

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

佳作

080212

據理「力」爭

學校名稱：臺中縣太平市東平國民小學

作者：	指導老師：
小六 王騰緯	林淑芳
小六 洪嘉緯	林憶汝
小五 陳冠穎	
小五 黃筱惠	
小五 王駿騰	
小五 張晉綸	

關鍵詞：維生素 C、氧化與還原、防鏽與除鏽

摘要

本研究在認識維生素 C 的抗氧化性，探討有哪些因素會破壞其還原力，以及如何作生活應用。我們利用碘滴定法檢測維生素 C 的還原力，先探討會影響維生素 C 的變因，再利用維生素 C 還原鐵離子的反應，研究如何防止鐵生鏽與去除鐵鏽。

研究發現：(1) 維生素 C 會因氧化而使還原力衰退。(2) 短波的光、高溫與強鹼溶液對維生素 C 還原力的影響較大。(3) 維生素 C 易氧化且會還原鐵離子，所以能阻止鐵離子與氧結合，達到防鏽效果；也能還原鐵鏽中的鐵離子，使鐵鏽消失；且維生素 C 濃度越高、量越多，除鏽效能越強，效果越佳。(4) 維生素 C 與鐵及鐵鏽反應時皆會產生氫氣，前者反應速率較慢，但是實驗產生的氫氣量約後者的 2 倍。

壹、研究動機

有一天，看到新聞報導提到：「維生素 C 的抗氧化性能增強我們身體的抵抗力」；除此外，連媽媽的保養品也都強調因富含維生素 C，可以抗老化與美白皮膚。我們實在很好奇，維生素 C 這令人稱奇的功能究竟是什麼？有什麼因素會影響或破壞它的功能嗎？

貳、研究問題

- 一、檢測維生素 C 的還原力
- 二、探討「氧」對維生素 C 還原力的影響
- 三、探討「光」對維生素 C 還原力的影響
- 四、探討「熱」對維生素 C 還原力的影響
- 五、探討「酸鹼溶液」對維生素 C 還原力的影響
- 六、研究如何利用維生素 C 的還原力，作防鏽與除鏽之生活應用

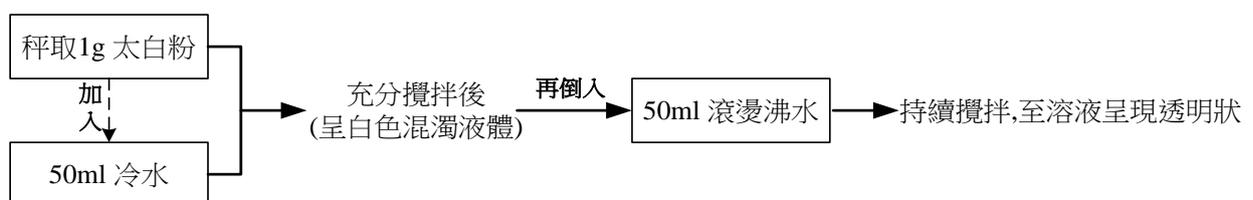
參、研究器材

一、器具

玻棒、培養皿、漏斗、濾紙、燒杯、量筒、錐形瓶、試管、電子秤、微量注射器、冰箱、浸入式電熱水器、電子溫度計、pH 測定計、LED 燈(紅、黃、綠及藍光)、紫外線燈、紅外線燈、鋼棉、迴紋針、保麗龍杯。

二、材料—溶液配製

(一) 澱粉液：

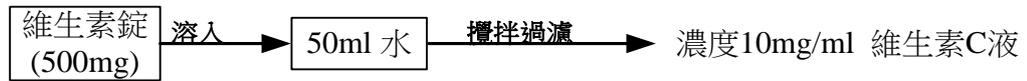


(二) 碘液：

1. 濃度0.1M碘液：直接取學校檢驗澱粉實驗用的瓶裝碘溶液，不加水稀釋。
2. 濃度0.05 M碘液：以碘液：水=1：1的等比例方式，加水稀釋0.1 M碘液。

(三) 維生素 C 溶液：

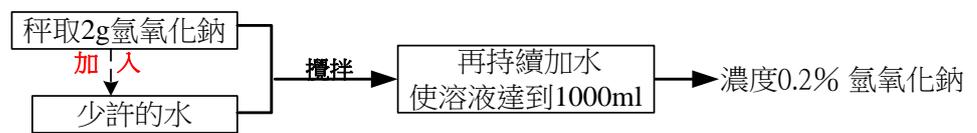
1. 購買市售之維生素C錠，根據包裝之標示，每一錠的維生素C含量是500mg。
2. 我們實驗的維生素C標準液的濃度為10mg/ml。



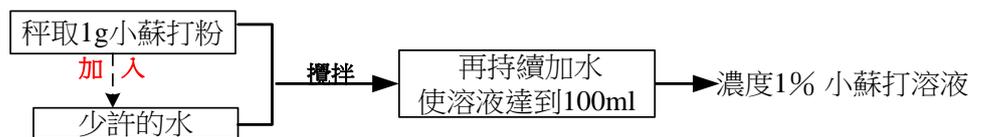
3. 在研究一、二和六中，因應實驗目的加不同水量調配不同濃度的維生素C溶液。

一顆維生素C錠溶入不同水量中						
水量(ml)	20	50	60	70	80	90
濃度(mg/ml)	25.0	10.0	8.3	7.1	6.3	5.6

(四) 氫氧化鈉溶液：



(五) 小蘇打溶液：



肆、研究設計

一、研究架構

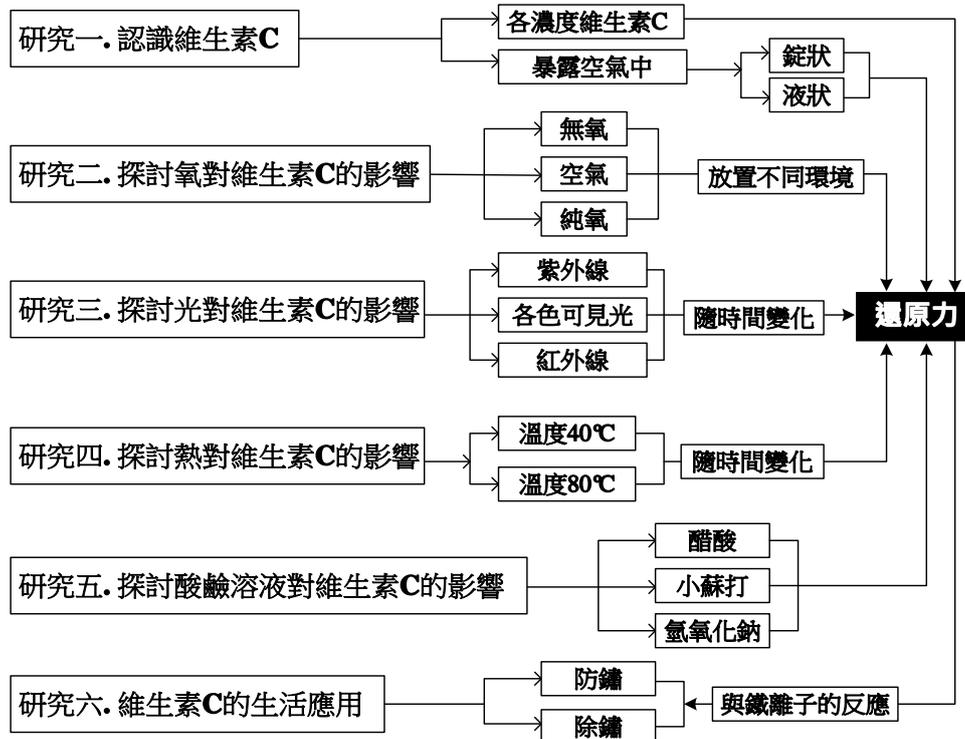


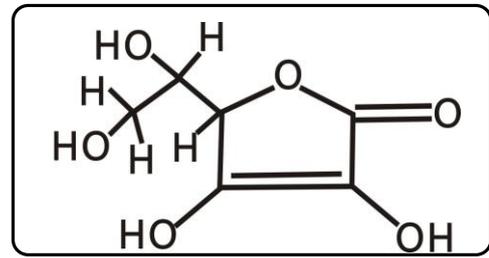
圖1：研究架構圖

二、文獻探討

(一) 維生素 C

我們從蒐集的資料中知道：

維生素C是種水溶性的維生素，稱為「抗壞血酸」，有很強的抗氧化性；因維生素C容易氧化，讓別的物质還原，所以它的抗氧化性也被稱為具有強「還原力」。

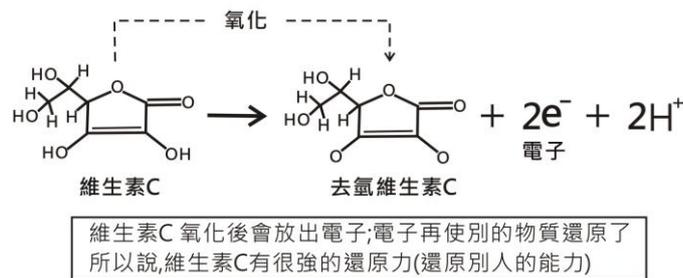


維生素C的分子結構圖

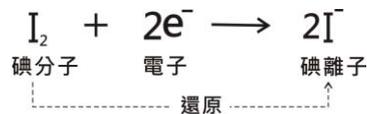
(二) 氧化與還原

自然課提到「鐵生鏽」是一種「鐵跟氧結合產生氧化鐵」的氧化現象。經過閱讀資料後，我們發現有更廣義的「氧化」定義，是用「電子移轉」的觀念解釋，並且會跟另一種稱為「還原」現象同時發生；稱為「氧化還原反應」。用這樣的解釋，我們就能了解維生素C的還原力是什麼意思：

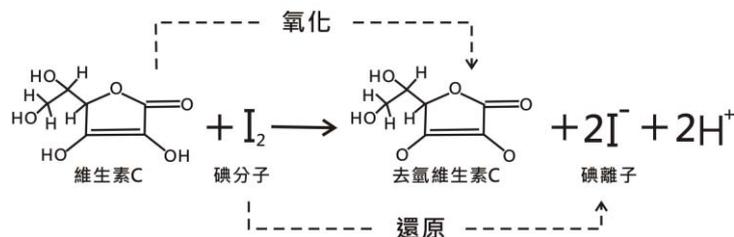
1. 維生素C易氧化，放出電子。



2. 維生素C放出的電子會使別的物质還原(舉例:碘)。



3. 因此維生素C和碘混合時，「維生素C」氧化成「去氫維生素C」，而「碘」還原成「碘離子」；如果能知道有多少碘被還原，就能知道維生素的還原力有多強囉！



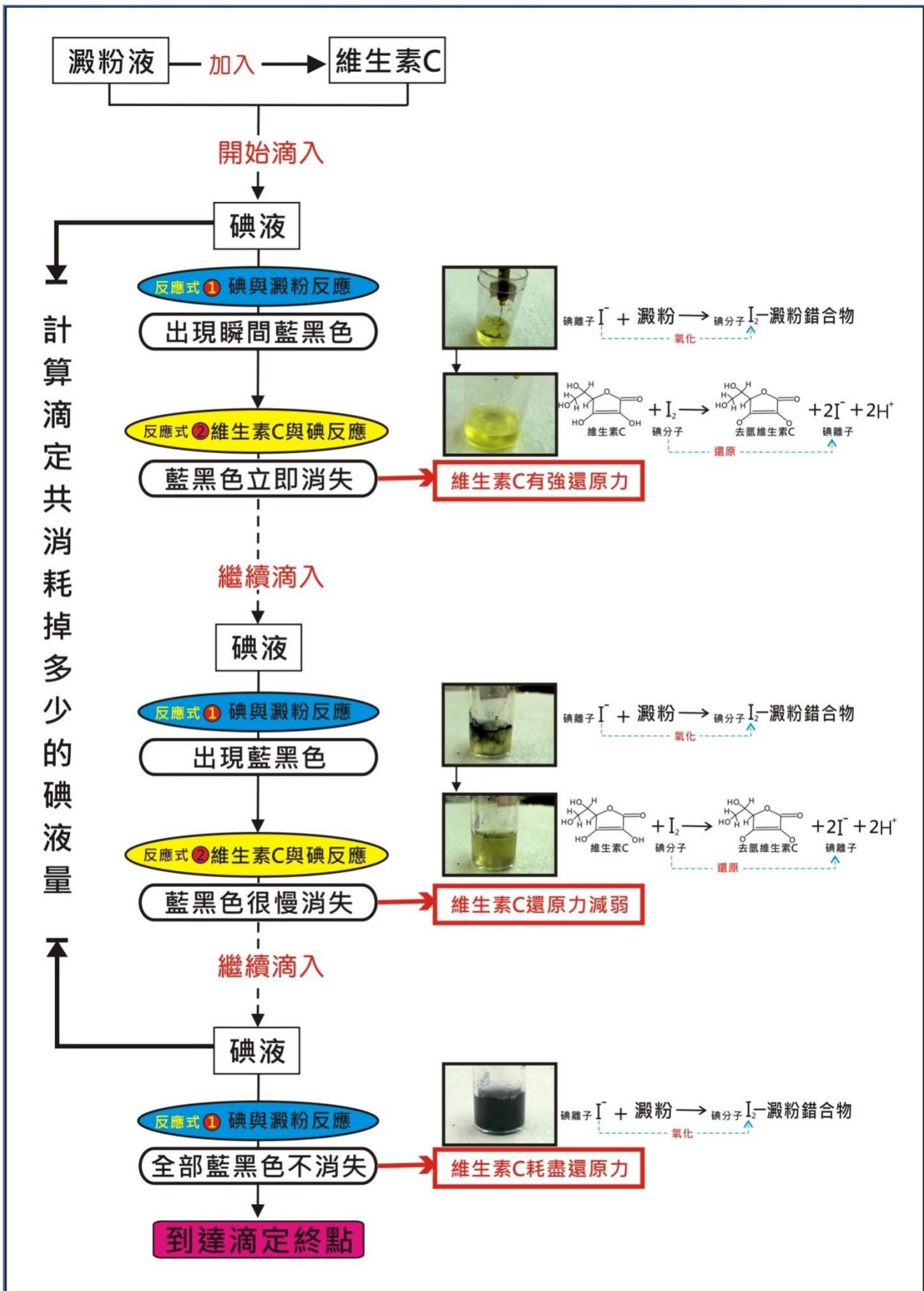
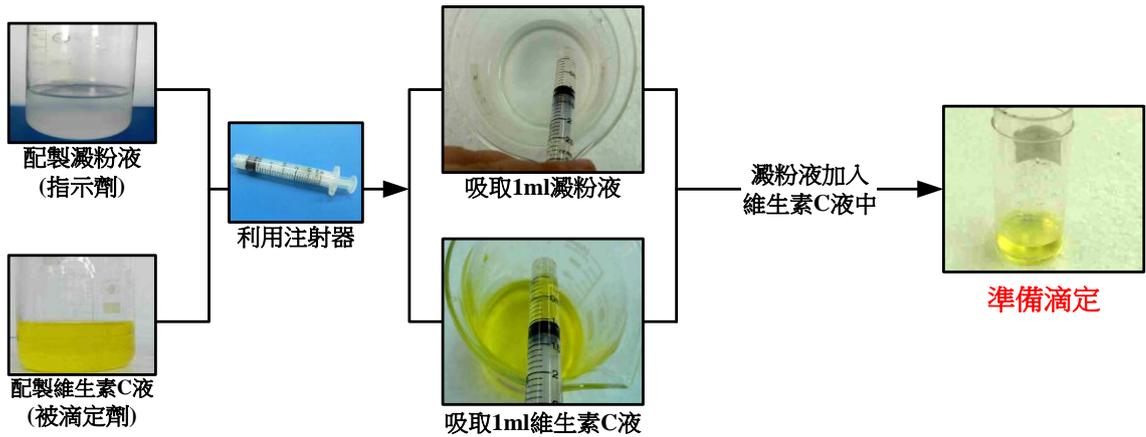


圖2 :碘滴定法原理圖解

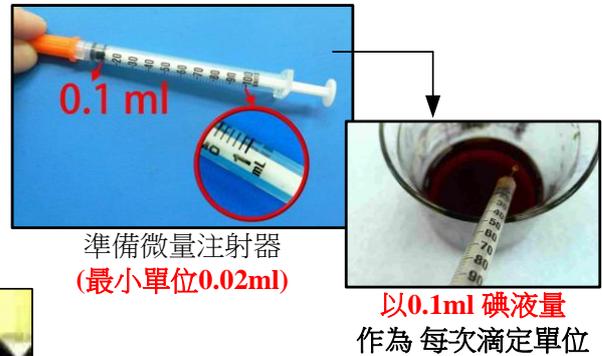
(二) 方法

1. 滴定前準備



2. 滴定方式

- (1) 利用「微量注射器」當作滴定工具，微量吸取碘液(滴定劑)。
- (2) 每一次的滴定量固定為0.1ml。
- (3) 一邊滴定一邊記錄，直到滴定終點，再計算總共消耗多少碘液量。



3. 記錄方式

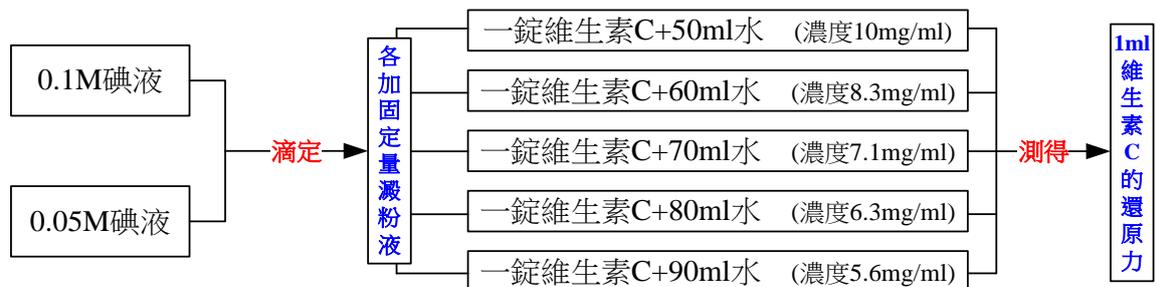
滴定與記錄方式	記錄滴定觀察結果之符號說明		
	×	○	●
我們採取「逐滴記錄」的方式，記錄每一滴碘液滴定後的情形。 每一次的實驗都是滴定三次，再取平均值。	<p>液體中立刻出現「藍黑色」，又瞬間自動消失。</p> <p>代表: 維生素C還原力很強</p>	<p>液體中的「藍黑色」不會自動消失，經過搖晃後，才會消失一些。</p> <p>代表: 維生素C還原力減弱</p>	<p>液體全變成「藍黑色」且不透光，代表到達滴定終點。</p> <p>代表: 維生素C還原力耗盡</p>

伍、研究過程、結果及討論

研究一 檢測維生素C的還原力

一、實驗檢測各濃度維生素 C 的還原力

(一) 過程



(二) 結果與討論

1. 滴定結果紀錄表

表1:以0.1M碘液的滴定結果

		維生素C濃度				
		固定維生素C量(500mg) 加不同的水量(ml)				
		50ml	60ml	70ml	80ml	90ml
0.1M 碘液 滴定量 (ml)	0.1	×	×	×	×	○
	0.2	×	×	×	×	○
	0.3	×	×	×	×	○
	0.4	×	×	×	○	○
	0.5	×	×	×	○	○
	0.6	×	×	×	○	○
	0.7	×	×	×	○	○
	0.8	×	×	×	○	○
	0.9	×	×	×	○	○
	1.0	×	×	×	○	○
	1.1	×	×	○	○	○
1.2	×	○	○	○	●	
1.3	×	○	○	○		
1.4	×	○	○	○		
1.5	○	○	○	●		
1.6	○	○	○			
1.7	○	○	○			
1.8	○	○	●			
1.9	○	○				
2.0	○	●				
2.1	●					

註:×代表一滴定就出現藍黑色,再自動消失;○代表藍黑色不會自動消失,但搖晃後會消失一些;●代表到達滴定終點,液體全變藍黑色。

表2:以0.05M碘液的滴定結果

		維生素C濃度				
		固定維生素C量(500mg) 加不同的水量(ml)				
		50ml	60ml	70ml	80ml	90ml
0.05M 碘液 滴定量 (ml)	2.1	×	×	×	×	×
	2.2	×	×	×	×	×
	2.3	×	×	×	×	×
	2.4	×	×	×	×	○
	2.5	×	×	×	×	○
	2.6	×	×	×	○	○
	2.7	×	×	×	○	○
	2.8	×	×	×	○	○
	2.9	×	×	×	○	○
	3.0	×	×	×	○	●
	3.1	×	×	×	○	
	3.2	×	×	○	○	
	3.3	×	×	○	●	
	3.4	×	×	○		
	3.5	×	×	○		
	3.6	×	×	○		
	3.7	×	×	●		
	3.8	×	○			
3.9	×	○				
4.0	○	○				
4.1	○	○				
4.2	○	○				
4.3	○	○				
4.4	○	●				
4.5	○					
4.6	○					
4.7	●					
4.8						

註:×代表一滴定就出現藍黑色,再自動消失;○代表藍黑色不會自動消失,但搖晃後會消失一些;●代表到達滴定終點,液體全變藍黑色。

2.各濃度維生素 C 還原力之比較

將表 1 和 2 的滴定結果製成圖 3，可發現：

- (1) 濃度越高的維生素 C 具有的還原力越強。
- (2) 對同濃度的維生素 C 而言，用高濃度 0.1M 碘液滴定，會較快消耗維生素 C 的還原力，到達滴定終點時消耗的碘液量少。用低濃度 0.05M 碘液滴定，會使各濃度維生素 C 的還原力差距較大。

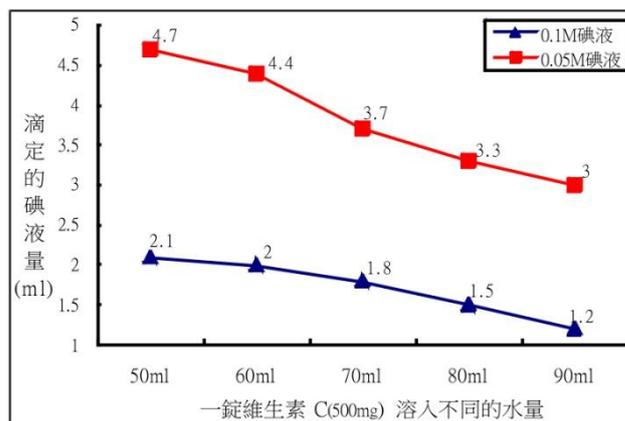
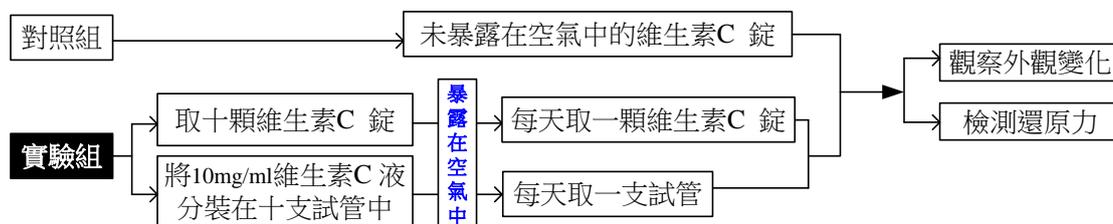


圖3:各濃度維生素C的還原力

二、探討維生素 C 還原力的衰退情形

(一) 過程



(二) 結果

1.外觀變化

維生素 C 錠在空氣中容易潮解，重量變重，外觀變化很明顯（見表 3）；至於維生素 C 液的顏色從放置第一天到第十天，皆維持黃色透光狀，外觀看不出變化。

表3:暴露在空氣中的維生素C錠之外觀變化

組別 記錄	對照組 (沒有暴露在空氣中)	實驗組(暴露在空氣中的天數)										
		第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	第八天	第九天	第十天	
外觀觀察記錄	顏色變化	 淺黃	 黃	 黃	 深黃	 深黃	 深黃	 深黃	 微澄黃	 微澄黃	 微澄黃	 微澄黃
	重量	2.0g	2.1g	2.1g	2.1g	2.1g	2.1g	2.1g	2.2g	2.2g	2.2g	2.2g
	手感與滑動	不黏,滑滑的;在塑膠盤面上易滑動;可摸到細粉末	會黏,能摸到少許粉末;在盤面上會滑動	會黏,摸不到粉末;在盤面上的滑動速度變慢	很黏,錠的邊緣變圓滑;在盤面上滑動變得很慢	非常黏,且會沾黏到手上;完全黏在盤面上不滑動	非常黏,不滑動;錠的表面呈現凹凸不平	非常黏,不滑動;錠的表面呈現凹凸不平	看起來是濕黏狀;錠出現些水分,看起來有凹陷	濕黏;錠出現一些水分,表面看起來像被水溶解	又軟又濕又黏;錠的表面凹陷處更多	又軟又濕又黏;錠的表面及邊緣都凹陷;而且有些變成液體
	外觀變化											

2.還原力的變化

我們將維生素 C 以錠狀和配製成溶液狀兩個方式，放置在教室內暴露空氣的情況下，再探討其每一天的還原力（利用 0.1M 和 0.05M 碘液滴定）；圖 4 是維生素 C 在兩種狀態下的還原力衰退情形（原始實驗紀錄請參閱實驗手札）。

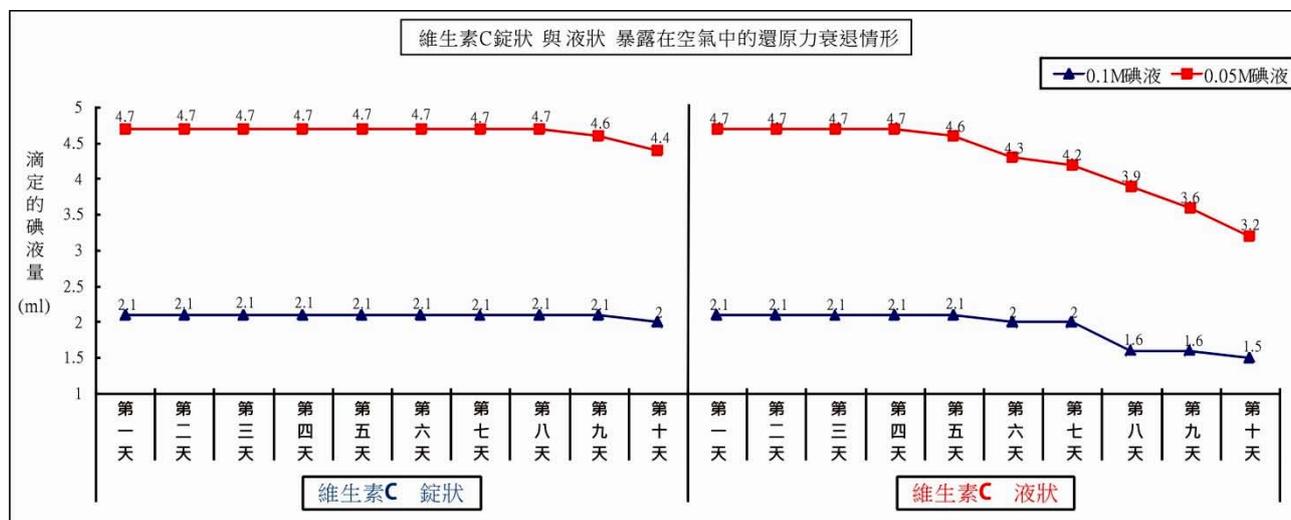


圖4: 維生素C 還原力的衰退情形

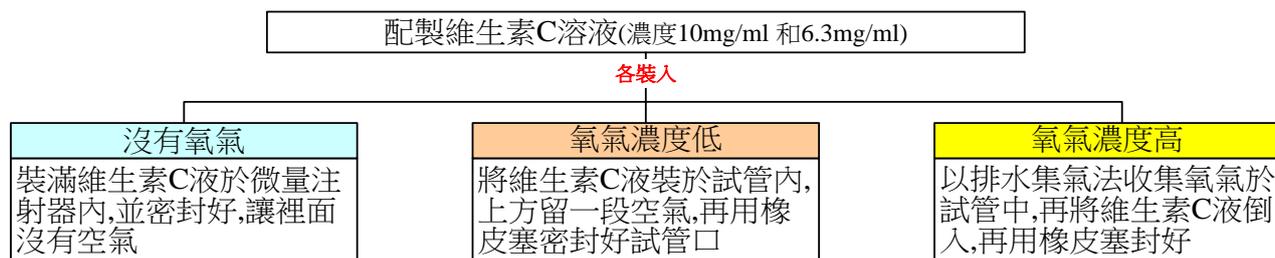
(三) 討論－綜合比較維生素 C 錠狀與液狀的衰退情形：

- 1.就外觀的改變，維生素 C 錠狀因吸收空氣中的水蒸氣易潮解變重、變深色，而且逐漸溶解變形（表 3）。維生素 C 液則看不出變化，顏色不變也仍有清香氣味。
- 2.我們用兩種濃度的碘液檢驗，都發現維生素 C 液狀的衰退情形較嚴重，尤其是 0.05M 碘液的檢驗結果，能明顯看出自第六天起維生素 C 液的還原力開始降低，且隨暴露天數增加，還原力衰退得越來越多。
- 3.從此實驗我們得知維生素 C 如果拿出瓶內暴露在空氣中，錠狀易潮解，其還原力會慢慢衰退；如果配製成溶液狀，其還原力的衰退會更快速。

研究二 探討「氧」對維生素C還原力的影響

一、過程

(一) 維生素 C 放置在不同「氧濃度」的實驗設計



(二) 實驗過程



二、結果

我們將兩種濃度的維生素 C 液分別與不同氧濃度反應，並分別放置在照光、隔光與低溫下，一週後檢測其還原力（原始實驗紀錄請參閱實驗手札）；圖 5 是各組還原力比較圖。

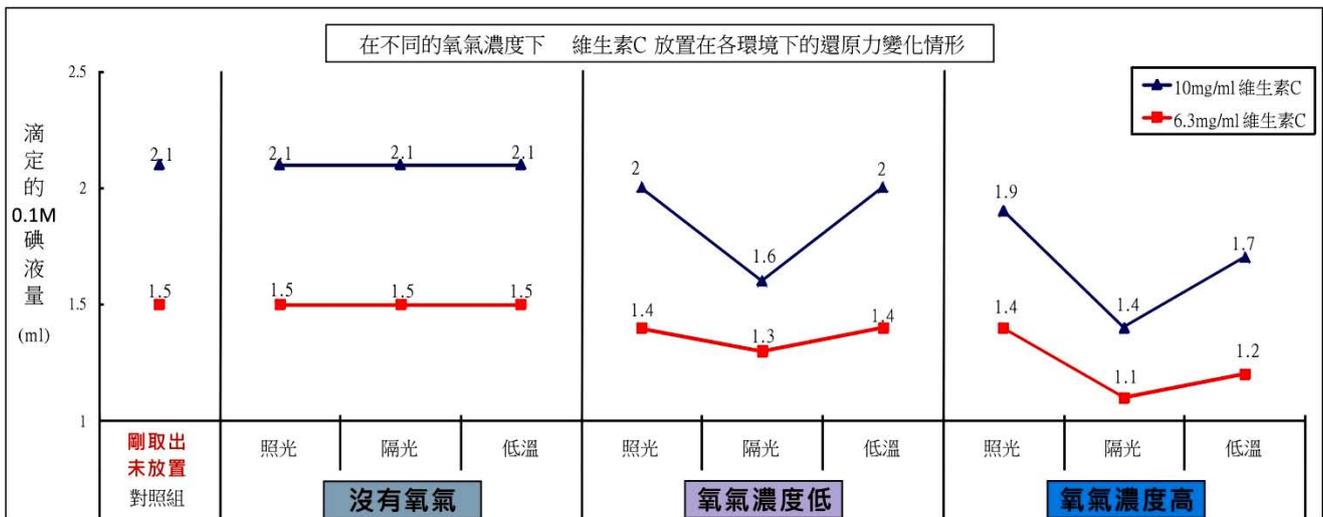


圖5: 氧對維生素C 還原力的影響

三、討論

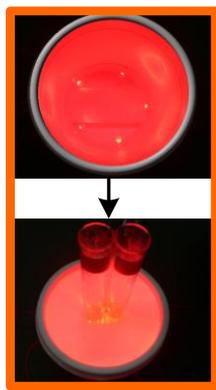
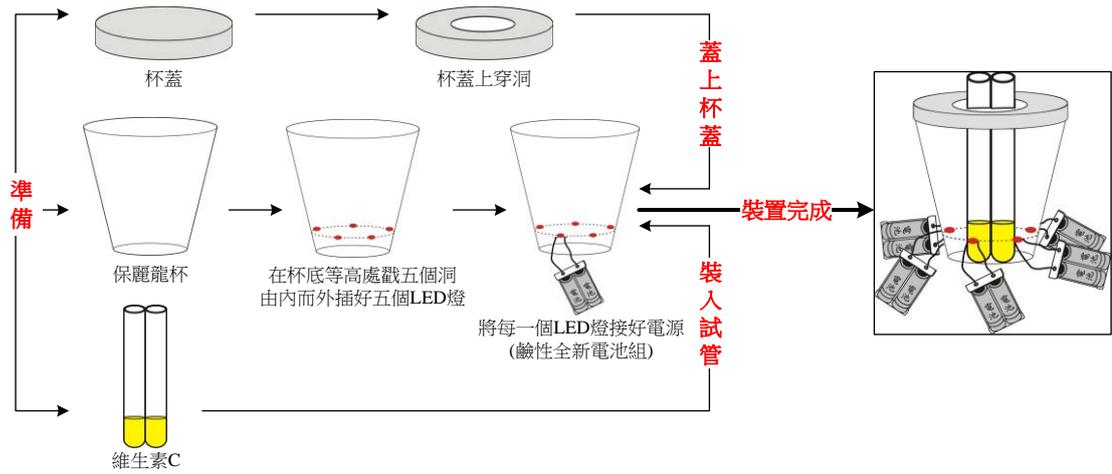
兩種濃度的維生素 C 在不同氧濃度與放置環境下的還原力變化呈現相似的結果：

1. 與對照組（自密封瓶中取出）比較，發現：在沒有氧氣的情況下，不管怎麼放置，維生素 C 的還原力都沒變；氧氣濃度較高的情況下，不管怎麼放置，維生素 C 的還原力都降低最多。由此可推論，維生素 C 是因氧化，造成還原力降低。
2. 多數資料建議，含維生素 C 的保養品或食物放在陰暗及低溫環境會較穩定、不流失。但是此實驗讓我們發現，在有氧氣的情況下，「隔光」與「低溫」的放置處理都使維生素 C 的還原力降低得比「照光」—放在室內日光燈下還多。由此可見，只要有氧氣，即使放在陰暗及低溫環境，維生素 C 仍會氧化，降低還原力。

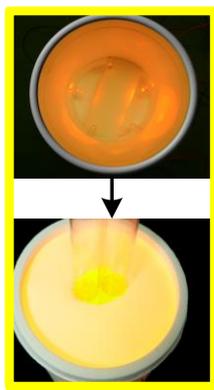
研究三 探討「光」對維生素C還原力的影響

一、過程

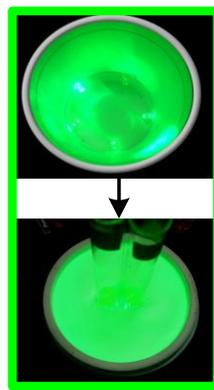
(一) 製作各顏色燈照裝置 (可見光)



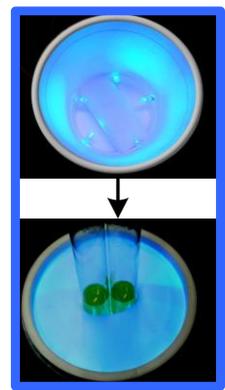
紅光



黃光

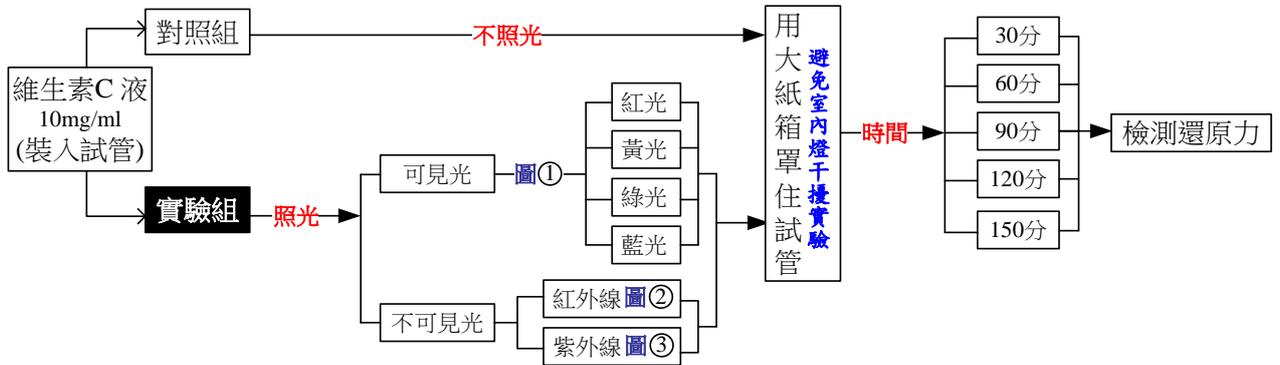


綠光



藍光

(二) 光照實驗過程



1



2



3

二、結果

我們將維生素 C 在各光照下的還原力變化繪製成圖 6（原始實驗紀錄請參閱實驗手札）。

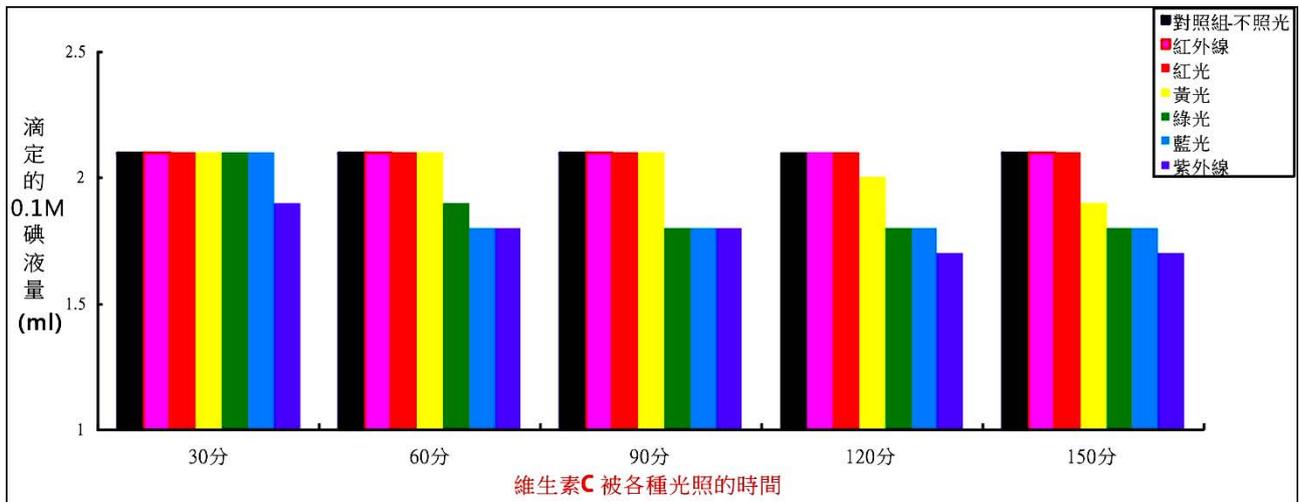


圖6: 在不同光質照射下 維生素C 還原力的變化情形

三、討論

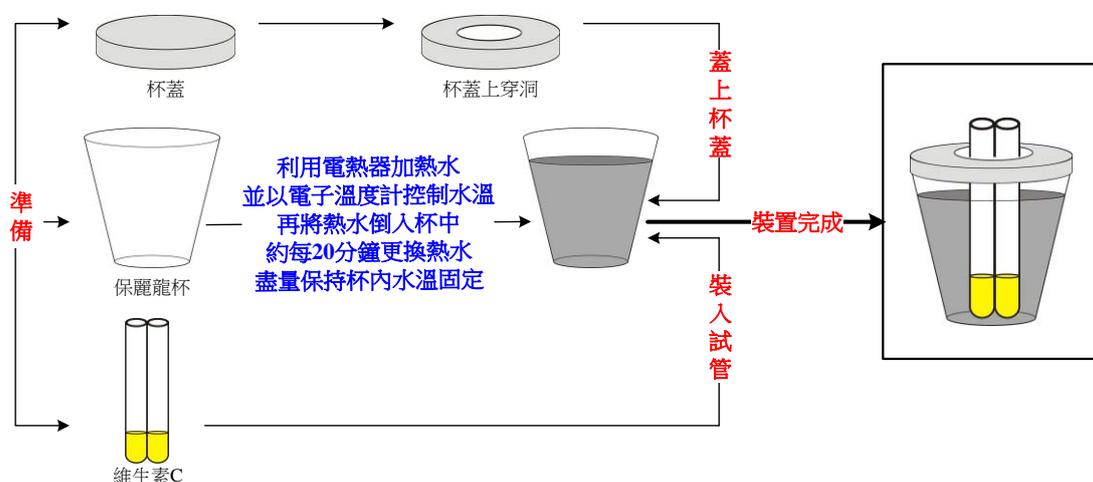
(一) 此實驗的對照組是隔光裝置，放置到 150 分鐘，維生素 C 還原力沒有降低。而實驗組中除了紅光與紅外線的照射，未使維生素 C 還原力降低，其他皆使維生素 C 還原力降低，顯示其他光質的「光」會破壞維生素 C。

(二) 根據資料顯示，光波長是紫外線 < 藍光 < 綠光 < 黃光 < 紅光 < 紅外線，光波長越短能量越大；而維生素 C 的還原力降低情形是紫外線 > 藍光 > 綠光 > 黃光 > 紅光 = 紅外線；由此實驗結果便能發現，光波長越短能量越大，會使維生素 C 的還原力降低越多。

研究四 探討「熱」對維生素C還原力的影響

一、過程

(一) 製作控制水溫的實驗裝置

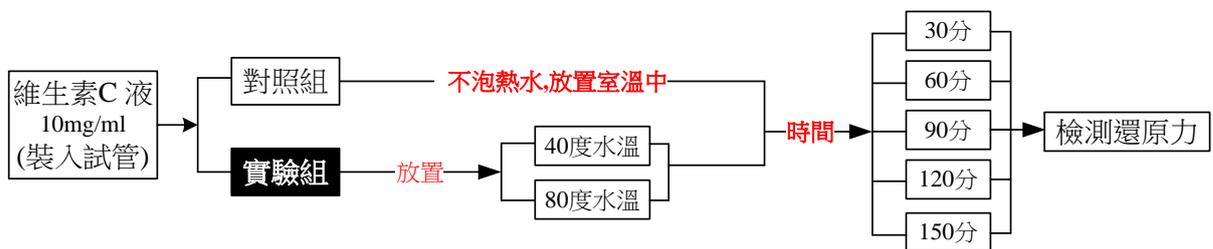




實驗組
控制水溫 讓維生素C溶液泡在定溫水中



(二). 實驗過程



二、結果

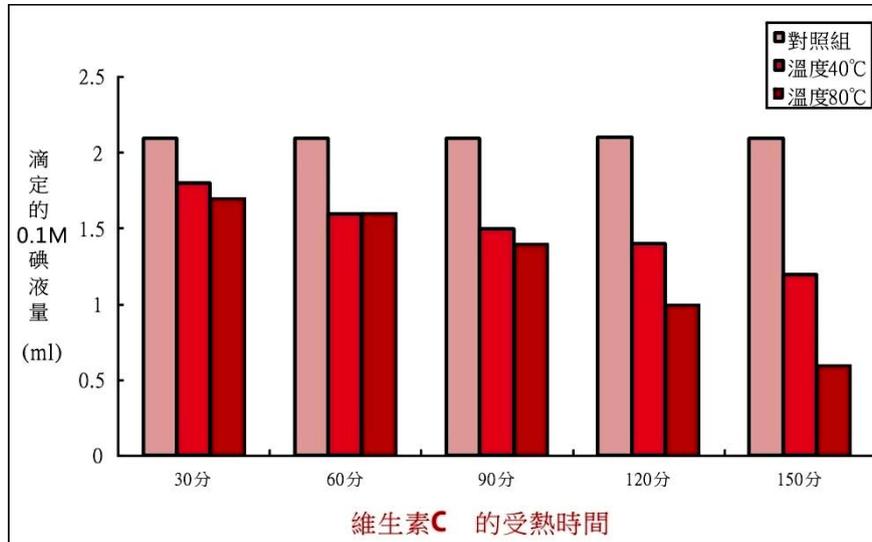


圖7: 在不同溫度下 維生素C 還原力的變化情形

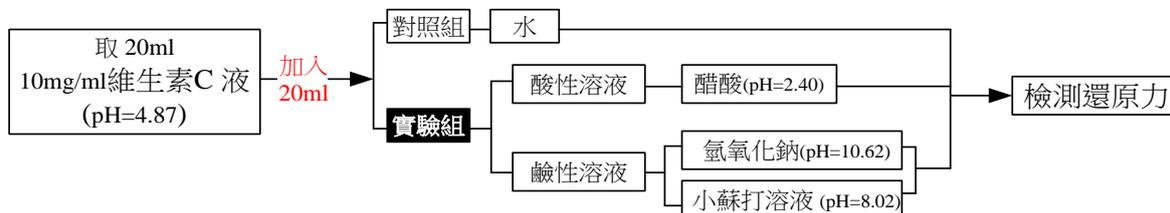
三、討論

對照組的維生素 C 還原力未降低，實驗組的維生素 C 還原力皆降低，且隨時間增加，80 度水溫環境使維生素 C 還原力的降低情形遠大於 40 度；由此可發現，熱量越高，對維生素 C 的破壞力也越大。

研究五 探討「酸鹼溶液」對維生素C還原力的影響

一、各種酸鹼溶液對維生素 C 還原力的影響

(一).過程



(二).結果

表4: 維生素C液加入各酸鹼溶液後的酸鹼值與外觀變化

		20ml維生素C(pH=4.87) 各加入20ml各溶液			
組別		對照組	實驗組		
記錄		水 (pH=7.20)	醋酸 (pH=2.40)	小蘇打溶液 (pH=8.02)	氫氧化鈉 (pH=10.62)
維生素C	酸鹼值	pH=4.98	pH=3.68	pH=7.15	pH=9.44
加入溶液後	顏色變化				

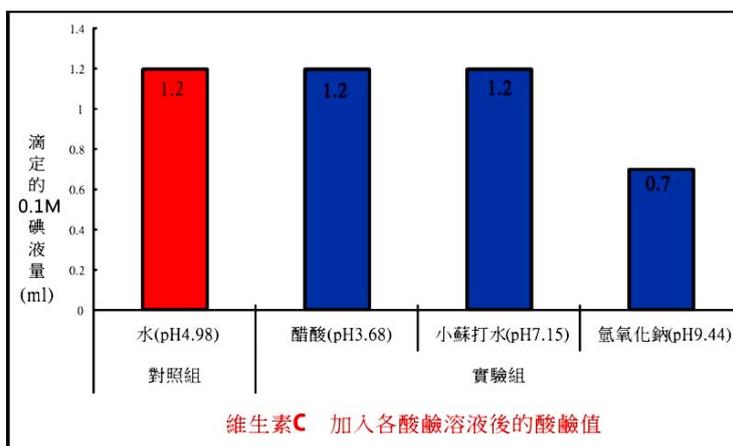


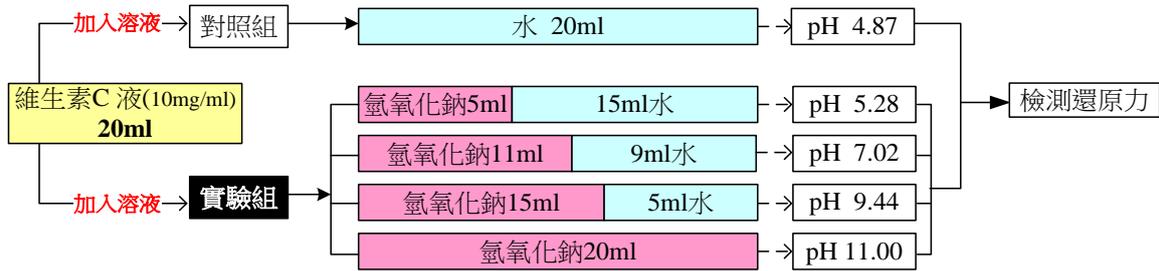
圖8: 維生素C加入酸鹼溶液後的還原力變化

(三).討論

1. 維生素 C 是酸性溶液，加入醋酸後，酸鹼值降低，但是溶液顏色及還原力都不受影響。
2. 維生素 C 加入弱鹼性的小蘇打後，變成中性溶液；靜置後溶液顏色變深，但還原力不變。
3. 維生素 C 加入強鹼性的氫氧化鈉後，變成鹼性溶液，溶液顏色不但變深，還原力也降低。

二、不同鹼性強度的溶液對維生素 C 還原力的影響

(一) 過程



(二) 結果

表5: 維生素C液加入不同鹼性強度溶液後的酸鹼值與外觀變化

		20ml 維生素C (pH=4.87) 各加入20ml 不同鹼性強度的溶液(氫氧化鈉+水)				
		對照組	實驗組(利用氫氧化鈉與水量調酸鹼度)			
記錄	組別	20ml水+ 0ml氫氧化鈉 (溶液pH=7.20)	15ml水+ 5ml氫氧化鈉 (溶液pH=5.88)	9ml水+ 11ml氫氧化鈉 (溶液pH=8.32)	5ml水+ 15ml氫氧化鈉 (溶液pH=10.62)	0ml水+ 20ml氫氧化鈉 (溶液pH=12.13)
		酸鹼值		pH=4.98	pH=5.28	pH=7.02
維生素C加入溶液後	顏色變化					

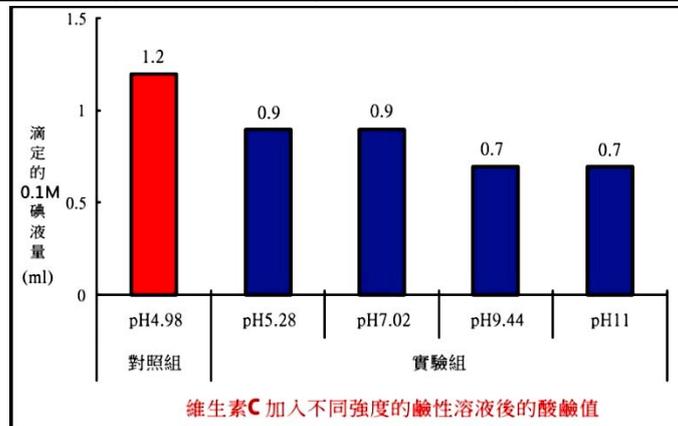


圖9: 維生素C加入不同鹼性強度溶液後的還原力

(三) 討論

1. 維生素 C 加入不同鹼性強度的氫氧化鈉後，分別變成弱酸、中性、弱鹼與鹼性溶液；變成鹼性的維生素 C 液顏色明顯變深，尤其氫氧化鈉鹼性越強，維生素 C 液顏色越深。
2. 實驗組中，維生素 C 加入不同鹼性強度的氫氧化鈉後，還原力全都降低；而且隨鹼性程度增加，其還原力降低更多。
3. 由此實驗可發現：維生素 C 會因為加入強鹼溶液降低還原力（加入小蘇打並沒有降低還原力），即使加入氫氧化鈉後，維生素 C 仍維持酸性，但其還原力還是降低了。

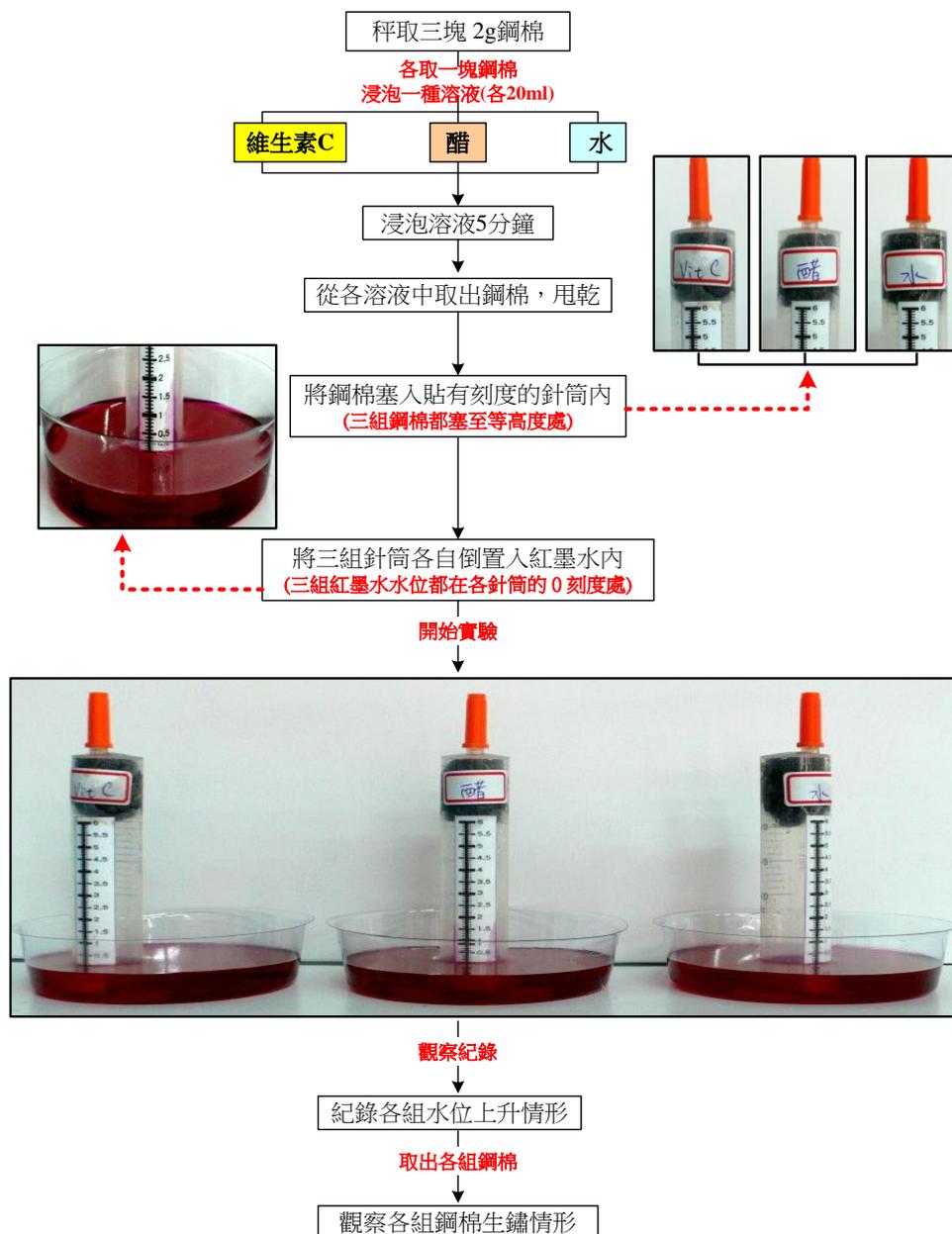
研究六 研究如何利用維生素C的還原力，做除鏽與防鏽之生活應用

在研究維生素 C 的還原力時，讓人聯想到自然課探討的「鐵生鏽反應」。於是，我們產生了這樣的想法：

鐵生鏽是因為鐵在有水的情況下，釋放出電子，形成離子，與氧結合形成氧化鐵（鐵鏽）。如果維生素 C 能搶先氧化，使氧化鐵沒有機會形成，這樣一來，在維生素 C 的還原力保護下，就能防止鐵生鏽了。但是，有資料指出，在酸性溶液下，會加速鐵生鏽；維生素 C 是酸性溶液，是否也會加速鐵生鏽？於是我們決定設計實驗一探究竟，到底維生素 C 是防止還是加速鐵生鏽呢？

一、探討維生素 C 對鐵生鏽的影響

(一) 過程



(二) 結果與討論

1. 三組鋼棉都消耗針筒內的氧，使水位上升，但情形不同：

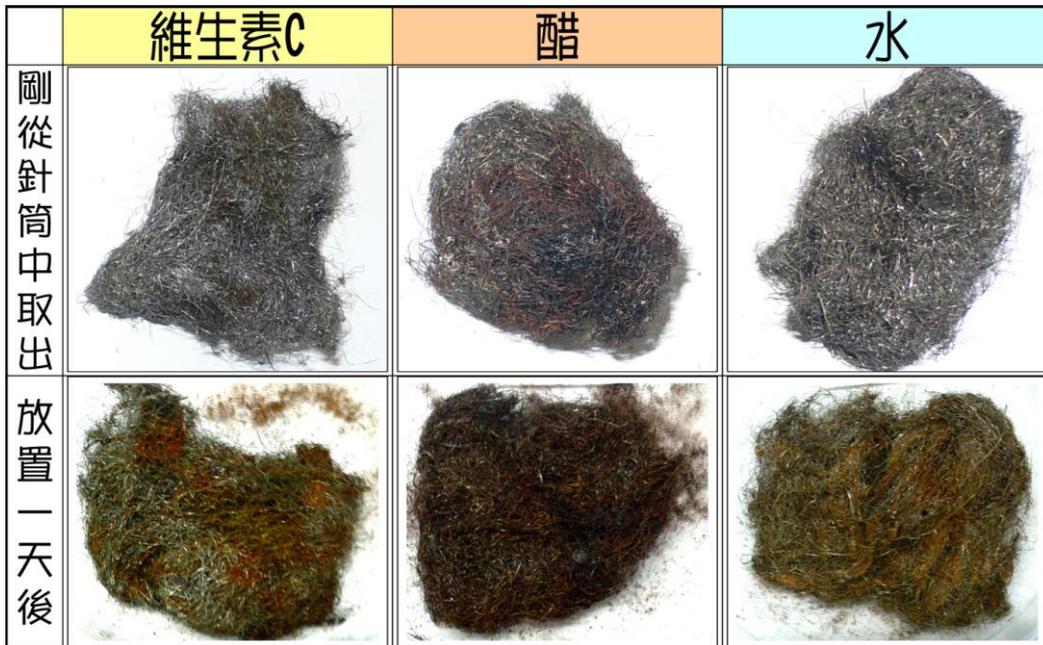
(1) 泡醋的鋼棉最快使水位上升，但之後又下降；參考別人做過的研究，我們知道鐵泡醋後，會先氧化，再產生氫氣；所以針筒內的水位會先上升再下降。

(2) 泡水和維生素 C 的鋼棉消耗氣體速率相近，後者針筒內水位上升稍多。

表6: 針筒內水位上升情形

	維生素C	醋	水
實驗時間	20分鐘	0 cm	0.3 cm
	60分鐘	0.2 cm	0.5 cm
	100分鐘	0.5 cm	0.1 cm
	140分鐘	0.6 cm	0 cm

表7: 浸泡過不同溶液的鋼棉生鏽情形



2. 將鋼棉從針筒內取出時，發現泡醋的鋼棉表面已有一半生鏽了，其他兩組則有部分生鏽。放置空氣中一天後，泡醋和水的鋼棉表面幾乎全生鏽，而泡維生素 C 的鋼棉表面只有一半生鏽。此結果讓我們知道：**酸性的維生素 C 不但不會像醋一樣加速鐵生鏽，還會使鋼棉生鏽得比水更慢、更少，證實維生素 C 的確有可能防止鐵生鏽。**

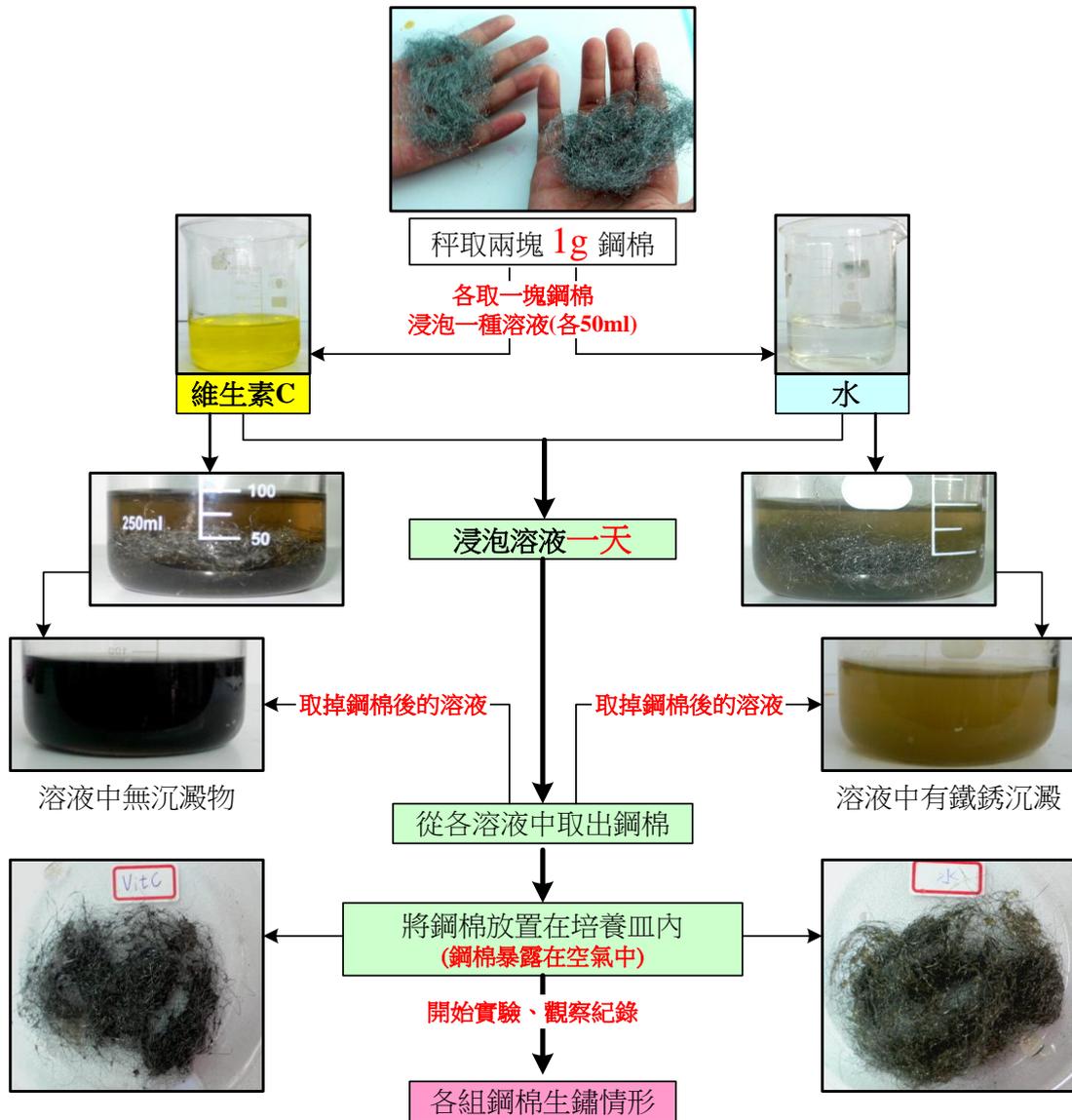
3. 綜合實驗結果，我們討論出一些想法：

(1) 三組實驗中泡維生素 C 的鋼棉在針筒內消耗最多氧氣，但取出後生鏽最不嚴重；由此推論，被消耗的氧氣，除了與鐵氧化，可能有些是被附在鋼棉上的維生素 C 氧化，所以鐵鏽量不多。

(2) 此實驗結果不如我們預期：「維生素 C 能完全防鏽」，可能是因為維生素 C 的還原力不足（此實驗後，我們檢驗泡過鋼棉的維生素 C 還原力，結果只有 0.1ml 碘液就達到滴定終點，顯示維生素 C 已沒有還原力了）。於是，我們決定再增加維生素 C 的量、減少鋼棉量，並且加長浸泡時間，繼續探討維生素 C 的防鏽應用。

二、研究如何使維生素 C 防止鐵生鏽

(一) 過程



(二) 結果

表8:比較浸泡維生素C與水的鋼棉生鏽反應

	剛從溶液中取出	取出20分鐘後	取出60分鐘後	取出100分鐘後	取出140分鐘後	取出180分鐘後
維生素C						
水						

(三) 討論

1.從水中取出的鋼棉放置空氣中才 20 分鐘就開始快速生鏽，到 180 分鐘時，鋼棉表面佔滿鐵鏽。從維生素 C 中取出的鋼棉放置空氣中到 60 分鐘時，因為晾乾，由黑轉回銀色；持續至 180 分鐘都沒有生鏽。由此實驗證實：**維生素 C 具有防止鐵生鏽的功能。**

2.在實驗中，我們感覺兩組鋼棉重量不同；經測重後（右表）證實：泡水的鋼棉生鏽後變重，泡維生素 C 的鋼棉變輕。

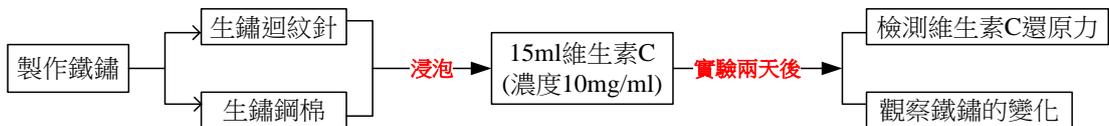
鋼棉的重量變化 (將鋼棉用吹風機吹乾後才秤重)		
溶液	維生素C	水
重量		
實驗前	1.000 g	1.000 g
實驗後	0.920 g	1.165 g

3.我們從此實驗結果，得到以下推論想法：

鋼棉泡水時游離出鐵離子，於是接觸空氣便會氧化；如果泡維生素 C，維生素 C 不但搶先氧化讓鐵無法生鏽，還會與鐵離子反應，所以泡過鋼棉後，還原力降低，並且使鋼棉減輕。如果維生素 C 會與鐵離子反應，那麼應會跟鐵鏽（氧化鐵中的鐵離子）反應，這樣也許維生素 C 不但能防鏽，也能除鏽。為了驗證想法，我們設計了下一個實驗。

三、探討維生素 C 是否具有除鏽功能

(一) 過程



(二) 結果

表9: 觀察維生素C與鐵鏽反應後的變化

組別	生鏽迴紋針			生鏽鋼棉		
	實驗前	實驗第一天	實驗第二天	實驗前	實驗第一天	實驗第二天
鐵鏽變化						
	0.330 g	---	0.320 g	0.360 g	---	0.330 g
維生素C變化						
	2.1 ml	1.6 ml	1.5 ml	2.1 ml	1.5 ml	0.8 ml

註: (1)實驗第一天鐵鏽物取出時是溼的,所以不秤重,第二天取出吹乾後才秤重。
(2)我們以碘滴定法檢測到達滴定終點時所消耗的0.1M碘液量當作維生素C還原力。

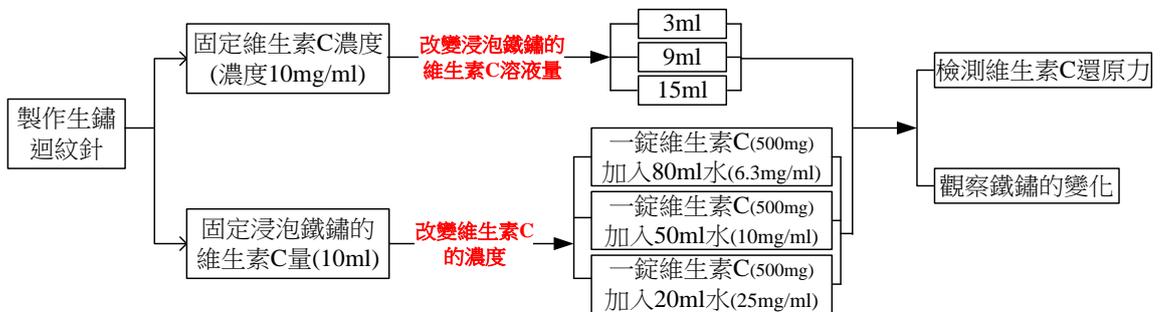
(三) 討論

- 1.鐵鏽與維生素 C 反應後真的不見了！生鏽的迴紋針和鋼棉在浸泡維生素 C 後，才一天鐵鏽就減少，到第二天已完全沒有鐵鏽，而且迴紋針與鋼棉的重量都變輕（「鐵鏽」消失了）。
- 2.維生素 C 浸泡生鏽迴紋針時，顏色些微變淡；浸泡生鏽鋼棉則明顯變色；此實驗讓我們發現「維生素 C 與鐵離子反應的變色規律」是：先變淡黃→偏透明→淺棕→棕黑色。
- 3.實驗後發現泡鋼棉的維生素 C 還原力降低較多，鋼棉減輕量也比迴紋針多；由此可推測，維生素 C 還原了鐵鏽中的鐵離子（鐵鏽消失），且還原愈多愈消耗其還原力，溶液愈快變色。

四、比較不同量與不同濃度的維生素 C 的除鏽功能

(一) 比較、觀察不同量與不同濃度的維生素 C 的除鏽效果

1.過程



2.結果與討論

表10:比較不同量與不同濃度的維生素C與鐵鏽反應後的變化

觀察	組別	固定維生素C濃度(10mg/ml) 改變浸泡生鏽迴紋針的溶液量			固定維生素C浸泡生鏽迴紋針的溶液量(10ml) 改變維生素C溶液的濃度		
		3ml	9ml	15ml	6.3 mg/ml	10 mg/ml	25 mg/ml
生鏽迴紋針的變化	實驗前						
	實驗後						
維生素C的顏色	實驗前						
	實驗後						

註: 維生素C濃度以一錠(500mg)加入水量而定,加入80ml其濃度6.3mg/ml,加入50ml其濃度10mg/ml,加入20ml 其濃度25mg/ml。

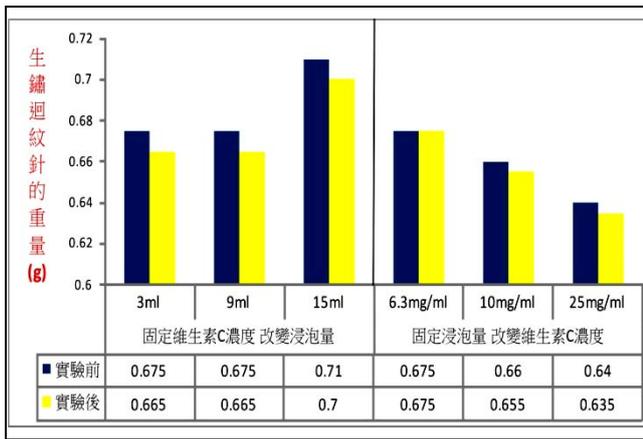


圖10:比較迴紋針浸泡不同量與不同濃度的維生素C後的重量變化

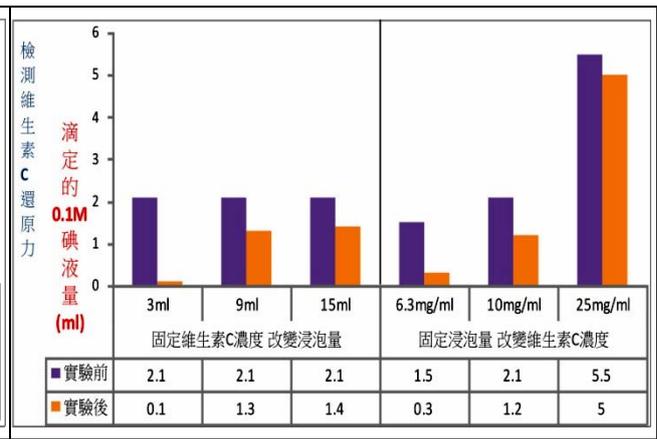


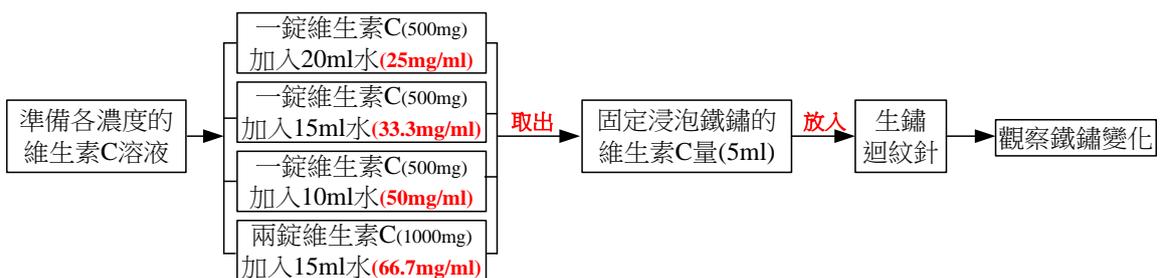
圖11:比較不同量與不同濃度的維生素C除鏽後的還原力變化

我們將實驗結果整理於表 10（除鏽情形與維生素 C 液的變化）、圖 10（維生素 C 除掉的鐵鏽量）和圖 11（除鏽後的維生素 C 還原力變化），可發現：

- 比較不同維生素 C 浸泡量的除鏽情形：「最少量（3ml）」除鏽效果較差、溶液顏色變深且還原力下降最多；另兩組（量 9 和 15ml）的除鏽效果與還原力變化都很相近。
- 比較不同維生素 C 濃度的除鏽情形：濃度越高的維生素 C 的除鏽效果越好，且還原力消耗得越少。
- 實驗證實維生素 C 的濃度與浸泡量會影響其除鏽效果，尤其濃度的影響較明顯。然而此實驗是在一天後觀察除鏽結果，無法探知維生素 C 的除鏽效能（多快的時間內就能除鏽？）；因此我們想分別從濃度與量的變因再探討維生素 C 的除鏽效能。

（二）比較不同維生素 C 濃度的除鏽效能

1.過程



2.結果與討論

我們每隔 20 分鐘觀察各濃度維生素 C 的除鏽情形，將實驗結果整理於表 11。發現：

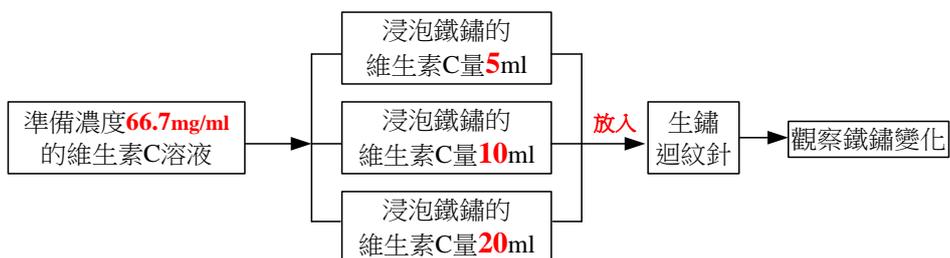
- 除了最低濃度 25mg/ml，其他三組維生素 C 在 20 分鐘後皆有明顯的除鏽效果。尤其較高濃度的 50 和 66.7 mg/ml 的維生素 C 在 160 分鐘後，幾乎已完全去除鐵鏽，且除鏽速率開始減緩；到 240 分鐘時，迴紋針上已沒有鐵鏽。
- 濃度 33.3mg/ml 的維生素 C 在 200 分鐘後，幾乎已完全去除鐵鏽，而 260 分鐘後已完全除鏽；濃度 25 mg/ml 的維生素 C 完全清除迴紋針上的鐵鏽則耗時 300 分鐘。

表11:比較不同濃度維生素的除鏽效能

時間	濃度	維生素C溶液的濃度			
		25.0 mg/ml	33.3 mg/ml	50.0 mg/ml	66.7 mg/ml
除鏽前					
除鏽時間	20分				
	40分				
	60分				
	80分				
	100分				
	120分				
	140分				
	160分				
	180分				
	200分				
	220分				
	240分				
	260分				
	280分				
	300分				

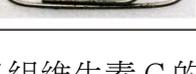
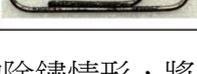
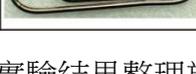
(三) 比較不同維生素 C 浸泡量的除鏽效能

1.過程



2.結果與討論

表12:比較不同維生素C浸泡量的除鏽效能

時間		維生素C溶液濃度 66.7mg/ml		
		量5ml	量10ml	量20ml
除鏽時間	除鏽前			
	20分			
	40分			
	60分			
	80分			
	100分			
	120分			
	140分			
	160分			
	180分			
	200分			
	220分			
	240分			

我們每隔 20 分鐘觀察各組維生素 C 的除鏽情形，將實驗結果整理於表 12。發現：

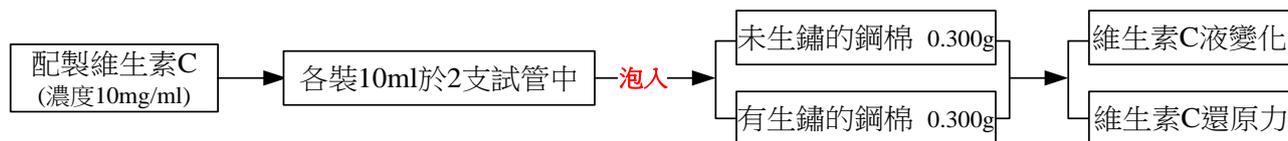
- (1). 在同濃度 66.7mg/ml 但不同浸泡量的情況下，三組維生素 C 在 20 分鐘後皆有明顯的除鏽效果，40 分鐘後，最多量（20ml）的維生素 C 的除鏽效果已明顯比其他兩組好；到 100 分鐘時，幾乎已完全去除鐵鏽，但其除鏽情形也似乎停滯。
- (2). 在除鏽 120 分鐘後，三組的除鏽效果與速率達相似情形；到 240 分鐘時，三組皆完全清除掉迴紋針上的鐵鏽。
- (3). 綜此實驗結果，我們發現高濃度又量多的維生素 C 具有高除鏽效能，如果鐵鏽量不多，應可很快被清除掉鐵鏽；雖然量多的維生素 C 除鏽快，但綜觀三組實驗結果，其除鏽效能相差不大，完全除鏽的消耗時間都需約 4 小時（240 分）。

五、比較維生素 C 與鐵及鐵鏽的化學反應

當我們發現維生素 C 能防鏽也能除鏽時，不禁又想比較維生素 C 與鐵和鐵鏽的反應有什麼差別？於是，我們再設計實驗進行以下問題之比較。

(一) 比較化學反應速率

1. 過程



2. 結果

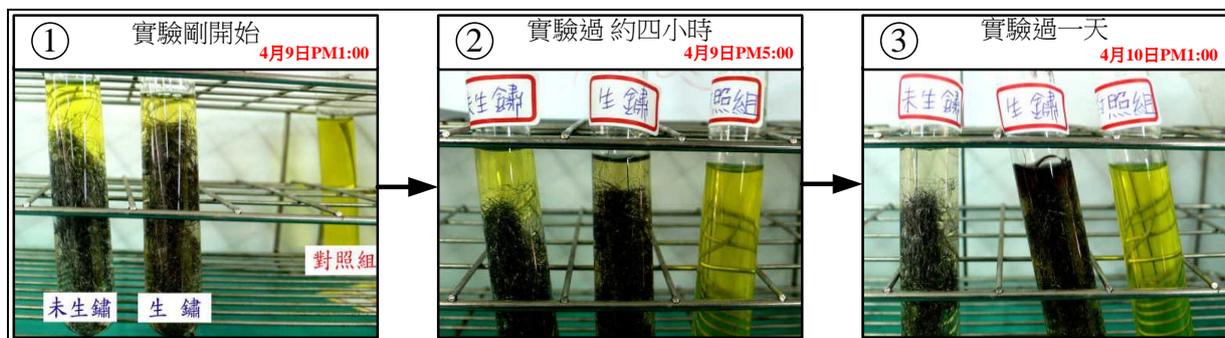


圖12:維生素C液浸泡生鏽與未生鏽鋼棉時的顏色變化

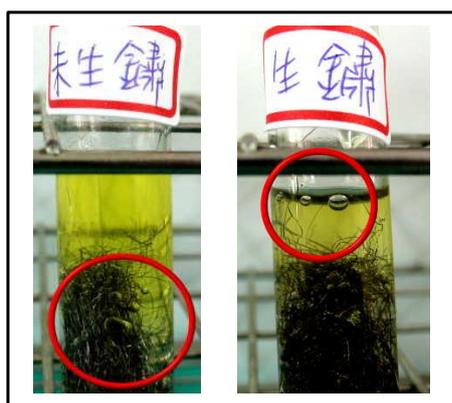


圖13:兩組鋼棉在維生素C液中都有氣泡

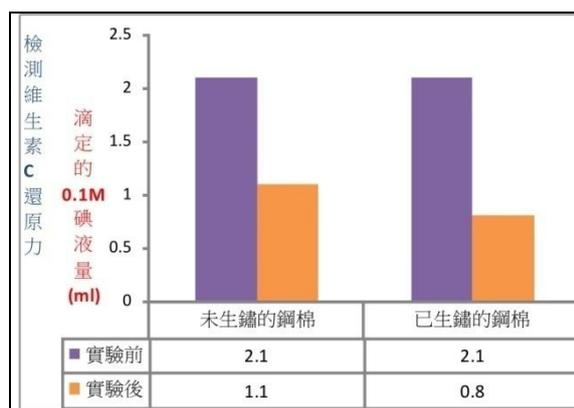


圖14:維生素C液浸泡生鏽與未生鏽鋼棉後的還原力變化

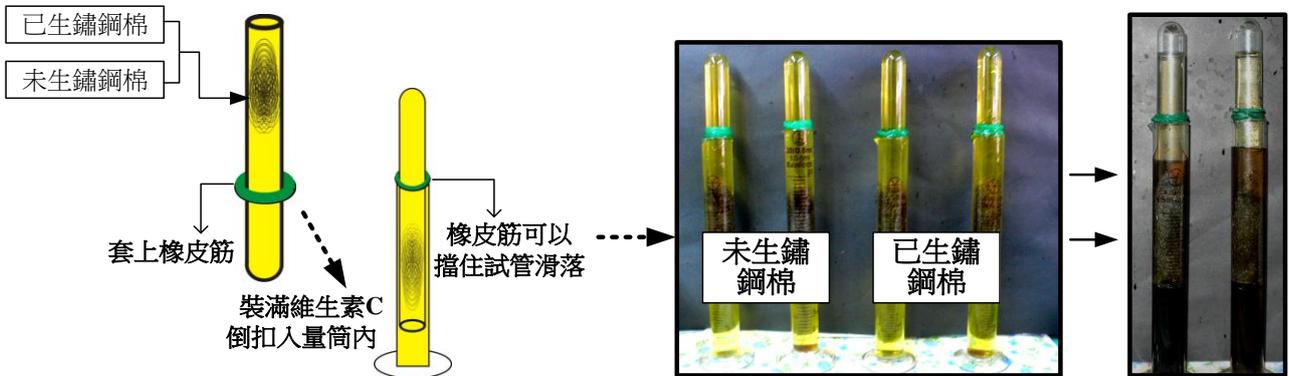
(1) 根據前實驗發現「維生素 C 與鐵離子反應的變色規律 (淡黃→透明→棕黑)」，所以此實驗可顯示：生鏽鋼棉使維生素 C 變色較快 (圖 12)，還原力也降低較多 (圖 14)；證實鐵鏽 (生鏽鋼棉) 與維生素 C 的反應速率比較快。

(2) 我們發現：不管是生鏽還是沒有生鏽的鋼棉與維生素 C 反應都會產生氣體 (圖 13)。

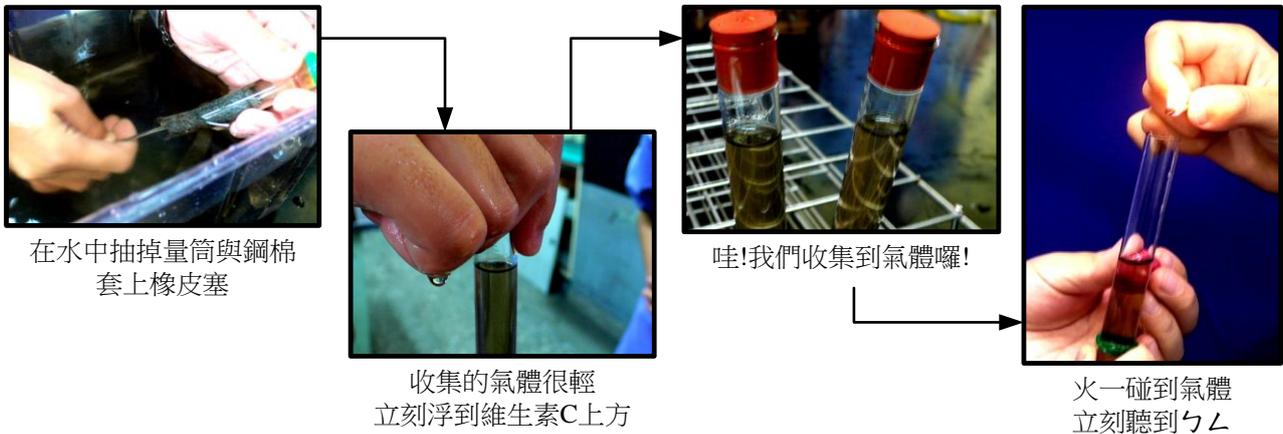
(二) 檢驗維生素 C 與鐵離子反應中產生的氣體

1. 過程

(1) 收集氣體



(2) 檢驗氣體

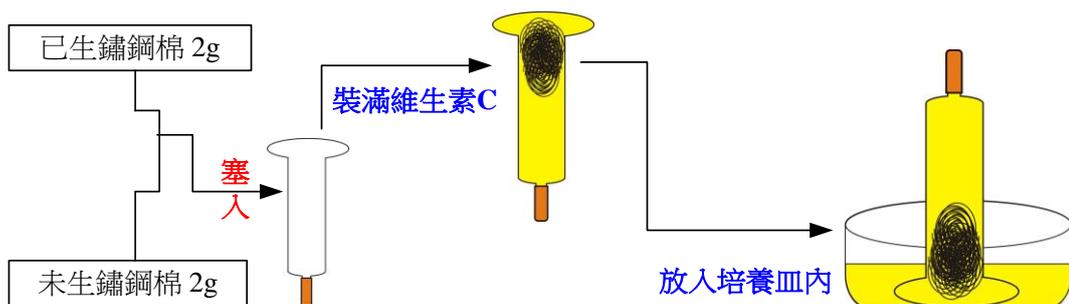


2. 結果

分別檢驗「維生素 C 與鐵」及「維生素 C 與鐵鏽」產生的氣體，得到相同結果：「點燃火柴，一靠近收集的氣體，立刻聽到「ㄅㄤ」一聲」，證實兩者收集到的氣體都是「氫氣」。

(三) 比較維生素 C 與鐵及鐵鏽反應產生的氫氣量

1. 過程



2.結果

表13: 生鏽與未生鏽鋼棉和維生素C反應產生的氫氣量紀錄表

鋼棉 和 維生素C反應產生的氫氣量(以維生素C在注射筒內下降的高度表示)					
實驗剛開始	實驗60分鐘後	實驗100分鐘後	實驗140分鐘後	實驗200分鐘後	實驗18小時後
已生鏽鋼棉(鐵鏽)	<1cm	<1cm	1cm	≒1.5cm	1.5cm
未生鏽鋼棉(鐵)	≒1cm	1cm	2cm	≒3cm	3cm

整個實驗過程，產生的氫氣量都是未生鏽的鋼棉>生鏽鋼棉。隔天一早(約 18 小時)到校觀察，發現反應已經停止。我們發現在每次觀察時，維生素 C 和未生鏽鋼棉（鐵）產生的氫氣量，一直保持約是與生鏽鋼棉（鐵鏽）產生氫氣量的 2 倍（圖 13）。

圖13: 比較生鏽與未生鏽鋼棉和維生素C反應產生的氫氣量



綜合研究六的所有實驗結果，我們發現當維生素 C 和鐵離子起化學反應，鐵離子被維生素 C 還原，產生氫氣，因此維生素 C 變色，還原力降低。參考資料提到：維生素 C 可幫助身體吸收食物中的鐵質，所以吃含鐵質食物時應一併補充維生素 C；但是我們的實驗結果顯示，與鐵離子反應會使維生素 C 還原力降低，因此一起吃含有維生素 C 和鐵質的食物，能加強身體吸收鐵質，但同時維生素 C 幫助人體的抗氧化功能也就降低了。

自然課提到：「果汁是酸性溶液，會使鐵製品容易生鏽。」但我們實驗證實酸性維生素 C 是可防鏽；果汁富含維生素 C，所以果汁也許不但不使鐵生鏽，反而能防鏽。此外，維生素 C 的除鏽功能也令人驚奇，尤其提高濃度與液量會在很短時間內發揮除鏽效能。於是我們想到，也許能利用高濃度維生素 C 製成「除鏽液」，只要將有些鐵鏽的鐵絲或迴紋針泡入，便能快速除鏽（在所有實驗結束後，我們有實際測試成功）。

陸、結論

一、維生素 C 的還原力會因氧化而衰退

維生素 C 營養品或保養品包裝都強調要裝在密封瓶內，避免照光與受熱。實驗發現如果將維生素 C 錠取出或泡成溶液暴露空氣中，就會使其還原力衰退；錠狀雖然潮解嚴重，但還原力衰退速率比外觀變化不大的液狀慢。我們還發現不管將維生素 C 如何放置，只要「無氧」，維生素 C 的還原力都不變；在「有氧」情況下，氧濃度越高維生素 C 還原力降低越多，即使避免照光與受熱，維生素 C 還原力仍會降低。因此，維生素 C 一旦不密封，會氧化使還原力降低；所以，維生素 C 液狀比錠狀更易接觸空氣而氧化，難怪還原力的衰退較快。

二、光、熱和強鹼溶液會破壞維生素 C 的還原力

- (一) 波長越短、能量越強的光對維生素 C 的破壞越強，所以在不可見光的紫外線與可見光的「藍光」和「綠光」照射下，會使維生素 C 的還原力較快降低。
- (二) 在室溫下接觸空氣一週，維生素 C 還原力才降低一些；但在高溫下，才 30 分就降低，而且隨時間增長，維生素 C 在 80 度下的還原力降低率比 40 度大，可見，熱量越多，對維生素 C 的破壞越強。
- (三) 維生素 C 不受酸性溶液的影響；加入鹼性溶液則會使維生素 C 溶液顏色變深，但只有強鹼溶液才會使維生素 C 的還原力降低，且鹼性越強，對維生素 C 的破壞力越強。

三、維生素 C 會與鐵離子反應，具有防鏽與除鏽的功能

- (一) 維生素 C 會搶在鐵離子之前氧化，且會跟鐵離子反應，所以可以防鏽，但同時鐵也會被消耗。因為維生素 C 會還原鐵離子，所以可應用於除鏽（除掉含有鐵離子的鐵鏽，使鐵鏽消失），提高濃度與劑量都能提高維生素 C 的除鏽效能，尤其前者的影響更為明顯。
- (二) 比較有生鏽與沒有生鏽的鋼棉跟維生素 C 的化學反應，發現：
 1. 相同點：都會消耗維生素 C 的還原力，使其溶液先變淡、透明，再轉成黑棕色，且過程中都會產生氫氣。
 2. 相異處：
 - (1) 在維生素 C 溶液中，鐵鏽比鐵快游離出鐵離子，與維生素 C 的反應速率較快。
 - (2) 鐵鏽與維生素 C 反應時產生的氫氣較少，我們推測可能是因為「鐵鏽比鐵多了氧離子」，所以兩者反應過程中有差異，故產生的氫氣量不同。

透過這個研究，讓我們認識了維生素 C 的神奇功能，了解如何避免其抗氧化性被破壞。如此一來，藉由此研究結果就能有效的據理「力」爭—秉持科學原理，在生活中維護與應用維生素 C 的還原力！

柒、參考資料

- 一、段盛秀和楊海明編著（民 91），食品化學實驗。台北縣：藝軒圖書。
- 二、氧化還原反應。化學教育研究室。取自：<http://general.chemistry.pu.edu.tw/oxidation>。
- 三、食品保健。行政院衛生署。取自：<http://consumer.doh.gov.tw>。
- 四、維生素 C 之定量。台灣大學化學系。取自：<http://www.ch.ntu.edu.tw/genchem99/E-VitC.htm>。

【評語】 080212

- 1、 能利用維他命 C 的特性，作除鏽的生活應用。
- 2、 實驗設計編排完整。