

利用蔬菜水果製作電池的研究

國中組化學第三名

臺北市建成國民中學

作者：陳履恒、徐堯慶

指導老師：楊訓庭、林福興

一、研究動機：

我們在國中化學課本第三冊 14 - 3 中學習到各種電池，並經老師介紹知道有些電池是以稀硫酸為電池溶液，硫酸具酸性。台灣盛產果菜而大部分的果菜均具酸性，於是我們就想到利用各種果菜的含酸性溶液來製作電池的研究，我們將這些蔬菜水果製成的電池稱為「果菜電池」。以達到「就地取材」「學以致用」提高同學對化學科研究興趣，增進學習效果。

二、材料與儀器：

蘋果，蕃茄，橘子，柳丁，檸檬，荸薺，紅蘿蔔，馬鈴薯，蘿蔔，鳳梨，安培計，毫安計，伏特計，導線，燒杯，鋅片、銅片、鎂片、鐵片、鎳片。溫度計，酒精燈，三腳架，石棉心網，電冰箱。

三、實驗方法與結果：

(一)果菜能否製成電池

取長 5.4cm 寬 3.0 cm 的銅片與鋅片各一片，兩片距離 2.0cm 分別插入蘿蔔、紅蘿蔔、馬鈴薯、荸薺、蘋果、柳丁、橘子、檸檬、蕃茄、鳳梨等球狀或塊狀果菜，銅片與鋅片均須露出果實少許，以為電極，將連接於安培計上「+」接頭的導線接觸於銅片上，而「-」接頭的導線接觸於鋅片上，測量各果菜上的電流。並同時改接伏特計測量其電壓連續記錄四天。

| 果菜名稱 | 蘿 蔔 | 紅蘿蔔 | 馬鈴薯 | 萵 薺 | 蘋 果 | 柳 丁 | 橘 子 | 檸 檬 | 蕃 茄 | 鳳 梨 | |
|--------|---------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|
| 重量 (g) | 662 | 224 | 201 | 110 | 210 | 96 | 204 | 127 | 258 | 1500 | |
| 元月26日 | 電流 (mA) | 1.1 | 0.9 | 1.0 | 0.5 | 0.3 | 0.9 | 5.8 | 2.0 | 4.2 | 2.2 |
| | 電壓 (V) | 0.8 | 0.75 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.16 | 1.0 | 1.0 | 0.8 |
| | 電阻 (kΩ) | 0.73 | 0.83 | 0.8 | 1.4 | 2.67 | 0.89 | 0.5 | 0.5 | 0.24 | 0.36 |
| 元月27日 | 電流 (mA) | 1.0 | 0.3 | 0.8 | 0.2 | 0.2 | 0.9 | 5 | 1.5 | 4.0 | 2.1 |
| | 電壓 (V) | 0.75 | 0.7 | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 1 | 0.9 | 1.0 | 0.8 |
| | 電阻 (kΩ) | 0.75 | 2.33 | 1.0 | 2.5 | 4.0 | 0.89 | 0.2 | 0.6 | 0.25 | 0.4 |
| 元月28日 | 電流 (mA) | 0.9 | 0.1 | 0.7 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 4 | 1 | 4.0 | 2.0 |
| | 電壓 (V) | 0.7 | 0.6 | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 1 | 0.9 | 1 | 0.8 |
| | 電阻 (kΩ) | 0.78 | 6.0 | 1.14 | 2.5 | 4.0 | 2.25 | 0.25 | 0.9 | 0.25 | 0.4 |
| 元月29日 | 電流 (mA) | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 4 | 0.9 | 3.0 | 1.8 |
| | 電壓 (V) | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 1 | 0.9 | 1.0 | 0.8 |
| | 電阻 (kΩ) | 1.6 | 6.0 | 4 | 5 | 8.0 | 2.67 | 0.25 | 1.0 | 0.33 | 0.44 |

由上面記錄知道上列果菜之果汁均可作為電池之溶液，剛開始反應時電流最大，電阻最小，反應愈久電阻愈大電流愈弱。且由實驗知道銅片接於正極鋅片接於負極則安培計順向偏轉，故此銅片該極為陰極（正極），鋅片為陽極（負極）。

二)果菜電池產生的電流強度與那些成份有關：

榨取實驗一的各種果汁置於小燒杯中(50c.c.)，將鋅片與銅片(5.4cm × 3.0cm)各一片置於果汁中，保持兩片距離3.0cm，將銅片接於安培計「+」極，鋅片接連於「-」極，分別測定其電流強度。並用PHmeter各別測定其PH值，同時查驗它們的有關成份。

結果記錄如下表

| 果菜名稱 | 100g中含維生C量(cm) | PH值 | 電流強度(mA) |
|-------|----------------|-----|----------|
| 荸 薺 | 5 | 6.0 | 2.0 |
| 蘋 果 | 5 | 5.8 | 2.1 |
| 紅 蘿 蔔 | 6 | 5.6 | 2.4 |
| 蘿 蔔 | 10 | 5.2 | 4.0 |
| 馬 鈴 薯 | 10 | 5.2 | 4.0 |
| 蕃 茄 | 23 | 4.4 | 8.0 |
| 橘 子 | 40 | 4.1 | 15.0 |
| 柳 丁 | 45 | 3.8 | 16.0 |
| 檸 檬 | 50 | 2.8 | 17.0 |
| 鳳 梨 | 20 | 4.0 | 6.0 |

由上列表二可知果菜中含酸性溶液愈強的果汁其電流強度愈強，在各種水果酸性溶液中，與維生素C含量多寡有顯着的關係。

(三)電極面積與電流的關係

將長 11 cm 寬 10 cm 的鋅片與銅片置於大燒杯中，保持兩極的距離 1.5 cm，將原先已榨取備用的稀釋後檸檬汁（10%）依次倒入燒杯 2 cm，4 cm，6 cm，8 cm，10 cm 深，使兩極面積分別為 20 cm²，40 cm²，60 cm²，80 cm² 及 100 cm²，分別測定其電流強度及電壓大小。

結果：記錄如下表

| 電極面積 | 電 流 | 電 壓 |
|--------------------|--------|------|
| 20cm ² | 2.5mA | 1.0V |
| 40cm ² | 5.0mA | 1.0V |
| 60cm ² | 7.1mA | 1.0V |
| 80cm ² | 9.0mA | 1.0V |
| 100cm ² | 11.0mA | 1.0V |

(四)果菜濃度與電流的關係

取長寬各為 11 cm 及 5.5 cm 的鋅片與銅片當電極並保持兩極的距離在 1.0 cm，置於大燒杯中用檸檬原汁與蒸餾水稀釋成容積百分率濃度分別為 10%，20%，30%，40%，50%，60%，70%，80%，90% 的溶液分別倒入燒杯中 10 cm 深，且各別測定其電流強度。

結果：記錄如下表

| | | | | | |
|------|------|--------|------|--------|--------|
| 溶液濃度 | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% |
| 電流強度 | 10mA | 15mA | 16mA | 18mA | 19.5mA |
| 電液濃度 | 60% | 70% | 80% | 90% | |
| 電流強度 | 20mA | 20.5mA | 21mA | 21.2mA | |

(五)兩極距離與電流的關係

將長 11 cm 寬 10 cm 的銅片與鋅片當電極，置於大燒杯中，倒

入10cm深稀釋後的果汁(10%)，依次調整兩極的距離為12.0cm，11.0cm，10.0cm，9.0cm，8.0cm 7.0cm，6.0cm，5.0cm，4.0cm，3.0cm，2.0cm，1.0cm，0.5cm，分別測定其電流。

結果：記錄如下表

| | | | | | | | |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|-----|
| 兩極距離 (cm) | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 |
| 電 流 (mA) | 16.0 | 11.5 | 9.2 | 8.3 | 8.1 | 6.6 | 6.5 |
| 兩極距離 (cm) | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 11.0 | 12.0 | |
| 電 流 (mA) | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.8 | 5.6 | 5.2 | |

(六)果菜電池產生電流後的變化情形

取長寬各為10.5cm及10.0cm的銅片與鋅片分別測定其反應前質量，然後將其置入燒杯中，倒入10cm深的檸檬汁，並設法保持兩極距離在1.0cm，連續作用10天後，測量鋅片與銅片反應後的質量。

結果：記錄如下表

電流強度 24.4mA

| | | |
|--------------------------|----------|-------|
| 元上 月午 30 10 日 時 | 銅片反應前質量 | 31.7g |
| | 鋅片反應前質量 | 23.6g |
| 2 上 月午 9 10 日 時 | 銅片反應後質量 | 31.7g |
| | 鋅片反應後質量 | 16.6g |
| 反應後結果 (十天後) | 實驗結果銅片變化 | 0.0g |
| | 實驗結果鋅片變化 | -7.0g |
| | 理論上鋅片減輕 | 7.1g |
| | 理論上產生氫氣 | 0.22g |
| | 實 驗 誤 差 | 1.4% |

實驗結果可知反應時間愈久鋅片質量損失愈多，此乃鋅被氧化的結果，其方程式為； $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$ ，其放出的電子經外電路流至銅極上，而使溶液中的 H^{+} 因獲得電子而產生還原作用其反應式為 $2H^{+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow H_2(g)$ 。以Q表電量，I表電流，t表時間，依公式 $Q = I \times t$

$$\begin{aligned} \text{在實驗六中其產生的電量：} & Q = 24.4 \times 10^{-3} \text{ 安培} \\ & \quad \times 86400 \text{ 秒} \times 10 \\ & = 21081.6 \text{ 庫侖} \end{aligned}$$

$$\text{理論上鋅片減輕的質量；} \quad \frac{21081.6}{2 \times 96500} \times 65.4g = 7.1g$$

(Zn=65.4, H₂=2)

$$\text{理論上產生氫氣質量；} \quad \frac{21081.6}{2 \times 96500} \times 2g = 0.22g$$

(七)溫度是否影響電池的電流

取銅片與鋅片當電極(5.5 cm × 3 cm) 兩極距離 2 cm ，置入燒杯中倒入 5.0 cm 深的檸檬汁，插入溫度計置於冰箱或間接加熱，使溶液溫度分別為 0°C，10°C，20°C，30°C，40°C，50°C，60°C，70°C，80°C，90°C 等溫度下，分別測定其電流。

結果：記錄如下列表

| | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 溫度 | 0°C | 10°C | 20°C | 30°C | 40°C |
| 電流 | 2.6mA | 4.0mA | 5.4mA | 6.4mA | 8.0mA |
| 溫度 | 50°C | 60°C | 70°C | 80°C | 90°C, |
| 電流 | 8.8mA | 9.4mA | 9.8mA | 8.6mA | 7.6mA |

(八)鋅片當陽極(負極)是否最適當

取 50cc 燒杯五個，燒杯內各置 3cm × 5cm 銅片一片當陰極且各置等長寬的鋅片、鋁片、鎂片、鎳片、鐵片各一當陽極，

兩極距離 2 cm 倒入 50cc 檸檬汁分別接上安培計及伏特計測量其電流及電壓，比較它們產生電流的大小及電位差，並測定其硬度。

結果：記錄如下表，陰極 銅片 (3 cm × 5 cm)。

| 陽極金屬名稱 | 鎂 | 鋅 | 鐵 | 鋁 | 鎳 |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 測得電流強度 | 29.8mA | 5.0mA | 3.0mA | 0.9mA | 0.1mA |
| 測得電壓大小 | 1.6V | 0.9V | 0.4V | 0.4V | 0.2V |
| 硬 度 | 差 | 佳 | 佳 | 佳 | 佳 |

由實驗結果表八可知其產生電流大小依次為；Mg > Zn > Fe > Al > Ni

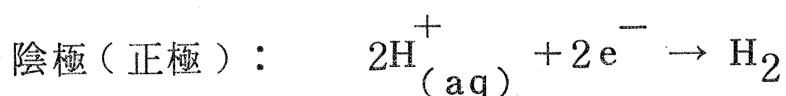
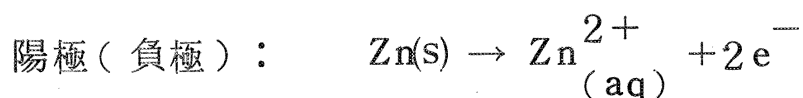
用鎂片為陽極反應太劇烈，電流強度甚大且不穩定，短時間既溶完，硬度太差不易差入果菜中，故此乃以鋅片為陽極較合適。

四、原理與討論：

(一)果菜成份有水份 80 - 90% 及蛋白質，脂肪，炭水化合物，維生素，果酸及無機鹽等，由實驗結果發現含酸性愈強的果菜，在製作電池時產生的電流愈強。

(二)酸性強的果菜中其酸性主要來自於果酸及維生 C (抗壞血酸，分子式為 $C_6H_8O_6$) 因其解離產生 H^+ 與 Zn 金屬反應發生置換作用，其方程式為； $Zn + 2H^+ \rightarrow H_2 + Zn^{2+}$ 故此果菜電池與國中化學課本 14 - 3 所提的各種電池同屬「置換電池」之類。

(三)此種果菜電池其陰陽極反應式如下：



鋅片上的 Zn 原子氧化後放出兩個電子而成為 Zn^{2+} 溶於溶液中

，而這些電子經外電路到達陰極，溶液中的2個 H^+ 因獲得2個電子而產生 H_2 。鋅片因氧化而減輕而銅片則否。

(四)反應時間愈久產生的氫氣愈多，部份氫氣附聚於電極上而形成一層氣泡，氫為非良導體，於是接受電子之表面而銳減，則內電阻必增大，電壓減小，所以使所生之電流降低。故其所生之電力與電流以初接線時為最大，其後逐漸降低。

(五)電池電極面積愈大與電解質接觸機會增多，反應愈快，電流強度愈強，兩極距離愈小，鋅原子置換出的 H^+ 易於游向陰極獲得電子而生成 H_2 ，故電流增強。

(六)果汁濃度愈濃含 H^+ 愈多，反應劇烈電流就強，但濃度愈稀薄愈易解離，故電流較濃溶液顯着增加。

(七)在一定溫度下，溫度愈高，溶液所含能量愈大，愈容易導電，電流就強。

(八)電極以活性大的金屬為陽極，活性小的金屬為陰極，仍因活性大的金屬易游離放出電子之故，故游離度大的金屬當陽極其電流就強。

五、應用實例與展望：

(一)我們歷經三個月沒有假期，無次數的失敗經驗，耗盡百斤果菜，研究出果菜電池，瞭解溶液成份、濃度、電極面積、兩極距離等因素與電流及電壓的關係後，果菜電池若能適當利用，應可用於家庭電器之中，我們將剖半的鳳梨插上 $10\text{cm} \times 5\text{cm}$ 的銅片與鋅片各兩片（兩極距離約 0.5cm ）並聯使用時可使電鐘運轉直至鳳梨腐敗為止，若不腐敗約30天。此項實驗成功，使我們興奮不已，忘記了過去的辛勞。若榨取果菜汁，倒入內置有銅片鋅片電池槽中利用它產生的電流，電池槽愈大使電流及電壓增強可使用於日常電器。展望將來能繼續研究改良，各農場、果菜工廠、市場或家庭能將剩餘不用的果菜殘渣收集榨汁防止腐敗製作成大小不等的電池槽，使它產生電能，化無用為有用，確有其經濟與實用的價值。目前正值能源日缺，「

果菜電池」開發能源更具有時代義意。

(二)在國中化學課本我們學習到各種電池果菜電池只須將電極插入就有電流，台灣盛產果菜種類繁多，果菜電池配合「生活環境」及「地域資產」「簡單易作」頗具科學教育價值，我們建議將此鄉土教材納入國中化學課本，必能提高同學對自然科學研究發生興趣。尚盼望科學界先進多多指教。

評語：利用果菜製作電池的研究已相當普遍。本研究探討果菜電池產生的電流強度與果菜的種類、果菜汁濃度、電極面積、兩極距離、電極種類、溫度等等關係，本實驗數據齊全，表達頗為生動（發生的電流用於運轉電鐘，對教學甚有價值）。