1-2 No.3-4 並聯
電壓(V)	0.6	0.89	0.8	0.91	電壓(V)	1.81	1.72	電壓(V)	1.71
電流 (mA)	2.61	3.07	2.95	2.72	電流 (mA)	3.09	2.59	電流(mA)	5.2
功率 (瓦特)	0.0016	0.0027	0.0024	0.0025	功率 (瓦特)	0.0056	0.0045	功率(瓦特)	0.0089

1. 運用於 Led 燈(圖 43)
2. 運用於數位計時器(圖 44)

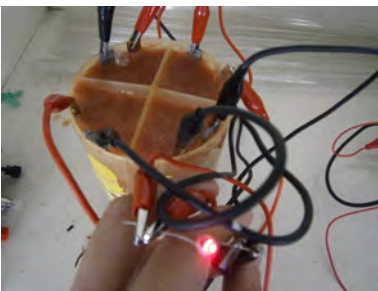


圖 43

※可使 LED 亮。



圖 44

※可使計時器運轉。  
發現果凍已用掉一半時，  
再添加果凍，可繼續運轉。

## 陸、討論

### 一、探討影響水果電池之因素

#### (一) 水果種類

1. 茂谷柑榨汁電壓最大、電流較不為理想，蕃茄電壓、電流最為理想。

#### (二) 電極深度(接觸面積)

1. 實驗結果發現金屬片插入的深度越深，代表電極與電解質的接觸面積越大，電流越強，但對於電壓影響不大。

#### (三) 電極距離

1. 實驗結果發現金屬片(電極)的距離越近，電流越強，對於電壓影響不大。
2. 因此製作電池時，我們採用讓金屬片無限接近，使其電流達到最大值。

#### (四) 電極金屬片種類

1. 原想利用鋁罐及廢棄銅線作實驗，但實驗中發現鋁片雖活性大，但由於氧化物過於緻密造成電壓過低只能達0.5V，若要真正使用時電器上，電壓最小需達1.5V，需串聯多組鋁、銅，但電流依舊較小，不實用，於是對於其他金屬片做實驗。
2. 實驗結果：電壓：鋅-銅、鐵-銅 > 鋁-銅 > 鉛-銅，電流亦同。  
影響電壓的主要因素是金屬片種類，金屬片種類也能提高電流。  
(水果種類、金屬片的距離及深度，對電壓影響不大，但金屬片不同則有倍數增加。)
3. 考慮鐵遇水易生鏽，氧化鐵會影響電子的流動，產生電阻較大，造成電流太小，因此採用鋅-銅金屬片為佳。

#### (五) 果汁濃度

1. 根據測量平均值顯示，在稀釋至70%時，測量電流值達到最大，但其所產生的電壓並沒有很大的改變。
2. 推論其是因濃度過高，解離效果不一定佳，稀釋反而造成解離度高且電阻小。

#### (六) 電流及電壓變化

1. 金屬剛插入時會發現電壓值會隨測量時間而增加，故需等電壓值達到穩壓狀態；電流值則會隨測量時間而減少，且減少的速度很快，等一段時間才會達到電流穩定。

### 二、探討製成果凍電池是否可產生相同效果

- (一) 在此實驗中製果凍時，我們以果汁跟洋菜水1比1的體積配成，後來實驗六發現濃度為70%較佳時，曾改成果汁跟洋菜水7比3的體積配置，但發現不易成形，於是最後決定以果汁跟洋菜水1比1的體積為佳。
- (二) 製成果凍方便攜帶，且不會降低其電壓及電流，因此可採用果凍製作「乾」電池。

### 三、研究各種形式的水果電池並實際運用於生活中的電器

- (一) 水果的選用：

1. 斗六市盛產的茂谷柑便宜，但電壓雖高電流太小，利用串並聯仍無法得到大電流。
2. 奇異果電壓適中，且電流大，但為進口，若用購買的來製作電池，仍需消耗成本，可考慮在快腐爛時製作。
3. 而蕃茄為台灣自產且家中容易栽種，如為自生不施肥，其酸度更佳，有助於電池的發電，且當大量不採收時也可使用，於是我們採用蕃茄較符合經濟效益。
4. 酸鹼度隨水果成熟程度有差，每一顆水果酸度都不同，於是購買的蕃茄的成熟度(顏色)也有差別，不過我們可確定只要有兩組水果電池，就可以產生 1.5V 以上的電壓，雖水果酸度對電流影響較大，但我們並聯多組仍可運轉。

(二) 各種形式電池探討：

1. 形式(一)：合杯內串聯：不能增加電壓及電流。
2. 形式(二)：合杯內並聯(金屬片 2\*2cm)：電流會增加、但電壓變化不明顯。
3. 形式(三)：合杯內並聯(金屬片 1\*10cm)：隨金屬片片數變多，與電解質接觸面積增加，電流變大。
4. 形式(四)：分杯串聯及並聯(金屬片 2\*10cm)：串聯電壓增加，電流不變，並聯反之，此可維持二十幾天。
5. 形式(五)：分杯串聯及並聯(金屬片 2\*5cm)：串聯電壓增加，電流不變，並聯反之，且電壓與電流值與形式(四)相差無幾，此可驅動鬧鐘。

(三) 目前以形式(四)為佳：

1. 在運轉時曾因果凍乾涸，造成金屬片接觸而停止，可加入珍珠板隔離改善此問題。
2. 以保鮮膜覆於上方，可減緩乾涸且避免產生果蠅，且可防止異味擴散。
3. 運轉多天後，發現金屬片雖裸露、產生銅綠，果凍以剩下一半，外觀不雅，但其效能不受影響。
4. 在果凍完全乾涸，且鬧鐘可運轉情況下，可再填充果凍，使其繼續使用，變成環保可填充的電池。

(四) **製成果凍電池的優點：**

1. 改善了固定電極，且可隨容器形狀而填滿金屬片之間隙。
2. 洋菜的成本低廉且易取得。
3. 可連續填充，製為環保填充性電池。
4. 相對於果汁放常溫下易發臭且變質，即使放在冰箱時間一久，依然會變質，果凍則可在常溫保存較久，並可冰在冰箱長久保存，退冰之後仍可使時鐘運轉。

(五) 形式(四)運轉的時間超過我們原本預估的，因大部分報告都顯示如果使用的電流較大或使用的時間較長的話，電池會因化學反應放出電能，造成正極會產生氫氣積在銅片，阻礙其傳導電子的能力，因而降低電池的效率，但我們將水果電池利用果凍形式製造電池時，發現運轉時間超乎想像，其停止原因為果凍填充物消耗殆盡。

#### 四、製作出可攜帶之蕃茄果凍鋅銅電池



- (一) 因未能確定開放式是否為影響結果，因此製成兩種形式作為探討，因需易於攜帶，可以利用四分格奶粉盒製成開放式電池，但經實驗結果證明開放或密閉無太大影響。
- (二) 當初利用奶粉盒是因為其便利性較大，可以將電池重疊不佔空間，且為塑膠較不易摔壞，又可密封，防止臭味露出，我們也曾使用塑膠飲料杯，但易破。
- (三) 電池(一)、(二)的差異在於金屬片的面積多寡，如想要電流大，金屬片應多片且面積大，電池(二)因接觸面積大而功率較大，到時可考慮所使用電器所需電壓及電流，增加電池的個數，利用串聯提高電壓，並聯提高電流。
- (四) **未來展望：**
  1. 於鐵桶中裝入任意酸鹼液，置入銅片，便可直接產生電壓及電流，放置室外，可以用來作為戶外裝飾品之電源。如:耶誕樹上的燈泡。
  2. 可將盛產之水果先製成果凍，如欲長久使用此電池組，可添加防腐劑，以防止腐敗。
  3. 在國中理化課程中，可利用此實驗之水果電池做實驗，可更貼近生活化，且可避免硫酸銅中的銅離子造成環境污染。

## 柒、結論

- 一、(一) **榨汁**比直接測量果肉所得到的電壓、電流值較高，且以**蕃茄**、**奇異果**多汁且酸，溶液均勻的水果為佳。
  - (二) 電極**深度越深**，代表電極**面積越大**，其**電流值越大**，但電壓影響不大。
  - (三) 電極**距離越近**，其**電流值越大**，但電壓影響不大。
  - (四)
    1. 以**鋅-銅**、**鐵-銅**當電極之電池電壓及電流較大。
    2. **金屬片種類**則是影響**電壓**大小的因素。
  - (五) 蕃茄電解質溶液之濃度以**70%**為最佳。
- 二、將果汁製成**果凍**，電壓、電流未降低，且**方便攜帶**，又可固定電極。
  - 三、(一) 合杯內串聯：不能增加電壓及電流；合杯內並聯：電流會增加、但電壓不變。
  - (二) 分杯串聯：電壓增加，電流不變；並聯則反之。
  - (三) 可**實際應用於LED**、**鬧鐘**，且形式(四)運用於鬧鐘可維持二十幾天。
- 四、攜帶之蕃茄果凍鋅銅電池，可實際應用於LED、鬧鐘。

## 總 結

水果種類	蕃茄佳
水果型態	果凍>果汁>直接果肉
金屬深度	3cm>2cm>1cm 越深、面積越大越好
金屬距離	1cm>2cm>3cm 距離越近越好
金屬片	鋅-銅、鐵-銅>鋁-銅>鉛-銅
溶液濃度	70%為佳
果凍比例	體積比 水：果汁 = 1：1
串聯	增加電壓
並聯	增加電流
串並聯	可達到電子產品所需電壓及電流

## 捌、參考資料及其他

- 1、蘇盈安等（2010）。「果」真如此-勁量水果電池。嘉義：北興國中。
- 2、劉哲安等（2010）。嗜甜發電廠。台北：南山高中附設國中。
- 3、林廉捷等（2004）。廚房化學-水果電池也瘋狂。宜蘭：復興國中。
- 4、郭重吉等編。國民中學自然與生活科技第六冊。台南：南一。(p46-49) (2011)
- 5、余霖等編（2010）。有趣生活化學，是自然學習的起點-發電大驚奇，水果、雜草可發電？  
台南：翰林國中自然與生活科技教學專刊。
- 6、水果電池。(無日期)。科學眼雜誌第22期。2011年3月20日，取自  
[http://content.edu.tw/junior/phy\\_chem/ty\\_lk/sir/content/cph8/c1001.htm](http://content.edu.tw/junior/phy_chem/ty_lk/sir/content/cph8/c1001.htm)

## 【評語】 030203

可攜式水果電池裝置設計富生活化創意，對電極種類距離的探討充分運用課程學習應用，研究素材具鄉土特色。