

2024年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

可以吃的電池？—探究食用電池之電極和鹽橋對電壓之影響

一、摘要

可食用有機電池是一項相當新穎的綠色科技，能降低傳統電池對環境的汙染，更能被應用於生活中的與人體相關的安全電子器具上方，但如何設計可食用有機電池？裡面的成分又如何影響電池所能提供的電壓呢？本次研究透過核黃素與BHT擔任電池正負極，並利用紫菜與硫酸氫鈉作為鹽橋，嘗試改變鹽橋體積、接觸面積、紫菜用量與正負極濃度以了解這些變因會如何影響電池電壓，最終發現鹽橋體積與接觸面積增加會提供電池電壓，同時若增加兩極濃度也會提升電池電壓，惟紫菜用量無法使電池電壓提升。

二、探究題目與動機

在網路上尋找主題時，我們偶然在網路上找到一篇讓我眼前一亮的新聞，是一篇關於可食用有機電池的新聞，電池可以吃進身體是我們從來沒有聽過的事，所以我迫不及待的打開了這篇文章，在閱讀完文章後我發現可食用有機電池是一很有趣又新穎的技術，他並不會對人體內造成危害，因此很適合作為體內情況監測裝置的電池或是兒童玩具裡的安全電池等多元用途。為了找出有機電池的最佳的組合，我們利用易取得的可食用材料重現該電池，並討論電池中鹽橋和有機電極濃度對電壓的影響。

三、探究目的與假設

(一)實驗目的

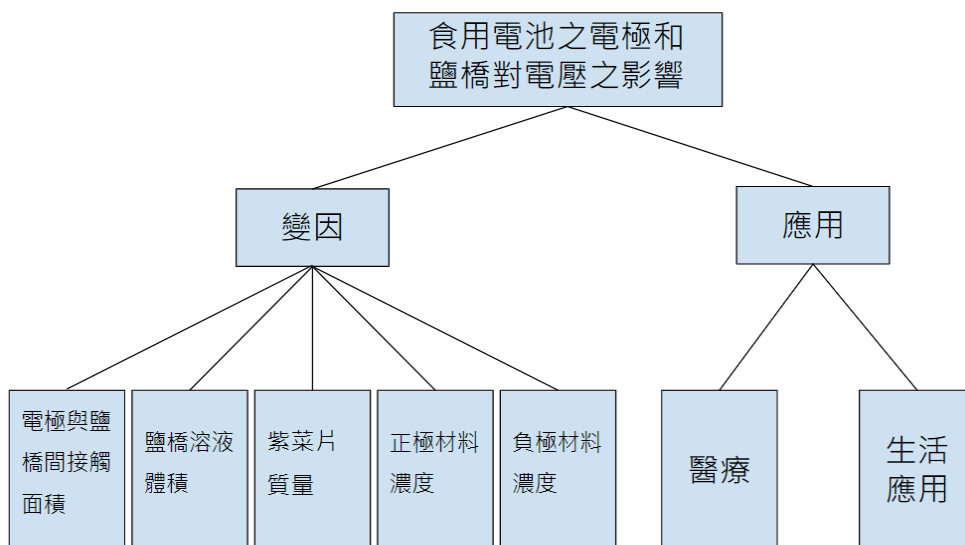
1. 探討電極與鹽橋間接觸面積對電壓之影響
2. 探討鹽橋溶液體積對電壓之影響
3. 探討紫菜片質量與電壓之影響
4. 探討正極材料濃度與電壓之間的關係
5. 探究負極材料濃度與電壓之間的關係

(二)實驗假設

1. 電極與鹽橋間接觸面積越大電壓越高
2. 當添加越多量的鹽橋溶液時，電壓越大
3. 當使用的紫菜片質量越大時，電壓越小
4. 當正極材料濃度愈大時，電壓越大
5. 當負極材料濃度愈大時，電壓越大

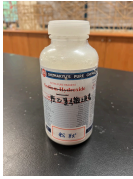
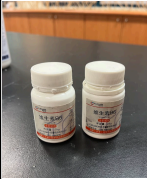



四、探究方法與驗證步驟

(一)、研究架構

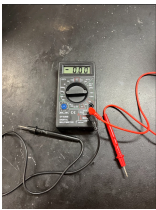






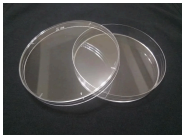





(二)、研究材料與器材

1. 研究材料

羥乙基纖維素	核黃素	硫酸氫鈉	活性炭粉	BHT	紫菜片	蜂蠟	葵花油
							

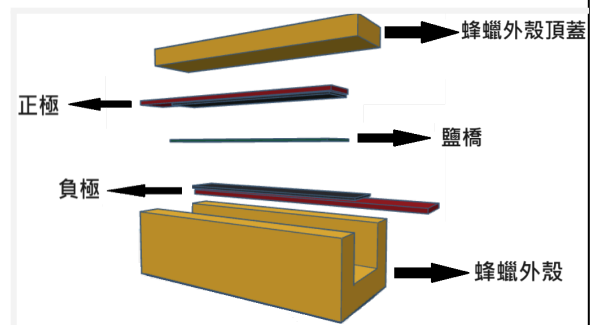
2. 研究器材

三用電表	精密天平	燒杯	微量滴管	酒精燈	三角架
					
蒸發皿	攪拌棒	培養皿	鑷子	坩鍋夾	剪刀
					

(三)有機可食用電池基本介紹

1. 基本介紹

有機可食用電池顧名思義，電池中的電極、鹽橋域外殼皆由有機物組成，並且需要兼具可食用的特性，同時能利用改變有機物的濃度、材料等條件調整所需的電壓，以利能真實應用於生活中。本實驗中電池外殼是由蜂蠟製成，並在正極利用銅片當作基體上方鋪上核黃素溶液與活性炭粉和增稠劑所製成，負極則是在銅片基體上將BHT溶於葵花油後再添加活性炭粉和增稠劑所製成，其中鹽橋則是使用紫菜吸附硫酸氫鈉所組成，其結構如圖一所示。



(圖一) 電池結構

2. 原理介紹

(1)、為什麼外殼要用蜂蠟來製作?

蜂蠟是組成蜂巢的基本物質，食用上是安全無虞的，不過蜂蠟不容易被人體吸收，因為蜂蠟的主要組成是棕櫚酸、棕櫚油酸、羥基棕櫚酸和長鏈脂肪醇類的酯類物質，雖然胃酸(鹽酸)會催化酯類物質水解，但是過程非常慢，因此導致蜂蠟不容易在胃酸(鹽酸)中被腐蝕，因此可以做為電池的外殼。

(2)、為什麼鹽橋須選用紫菜吸附硫酸氫鈉的放是?

鹽橋的功用為連結正負極，並使電池正負極為維持電中性，而本次電池中由於正負極皆為溶液，因此為了避免正負極溶液在電池組成時混合，造成電壓的不穩定，我們會使用可食用的紫菜做為正負極的隔間，並利用經常用於食品添加劑的硫酸氫鈉作為鹽橋中的電解液。

(3)、為什麼要選用核黃素與BHT作為正負極?

核黃素俗稱維生素B2，是一優異的氧化劑，其容易獲得電子的特性被應用於本次實驗的正極。BHT又稱為2,6-二丁基對甲酚，經常在食品添加劑中擔任抗氧化劑的腳色，因此適合作為本次實驗中的負極。把兩種有機化合物作為正負極時，會因為兩者氧化還原電位的不同而出現電子的交換，當氧化還原電位的差異愈大，電壓便會愈大，以核黃素與BHT舉例，核黃素的氧化還原電位較BHT來的高，所以電子會因為電位差的關係由從氧化還原電位較低的BHT流向氧化還原電位較高的核黃素。

(4)、為什麼正負極溶液中要添加活性碳粉和增稠劑?

由於本次實驗中的電極皆為有機物溶液，其液體狀態會導致其容易滲透過鹽橋，並與另一電極混合，因此我們透過添加增稠劑(羥乙基纖維素)改變電極溶液的表面張力，使正負極的水溶液不易滲透鹽橋。另外為了增加正負極溶液的導電性，我們將活性碳粉加入溶液並利用其表面的細孔結構吸附水中的離子，從而達到局部離子濃度增加的效果，使導電性提升。

(四)、實驗步驟

1. 製作蜂蠟外殼

(1)將蜂蠟到進蒸發皿中並放到三角架上

(2)利用酒精燈融化蜂蠟並且倒進培養皿中

(3)把蜂蠟取出後剪成一片長7公分、寬3.5公分、高0.5公分的大長方形，兩片長7公分、寬1.5公分、高0.5公分的小長方形片和一片長7公分、寬1.5公分、高0.5公分的長方形蓋子

(4)將其組成電池外殼，如(圖二)所示



(圖二) 蜂蠟外殼

2. 探討鹽橋的接觸面積、紫菜重量與電解液體積對電壓的影響

- (1) 配置1M的硫酸氫鈉溶液50ml
- (2) 準備5片0.2公克、長5公分、寬2.5公分的長方形紫菜片
- (3) 將三用電表的兩極接上鋅片與銅片
- (4) 將銅片放置在蜂蠟外殼底部並放上一片紫菜片
- (5) 用微量滴管吸取0.5毫升的硫酸氫鈉水溶液，並平均滴上紫菜片
- (6) 把鋅片放在紫菜片上面並用長方形蜂蠟蓋蓋在上面
- (7) 等待1分鐘後紀錄三用電表顯示的電壓數據
- (8) 重複步驟3~7，並將硫酸氫鈉水溶液更換成0.3、0.35、0.4、0.45毫升，紀錄電解液體積影響電壓的影響
- (9) 重複步驟2~7，並將紫菜片更換成長度為3、4、6、7公分0.2公克的紫菜片，測量接觸面積對電壓的影響
- (10) 重複步驟2~7，並將紫菜片更換成5公分 0.1、0.15、0.25、0.3公克的紫菜片，測量紫菜質量對電壓的影響

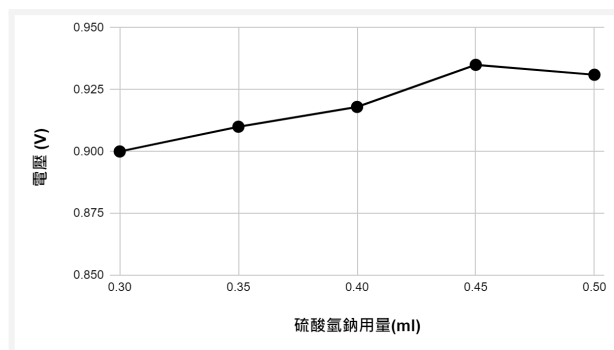
3. 探討不同重量百分濃度的核黃素(正極)與 BHT(負極)搭配對電壓大小的影響

- (1) 配置5%、10%、15%、20%的核黃素溶液 10g和2%、4%、6%、8%、10%BHT溶液 10g，並加入4g的羥乙基纖維素和1g的活性炭粉
- (2) 將紫菜片剪成25片5公分0.2公克的長方形
- (3) 將三用電表的兩極各接上銅片，並將其中一片平放於蜂蠟外殼底部
- (4) 取一公克2%、4%、6%、8%、10%BHT溶液並平鋪於銅片上，製作BHT電極
- (5) 將紫菜片放置於BHT電極上並滴上1M0.5ml硫酸氫鈉水溶液
- (6) 將銅片塗上5%、10%、15%、20%核黃素溶液並放置在紫菜片上
- (7) 蓋上長方形蓋子後測量1分鐘後的電壓大小

(五)、實驗數據與分析

1. 探討不同鹽橋溶液體積對電壓大小的影響

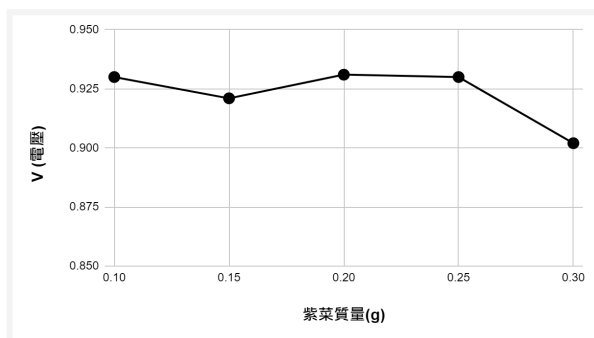
由(圖三)所示，鹽橋溶液體積越大，電壓就愈高，當用量達到0.5ml時電壓會下降0.004V其變化量小，所以總體而言，依舊維持電壓變高的趨勢。由於鹽橋功用在於使兩電極維持電中性，也影響電池內部的電荷流動，因此我們認為當鹽橋濃度增加時，會使電池內部的內電阻減少，使其減少內電阻的電動勢損失，進一步增加電池的端電壓。



(圖三) 電壓大小對硫酸氫鈉體積關係圖

2. 探討不同紫菜質量對電壓大小的影響

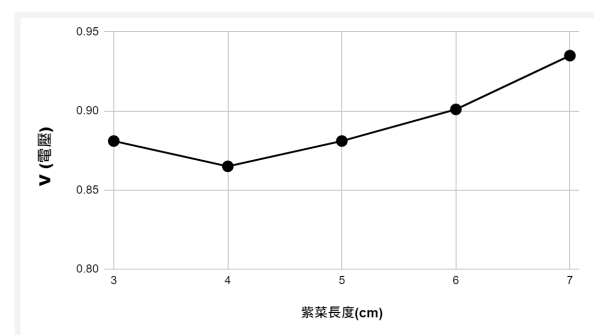
由(圖四)可得知，紫菜質量對於電壓的影響小，僅當使用0.3g的紫菜片時電壓呈現下降趨勢，我們認為此結果是由於紫菜功用為區隔兩電極，並無參與內部電化學反應，其中電壓下降應須進行更多次的實驗結果才能佐證是否導致電壓下降。



(圖四) 電壓大小對紫菜質量關係圖

3. 探討紫菜片接觸面積對電壓大小的影響

由(圖五)可得知，紫菜片長度會影響兩極的接觸面積，其中紫菜片長度越大時，電壓越大，僅使用紫菜片長度為3cm時，電壓大於使用4cm時的電壓大小，由此可知，當紫菜片長度為4cm、5cm、6cm、7cm時，電壓與紫菜片長度呈現正相關，其可能原因為接觸面積會影響內電阻大小，

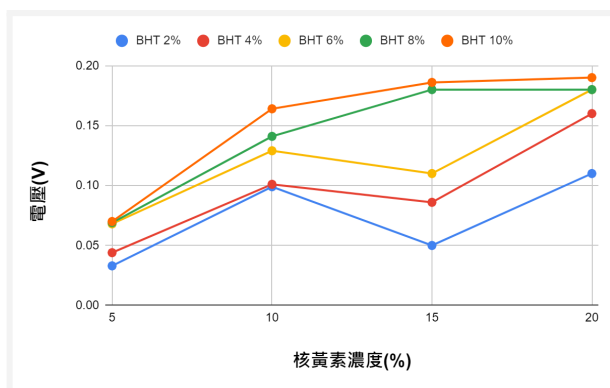


(圖五) 電壓大小對紫菜長度關係圖

如同電解液體積實驗結果，當其內電阻減少時，會減少內部電動勢的損耗，進而提供更大的端電壓。

4. 探討不同重量百分濃度的核黃素(正極)與BHT(負極)搭配對電壓大小的影響

由(圖六)中可以得知，整體而言相同BHT濃度時，核黃素濃度越大，電壓越大，而在相同核黃素濃度下，BHT濃度越大，電壓越大，但在BHT為2%、4%、6%且核黃素濃度為15%時，會呈現下降的趨勢，但核黃素濃度為20%時，會呈上升趨勢，而BHT為8%、10%時，



(圖六) BHT濃度與核黃素濃度對電壓大小關係圖

就與核黃素濃度呈正相關，變化從劇烈變平。從能斯特方程式中可以發現當電極濃度增加時，會使氧化還原電位增加，進而造成電壓上升，呈現類似對數關係，如BHT濃度8%與10%的實驗結果，但在BHT為2%、4%、6%且核黃素濃度為15%時電壓有下降的可能原因我們認為是在進行實驗時，當時的氣溫環境、鋪抹電極與鹽橋的平整度皆可能導致電壓下降。

五、結論與生活應用

(一)結論

1. 電池內鹽橋溶液體積越多，電壓就愈高。
2. 使用0.1g、0.15g、0.2g、0.25g紫菜片進行實驗時紫菜片不同的質量對電壓影響效果不明顯。
3. 當紫菜片長度為4cm、5cm、6cm、7cm時，紫菜片長度越長，電壓便越高。
4. 在相同BHT濃度時，核黃素濃度越大，電壓越大。相同核黃素濃度下，BHT濃度越大，電壓越大。

(二)未來展望

1. 醫療方面應用

在醫療中，最重要的用途在於可攝入醫療設備，使用攝入醫療設備可以達到節省時間又不用打麻醉的目的，但是以前的可攝入醫療設備存在一個致命的缺點，如果電池不小心破裂的話就會有危險，使用有機電池的話可以基本避免危險的發生。

2. 生活應用

在生活方面則是在小孩的玩具上，如果小型的玩具被小孩誤吞的話會有很大的危險性，其中的電池如果不小心碰到消化道可能會導致一生的傷害，使用有機電池則不會有這個問題，而且有機電池是可以充電的，不像一般電池用完就丟，相較於普通電池而言不只材料環保，售後也可以貼合環保永續的精神。

參考資料

- 一、Ivan K. Ilic, Valerio Galli, Leonardo Lamanna, Pietro Cataldi, Lea Pasquale, Valerio F. Annese, Athanassia Athanassiou, Mario Caironi(2023) : An Edible Rechargeable Battery
- 二、李中光、馮勝國、趙煥平、劉佳雯(2013)：微奈米碳球吸附劑之製備及鑑定