

臺灣二〇〇三年國際科學展覽會

科 別：植物學科

作品名稱：橘子甜了

學 校：國立臺南女子高級中學

作 者：郭舒文、林家仔

作者簡介



林家仔—小時候，我是個愛做夢的女孩，醉心於自然世界的奇麗奧妙，曾經爲了一探煙火絢爛的究竟以及電器的結構而將其肢解，雖然結果總令我的遐想破碎，但也因此在好奇中漸漸培養出對科學的興趣。長大後，漸漸對科學有了了解，一點一點累積知識，希望在未來，也能替我所愛的科學，貢獻一份心力。

郭舒文—從國小二年級湊巧進入資優班開始至今，我一直處在資優班環境的薰陶中，從不間斷的科學活動及研習不僅引發了我對科學的興趣，也讓我對科學界的新發現也總能比其他人先了解。這樣子的環境替我奠定了深厚的基礎。進入高中後，每個星期的專題研究成了我的最愛，那自由的研究時間真是令人充滿期待呀！

壹、 摘要/Summary：

從研究抑制乙烯的實驗中碰巧得到的靈感，讓我們找到了水果中一種不可思議的變化，水果在撞擊之後乙烯量會增加，因而帶動水果的糖度上升，甜度增加!! 我們利用水果內的逆境機制，使得水果在外界刺激之下（如：撞擊），出現加速成熟的效果。我們經由多次的實驗，在各種水果的數據中，分析變甜的原因，及與乙烯量增加、pH 值下降的相互關係。並且找出除了搖動外，其他可以使水果糖度增加的方式。有了這些方法，我們可以在家中自行加工水果，使未成熟的水果快速成熟、使已經成熟的水果更甜，再也不會因非產季而妨礙到吃的興致!!

We get an inspiration form the experiment for controlling ethylene. We find an unimaginably different change of fruits. After ramming, the amount of ethylene in the fruit will increase. This makes the sweet degree of the fruit increase, and it tastes more sweetly!! With adversity system of fruit, we make fruit ripe quickly by external excitement. (ex: ram) Through many experiments and the data of all kinds of fruits, we can assay the reason for fruits' becoming sweeter, and interrelation between increasing ethylene and decreasing pH value. And find other ways except for shaking to make sugar degree rise. With these ways, we can process fruits by ourselves at home. We can make unripe fruit mature quickly, make ripe fruit sweeter, and we will no longer be obstructed to eat fruit even if it won't be produced in that season.

貳、 研究動機：

- 一、 地球村的模式正在形成，未來這個世界的所有物品都將可以互相流通，在不耗費運輸成本的前提下，如何將蔬果最佳的賞味期限內，從地球的這一端送到另一端呢?
- 二、 從資料的搜尋，我們發現乙烯是促使蔬果成熟的因素之一，找出抑制乙烯生長的方法就可以減緩果實的後熟作用。
- 三、 在研究的過程中，礙於知識背景的不足，屢屢無法突破理論而進展到實驗的階段，在這個時候，我們發現了一種讓乙烯量增加的方法!!—搖動。
- 四、 由於這個發現，引發現在的研究方向：水果搖動後會變甜?!

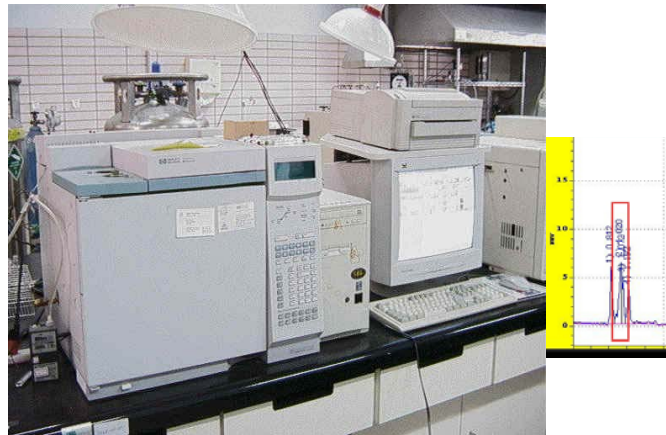
參、 研究目的：

- 一、 水果搖動前後乙烯量是否改變?
- 二、 乙烯量改變所帶來的變化。
- 三、 水果在搖動後是否會變甜?
- 四、 除搖動外是否上有其他使水果變甜的方法?
- 五、 水果搖動後各種參數的改變。

~水果內一種無法想像的變化~

肆、 主要研究設備器材：

一、測乙炔的機器（GC-FID 氣相層析儀【F I D 偵測器】）



二、屈折式糖度計: ATAGO N-1 α

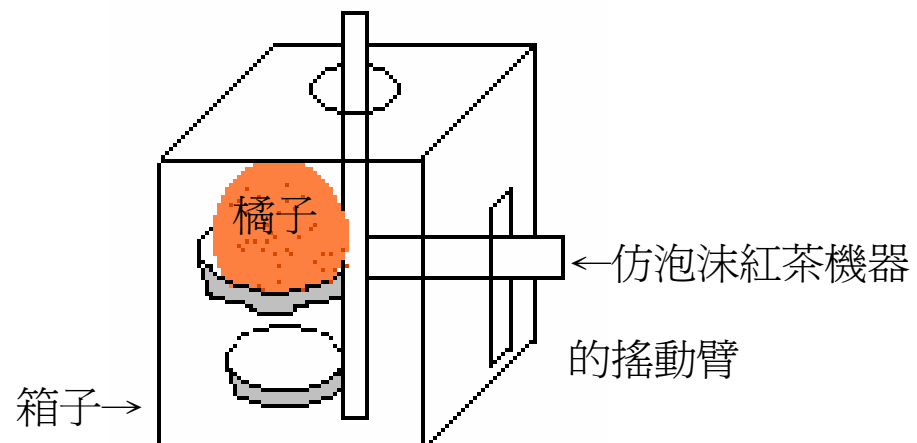


三、取汁用的針筒:

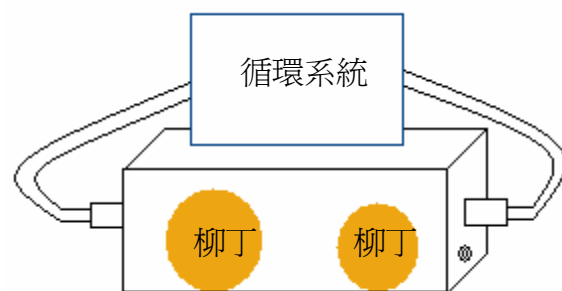


~水果內一種無法想像的變化~

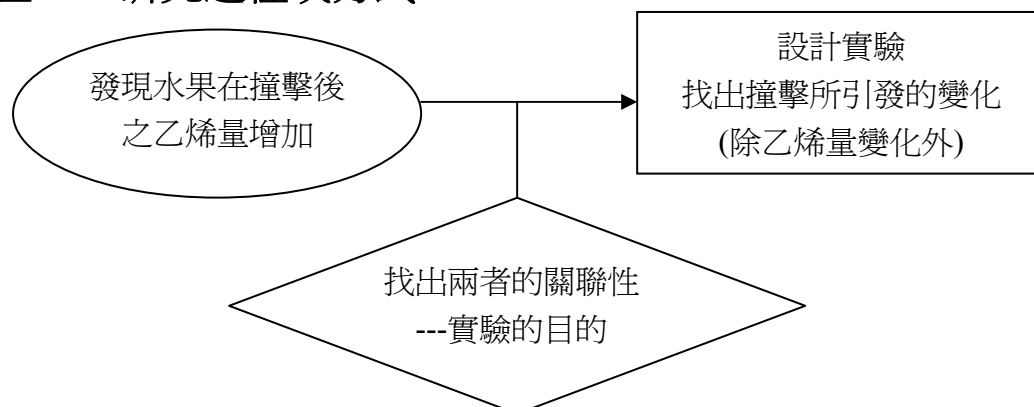
四、搖動的機器：



五、收集乙烯盒子



伍、 研究過程或方式：+

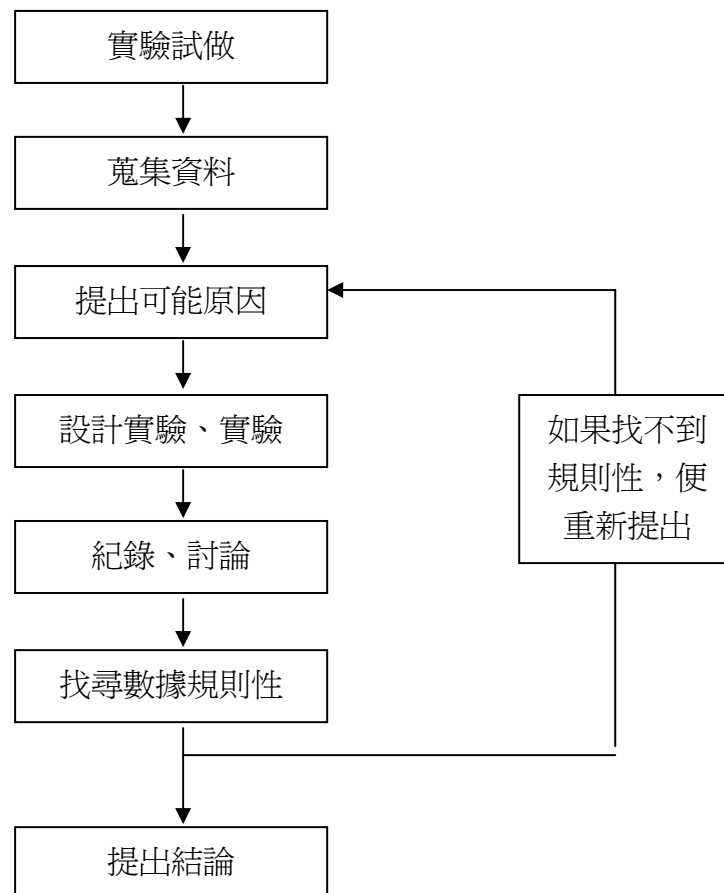


~水果內一種無法想像的變化~

一、實驗設計：

- (一) 將買回或摘回的水果，依各種實驗需要分堆放好。
- (二) 依不同的實驗，抽取搖動前/進特殊環境的果汁，測量其糖度/pH 值/乙烯濃度。
- (三) 之後將其搖動/放置進依實驗目的設計的裝置中（靜置一個小時），測量其糖度/pH 值/乙烯濃度。
- (四) 最後再根據實驗數據做討論。

二、實驗過程：



三、所提出之可能原因、及設計實驗：

- (一) 乙烯數據—發現乙烯量增加的該筆數據『放在附錄!!』
- (二) 實驗試做數據--表一、二。(以下增加有機酸的關聯性—pH 值的測量)
- (三) 果實是否成熟有無關聯—表三。
- (四) 橘子的上半部下半部真的因為地球重力而糖度有影響?—表四。
- (五) 而柑橘類、非柑橘類的差異又在哪裡?—表五、六。
- (六) 不同的搖動方式、時間會產生何種效果?—表七、八。
- (七) 增加外界含氧濃度，對水果之糖度、pH 值的影響—表九、十
- (八) 添加催化劑對採收後水果的影響—表十一
- (九) 組織破壞對採收後水果的影響—表十二
- (十) 果汁、果糖、果酸與半透膜—表十三
- (十一) 搖動後放置時間長短對糖度變化之影響—表十四、表十五

四、研究方法技巧：

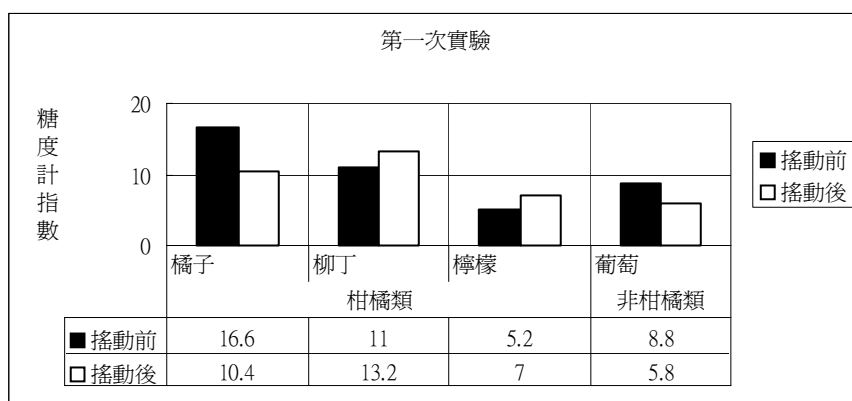
- (一) 加水裝備乙炔時，要小心控制倒入的水量和速度。
- (二) 注意乙炔加純氧會爆炸。
- (三) 爲了避免買來的水果在運送途中已受到搖動，所以從第五次實驗後的水果皆親自至水果產地摘取，非得購買時，必須到水果批發市場，挑選由同一果農在同一果園果樹栽種的水果（如此一來水果在裝箱前的外界因子較趨於一致）
- (四) 在等待後熟期時，水果要分開擺放，以防止乙烯擴散影響。
- (五) 先將水果清洗後（殘留水珠在水果上），再與未加水之乾電石擺放在一起，所“爆”出來的水果會比較漂亮。（果農對水果被催熟的動作稱之爲“爆”（台語））
- (六) 爲避免水果本身的糖度差異影響實驗，如使用針筒抽汁，皆在水果不同五處抽取，再求其糖度平均值

五、果汁取樣方式：

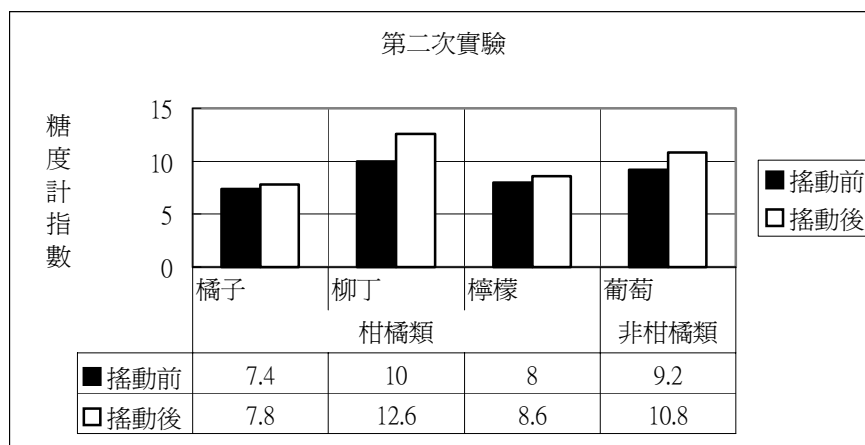
- (一) 用針筒：爲避免水果本身的糖度誤差，〈除了多用幾顆水果外〉，每一顆水果皆隨機選五個地方紮針後抽汁。
- (二) 用榨汁機：剝皮後，將其中幾瓣水果放入榨汁機中，取果汁測量；剩下的搖動後同法再測。

陸、研究結果：（以下數據皆爲整理過，完整數據收錄在附錄）

一、實驗試做數據：



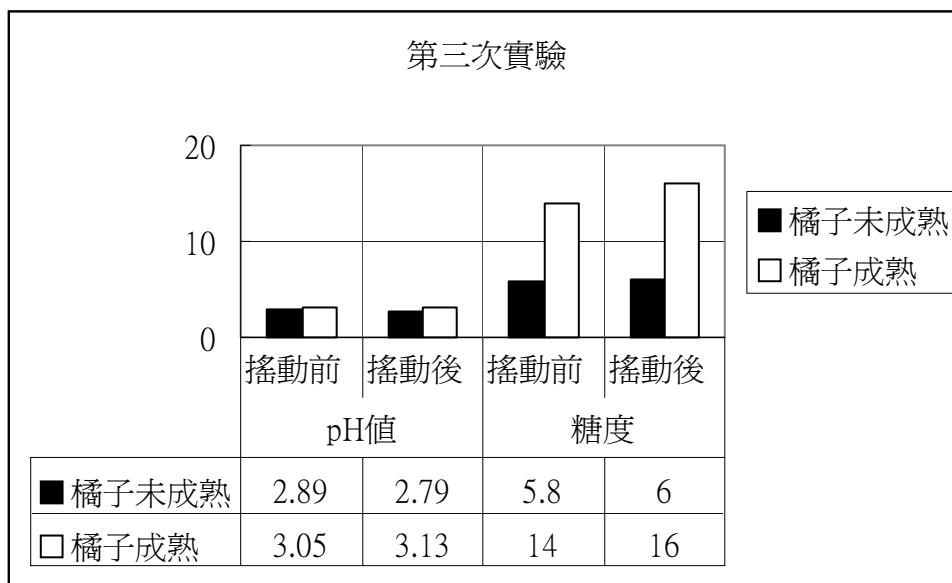
表一



表二

數據不盡理想，推測應是在抽取橘子汁時可能抽取到橘子“皮”汁。

二、成熟與未成熟橘子之糖度、pH 值比較：



表三

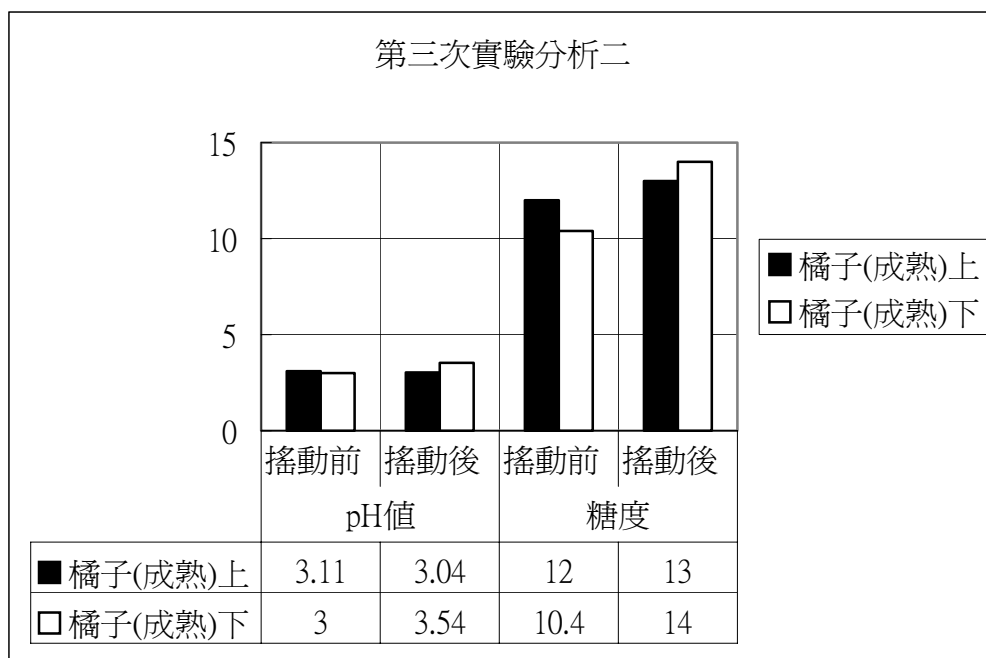
(一) 本次實驗目的為：

成熟及不成熟的水果糖度有何改變。

(二) 加入測試 pH 值，是為了解是否會使得有機酸被稀釋。

測有機酸：檸檬酸可用 pH 儀測定。(資料來源：大學生物實驗手冊)

三、橘子上部/下部之糖度、pH 值之比較：



表四

(一) 根據老爺爺的說法:橘子下方較上方糖度低。

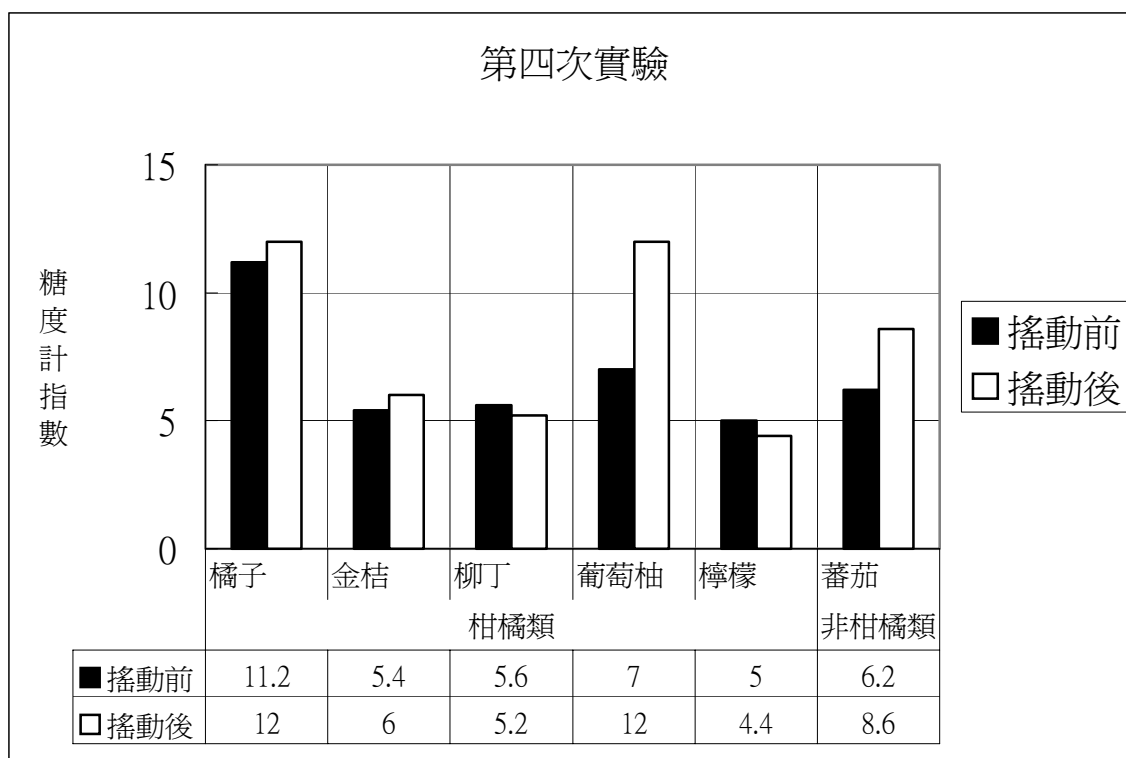
所以在搖動之後，果汁因上下混合使糖度有所變化!

(二) 表中【橘子(成熟)上】：表示在橘子上半部抽取的果汁

表中【橘子(成熟)下】：表示在橘子下半部抽取的果汁

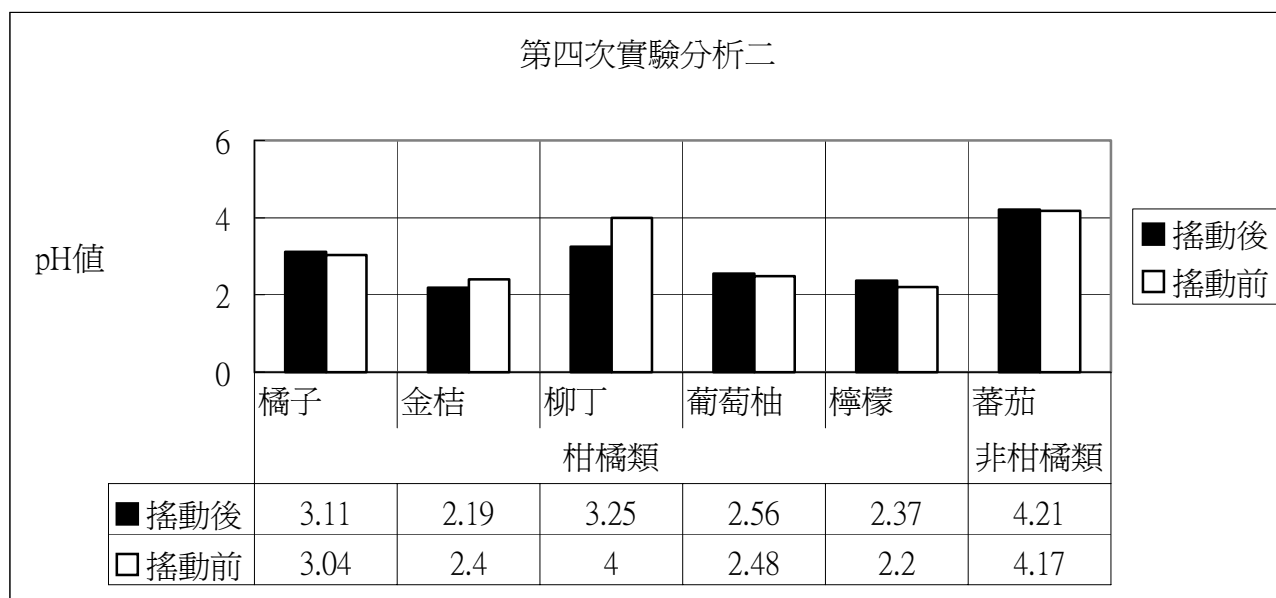
~水果內一種無法想像的變化~

四、 柑橘類、非柑橘類水果糖度之比較：



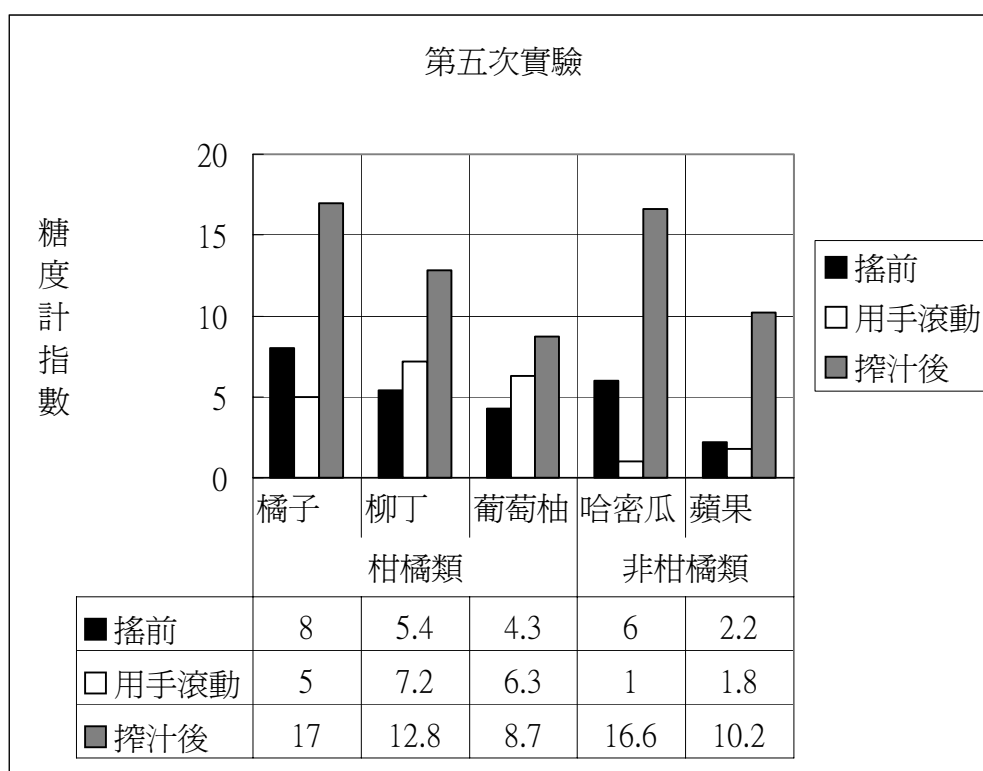
表五

五、 柑橘類、非柑橘類水果之 pH 值比較：



表六

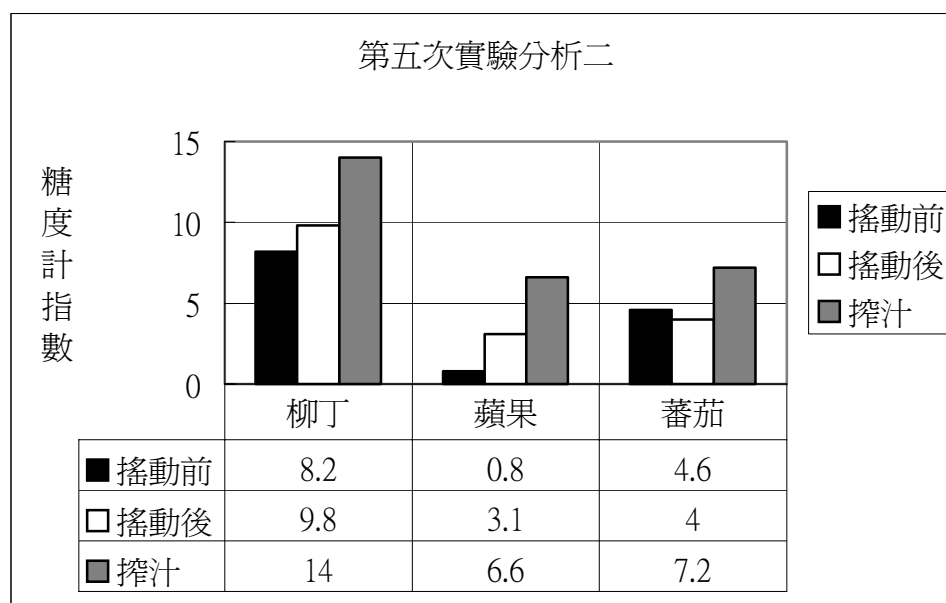
六、各種搖度之比較：



表七

- (一) 滾動的靈感來自生活智慧王（該節目曾提到：橘子搖動會變甜!）
- (二) 實際上，用手滾動效果並不好。

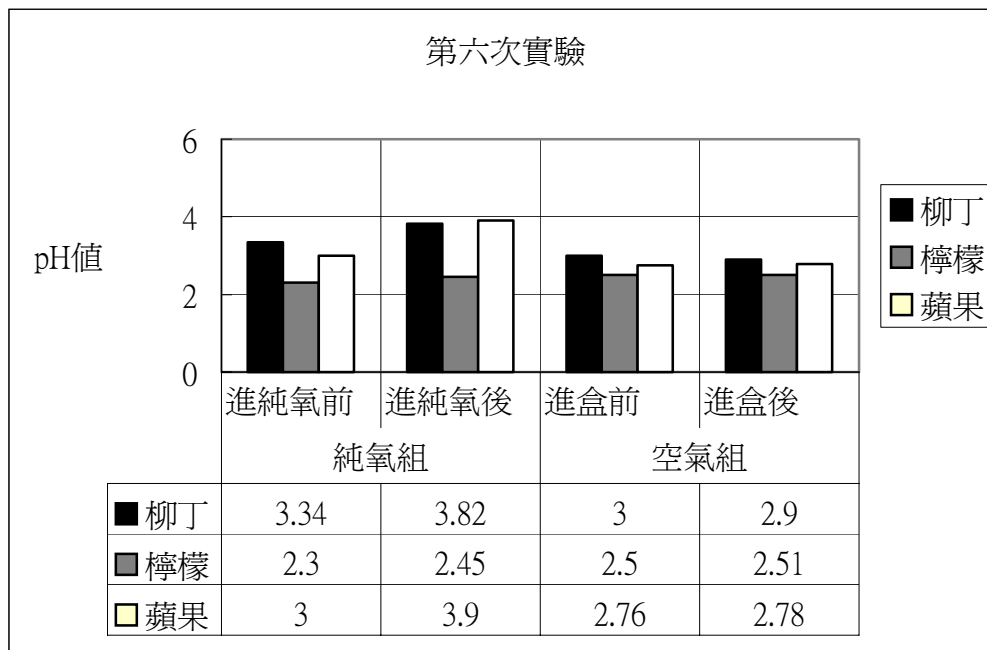
七、各種搖度之比較：



表八

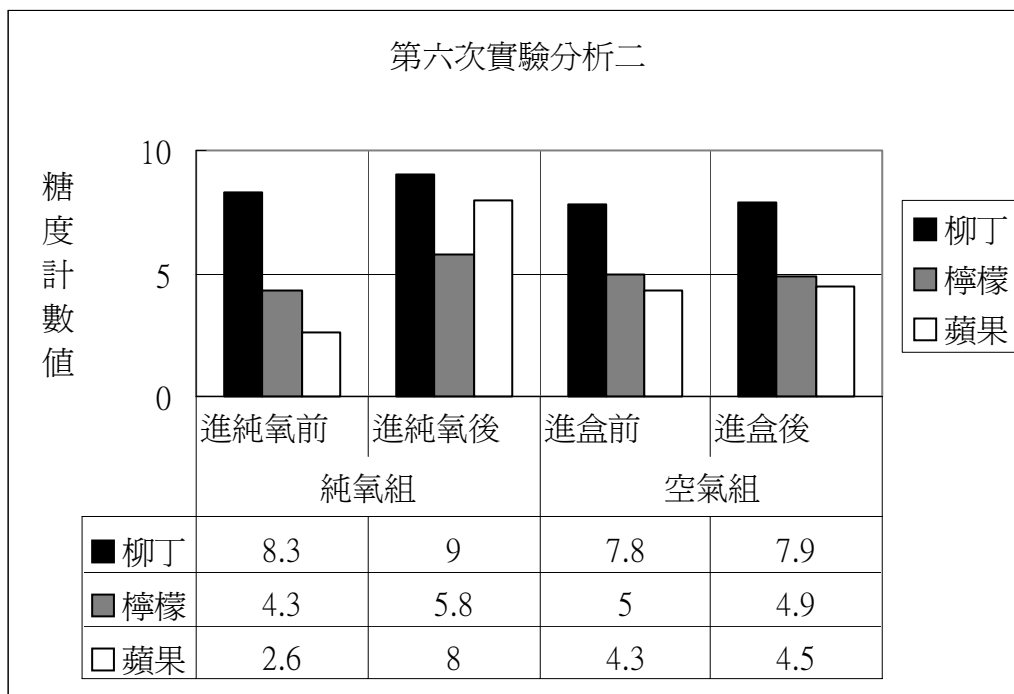
- (一) 由於第五次實驗時，已過橘子產期，故以柳丁替代
- (二) 此處的搖動為機器代替手動，結果較用手滾動
糖度的增加較有規律

八、水果對環境含氧量的影響之 pH 值變化：



表九

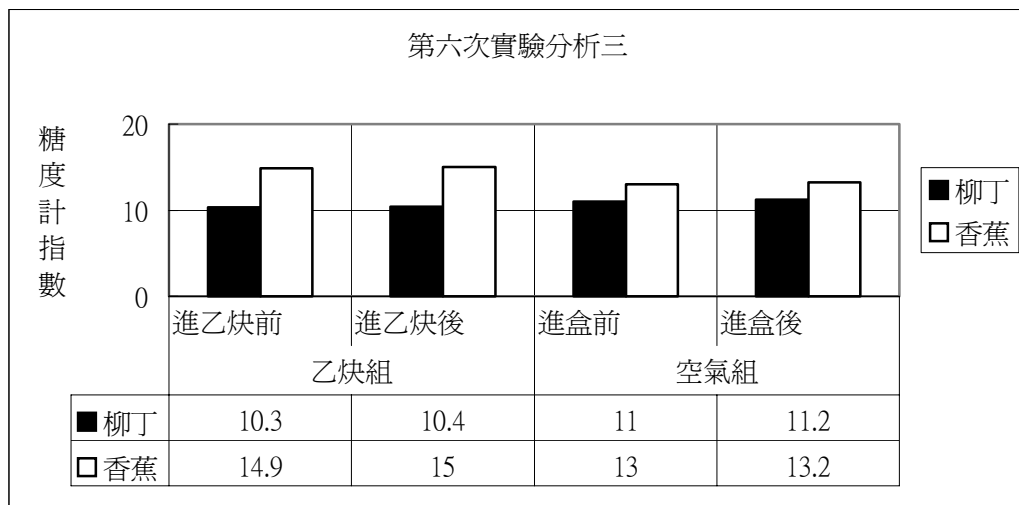
九、水果對環境含氧量的影響之糖度變化：



表十

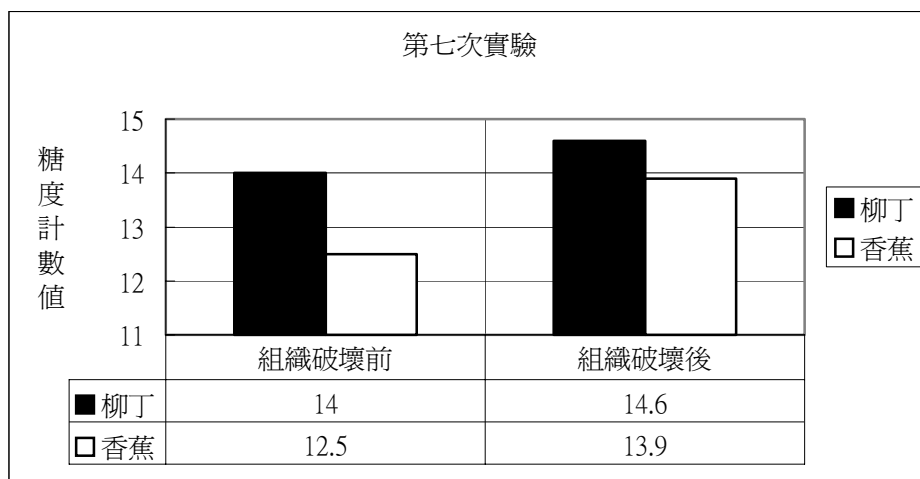
~水果內一種無法想像的變化~

十、水果對乙炔的反應：



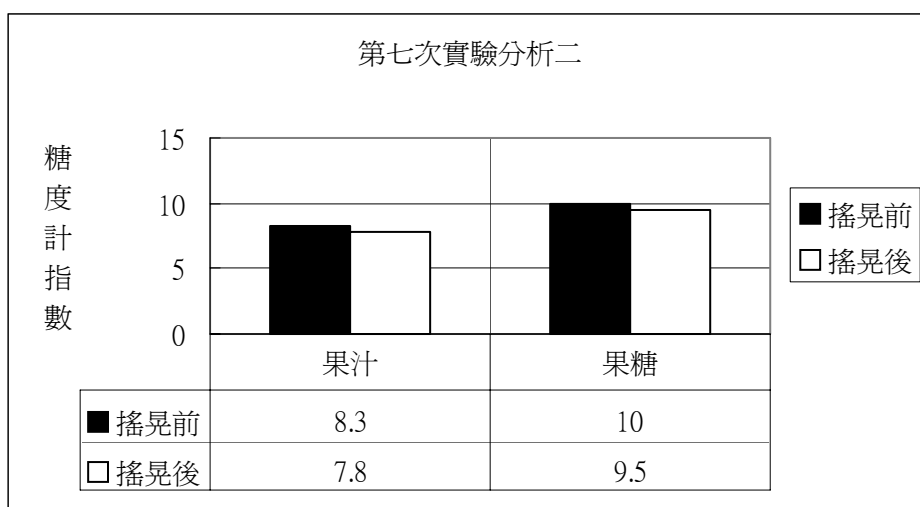
表十一

十一、 組織破壞對水果之影響：



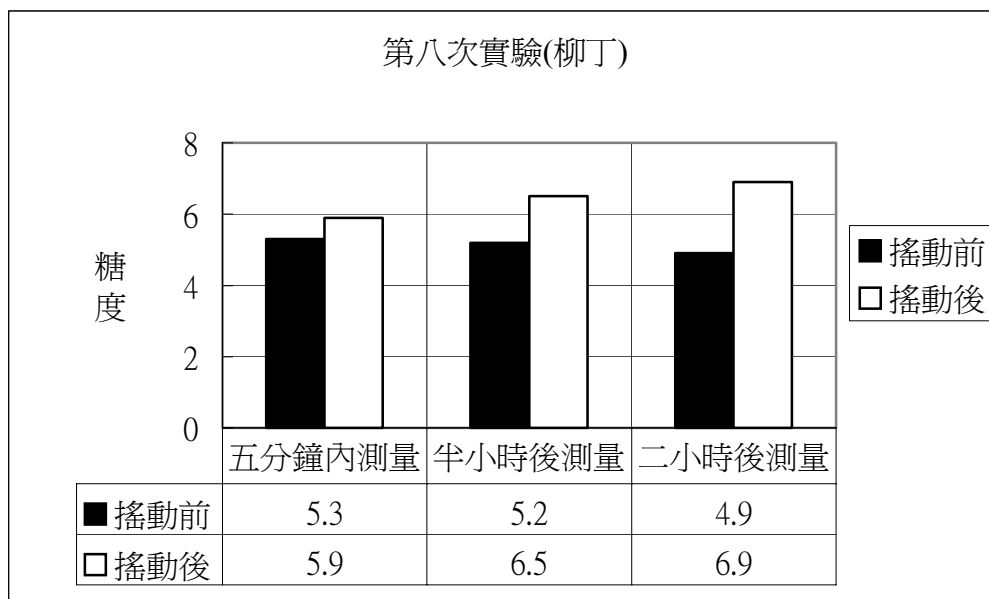
表十二

十二、果汁、果糖、果酸與半透膜：

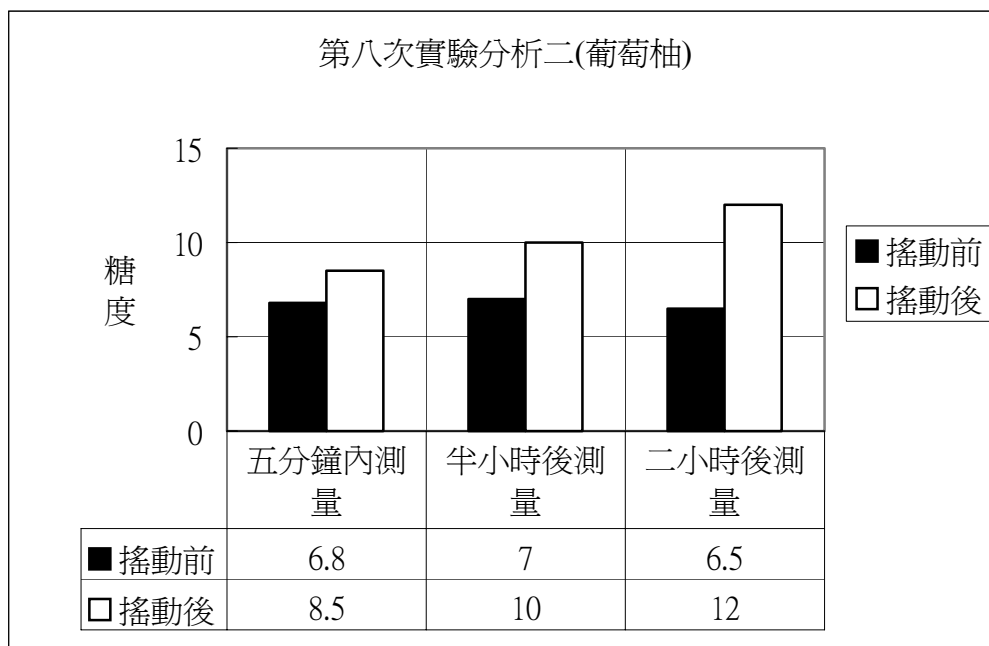


表十三

十三、搖動後放置時間長短對糖度變化之影響



表十四



表十五

- (一) 五分鐘內為抽汁所需時間，因水果不同而有所差異
- (二) 不論放置多久，皆有上升的趨勢
- (三) 且上升糖度的多寡，依時間長短而有所變化
- (四) 葡萄柚的效果比柳丁好
- (五) 雖然時間越長，糖度增加越多，
但由小見大，五分鐘內所測得之數據已足以做判斷

柒、 討論：

一、根據乙烯的數據顯示：

水果在搖動後，乙烯量會較沒有搖動過的水果高出許多。

二、根據參考資料顯示：

- (一) 呼吸速率的增強伴隨著澱粉分解（糖度上升）。
- (二) 乙烯是逆境激素，當水果遭遇逆境時由水果自行分泌。
- (三) 當水果外在組織遭到破壞時，微生物會在被破壞處生長，並製造乙烯。
- (四) 乙烯可以促使水果成熟(老化)，其機制為連鎖反應，當水果附近(內部)有乙烯生成時，水果會因此產生更多乙烯。
- (五) 水果在生長和成熟期間水果對母樹的光合作用及水分、礦物質的吸收有很大的依賴性，但是一經採收後，它們就變成以進行呼吸作用為主的獨立單位。而呼吸作用只消耗酸，不影響糖度的變化。
- (六) 橘子(柑橘類)為非更年期水果。
- (七) 外界增加乙烯量對非更年期水果所造成影響較大。
- (八) 雖然在數據上，通常乙烯量會隨著呼吸速率增加而增加，但兩者並非一定要同時進行，也可以單獨進行，而無另一行為。
- (九) 果農用電石氣、線香催熟水果

三、此推斷糖度上升大致有五種原因

- (一) 水果自身乙烯釋放量上升。
- (二) 組織破壞造成微生物滋生。
- (三) 氧化作用（澱粉分解、游離有機酸變固定有機酸）。
- (四) 水果內部經過搖動，果糖被搖出半透膜。
- (五) 催化劑的作用

四、為了詳細了解水果中不同參數的變化，我們做了以下幾種實驗：

- (一) 水果內糖度的變化量：利用屈折式糖度計，分別將搖動前、後水果中各取出 5 組果汁滴入糖度計中，將每一顆水果的 5 組數據加以平均，即為本實驗中所用糖度。
- (二) pH 值的影響：利用 pH meter 測量水果內的酸度，若 pH 會影響到水果的糖度，則酸度下降（pH 值上升）時糖度便會上升。
- (三) 乙烯釋放量：利用 GC 和所設計之收集乙烯之盒子，測量乙烯濃度在搖動前後的變化，若搖動後的水果之乙烯量有增加的趨勢，則表示水果對撞擊出現產生乙烯的反應，在對照其糖度變化量，即可找出乙烯是否使得糖度增加。
- (四) 表皮組織破壞：利用針筒把水果盡可能戳出許多洞，與表皮完整之水果做比較，若遭到破壞者的糖度有所改變，而無破壞者的甜度沒有變化，則表示水果的表皮遭到破壞會使的糖度改變。

- (五) 氧化作用(呼吸速率的改變):利用排水集氣法製造一個純氧的環境,將一組水果置於其內,另一組暴露於空氣中,半天之後兩相比較,若純氧環境中的水果糖度高於空氣中者、且 pH 值下降,則表示增加含氧的濃度會使得水果的呼吸作用加快,可能造成澱粉分解、固定酸的產生。
- (六) 半透膜:利用玻璃紙充當半透膜,將果汁、果糖、果酸分別放入,加以劇烈搖晃,再測量其中糖度、pH 值的變化。若果糖、果酸之數值與搖動前有所變化,則表示果糖、果酸可以被甩出半透膜,反之則反。而果汁若也有所變化,則代表此原因有可能發生!

捌、 結論：

- 一、從實驗中得知水果在搖動後糖度會有趨勢性的增加。
(意同成熟度增加、變甜!!)
- 二、推斷水果糖度增加的原因有三：
 - (一) 因為撞擊使得乙烯量有些許的增加,而增加的乙烯帶動水果中更多的乙烯生成,此舉動引發水果加速成熟,成熟的水果自然糖度上升、pH 值會下降。(催化劑也是應用這個原理,只是增加的乙烯為外界提供,非水果自行產生。)
 - (二) 因為撞擊使得水果內的糖胞組織受到破壞,因而將糖分釋放出來。
 - (三) 將水果所在環境加入氧氣或者破壞果皮組織,可使水果多接觸氧氣。呼吸作用加快,加速成熟。(澱粉分解、游離有機酸變固定有機酸)
- 三、排除其他因素後,若將水果在採收後加以搖動,放置幾個小時後會糖度上升,應該會比較甜。(數分鐘之效果較不明顯~但已足夠做實驗)
- 四、在各種不同的水果中,以葡萄柚的反應效果最佳。
- 五、排除其他因素後,若將水果種植在風大、多地震的地區,所長出來的水果應該會比較甜!^^

玖、 參考資料：

- 一、網路資料(如附)
- 二、高中三年級下學期 生物課本(龍騰版)
- 三、生物學(下冊) CAMPBELL
- 四、最新科學百科全書 陽明書局
- 五、科學腦小百科 兒童日報
- 六、食品生物化學 邱健人編著.--三版.--臺南市.--復文.--民 84[1995]
- 七、植物生理學

壹拾、感謝：

- 一、成大實驗室的教授出借儀器且協助實驗
- 二、嘉義大學教授提供資料
- 三、因科展認識的所有果農
- 四、所有幫助過我們的人

壹拾壹、 未來展望：

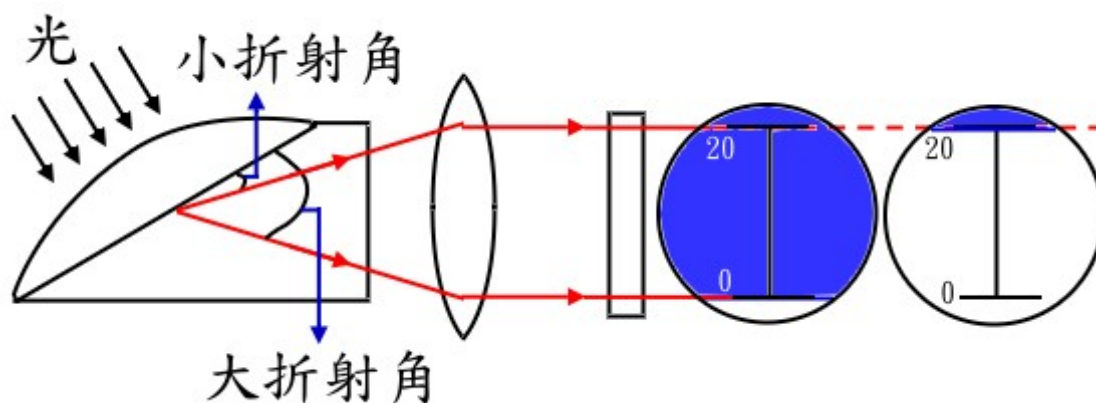
1. 將針對組織破壞對乙烯生成量的影響繼續研究（不單局限於糖度變化）
2. 找出完整的一套方法讓大家在家也可以自行“加工”水果，依個人喜好達到所想要的甜度，且可在希望食用時間讓水果成熟，不再受產季影響。

壹拾貳、 附錄

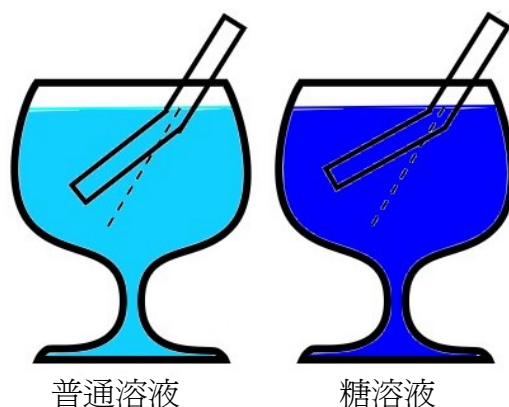
一、【名詞解釋】

（一）甜：是人類的感官味覺之一，由於甜對舌頭來說，只是一種與酸的相對比較，由於人類對酸的味覺比較敏感，所以即使甜度沒有增加，但是酸度降低，也會感受到東西“變甜”了；另外，不同種類的醣類組成比例也會使得舌頭有不一樣的感受。而面前尚未研發出儀器可以替代舌頭決定甜度，在此以測量“糖度”代替“甜度”。

（二）糖度：糖度計對糖度所下的的定義是水和糖的比例，係利用在糖度計上滴幾滴待測液，蓋上壓克力板形成一層薄膜，糖度的測定即是利用光穿過此薄膜的折射率。



糖溶液的折射率和糖溶液的濃度成比例，根據此原理，應用透射系統，得到折射率，通常測定果汁或其他食品中蔗糖的含量。



- (三) 果酸：果實的總酸量在樹上成長的期間可達到最高峰，而在儲藏期間下降，且幾乎完全受溫度影響，也伴隨總澱粉量的下降，結果產生糖類而造成水果的甜度。柑橘水果富於檸檬酸，成熟後趨向保留相當多的酸，這很可能因代謝作用較緩慢之故。
- (四) 乙烯：為水果散發出的揮發性物質之一，後來被學者認定它是一種可激發成熟作用的活性成分（藉促進纖維素酶的活性，水解果實的細胞壁而使果實成熟）。使用 1ppm 量的此種氣體就可刺激呼吸活性，誘導成熟作用的進行，並加速更年期的開始。無更年期的水果在收穫後，呼吸活性可在所有成熟期中被乙烯刺激，但更年期水果只能在特定時期有效（水果對乙烯的不同反應可歸因於它們產生此氣體的相對能力，因為如果水果內已存在充分量的乙烯，則進一步的添加就不會有預期的反應產生。相反的，由於非更年期水果產生乙烯的速率很低，故添加乙烯對它們就很有效）。

乙烯由於是氣態因此在植物激素中顯得很特別，它可以迅速地在細胞間隙中擴散，也可以在細胞質中移動，在共質系和韌皮部中由一個細胞傳輸到另一細胞，並產生反應，相較於其他植物激素，對於本實驗較重要的多。成熟的過程為連鎖反應，先是乙烯觸發老化，然後老化的細胞釋出更多的乙烯；因為乙烯是氣體，成熟的訊號會在果實間傳播；一顆壞的蘋果會壞了整果園的蘋果。更年期水果：有些水果在採收後會顯現呼吸活性突然增強的現象，稱之為更年期的水果，而其他水果則為非更年期水果，呼吸作用傾向於穩定的下降。

根據 Biale 的分類

更年期的水果	非更年期水果
蘋果	橘子
香蕉	柚子
芒果	檸檬
木瓜	鳳梨
芭樂	甜瓜

雖然 Biale 將柑橘分類為非更年期水果，但有一些報告指出將年華夏(Valencia)和華盛頓(Washington)種甜橙(navel orange)在快達到商業成熟度之前採收，會有轉變期上升出現，亦即呼吸作用的增強：伴隨乙烯產生的增加和顏色的改變，此種現象都屬無轉變期的水果所具有的特徵。

- (五) 激素：生物為了適應環境以求生存，對於外界環境的許多刺激必須有所反應，以便做各種必要的適應。動物會移動身體，所以有完整的器官來偵測外界改變，及作出反應。植物不會移動，而且沒有神經系統，但是他們對外界刺激還是可以利用激素做適當的反應。激素，在生物體內某部分組織或細胞內製造的有機物，而運至其他部分，即標的細胞產生生理效果。植物激素多數在分生組織中合成，借擴散作用或輸導作用運送到標的細胞。激素的主要功能是協調體內各部分的生理活動，無論是生長或發育均有密切關係。對抗外界環境刺激，激素也分擔反應刺激的功能以維護個體的安全。

二、【乙烯被發現的歷史】

最早認為生物可以放出某種氣體並且影響其他植物生長是

Cousin，他觀察到船艙中混裝的柑桔會放出某種氣體，提早香蕉後熟。現在我們當然知道乙烯的產生並非來自柑桔果實，而來自柑桔果實上滋生的黴菌，因為柑桔果實在沒有黴菌感染的情況下，其乙烯的生成非常低。柑桔果實感染黴菌會有大量乙烯的生成，經 **Biale** 和 **Miller** 等(1940)證實，是因為柑桔綠黴菌(*Penicillium digitatum*)會生大量乙烯。後熟的蘋果和梨使得馬鈴薯的芽體生長不正常，以及後熟的蘋果或放出氣體以刺激尚未成熟的蘋果進行後熟作用，當然，這些結果都是由乙烯所引起的。**Gane**(1934)利用化學方法證明了後熟的蘋果確實會產生乙烯。到了 1960 年代初期，由於偵測乙烯靈敏度非常高的氣相色層分析的推出，採收後生理學家遂證實了乙烯確實是一種後熟荷爾蒙。乙烯具有促使果實後熟的功能被確定以後，隨之便激發許多對於乙烯是否另有其他功能的研究。當眾人漸接受乙烯是種自然生成的植物荷爾蒙的同時，植物體或植物器官受到乙烯調節的過程也陸續地被發現。

三、【收穫後水果中的反應】

水果一經採收後，就變成以進行呼吸作用為主的獨立單位。呼吸作用是將位能轉變為動能的放熱效應，在有氧的情況下，碳水化合物被完全氧化成二氧化碳和水，並產生腺嘌呤核苷三磷酸鹽(ATP)；嫌氣性呼吸作用發生在無氧的情況，使碳水化合物部分分解，而每分子葡萄糖所生成的 ATP 量較有氧時為低。在植物體中，已知其代謝途徑包含有 **Embden-Meyerhof** 途徑，三羧迴輪以及五碳糖磷酸鹽代謝途徑。在未成熟植物組織中，其呼吸作用幾乎全部經由 **EMP** 途徑進行；當組織成熟時，經由 **HMP** 途徑的比例開始增加。

經實驗後，**Cheldelin**(1960)認為微生物的碳水化合物代謝經由五碳糖磷酸鹽途徑的量很少超過 25%，但某些如 *Acetobacter suboxydans* 為例外，其餘醣類經由解醣代謝作用及三羧迴輪代謝。

四、【組織破壞與乙烯生成】

Burg(1962)發現在 40°C 時，乙烯的產生可被停止而呼吸過程仍可保持相當的活躍性。對組織加以損傷，可減少乙烯的生成（如均質化時可減少到零）而沒有任何呼吸作用的降低，雖然乙烯的生成可在不影響呼吸速率的情況下被阻害，但一般的報告都認為相反的情形不見得正確。在貯藏中增加氧濃度被發現可刺激柑橘類水果及香蕉乙烯的產生和呼吸作用。除氧濃度外，另一可能因素對乙烯生成位置的接近度。氣已文證明在某一最低濃度之上時可刺激乙烯的合成，而二氧化碳卻可延緩成熟，顯示出已為乙烯作用的競爭性阻害劑(**Burg and Burg, 1965**)。**Lyons** 和 **Pratt**(1964)報告指出乙烯可誘導粒線體膜滲透性的某些改

變，因此促進 A T P 的移動增加，因而誘發轉變期的開始以及許多不同的合成反應。**Van Fleet(1968)**認為乙烯可能當做親脂劑(**lipotropic agent**)，可誘導細胞內脂質與其相對應酵素的再分配，此現象可在許多植物組織中發現。

五、【**乙烯生成&抑制**】：節錄自 楊祥發--研究乙烯生合成途徑中的點滴

乙烯生合成的途徑很短，其中間產物只有 **S-腺核甘硫胺酸 (SAM)** 和氨基環丙烷羧酸 (**ACC**) 也就是：**methionine**→**SAM**→**ACC**→乙烯。

所有的生物都具有一種酵素，可以讓甲硫胺酸 (**methionine**) 轉變成 **SAM**，然而只有植物具備酵素，可以從 **SAM** 到 **ACC** 而最後生成乙烯反應，這是植物特有的代謝反應與途徑。抑止 **ACC** 的合成，以減少乙烯的生成量，進而希望能抑止或減緩植物的成熟或老化。

我們已知有兩種可抑制磷酸醛 (**pyridoxal phosphate**) 作用的抑制劑 (**inhibitor**)，**AVG** 與 **AOA**，可用以減少 **ACC** 的生成。所以我們就用康乃馨做實驗材料，分別在甲、乙、丙三個花瓶各插了一朵康乃馨，所不同的是花瓶中的水；甲瓶放的是自來水、乙瓶加入 **AVG**、而丙瓶則加入 **AOA**。過了二十天後，乙瓶和丙瓶的花朵仍然茂盛，而甲瓶的花已經凋謝了。使用 **Lizada & Yangs Method** 測出，甲瓶中含 **ACC** 的量及乙烯釋放量比乙瓶及丙瓶高幾十倍。

也由此可知，將 **AVG** 或 **AOA** 加入放置康乃馨的水中，可以減緩 **ACC** 及乙烯的生成，達到保鮮的功效。**ACC** 氧化產生乙烯

從 **Lizada & Yangs Method** 中我們知道漂白劑 (**NaOCl**) 和 **ACC** 會反應生成乙烯，其基本原理是將氨 (**amino**) 基羥氯化。所以在一九八四年時，我們發表了一篇論文，推測在植物體內 **ACC** 內會產生乙烯的反應與漂白劑相似是經氧化酵素將 **amino** 基羥 (**hydroxylation**)，而其中 **oxene** 所扮演的角色和漂白劑中的 **Cl** 很像。許多化學反應機構都顯示，**hydroxylation** 和氯化除了氧化劑 (**oxidant**) 不同之外，其作用有異曲同工之妙。此外，我們以實驗證實 **ACC** 在植物體內被氧化生成乙烯的副產物分別為 **CO₂** 及 **HCN**。這些結果支持 **ACC** 轉化為乙烯是經過 **N-hydroxylation**。但當時我們實驗室對於自己的推測並沒有很大的信心，最重要的原因是我們除了從副產物來間接推測之外，沒有任何技術可以直接證實這個羥基化 (**hydroxylation**) 的假說。

一直到一九九〇年，英國科學家 **Grierson** 比較已成熟與未成熟的蕃茄，發現在成熟的蕃茄中有六個基因是未成熟的蕃茄所沒有的。後來他們發現其中的一個基因 **pTom13** 是與乙烯生合成的機制有關，把其 **DNA** 相當胺基酸序列 (**amino sequence**) 找出來，發現和二氫黃銅-3-羥基化 (**flavanone-3-hydroxylation**) 的胺基酸序列很近似。他馬上以傳真告訴我，一九八四年我提出有關 **ACC** 產生乙烯的反應機制是經過 **hydroxylation** 的假說是正確的。

後來英國科學家 John 收了一位希臘留學生，生化的底子並不強，但對這個問題很有興趣。延續 Grierson 的實驗，這位希臘同學到圖書館去找關於分離及測定 **flavanone hydroxylation** 的資料，發現這個酵素需要 **Fe** 和抗壞血酸 (**ascorbate**) 當協同因子 (**cofactors**) 來展現乙烯生成酵素 (**EFE**) 的活性。很幸運地，他們證實了這個反應的過程需要這些 **hydroxylation** 所需的 **cofactors**。他很快的做出實驗，並開始寫論文，一年後得到博士學位，如此想想，他在圖書館好好花二個小時是非常值得的收穫。

原本以為是很難的實驗，沒想到如此快的被做出來。從一九七九年知道 **ACC** 為中間體，一九八四年提出乙烯生成酵素可能是羧基化 (**hydorxylase**)，一直到一九九一年才被證實。進步如此緩慢最主要的原因是我們一直錯誤地以為這酵素非常不安定經打破細胞則酵素會被破壞，而事實上不是酵素被破壞而是 **cofactors** 被稀釋，只要加上 **cofactors**，酵素的活性即可展現。

秋天的葉子變紅與凋落其實和乙烯很有關係。乙烯可以導致消化細胞壁酵素的合成，在枝梗上產生隔絕層，導致葉子老化而分離，而後因重力而掉落。一九八三年我去英國劍橋大學講學的那一年，曾經去看三一學院 (**Trinity College**) 庭院前的那棵蘋果樹，據說牛頓曾在此樹下因蘋果的掉落而發現地心引力。牛頓不是植物學家，不知到只有重力是不夠的，植物的葉子和果實之所以掉下，是因為體內先生合成乙烯，促使葉子和果實與枝梗分離而掉下。

中國人幾千年前就知道將點燃的香放入盛有香蕉的容器，可以促進香蕉的早熟。小時候，朋友解釋說是因拜拜的關係，我不相信。後來知到科學家早已證明只要空氣中的濃度大於千萬分之一，就有催熟的功效。也就是說在密閉容器中香柱不完全燃燒所產生的微量乙烯，可促使其中的香蕉成熟，今天這教室中若有人抽煙，也會有相同的效果。

埃及也早在建造金字塔的時代之前，就知道將少許的橄欖油滴在無花果上或是把無花果刻痕，以促使果實的長大與成熟。現代的科學探討結果知道橄欖油可以氧化生程乙烯，而在無花果上刻痕可以刺激合成 **ACC** 的基因之活性，而導致 **ACC** 與乙烯的生成。這兩種方法都在金字塔考古研究中被證實。在西洋的文獻中，**Theophrastus** 於西元前三世紀寫了人類史上第一本植物學方面的書，名為 **Inquiring into the Plants**。其中記載在無花果果實上割痕可以在短短四天內促使果實長大成熟。〈舊約聖經〉中的阿摩司書第七章第十四節中，也有如下記載，阿摩西說：「我不是先知，也不是先知的兒子，我是牧人，又是割裂無花果的人。」以現代的用詞，我們可以說先知阿摩西是農業生物技術人員，他用刀割裂無花果，以便誘導 **ACC** 合成酵素，進而促進果實長大、成熟。

六、【乙烯的運用】：蔬果保鮮法

（一）水果保鮮包裝箱

日本一家造紙公司生產了一種水果保鮮包裝箱。它是在瓦楞紙箱的瓦楞紙襯紙上，加一層聚乙烯膜，然後再塗上一層含有微量水果消毒劑的防水蠟塗層，以防止水果水分蒸發並抑制呼吸達到保鮮目的。用這種包裝箱包裝水果，可使水果在一個月內保持新鮮。

（二）花卉保鮮技術

乙烯是一種低分子量氣體，對觀賞植物產品有降低品質的破壞作用，常見乙烯為害的癥狀包括：康乃馨的睡眠病（**Sleepines**），即使花瓣向內捲曲，花朵不張開的現象；金魚草花序上小花的散開；荷苞花瓣的脫落；蘭花萼片的乾枯；盆栽植物葉片的黃化或落葉...等。乙烯的禍害遍及於各種植物；在鮮花方面，往往僅有十億分之三十至六十（**30-60ppb**）濃度的乙烯，即足以造成產量的減少；在觀葉植物方面，雖較鮮花有抵抗力，但也在乙烯濃度達 **1.0ppm** 時受到傷害，乙烯的來源有數種，以下簡要說明最重要的幾項：（1）幾乎所有的植物種類都會自行合成乙烯（2）蔬菜、水果也和花卉一樣會產生乙烯，尤以具後熟現象的蔬果產生的最多。因此花卉不宜與蔬果共同貯藏運銷，觀賞植物也不宜與柑桔共同運銷。（3）患病或受傷的植物比健康正常的植物產生的乙烯量高。（4）在城市及附近區域的大氣層中往往含有足以起花卉作物病變的乙烯含量。（5）各型式的內燃機或燃燒石油的發熱機是主要的乙烯來源。（6）因霓虹燈管漏氣而引起的乙烯外洩情形亦是原因之一。（7）在某些情況下，電動馬達或照明設備也可能釋出乙烯。

利用繼續不斷的通風換氣可使採收後的花卉作物延長觀賞壽命，尤其對經冷藏或封閉貯運後的產品，其周圍的空氣保持流動換新特別重要，同時在以石油為燃料的加熱設備或汽車、內燃機放出廢氣較多的場所旁從事分級、包裝工作時，更應注重周圍空氣的更新交流。利用含溴活性碳或高錳酸鉀作濾過或吸收乙烯的化學藥劑可以降低乙烯的含量。受傷植物所產生的乙烯較高於健康的植物，因此在整個運銷過程中，應注意隨時將任何因物理性、化學性或生物性引起受傷害的植物去除。

（三）微生物保鮮法

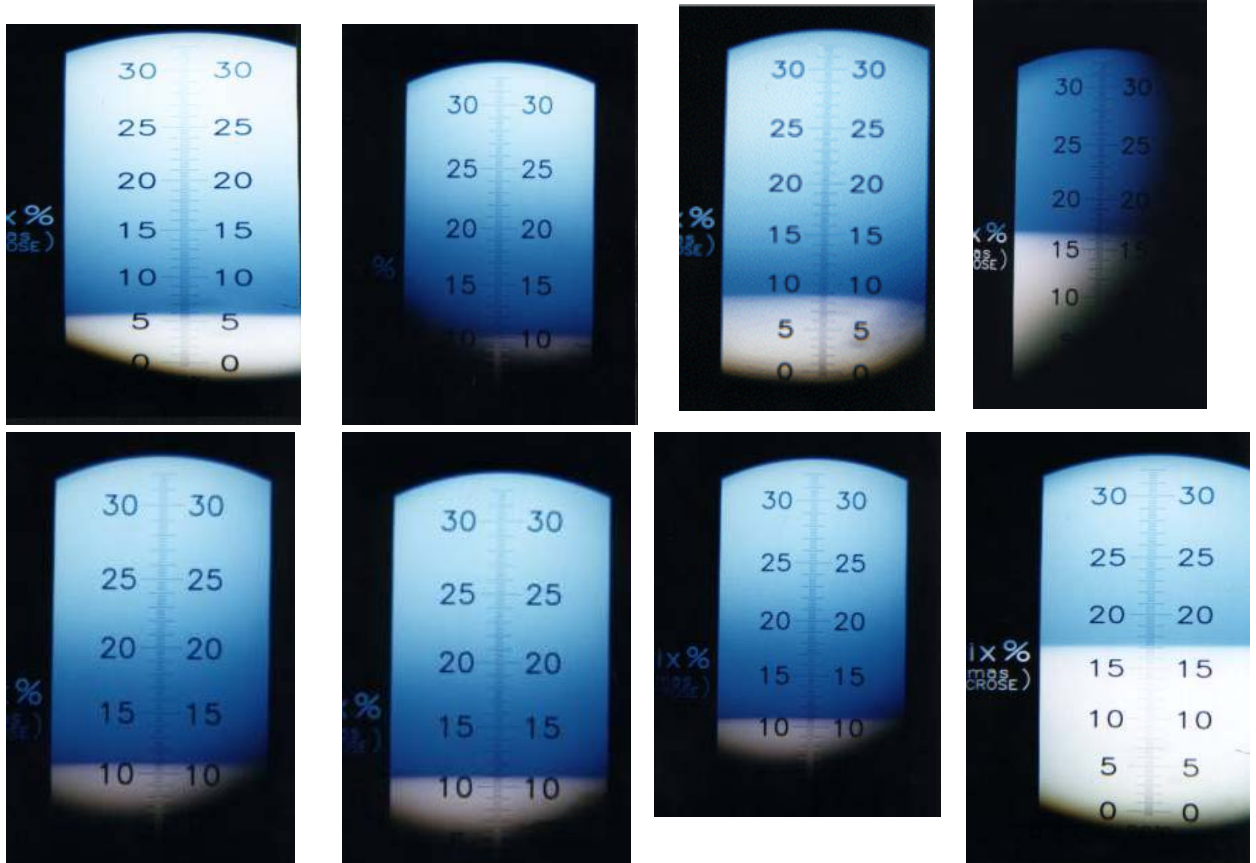
乙烯具有促進果蔬老化和成熟的作用，所以要使果蔬能達到保鮮的目的，就必須要去掉乙烯。科學家經過篩選研究，分離出一處 "NH-10 菌株"，這種菌株可防止葡萄貯存中發生的變褐、鬆散、掉粒，對番茄、辣椒起到防止失水、變色和鬆軟的作用，有明顯的保鮮作用。

~水果內一種無法想像的變化~

(四) 電子技術保鮮法

它是利用高壓負靜電場所產生的負氧離子和臭氧來達到目的的。負氧離子可以使果蔬進行代謝的鈍化，從而降低果蔬的呼吸強度，減弱果實催熟乙烯的生成。既可殺滅消除果蔬上的微生物及其分泌毒素，又能抑制延緩果蔬有機物的水解，從而延長果蔬貯藏期。

七、【糖度數據照片】



【實驗過程照片】



八、【試吃者對水果的評價】：

一號：好像比較甜，但是搖過的水果爛爛的，有點小噁~

二號：我覺得都一樣呀!不過冰過的比較好吃~

三號：有吧!不確定@@

四號：我不要吃被針筒戳過的水果 ._/.

五號：有!!!我搖的那麼辛苦一定有~~

六號：搖過的水果比較不甜啦~~

七號：天啊~居然叫我閉著眼睛吃，爛掉的比較甜!（搖過的甜）

八號：我真後悔答應你們試吃。ㄜ~~Sorry, 我分不出來!

九號：根據我多年來吃水果的經驗，你們這已經不叫水果了~~

十號：都吃完了才問我，嗯~~這個!(未搖動的)

結論：即使糖度升高了，甜度主要還是因人而異。(個人認為會比較甜)

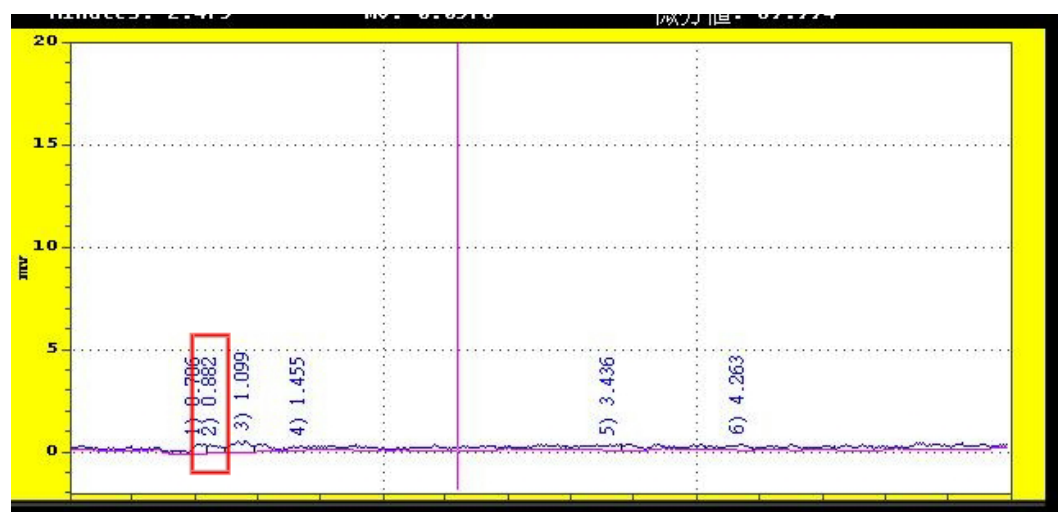
九、【乙烯數據】： 0.786 處即是乙烯，撞擊後數據在 12 小時內急速增加

（因為乙烯量由內慢慢擴散散至果外，

故需用 6~12 小時去收集足以做實驗的氣體量）

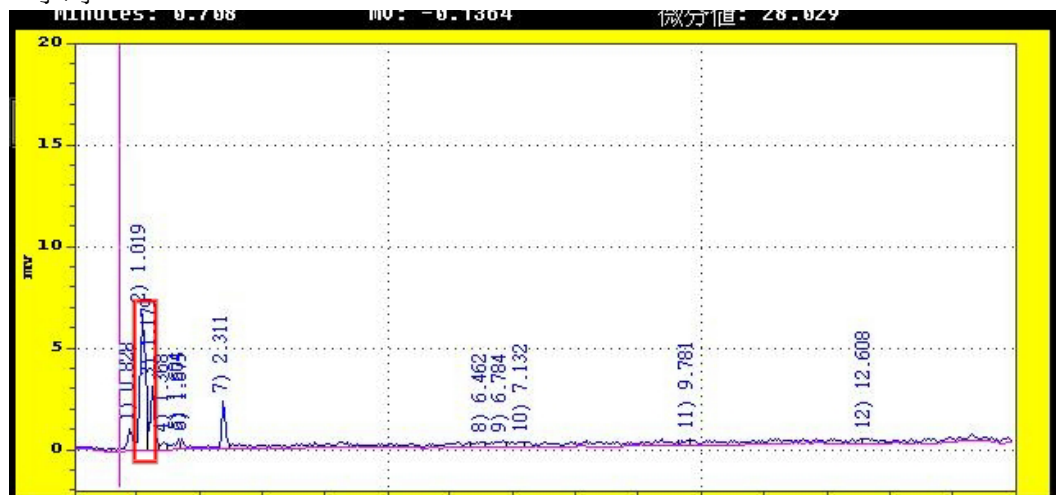
（一）撞擊前：

0 小時

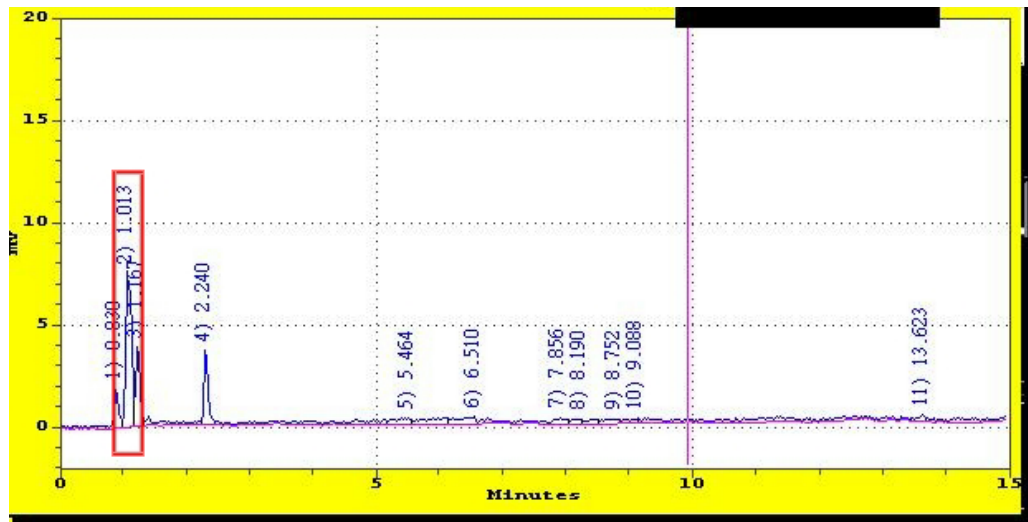


~水果內一種無法想像的變化~

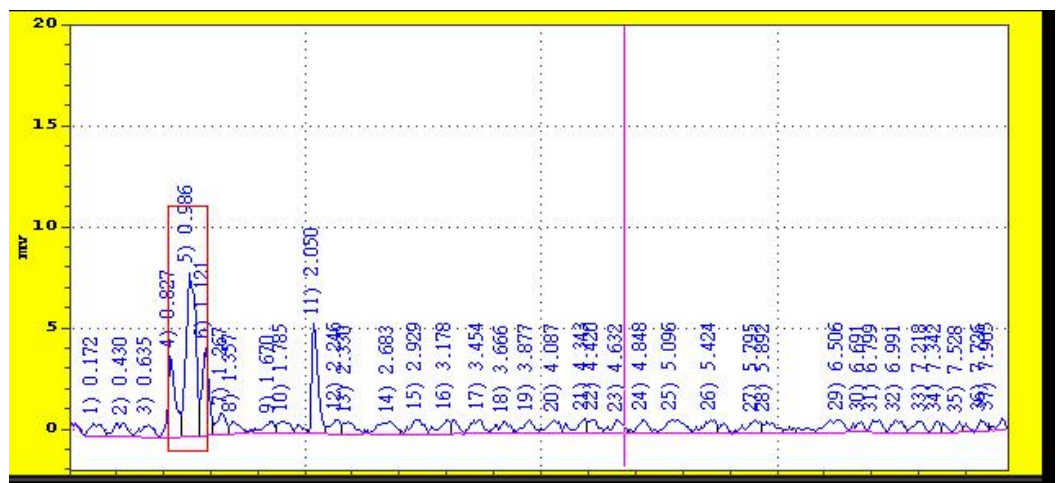
1 小時



2 小時

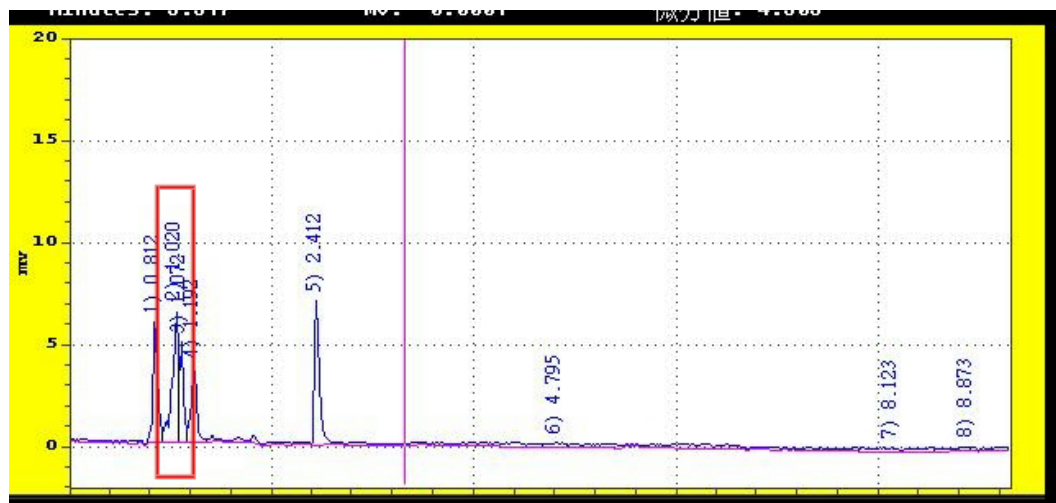


3 小時



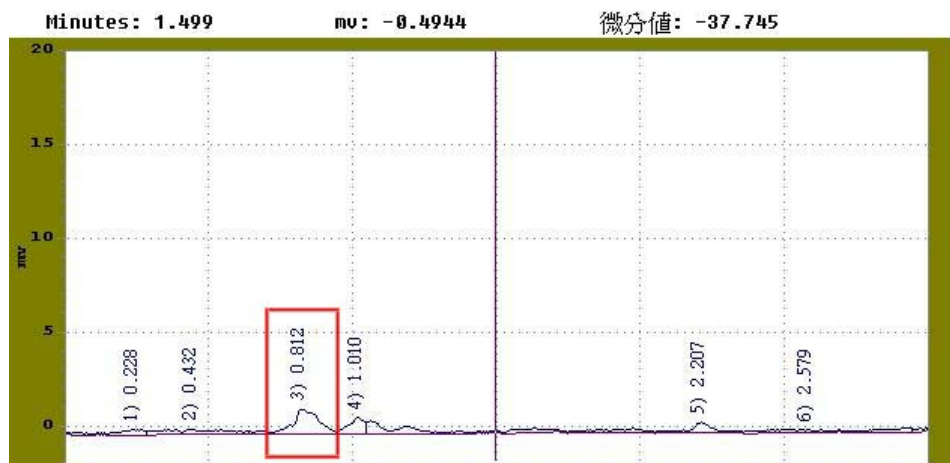
~水果內一種無法想像的變化~

6 小時

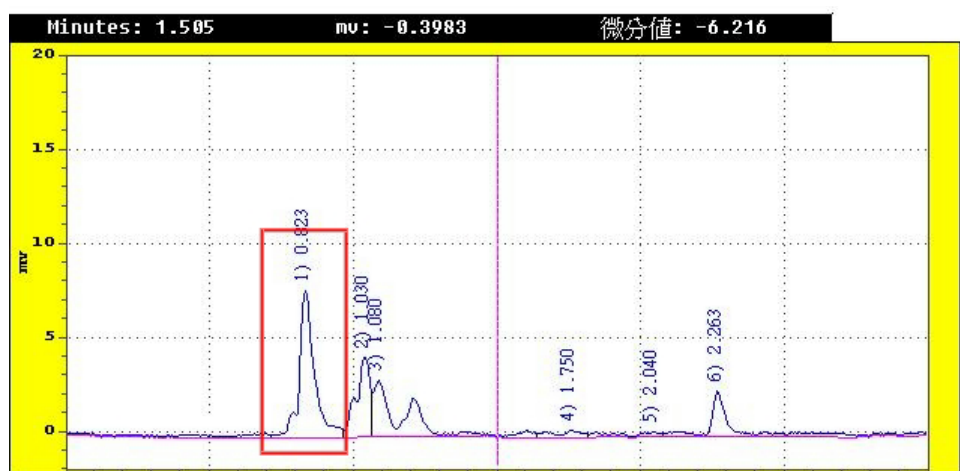


(二) 撞擊後

0 小時

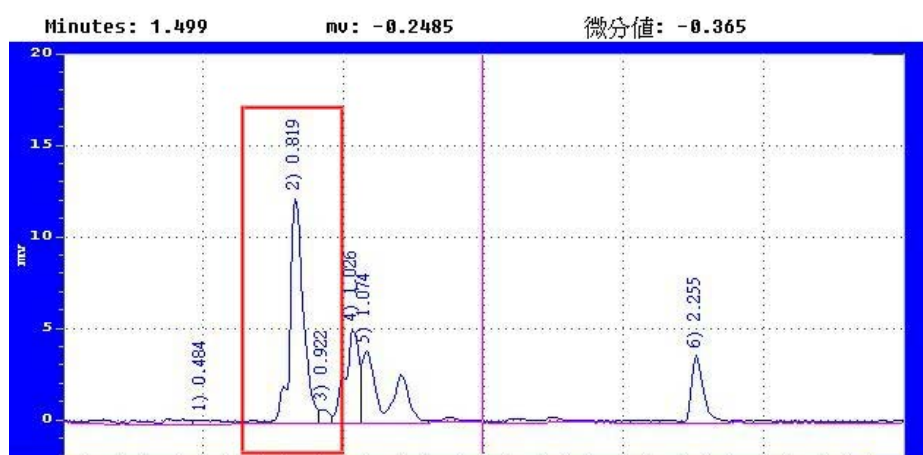


1 小時

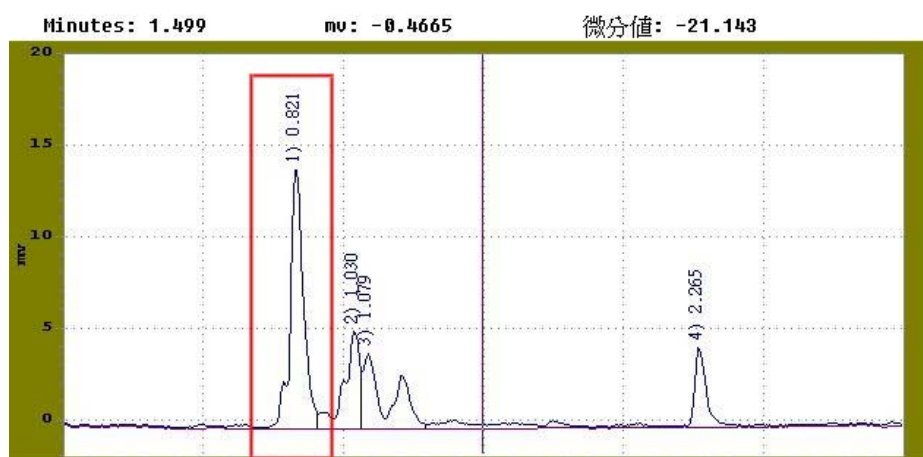


~水果內一種無法想像的變化~

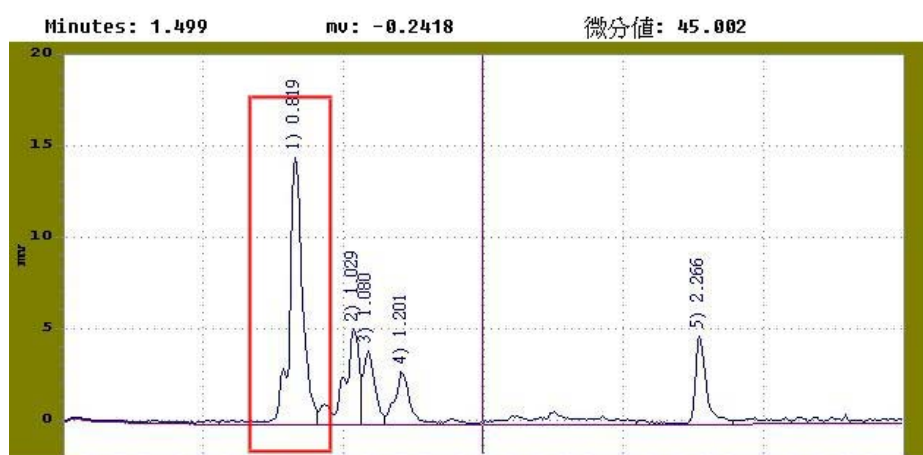
2 小時



3 小時

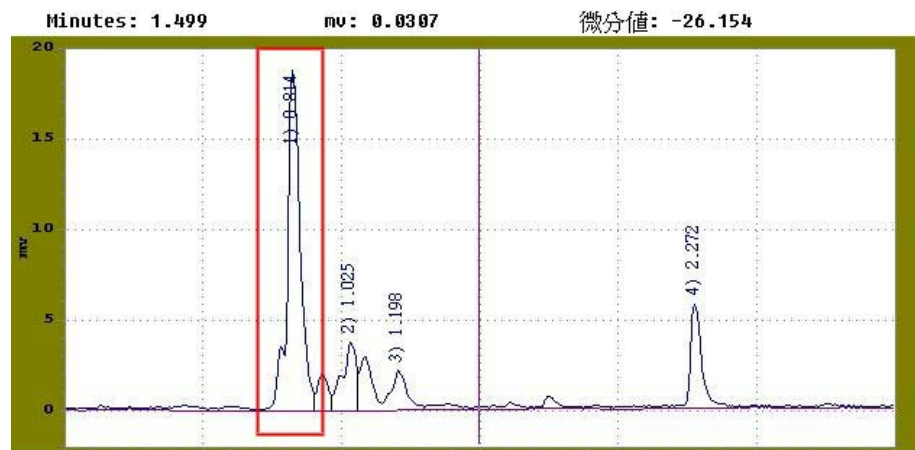


4 小時



~水果內一種無法想像的變化~

12 小時



十、【次要研究設備器材】：

一、製備乙炔、氧氣的裝置



二、電石



三、放水果及氣體的盒子



四、榨汁機



~一種水果內無法想像的變化~

十一、【原始數據】：

(一)實驗試做												
糖度	搖動前					平均	搖動後					平均
橘子	16.4	16.7	16.6	16.1	17.2	16.6	10.4	10.3	10.7	10.1	10.6	10.42
柳丁	10.7	10.8	11	11.3	11.4	11.04	12.7	12.8	13.5	13.2	13	13.04
檸檬	5.5	5.1	5.6	5.3	5.2	5.34	7.2	7	6.8	6.9	7.4	7.06
葡萄	8.8	9	8.7	8.6	9.1	8.84	5.7	6.1	5.8	5.6	6	5.84

(二)實驗試做二												
糖度	搖動前					平均	搖動後					平均
橘子	7.8	6.9	7.4	7.3	7.7	7.42	7.7	8	7.8	7.4	8.2	7.82
柳丁	10.4	10	9.5	10.3	9.8	10	12.7	12.6	12.3	12.5	12.9	12.6
檸檬	7.8	8.3	8	8.5	7.5	8.02	8.5	9	8.4	8.6	8.3	8.56
葡萄	9.5	8.7	9.3	9.2	8.4	9.02	10.7	10.6	10.4	11.3	10.8	10.76

實驗三(橘子)												
糖度	搖動前					平均	搖動後					平均
成熟	14.5	14	13.5	13.7	14.2	13.98	16.8	16.4	15.3	16	15.7	16.04
未熟	5.5	5.3	5.8	6.3	5.9	5.76	5.5	6.4	6	5.9	6.2	6
熟(上)	12	12.5	11.7	11.8	12.1	12.02	13	12.5	12.9	13.4	13.1	12.98
熟(下)	9.3	11	10.6	10.4	10.2	10.3	13.8	14.2	13.5	14.5	14	14
pH值	搖動前					平均	搖動後					平均
成熟	2.82	2.89	2.91	2.93	2.88	2.886	2.88	2.79	2.73	2.85	2.76	2.802
未熟	3.1	3.17	2.98	3	3.01	3.052	3.16	3.21	3.01	3.13	2.98	3.098
熟(上)	3.11	3.1	3.12	3.01	3.2	3.108	3.04	2.91	3.05	3.12	3.07	3.038
熟(下)	2.93	3.04	3.11	3	2.87	2.99	3.67	3.33	3.54	3.49	3.61	3.528

實驗三(橘子)												
糖度	搖動前					平均	搖動後					平均
成熟	15	14.5	14	14.2	14.7	14.48	16.5	16.1	15	15.7	15.4	15.74
未熟	6	5.8	6.3	6.8	6.4	6.26	5.2	6.1	5.7	5.6	5.9	5.7
熟(上)	12.5	13	12.2	12.3	12.6	12.52	12.7	12.2	12.6	13.1	12.8	12.68
熟(下)	9.8	11.5	11.1	10.9	10.7	10.8	13.5	13.9	13.2	14.2	13.7	13.7
pH值	搖動前					平均	搖動後					平均
成熟	2.78	2.8	2.82	2.77	2.88	2.81	2.76	2.67	2.61	2.73	2.76	2.706
未熟	3.06	2.87	2.89	2.9	3.01	2.946	3.04	3.09	2.89	3.01	2.98	3.002
熟(上)	2.99	3.01	2.9	3.09	3.2	3.038	2.92	2.79	2.93	3	3.07	2.942
熟(下)	2.93	3	2.89	2.76	2.87	2.89	3.55	3.21	3.42	3.37	3.61	3.432

~一種水果內無法想像的變化~

實驗三(橘子)												
糖度	搖動前					平均	搖動後					平均
成熟	15.2	14.7	14.2	14.4	14.2	14.54	15.9	16.6	16.3	16.4	15.7	16.18
未熟	6.2	6	6.5	7	5.9	6.32	6.6	6.5	6.8	6.4	6.2	6.5
熟(上)	12.7	13.2	12.4	12.5	12.1	12.58	13.5	14	13.7	12.5	13.1	13.36
熟(下)	10	11.7	11.3	11.1	10.2	10.86	14.1	15.1	14.6	14.2	14	14.4
pH值	搖動前					平均	搖動後					平均
成熟	3.01	2.95	3.02	3.04	3.06	3.016	2.93	2.78	2.89	3.01	2.86	2.894
未熟	3.14	3.23	3.3	3.11	3.13	3.182	3.23	3.22	3.11	3.29	3.14	3.198
熟(上)	3.33	3.24	3.23	3.25	3.14	3.238	3.17	2.87	3.2	3.17	3.18	3.118
熟(下)	3	3.06	3.17	3.24	3.13	3.12	3.66	3.21	3.74	3.8	3.67	3.616

實驗四												
糖度	搖動前					平均	搖動後					平均
橘子	11.1	11.3	11.5	11.7	10.6	11.24	12.6	12	12.8	11.4	11.5	12.06
金桔	5.4	5.7	5.3	5.9	5.1	5.48	5.8	6	5.3	6.1	6.3	5.9
柳丁	5.6	6.1	5.2	5.7	5.7	5.66	5.3	5.2	4.7	5	4.9	5.02
葡萄柚	7	7.1	6.8	7.3	6.9	7.02	12.1	12	11.7	11.6	12.3	11.94
檸檬	5	4.7	5.3	5.1	4.9	5	4.3	4.4	4.8	4.1	4.9	4.5
蕃茄	6.2	5.9	6	6.4	6.5	6.2	8.1	8.6	8.2	8.7	8.3	8.38
pH值	搖動前					平均	搖動後					平均
橘子	3.12	3.42	3.11	3.02	3.22	3.178	3.1	3.23	3.43	3.04	2.78	3.116
金桔	2.11	2.17	2.19	2.2	2.3	2.194	2.5	2.31	2.43	2.4	2.32	2.392
柳丁	3.32	3.21	3.25	3.35	3.41	3.308	4.13	4.11	4.23	4	4.02	4.098
葡萄柚	2.66	2.23	2.56	2.47	2.45	2.474	2.49	2.32	2.41	2.48	2.56	2.452
檸檬	2.76	2.1	2.37	2.4	2.02	2.33	2.4	2.26	2.31	2.2	2.12	2.258
蕃茄	4.34	4.23	4.21	4.11	4	4.178	4.13	4.16	4.11	4.17	4.18	4.15

實驗四												
糖度	搖動前					平均	搖動後					平均
橘子	11.2	11.4	11.5	10.7	10.9	11.14	13	12	12.4	12.4	11.9	12.34
金桔	5.4	5.3	5.6	4.9	5.1	5.26	6.5	6	6.7	5.8	6.2	6.24
柳丁	5.6	5.9	4.7	5.4	4.9	5.3	5.4	5.2	5.6	5.2	4.9	5.26
葡萄柚	7	7.2	7.4	7.1	6.9	7.12	12.5	12	11.9	12.3	12.2	12.18
檸檬	5	5.2	5.6	5.5	4.8	5.22	4.8	4.4	4.6	4.3	4	4.42
蕃茄	6.2	6.3	6.1	5.8	6.7	6.22	8.5	8.6	8.8	8.9	7.8	8.52
pH值	搖動前					平均	搖動後					平均
橘子	3.24	3.33	3.11	3.08	3.09	3.17	3.03	3.05	3.01	3.04	3.09	3.044
金桔	2.17	2.23	2.19	2.22	2.09	2.18	2.35	2.33	2.36	2.4	2.41	2.37
柳丁	3.22	3.27	3.25	3.17	3.29	3.24	3.91	4.01	4.07	4	3.92	3.982
葡萄柚	2.47	2.58	2.56	2.59	2.54	2.548	2.47	2.46	2.45	2.48	2.5	2.472
檸檬	2.41	2.36	2.37	2.35	2.31	2.36	2.21	2.19	2.23	2.2	2.28	2.222
蕃茄	4.19	4.17	4.21	4.28	4.21	4.212	4.18	4.19	4.16	4.17	4.12	4.164

~一種水果內無法想像的變化~

實驗四												
糖度	搖動前					平均	搖動後					平均
橘子	11.2	11.4	11.7	11.5	11.6	11.48	12.3	12	12.6	12.4	11.8	12.22
金桔	5.4	5.6	5.8	5.2	5.3	5.46	6.2	6	6.1	6.3	6.7	6.26
柳丁	5.6	5.3	5.9	5.3	5.7	5.56	5.6	5.2	5.7	5.2	5.5	5.44
葡萄柚	7	7.3	7.4	7.1	7.3	7.22	12.1	12	12.4	12.3	12.7	12.3
檸檬	5	5.3	5.1	5.6	5.7	5.34	4.3	4.4	4.5	4.8	4.9	4.58
蕃茄	6.2	6.9	6.6	6.1	6.4	6.44	8.9	8.6	8.2	8.1	8.3	8.42
pH值	搖動前					平均	搖動後					平均
橘子	3.12	3.16	3.11	3.21	3.2	3.16	3.08	3.01	3.12	3.04	3.13	3.076
金桔	2.17	2.15	2.19	2.14	2.2	2.17	2.41	2.45	2.47	2.4	2.49	2.444
柳丁	3.18	3.27	3.25	3.26	3.19	3.23	4.5	4.1	3.9	4	4.4	4.18
葡萄柚	2.78	2.45	2.56	2.61	2.66	2.612	2.34	2.45	2.43	2.48	2.41	2.422
檸檬	2.36	2.39	2.37	2.34	2.39	2.37	2.5	2.3	2.1	2.2	2.6	2.34
蕃茄	4.18	4.11	4.21	4.32	4.23	4.21	4	4.11	4.12	4.17	4.18	4.116

實驗五												
糖度	搖動前			平均	用手滾動			平均	榨汁後			平均
橘子	8.2	8.1	8.4	8.233	5.2	5.1	5.4	5.23	16.7	17	16.8	16.83
柳丁	5.7	5.6	5.2	5.5	7.3	7	7.2	7.17	12.3	12.5	12.9	12.57
葡萄柚	4.8	4.1	4.2	4.367	6.9	6.3	6.2	6.47	8.9	8.6	8.8	8.767
哈密瓜	6.1	6.8	6.3	6.4	1.8	1.2	1.5	1.5	16.4	16.7	16.8	16.63
蘋果	2.4	2.7	2.6	2.567	1.2	1.3	1.4	1.3	10.2	10.4	10.3	10.3
糖度	搖動前			平均	搖動後			平均	榨汁後			平均
柳丁	8.4	8.1	8.3	8.267	9.9	9.8	9.7	9.8	14.5	14.3	14.1	14.3
蘋果	0.7	0.5	0.1	0.433	3.7	3.4	3.2	3.43	6.6	6.3	6.7	6.533
蕃茄	4.1	4.7	4.5	4.433	3.9	4.2	4.1	4.07	7.2	7.1	7.3	7.2

實驗五												
糖度	搖動前			平均	用手滾動			平均	榨汁後			平均
橘子	8.3	8.1	8.4	8.267	5.7	5	5.3	5.33	17.2	17.3	17	17.17
柳丁	5.5	5.7	5.6	5.6	7.1	7.2	7.2	7.17	12.3	12.4	12.8	12.5
葡萄柚	4.1	4.5	4.3	4.3	6.4	6.3	6.5	6.4	8.9	8.3	8.7	8.633
哈密瓜	6.2	6.1	6.3	6.2	1.2	1	1.3	1.17	16.2	16.7	16.6	16.5
蘋果	2.2	2.1	2.7	2.333	1.8	1.6	2	1.8	10.3	10.5	10.2	10.33
糖度	搖動前			平均	搖動後			平均	榨汁後			平均
柳丁	8.5	8.2	8.1	8.267	9.8	9.5	9.6	9.63	13.5	13.6	13.9	13.67
蘋果	0.3	0.8	0.5	0.533	3.1	3.5	3.4	3.33	7.2	7	6.7	6.967
蕃茄	4.1	4.6	4.3	4.333	4	3.8	4.2	4	7.4	7.3	7.1	7.267

~一種水果內無法想像的變化~

實驗五												
糖度	搖動前			平均	用手滾動			平均	榨汁後			平均
橘子	8	8.3	7.7	8	5.1	5	5.6	5.23	17.4	16.4	17	16.9
柳丁	5.4	5.2	5.6	5.4	6.9	7.2	7.4	7.17	13	12.6	12.8	12.8
葡萄柚	4.3	4.1	4.4	4.267	6.2	6.3	6.1	6.2	8.6	8.2	8.7	8.5
哈密瓜	6	6.1	6.2	6.1	0.8	1	1.4	1.07	17	16.4	16.6	16.7
蘋果	2.2	2.4	1.7	2.1	1.6	1.8	2.3	1.9	10.5	10	10.2	10.2
糖度	搖動前			平均	搖動後			平均	榨汁後			平均
柳丁	8.4	8.2	8.1	8.233	9.8	10	9.4	9.73	14.3	13.7	14	14
蘋果	1	0.8	0.6	0.8	3.1	3.3	2.8	3.07	7	6.3	6.6	6.63
蕃茄	4.1	4.6	4.3	4.333	4	4.2	3.8	4	7.3	6.9	7.2	7.13

實驗六												
糖度	進氧氣盒前					平均	進氧氣盒後					平均
柳丁	8.2	8.4	8.3	8.8	7.9	8.32	8.8	9.2	9	9.1	8.6	8.94
檸檬	4.2	4.8	4.3	4.6	4.1	4.4	5.6	5.4	5.8	6.2	6	5.8
蘋果	2.3	2.7	2.6	2.9	3	2.7	4.2	4.6	4.3	4.5	4.4	4.4
糖度	進空氣盒前					平均	進空氣盒後					平均
柳丁	7.9	7.4	7.8	7.6	7.7	7.68	8.2	7.5	8.3	7.9	7.7	7.92
檸檬	4.9	4.7	5	5.2	5.3	5.02	5.1	4.8	4.7	4.9	5	4.9
蘋果	4.6	4.5	4.3	4.2	4.1	4.34				4.5	4.3	1.76
pH值	進氧氣盒前					平均	進氧氣盒後					平均
柳丁	3.2	3.34	3.18	3.31	3.21	3.25	3.82	3.55	3.75	3.91	3.61	3.73
檸檬	2.5	2.3	2.17	2.34	2.11	2.28	2.5	2.21	2.43	2.82	2.6	2.51
蘋果	3.3	3	3.5	3.21	3.22	3.25	2.76	2.83	2.91	2.53	2.77	2.76
pH值	進空氣盒前					平均	進空氣盒後					平均
柳丁	3.41	3.12	3.73	3	3.54	3.36	3.4	2.9	3.2	3.15	3.5	3.23
檸檬	2.14	2.83	2.72	2.51	2.3	2.5	2.7	2.51	2.69	2.33	2.4	2.53
蘋果	2.4	2.6	2.9	2.76	2.8	2.69	2.68	2.78	2.5	2.43	2.77	2.63

實驗六之二												
糖度	進乙炔盒前					平均	進乙炔盒後					平均
柳丁	10.4	10.9	9.9	10.3	10.2	10.3	10.4	10.9	10.2	10.5	10.2	10.4
香蕉	14.4	14.7	14.5	14.9	14.8	14.7	15	15.3	15.6	15.7	15.2	15.4
糖度	進空氣盒前					平均	進空氣盒後					平均
柳丁	11.3	11	11.6	11.1	11.2	11.2	11.5	11.3	11.1	11.6	11.2	11.3
香蕉	13.3	13	13.1	13.6	13.5	13.3	13.7	13.4	13.2	13.6	13.2	13.4

~一種水果內無法想像的變化~

實驗六												
糖度	進氧氣盒前					平均	進氧氣盒後					平均
柳丁	8.2	8.1	8.3	8.4	8.3	8.26	8.5	8.7	9	9.5	8.8	8.9
檸檬	4.5	4.4	4.3	4.1	4.2	4.3	5.6	6.2	5.8	6.3	5.7	5.92
蘋果	2.7	2.8	2.6	2.3	2.9	2.66	4	3.9	4.3	4.5	4.2	4.18
糖度	進空氣盒前					平均	進空氣盒後					平均
柳丁	7.3	7.6	7.8	7.9	7.9	7.7	7.8	7.4	8.2	7.9	8.3	7.92
檸檬	5.5	5.3	5	5.5	5.1	5.28	4.4	4.5	4.6	4.9	4.2	4.52
蘋果	4.4	3.9	4.3	4.5	4.2	4.26	4.6	4.7	4.2	4.5	4.8	4.56
pH值	進氧氣盒前					平均	進氧氣盒後					平均
柳丁	3.21	3.34	3.45	3.28	3.19	3.29	3.82	3.41	3.46	3.78	3.978	3.69
檸檬	2.31	2.3	2.34	2.67	2.45	2.41	2.5	2.34	2.29	2.36	2.08	2.31
蘋果	3.41	3.25	2.39	3	2.88	2.99	2.76	2.65	2.37	2.56	2.82	2.63
pH值	進空氣盒前					平均	進空氣盒後					平均
柳丁	3.11	3.24	3.63	3	3.29	3.25	2.63	2.9	2.84	2.72	2.9	2.8
檸檬	2.31	2.36	2.52	2.5	2.34	2.41	2.42	2.51	2.36	2.58	2.53	2.48
蘋果	2.73	2.78	2.35	2.76	2.71	2.67	2.89	2.78	2.62	2.67	2.83	2.76

實驗六之二												
糖度	進乙炔盒前					平均	進乙炔盒後					平均
柳丁	10.4	10.7	9.7	10.3	9.9	10.2	10.4	10.1	10.5	10.3	9.8	10.2
香蕉	14.7	14.2	14.8	14.9	14.4	14.6	15	15.7	15.6	14.8	14.3	15.1
糖度	進空氣盒前					平均	進空氣盒後					平均
柳丁	11.3	11	11.7	10.7	10.8	11.1	11.8	11.4	10.6	10.4	11.2	11.1
香蕉	13.8	13	13.7	13.4	13.2	13.4	13.6	13.3	13.4	13.7	13.2	13.4

實驗六												
糖度	進氧氣盒前					平均	進氧氣盒後					平均
柳丁	8.1	8.7	8.3	8.3	8.2	8.32	9.3	9.1	9	9.4	9.2	9.2
檸檬	4.8	4.4	4.3	4.1	4.2	4.36	5.6	5.3	5.8	5.2	5.3	5.44
蘋果	2.7	2.9	2.6	2.5	2.2	2.58	4.1	4.8	4.3	4.2	4.5	4.38
糖度	進空氣盒前					平均	進空氣盒後					平均
柳丁	7.7	7.2	7.8	7.3	8	7.6	7.8	7.3	7.2	7.9	7.4	7.52
檸檬	5.5	5.7	5	5.3	5.2	5.34	4.8	4.5	4.2	4.9	4.7	4.62
蘋果	4.5	4.6	4.3	4.1	4.2	4.34	4.9	4.2	4.8	4.5	4.6	4.6
pH值	進氧氣盒前					平均	進氧氣盒後					平均
柳丁	3.12	3.34	3.23	3.45	3.56	3.34	3.82	3.81	3.93	2.74	2.79	3.42
檸檬	2.41	2.3	2.45	2.23	2.51	2.38	2.5	2.47	2.72	2.48	2.59	2.55
蘋果	3.1	3	3.4	3.3	3.12	3.18	2.76	2.56	2.79	2.92	2.81	2.77
pH值	進空氣盒前					平均	進空氣盒後					平均
柳丁	3.1	3.4	3.7	3	3.12	3.26	2.91	2.9	2.83	2.94	2.82	2.88
檸檬	2.67	2.78	2.56	2.5	2.43	2.59	2.83	2.51	2.78	2.41	2.43	2.59
蘋果	2.45	2.34	2.87	2.76	2.48	2.58	2.67	2.78	2.82	2.98	2.72	2.79

~一種水果內無法想像的變化~

實驗六之二												
糖度	進乙炔盒前					平均	進乙炔盒後					平均
柳丁	10.4	10.5	9.9	10.3	10.2	10.3	10.4	10.7	10.2	10.6	10.3	10.4
香蕉	14.2	14.6	14.3	14.9	14.5	14.5	15	15.6	15.3	15.4	14.9	15.2
糖度	進空氣盒前					平均	進空氣盒後					平均
柳丁	11.3	11	11.4	11.6	10.9	11.2	11.4	10.8	11.1	11.3	11.2	11.2
香蕉	13.5	13	13.2	13.6	13.4	13.3	13.4	13.6	13.3	13.6	13.2	13.4

實驗七												
糖度	組織破壞前					平均	組織破壞後(在果皮上切割)					平均
柳丁	14	14.3	14.2	13.8	13.6	14	14.5	14.6	14.2	14.7	14	14.4
香蕉	12.5	12.1	12.2	12.6	12.3	12.3	13.4	13.9	13.5	13.7	13.2	13.5
糖度	搖晃前					平均	搖晃後					平均
果汁	8.4	8.1	8.3	8.2	8.5	8.3	7.7	7.1	7.8	7.3	7.2	7.42
果糖	9.3	9.8	10	9.6	9.7	9.68	9.6	9.2	9.5	9.3	9.4	9.4

實驗七												
糖度	組織破壞前					平均	組織破壞後(在果皮上切割)					平均
柳丁	13.7	13.8	13.4	13.6	14	13.7	14.4	14.9	14.7	15	14.8	14.8
香蕉	12.3	12.4	12.8	12.3	12.6	12.5	13.8	13.6	13.3	13.5	13.2	13.5
糖度	搖晃前					平均	搖晃後					平均
果汁	8.4	8.2	8.1	8.3	8.8	8.36	7.7	7.1	7.8	7.3	7.5	7.48
果糖	10.4	10.5	9.9	10.6	10.3	10.3	9.4	9.2	9.5	9.3	9.6	9.4

實驗七												
糖度	組織破壞前					平均	組織破壞後(在果皮上切割)					平均
柳丁	13.6	13.4	13.8	13.9	13.2	13.6	14.2	14.5	14.7	14.8	14.9	14.6
香蕉	12.2	12.9	12.8	12.7	12.4	12.6	13.1	13.7	13.9	13.2	13.8	13.5
糖度	搖晃前					平均	搖晃後					平均
果汁	8.1	8.4	8.8	8.7	8.6	8.52	7.7	7.3	7.8	7.9	7.1	7.56
果糖	10	10.2	10.1	10.4	10.3	10.2	9	9.2	9.3	9.4	9.1	9.2

實驗八												
糖度	搖動前(柳丁)					平均	搖動後(柳丁)					平均
五分內	5.4	5.3	5.6	4.9	6.1	5.46	5.7	5.9	5.3	5.4	6	5.66
半小時	5.5	4.5	5.2	5.1	4.6	4.98	6.1	6.8	6.5	6.3	5.9	6.32
二小時	5.2	4.8	4.5	4.9	5.1	4.9	6.4	7	6.6	6.9	7.3	6.84
糖度	搖動前(葡萄柚)					平均	搖動後(葡萄柚)					平均
五分內	6.3	6.4	7.1	7.3	6.8	6.78	8.8	8.1	8.5	8.6	8.7	8.54
半小時	7.4	7	7.3	6.9	6.4	7	9.2	9.6	9.3	10	9.4	9.5
二小時	6.3	6.2	6.5	6.7	6.8	6.5	11.4	11.7	12.3	12.7	12	12

~一種水果內無法想像的變化~

實驗八												
糖度	搖動前(柳丁)					平均	搖動後(柳丁)					平均
五分內	4.9	5.3	5.6	5	5.8	5.32	5.7	5.9	6.2	5.5	6.4	5.94
半小時	4.7	5.9	5.6	5.3	5.5	5.4	6.2	6.9	6.5	6	6.8	6.48
二小時	4.8	5.3	5.2	4.9	5.5	5.14	6.2	7.1	7.3	6.9	6.7	6.84
糖度	搖動前(葡萄柚)					平均	搖動後(葡萄柚)					平均
五分內	7.1	6.6	7.3	6.3	6.8	6.82	7.8	7.9	8.5	8	8.3	8.1
半小時	7.2	7	7.1	6.7	7.2	7.04	11	10.4	10.7	10	9.2	10.26
二小時	7.6	7.3	6.5	6.8	7.3	7.1	11.9	11.6	12.8	12.3	12	12.12

實驗八												
糖度	搖動前(柳丁)					平均	搖動後(柳丁)					平均
五分內	5.6	5.3	5.7	4.9	5	5.3	5.6	5.9	6.3	6.1	5.7	5.92
半小時	5.8	5.4	5.2	4.7	5.1	5.24	6.2	7	6.5	7.1	6.7	6.7
二小時	4.3	4.6	5.4	4.9	4.8	4.8	6.7	6.6	7.3	6.9	6.8	6.86
糖度	搖動前(葡萄柚)					平均	搖動後(葡萄柚)					平均
五分內	6.7	6.9	6.3	6.4	6.8	6.62	8	7.9	8.5	8.8	8.9	8.42
半小時	6.9	7	7.3	7.1	6.7	7	10.2	10.5	9.8	10	9.7	10.04
二小時	6.1	6.4	6.9	6.8	6.3	6.5	11.5	11.6	12.3	12.5	12	11.98