

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 化學科

探究精神獎

030203

植酸的氧化還原之探討

學校名稱： 宜蘭縣立復興國民中學

作者： 國二 李宣叡 國二 李詠禎	指導老師： 陳信璉 吳鳴肯
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞： 植酸、氧化還原

摘要

本研究以植酸為研究標的，探討植酸的氧化還原反應。實驗利用過錳酸鉀作為氧化劑加入硫酸和植酸，使過錳酸鉀由暗紫色轉為無色。無色過錳酸鉀顯示植酸能在硫酸作用下發生氧化還原反應。這次實驗可分成三個部分，第一部份檢測植酸和過錳酸鉀發生氧化還原的反應條件；第二部分利用分光光度計測量反應中過錳酸鉀的吸光度，以其數值判斷反應時間，再以分光光度計測量固定時間內過錳酸鉀的變化量（透明度），藉此進一步探討植酸與過錳酸鉀和硫酸在不同情況下的反應情形；第三部分深入探討過錳酸鉀與植酸反應的中間產物與可能生成物為何。

壹、研究動機及文獻回顧

一、研究動機

在校內學長姊的獨立研究發表會中，我們初次認識「植酸」，知道植酸是由豆類植物上萃取出來的化學成分，又稱肌醇六磷酸，目前有關它的研究及資料相對稀少，只知道它是一種酸性物質且在植物體內存在。我們很好奇植酸有什麼特性，因此決定進行相關的研究。在初期進行植酸實驗時，我們發現植酸性質安定，不容易與其他物質產生反應。恰巧國二課程內容有討論到物質的氧化還原反應與化學反應速率測定，因此我們拿出植酸與氧化劑進行反應，想嘗試讓植酸進行氧化反應，同步了解其此反應之反應速率快慢與特色。在多次嘗試後我們終於成功讓植酸進行氧化反應，並開始針對此主題展開深入的研究。

二、文獻回顧

（一）從小”豆”土化身大”銀”家—天然還原劑大解密(中華民國第 56 屆中小學科學展覽會)中，可以了解糙米植酸對鐵和鐵鏽都具有螯合能力，所以糙米植酸能與氧化鐵和鐵緊密結合，使得鐵鏽和鐵不再受到水及氧的侵蝕，也就是說，糙米植酸與氧化鐵和鐵能結合形成保護層。糙米植酸凝膠，有別於市面上用化學合成的防鏽產品，它是天然無毒無害的綠色優質防鏽產品。

（二）藉由薈「植藍」新——萃集植酸作為藍瓶實驗新的還原劑(中華民國第 61 屆中小學科學展覽會)中，發現植酸可代替葡萄糖成為藍瓶實驗更好、更安全的還原劑。純植酸加入黃豆水之中，黃豆水濃度越高，反應速率越快；加入純植酸濃度越高，反應速率會越快。

（三）從看看誰最「錳」(中華民國第 49 屆中小學科學展覽會)中，可以了解在酸性或鹼性的環境下，過錳酸鉀不會只還原成 Mn^{2+} 離子或 MnO_4^{2-} ，還有部份還原成二氧化錳，pH 在 1

左右約有 90% 還原為 Mn^{2+} ，約有 10% 還原為 MnO_2 。而在 pH 在 7 左右約有 99.5% 還原為 MnO_2 。在 pH 在 13 左右約有 93% 還原為 MnO_4^{2-} ，約有 7% 還原為 MnO_2 。而在 pH 在 10 左右，約有 50% 還原為 MnO_4^{2-} ；約有 50% 還原為 MnO_2 。

(四) 從什麼魚(2020)可見分光光度計及使用方法及步驟，知曉分光光度計的基本原理是：物質在光的照射下會產生對光吸收的效應，而物質對光的吸收是具有選擇性。各種不同物質都有其各自的吸收光譜。因此不同波長的單色光通過溶液時其光的能量就會被不同程度的吸收。分光光度計可供物理、化學、醫學、生物學等學科進行科研或供化學工業、食品工業、製藥工業、冶金工業、臨床生化、環保部門進行各種物質的定性定量分析。

貳、研究目的與實驗大綱

一、研究目的

- (一) 探討植酸氧化還原的條件
- (二) 探討過錳酸鉀與植酸在不同溫度下的氧化還原反應速率
- (三) 探討過錳酸鉀對不同濃度的植酸的氧化還原反應速率
- (四) 探討不同濃度的過錳酸鉀對植酸的氧化還原反應速率
- (五) 探討過錳酸鉀與植酸在不同濃度的硫酸下的氧化還原反應速率
- (六) 探討植酸氧化還原反應過程中的中間產物與可能生成物

二、實驗原理

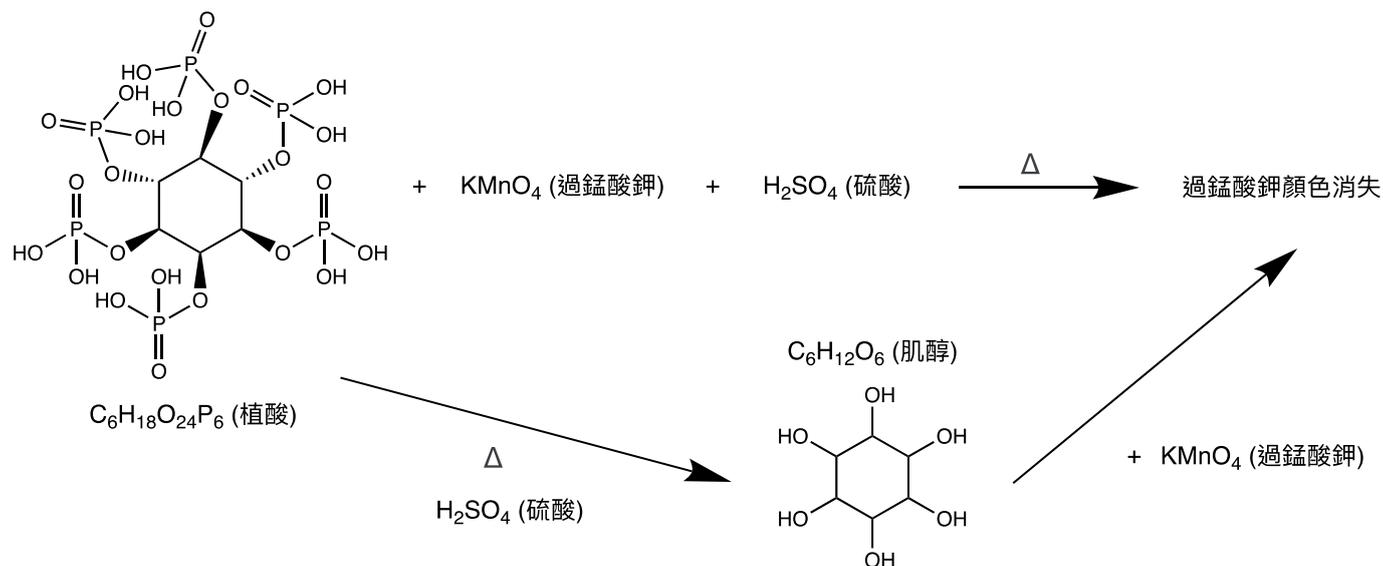


圖 2-1、本研究化學反應式與推測反應機制 (第一作者製作)

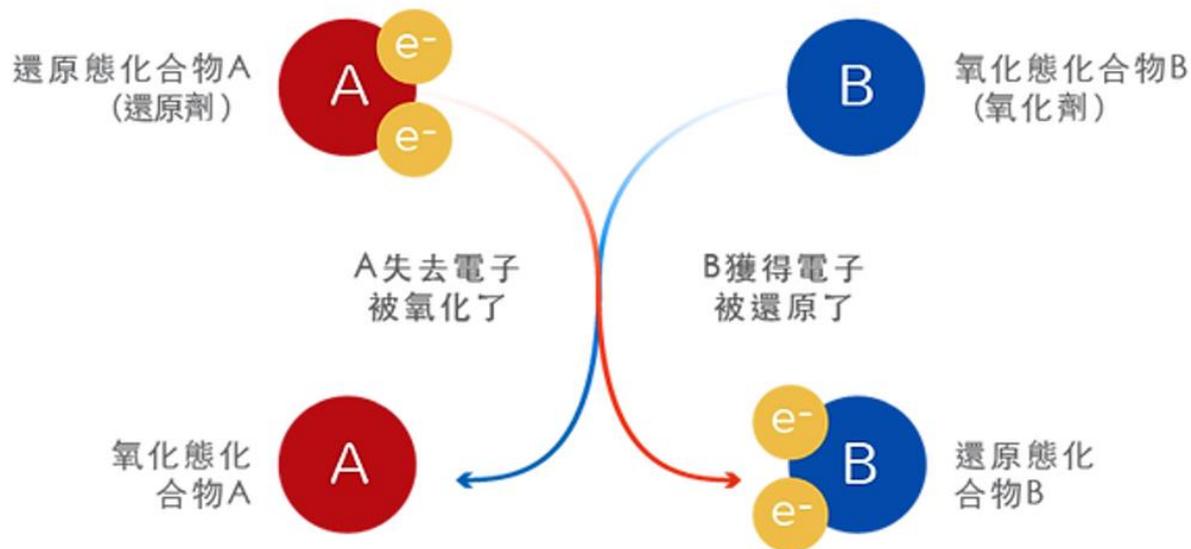


圖 2-2、氧化還原的原理 (文獻一)

三、研究大綱

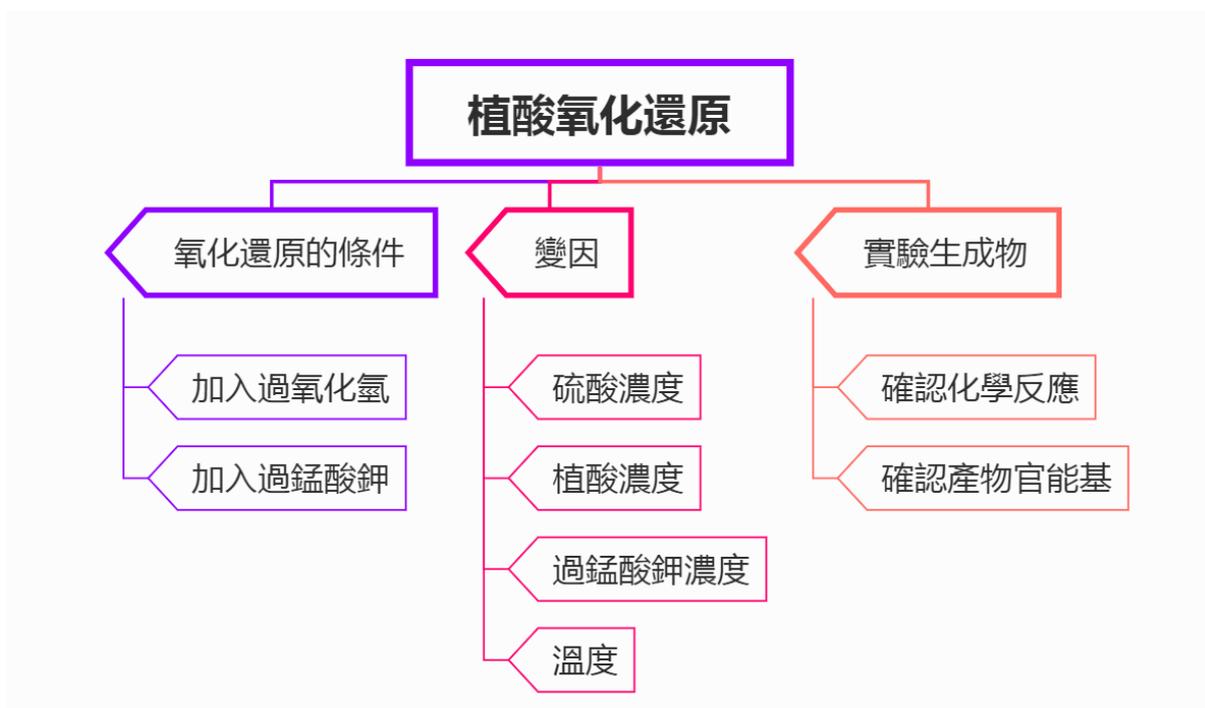


圖 2-3、研究大綱 (第一作者製作)

參、研究設備及器材

一、使用器材

溫度計、燒杯、秤量盤、攪拌棒、試管、量筒、滴管、電子秤、碼表、刮勺、稱量紙、培養皿、陶瓷纖維網、酒精燈、打火機、三腳架、分光光度計、高中端的光度計、大學端的紅外線光譜儀（IR）。

二、使用藥品

植酸($C_6H_{18}O_{24}P_6$)、過錳酸鉀($KMnO_4$)、硫酸(H_2SO_4)、雙氧水(H_2O_2)、硫酸亞鐵($FeSO_4$)、亞甲藍液($C_{16}H_{18}N_3ClS$)、氫氧化鈉($NaOH$)

三、溶液配置

- (一) 植酸水溶液：0.01M、0.05M、0.1M、0.15M、0.2M
- (二) 過錳酸鉀水溶液：0.001M、0.005M、0.01M、0.015M、0.02M
- (三) 硫酸溶液：18M (10 滴)、14.4M、10.8M、7.2M
- (四) 雙氧水溶液：實驗藥品原液
- (五) 亞甲藍溶液：0.1%
- (六) 氫氧化鈉溶液：5M

四、分光光度計的測量原理與實驗步驟

(一) 分光光度計的測量原理 - 比爾定律

我們利用分光光度計測量不同水溶液對單一色光的吸收值。其原理是藉由燈源與分光裝置，將取出的單一色光穿過水溶液，再以光感測器測量單一色光的吸收度變化，此過程中的吸收度變化符合「比爾定律」。

假設一平行單色光垂直入射均勻溶液，部分光線被樣品溶液所吸收，剩餘光線將穿透並偵測，其中光的吸收度 (A)、吸收係數 (α)、光路徑長 (l)、濃度 (c) 有以下關係：

$$\text{吸收度 (A)} = \text{吸收係數 } (\alpha) \times \text{光路徑長 (l)} \times \text{濃度 (c)}$$

(二) 分光光度計的儀器使用步驟

1. 開機連接平板
2. 將波長設為過錳酸鉀主要吸收峰 495nm
3. 先用 RO 水使分光光度計歸零
4. 利用滴管將樣品由加熱的試管吸出至檢測管內
5. 將檢測管置入儀器並蓋上蓋子
6. 在前步驟完成計時一分鐘時測量初始數值
7. 每 30 秒測量一次數值，測量約半小時

五、紅外線光譜儀的測量原理與實驗步驟

(一) 紅外線光譜儀的測量原理

我們利用紅外線光譜儀檢測植酸氧化還原後的產物。其原理是由紅外線燈源發射出紅外線，紅外線穿越樣品後，部分波長的紅外線會被吸收，未被吸收掉的紅外線穿過樣品，抵達偵測器，最後藉由電腦軟體轉換成紅外線吸收光譜，將此吸收光譜拿去比對後，即可預測目標產物有哪些官能基，並鑑定未知產物的可能結構。

(二) 紅外線光譜儀的使用步驟：

1. 開機並將參數設定好，量測範圍為 400cm^{-1} 到 4000cm^{-1} 之波數
2. 將待測物置於已提前準備好的 KBr 鹽片上並進行測量
3. 分析實驗數據確認是否有特殊之官能基可以作為產物判斷依據

肆、研究過程與結果

一、探討植酸氧化還原的條件

(一) 植酸的藍瓶實驗：文獻再現性討論

實驗操作：

1. 取 0.1M 的植酸水溶液 10 毫升，先加入 10 滴的亞甲藍溶液(0.1%)約 0.5 毫升，再加入 5M 的氫氧化鈉水溶液 3 毫升，於常溫下反應後觀察變化。
2. 取 0.1M 的植酸水溶液 10 毫升，先加入 10 滴的亞甲藍溶液(0.1%)約 0.5 毫升，再加入 5M 的氫氧化鈉水溶液 3 毫升，置於加熱至 87°C 後的水一分鐘後觀察變化。
3. 取 0.1M 的植酸水溶液 10 毫升，先加入 10 滴的亞甲藍溶液(0.1%)約 0.5 毫升，再加入 18M 的濃硫酸 10 滴，於常溫下反應後觀察變化。
4. 取 0.1M 的植酸水溶液 10 毫升，先加入 10 滴的亞甲藍溶液(0.1%)約 0.5 毫升，再加入 18M 的濃硫酸 10 滴，置於加熱至 87°C 後的水一分鐘後觀察變化。

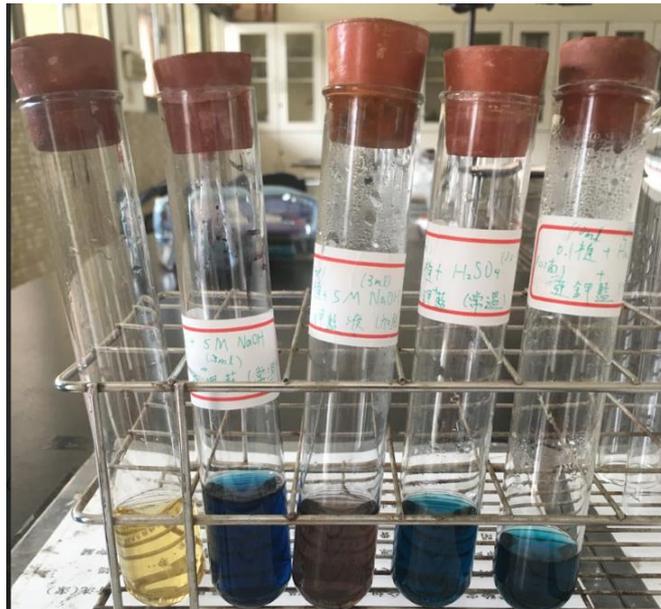


圖 4-1、植酸的藍瓶實驗再現性測試（最左試管為 0.1M 植酸水溶液）(第一作者拍攝)

(二) 植酸與雙氧水的氧化還原條件

實驗操作：

1. 取 0.1M 的植酸水溶液 10 毫升，再加入 35% 雙氧水溶液 5 毫升，於常溫下反應後觀察變化。
2. 取 0.1M 的植酸水溶液 10 毫升，再加入 35% 雙氧水溶液 5 毫升，最後加入 0.1 克的硫酸亞鐵作為催化劑，於常溫下反應後觀察變化。



圖 4-2、植酸與雙氧水的氧化還原探討 (第一作者拍攝)

(三) 植酸與過錳酸鉀的氧化還原條件

實驗操作：

1. 取 5 mL 0.05M 的植酸先加 10 滴濃硫酸後，再加入 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀，於常溫下反應後觀察變化。
2. 取 5 mL 0.05M 的植酸後，再加入 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀，於常溫下反應後觀察變化。
3. 取 5 mL 0.05M 的植酸後，再加入 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀，置於加熱至 87°C 後的水一分鐘後觀察變化。
4. 取 5 mL 0.05M 的植酸先加 10 滴濃硫酸後，再加入 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀，置於加熱至 87°C 後的水一分鐘後觀察變化。
5. 取 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀先加 10 滴濃硫酸後，再加入 5 mL 0.05M 的植酸，置於加熱

至 87 °C 後的水一分鐘後觀察變化。

6. 取 5 mL 0.05M 的植酸、10 滴濃硫酸、2 mL 0.01M 的過錳酸鉀分別置於加熱至 87 °C 後的水，一分鐘後植酸加入硫酸和過錳酸鉀混合並觀察變化。
7. 取 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀先加入 5 mL 0.05M 的植酸置於加熱至 87 °C 後的水，同時也將 10 滴濃硫酸加熱，使其溫度一致後，一分鐘後混合並觀察變化。
8. 取 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀先加入 5 mL 0.05M 的植酸置於加熱至 87 °C 後的水，將常溫下的 10 滴濃硫酸混合一分鐘後觀察變化。
9. 取 5 mL 0.05M 的植酸先加 10 滴濃硫酸置於加熱至 87 °C 後的水，同時也將 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀加熱，使其溫度一致，一分鐘後混合並觀察變化。
10. 取 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀先加入 10 滴濃硫酸置於加熱至 87 °C 後的水，同時也將 5 mL 0.05M 的植酸加熱，使其溫度一致，一分鐘後混合並觀察變化。
11. 取 5 mL 0.05M 的植酸、10 滴濃硫酸先分別置於加熱至 87 °C 後的水而後相加，再將常溫下的 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀與之混合，一分鐘後觀察變化。
12. 取 5 mL 0.05M 的植酸、10 滴濃硫酸分別置於加熱至 87 °C 後的水，同時常溫下的 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀加進去混合，一分鐘後觀察變化。
13. 取 5 mL 0.05M 的植酸先加入 10 滴濃硫酸置於加熱至 87 °C 後的水，同時也將 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀加熱，使其溫度一致，一分鐘後混合並觀察變化。
14. 取 5 mL 0.05M 的植酸加入 2 mL 0.01M 的過錳酸鉀，混合並觀察變化。
15. 加入裝著硫酸和 5 mL 0.05M 植酸的試管加熱 30 秒，再加入裝有 0.01M 且 2 mL 過錳酸鉀的試管，同時把硫酸由試管中吸出，加 10 滴至植酸的滴管中，30 秒過後全部均勻混合。

表 4-1、植酸氧化還原的實驗原圖與變色時長 (第二作者拍攝)

 <p>實驗一 順序: 植+硫+過→常溫 變色時長: 超過兩天未變色</p>	 <p>實驗二 順序: 植+過→常溫 變色時長: 第三天變色</p>	 <p>實驗三 順序: 植+過→加熱 變色時長: 第二天變色</p>	 <p>實驗四 順序: 植+硫+過→加熱 變色時長: 4 分</p>	 <p>實驗五 順序: 過+硫+植→加熱 變色時長: 5 分</p>
 <p>實驗六 順序: 植&硫&過→ (三者分別加 熱)→混和 變色時長: 6 分</p>	 <p>實驗七 順序: 植&過加熱 硫(單獨加熱) →混和 變色時長: 5 分</p>	 <p>實驗八 順序: 植+硫→ (二者混合加熱) +過(常溫)→混和 變色時長: 5 分</p>	 <p>實驗九 順序: 植+過→ (二者混合加熱) +硫(常溫)→混和 變色時長: 7 分</p>	 <p>實驗十 順序: 硫+過→ (二者混合加熱) +植(常溫)→混和 變色時長: 7 分</p>

				
<p>實驗十一 順序: 硫+植→ (二者混合加熱) +過(加熱)→混和 變色時長:4 分</p>	<p>實驗十二 順序: 硫&植→ (二者分別加熱) +過(常溫)→混和 變色時長:9 分</p>	<p>實驗十三 順序: 硫&植→ (二者分別加熱) +過(加熱)→混和 變色時長:9 分鐘</p>	<p>實驗十四 順序: 硫+過 變色時長:四天餘</p>	<p>實驗十五 順序: 硫+植→(二者分 別加熱) 三十秒後→二者 混和+過錳酸鉀加 熱→混合 變色時長:3 分鐘 30 秒</p>

二、探討過錳酸鉀與植酸在不同溫度下的氧化還原反應速率

實驗步驟：

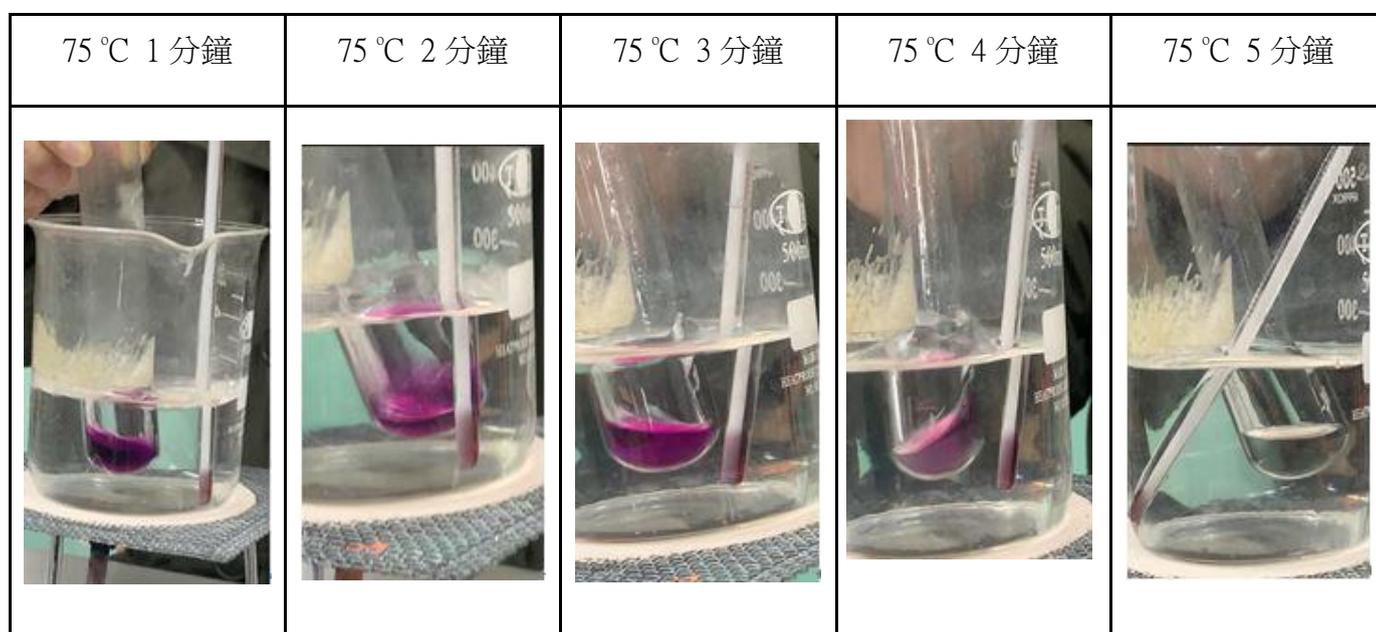
1. 使用三腳架及酒精燈加熱燒杯中的水至不同溫度。
2. 使溫度到達穩定後，加入裝著濃硫酸和 5 mL 0.05M 植酸的試管加熱 30 秒。
3. 30 秒過後再加入裝有 2 mL 0.01M 過錳酸鉀的試管。
4. 同時把濃硫酸由試管中取出，加 10 滴至裝有 0.05M 植酸的試管中。
5. 30 秒過後將裝有 0.01M 過錳酸鉀的試管加入裝有植酸和硫酸的試管中均勻混合，取一部分的液體至小塑膠管中，放入分光光度計中，每 30 秒紀錄一次持續半小時。
6. 同時讓試管繼續加熱，溫度過高或過低即移開或移入酒精燈，保持一定溫度，並記錄。
7. 以肉眼觀察完全褪色後紀錄所需時間 (以上步驟改變燒杯溫度重複實驗五次)。

表 4-2、0.01 M 過錳酸鉀 2 mL 與 0.05 M 植酸 5 mL 在不同溫度下的氧化還原反應速率表

加熱溫度(°C)	70	75	80	85	90
完全褪色的時間	9min	5min	3min30s	3min15s	3min
完全褪色的時間(s)	540	300	210	195	180
完全褪色的速率(1/s)	1/540	1/300	1/210	1/195	1/180

表 4-3、0.01 M 過錳酸鉀 2 mL 與 0.05 M 植酸 5 mL 在 75 °C 下的氧化還原反應速率表

(第二作者拍攝)



不同溫度造成植酸與過錳酸鉀反應速率差異變化圖

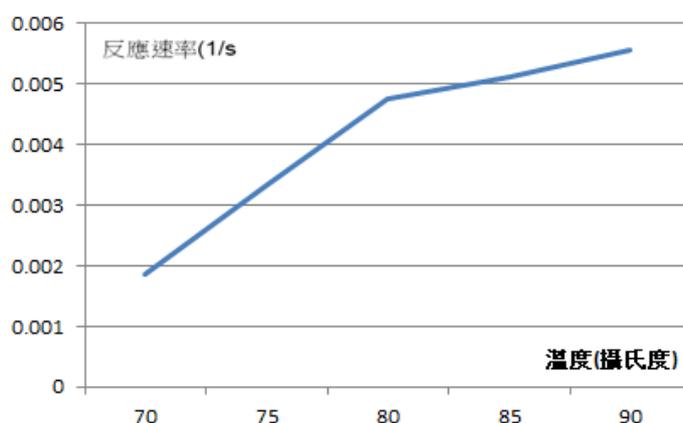


圖 4-3、0.01M 過錳酸鉀 2 mL 與 0.05M 植酸 5 mL 在不同溫度下的氧化還原反應速率變化差異圖

(第一作者製作)

不同溫度下過錳酸鉀與植酸反應時間圖

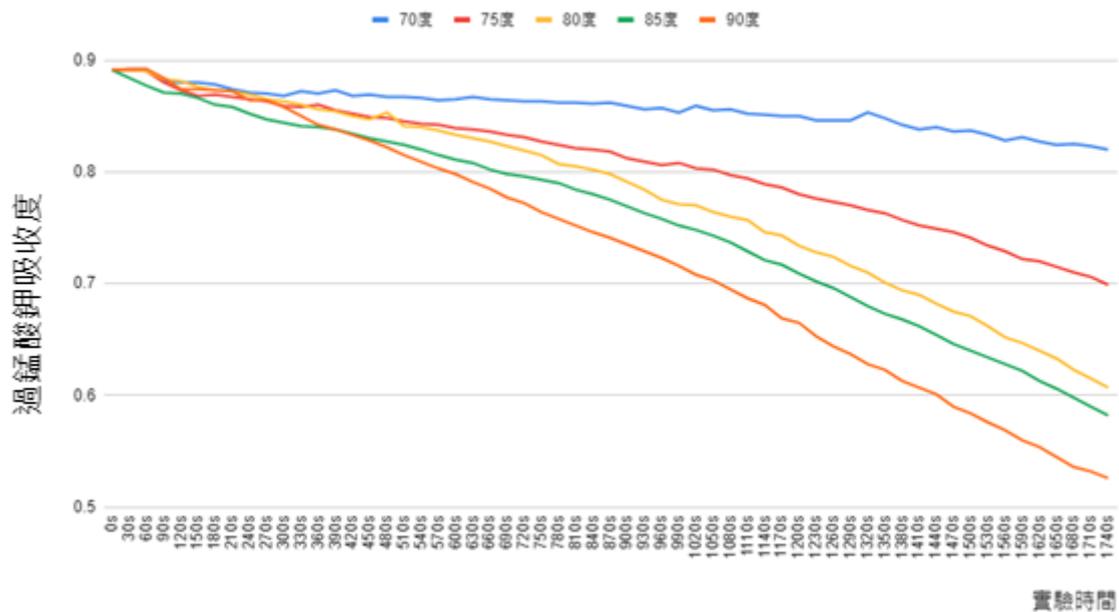


圖 4-4、0.01M 過錳酸鉀 2 mL 與 0.05M 植酸 5 mL 在不同溫度下的氧化還原反應速率圖
(第二作者製作)

三、探討過錳酸鉀對不同濃度的植酸的氧化還原反應速率

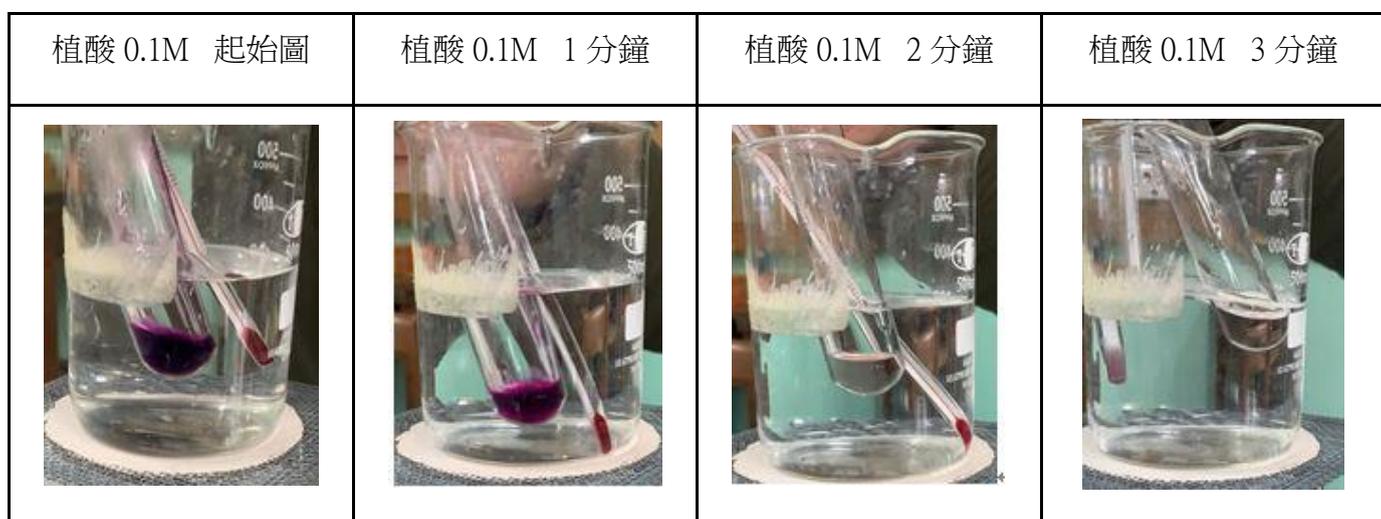
實驗步驟：

1. 使用三腳架及酒精燈加熱燒杯中的水至 87°C。
2. 使溫度到達穩定後，加入裝著硫酸和不同濃度的植酸 5 mL 的試管分別加熱 30 秒。
(植酸的濃度為 0.01M、0.05M、0.1M、0.15M、0.2M)
3. 30 秒過後再加入裝有 2 mL 0.01M 過錳酸鉀的試管。
4. 同時把硫酸由試管中取出，加 10 滴至植酸的滴管中。
5. 30 秒過後將裝有植酸和硫酸的試管加入裝有過錳酸鉀的試管中均勻混合。
6. 取一部分的液體至小塑膠管中，放入分光光度計中，每 30 秒紀錄一次持續半小時。
7. 用已混合的試管繼續加熱，若溫度過高或過低則移開或加入酒精燈，保持一定溫度。
8. 以肉眼觀察完全褪色後紀錄所需時間 (以上步驟改變燒杯溫度重複實驗五次)。

表 4-4、0.01M 過錳酸鉀 2 mL 與不同濃度植酸 5 mL 的氧化還原反應速率表

不同濃度植酸(M)	0.01	0.05	0.1	0.15	0.2
完全褪色的時間	7min30s	3min15s	3min	2min30s	1min45s
完全褪色的時間(s)	450	195	180	150	105
完全褪色的速率(1/s)	1/450	1/195	1/180	1/150	1/105

表 4-5、0.01M 過錳酸鉀 2 mL 與 0.1M 植酸 5 mL 的氧化還原反應速率表 (第二作者拍攝)



不同濃度的植酸對過錳酸鉀反應速率差異變化圖

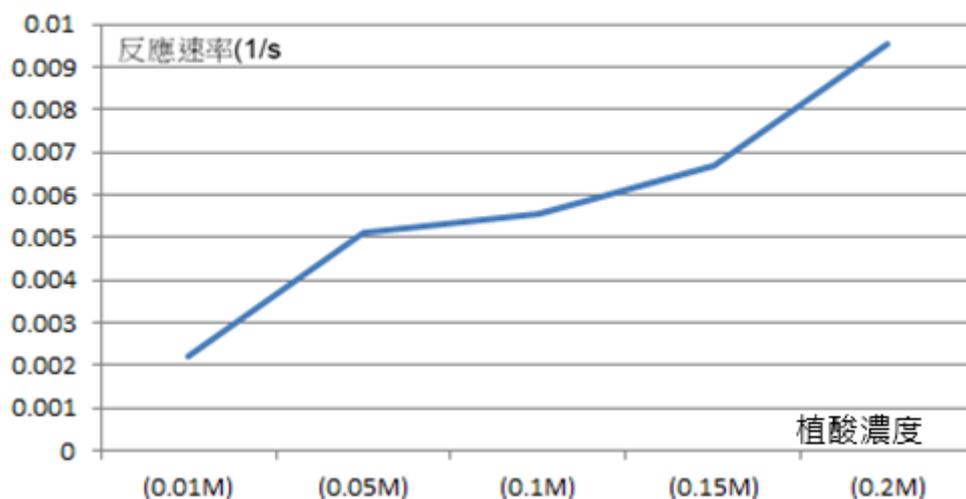


圖 4-5、0.01M 過錳酸鉀 2 mL 與不同濃度植酸 5 mL 的氧化還原反應速率差異變化圖

(第一作者製作)

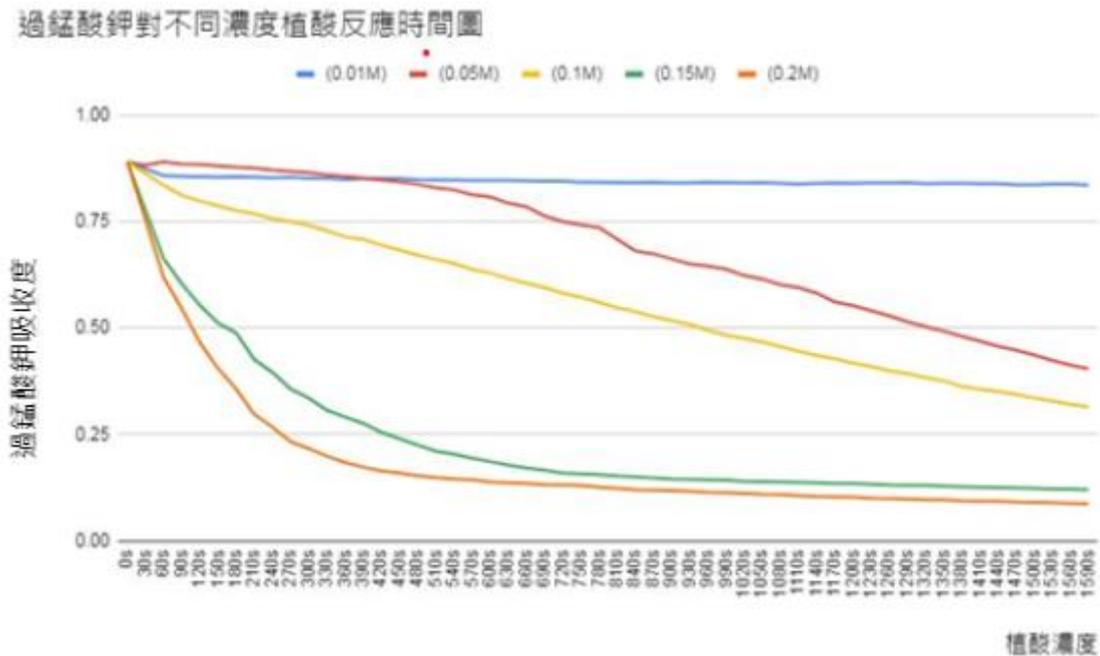


圖 4-6、0.01M 過錳酸鉀 2 mL 與不同濃度植酸 5 mL 的氧化還原反應速率圖
(第二作者製作)

四、探討不同濃度的過錳酸鉀對植酸的氧化還原反應速率

實驗步驟：

1. 使用三腳架及陶瓷纖維網和酒精燈點火加熱燒杯至 87°C 後。
2. 加入裝著濃硫酸和 5 mL 0.05M 植酸的試管加熱 30 秒。
3. 30 秒後再加入裝有 2 mL 0.001M、0.005M、0.01M、0.015M、0.02M 過錳酸鉀的試管。
4. 同時把硫酸由試管中取出，加 10 滴至植酸的試管中。
5. 30 秒過後將裝有過錳酸鉀的試管加入裝有植酸和硫酸的試管中均勻混合。
6. 取一部分的液體放入分光光度計中，每 30 秒紀錄一次並持續半小時。
7. 詳細記錄後做成折線圖可得不同濃度過錳酸鉀和植酸反應時間圖。
8. 同時用已混合的試管繼續加熱，若溫度過高即移開酒精燈，若溫度過低則繼續加熱。
9. 以肉眼觀察完全褪色後紀錄所需時間。

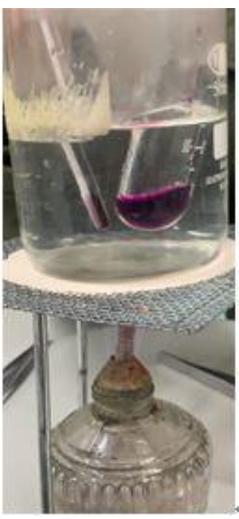
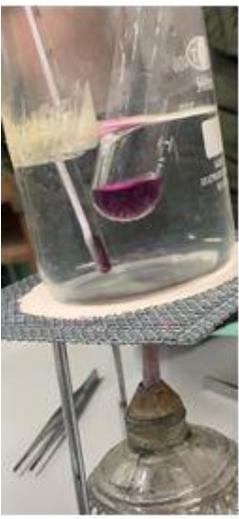
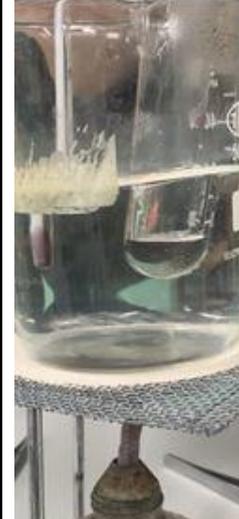
表 4-6、不同濃度的過錳酸鉀 2 mL 對 0.05M 植酸 2 mL 的氧化還原反應速率表

不同濃度 過錳酸鉀溶液(M)	0.001	0.005	0.01	0.015	0.02
完全褪色的時間	1min	3min15s	3min15s	3min30s	3min30s
完全褪色的時間(s)	60	195	195	210	210
完全褪色的速率(1/s)	1/60	1/195	1/195	1/210	1/210

表 4-7、0.001M 的過錳酸鉀 2 mL 對 0.05M 植酸 2 mL 的氧化還原反應速率表 (第二作者拍攝)

過錳酸鉀 0.001M 1 分鐘	過錳酸鉀 0.001M 2 分鐘
	

表 4-8、0.015M 的過錳酸鉀 2 mL 對 0.05M 植酸 2 mL 的氧化還原反應速率表 (第二作者拍攝)

過錳酸鉀 0.015M 起始圖	過錳酸鉀 0.015M 1 分鐘	過錳酸鉀 0.015M 2 分鐘	過錳酸鉀 0.015M 3 分鐘	過錳酸鉀 0.015M 3 分鐘 30 秒
				

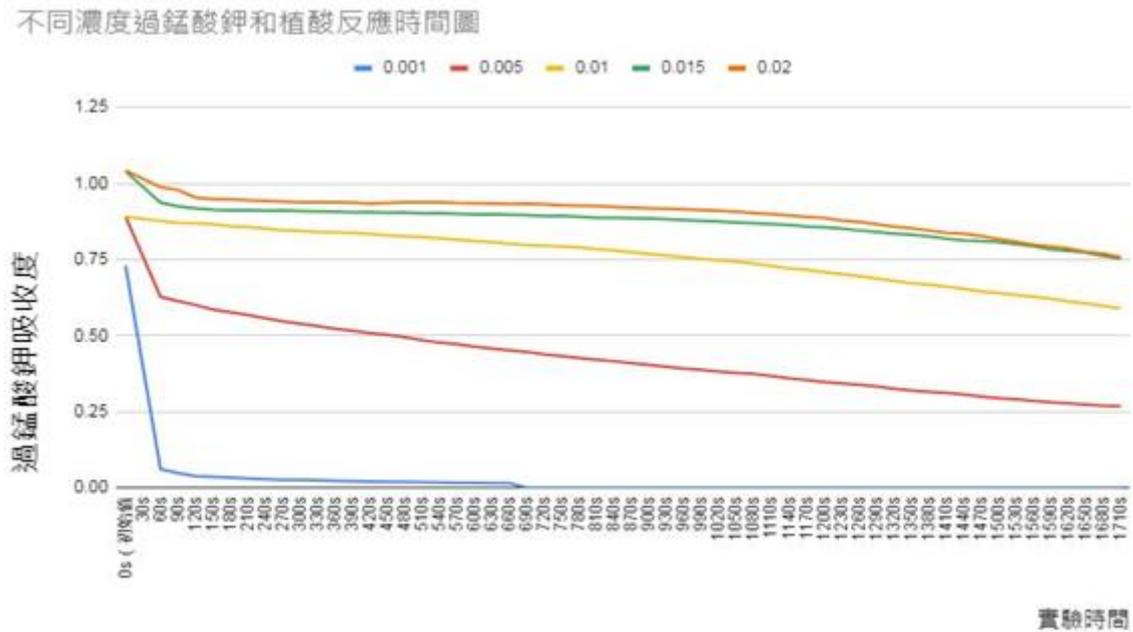


圖 4-7、不同濃度過錳酸鉀 2 mL 與 0.05M 植酸 5 mL 氧化還原反應速率圖 (第一作者製作)

五、探討過錳酸鉀與植酸在不同滴數的硫酸下的氧化還原反應速率

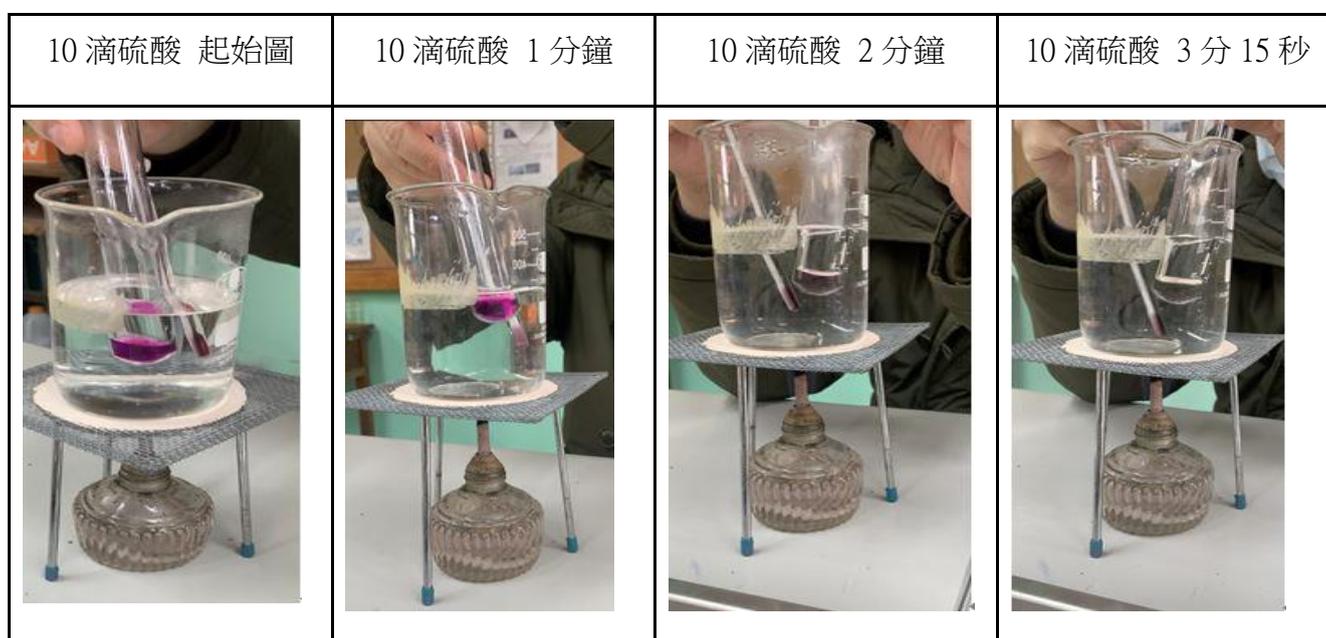
實驗步驟：

1. 使用三腳架及酒精燈加熱燒杯中的水至 87°C。
2. 使溫度到達穩定後，加入裝著硫酸和 5 mL 0.05M 的植酸的試管加熱 30 秒。
3. 30 秒過後再加入裝有 2 mL 0.01M 過錳酸鉀的試管。
4. 同時把硫酸由試管中取出，加不同滴數的硫酸滴至植酸的試管中。
5. 30 秒過後將裝有植酸和硫酸的試管加入裝有過錳酸鉀的試管中均勻混合。
6. 取一部分的液體至塑膠管中，放入分光光度計中，30 秒紀錄一次並持續半小時。
7. 同時用已混合的試管繼續加熱，若溫度過高即移開酒精燈，若溫度過低則繼續加熱，保持一定溫度。
8. 以肉眼觀察完全褪色後紀錄所需時間 (以上步驟改變燒杯溫度重複實驗五次)。

表 4-9、濃硫酸添加量對 0.005M 過錳酸鉀 2 mL 與 0.05M 植酸 5 mL 的氧化還原反應速率表

硫酸添加量(滴)	4	6	8	10
完全褪色時間	5min	4min50s	4min30s	3min15s
完全褪色的時間(s)	300	290	270	195
完全褪色的速率(1/s)	1/300	1/290	1/270	1/195

表 4-10、10 滴濃硫酸對 0.005M 過錳酸鉀 2 mL 與 0.05M 植酸 5 mL 的氧化還原反應速率表
(第二作者拍攝)



不同濃度的硫酸對於植酸過錳酸鉀反應速率變化圖

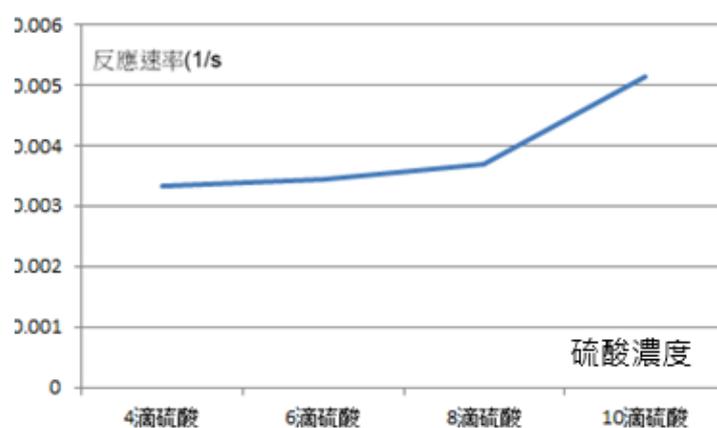


圖 4-8、濃硫酸添加量對 0.005M 過錳酸鉀 2mL 與 0.05M 植酸 5mL 的氧化還原反應速率差異變化圖
(第一作者製作)

不同硫酸滴數與過錳酸鉀和植酸反應時間圖

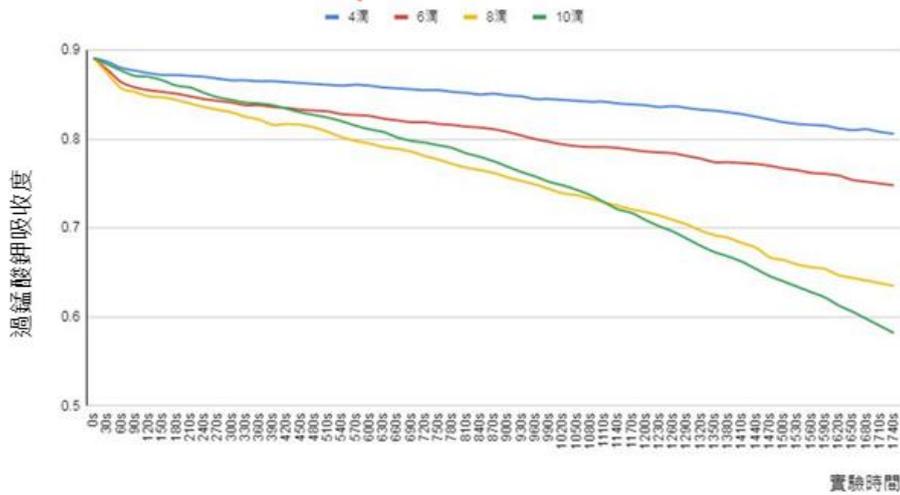


圖 4-9、濃硫酸添加量對 0.005M 過錳酸鉀 2mL 與 0.05M 植酸 5mL 的氧化還原反應速率圖
(第一作者製作)

六、探討植酸氧化還原反應過程中的中間產物與可能生成物

(一) 在做完前面的實驗後，我們決定向高中端借用更精確的分光光度檢測植酸與過錳酸鉀反應的結果，同時我們也測試植酸與過氧化氫的反應，結果如下圖。

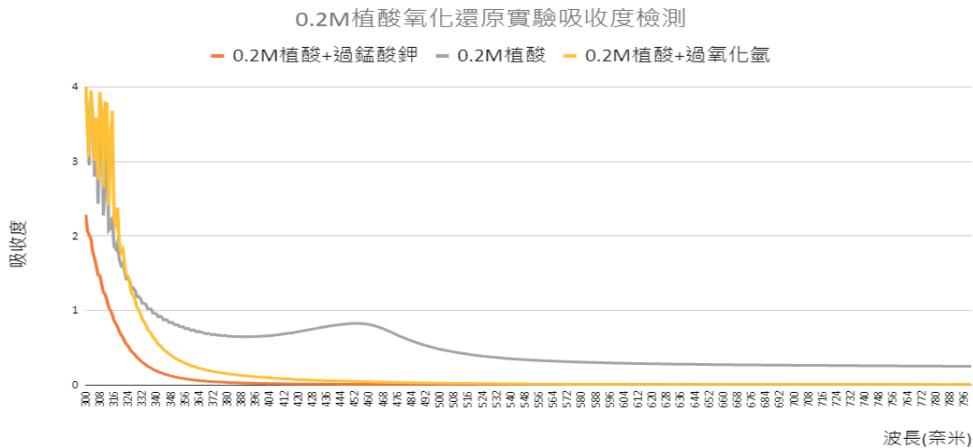


圖 4-10、0.2M 植酸氧化還原吸收度檢測圖 (第二作者製作)

(二) 探討可能最終產物之實驗步驟

1. 使用三腳架及酒精燈加熱燒杯中的水至 75 °C。
2. 使溫度到達穩定後，加入裝著濃硫酸和 10 mL 0.05M 植酸的試管加熱 30 秒。
3. 30 秒過後再加入裝有 1 mL 0.01M 過錳酸鉀的試管。

4. 同時把濃硫酸由試管中取出，加 20 滴至裝有 0.05M 植酸的試管中，均勻混合。
5. 持續加熱，以肉眼觀察完全褪色。
6. 將粗產物利用萃取做初步分離。
7. 將萃取後產物放入 IR 檢測結果。
8. 透過 IR 圖譜觀察最終產物具有之官能基，並從中推測可能最終產物及中間產物。
9. 放置多日後再次觀察顏色變化，並將溶液再次放入 IR 檢測結果。

© 2004, Sigma-Aldrich Co.
ALL RIGHTS RESERVED

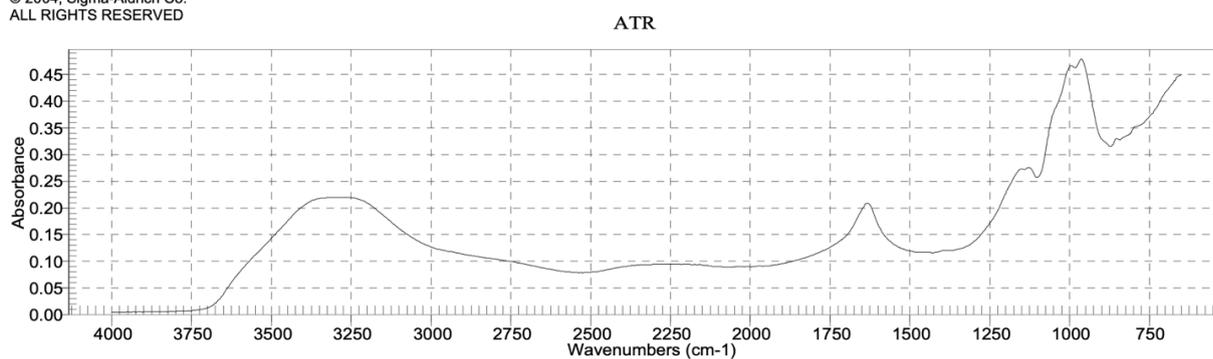


圖 4-11、藥廠公開之植酸水溶液藥品 IR 光譜圖 (ATR-IR) (文獻十三)

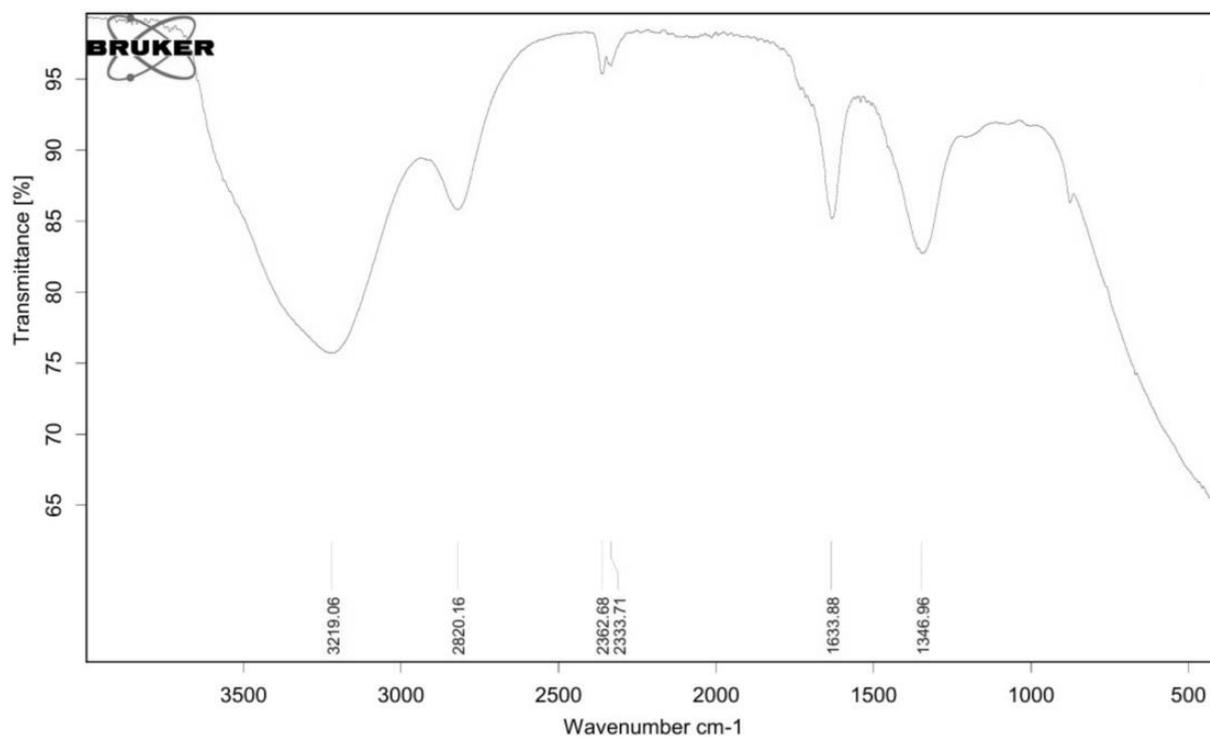


圖 4-12、植酸與雙氧水溶液在硫酸亞鐵的催化下，進行氧化還原反應的最終產物檢測
(第一指導教師協助檢測)

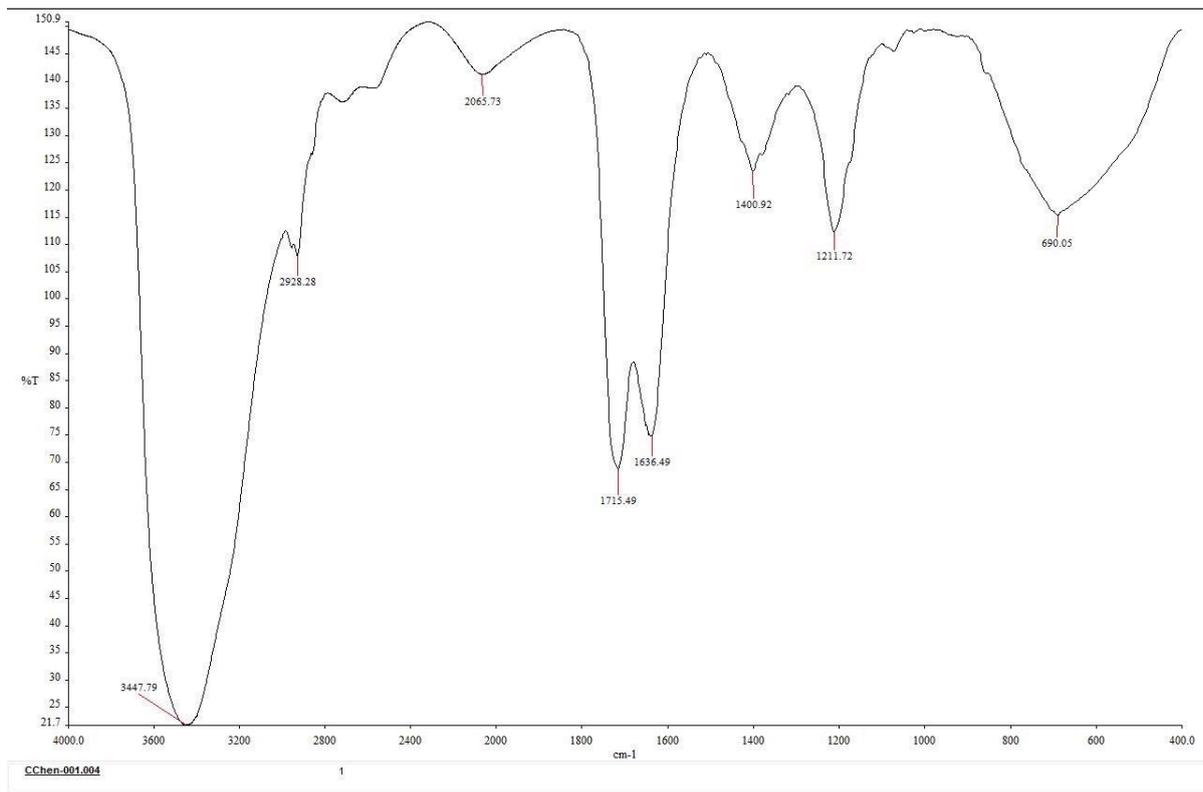


圖 4-13、植酸與過錳酸鉀溶液氧化還原反應後最終產物檢測 (第一指導教師協助檢測)

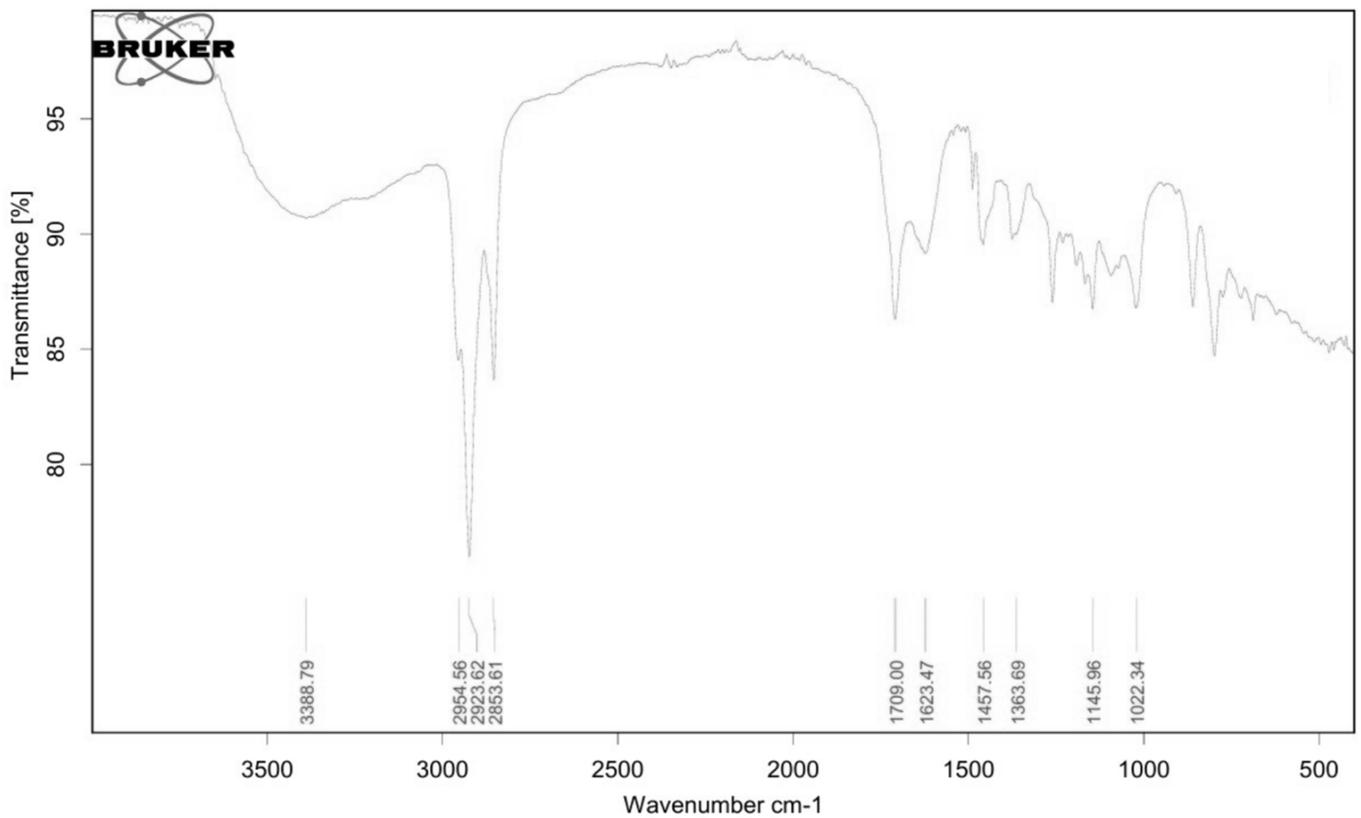


圖 4-14、植酸與過錳酸鉀溶液反應再靜置兩天後之最後產物檢測 (第一指導教師協助檢測)

伍、討論

過去的研究探討植酸相關性質時，以黃豆水泡出的植酸溶液可輕易進行氧化還原反應。然而在本研究的實驗中，我們發現要將植酸氧化還原是需要高溫的環境，還需要加入高濃度的硫酸及過錳酸鉀，才能使過錳酸鉀在一定時間內褪色，使氧化還原反應順利進行。

在高中端借分光光度計進行實驗時，我們有嘗試將過錳酸鉀替換成過氧化氫進行實驗，並發現過氧化氫的反應速率比過錳酸鉀慢得多，且看不出顏色變化。以同樣方法加熱過氧化氫後，過氧化氫也會因高溫不穩定，降低了氧化力。若植酸改與過錳酸鉀反應，在硫酸催化下氧化還原能在加熱後順利進行，藉由實驗儀器與自動數據偵測，我們能做出褪色率與反應時間的關係圖。

在查詢植酸相關資料時，我們發現大部分文獻都顯示植酸為一種弱酸，但我們利用電子 pH 計檢測發現植酸 pH 值在各式濃度下範圍落在 0.5~3.0 間。

整體實驗說明一：

使用三腳架及酒精燈加熱燒杯至 85 °C，至 85 °C 後考慮到若之後加入試管因為熱平衡的緣故會使水溫下降，因此加熱到 85 °C 再高出 2 °C。

整體實驗說明二：

為加快研究速度，因此我們先以溫度作為變因來操作實驗。實驗後發現溫度愈高實驗的速度越快，但考慮到加熱溫度越高，加熱時間越長，因此設定加熱溫度為 85 °C。

整體實驗說明三：

考慮到過錳酸鉀若加熱太久，本身會先氧化一定程度，因此加熱時間不宜太久，因此只加熱 30 秒。

整體實驗說明四：

我們同一變因的實驗在相同時間及地點進行，使用硫酸及過錳酸鉀皆是同一瓶實驗藥品，植酸皆在同一時間配置及調製，並將其他會影響實驗的因素變化控制最低。

一、實驗一到實驗五步驟討論與結果

(一) 實驗前言

我們曾經利用各式方法檢測植酸的特性，利用鉛塊，鋁塊等檢測植酸是否具備向鹽酸一樣有去鏽的功能，但是實驗沒有成功；接著我們嘗試用碘化鉛等化學藥品再次測試植酸的螯合能力，但是實驗數據並不理想。最後想到氧化還原這個化學反應，我們想測試植酸的還原能力如何，一開始的實驗是利用過錳酸鉀加上植酸反應，但是過了 20 分鐘也沒有明顯變化，而後嘗試調整它的 pH 值，但是無論是加上氫氧化鈉或是硫酸以及鹽酸，就算放了一節課還是依舊無動於衷，後來也有考慮試用其他氧化劑，但是考慮到雙氧水是透明的，不方便觀察所以也不行，就當我們要放棄的時候，老師突然想到有可能只是反應速率上面的問題，並不是不反應，於是我們決定從溫度方面去做一個加熱的動作，雖然速度不快，但是最後成功讓植酸與過錳酸鉀反應。

(二) 實驗一：探討植酸氧化還原的條件

1. 植酸的藍瓶實驗再現性討論

- (1) 過去文獻以泡製黃豆來取得含植酸的黃豆水，並以此取代葡萄糖成功進行藍瓶實驗。然而本實驗改以藥品級 50%植酸水溶液進行反應，發現反應無法進行。
- (2) 改以購買的植酸藥品進行藍瓶實驗，唯有在鹼性環境且加熱至 80°C 以上，化學反應才會進行。
- (3) 將氫氧化鈉水溶液改為鹽酸溶液後，無論是否加熱都無法使反應順利進行。

2. 植酸與雙氧水的氧化還原反應探討

- (1) 植酸與雙氧水進行氧化還原反應的速度極慢且顏色不易觀察。
- (2) 添加硫酸亞鐵作為植酸氧化還原的催化劑，只會加速雙氧水的分解反應，無法幫助植酸進行氧化。

3. 探討過錳酸鉀與植酸在各種加熱順序下的氧化還原反應速率

探討植酸在何種加熱順序下反應速率最快，我們控制其變因為植酸，過錳酸鉀以及硫酸的混合順序，以及加熱的時間的長短。

- (1) 第十五組的實驗速度最快，因此我們使用實驗十三的方法去進行接下來的實驗。
- (2) 由實驗一和實驗二和實驗三發現，反應時是否添加硫酸影響實驗速度甚多。
- (3) 由實驗一和實驗四可以發現，反應時是否加熱為影響實驗速度甚多，相差兩天餘。

- (4) 由實驗四和實驗五可以發現，先加硫酸和植酸，再加過錳酸鉀會使實驗速率略為加快。
- (5) 由實驗六和實驗七可以發現，在三者都有加熱的情況下，硫酸單獨加熱再混合會使速度加快。
- (6) 由實驗八和實驗九及實驗十可得知，植酸與硫酸先加熱再加入過錳酸鉀反應速度較快。
- (7) 由實驗八和實驗十一可以得知，過錳酸鉀加熱有助於反應速度的加快。
- (8) 由實驗十四可以得知，就算過程不加硫酸仍能反應，只是時間所需較長。
- (9) 由實驗八和實驗十二可以發現，再過錳酸鉀同樣不加熱的情況下，植酸和硫酸先混合速度較快。
- (10) 由實驗十一和實驗十三可以發現，再過錳酸鉀同樣加熱的情況下，植酸和硫酸先混合速度較快。
- (11) 由實驗一和實驗十四可得知，同樣不加溫的情況，硫酸的加入有助於反應速度的加快。

(三) 實驗二：探討過錳酸鉀與植酸在不同溫度下的氧化還原反應速率

1. 實驗結果為 70 °C 褪色速度最慢，變化微乎其微，其褪色率變化量不到 0.1。
2. 75 °C 呈現線型變化，且出現一定程度數字的略為下降，坡度稍陡。
3. 80 °C 的坡度較 75 °C 的植酸陡，且較 75 °C 的植酸最終數值相差 0.125 之多。
4. 85 °C 與 80 °C 的變化十分相近，坡度變化稍稍陡峭，其褪色率值在最終接近 0.625。
5. 90 °C 較 85 °C 的快，坡度變化也更加明顯，其褪色率值仍沒有超過 0.5。
6. 由於無法升高太多溫度且溫度太低沒有明顯變化，因此以 5 °C 為一個單位由 70 °C 向上遞增，實驗結果於硫酸相同，變化小。
7. 若觀察燒杯中持續加熱的試管可以發現，同樣溫度愈大變化數值愈快。

(四) 實驗三：探討過錳酸鉀對不同濃度的植酸的氧化還原反應速率

1. 實驗結果 0.01 M 的過錳酸鉀褪色速度最慢，變化微乎其微，其褪色率變化量不到 0.1。
2. 五倍之濃度的植酸(0.05 M)呈線型變化，且出現一定程度的下降，坡度稍陡。
3. 0.1 M 植酸的坡度較 0.05 M 的植酸陡，且較 0.05 M 的植酸於最終數值相差 0.25 之多。
4. 0.15 M 及 0.2 M 的植酸變化十分相近，坡度變化十分陡峭，其褪色率值在最終接近 0.1。
5. 0.15 M 較 0.2 M 的植酸慢，0.15 M 於 7 分鐘後接近水平變化，而 0.2 M 的植酸於四分鐘後呈現水平變化，兩者接近透明。

6. 由於植酸為實驗的主角，因此濃度採 0.05 M 為基準，大於其濃度的數值較多，只有一個採 0.01 M 植酸做實驗。並以 0.05 M 為一個單位由 0.05 M 向上遞增，實驗結果變化十分明顯。
7. 若觀察燒杯中持續加熱的試管可以發現，同樣濃度愈大變化數值愈快。

(五) 實驗四：探討植酸對不同濃度的過錳酸鉀的氧化還原反應速率

1. 實驗結果 0.001 M 的過錳酸鉀褪色速度最快，於一分鐘後就接近無色，變化在一分鐘後微乎其微，其值接近 0。
2. 五倍之濃度的過錳酸鉀(0.005 M)呈現線型變化，且於一分鐘內變化快速，坡度稍緩。
3. 0.01 M 過錳酸鉀的坡度較 0.005 M 的過錳酸鉀緩，且於開始的一分鐘內變化較 0.005 M 的過錳酸鉀緩慢許多。
4. 0.015 M 及 0.02 M 的過錳酸鉀變化十分相近，坡度變化幾乎為水平線。
5. 但 0.015 M 及 0.02 M 仍呈略為下降的趨勢，且 0.015 M 較 0.02 M 的過錳酸鉀值小。
6. 由於過錳酸鉀同樣為此次實驗之主角，因此濃度採 0.005 M 為基準，大於其濃度的數值較多，只有一個採 0.001 M 的過錳酸鉀做實驗，並以 0.005 M 為一個單位由 0.005 M 向上遞增，實驗結果變化因為植酸濃度相同，只有過錳酸鉀的濃度進行變化，因此變化之數值不太明顯。
7. 若觀察燒杯中持續加熱的試管可以發現，同樣濃度愈小變化數值愈快。

(六) 實驗五：探討過錳酸鉀與植酸在不同滴數的硫酸下的氧化還原反應速率

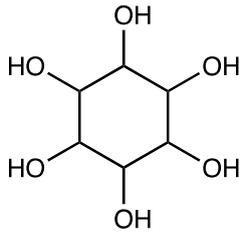
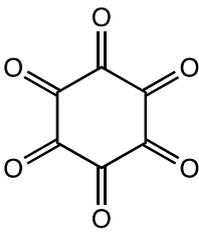
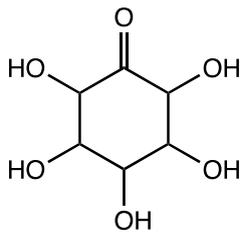
1. 實驗結果 4 滴的硫酸幾乎呈現水平變化，但是仍有一些些數字的下降。
2. 6 滴的硫酸是線型變化且出現略為程度數字的下降。
3. 6 滴硫酸的坡度較 6 滴的硫酸陡，且 8 滴與 10 滴的硫酸變化十分相近。
4. 10 滴坡度變化稍陡峭，其褪色率值在最終接近 0.75，且 8 滴較 10 滴的硫酸慢。
5. 由於是以硫酸的濃度為變因，為了加快實驗，硫酸的含量不能太少，考慮太多硫酸會使實驗環境過酸，因此由 10 滴往下遞減，以 2 滴作為間隔設置變因，為保持其量的穩定，剩餘加水補足滴數。因為其他變因保持不變，只改變硫酸的濃度，造成變化不如前幾個實驗明顯。
6. 若觀察燒杯中持續加熱的試管可以發現，同樣濃度愈大變化數值愈快。

二、實驗六步驟討論與結果

1. 我們在高中端進行實驗的時候，有考慮到或許過氧化氫需要更高溫的環境才能使其與植酸反應，但我們雖然有使用加熱面板來更全面加熱燒杯，但是雖然整體溫度加高，但卻造成過氧化氫中的氧氣直接被分解而溢散出去，反而降低氧化還原能力。
2. 我們在高中端使用的滴管有精準的裝置，利用齒輪設定刻度，讓我們在測量溶液時可以更有效率地避免誤差。
3. 在高中端使用的分光光度計為標準規格的 UV1800 掃描式分光光度計，使結果更精準。我們以分光光度計觀察到植酸在 452 nm 左右有明顯吸收，但此吸收在 0.2 M 植酸與過錳酸鉀和雙氧水反應完後，都會消失，代表植酸與兩者皆能產生氧化還原反應，只是反應速率差距大，且推測反應所需越過之活化能也大。
4. 取 0.1M 的植酸水溶液 10 毫升與 35% 雙氧水溶液 5 毫升於常溫下反應，無論是否加入硫酸亞鐵作為催化劑，都無法觀察到明顯顏色變化，將反應混合物以借用 IR 儀器檢測，可以得到圖 4-12 之光譜圖。我們發現光譜圖與植酸之原始圖幾乎一致，推測植酸並未氧化。
5. 我們曾經使用 0.2 M 的過錳酸鉀 2 mL 與 0.05 M 的植酸 5 mL 加熱，但是過錳酸鉀過量太多無法全部反應完，而後來生成咖啡色的二氧化錳沉澱，宣告實驗失敗。
6. 我們也曾經使用 0.2 M 的過錳酸鉀 2 mL 與 0.1 M 的植酸 5 mL 加熱，但是過錳酸鉀仍過量，也同樣無法反應完成，整支試管呈現桃紅色，雖沒有產生明顯的過錳酸鉀沉澱，但因其呈現混濁因此宣告實驗失敗。
7. 我們也曾經使用低濃度的過錳酸鉀與高濃度的植酸進行反應，雖然在短時間內有反應，但因為過錳酸鉀濃度太低，造成結果不明顯。

8. 我們使用 0.01 M 的過錳酸鉀 2 mL 與 0.05 M 的植酸 5 mL 加熱，其色在約 7 至 8 分鐘時呈現透明，而後將粗產物進行萃取，並放入借用的 IR 儀器檢測，得到圖 4-13 之光譜圖；將同反應靜置兩天以上，我們觀察到原本透明的溶液變為淡咖啡色（接近稀植酸顏色），再放入 IR 儀器檢測，得到圖 4-14 之光譜圖。透過此光譜圖我們觀察到：

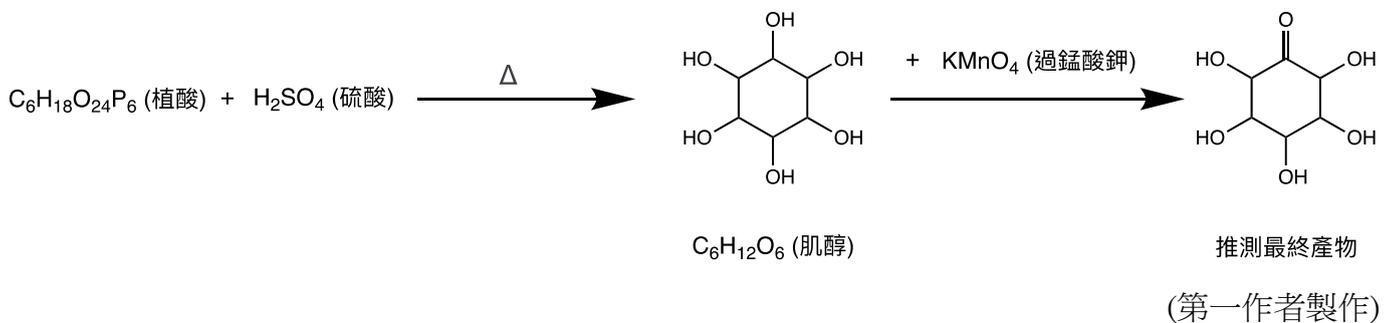
- (1) 在 1715 cm^{-1} 的位置有羰基的訊號，表示植酸在氧化還原反應後，最終產物上有羰基。又因為植酸碳鏈為環狀結構，我們推斷此訊號為酮類。
- (2) 在 3448 cm^{-1} 的位置有羥基的訊號，此訊號雖大於圖上其他峰值，但相對於常見水峰或酸類結構的羥基，此訊號已相對較窄，我們推測此訊號為植酸最終產物上所留下之羥基。
- (3) 以上兩訊號在圖 4-13、圖 4-14 都有出現，不因反應後混合物久放變色而消失。
- (4) 綜合以上三點，我們觀察到植酸氧化還原後的最終產物除了原本的環狀架構外，多出了羰基與羥基，推斷植酸在反應過程中需水解形成肌醇相關結構，並在升溫及適量硫酸幫助下，將水解後的羥基氧化成羰基。由於最終產物的圖譜上仍有羥基，因此我們推測植酸反應後的產物非環己六酮，僅部分羥基在過程中氧化。

		
<p>圖 5-1 肌醇結構 (第一作者製作)</p>	<p>圖 5-2 環己六酮結構 (第一作者製作)</p>	<p>圖 5-3 本實驗推測可能產物 (第一作者製作)</p>

陸、結論與未來展望

一、結論

- (一) 進行植酸的氧化還原反應時，植酸應先加入硫酸，再與過錳酸鉀一起加熱後混合，才能達到最佳反應效果。若改以雙氧水作為氧化劑，則氧化還原反應速度極慢。
- (二) 在植酸的氧化還原反應中，溫度越高、氧化還原反應速度愈快。
- (三) 在植酸的氧化還原反應中，植酸濃度愈大、氧化還原反應速度愈快。
- (四) 在植酸的氧化還原反應中，過錳酸鉀濃度愈小、氧化還原速度愈快。
- (五) 在植酸的氧化還原反應中，硫酸濃度愈大、氧化還原速度愈快。
- (六) 經過簡易實驗測量後，我們發現植酸氧化還原反應的最終產物同時具有羰基與羥基，證實植酸氧化還原反應順利進行且實驗產物與起始物（植酸）已有明顯結構差異。



二、未來展望

- (一) 找出植酸氧化還原反應最適合的催化劑，避免反應高溫進行。
- (二) 探討植酸本身及其衍生物之結構，以提升其還原力。
- (三) 探討植酸在未來的應用價值及植酸與過錳酸鉀氧化還原反應後產物的延伸應用。
- (四) 探究並模擬植酸的氧化還原在植物體內是如何有效率進行的。
- (五) 以其他科學方法或儀器直接確認植酸氧化還原反應中的中間產物。

柒、參考資料

- 一、氧化還原的定義圖 <https://gaifonggailei.wixsite.com/watersmartclub/single-post/2016/08/01/%E4%BB%80%E9%BA%BC%E6%98%AF%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%82%84%E5%8E%9F%E9%9B%BB%E4%BD%8D>
- 二、鄭合晟、陳柏勳、張得勤。豆科植物萃取物之應用與探討。中華民國第 62 屆中小學科學展覽會。
- 三、彭晨睿、江俊磊、陳思果。薈「植藍」新——萃集植酸作為藍瓶實驗新的還原劑。中華民國第 61 屆中小學科學展覽會。
- 四、顏睿靚、薛卉榆、洪翊翔、李胤揚、丁品綸。物「糙」所「植」~探討糙米植酸的作用及自製糙植凝膠。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會。
- 五、戴彤倩、陳姿瑜、黃筱筑。小”豆”士化身大”銀”家—天然還原劑大解密。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會。
- 六、王成功、謝元暢、陳滢竹。疾奔的草錳—草酸與過錳酸鉀的催化反應速度。中華民國第 50 屆中小學科學展覽會。
- 七、郭晉銓、譚丞晏、黃瑞宏、吳佳馨。看看誰最「錳」。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會。
- 八、植酸 農業知識入口網
https://kmweb.moa.gov.tw/theme_data.php?theme=pedia&sub_theme=km&id=2423
- 九、比爾定律與吸收度的定義 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=40839>
- 十、什麼魚(2020)可見分光光度計及使用方法及步驟 <https://reurl.cc/jq3Kmy>
- 十一、IR / FTIR 樣品處理及測定。取自 <http://www.analab.com.tw/upload/adlist/201611/R002~R012.pdf>
- 十二、傅立葉轉換紅外線光譜儀分析原理，取自 <https://reurl.cc/VNdL8Q>
- 十三、植酸水溶液藥廠提供 IR 數據，取自 <https://www.sigmaaldrich.com/TW/en/product/aldrich/593648>

【評語】 030203

植酸氧化是一個有趣的問題，然而，對於氧化的個數似乎沒有足夠的實驗數據來歸納是單一氧化，應該可以做更深入的研究。

1. 植酸水溶液除從純試劑製備，可從植物萃取並比較與製備試劑的差異。
2. 相較以黃豆水泡出的植酸溶液可在常溫下進行氧化還原反應，本研究中純植酸溶液需提高溫度才見明顯變化。可討論兩者之差異。

作品簡報

植酸的氧化還原之探討

摘要

本研究以植酸為研究標的，探討植酸的氧化還原反應。實驗利用過錳酸鉀作為氧化劑加入硫酸和植酸，使過錳酸鉀由暗紫色轉為無色。無色過錳酸鉀顯示植酸能在硫酸作用下發生氧化還原反應。這次實驗可分成三個部分，第一部份檢測植酸和過錳酸鉀發生氧化還原的反應條件；第二部分利用分光光度計測量反應中過錳酸鉀的吸光度，以其數值判斷反應時間，再以分光光度計測量固定時間內過錳酸鉀的變化量（透明度），藉此進一步探討植酸與過錳酸鉀和硫酸在不同情況下的反應情形；第三部分深入探討過錳酸鉀與植酸反應的中間產物與可能生成物為何。

壹、研究動機

在校內學長姊的獨立研究發表會中，我們初次認識「植酸」，知道植酸是由豆類植物上萃取出來的化學成分，又稱肌醇六磷酸，目前有關它的研究及資料相對稀少，只知道它是一種酸性物質且在植物體內存在。我們很好奇植酸有什麼特性，因此決定進行相關的研究。在初期進行植酸實驗時，我們發現植酸性質安定，不容易與其他物質產生反應。恰巧國二課程內容有討論到物質的氧化還原反應與化學反應速率測定，因此我們拿出植酸與氧化劑進行反應，想嘗試讓植酸進行氧化反應，同步了解其此反應之反應速率快慢與特色。在多次嘗試後我們終於成功讓植酸進行氧化反應，並開始針對此主題展開深入的研究。

貳、研究目的

- (一) 探討植酸氧化還原的條件
- (二) 探討過錳酸鉀與植酸在不同溫度下的氧化還原反應速率
- (三) 探討過錳酸鉀對不同濃度的植酸的氧化還原反應速率
- (四) 探討不同濃度的過錳酸鉀對植酸的氧化還原反應速率
- (五) 探討過錳酸鉀與植酸在不同濃度的硫酸下的氧化還原反應速率
- (六) 探討植酸氧化還原反應過程中的中間產物與可能生成物

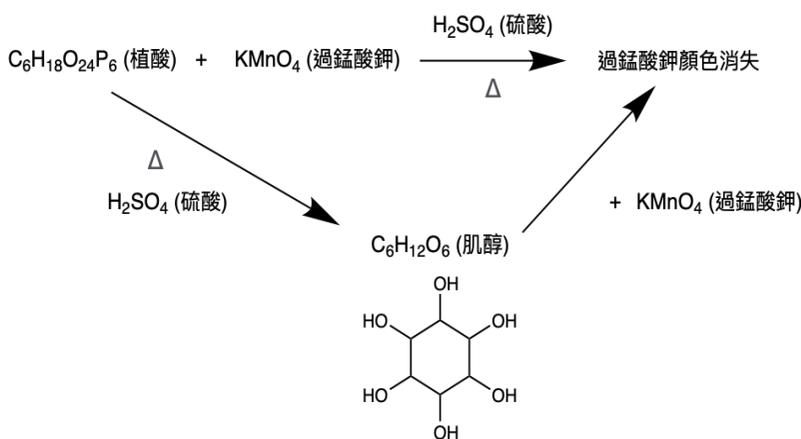
參、研究設備及器材：(略)

肆、研究過程及方法：

一、研究架構



二、過錳酸鉀變色的原理



三、紅外線光譜儀的測量原理與實驗步驟

(一) 紅外線光譜儀的測量原理

我們利用紅外線光譜儀檢測植酸氧化還原後的產物。其原理是由紅外線燈源發射出紅外線，紅外線穿越樣品後，部分波長的紅外線會被吸收，未被吸收掉的紅外線穿過樣品，抵達偵測器，最後藉由電腦軟體轉換成紅外線吸收光譜，將此吸收光譜拿去比對後，即可預測目標產物有哪些官能基，並鑑定未知產物的可能結構。

(二) 紅外線光譜儀的使用步驟：

1. 開機並將參數設定好，量測範圍為 400cm^{-1} 到 4000cm^{-1} 之波數。
2. 將待測物置於已提前準備好的 KBr 鹽片上並進行測量。
3. 分析實驗數據確認是否有特殊之官能基可以作為產物判斷依據。

四、測量方法及裝置

分光光度計 實驗步驟

1. 開機連接平板
2. 將波長設為過錳酸鉀主要吸收峰 495nm
3. 先用 RO 水使分光光度計歸零
4. 利用滴管將樣品由加熱的試管吸出至檢測管內
5. 將檢測管置入儀器並蓋上蓋子
6. 在前步驟完成計時一分鐘時測量初始數值
7. 每 30 秒測量一次數值，測量約半小時

五、植酸氧化還原實驗步驟：

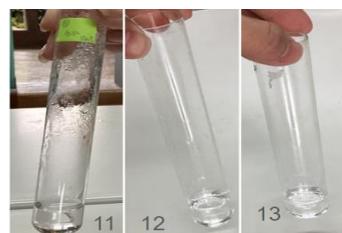
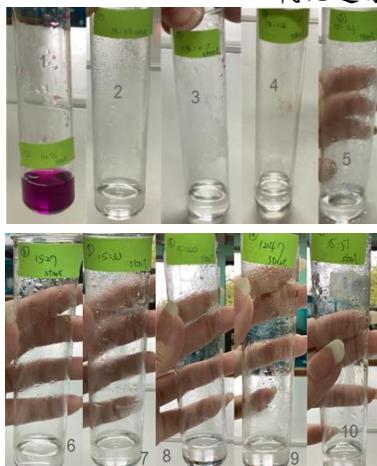
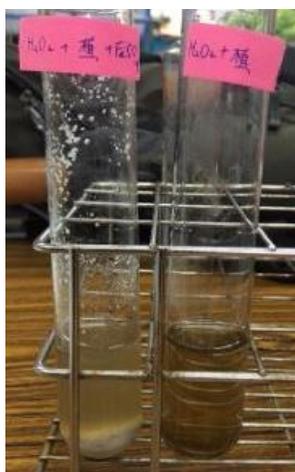
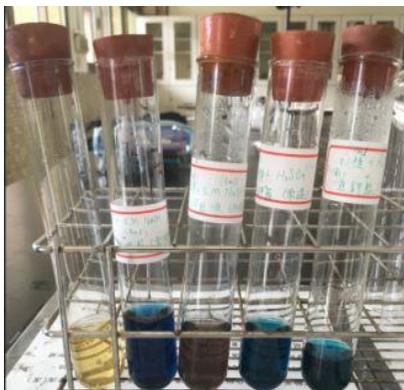
1. 使用三腳架及酒精燈加熱燒杯中的水至不同溫度。
2. 使溫度到達穩定後，加入裝著濃硫酸和植酸的試管加熱 30 秒。
3. 30 秒過後再加入裝有 2 mL 過錳酸鉀的試管
4. 同時把濃硫酸由試管中取出，加 10 滴至裝有 0.05M 植酸的試管中。
5. 30 秒過後將裝有 0.01M 過錳酸鉀的試管加入裝有植酸和硫酸的試管中均勻混合，取一部分的液體至小塑膠管中，放入分光光度計中，每 30 秒紀錄一次持續半小時。
6. 同時讓試管繼續加熱，溫度過高或過低即移開或移入酒精燈，保持一定溫度，並記錄。
7. 以肉眼觀察完全褪色後紀錄所需時間（以上步驟改變燒杯溫度重複實驗五次）。

$$\text{吸收度 (A)} = \text{吸收係數 } (\alpha) \times \text{光路徑長 (l)} \times \text{濃度 (c)}$$

伍、研究結果

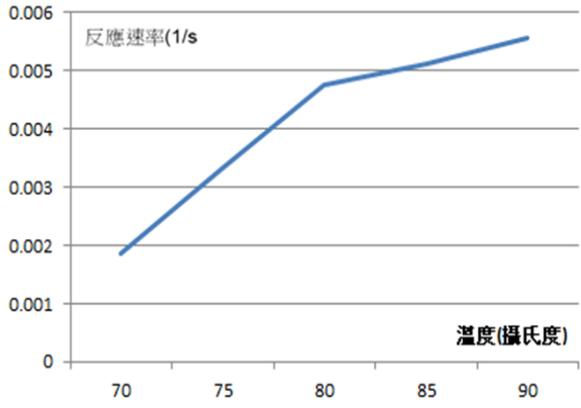
一、探討植酸氧化還原的條件

- (一) 植酸的藍瓶實驗： (二) 植酸與雙氧水的氧化還原條件 (三) 探討過錳酸鉀與植酸在各種加熱順序下的氧化還原反應速率
- 文獻再現性討論

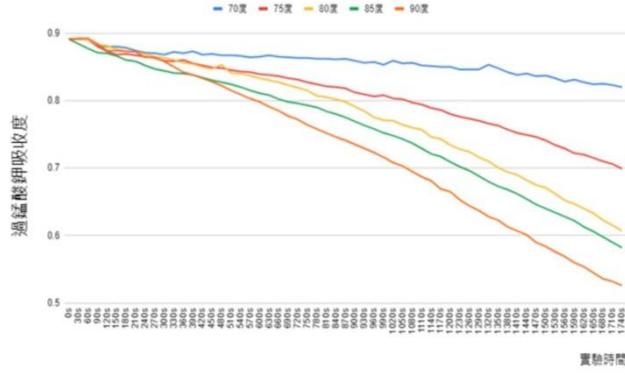


二、探討過錳酸鉀與植酸在不同溫度下的氧化還原反應速率

不同溫度造成植酸與過錳酸鉀反應速率差異變化圖



不同溫度下過錳酸鉀與植酸反應時間圖



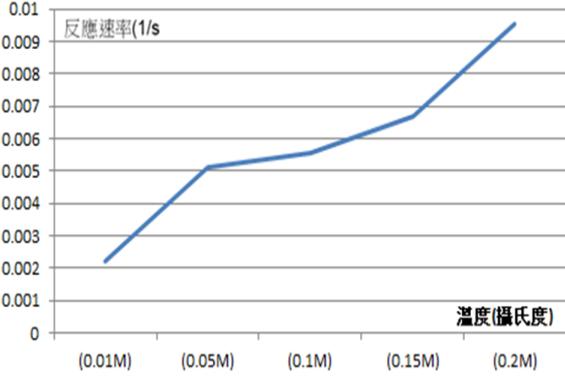
0.01莫耳過錳酸鉀2毫升與0.1莫耳植酸5毫升的氧化還原反應速率變化圖



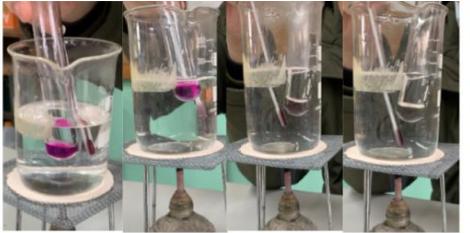
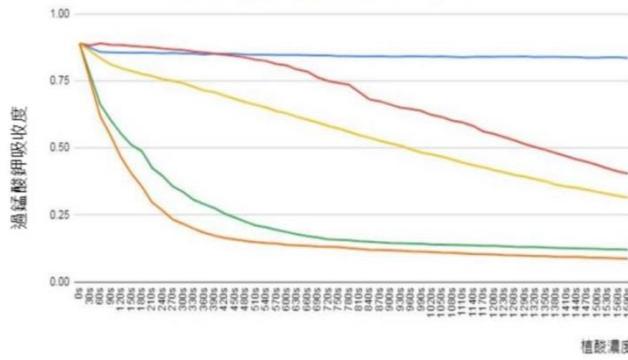
不同濃度過錳酸鉀2毫升與0.05莫耳植酸5ml氧化還原反應速率變化圖

三、探討過錳酸鉀對不同濃度的植酸的氧化還原反應速率

不同濃度的植酸對過錳酸鉀反應速率差異變化圖



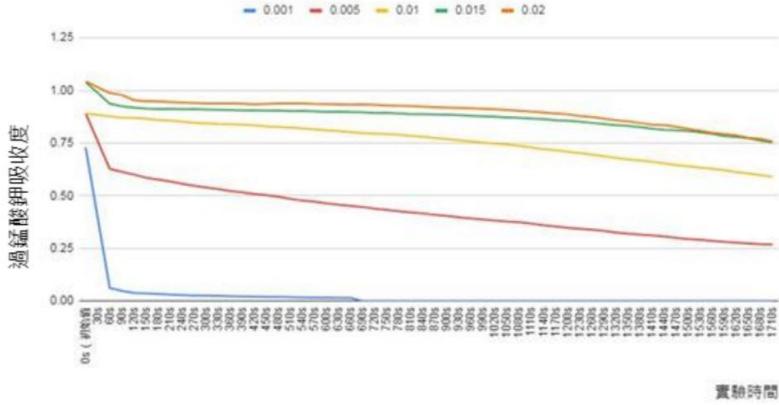
過錳酸鉀對不同濃度植酸反應時間圖



濃硫酸添加量對0.005過錳酸鉀2毫升與0.05植酸5毫升的氧化還原反應速率變化圖

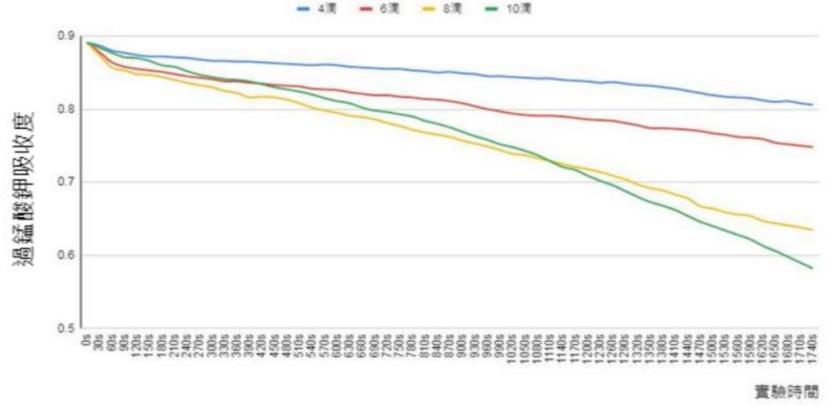
四、探討不同濃度的過錳酸鉀對植酸的氧化還原反應速率

不同濃度過錳酸鉀和植酸反應時間圖



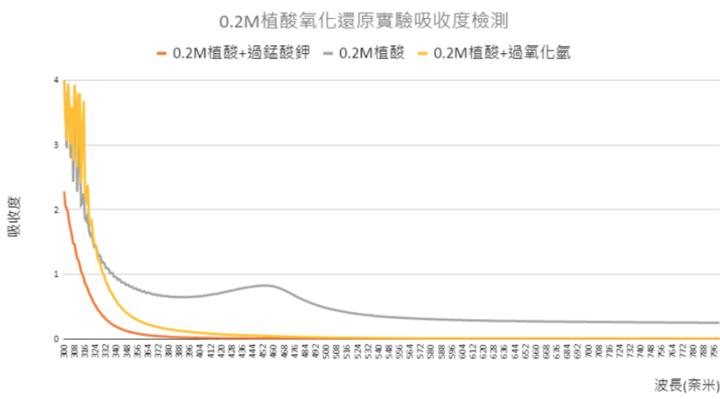
五、探討過錳酸鉀與植酸在不同滴數的硫酸下的氧化還原反應速率

不同硫酸滴數與過錳酸鉀和植酸反應時間圖

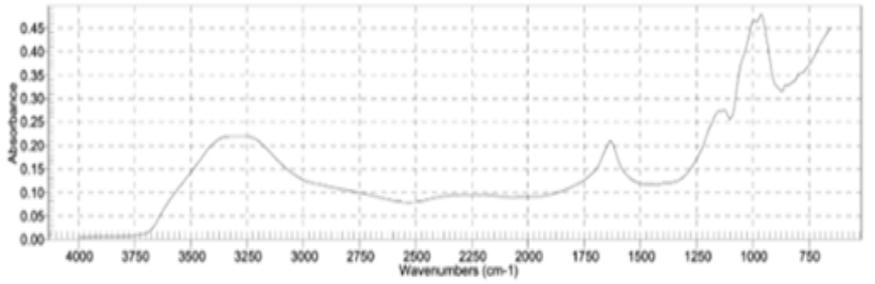


六、探討植酸氧化還原反應過程中的中間產物與可能生成物

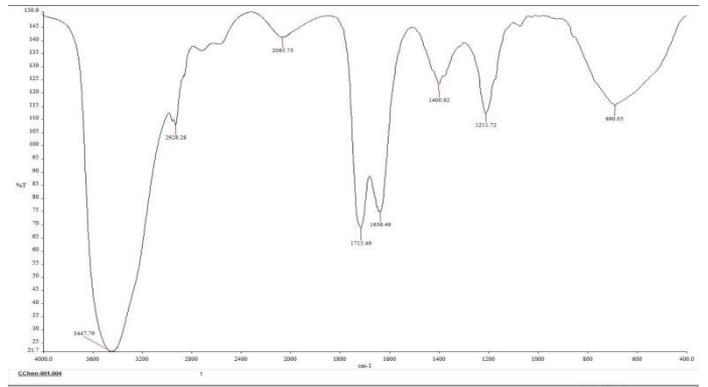
0.2M 植酸氧化還原吸收度檢測圖



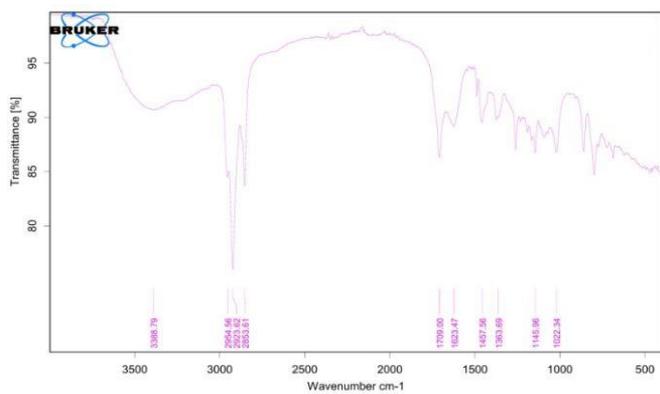
藥廠公開之植酸水溶液藥品 IR 光譜圖 (ATR-IR) ¹



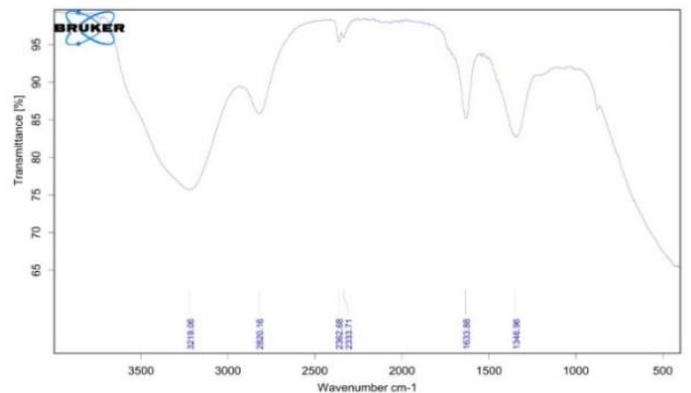
植酸與過錳酸鉀溶液氧化還原反應後最終產物檢測



植酸與過錳酸鉀溶液反應再靜置兩天後之最後產物檢測



植酸與雙氧水溶液在硫酸亞鐵的催化下，進行氧化還原反應的最終產物檢測



陸、討論

一、初步實驗討論

過去的研究探討植酸相關性質時，以黃豆水泡出的植酸溶液可輕易進行氧化還原反應。然而在本研究的實驗中，我們發現要將植酸氧化還原是需高溫和環境，還需加入高濃度的硫酸及過錳酸鉀，才能使過錳酸鉀在一定時間內褪色，使氧化還原反應順利進行。

在高中端借分光光度計進行實驗時，我們有嘗試將過錳酸鉀替換成過氧化氫進行實驗，發現過氧化氫的反應速率比過錳酸鉀慢得多，且看不出顏色變化。以同樣方法加熱過氧化氫後，過氧化氫也會因高溫不穩定，降低了氧化力。若植酸改與過錳酸鉀反應，在硫酸催化下氧化還原能在加熱後順利進行，藉由實驗儀器與自動數據偵測，我們能做出褪色率與反應時間的關係圖。在查詢植酸相關資料時，我們發現大部分文獻都顯示植酸為一種弱酸，但我們利用 pH 計檢測發現植酸 pH 值在各式濃度下範圍落在 0.5-3.0 間。

整體實驗說明一：使用三腳架及酒精燈加熱燒杯至 85 度，至 85 度後考慮到加入試管後會因為熱平衡使水溫下降，因此加熱到 85 度再高出 2 度。

整體實驗說明二：我們先以溫度作為變因操作實驗。發現溫度愈高實驗速度愈快，但考慮到加熱時間會太長，因此設定加熱溫度為八十五度。

整體實驗說明三：考慮到過錳酸鉀若加熱太久，本身會先氧化一定程度，因此加熱時間不宜太久，因此只加熱三十秒。

整體實驗說明四：我們使用的硫酸及過錳酸鉀皆是同一瓶實驗藥品，植酸皆在同一時間配置及調製，並將其他會影響實驗的因素變化控制最低。

我們曾用各式方法檢測植酸的特性，利用鉛塊、鋁塊等檢測植酸是否具備向鹽酸一樣有去鏽的功能，但是實驗沒有成功；接著我們嘗試用碘化鉛等化學藥品再次測試植酸的整合能力，但是實驗數據並不理想。最後想到氧化還原這個化學反應，我們想測試植酸的還原能力如何，一開始的實驗是利用過錳酸鉀加上植酸反應，但是過了 20 分鐘也沒有明顯變化，而後嘗試調整它的 pH 值，但是無論是加上氫氧化鈉或是硫酸以及鹽酸，就算做了一節課還是依舊無動於衷，後來也有考慮試用其他氧化劑，但是考慮到雙氧水是透明的，不方便觀察所以也不行，就當我們要放棄的時候，老師想到有可能只是速度上面的問題，不是不反應，最後我們決定從溫度方面去做一個加熱的動作，雖然速度慢，但是最後成功讓植酸與過錳酸鉀反應。

二、實驗討論

實驗 1：探討植酸氧化還原的條件

1. 植酸的藍瓶實驗再現性討論

過去文獻以泡製黃豆取得含植酸的黃豆水，取代葡萄糖進行藍瓶實驗。

然而本實驗改以藥品級 50%植酸水溶液進行反應，發現無法進行。

以購買的植酸進行實驗，在鹼性環境且加熱至 70°C 以上，反應才進行。

將氫氧化鈉水改為鹽酸後，無論是否加熱都無法使反應順利進行。

3. 探討過錳酸鉀與植酸在不同溫度下的氧化還原反應速率

(1) 第十三組的實驗速度最快，

因此我們使用實驗十三的方法去進行接下來的實驗。

(2) 由實驗一和實驗二可以發現，

反應時是否加熱為影響實驗速度甚多，相差兩天餘。

(3) 由實驗二和實驗三可以發現，

先加硫酸和植酸，再加過錳酸鉀會使實驗速率略為加快。

(4) 由實驗四和實驗五可以發現，

在三者都有加熱的情況下，硫酸單獨加熱再混合會使速度加快。

(5) 由實驗六和實驗七及實驗八可以得知，

植酸與硫酸先加熱再加入過錳酸鉀反應速度較快。

(6) 由實驗六和實驗九可以得知，

過錳酸鉀加熱有助於反應速度的加快。

(7) 由實驗十二可以得知，

就算過程不加硫酸仍能反應，只是時間所需較長。

(8) 由實驗六和實驗十可以發現，

再過錳酸鉀同樣不加熱的情況下，植酸和硫酸先混合速度較快。

(9) 由實驗九和實驗十一可以發現，

再過錳酸鉀同樣加熱的情況下，植酸和硫酸先混合速度較快。

(10) 由實驗一和實驗十二可以得知，

同樣不加溫的情況，硫酸的加入有助於反應速度的加快。

實驗 4：探討植酸對不同濃度的過錳酸鉀的氧化還原反應速率

1. 實驗結果 0.001M 的過錳酸鉀褪色速度最快，

於一分鐘後就接近無色，變化在一分鐘後微乎其微，其值接近 0。

2. 五倍之濃度的過錳酸鉀(0.005)呈現線型變化，坡度稍緩。

3. 0.01M 過錳酸鉀的坡度較 0.005M 的過錳酸鉀緩慢許多。

4. 0.015M 及 0.02M 略為下降且 0.015M 較 0.02M 的過錳酸鉀值小。

5. 由於過錳酸鉀濃度採 0.005 為基準，大於其濃度的數值較多，並以

0.005 為一個單位由 0.005 向上遞增，實驗變化不太明顯。

6. 觀察燒杯中持續加熱的試管可發現，濃度愈小變化數值愈快。

實驗 6：步驟討論與結果

1. 在高中端進行實驗的時候，有考慮到或許過氧化氫需要更高溫的環境才能使其與植酸反應，但我們雖然有使用加熱面板來更全面加熱燒杯，但是雖然整體溫度加高，但卻造成過氧化氫中的氧氣直接被分解而溢散出去，反而降低氧化還原能力。

2. 我們在高中端使用的滴管有精準的裝置，利用齒輪設定刻度，讓我們在測量溶液時可以更有效率地避免誤差。

3. 在高中端使用的分光光度計為標準規格的 UV1800 掃描式分光光度計，使結果更精準。我們以分光光度計觀察到植酸在 452 nm 左右有明顯吸收，但此吸收在 0.2 M 植酸與過錳酸鉀和雙氧水反應完後，都會消失，代表植酸與兩者皆能產生氧化還原反應，只是反應速率差距大，且推測反應所需越過之活化能也大。

4. 我們曾用 0.2 莫耳的過錳酸鉀 2 ml 與 0.05 莫耳的植酸 5 ml 加熱，但是過錳酸鉀太多無法全部反應，生成咖啡色的二氧化錳沉澱，不如預期。

5. 我們曾經使用 0.2 莫耳的過錳酸鉀 2 ml 與 0.1 莫耳的植酸 5 ml 加熱，但是過錳酸鉀仍過量，也同樣無法反應完成，整支試管呈現桃紅色，雖沒有產生明顯的過錳酸鉀沉澱，但因其呈現混濁，不如預期。

6. 我們也曾經使用低濃度的過錳酸鉀與高濃度的植酸進行反應，雖然在短時間內有反應，但因為過錳酸鉀濃度太低，造成結果不明顯。

7. 我們使用 0.01 M 的過錳酸鉀 2 ml 與 0.05 M 的植酸 5 ml 加熱，其色在約 7 至 8 分鐘時呈現透明，而後將粗產物進行萃取，並放入借用的 IR 儀器檢測，得到光譜圖；將同一反應靜置兩天以上，我們觀察到原本透明的溶液變為淡咖啡色（接近稀植酸顏色），再放入 IR 儀器檢測，得到光譜圖。透過此光譜圖我們觀察到：

(1) 在 1715 cm⁻¹ 的位置有羰基的訊號，表示植酸在氧化還原反應後，最終產物上有羰基。又因植酸碳鏈為環狀結構，我們推斷此訊號為酮類。

(2) 在 3448 cm⁻¹ 的位置有羥基的訊號，此訊號雖大於圖上其他峰值，但相對於常見水峰或酸類結構的羥基，此訊號已相對較窄，我們推測此訊號為植酸最終產物上所留下之羥基。

(3) 以上兩訊號不因反應後混合物久放變色而消失。

綜合以上三點，我們觀察到植酸氧化還原後的最終產物除了原本的環狀結構外，多出了羰基與羥基，推斷植酸在反應過程中需水解形成肌醇相關結構，並在升溫及適量硫酸幫助下，將水解後的羥基氧化成羰基。由於最終產物的圖譜上仍有羥基，因此我們推測植酸反應後的產物非環己六酮，僅部分羥基在過程中氧化。

柒、結論

一、進行植酸的氧化還原反應時，植酸應先加入硫酸，再與過錳酸鉀一起加熱後混合，

才能達到最佳反應效果。若改以雙氧水作為氧化劑，則氧化還原反應速度極慢。

二、在植酸的氧化還原反應中，溫度越高、氧化還原反應速度愈快。

三、在植酸的氧化還原反應中，植酸濃度愈大、氧化還原反應速度愈快。

四、在植酸的氧化還原反應中，過錳酸鉀濃度愈小、氧化還原速度愈快。

五、在植酸的氧化還原反應中，硫酸濃度愈大、氧化還原速度愈快。

六、經過簡易實驗測量後，我們發現植酸氧化還原反應的最終產物同時

具有羰基與羥基，證實植酸氧化還原反應順利進行且實驗產物與起始物（植酸）已有明顯結構差異。

捌、未來展望

(一) 找出植酸氧化還原反應最適合的催化劑，避免反應高溫進行。

(二) 探討植酸本身及其衍生物之結構，以提升其還原力。

(三) 探討植酸在未來的應用價值及植酸與過錳酸鉀氧化還原反應後產物的延伸應用。

(四) 探究並模擬植酸的氧化還原在植物體內是如何有效率進行的。

(五) 以其他科學方法或儀器直接確認植酸氧化還原反應中的中間產物。

玖、參考資料：(略)

1. 藥廠公開之植酸水溶液藥品 IR 光譜圖 (ATR-IR) <https://www.sigmaaldrich.com/TW/en/product/aldrich/593648>

2. 植酸與雙氧水的氧化還原反應探討

植酸與雙氧水進行氧化還原反應的速度極慢且顏色不易觀察。

添加硫酸亞鐵作為植酸氧化還原的催化劑，只會加速雙氧水的分解反應，無法幫助植酸進行氧化。

實驗 2：探討過錳酸鉀與植酸在不同溫度下的氧化還原反應速率

1. 實驗結果為 70°C 褪色速度最慢，其褪色率變化量不到 0.1。

2. 75 度呈現線型變化，出現一定程度數字的略為下降，坡度稍陡。

3. 80 度的坡度較 75 度的植酸陡，較 75 度的植酸最終數值差 0.125

4. 85°C 與 80°C 的變化十分相近，其褪色率值在最終接近 0.625

5. 90°C 較 85°C 的快，坡度變化也更明顯，其褪色率值仍沒有超過 0.5

6. 由於無法升高太多溫度且溫度太低沒有明顯變化，因此以五度為

一個單位由 70 度向上遞增，實驗結果於硫酸相同，變化小。

7. 觀察燒杯中持續加熱的試管可發現，同樣溫度愈大變化數值愈快。

實驗 3：探討過錳酸鉀對不同濃度的植酸的氧化還原反應速率

1. 0.01M 的過錳酸鉀褪色速度最慢，其褪色率變化量不到 0.1。

2. 0.05M 的植酸呈線型變化，且出現一定程度的下降，坡度稍陡。

3. 0.1M 植酸的坡度較上個實驗陡，且較 0.05M 的植酸數值相差 0.25。

4. 0.15M 及 0.2M 的植酸變化十分相近，其褪色率值在最終接近 0.1

5. 0.15M 較 0.2M 的植酸慢，0.15M 於 7 分鐘後接近水平變化，而 0.2M

的植酸於四分鐘後呈現水平變化，兩者接近透明。

6. 我們植酸濃度採 0.05 為基準，大於其濃度的數值較多

並以 0.05 為一個單位由 0.05 向上遞增，實驗結果變化十分明顯。

7. 觀察燒杯持續加熱的試管可以發現，同樣濃度愈大變化數值愈快。

實驗 5：探討過錳酸鉀與植酸在不同滴數的硫酸下的氧化還原反應速率

1. 實驗結果四滴的硫酸幾乎呈水平變化，但是仍有一些數字的下降。

2. 六滴的硫酸是線型變化且出現略為程度數字的下降。

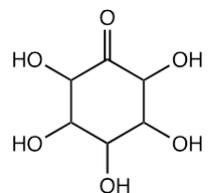
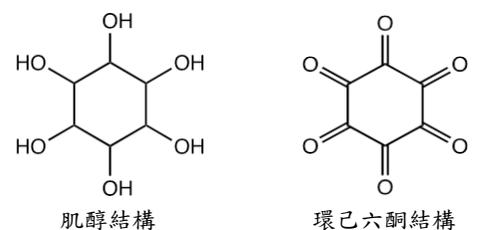
3. 八滴硫酸的坡度較六滴的硫酸陡，且八滴與十滴的=變化十分相近。

4. 十滴坡度變化稍陡峭，其褪色率值接近 0.75，且八滴較十滴的慢。

5. 由於是以硫酸的濃度作為變因，為了加快實驗，硫酸含量不能太少，

考慮太多硫酸會使實驗環境酸鹼度過酸，因此由十滴往下遞減。

6. 觀察燒杯中持續加熱的試管可以發現，濃度愈大變化數值愈快。



(以上圖片均由第一、二作者共同拍攝及製作)