

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 化學科

最佳(鄉土)教材獎

040204

乙烯水果熟不熟

學校名稱：新北市立海山高級中學

作者：  高二 王柏傑  高二 劉冠伯  高二 吳軒安	指導老師：  邱圓庭  梁業隆
---	-----------------------------

關鍵詞：乙烯、過錳酸鉀、過氧化氫

## 摘要

我們從化學課本及參考資料了解到製備乙烯的方法，再從已知的方法中設計並改良出較佳收集乙烯的方式。製出的乙烯先用點火燃燒證明氣體的可燃性，再用溴水褪色證明明確是乙烯。最後利用強氧化劑(過氧化氫，過錳酸鉀)，與乙烯做非勻相反應，可以觀察到高濃度的乙烯和強氧化劑間的反應有明顯的變化，利用此變化的觀察及數據的收集，作為此次研究的指標，來印證乙烯和水果熟成的相關性，進而希望藉此指標(簡單又方便的檢驗方式)作為水果保存的依據，並希望日後能找出簡單又有效的方式提高水果的保存期限。

我們選用常見又易於觀察的水果－香蕉，並將上述的兩種強氧化劑(過氧化氫、過錳酸鉀)，分別放在密閉容器中，在室溫下，希望氧化劑能反應掉香蕉所釋放的乙烯氣體，或降低乙烯濃度，以期達到減緩香蕉外表熟成(香蕉外表變黑)的目的；沒想到過氧化氫超出我們意料(並沒有如預期減緩香蕉熟成)反而是整個外表熟成加速(香蕉外表變黑速度更快)，而兩組實驗組(香蕉釋放的乙烯分別在過氧化氫和過錳酸鉀的反應下)與對照組的外表熟成和香蕉內部甜度關係也有些連帶變化，雖超出我們預期，卻又有令人意想不到的結果，因為過錳酸鉀在開始實驗一天後香蕉內部甜度就有明顯增加，而後甜度增加率卻逐日下降！

我們再將相同環境下，皆放入氧化劑(分成有香蕉及無香蕉兩組)經香蕉外表熟成後，再分別對剩下的氧化劑做滴定，先排除氧化劑在空氣中自然反應的變因後，發現有香蕉的實驗組與沒有香蕉的對照組的確有些差距，也間接證明了氧化劑的確是有與水果所釋放的乙烯反應。

## 壹、研究動機

台灣是水果王國，一年四季都有各式各樣的水果，從小我們都很喜歡吃水果，由於住家隔壁或附近皆鄰近菜市場，可以經常看到水果在運送或販賣的過程中，因為外表過熟而被倒(扔)掉，十分可惜。到了高中在化學課本裡學到了水果所釋放的乙烯會對水果產生催熟作用，引起我們的好奇心，既然知道乙烯的作用，應該會有簡單、方便且有效的方法去檢驗並做好事先的防範。因此我們實驗的目的，就是希望能控制乙烯的量，讓水果運至產地時能不至於過熟而被浪費掉。

## 貳、研究目的

- 一、蒐集高中課程的乙烯製法，來製備乙烯。
- 二、利用化學課本所列的乙烯化學性質，找出有效吸收乙烯的試劑。
- 三、藉由滴定的方式，定量乙烯與氧化劑的反應。
- 四、將實驗得到有效的乙烯吸收劑用在水果上，希望能反應掉水果所釋放的乙烯氣體，並使水果熟成的時間減緩。

## 參、研究設備及器材

### 一、實驗器材：

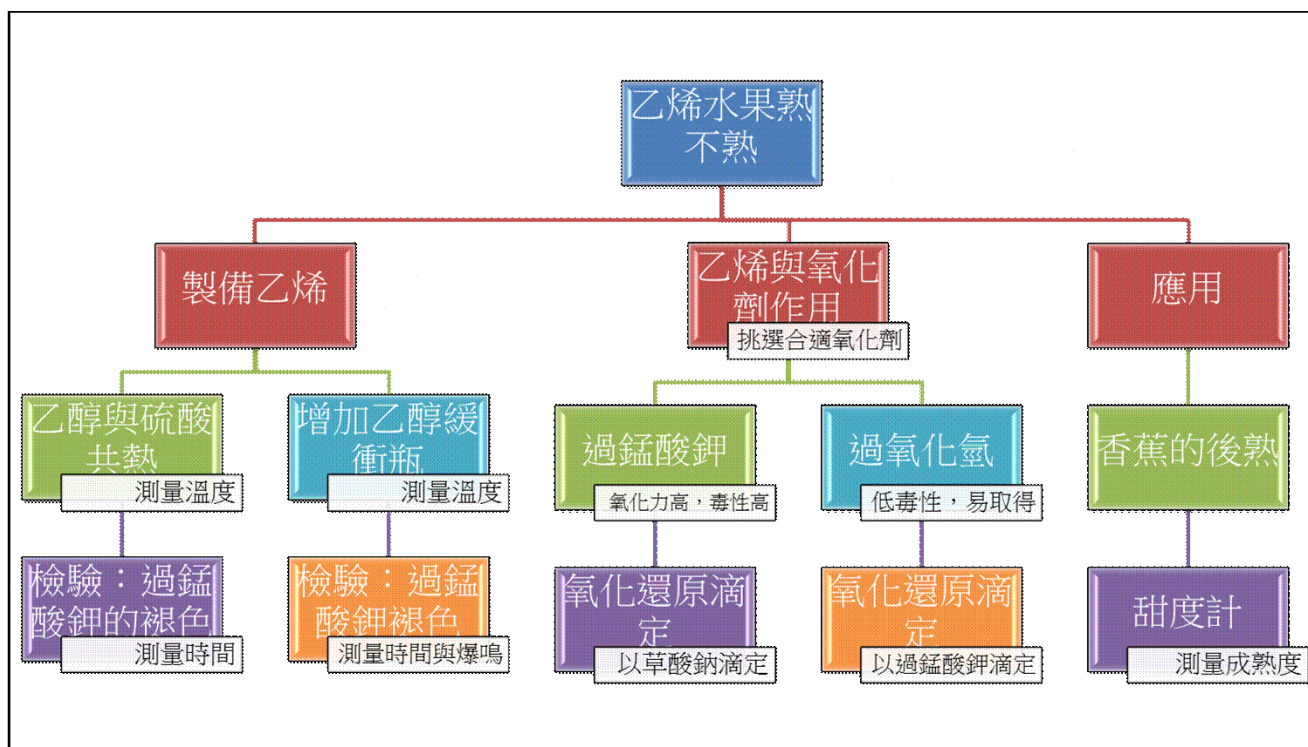
試管(18cm)、電磁加熱攪拌器(Cimarec\*2)、錐形瓶(250ml)、燒杯(250ml)、抽氣瓶(125ml)、橡皮塞、溫度計(水銀)、滴定管(50ml)、保鮮膜、磁石攪拌子、糖度計(ROCKER, BR32T, Brix0-32%)、容量瓶(100ml)、塑膠盆(45×30×10cm)、塑膠管、蒸發皿、PH 儀(GREAT&BEST CO.,LTD PH-91)

### 二、藥品及材料：

乙醇(98.7%)、濃硫酸(98%)、過氧化氫(30%)、過錳酸鉀水溶液(0.1M)、草酸鈉水溶液(0.1M)、整串香蕉(長約 15cm)、

## 肆、研究過程或方法

實驗架構圖



## 一、乙炔的製備、檢驗及製備方式的改良：

### (一)、乙炔的製備：

從高中課本及資料的收集裡得知，乙炔的製備是由酒精(98.7%)與濃硫酸(98%)的體積比1:3，並在180度的高溫下以蒸餾方式收集(此溫所產的乙炔濃度最高)，雖然從反應物及收集氣體的溫度，可以初步得知收集到的氣體是乙炔，再以下列兩種簡易的方法進一步檢驗並確認乙炔。

### (二)、乙炔的檢驗：

#### 1、點火燃燒證明氣體的可燃性：

經由上面的實驗，於是我們用排水集氣法，蒐集了氣體，並點火燃燒試管裡的氣體(如圖一)，驗證此氣體具可燃性，燃燒過程中隱約聽見了爆鳴聲。



圖一：

#### 2、使溴水褪色證明氣體的反應性：

經由上面的實驗，於是我們從蒸餾裝置中，直接導入氣體至溴水瓶中充分反應，溴水明顯褪至無色(如圖二)，驗證此氣體有 $\pi$ 鍵，具有加成反應性



圖二：

### (三)、製備的乙烯與過錳酸鉀的反應測試：

依照資料製作方式，我們以 6ml 的乙醇和 18ml 的濃硫酸混合，在抽風櫃中加熱；我們將電磁加熱器轉到刻度”七”，攪拌定在刻度”三”。並以溫度計深入乙醇及硫酸混合溶液中。當加熱溫度到達 180 度時，將管子接至 0.1M 50ml 的過錳酸鉀溶液瓶裡，等到過錳酸鉀水溶液褪色並逐漸變成透明，雖然實驗過程及結果很順利，如圖三與圖四所示，但是我們仍有些許疑問需要解決！



圖三



圖四

### (四)、製備乙烯過程的改良：

- 1、當然影響過錳酸鉀變色的原因，或許不單單只是乙烯的製成。反應瓶內的乙醇受熱而逐漸蒸發，也是會參與過錳酸鉀的反應。因此我們決定在反應瓶和集氣瓶之間加一個過濾瓶，直接以乙醇(98.7%)當作過濾液，過濾瓶上端的接管需深入乙醇濾液中，另一端則是接在集氣瓶(過錳酸鉀瓶)的接口上。室溫下過濾瓶中的乙醇液(98.7%)，不僅可以將氣化的乙醇冷凝，同時將在 140 度可能產生的乙醚也一起被濾掉，所以得到的乙烯純度就變得更高了。



圖五

2、改良前後的結果對照：

之後將我們做的實驗在改良前後作比較，就會發現改良後有很大的差別：

(1)、原實驗 (原先無乙醇過濾瓶的實驗紀錄)：

<反應瓶 1> 溫度	顏色 變化	備註
75°C	透明	氣體產生(蒸發)；生成的氣體直接通入集氣瓶中
91°C	米黃	反應瓶內陸續有氣體生成
145°C	米黃	反應瓶內有氣體生成；資料顯示有乙醚氣體產生
176°C	土黃	液體沸騰
185°C	深黃偏咖啡	資料顯示此溫度可生成乙烯，直接和過錳酸鉀反應， 過錳酸鉀顏色變淡
195°C	咖啡色	氣體生成加劇
200°C	全黑冒泡	過錳酸鉀與生成氣體反應由紫黑色→咖啡色越來越淡
200°C ↑	黑色固體	最後→透明無色

(2)、有或無乙醇過濾瓶實驗結果的比較：

甲組 (無經乙醇瓶過濾)

<反應瓶 1> 溫度	顏色 變化	時間
初溫 37.5°C	透明(淡黃)	2:30
145°C	深黃	3:25
150°C	褐	4:06
160°C	咖啡	4:15
170°C	近黑	4:45
180°C	黑	5:23
200°C	黑色泡沫	6:08
200°C ↑	黑色固體	6:08~8:16
《集氣瓶 3》 過錳酸鉀	<b>沒經乙醇瓶過濾</b>	
	顏色	時間
	紫	0:00
	咖啡	7:40
	淡咖啡	8:02
	透明	8:16

乙組 (有通過乙醇瓶過濾)

<反應瓶 1> 溫度	顏色 變化	時間
初溫 37.5°C	透明(淡黃)	2:26
145°C	深黃	3:20
150°C	褐	4:00
160°C	咖啡	4:09
170°C	近黑	4:38
180°C	黑	5:19
200°C	黑色泡沫	6:01
200°C ↑	黑色固體	6:01~12:17
《集氣瓶 3》 過錳酸鉀	<b>有經乙醇瓶過濾</b>	
	顏色	時間
	紫	0:00
	褐咖啡	<b>8:19</b>
	咖啡	<b>9:24</b>
	透明	<b>12:17</b>

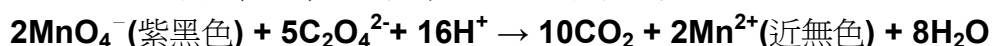
3、改良的結果：由上表甲組與乙組的實驗得知，未經過乙醇過濾瓶的過錳酸鉀(甲組)反應時間較快，而經過乙醇過濾瓶的過錳酸鉀(乙組)反應時間明顯較慢，也證明當初懷疑過錳酸鉀可能也會受到反應物乙醇(bp=78°C)直接蒸餾出來影響而褪色是對的；改良後，經過乙醇過濾瓶的過濾，直接濾掉反應物蒸餾出來的乙醇，且 140 度產生的氣態乙醚亦先溶於乙醇過濾瓶中；所以，能確保與過錳酸鉀反應的氣體就是乙烯了！

## 二、乙烯與氧化劑的反應：

### (一)、測試過氧化氫的與乙烯的反應：

我們希望將乙烯用氧化劑反應掉，因此選擇了以下兩種氧化劑作比較：

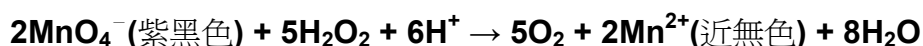
- 1、過錳酸鉀：屬於強氧化劑，我們一開始檢驗乙烯時就使用過錳酸鉀。但是它含有重金屬錳元素，因此在日常生活中的應用上較不實用。
- 2、過氧化氫：屬於強氧化劑，與過錳酸鉀相比，優點在於它反應後的產物沒有毒性(生成的產物為水和氧氣)，比較沒有污染的問題，在日常生活中的應用上比較實用。
- 3、定量的過錳酸鉀(0.1M)先用標準的 0.1M 草酸鈉標定過：



- 4、過氧化氫的與乙烯的反應：

因為過錳酸鉀與乙烯反應後的顏色有明顯變化，易於觀察及定量；但過氧化氫與乙烯皆為無色，所以在過氧化氫與乙烯的反應之觀察與定量方面，我們計劃以反滴定的方式，滴定與乙烯充分反應後剩下的過氧化氫，就能得知過氧化氫是否反應及剩下過氧化氫的量！我們取 50ml(未標定且同一瓶)的過氧化氫，直接通入乙烯 5 分鐘，得到的結果(表一)；同條件下，也同時做過氧化氫的空白實驗作比較(表二)：

過錳酸鉀與過氧化氫反應式：



(表一)

	通入乙烯前過氧化氫的量	通入乙烯後過氧化氫的量
以 0.1M 過錳酸鉀滴定	消耗 0.1M 過錳酸鉀 198ml	消耗 0.1M 過錳酸鉀 148ml

(表二)

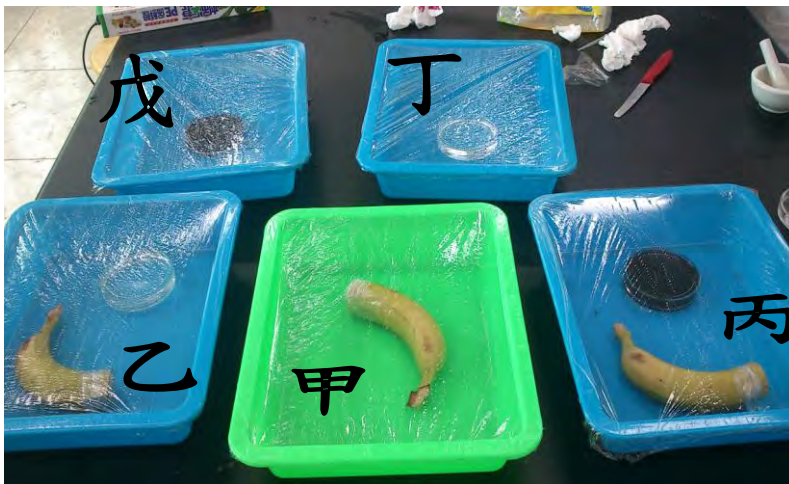
	5 分鐘前過氧化氫的量	5 分鐘後過氧化氫的量
以 0.1M 過錳酸鉀滴定	消耗 0.1M 過錳酸鉀 198ml	消耗 0.1M 過錳酸鉀 196ml

- 5、所以由上表一、二的滴定結果得知，通入乙烯後，過氧化氫所消耗 0.1M 過錳酸鉀的量明顯減少，證明乙烯確實能與過氧化氫反應！

### 三、實際應用與觀察的結果：

#### (一)、測試氧化劑與微量乙烯(水果)的反應：

- 1、上述的實驗證明了乙烯在高濃度的情況下，與氧化劑(過錳酸鉀、過氧化氫)的確能反應，於是我們嘗試實際運用在水果上，看氧化劑是否也能與水果釋放微量的乙烯發生反應，並有效地使水果較緩熟成；爲了易於觀察且取得方便，我們選擇台灣特產—香蕉(熟成外表易變黑)，先當作本次研究的先鋒，研究的過程及數據可以陸續保留，並作爲日後研究其他水果的參考依據。
- 2、首先我們將過錳酸鉀、過氧化氫兩種強氧化劑分別放入蒸發皿與同串黃綠色的香蕉一同放在保鮮膜包覆所製作的密閉環境中，觀察香蕉的熟成現象，並有一組對照組(相同環境，同串香蕉，塑膠盆內無任何強氧化劑)及空白實驗(相同環境，不放香蕉，塑膠盆內只放強氧化劑)。五個塑膠盆中分別放入：(如圖六)  
甲: 香蕉(對照組)  
乙: 香蕉及過氧化氫(同瓶) 50ml  
丙: 香蕉及過錳酸鉀(0.1M) 50ml  
丁: 過氧化氫(同瓶) 50ml  
戊: 過錳酸鉀(0.1M) 50ml



圖六

- 3、分成的五組每天除定時觀察香蕉外皮顏色變化外，並且分別將香蕉切片後測量其甜度，再將切口以保鮮膜密封後，再置回塑膠盒內密封。其中測量甜度的方法是將各組香蕉切片(不含香蕉皮)後，分成新切面和舊切面\*(前一天測量時所切的切面)，分別搗成泥狀並加入 5ml 的水，使其均勻混和後方便在甜度計上測量香蕉的甜度同時測得香蕉的酸鹼值(PH 值)。如圖七，圖八  
\*(註: 舊切面及爲前一天之新切面)





圖七



圖八

4、三天後，我們再將乙、丙、丁、戊各組的氧化劑分別做滴定：

- (1). 塑膠盆內的過氧化氫選擇用標定過的 0.1M 過錳酸鉀水溶液定量滴定
- (2). 塑膠盆內的過錳酸鉀選擇用標準的 0.1M 草酸鈉水溶液定量滴定
- (3). 滴定結果如下表所列：

	對照組(盆內無香蕉)	實驗組(盆內有香蕉)
滴定實驗後的過氧化氫，所需 0.1M 過錳酸鉀水溶液的量	42.4ml	35.3ml
滴定實驗後的過錳酸鉀，所需 0.1M 草酸鈉水溶液的量	38.7ml	37.5ml

5、由上述結果發現，滴定實驗後的過氧化氫，其對照組及實驗組有明顯差距(相差 7.2ml)，如預期過氧化氫確實有與香蕉所散發的乙烯氣體做非勻相的反應，且效果顯著。

6、但是在滴定實驗後的過錳酸鉀，其對照組及實驗組只相差 1.2ml，重複實驗結果依舊；不禁讓我們懷疑，理論上，香蕉所散發的乙烯應該是微量的，過氧化氫是否消耗太多？還是過錳酸鉀反應太少(反應太慢)？可以確認的是，兩種氧化劑在微量的乙烯中，是可以用反滴定的方式作初步的定量！

## (二)、氧化劑與微量乙烯(水果)反應後的結果：

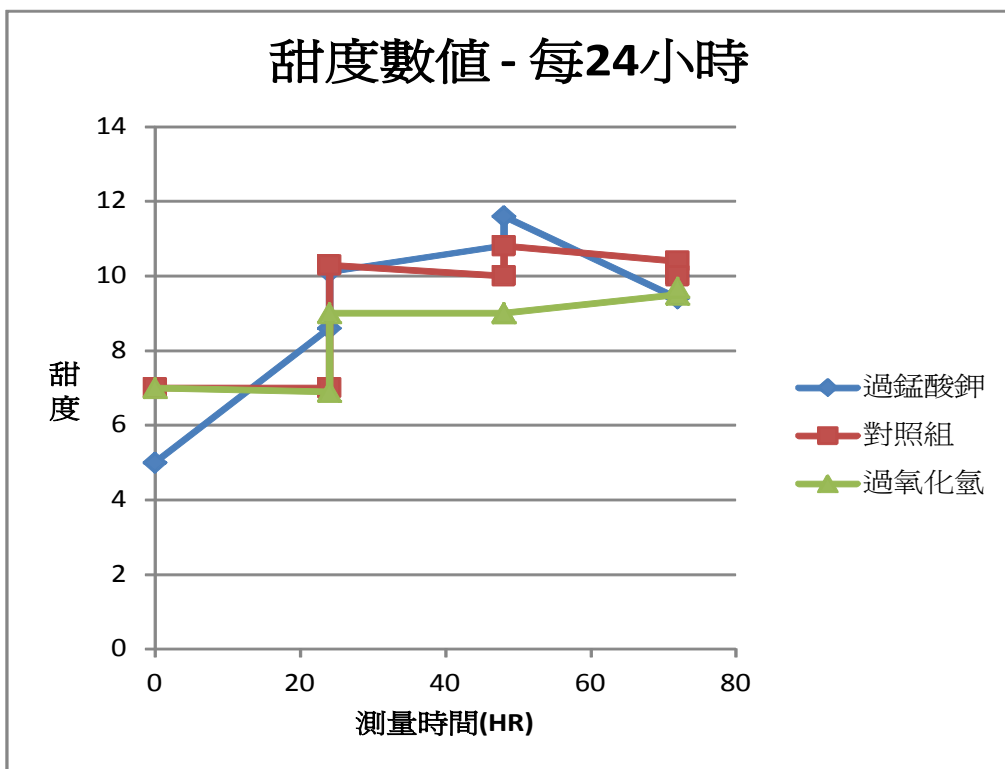
- 1、外表熟成的觀察結果：就香蕉外表的熟成上(外表變黑)看來，乙組(香蕉及過氧化氫)只花兩天的時間，就比甲、丙兩組明顯較早熟成(變黑)(如圖八)。觀察結果出乎我們意料之外，且與我們的預期相反，過氧化氫的強氧化劑功能(雖然吸收乙烯氣體的效果良好)已經無法發揮抑制熟成的效果，反而有成為水果催熟的嫌疑。
- 2、另外，讓我們出乎意料的，就是每天切片所測得甜度(測 Brix 值)，丙組(香蕉及過錳酸鉀)，比甲、乙兩組在開始的第一天時，甜度有明顯增加，但實驗到第三天時其甜度卻又下降了。我們做了表格及圖表(圖九~圖十二)

圖九：測量各組香蕉的甜度值 (Brix)

測量時間(HR)		丙組(過錳酸鉀 +香蕉)	甲組(香蕉)	乙組(過氧化 氫+香蕉)
0		5	7	7
24	舊切面	8.6	7	6.9
24	新切面	10.1	10.3	9
48	舊切面	10.8	10	9
48	新切面	11.6	10.8	9
72	舊切面	9.4	10.4	9.5
72	新切面	10	10	9.7

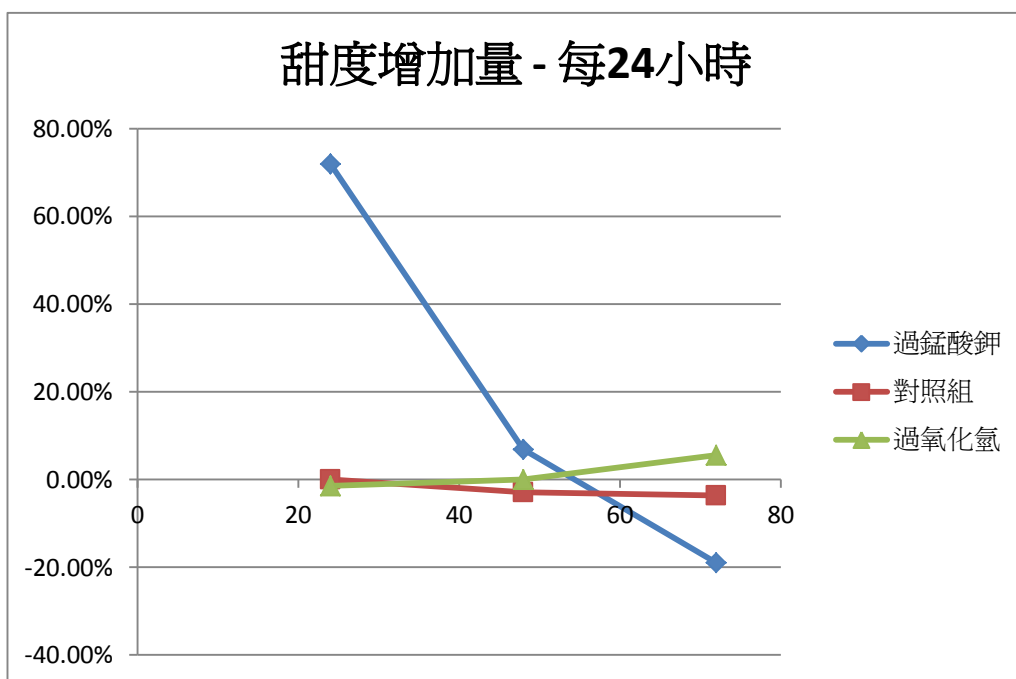
圖十：測量各組香蕉的酸鹼值 (PH 值)

測量時間(HR)		丙組(過錳酸鉀 +香蕉)	甲組(香蕉)	乙組(過氧化 氫+香蕉)
0		5.41	5.43	5.40
24	舊切面	5.28	5.40	5.42
24	新切面	5.21	5.22	5.32
48	舊切面	5.18	5.28	5.36
48	新切面	5.16	5.20	5.34
72	舊切面	5.25	5.30	5.35
72	新切面	5.28	5.32	5.38



圖十一(因每天會有新舊兩個切面，所以每個時間點會有兩個數值)

3、比較之後，我們再更進一步的將它製成甜度的成長百分比率(新切面甜度數值減舊切面甜度數值除以舊切面數甜度值) 如圖十二



圖十二

4、由上述圖表可以發現，雖然乙組(過氧化氫)在香蕉外表上出乎我們意料，看起來比較早熟成(較快變黑)，但在甜度上與對照組卻沒有太大的差別。反而是丙組(過錳酸鉀)，

它的香蕉外觀雖然與對照組差不多，但在香蕉內部的甜度上卻有明顯變化，而有偏酸的情形，這樣的結果我們將在**實驗結果及討論**中再做進一步探討與說明。

## 伍、實驗結果與討論

一、在製備乙烯前，原本考慮直接購買乙烯氣體鋼瓶，但因涉及器材購買及儲存安全等問題，所以改為以自備方式。參考收集的資料，經我們實際操作後，發現了一些問題，並將操作的過程改良，我們在〈反應瓶 1〉與〈集氣瓶 3〉的中間加入 98.7%乙醇的〈過濾瓶 2〉，實驗結果印證了當初的懷疑，反應過程中反應物乙醇真的有部分直接氣化，並參與集氣瓶中過錳酸鉀的氧化作用，會造成誤差來源，經改良後的結果，不但得到較純的乙烯，而且也確定集氣瓶中過錳酸鉀的褪色是乙烯所反應造成的，未來計畫可以進一步研究，在固定的加熱溫度，一定的收集時間內，利用此方法對產生的乙烯作定量的分析。

二、雖然我們沒有精密的儀器來檢定反應的結果。但是我們利用高中課程所學的知識去做測定選用的氧化劑與乙烯是否能反應及反應前後的變化，我們使用反滴定的方式來定量預測的結果。得到的結果皆能證實我們的預測是對的。

三、本次實驗的目的就是希望能實際將氧化劑運用在水果運送途中或者能長期保存水果，當氧化劑能有效減少空氣中的乙烯含量，以期達到延緩水果熟成的目的。由於氧化劑與乙烯反應為非勻相結合，所以我們先挑選較強的氧化劑：過錳酸鉀及過氧化氫(因二鉻酸鉀毒性高且為管制藥品、較難取得所以刪除)。而過錳酸鉀雖含重金屬元素但是在滴定過程中，顏色變化明顯，當作定量滴定时非常好用，亦可與過氧化氫相互比較。實驗的結果，也印證了我們選擇的氧化劑是能將乙烯反應掉的，雖然沒有精密儀器進一步偵測乙烯與氧化劑反應後到底殘餘多少，但是至少達到我們當初預期，選擇的氧化劑能有效降低乙烯的濃度。

四、最後在實際的應用上，將氧化劑直接去吸收水果所釋放微量乙烯的階段，部分結果是超出我們所預期的，因為就我們實驗的結果來看，過氧化氫與過錳酸鉀或多或少都有達到吸收乙烯、降低乙烯濃度的目標(密閉置於香蕉盆的過氧化氫的量與過錳酸鉀的量皆有減少)。令人訝異的是，香蕉釋放的乙烯被氧化劑吸收了，香蕉應減緩熟成，但實驗結果卻明顯表示出相反的結果，其中：

- 1、密閉置於香蕉盆的過氧化氫減少量最多(差 7.1ml)，反而促使水果外表熟成(提早變黑)，而香蕉內部的甜度成長率卻與對照組相差不多，讓我們不禁反向思考，是因為過氧化氫對香蕉釋放的乙烯反應吸收太快(因為同狀況下，過氧化氫反應的量最多，代表在固定時間內反應掉較多量的乙烯)，且相對於香蕉外表不斷釋放乙烯的速率亦增加(因為過氧化氫會釋放氧氣使香蕉的呼吸率增加)，快速的新陳代謝，反而導致香蕉外表更快熟成(提早變黑)。
- 2、反觀過錳酸鉀這組，在同狀況下，密閉置於香蕉盆的過錳酸鉀反應的量最少(差 1.2ml)，與過氧化氫比較，應該在吸收香蕉釋放的乙烯速率比較慢(因為香蕉在密閉盒中，氧氣較少，使香蕉的呼吸率變低，形成的乙烯亦較少)，所以香

蕉外觀與對照組相近。但是，有趣的是，香蕉內部的甜度卻先大增而後甜度增加率卻逐日遞減，這其中可能是過錳酸鉀能有效促使香蕉外表減緩熟成，香蕉呼吸率降低，代謝較差，香蕉內部酸性物質增加，反而短時間促使香蕉內的澱粉快速分解，而甜度於初期的第一天時間內明顯增加。而當香蕉內部固定量的澱粉反應完後，自然香蕉的甜度增加率也就慢慢下降了。

## 陸、結論

- 一、利用乙醇與濃硫酸混合物高溫(200 度)加熱製備出乙烯，並且利用乙醇過濾瓶來提升乙烯氣體的純度。
- 二、選出強氧化劑過錳酸鉀以及過氧化氫作為乙烯吸收劑，並藉由反滴定的定量方式，印證兩種氧化劑在高濃度乙烯或是香蕉所釋放低濃度乙烯的環境中皆能有效吸收乙烯，使乙烯濃度降低。
- 三、實際運用到香蕉熟成過程中，氧化劑雖然如預期使乙烯濃度下降，但是吸收太快(如過氧化氫組)，反而加速香蕉的代謝，不僅無法防止乙烯的熟成，反而加速香蕉的催熟！吸收太慢(如過錳酸鉀組)，雖然有延緩香蕉熟成跡象，但是呼吸率下降，形成的酸化，反而加速香蕉內部澱粉的分解，甜度增加率逐日遞減，也就使我們的水果甜度增加的時間縮短。
- 四、證明了我們選擇的氧化劑的確能與水果所散發的氣體做非勻相的反應。

## 柒、未來與展望

我們已經能在實驗室製備出高純度的乙烯，未來希望能進一步定量乙烯氣體。乙烯雖然是促使水果熟成的主因之一，但是從參資料得知，外在溫度的高低、氧氣的有無等，也會影響水果的熟成，若單方面想控制某個變因，達成自己的預設目標，雖然方法簡單方便，但是也容易顧此失彼，形成偏差，而達不到自己想要的結果。本次實驗最後的結果雖然與預期有差距，不過讓我們學習到，過與不及，都有它的優點及缺點，對本次研究而言，我們當然希望呈現完美的一面，但是我們也不遮掩意想不到或是相反的結果，畢竟自然法則是不能太強求的，只有不斷地從實驗中提出質疑，努力去印證，其實收穫與經驗才是無價的！未來我們仍有信心，再繼續改良實驗方式，找出最好的方法能減緩水果的熟成，並有效的將其方法有效地量化使用在目前農業上。

## 捌、參考資料及其他

- 一、高中基礎化學(一)、
- 註二、葉名倉 (2011) 高中基礎化學(二) 台南市：南一
- 三、葉名倉 (2011) 高中基礎化學(三) 台南市：南一

### 高中選修化學

(上)(下)

- 二、全華版高中選修生物(上) 第四章：植物的生殖、生長與發育
- 三、國立屏東科技大學 農園生產系 果樹學實習講義第十三章 後熟作用及香蕉催熟處理
- 四、中國大陸高中化學課程及實驗(乙烯的製作)
- 五、中華民國第四十九屆中小學科學展覽會，高中組化學科，乙烯吸收劑，新北市私立東海高級中學，朱殷漢等人，指導老師：陳偉名等

## 【評語】 040204

本研究以過錳酸鉀或過氧化氫氧化乙烯的實驗檢驗香蕉的「熟度」，卻沒有標準的反應檢驗定量數據，反而直接以乙烯的變化，企圖歸納「甜度」與「熟度」，有些文不對題的顧慮。基於香蕉王國的主場建議以最佳鄉土素材鼓勵。