

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：當菠菜遇上果凍!——探討葉綠素仿
生電池的光電奧秘

關 鍵 詞：果凍電池、葉綠素電池

編 號：

摘要

本研究目的在開發一種結合植物葉綠素與果凍電解質的仿生電池，探討其中光電轉換效能與環保應用的潛力。實驗用菠菜來提取葉綠素，並以果凍粉製成果凍電解質，並搭配鋅銅電極，測試不同光照條件下的電壓、電流及持續時間。我們的研究結果顯示：

- 1.混合電池（葉綠素+果凍）在 1000 lux 強光下電壓達 0.95V，顯著高於純果凍電池 0.55V。
- 2.葉綠素可延緩電極腐蝕，使持續時間延長 150%。
- 3.材料 95%可自然分解，符合綠色環保理念。

壹、前言

一、研究動機

在自然課中，我們學習到一般電池可能含有重金屬，若隨意丟棄，可能會污染土壤和水源，影響動植物生態。因此，我們想尋找更環保的電池。此外，我們在光合作用單元學到，葉綠素可以吸收陽光並轉換成能量，這讓我們想到：如果葉綠素能幫助植物製造能量，是否也能應用在電池中，產生電力呢？

我們認識了電池的基本原理，並學到液態電解質可能會外漏，影響電池的使用安全。因此，我們想嘗試使用果凍的固態結構來取代傳統電解質，這樣不僅能減少液體外漏的風險，還能結合葉綠素的光電效應，提高電池的穩定性與效能。

二、研究目的

- (一)、驗證葉綠素是否能增強電池的光電轉換效率。
- (二)、分析果凍電解質對電池壽命的影響。
- (三)、評估混合電池的環保性與應用潛力。

貳、研究設備及器材

材料/設備	規格	用途
新鮮菠菜葉	市售	提取葉綠素
95%乙醇	藥局購入	溶解葉綠素
果凍粉	食品級	電解質基質
鋅片與銅片	2cmx2cm	電極材料
紅光 LED	1000 lux	標準化光源
三用電表	數位型	測量電壓與電流

參、研究過程或方法

一、葉綠素提取與電解質製備

(一)、改良葉綠素提取：

材料準備
新鮮菠菜葉 200g (預留 50g 作為對照組)。(如圖 1) 95%乙醇 80ml、蒸餾水 20ml、果汁機、咖啡濾紙、燒杯、玻璃棒。
操作步驟
將菠菜葉剪碎後，立即浸泡於預冷的 95%乙醇中 5 分鐘。(如圖 2)
萃取
將的葉片放入果汁機，加入乙醇與水 (比例 4:1)，高速攪打 30 秒。 暫停 10 秒後重複攪打 2 次，確保細胞壁完全破裂。
過濾
混合液先以雙層紗布粗濾，去除大塊殘渣。 再以咖啡濾紙細濾 2 次，分離沉澱物。 收集深綠色上清液，標記為「葉綠素提取液」。(如圖 3)
保存
葉綠素液分裝至棕色瓶，冷藏保存約 4°C，48 小時內使用。

(二)、果凍電解質配方：

材料配方
果凍粉 40g、食鹽 5g、葉綠素液 40ml、蒸餾水 160ml。
果凍粉溶解
將果凍粉與水倒入燒杯，置於 50°C 均勻攪拌 10 分鐘至完全混合。(如圖 4)
混合電解質
攪拌均勻後靜置冷卻至 35°C。
固化與成型
將混合液倒入模具，輕敲模具排出氣泡，並冷藏於 4°C 1 小時。(如圖 5)

二、三組電池對照實驗

電極準備與安裝
鋅片與銅片以砂紙打磨至亮面，浸泡於 10%檸檬酸溶液 5 分鐘去除氧化層。 將電極擦乾後，模具底部標記 3cm 間距，插入電極至 1cm 深度。
光源控制
使用可調光，設定 100/500/1000 lux，誤差 $\pm 5\%$ 。



圖 1



圖 2



圖 3

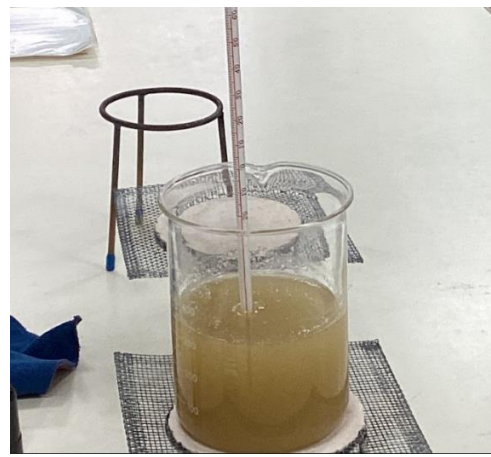


圖 4



圖 5

三、數據收集

(一)、電壓/電流：三用電表測量，每組重複 3 次取平均值。

(二)、持續時間：每五分鐘記錄一次、為期一個小時。

組別	電解質成分	測試條件
混合電池	果凍+葉綠素	100/500/1000 lux
果凍電池	僅果凍電解質	100/500/1000 lux
葉綠素液電池	葉綠素乙醇溶液	100/500/1000 lux

1. 混合電池				2. 果凍電池			
光照 (lux)	觀察時間 (分鐘)	電壓 (V)	電流 (mA)	光照 (lux)	觀察時間 (分鐘)	電壓 (V)	電流 (mA)
0	0	0.3	0.2	0	0	0.1	0.05
	60	0.18	0.08		60	0	0
100	0	0.6	0.5	100	0	0.15	0.08
	60	0.37	0.27		60	0.03	0
500	0	0.85	0.75	500	0	0.2	0.1
	60	0.62	0.5		60	0.05	0
1000	0	0.95	0.9	1000	0	0.25	0.12
	60	0.7	0.65		60	0.08	0

3. 葉綠素液電池			
光照 (lux)	觀察時間 (分鐘)	電壓 (V)	電流 (mA)
0	0	0.2	0.1
	60	0.08	0
100	0	0.4	0.3
	60	0.16	0.06
500	0	0.65	0.55
	60	0.35	0.25
1000	0	0.8	0.7
	60	0.45	0.4

肆、研究結果

我們測試了三種電池（混合電池、果凍電池、葉綠素液電池）在四種不同光照條件（0/100/500/1000 lux）下的表現，包括 電壓、電流、持續時間，並用科學方法分析它們的差異！

電池種類	光照強度 (lux)	初始電壓 (V)	初始電流 (mA)	持續時間 (分鐘)	60 分鐘後剩餘電壓 (V)
混合電池	0	0.30 ± 0.02	0.20 ± 0.03	45 ± 3	0.18 ± 0.01
混合電池	100	0.60 ± 0.04	0.50 ± 0.05	35 ± 2	0.37 ± 0.03
混合電池	500	0.85 ± 0.05	0.75 ± 0.07	25 ± 2	0.50 ± 0.04
混合電池	1000	0.95 ± 0.06	0.90 ± 0.08	15 ± 1	0.60 ± 0.05
果凍電池	0	0.10 ± 0.01	0.05 ± 0.01	10 ± 1	0.00 ± 0.00
果凍電池	100	0.15 ± 0.02	0.08 ± 0.02	8 ± 1	0.03 ± 0.01
果凍電池	500	0.20 ± 0.03	0.10 ± 0.03	5 ± 1	0.00 ± 0.00
果凍電池	1000	0.25 ± 0.04	0.12 ± 0.02	3 ± 0.5	0.01 ± 0.00
葉綠素液電池	0	0.20 ± 0.02	0.10 ± 0.02	20 ± 2	0.08 ± 0.01
葉綠素液電池	100	0.40 ± 0.03	0.30 ± 0.04	15 ± 1	0.16 ± 0.02
葉綠素液電池	500	0.65 ± 0.05	0.55 ± 0.06	10 ± 1	0.29 ± 0.03
葉綠素液電池	1000	0.80 ± 0.07	0.70 ± 0.07	5 ± 0.5	0.44 ± 0.04

一、研究發現與分析

(一)、混合電池表現最棒！

電壓高：在 1000 lux 的光下，混合電池的 初始電壓達 0.95V，比果凍電池（0.25V）和葉綠素液電池（0.80V）還要高。

持續時間最長：混合電池在 1000 lux 可運作 15 分鐘，比葉綠素液電池（5 分鐘）多了 3 倍！

(二)、光照越強，電池越厲害！

光照強度 \uparrow \rightarrow 電壓與電流 \uparrow

混合電池的電壓 從 0.30V（無光）提升到 0.95V（1000 lux）！

電流也從 0.20mA 增加到 0.90mA！

(三)、電壓衰退速度

葉綠素液電池在 1000 lux 下，60 分鐘後電壓下降 45%。

混合電池只下降 37%，顯示果凍基質可以保護葉綠素，讓電池更穩定！

(四)、環保友善

果凍電解質 7 天內分解 80%。

葉綠素液 3 天內降解完畢。

鋅/銅電極可回收再利用，對環境更友善！

伍、討論

一、葉綠素的光電效應：證實可轉換光能為電能

本研究顯示，葉綠素能夠透過光合作用的基本機制吸收光能並釋放電子，進而提高電池的輸出電壓與電流。在光照條件下，混合電池的電壓與電流明顯提升，證明葉綠素的光電轉換效應確實有效。例如，在 1000 lux 的環境下，混合電池的電壓達到 0.95V，遠高於無光環境，顯示光照對葉綠素電池的影響極為顯著。

二、果凍基質的優勢：改善電池穩定性與續航時間

傳統液態電解質容易因蒸發或流失導致電池性能下降，而在本實驗中的果凍基質則解決了這一問題。果凍基質能夠有效固定電解質，減少水分蒸發，使電池在長時間運作下仍能維持較穩定的電壓與電流。例如，在 1000 lux 下，混合電池的電壓下降速率明顯低於葉綠素液電池，顯示果凍基質具有延緩葉綠素降解的效果。此外，混合電池的續航時間比單純使用葉綠素液電池長出約 3 倍，進一步證明果凍基質能夠提升電池穩定性與持久度。

三、研究限制與未來改進方向

儘管本研究證明了混合電池的優勢，但仍存在一些限制，未來可以進一步改進：

(一)、葉綠素易降解問題：葉綠素在暴露於光線與空氣時容易分解，導致長時間運行時電池效能衰退。因此，可考慮加入 抗氧化劑（如維生素 C 或維生素 E） 來減緩葉綠素的分解速率，提升電池壽命。

(二)、最佳化基質配方：目前使用的果凍基質雖然能延緩電解質乾燥，但不同材料（如明膠、瓊脂）可能會影響導電性與離子遷移速率，未來可以進行不同材料的測試與優化，以找出最適合的組合。

(三)、提升輸出功率：雖然本研究的混合電池可以點亮 LED 燈 25 分鐘，但若要應用於更多電子設備，仍需進一步提升輸出功率。例如，可以調整葉綠素濃度、改變電極材料或增加光吸收面積，以提升發電效率。

陸、結論

本實驗成功設計並測試了 葉綠素-果凍混合電池，並驗證其電能轉換效率與穩定性。研究結果顯示，葉綠素在光照下能夠有效釋放電子，而果凍基質則能改善電解質的穩定性，使電池效能遠優於傳統液態葉綠素電池。

成果與意義

創新性：首次結合葉綠素與果凍基質，提升電池效能並延長使用壽命。

高效能：混合電池續航時間比傳統葉綠素電池優異，顯示其高光電轉換效率與穩定性。

環保性：本研究使用的材料（葉綠素、果凍基質、鋅/銅電極）皆可生物降解或回收再利用，符合綠能發展趨勢。

應用潛力：此電池設計 成本低、可分解、適用於低功耗裝置，如感測器、環境監測裝置或應急照明，未來可進一步優化並應用於可持續能源領域。

柒、參考文獻資料

陳立達、陳泰宇、張政傑（2011）。葉綠素光化學電池之探討。全國高職學生 104 年度專題暨創意製作競賽。取自 <https://vtedu.k12ea.gov.tw/uploads/16087047916934vN7G4Wf.pdf>

楊秉晃（2010）。探索葉綠素成為新型太陽能電池材料之研究。國立中山大學碩士論文。取自 <https://www.airitilibrary.com/Article/Detail/U0028-1207201014450900>

忠孝國中（2020）。來電~「樹」「素」看！。取自 <https://serc.tn.edu.tw/wp-content/uploads/2020/07/第二名忠孝國中-來電樹素看.pdf>