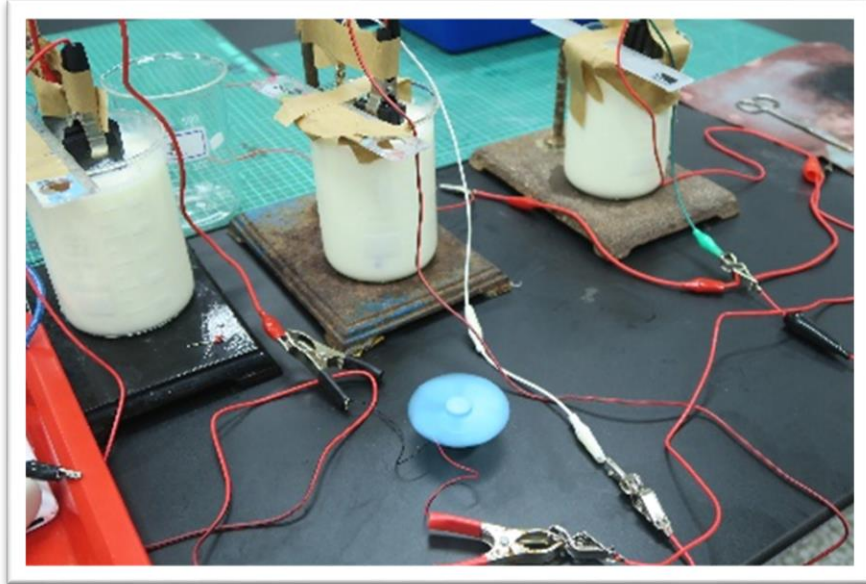


中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

作品說明書



作品名稱：

「優」然而「生」--探討隨手可得的優酪乳與碳的發電情形

關鍵詞：優酪乳、空氣電池、竹炭

科別：化學科

組別：國中組

目錄

摘要.....	1
壹、研究動機.....	1
貳、研究目的.....	1
參、研究方法與設備器材.....	2
肆、研究過程.....	3
一、研究一 文獻探討.....	4
二、研究二 以鋅銅電池發想在生活中哪些常見溶液是否適合當作電池.....	5
實驗二-1 比較不同溶液使用不同電極發電.....	6
實驗二-2 優酪乳使用不同電極.....	6
實驗二-3:不同溶液中電極其中一方為鋁.....	8
三、研究三、優酪乳如何影響電壓及電流.....	11
實驗三-1:稀釋優酪乳.....	11
實驗三-2:改變優酪乳的溫度.....	12
實驗三-3:發酵程度不同的優酪乳對於不同電極的影響.....	14
四、研究四 探討優酪乳電池正極竹炭的體積對電壓、電流的影響.....	17
實驗四-1:竹炭的體積如何影響電壓及電流.....	17
五、研究五 優酪乳發電究竟是微生物電池還是空氣電池.....	19
實驗五-1: 鋅離子跟優酪乳發電的關係.....	19
實驗五-2:增加氧氣是否會影響電壓及電流.....	21
實驗 5-3 活菌和死菌是否會影響電壓及電流.....	22
實驗五-4:優酪乳裡的乳酸是否影響電壓電流.....	23
研究六、如何製作一個好的優酪乳電池.....	23
實驗六-1:以串聯的方式比較分槽及單槽的優酪乳所產生的電壓及電流.....	23
實驗六-2:比較串聯不同瓶數的優酪乳對於燈泡發光及風扇旋轉的情形.....	25
實驗六-3:串聯 3 瓶優酪乳放電 12 小時電壓電流的情形.....	27
伍、結論.....	28
陸、心得.....	30
柒、建議.....	30
捌、參考文獻.....	30

摘要

在實驗中發現優酪乳搭配竹炭和鋅的電壓電流比鹽水好，試圖了解優酪乳發電的電壓及電流，讓優酪乳發電可應用在生活中，藉由改變濃度、溫度、電極、串聯杯數影響優酪乳產出的電壓電流，其中發現優酪乳在分解牛奶後可以有更高的電壓電流，也可以讓優酪乳電池提升續航能力。最後利用三杯分槽的優酪乳產出 1.62V 及 8.36mA，成功使燈泡發亮以及使風扇旋轉。





壹、研究動機

大部分電池產生的方式會造成環境汙染，我們不禁思考是否可以用日常可見的溶液當作電解液，不僅對環境汙染小，如果可以使其長期運作，連接 LED 燈等工具，在天災發生時或許是救命的稻草。

貳、研究目的

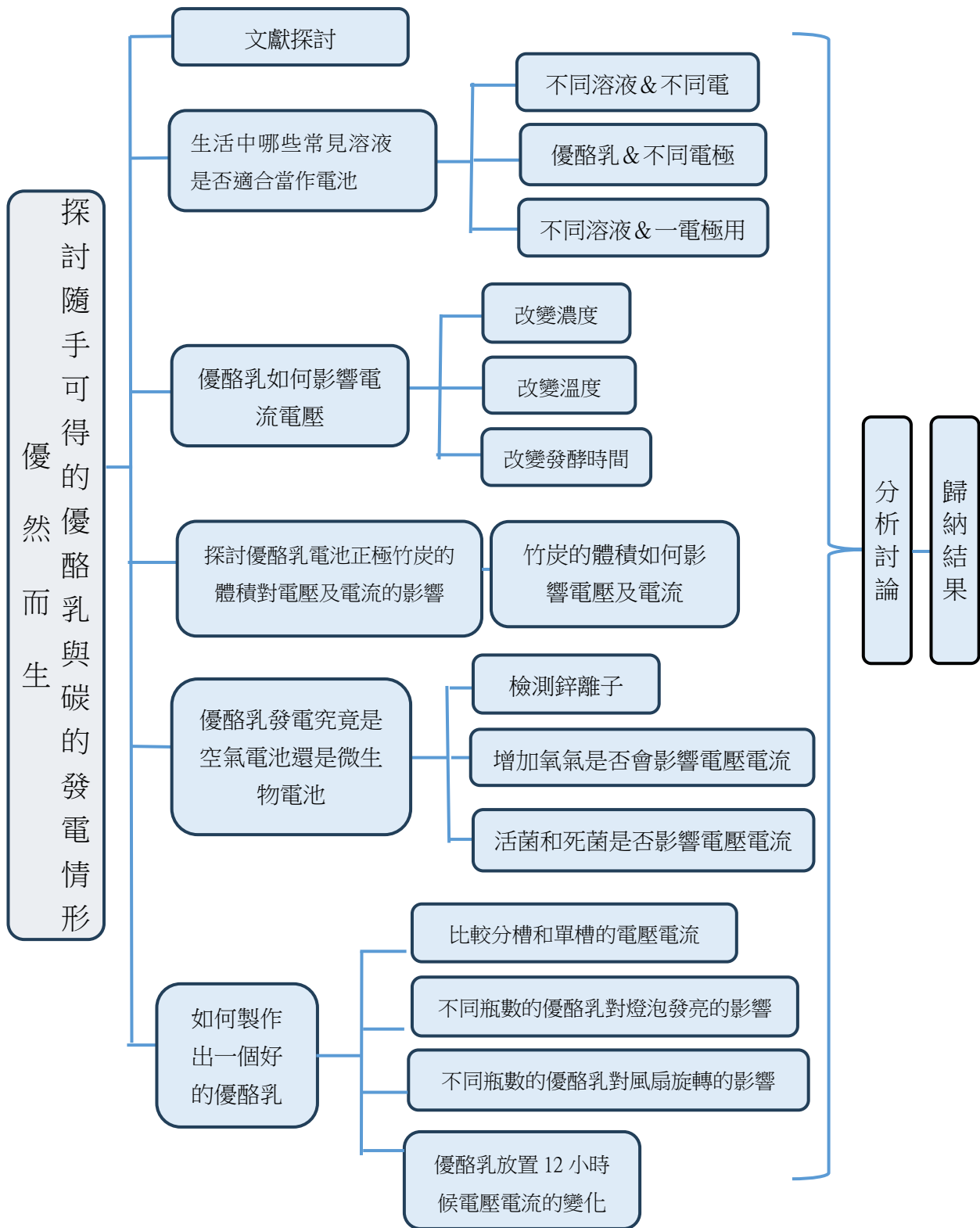
- 一、 了解微生物電池、空氣電池和優酪乳的特性
- 二、 以鋅銅電池發想在生活中哪些常見溶液是否適合當作電池
- 三、 探討優酪乳如何影響電壓及電流
- 四、 探討優酪乳電池正極竹炭的體積對電壓、電流的影響
- 五、 探討優酪乳發電究竟是微生物電池還是空氣電池
- 六、 使用不同瓶數且分槽的優酪乳可否使風扇旋轉以及使 LED 燈發亮

參、研究方法與設備器材

			
三用電表	優格機	優酪乳	電鍋
			
Zn ²⁺ 水質簡 易分析器	竹炭	備長炭	銅片鋁片鋅片
			
雙氧水	二氧化錳	Arduino 程式板	pH 值檢測器

肆、研究過程

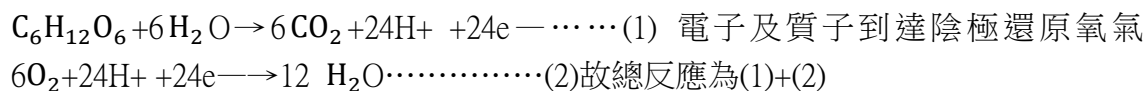
研究架構:



研究一、文獻探討

一、**空氣電池:** 空氣電池是一種使用空氣中的氧氣和金屬（通常是鋅）之間的化學反應來產生電力的電池。它是一種環保和可再生能源的解決方案，因為它不需要使用有害的化學物質或重金屬。目前較受矚目的空氣電池類別有:鋰空氣電池、鎂空氣電池、鋁空氣電池以及鋅空氣電池，空氣電池的工作原理是通過將金屬極（陰極）和空氣中的氧氣（正極）分隔開，並使用以鹼性或中性鹽類電解液為媒介來進行電子傳導。當氧氣進入正極時，它會與金屬極上的水或其他反應物質產生化學反應，釋放出電子。這些電子通過外部電路流動，產生電流，從而供應電力。換言之，金屬空氣電池是一會呼吸的電池，空氣中的氧氣進入電池中，但氧氣無法快速進行反應，需由陰極上的觸媒來進行電子轉移，進而產生氧化還原反應使電池運作。

二、**微生物電池:**微生物可經呼吸作用分解有機物，當微生物分解葡萄糖為例，會釋出電子，微生物燃料電池就是以微生物作為媒介，將養分的化學能轉變為電能。各反應方程式如下：陽極中，養分以葡萄糖為例，所產生的氧化反應



$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 基本上，微生物燃料電池中可發電的微生物只限於部分的細菌。微生物電池是使微生物在無氧環境下分解有機物，因缺乏可還原的氧氣，電子傳遞列就會受阻，此時接通一個電路到含氧量較高的環境中，電子傳遞列便能進行，根據高中生物課程的說明，電子經過一連串的反應後，最後能進入導體，形成電路。換言之，微生物以將糖類氧化，獲得氧化能，而被還原的氧，電子經由導線形成電路。

三、**優酪乳:**優酪乳 (yogurt) 屬於發酵乳的一種，是以牛乳、羊乳、綿羊乳或馬乳等為原料，接種乳酸菌經由發酵賦予產品特殊風味的乳製品，也是自古以來一種代表性酸乳。乳酸菌是指能利用碳水化合物發酵產生多量乳酸的細菌總稱。乳酸菌屬於原核生物界，當被加到牛奶之中，遇上牛奶中的乳糖 (lactose)，對它們而言就像是看到滿滿的生長能量，乳酸菌會將乳糖轉換成乳酸。當乳酸開始產生之後，液體的 pH 值會下降，也就是變得比較酸，同時也讓原先容易流動的牛奶逐漸變得黏稠狀。

四、**什麼是 AB 優酪乳?** 在台灣最常見的 AB 菌產品即為 AB 優酪乳。其中即添加有 A 菌與 B 菌，除此外還有優酪乳發酵的基本菌株 — *Lactobacillus bulgaricus* 與 *Streptococcus thermophilus*。優酪乳命名為 AB 優酪乳，是代表其中添加了 A、B 兩種菌。A 菌是指被譽為「腸道守護神」的嗜酸乳桿菌 *Lactobacillus acidophilus*，B 菌 *Bifidobacterium lactis* B 菌常見的中文翻譯是「雷特氏 B 菌」，這株菌是合生存在 36~38 °C 的環境之下，具有分解纖維與寡糖的功能。

結論:

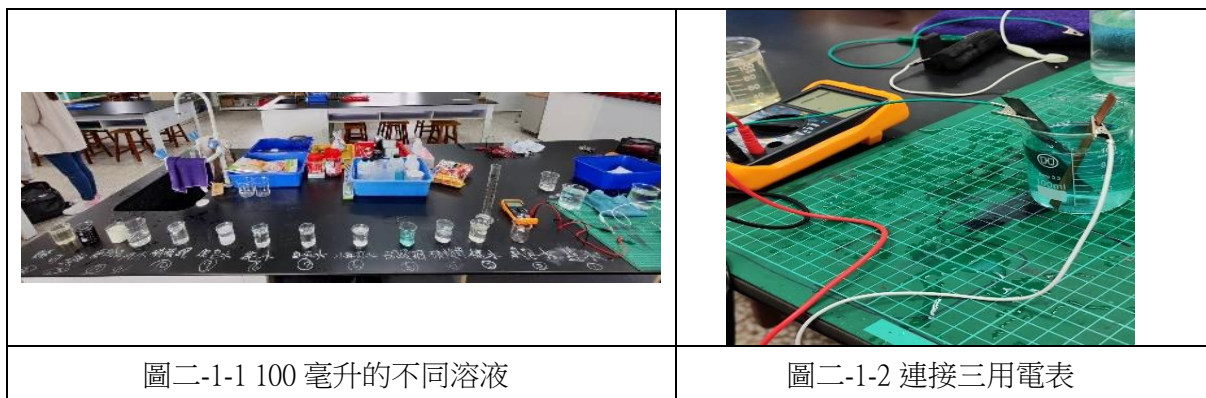
1. 空氣電池是一種使用空氣中的氧氣和金屬（通常是鋅）之間的化學反應來產生電力的電池。它是一種環保和可再生能源的解決方案，因為它不需要使用有害的化學物質或重金屬。微生物可經呼吸作用分解有機物，當微生物分解葡萄糖為例，會釋出電子，微生物燃料電池就是以微生物作為媒介，將養分的化學能轉變為電能。

研究二、以鋅銅電池發想在生活中哪些常見溶液是否適合當作電池

實驗二-1:比較不同溶液使用不同電極發電

實驗步驟:

1. 於 100ml 的燒杯中各倒入 100ml 的飽和食鹽水、氣泡水、飽和糖水、硫酸鋅、硫酸銅、飽和小蘇打水、自來水、純水、肥皂水、硝酸鉀、汽水、優酪乳、可樂、醋等不同溶液，如圖二-1-1
2. 放入鋅和銅連接三用電表，如圖二-1-2 來測量無電阻的電壓及電流
3. 再次分別測量有外接 200Ω 電阻和無電阻的電壓及電流，觀察並記錄結果



圖二-1-1 100 毫升的不同溶液

圖二-1-2 連接三用電表

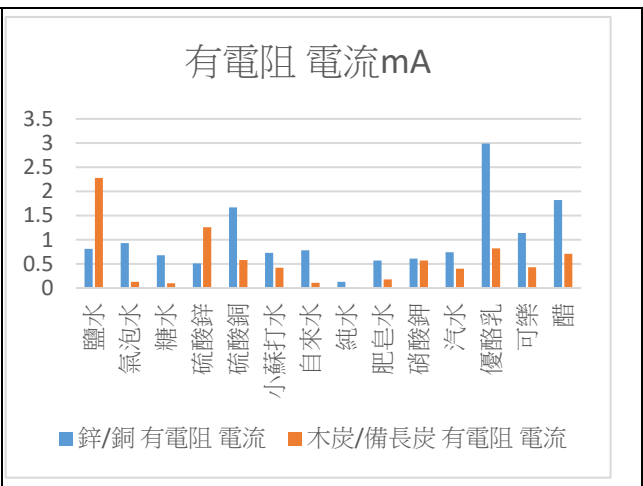
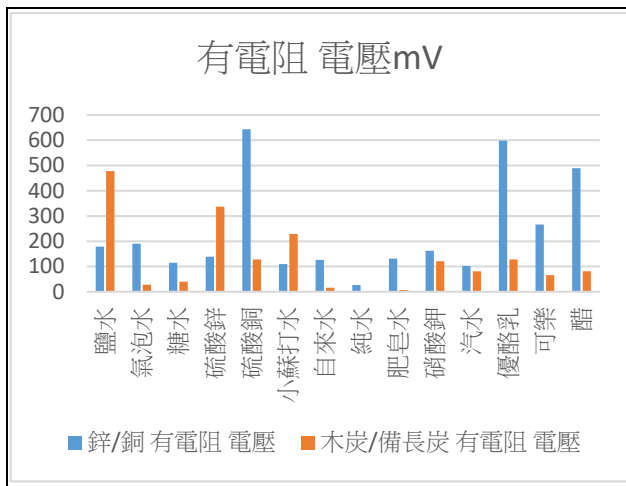
實驗結果:

1. 鋅和銅當電極在不同溶液的發電紀錄於表二-1-1。

表二-1-1 鋅和銅當電極在不同溶液的發電情形(電壓及電流的前五高以黃色底代表)

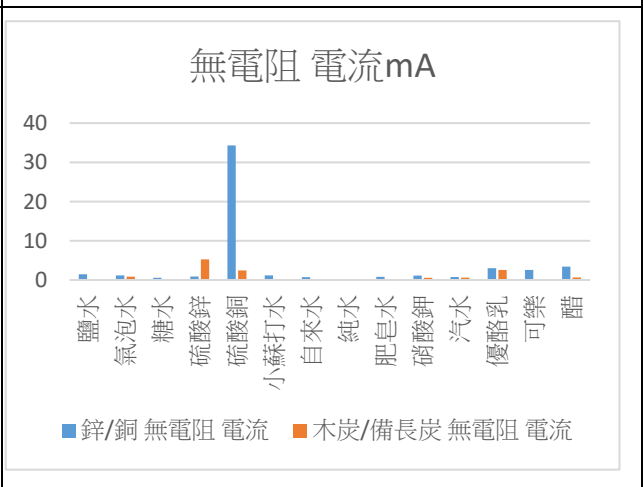
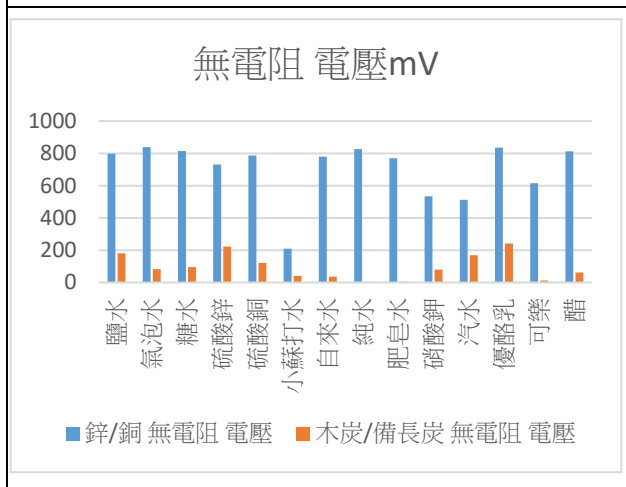
電解液/鋅和銅	200Ω 電壓(mV)	200Ω 電流(mA)	無電阻電壓(mV)	無電阻電流(mA)
鹽水	478	2.28	181	0.14
氣泡水	28	0.13	83	0.83
糖水	40	0.1	96	0
硫酸鋅	337	1.26	223	5.27
硫酸銅	128	0.58	122	2.43
小蘇打水	229	0.42	241	0
自來水	16	0.11	36	0.2
純水	2	0.01	4	0.05
肥皂水	7	0.18	5	0.1
硝酸鉀	121	0.57	80	0.56
雪碧	81	0.4	169	0.58
AB 優酪乳	128	0.82	242	2.54
可口可樂	66	0.43	12	0.23
工研醋	81	0.71	62	0.66

2. 由表二-1-1 電極為鋅和銅外接電阻 200Ω/無電阻的電壓電流整理出圖二-1-3 至圖二-1-6。



圖二-1-3 有電阻的電壓

圖二-1-4 有電阻的電流



圖二-1-5 無電阻的電壓

圖二-1-6 無電阻的電流

實驗討論:

1. 由表二-1-1 可知優酪乳及硫酸鋅的電壓電流都相當高，但硫酸鋅並不是日常所見的液體
2. 由如圖二-1-3 可知電極為鋅和銅，有電阻的電壓:硫酸銅>優酪乳>醋>可樂>氣泡水
3. 由如圖二-1-4 可知電極為鋅和銅，有電阻的電流:優酪乳>醋>硫酸銅>可樂>氣泡水
4. 由如圖二-1-5 可知電極為鋅和銅，無電阻的電壓:氣泡水>優酪乳>純水>糖水>醋
5. 由如圖二-1-6 可知電極為鋅和銅，無電阻的電流:硫酸銅>醋>優酪乳>可樂>鹽水
6. 由圖二-1-3 至圖二-1-6 可知有電阻和無電阻會影響各個溶液的發電表現，優酪乳在有電阻的情況下表現得比醋和汽水好，實在很有趣。

實驗結論:

1. 由實驗討論可得知，只有優酪乳的電流及電壓皆在每組實驗的前五高，相較於其他溶液較穩定。
2. 對比表二-1-1 以及表二-1-2 可得知不同電極的電壓及電流數值差距大。

實驗二-2:優酪乳使用不同電極

實驗步驟:

1. 將優酪乳倒入 100ml 燒杯中。把不同的電極放入優酪乳中。
2. 分別用三用電表測量外接 200Ω 電阻及無電阻的電壓和電流。

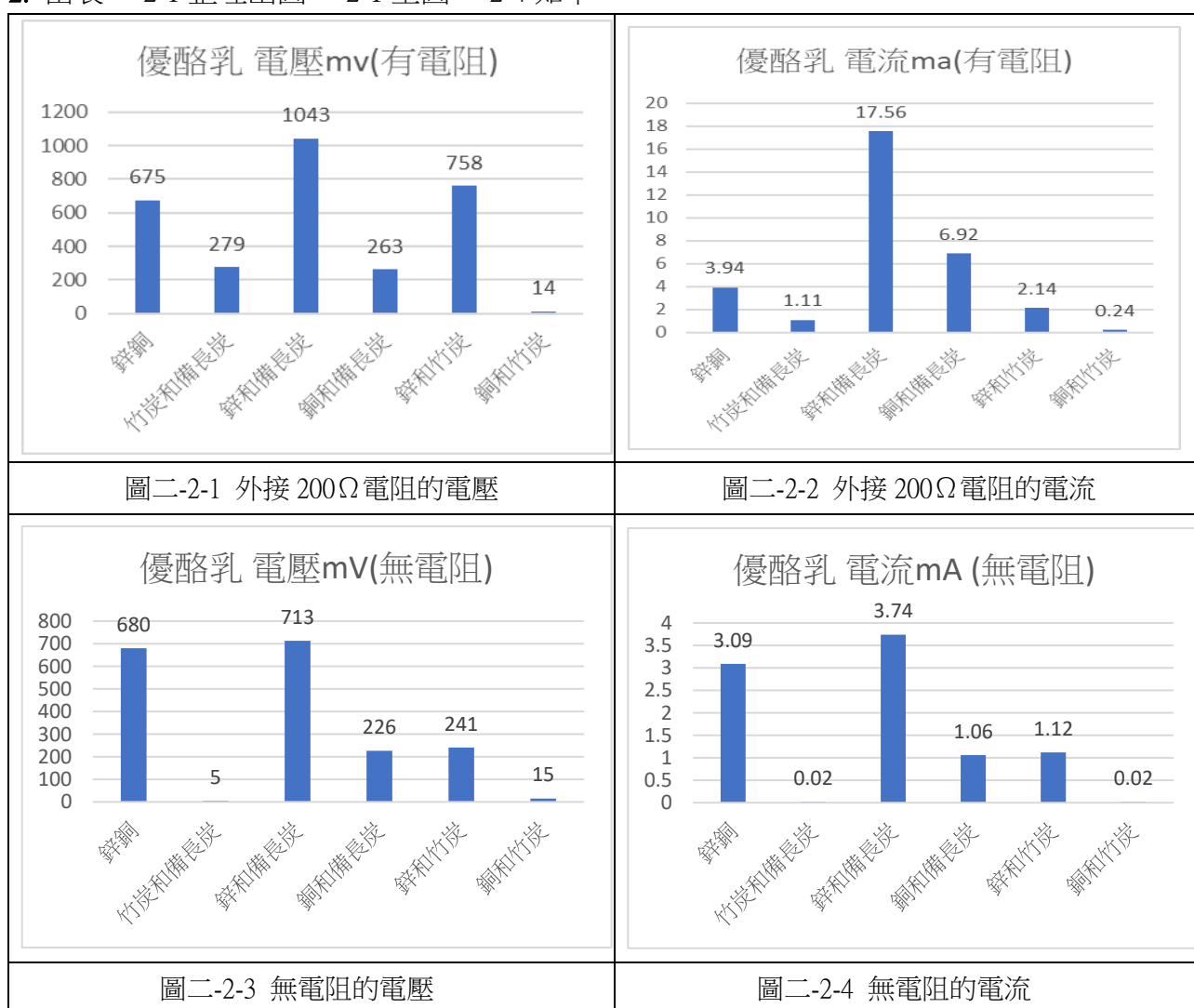
實驗結果:

1. 優酪乳使用不同電極發電情形紀錄如表二-2-1。

表二-2-1 優酪乳使用不同電極

電極	電壓 mV(有電阻)	電流 mA(有電阻)	電壓 mV(無電阻)	電流 mA(無電阻)
鋅銅	675	3.94	680	3.09
竹炭和備長炭	279	1.11	5	0.02
鋅和備長炭	1043	17.56	713	3.74
銅和備長炭	263	6.92	226	1.06
鋅和竹炭	758	2.14	241	1.12
銅和竹炭	14	-0.24	15	0.02

2. 由表二-2-1 整理出圖二-2-1 至圖二-2-4 如下。



實驗討論:

- 由圖二-2-1 可知外接 200Ω 電阻的電壓:鋅和備長炭>鋅和竹炭>鋅銅>竹炭和備長炭>銅和備長炭>銅和竹炭
- 由圖二-2-2 可知外接 200Ω 電阻的電流:鋅和備長炭>銅和備長炭>鋅銅>鋅和竹炭>竹炭

和備長炭>銅和竹炭

3. 由圖二-2-3 可知無電阻的電壓:鋅和備長炭>鋅銅>鋅和竹炭>銅和備長炭>銅和竹炭>竹炭和備長炭
4. 由圖二-2-4 可知無電阻的電流:鋅和備長炭>鋅銅>鋅和竹炭>銅和備長炭>銅和竹炭=竹炭和備長炭

實驗結論:

1. 由此實驗可知，鋅和備長炭在各組數據中皆為最高值，因此我們認為鋅和備長炭是最適合當作電極的組合。

實驗二-3:不同溶液中電極其中一方為鋁

實驗步驟:

1. 分別在 100ml 燒杯中倒入優酪乳、飽和鹽水、飽和小蘇打水。
2. 鋁當作負極其餘皆作正極，分別用三用電表測量外接 200Ω 電阻電阻及無電阻的電壓和電流，觀察並紀錄。

實驗結果:

1. 優酪乳使用鋁搭配銅、鋅與碳為電極的發電情形，紀錄於表二-3-1。

表二-3-1 優酪乳使用鋁搭配銅、鋅與碳為電極的發電情形

電極	無電阻 電壓(mV)	無電阻 電流(mA)	有電阻 電壓(mV)	有電阻 電流(mA)
鋁和銅	595	6.05	319	1.67
鋁和鋅	427	0.02	15	0.02
鋁和竹炭	583	2.73	193	1.19
鋁和備長炭	752	18.05	521	2.68

2. 飽和小蘇打水使用鋁搭配不同電極搭配銅、鋅與碳為電極的發電情形，紀錄於表二-3-2。

表二-3-2 飽和小蘇打水使用鋁搭配不同電極搭配銅、鋅與碳為電極的發電情形

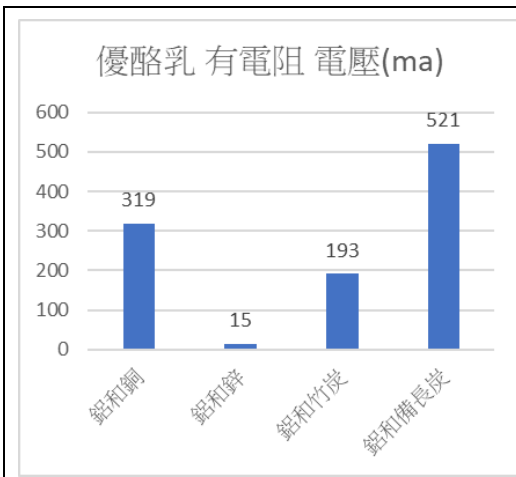
電極	有電阻 電壓(mV)	有電阻 電流(mA)	無電阻 電壓(mV)	無電阻 電流(mA)
鋁和銅	379	1.67	562	2.16
鋁和鋅	104	0.01	303	0.01
鋁和竹炭	334	1.73	530	7.23
鋁和備長炭	748	3.54	815	148.6

2. 飽和鹽水使用鋁搭配銅、鋅與碳為電極的發電情形，紀錄於表二-3-3。

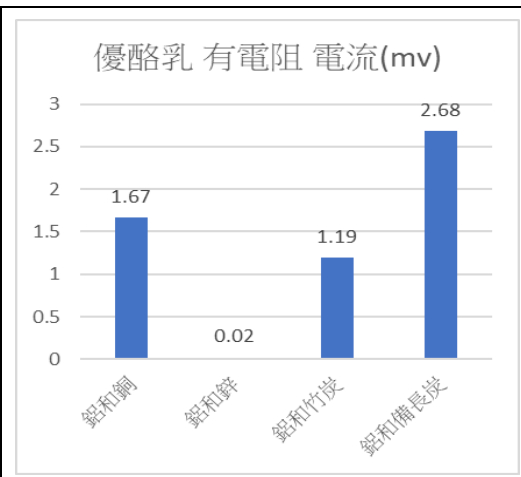
表二-3-3 飽和鹽水使用鋁搭配銅、鋅與碳為電極的發電情形

電極	有電阻 電壓(mV)	有電阻 電流(mA)	無電阻 電壓(mV)	無電阻 電流(mA)
鋁銅	416	1.97	579	3.74
鋁鋅	50	0	180	0.06
鋁 竹炭	441	2.24	853	7.85
鋁 備長炭	849	3.94	971	260

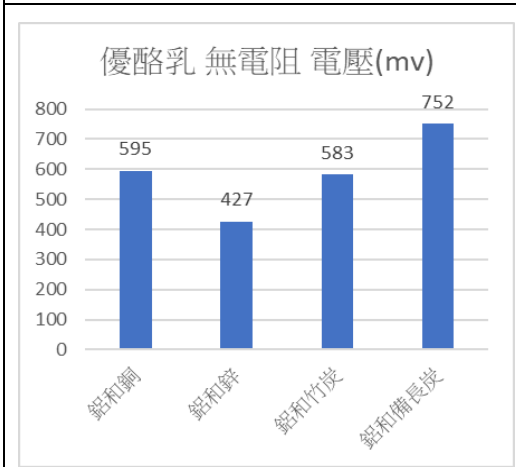
3. 由表二-3-1 至表二-3-3 整理出圖二-3-1 至圖二-3-12。



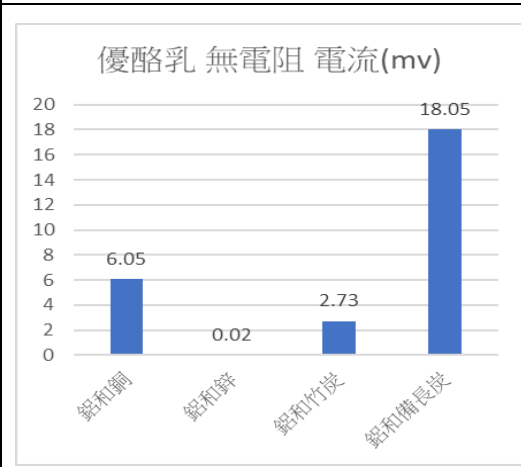
圖二-3-1 優酪乳有電阻的電壓



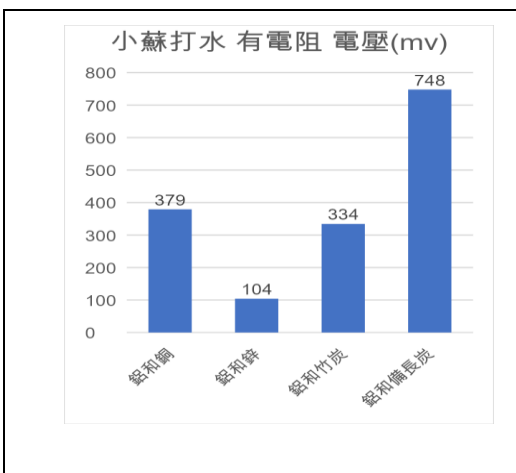
圖二-3-2 優酪乳有電阻的電流



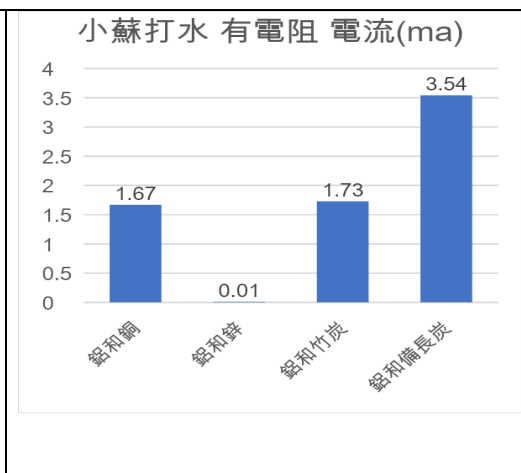
圖二-3-3 優酪乳無電阻的電壓



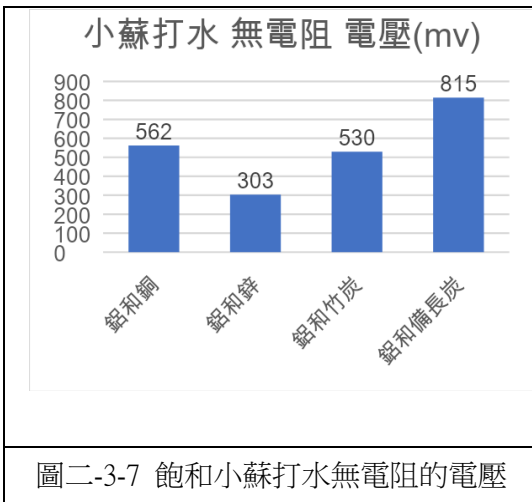
圖二-3-4 優酪乳無電阻的電流



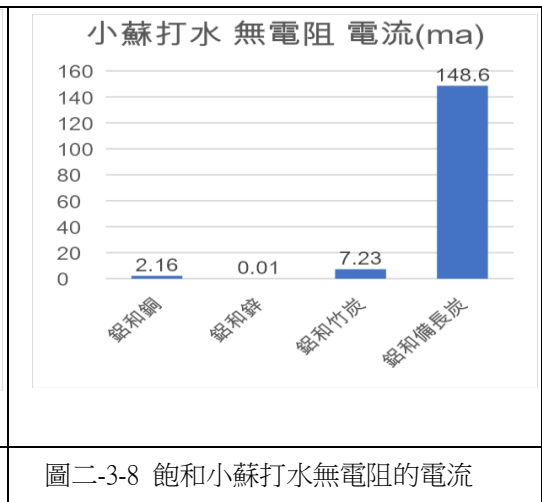
圖二-3-5 飽和小蘇打水有電阻的電壓



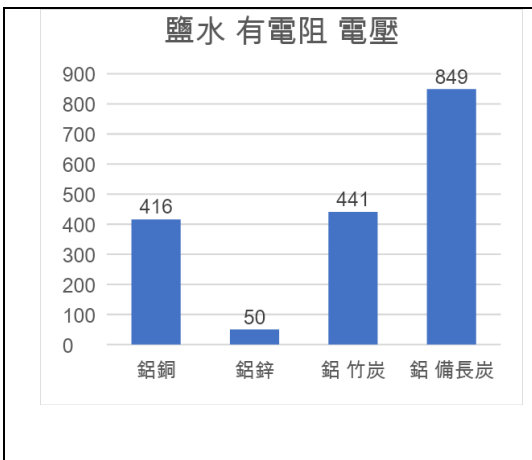
圖二-3-6 飽和小蘇打水有電阻的電流



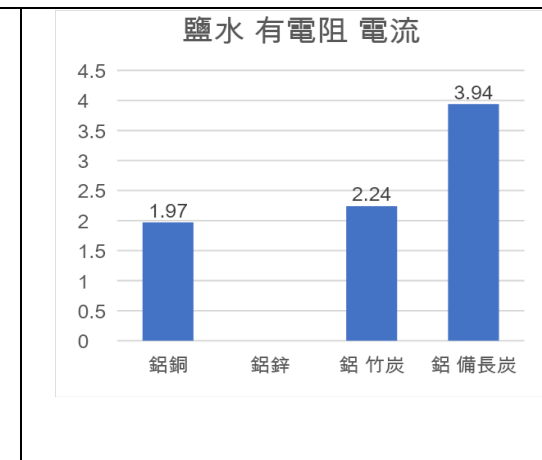
圖二-3-7 飽和小蘇打水無電阻的電壓



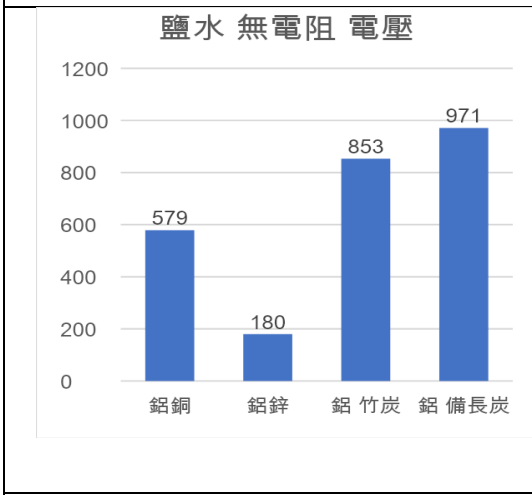
圖二-3-8 飽和小蘇打水無電阻的電流



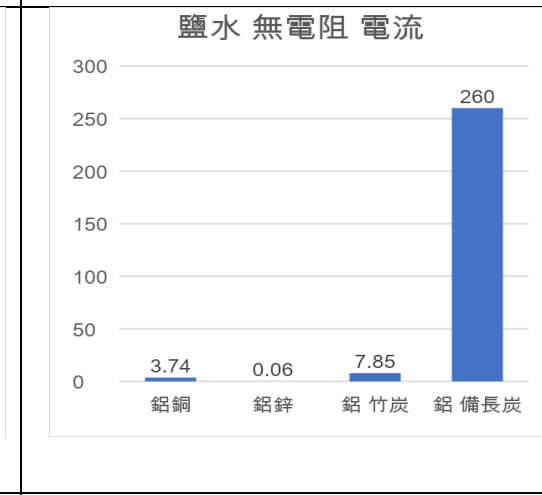
圖二-3-9 飽和鹽水有電阻的電壓



圖二-3-10 飽和鹽水有電阻的電流



圖二-3-11 飽和鹽水無電阻的電壓



圖二-3-12 飽和鹽水無電阻的電流

實驗討論:

1. 以優酪乳當電解液的發電情形:

- (1) 由圖二-3-1 與圖二-3-3 可知無論是否有外加 200Ω 電阻的電壓結果都是:鋁和備長炭 > 鋁和竹炭 > 鋁和銅 > 鋁和鋅
- (2) 由圖二-3-2 與圖二-3-4 可知無論是否有外加 200Ω 電阻的電流結果都是:鋁和備長炭 > 鋁和竹炭 > 鋁和銅 > 鋁和鋅
- (3) 其中竹炭體積 < 備長炭也是可能影響的因素，需再改善檢討。

2. 以飽和小蘇打水當電解液的發電情形:

(1) 由圖二-3-5 與圖二-3-7 可知無論是否有外加 200Ω 電阻的電壓結果都是:鋁和備長炭 >鋁和銅>鋁和竹炭>鋁和鋅

(2) 由圖二-3-6 與圖二-3-8 可知無論是否有外加 200Ω 電阻的電流結果都是:鋁和備長炭 >鋁和竹炭>鋁和銅>鋁和鋅

(3)由以上得知鋁/備長炭的組合也是其中發電表現最好的，且竹炭與備長炭的量不同，需要再釐清。

3. 以飽和鹽水當電解液的發電情形:

(1) 由圖二-3-9 與圖二-3-11 可知無論是否有外加 200Ω 電阻的電壓結果都是:鋁和備長炭 >鋁和竹炭>鋁和銅>鋁和鋅

(2) 由圖二-3-10 與圖二-3-12 可知無論是否有外加 200Ω 電阻的電流結果都是:鋁和備長炭 >鋁和竹炭>鋁和銅>鋁和鋅

實驗結論:

1. 由實驗二-1 結果可知，鋁和備長炭在每組實驗中皆為最高值。
2. 比較表二-2-1 和表二-3-1 可發現，以優酪乳為電解液時鋅和備長炭的電壓與電流皆高於鋁和備長炭，所以鋅和備長炭當電極時發電情形較優。

研究三、優酪乳如何影響電壓及電流

實驗三-1:稀釋優酪乳

實驗步驟:

1. 取 50ml 優酪乳於燒杯中倒入 10ml 的水並攪拌均勻，放入電極鋅片和備長炭後使用三用電表分別測量有電阻及無電阻的電壓和電流，紀錄並分析結果。
2. 於上述優酪乳的燒杯中，再加入 10ml 的水。
3. 重複上面 2 個步驟。

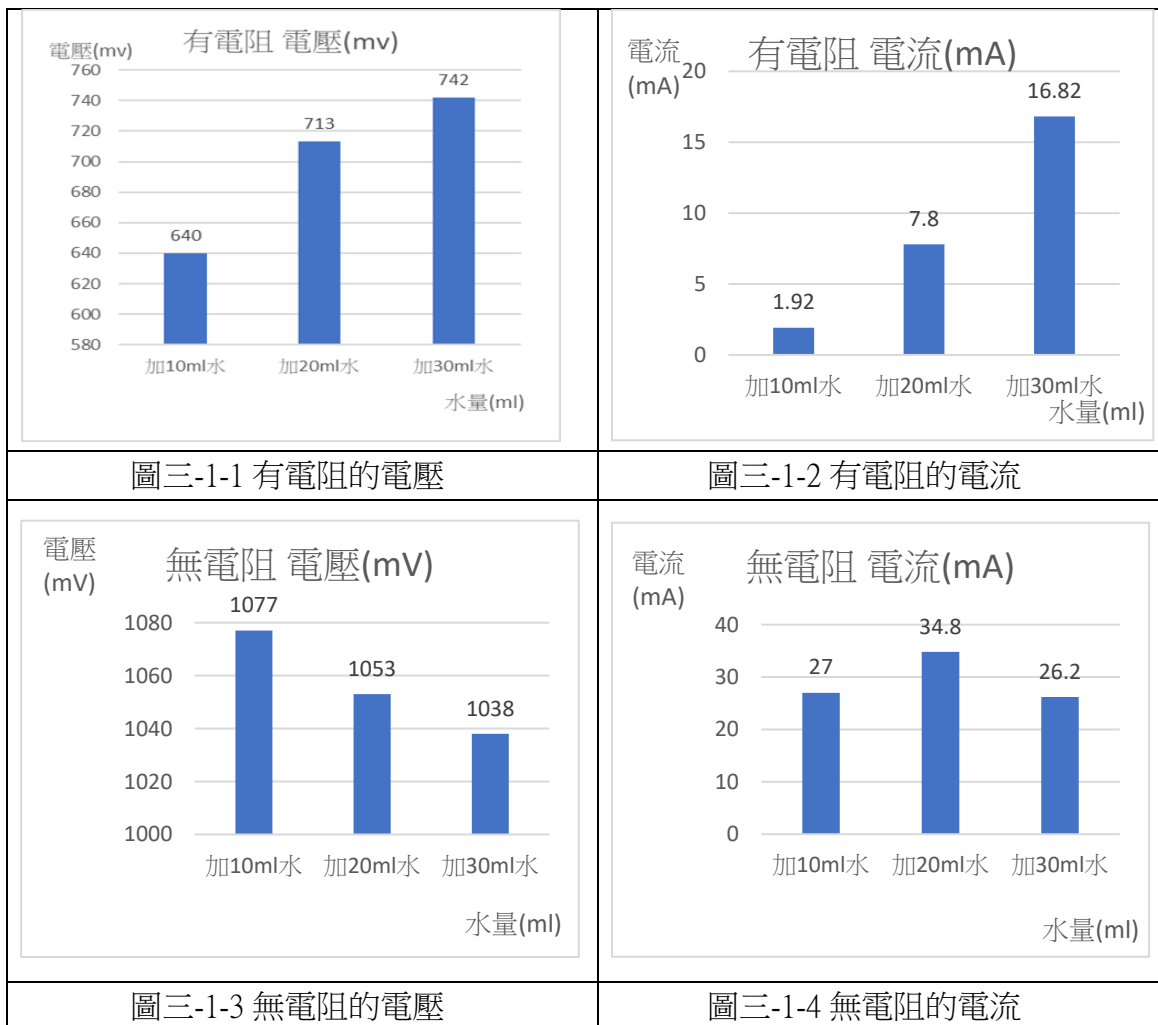
實驗結果:

1. 優酪乳稀釋的發電狀況記錄於表三-1-1 如下。

表三-1-1 優酪乳稀釋的電壓電流

稀釋	200Ω 電壓(mV)	200Ω 電流(mA)	無電阻電壓(mV)	無電阻電流(mA)
共加 10ml 水	640	1.92	1077	27
共加 20ml 水	713	7.8	1053	34.8
共加 30ml 水	742	16.82	1038	26.2

2. 由表三-1-1 優酪乳稀釋的發電狀況整理出圖三-1-1 至圖三-1-4。



實驗討論:

1. 由圖三-1-1 和圖三-1-2 可知有外接 200Ω 的電壓及電流:加入 30ml 水 >加 20ml 水 >加 10ml 水。
2. 由圖三-1-3 可知無電阻的電壓:加越多水，電壓越小。
3. 由圖三-1-4 可知無電阻的電流:加 20ml 水 >加 10ml 水 >加 30ml 水。

實驗結論:

1. 由圖三-1-1 以及圖三-1-2 可以得知，在外接 200Ω 電阻的狀況下水加越多，優酪乳的電壓及電流會越高。
2. 由圖三-1-3 可知無電阻的電壓加越多水，電壓越小。

實驗三-2:改變優酪乳的溫度

實驗步驟:

1. 倒入 50ml 優酪乳到燒杯中，分別隔水加熱到 20°C 、 25°C 、 30°C 、 35°C 。
2. 以鋅片和備長炭當作電極用三用電表分別測量有電阻及無電阻的電壓和電流。
3. 紀錄並分析結果。

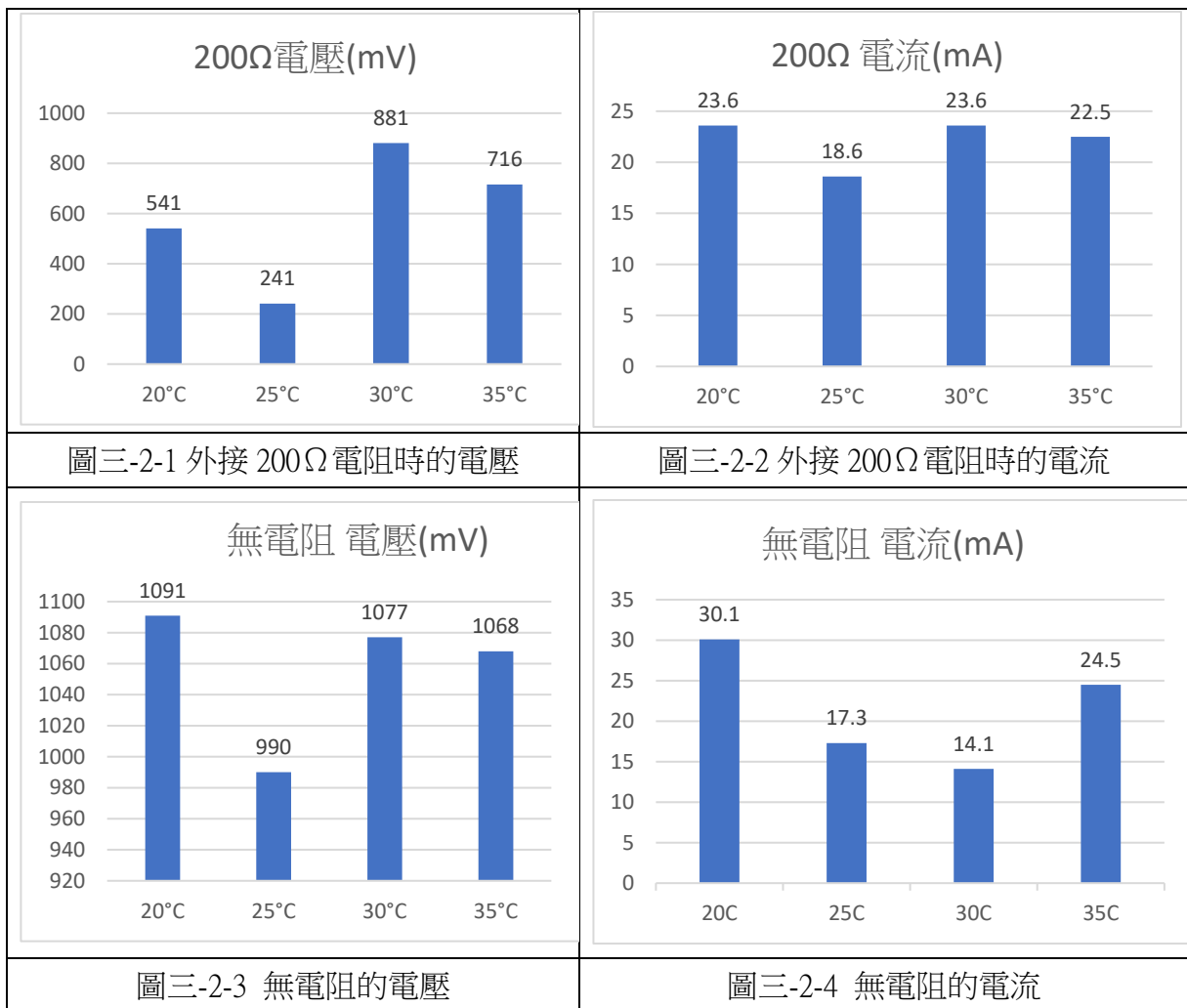
實驗結果:

1. 不同溫度優酪乳的發電狀況記錄於表三-2-1 如下。

表三-2-1 不同溫度優酪乳的電流、電壓

溫度	外接 200Ω 電壓(mV)	外接 200Ω 電流(mA)	無電阻 電壓(mV)	無電阻 電流(mA)
25°C	241	18.6	990	17.3
30°C	881	23.6	1077	14.1
35°C	716	22.4	1068	24.5
20°C	541	23.6	1091	30.1

2. 由表三-2-1 不同溫度優酪乳的發電狀況整理出圖三-2-1 至圖三-2-4。



圖三-2-1 外接 200Ω 電阻時的電壓

圖三-2-2 外接 200Ω 電阻時的電流

圖三-2-3 無電阻的電壓

圖三-2-4 無電阻的電流

實驗討論:

1. 由圖三-2-1 可知外接 200Ω 電阻時的電壓大小為 30°C > 35°C > 20°C > 25°C
2. 由圖三-2-2 可知外接 200Ω 電阻的電流大小為 30 °C = 20 °C > 35 °C > 25°C
3. 由圖三-2-3 可知無電阻的電壓大小為 20 °C > 30 °C > 35°C > 25°C
4. 由圖三-2-4 可知無電阻的電流大小為 35°C > 20°C > 25 °C > 30°C

實驗結論:

1. 由圖三-2-1 以及圖三-2-2 可得知，在有電阻時，30°C 的優酪乳電壓及電流皆最高。
2. 由圖三-2-3 以及圖三-2-4 可得知優酪乳在無電阻時，20 °C 的電壓及電流較高。

實驗三-3:發酵程度不同的優酪乳對於不同電極的影響

實驗步驟:

1. 在燒杯上寫上 0~9
2. 在編號為 0 的燒杯中倒入 100ml 的牛奶並且不放入優格機中，如圖三-3-1
3. 其餘皆倒入 75ml 的牛奶和 25ml 優格，並將編號 1~9 放入優格機中
4. 分別照著燒杯上的編號在優格機中放入 1~8 小時，而編號 9 則是放 24 小時
5. 分別以鋅和備長炭及鋅和銅當電極並測量有電阻及無電阻的電壓、電流和 ph 值



圖三-3-1 優格機

實驗結果:

1. 鋅銅電極對於前後兩天不同發酵程度的優酪乳發電之差異

表三-3-1 鋅銅電極對於前後兩天不同發酵程度的優酪乳發電之差異

第一天	有電阻		無電阻		
編號	電壓(mV)	電流(mA)	電壓(mV)	電流(mA)	Ph 值
0(只有牛奶)	256~301mv	2.68~1.39mA	715~829mv	3.6~2.2mA	6.69
1	182~260mv	0.22~1.62mA	738~874mv	3.7~2.0mA	5.89~5.90
2	200~249mv	0.20~0.16mA	463~833mv	1.1~1.7mA	5.93
3	208~249mv	1.31~2.71mA	700~850mv	2.8~4.7mA	5.72
4	314~422mv	2.1~3.4mA	523~877mv	5.3~2.6mA	5.05
5	595~647mv	3.24~2.16mA	542~794mv	3.8~7.0mA	4.41
6	351~611mv	7.8~8.2mA	703~918mv	7.7~5.6mA	4.44
7	392~562mv	4.3~6.7mA	468~976mv	12.8~6.9mA	4.35
8	233~394mv	3.4~5.0mA	294~819mv	12.多 mA	4.27

2. 不同發酵程度的優酪乳對於鋅銅電極的發電狀況記錄於表三-3-1 如下。

表三-3-2(放一整夜)不同發酵程度的優酪乳對於鋅銅電極的電流、電壓的表現

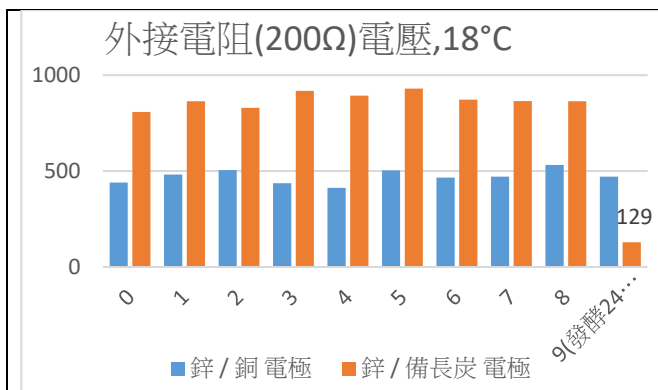
編號	有電阻		無電阻		Ph 值
	電壓(mV)	電流(mA)	電壓(mV)	電流(mA)	
0	326~440mv	3.55~1.02ma	204~279mv	2.13~2.60mv	6.73
1	313~482mv	1.68~3.61ma	332~836mv	0.29~3.56mv	5.02
2	485~505mv	2.41~3.62ma	117~932mv	2.17~4.06mv	4.87
3	299~437mv	1.26~3.14ma	339~413mv	0.18~5.86mv	4.65
4	218~413mv	1.21~3.23ma	169~917mv	1.61~5.68mv	4.40
5	112~504mv	1.74~2.08ma	360~931mv	3.54~4.51mv	4.23
6	167~466mv	1.39~2.46ma	291~932mv	1.38~6.54mv	4.22
7	351~471mv	0.19~1.56ma	381~955mv	1.14~8.24mv	4.20
8	118~532mv	3.2~5.5ma	341~949mv	2.16~10.48mv	4.18
9(發酵 24 小時)	236~471mv	4.6~7.7ma	567~616mv	8.9~13.5mv	4.08

3. 不同發酵程度的優酪乳對於鋅和備長炭電極的發電狀況記錄於表三-3-2 如下。

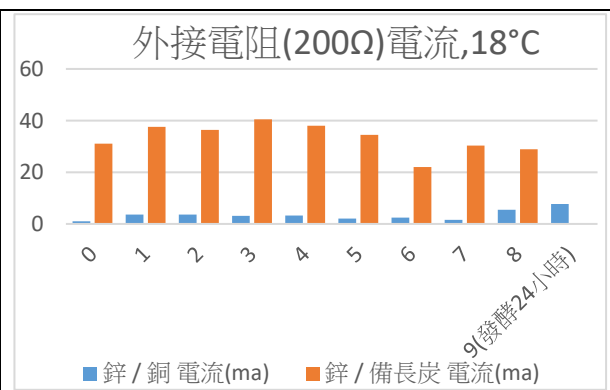
表三-3-3 (放一整夜)不同發酵程度的優酪乳對於鋅和備長炭電極的電流、電壓的表現

編號	有電阻		無電阻		Ph 值
	電壓(mV)	電流(mA)	電壓(mV)	電流(mA)	
0	779~808mv	24.2~31.1ma	275~1006mv	19.7~24.6mv	6.73
1	721~864mv	9.8~37.6ma	670~1029mv	23.3~34.0mv	5.02
2	677~830mv	11.7~36.4ma	952~1037mv	23.4~34.9mv	4.87
3	636~918mv	21.6~40.5ma	607~1030mv	6.6~34.6mv	4.65
4	345~893mv	11.0~38.0ma	426~1036mv	20.5~36.1mv	4.40
5	443~930mv	29.7~34.5ma	860~1049mv	26.3~36.8mv	4.23
6	650~872mv	18.3~22.0ma	745~1082mv	30.3~35.7mv	4.22
7	415~8651mv	13.0~30.3ma	930~1065mv	31.6~37.9mv	4.20
8	524~864mv	18.3~28.9ma	760~1100mv	9.0~49.0mv	4.18
9(發酵 24 小時)	73~129mv	0.16~0.20ma	282~495mv	40.4~50.4mv	4.08

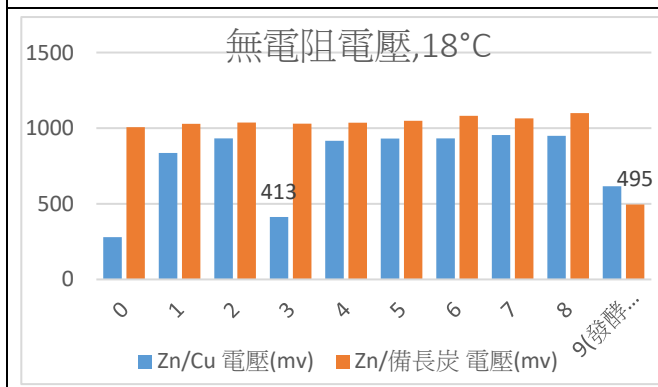
4. 由表三-3-1 至表三-3-3 整理出圖三-3-2 至圖三-3-9 如下



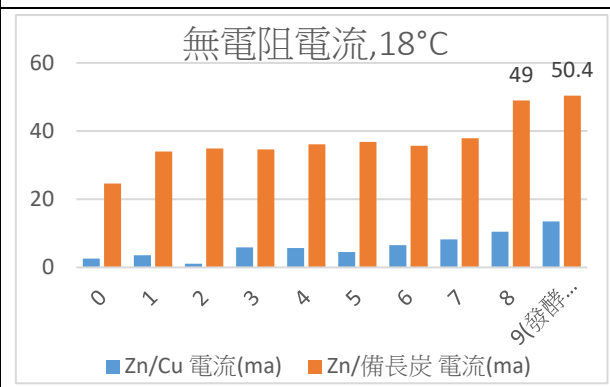
圖三-3-2 外接 200Ω 的電壓



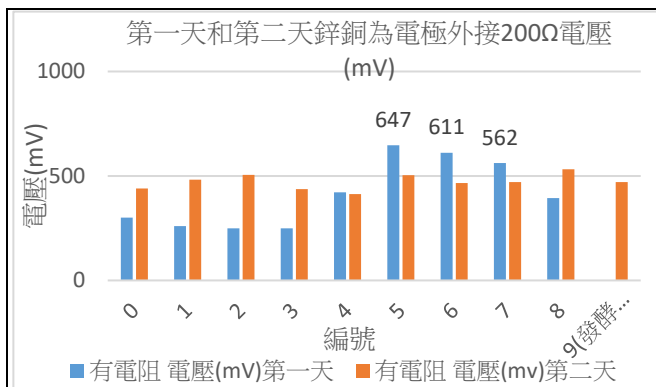
圖三-3-3 外接 200Ω 的電流



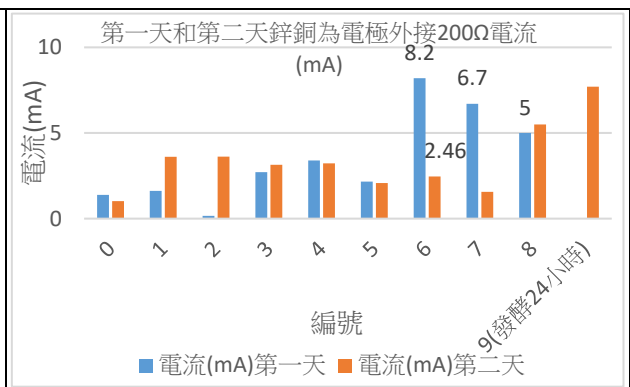
圖三-3-4 無電阻的電壓



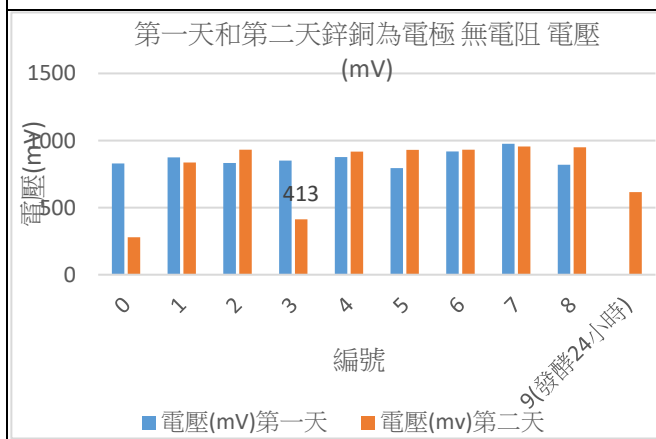
圖三-3-5 無電阻的電流



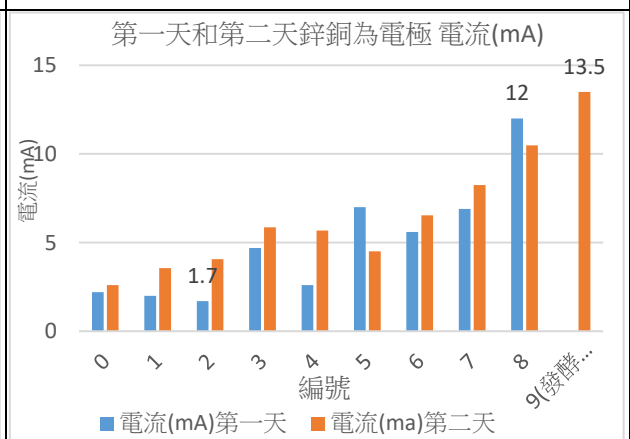
圖三-3-6 第一天和第二天鋅銅為電極外接 200Ω 電壓 (mV)



圖三-3-7 第一天和第二天鋅銅為電極外接 200Ω 電流 (mA)



圖三-3-8 第一天和第二天鋅銅為電極 無電阻 電壓(mV)



圖三-3-9 第一天和第二天鋅銅為電極 電流 (mA)

實驗討論:

- 以鋅和銅當作電極比較當天測量及放置一天的電壓及電流:
 - 由圖三-3-6 及圖三-3-7 發現發酵後當下測量且有外接 200Ω 的優酪乳在 5 小時的電壓及電流較高，所以第一天因為菌種大量繁殖會隨著發酵時間電壓電流增加。
 - 由圖三-3-6 及圖三-3-8 可得知放置一夜才測量的優酪乳其外接 200Ω 的電壓較平均而無電阻的電壓起伏較大，無電阻的電壓都比有電阻的高。
 - 由圖三-3-7 和圖三-3-9 的電流逐漸上升。
- 放置一天以鋅和銅當作電極及以鋅和備長炭為電極比較兩者的電壓和電流
 - 圖三-3-2 及圖三-3-3 可知有外加電阻的情況下鋅跟備長炭當電極，無論是在電壓還是電流都表現較佳。
 - 圖三-3-2 及圖三-3-4 發現編號 9 的電壓在電極為鋅和備長炭時都下降，我們猜測是因為菌種被悶死所以電壓下降，電流沒有太大的影響或許是因為和乳酸的 pH 值有關，值得再探究。

實驗結論:

- 由圖三-3-2~圖三-3-5 可知以鋅銅當作電極的電壓及電流大多數都低於以鋅和備長炭當作電極。
- 以鋅和銅當作電極比較當天測量及放置一天的電壓及電流的實驗中，發現發酵時間越久或放置一天後電壓會增加，最大為 647mV，除了在外接 200Ω 時的電流差距較大，其他實驗中鋅和銅與鋅跟備長炭的電壓及電流較相近。

研究四、探討優酪乳電池正極竹炭的體積對電壓、電流的影響

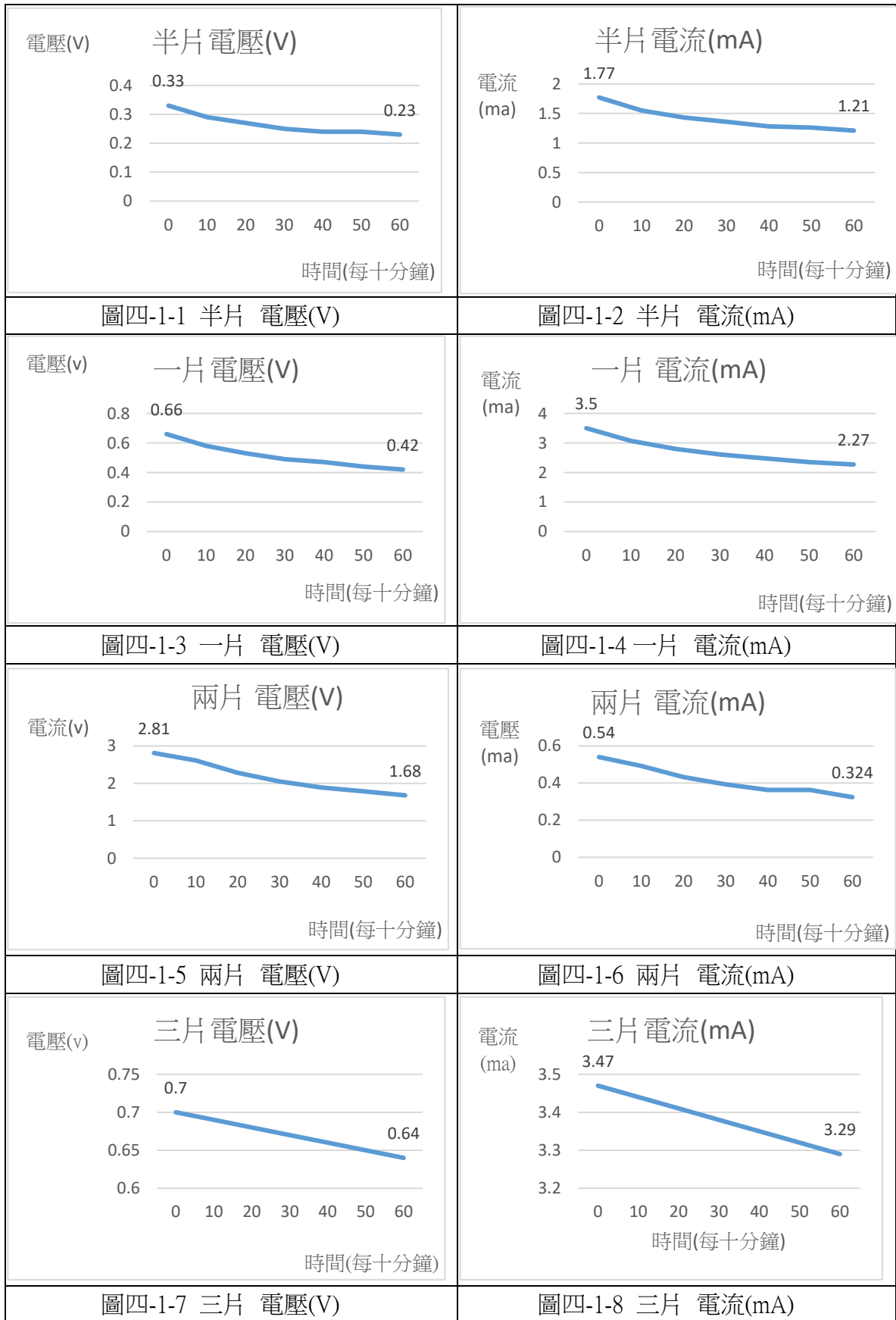
實驗四-1:竹炭的體積如何影響電壓及電流

實驗步驟:

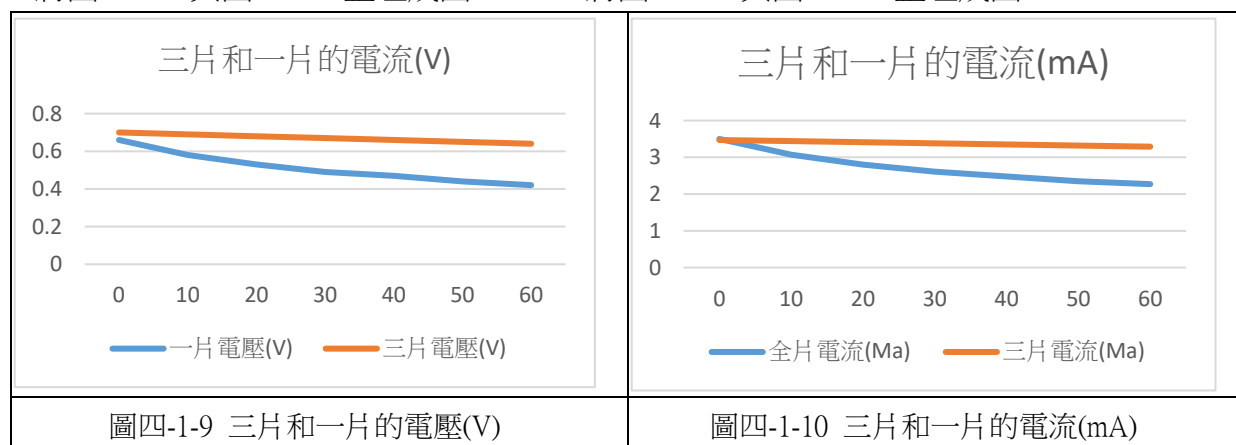
1. 倒入 530ml 優酪乳到燒杯中
2. 別放入半片、全片、二個全片及三個全片的竹炭
3. 以鋅片和竹炭為電極，並用 Arduino 程式測量外接 200Ω 電阻及無電阻的電壓和電流整理並分析結果

實驗結果:

1. 將正極半片、一片、兩片、三片竹炭的電壓電流測得結果分析成圖四-1-1 至圖四-1-8。



2. 將圖四-1-7 與圖四-1-3 整理成圖四-1-9，將圖四-1-8 與圖四-1-4 整理成圖四-1-10。



實驗討論:

1. 半片:由圖四-1-1、圖四-1-2 可知電壓及電流隨著時間下滑。電壓最高值為 0.39V。電流最高值為 1.77 mA。
2. 一片:由圖四-1-3、圖四-1-4 可知電壓及電流隨著時間下滑。電壓最高值為 0.66V。電流最高值為 3.5 mA。
3. 兩片:由圖四-1-5、圖四-1-6 可知電壓及電流隨著時間下滑。電壓最高值為 0.54V。電流最高值為 2.81 mA。
4. 三片:由圖四-1-7、圖四-1-8 可知電壓及電流隨著時間下滑。電壓最高值為 0.7V。電流最高值為 3.47 mA。
- 5 由圖四-1-9 與圖四-1-10 三片和一片的電壓可知三片的電壓、電流十分穩定，可知正極三片竹炭可以穩定供應較多的氧氣，電壓電流因此可以穩定。

實驗結論

- 1.由實驗討論可知電壓及電流皆隨著發酵時間下滑，我們認為應該是放電過程消耗了什麼物質。
2. 由實驗結果可知以三片竹炭當作電極時，其電壓電流都比半片、一片、兩片竹炭高。
3. 因為竹炭有多孔隙較容易儲存氧氣，所以我們認為除了竹炭接觸面積的影響外，可知正極三片竹炭可以穩定供應較多的氧氣，電壓電流因此可以穩定。除此之外還有什麼會讓電壓下降的因素很有趣。

研究五、優酪乳發電究竟是微生物電池還是空氣電池

實驗五-1: 鋅離子跟優酪乳發電的關係

實驗步驟:

1. 用年糕紙包硫酸鋅溶液，進入碳酸鈉的溶液中，觀察碳酸鈉容易是否有產生白色硫酸鋅沉澱。
2. 將鋅片和竹炭一起放入優酪乳中，並用 Arduino 測試電壓電流，觀察並紀錄。
3. 年糕紙包裹鋅片並和竹炭一起放入優酪乳中，接著重複上述 3 個步驟。
4. 使用 Zn²⁺ 水質簡易分析器再次證明優酪乳中是否有鋅離子。

實驗結果:

1. 比較有包膜及沒包膜的電壓電流整理出圖五-1-1 至圖五-1-4，圖五-1-5 紀錄年糕紙包裹硫酸鋅溶液放入碳酸鈉溶液後的變化，如下。

<p>圖五-1-1 有包膜的電壓</p>	<p>圖五-1-2 有包膜的電流</p>
<p>圖五-1-3 年糕紙包硫酸鋅溶液放入碳酸鈉溶液中沒有白色沉澱產生</p>	<p>圖五-1-4 優酪乳的乳清鋅離子Zn^{+2}濃度接近 0.0 mg/l (ppm)</p>
<p>圖五-1-5 檢測鋅片包膜的優酪乳鋅離子濃度接近 0.0 mg/l (ppm)</p>	<p>圖五-1-6 檢測鋅片未包膜的優酪乳鋅離子濃度接近 0.5 mg/l (ppm)</p>

實驗討論:

1. 由圖五-1-3 年糕紙包硫酸鋅溶液放入碳酸鈉溶液中沒有白色沉澱產生，鋅離子 Zn^{+2} 沒辦法透過年糕紙。
2. 由圖五-1-1 至圖五-1-2 鋅片包了膜的電流電壓都很差。
3. 沒有包膜的鋅片電極有產生 Zn^{+2} ，其 Zn^{+2} 濃度>將鋅片電極包膜的 Zn^{+2} 濃度及優酪乳乳清的 Zn^{+2} 濃度，由此可知電池負極鋅有參與放電反應。

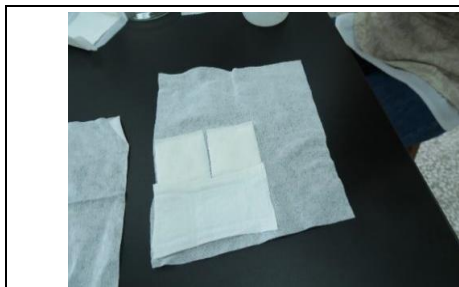
實驗結論:

1. 因為鋅有發生反應，因此我們認為優酪乳發電為空氣電池。
2. 有包膜的電壓電流很低是因為鋅離子沒有接觸優酪乳。

實驗五-2:增加氧氣是否會影響電壓及電流

實驗步驟:

1. 把化妝棉黏在卸妝棉上，如圖五-2-1
2. 再黏一張卸妝棉並塗抹一層二氧化錳，如圖五-2-2
3. 再黏上一張卸妝棉後包裹住竹炭，如圖五-2-3，並放入 500ml 的優酪乳中
4. 12 分鐘後再用滴管把雙氧水加到化妝棉上觀察並記錄其過程。
5. 另取一片不加雙氧水也不包裹竹炭再做一次觀察記錄與步驟似有何不同。



圖五-2-1 黏化妝棉與卸妝棉



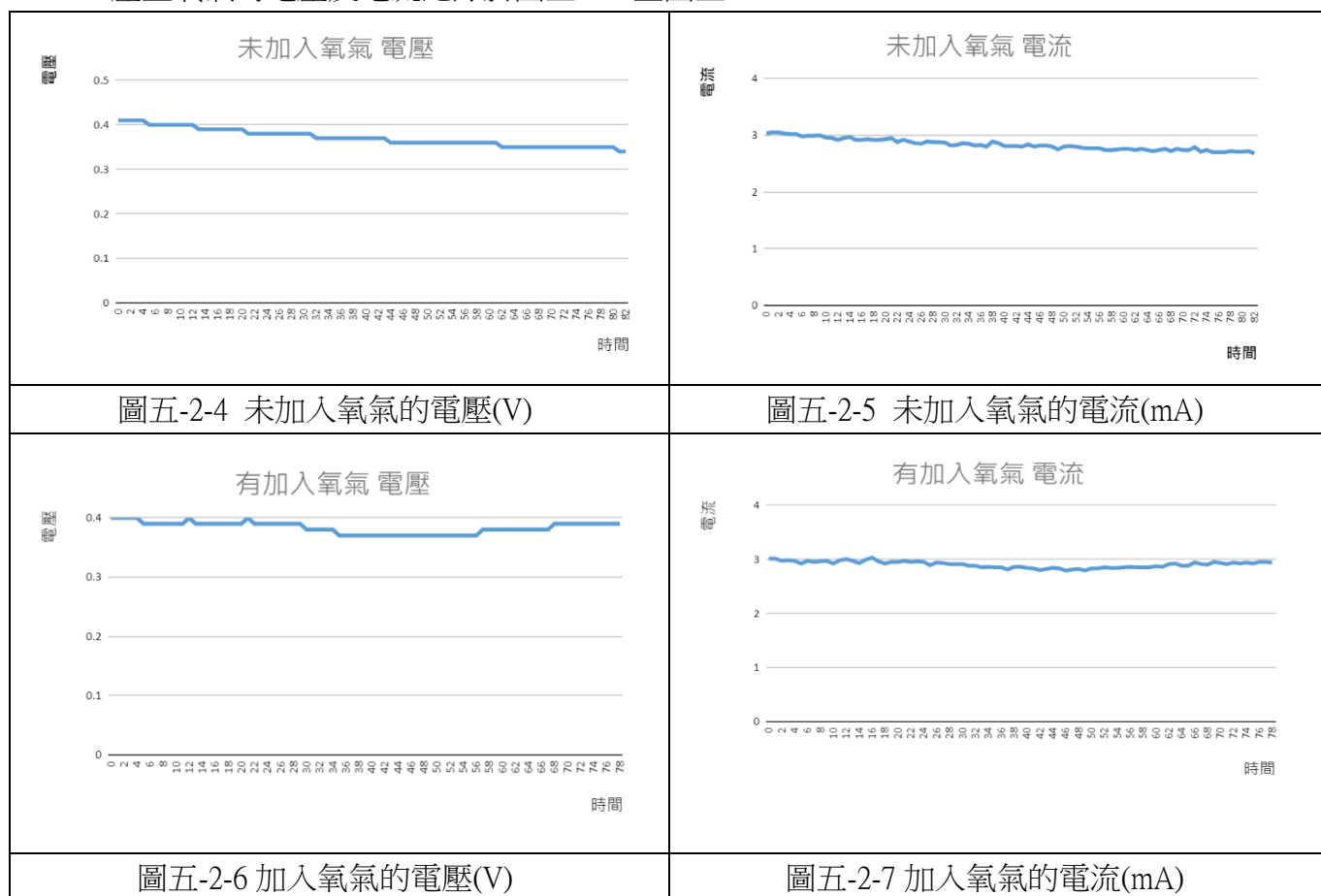
圖五-2-2 塗抹一層 MnO_2



圖五-2-3 包裹住竹炭

實驗結果:

1. 產生氧氣的電壓及電流記錄於圖五-2-4 至圖五-2-7。



實驗討論:

1. 由圖五-2-4 以及圖五-2-5 可知未加入氧氣時的電壓及電流皆隨著時間下滑。
2. 由圖五-2-6 以及圖五-2-7 可知加入氧氣後，電壓及電流皆在一段時間後下降，接著回升。

實驗結論:

1. 由圖五-2-4 以及圖五-2-5 可知加入氧氣的電壓及電流較穩定且無下降趨勢。
2. 我們的預想是加入氧氣後的優酪乳應該要持續上升，但依照實驗結果卻是先下降，接著恢復初始的電壓及電流，我們認為是雙氧水殺死優酪乳裡的菌種導致電壓及電流下降。優酪乳被殺死後真的會影響電壓及電流的表現嗎?所以我們設計實驗-3 進一步探究。

實驗 5-3 活菌和死菌是否會影響電壓及電流

實驗步驟:

1. 倒入 500ml 的優酪乳到燒杯中，先測量兩杯的 Ph 值
2. 其中一杯放入電鍋中，將蒸過的優酪乳從電鍋中拿出放涼如圖五-2-1
3. 用 Arduino 程式分別測量一小時兩杯優酪乳的電壓、電流變化以及優酪乳 Ph 值



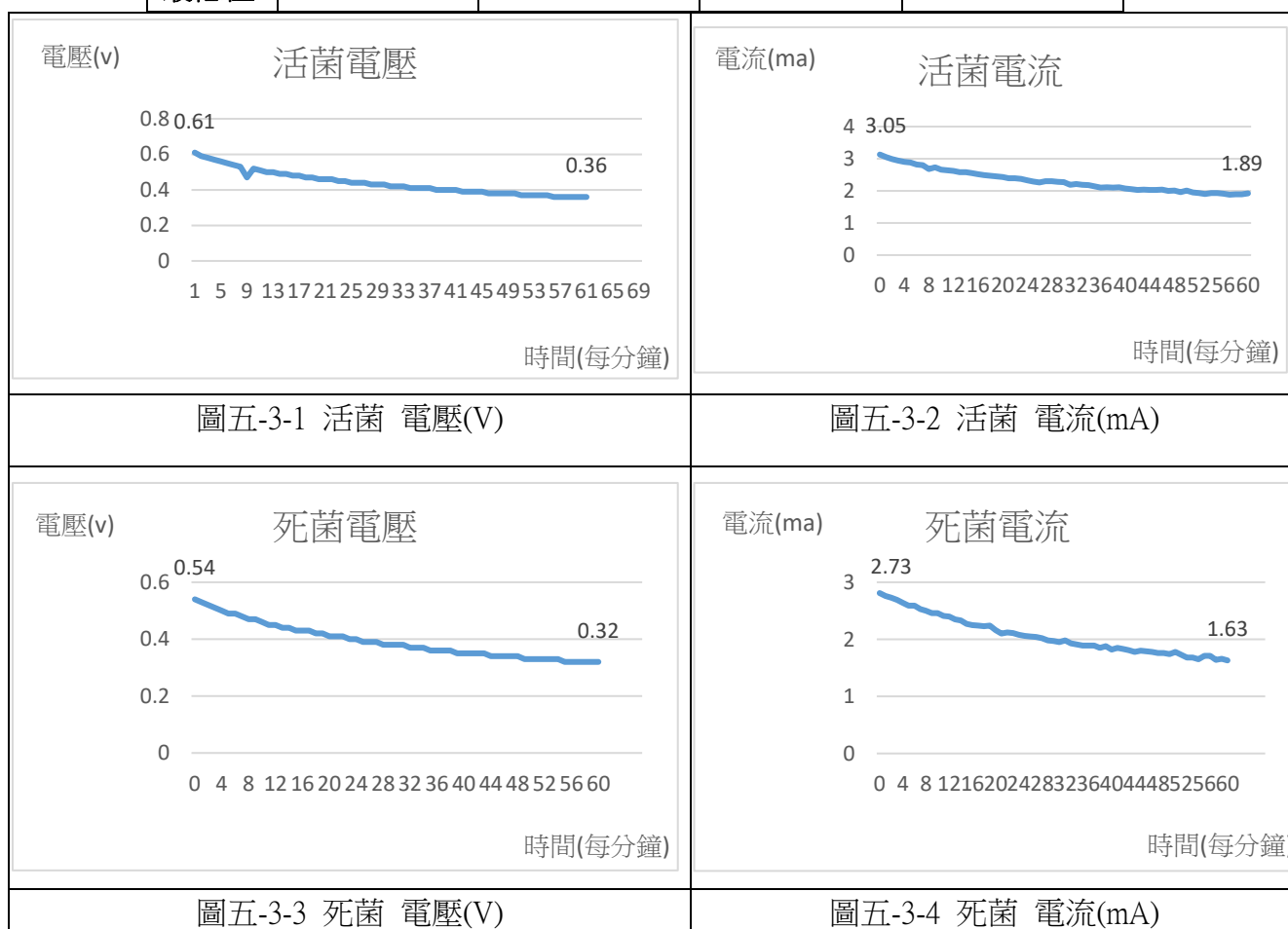
圖五-3-1 蒸過的優酪

實驗結果:

1. 活菌及死菌的電壓及電流紀錄於表五-3-1 及圖五-3-1 至圖五-3-4。

表五-3-1 活菌及死菌的電壓及電流

	活菌電壓(V)	活菌電流(mA)	死菌電壓(V)	死菌電流(mA)
最高值	0.61	3.13	0.54	2.81
最低值	0.36	1.92	0.32	1.57



實驗討論:

1. 由表五-3-1 及圖五-3-1 至圖五-3-4 可知活菌的電壓及電流都比死菌的電壓及電流高。

實驗結論:

1. 由實驗結果可知活菌的電壓及電流都比死菌高。可知乳酸菌是否活著真的可以影響發電的效果。但死菌依舊有電壓電流，是否是乳酸的酸性物質造成發電的效果，所以我們在設計實驗五-4 釐清酸是否對電壓電流有所貢獻。

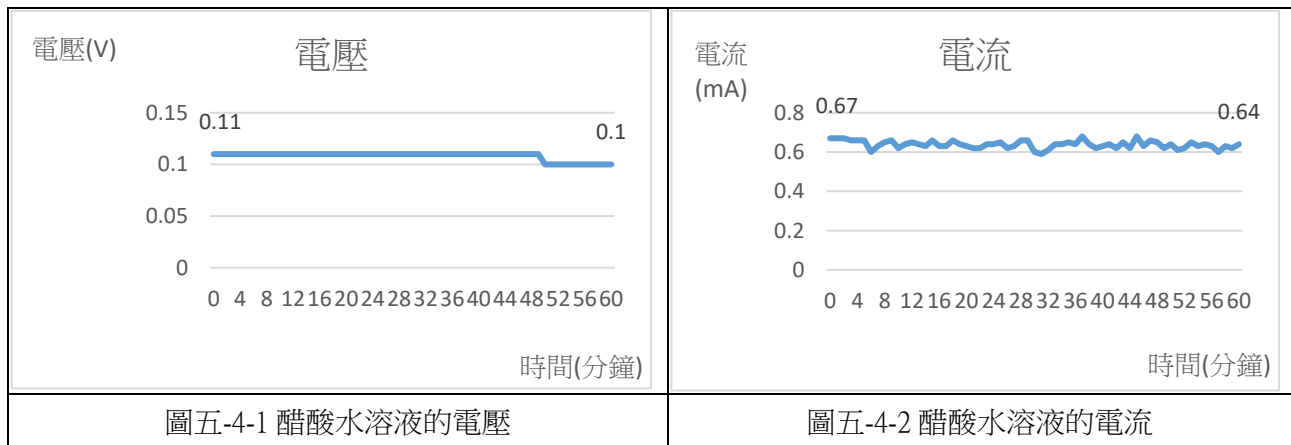
實驗五-4:優酪乳裡的乳酸是否影響電壓電流

實驗步驟:

1. 調配 PH 值為 4.12 的醋酸水溶液，以鋅跟竹炭作為電極重複實驗五-3。

實驗結果.:

1. 醋酸水溶液的電壓電流紀錄於圖五-4-1 至圖五-4-2。



實驗討論:

1. 醋酸水溶液電壓及電流比優酪乳平穩。
2. 與實驗五-3 進行對比，醋酸水溶液電壓(0.11V~0.1V)電流(0.673mA ~0.643mA)比優酪乳死菌的電壓(0.54V~0.32V)電流(2.73mA~1.633mA)小。

實驗結論:

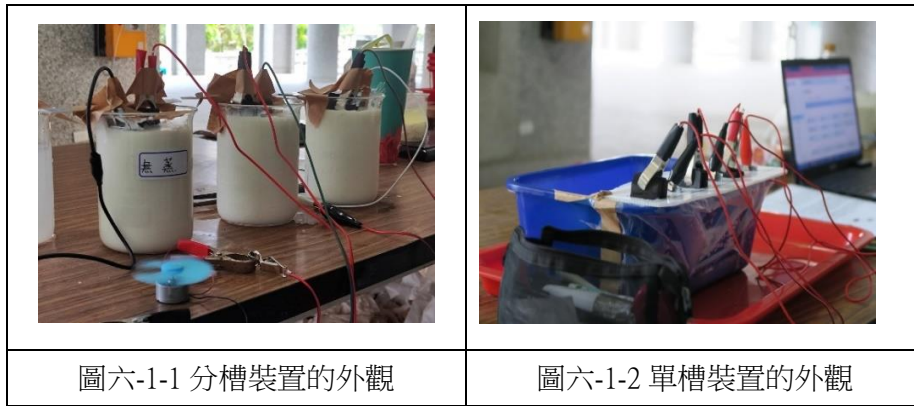
1. 在我們將醋酸水溶液的 PH 值調成和優酪乳的 PH 值相同後，優酪乳的電壓電流仍然高於醋酸水溶液的電壓電流，這代表優酪乳裡除了乳酸外還有其他有機物會影響發電情形。

研究六、如何製作一個好的優酪乳電池

實驗六-1:以串聯的方式比較分槽及單槽的優酪乳所產生的電壓及電流

實驗步驟:

1. 將盆子隔出其中 1/4，倒入 1500ml(三杯 500ml 優酪乳的量)的優酪乳，蓋上板子，在板子上切出三組分別是：一片鋅片、三片竹炭的孔洞，槽內放入優酪乳，使用 Arduino 連續測量電壓及電流一小時，結果如表六-1-1。
2. 每個燒杯都倒入 500ml 的優酪乳，每杯都放入三片竹炭及一片鋅片，測量方法如上，結果如表六-1-2。
3. 觀察並分析兩者差異。



圖六-1-1 分槽裝置的外觀

圖六-1-2 單槽裝置的外觀

實驗結果:

1. 分槽優酪乳測得電壓及電流之結果如表六-1-1。

表六-1-1 分槽優酪乳測得電壓及電流之結果

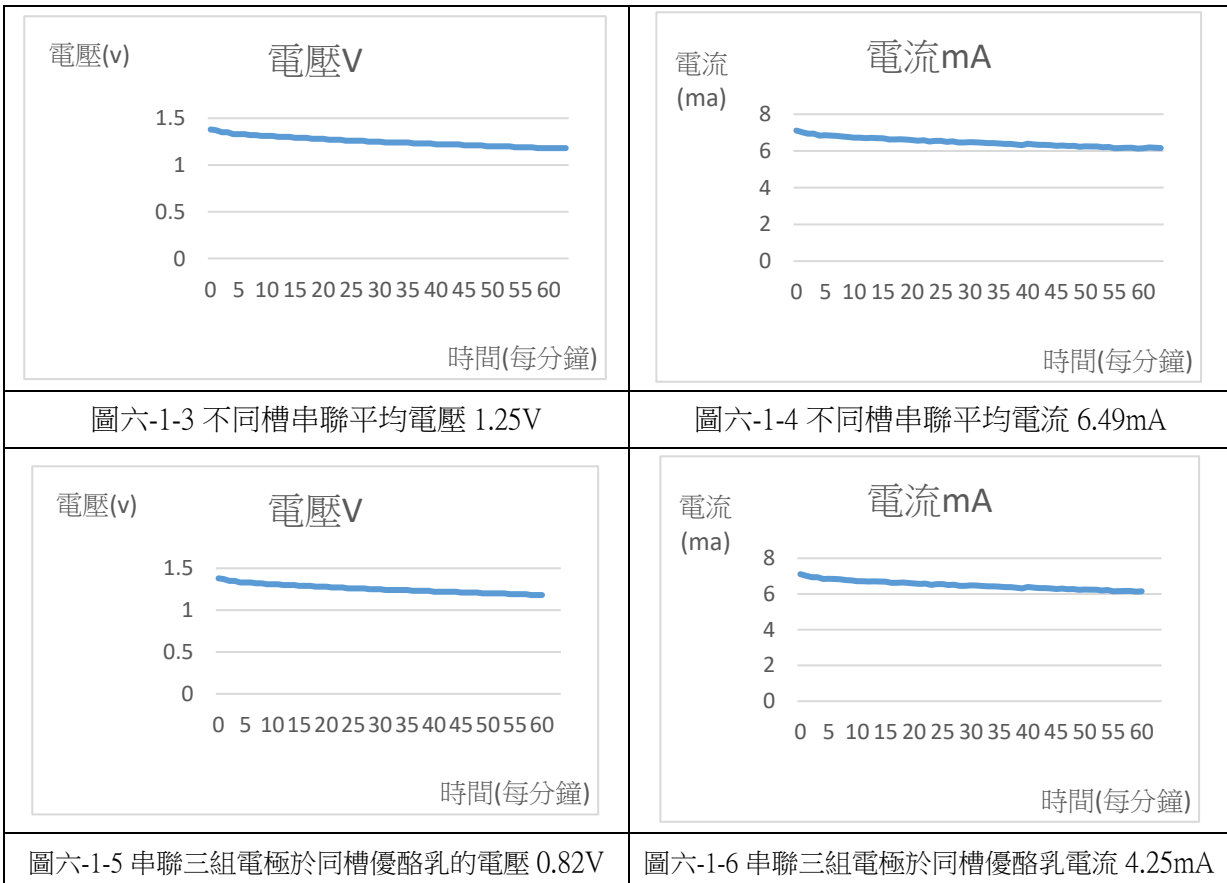
	電壓	電流
分槽	1.38~1.18 V	7.11~6.15mA
平均	1.25V	6.49mA

2. 同槽優酪乳測得電壓及電流之結果如表六-1-2。

表六-1-2 同槽優酪乳測得電壓及電流之結果

	電壓	電流
同槽	1.00~0.71 V	5.21~3.65mA
平均	0.82V	4.25mA

3. 分別將分槽優酪乳及同槽優酪乳測得電壓及電流紀錄於圖六-1-3 至圖六-1-4。



圖六-1-3 不同槽串聯平均電壓 1.25V

圖六-1-4 不同槽串聯平均電流 6.49mA

圖六-1-5 串聯三組電極於同槽優酪乳的電壓 0.82V

圖六-1-6 串聯三組電極於同槽優酪乳電流 4.25mA

實驗討論:

1. 由表六-1-1 及表六-1-2 可知分槽平均電壓為 1.25V，同槽平均電壓為 0.82V，分槽的平均電流為 6.49mA，同槽的平均電流為 4.25mA。
2. 由圖六-1-3 至圖六-1-6 可得知串聯分成三槽的優酪乳的電壓及電流皆比只在同一槽優酪乳高。
3. 由圖六-1-3 和圖六-1-4 發現串聯分成三槽的優酪乳其電壓及電流下降幅度較為平緩且穩定。

實驗結論:

1. 上述實驗可得知因為不同槽的電壓即電流都比同槽的高且穩定，因此分槽的優酪乳較適合作為電池。
2. 串聯三槽的電壓並非是單槽的三倍因此我們設計了實驗六-2，在做串聯實驗前先做單槽測量電壓及電流以釐清是否其中有一槽的電池電壓特別低。

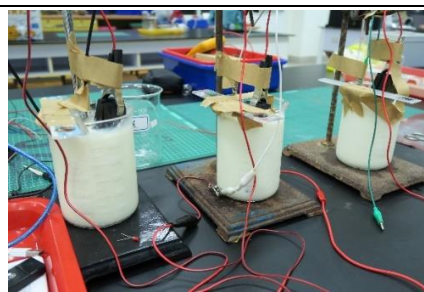
實驗六-2:比較串聯不同瓶數的優酪乳對於燈泡發光及風扇旋轉的情形

實驗步驟:

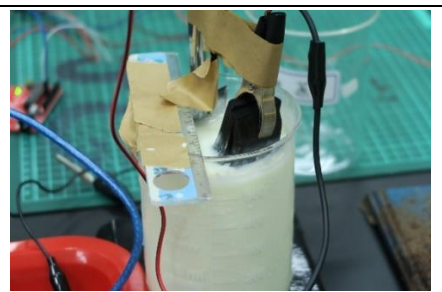
1. 取 500ml 的 AB 優酪乳置入三個 500ml 的燒杯內，如圖六-1-1。
2. 將三片一組的竹炭與鋅片固定於間隔 3cm 處，放入裝有 500ml 優酪乳的燒杯中連接 Arduino 模組，觀察是否可以使 LED 燈泡發光，分別觀察每單瓶一分鐘內電壓及電流變化及平均值。
3. 串聯第二瓶優酪乳電池重複步驟三之觀察與紀錄。
4. 串聯第三瓶優酪乳電池重複步驟三之觀察與紀錄。



圖六-2-1 每個燒杯裝入 500ml 的 AB 優酪乳



圖六-2-2 放置於鐵架，將尺固定於燒杯



圖六-2-3 每杯都放入三片竹炭及一片鋅片

實驗結果:

1. 優酪乳 A、B、C 三杯各別測得電壓及電流之結果，如表六-2-1。

表六-2-1 優酪乳 A、B、C 三杯各別測得電壓及電流之結果

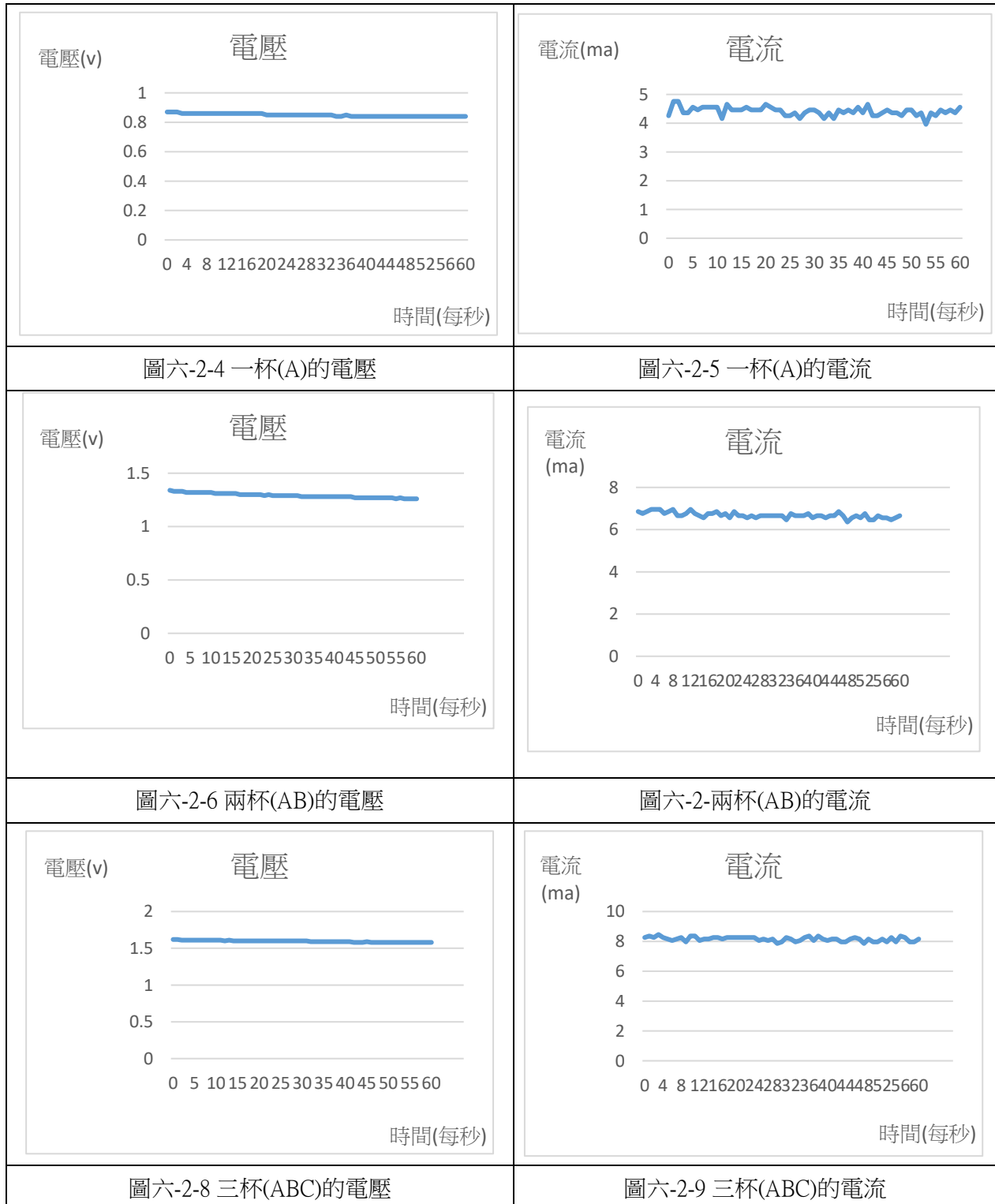
編號	A 杯	B 杯	C 杯
電壓	0.87~0.84 V	0.7~0.68 V	0.84~0.83 V
電流	4.26~4.56 mA	3.66~3.46 mA	4.56~4.36 mA
電壓、電流平均值	0.84V 4.41mA	0.69V 3.58mA	0.83V 4.37mA

2. A 一杯、串聯 AB 兩杯、串聯 ABC 三杯之結果，如表六-2-2

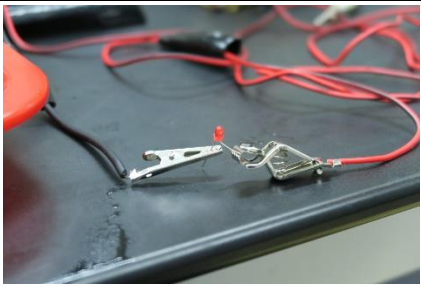
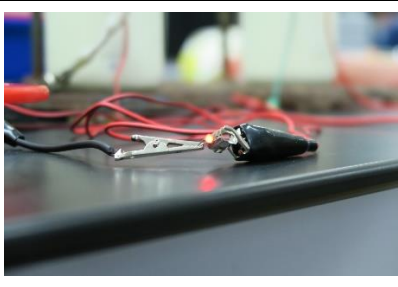
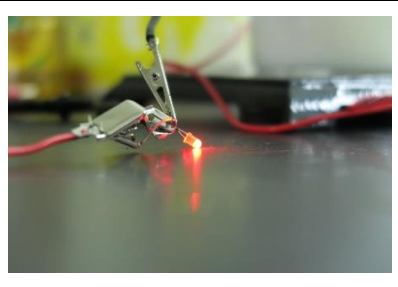
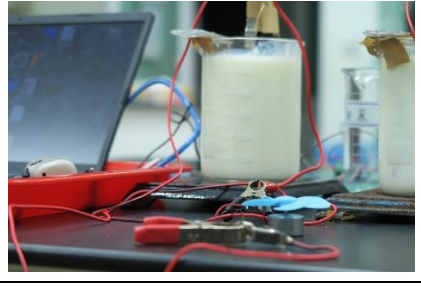
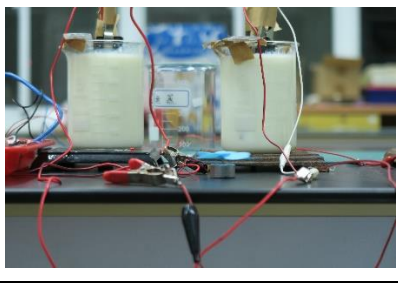
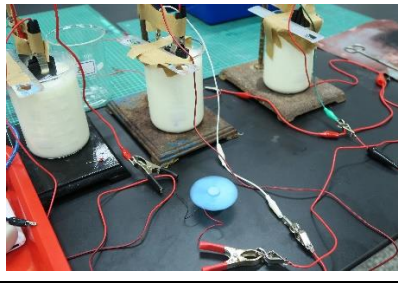
表六-2-2 A 一杯、串聯 AB 兩杯、串聯 ABC 三杯之結果

串聯杯數	1 杯(A 杯)	2 杯(A+B 杯)	3 杯(A+B+C 杯)
電壓	0.87~0.84 V	1.34~1.26 V	1.62~1.58 V
電流	4.26~4.56 mA	6.86~6.66 mA	8.26~8.16 mA
電壓、電流平均值	0.84V 4.41mA	1.29V 6.68mA	1.59V 8.15mA

3. 圖六-2-4 至圖六-2-9 A 一杯、串聯 AB 兩杯、串聯 ABC 三杯一分鐘檢測結果



4. 圖六-2-10 至圖六-2-15 A 一杯、串聯 AB 兩杯、串聯 ABC 三杯的風扇旋轉以及 LED 發光情形

		
圖六-2-10 一杯(A)的不亮	圖六-2-11 兩杯(AB)的會亮	圖六-2-12 三杯(ABC)的更亮
		
圖六-2-13 一杯(A)的風扇不轉	圖六-2-14 兩杯(AB)風扇會轉	圖六-2-15 三杯(ABC)風扇轉更快

實驗討論:

1. 從圖六-2-4~圖六-2-9 發現電壓電流都十分穩定，電壓電流平均為一杯 0.84V 4.41mA、兩杯 1.29V 6.68mA、三杯 1.59V 8.15mA，因此可以比較出只要串連杯數越多電壓及電流越高。
2. 實驗六-1 串聯三杯時電壓只有 1.25V 擔心其中一杯為無效電池，所以實驗六-2 在做串聯實驗前先做單槽測量電壓及電流，發現 A、B、C 杯電壓皆正常。因為發現串聯 ABC 三杯的電壓比個別杯的電壓之和小許多，電流卻串越多增加越多，這與實驗六-1 結果相符。

實驗結論:

1. 由圖六-2-8 及圖六-2-9 可知，使用越多杯數並以串聯來進行發電時，所產生的電壓及電流就會越高，LED 燈泡也會越亮。
2. 電壓情形與實驗六-1 相符。
3. 串連兩杯就可以讓 LED 燈泡發亮，串連三杯就更亮了。
4. 串連兩杯就可以讓風扇轉，串連三杯風扇會轉更快。

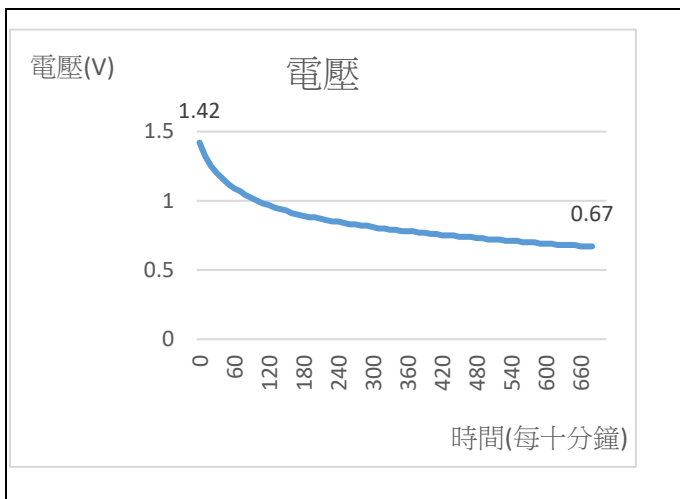
實驗六-3:串聯 3 瓶優酪乳放電 12 小時電壓電流的情形

實驗步驟：

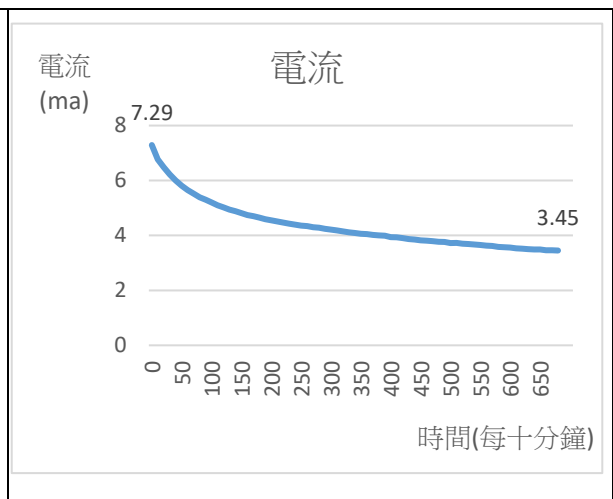
1. 如圖六-3-1，將測量完風扇及燈泡後的優酪乳(未將風扇及 LED 燈泡接於 Arduino 測量)連接 Arduino 程式板，紀錄並觀察連續放電 12 小時電壓電流的變化情形。

實驗結果:

1. 放電 12 小時後的情形如圖六-6-1 至圖六-6-3



圖六-6-1 放電 12 小時的電壓



圖六-6-2 放電 12 小時的電流



圖六-6-4 放置 12 小時的優酪乳在負極鋅片附近所產生的乳清狀

實驗討論:

1. 放置 12 小時後的優酪乳電壓電流呈現下滑，電壓 1.42~0.67 V。電流 7.29~3.45 mA。
2. 如圖六-6-4 可知優酪乳在負極鋅片附近會產生乳清狀。

實驗結論:

1. 在放置 12 小時後，依舊有 0.67 V 電壓 3.45 mA 電流。

伍、結論:

一、研究一可知：了解微生物電池與空氣電池的原理。空氣電池是一種使用空氣中的氧氣和金屬（通常是鋅）之間的化學反應來產生電力的電池，是一種環保和可再生能源的解決方案，因為它不需要使用有害的化學物質或重金屬。微生物可經呼吸作用分解有機物，當微生物分解葡萄糖為例，會釋出電子，微生物燃料電池就是以微生物作為媒介，將養分的化學能轉變為電能。

二、研究二可知：

(一) 因為我們希望可以從生活中的一些物質來當作電解液，因此我們為了更貼近生活中的使用情況，因此我們加入了 200Ω 的電阻，發現有電阻和無電阻會影響各個溶液的發電表現，優酪乳在有電阻的情況下表現得比生活中常見的酸性物質中的醋和汽水好，實在很有趣。

(二) 以優酪乳作為電解液時在各種不同電極時鋅片和備長炭的數據中皆是各組最高，因

此鋅和備長炭是最適合做為電極的組合(未加入鋁片作為電極)。

(三) 將活性也很高的鋁作為負極電極，但很可惜，以優酪乳為電解液時鋅片和備長炭的電壓與電流皆高於鋁和備長炭，所以當負極使用鋅片時比鋁片時發電情形較優。

三、研究三可知：

(一) 稀釋優酪乳會影響發電情形：在外接 200Ω 電阻的狀況下水加越多，優酪乳的電壓及電流會越高。但是無電阻的電壓加越多水，電壓越小。

(二) 溫度會影響發電情形：在有電阻時，30°C 的優酪乳電壓及電流皆最高，優酪乳在無電阻時，20 °C 的電壓及電流較高。

(三) 發酵程度不同的優酪乳會影響發電情形：1.發現發酵後當下測量且有外接 200Ω 的優酪乳在 5 小時的電壓及電流較高，所以因為菌種大量繁殖會隨著發酵時間電壓電流增加，發現發酵時間越久或放置一天後電壓會增加，最大為 647Mv。2. 放置一天以鋅銅當作電極的電壓及電流大多數都低於以鋅和備長炭當作電極。除了在外接 200Ω 時的電流差距較大，其他實驗中鋅和銅與鋅跟備長炭的電壓及電流較相近。

四、研究四可知：

(一) 改變正極竹炭的體積不知道是否會有影響：改變了正極竹炭的片數增加體積大小，以三片竹炭當作正極時，其電壓電流都比半片、一片、兩片竹炭高。推論竹炭有多孔隙儲存氧氣，正極三片竹炭可以穩定供應較多的氧氣，電壓電流因此可以較穩定。

五、研究五可知：

(一)鋅片包了膜的電流電壓都很差，沒有包膜的鋅片電極有產生 Zn^{2+} ，由此可知電池負極鋅片有參與放電反應。因此我們認為優酪乳發電為空氣電池。

(二) 因為在上一個結論中因為竹炭多孔隙的特性所以可以儲存氧氣有利於發電的平穩，故利用雙氧水二加氧化錳會產生氧氣的特性，但竹炭加入氧氣後依照實驗結果卻是先下降，接著恢復初始的電壓及電流可知加入氧氣的電壓及電流較穩定且無下降趨勢。

(三) 將優酪乳蒸死後是否可以產生電壓及電流：活菌的電壓及電流都比死菌高。活著真的可以影響發電的效果。但死菌依舊有電壓電流，是否是乳清的酸性物質造成發電的效果。

(四)酸是否對電壓電流有所貢獻：1.將醋酸水溶液的 pH 值調成和優酪乳的 pH 值相同後，醋酸水溶液的電壓及電流仍然比蒸死的優酪乳的電壓電流數值相差小了許多，單純用酸所產生電壓及電流比使用優酪乳的，因此我們想到有可能是優酪乳中含有其他的物質幫助發電。

六、研究六可知：

(一)怎麼製作一個發電效能良好的電池：以發電效能良好的三片竹炭配鋅片的組合進行串聯的方式，上述實驗可得知因為不同槽的電壓即電流都比同槽的高且穩定，因此分槽的優酪乳較適合作為電池。

(二)將優酪乳電池運用在是否使一些生活中的物品其運轉：發現串聯兩杯就可以讓 LED 燈泡發亮，串連三所產生的電壓及電流就會越高 LED 燈泡也會越亮。在風扇方面，串連兩杯就可以讓風扇轉，串連三杯風扇會轉更快，也如同 LED 燈泡的情況。

(三) 放置 12 小時後，依舊有 0.67 V 電壓 3.45 mA 電流。

陸、心得:

經過這次的科展活動，我們收穫良多，雖然實驗的過程固然很辛苦，但我們仍然享受著在實驗室度過的每個時刻，最重要的是我們學會了如何團隊合作、如何組織每個人的特長，才能有現在的科展作品。在做這次的實驗時，有不少人認為優酪乳能發電主要是因為有乳酸的關係，由於大眾認知我們也曾一度懷疑過優酪乳是否真的如他們所說是因為乳酸才能發電。起初我們無法分辨我們的作品究竟是微生物電池還是空氣電池，而在做了種種實驗後釐清此作品為空氣電池，這個結果讓我們充滿成就感。

柒、建議:

- 一、優酪乳裡有哪些有機物質會影響電壓電流，也值得更進一步探討。
- 二、本次實驗沒有探討鋅片片數對優酪乳發電的影響，也值得探討。
- 三、未來希望可以探討不同品牌的優酪乳是否會影響電壓電流。

捌、參考文獻:

- 一、邱偉誠、翁瑋辰、柯驊原(2013) • 微生物燃料電池的研究 • 中華民國第五十三屆科展優秀作品集
- 二、康軒(2023) • 國民中學自然科學三上第四章基本的靜電現象與電路 • 康軒文教事業
- 三、劉哲安、王冰、張維軒、黃亭諭(2010) • 嗜甜發電廠 • 中華民國第五十屆科展優秀作品
- 四、新北市中小學科學展覽會 (102) • 「酵」裡乾坤 • 新北市中小學科學展覽會優秀作品