

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

高中-應用科學科

科 別：生活與應用科學

組 別：高中組

作品名稱：橘子甜了

關 鍵 詞：撞 擊、甜 度、乙 烯

編 號：040801

學校名稱：

國立臺南女子高級中學

作者姓名：

郭舒文、林 家、林雅雯、梁雅萍

指導老師：

邱世寬



壹、摘要：

藉由撞擊各種水果所造成的糖度上升，以實驗證明並尋找使其糖度上升的導因：是因為水果自身乙烯釋放量上升；組織破壞造成微生物滋生；或者是氧化作用的緣故（澱粉分解、游離有機酸變固定有機酸）；或者是果糖因搖動被甩出等種種因素使得水果變甜。

貳、研究動機：

曾經在觀賞『生活智慧王』節目時，得知橘子可能在受到搖動、搓揉、滾動、撞擊後會變甜，並對此現象感到很好奇：為何橘子在受到外界刺激後即會變甜？為了一抒心中疑惑，我們決定就此問題提出討論，以期在追尋答案的過程中，能夠更熟悉各種實驗器具的使用方法，以及學習如何有系統的整理資料進而做成報告，甚至是在查資料的過程中也定能使我們獲得更多知識，而最重要的，就是希望我們能如願找出使水果變甜的影響因素來解釋此一奇妙的現象。

參、研究目的：

- 一、柑橘類水果搖動前後糖度是否改變？
- 二、非柑橘類水果搖動前後糖度是否改變？
- 三、柑橘類水果搖動前後 pH 值是否改變？
- 四、非柑橘類水果搖動前後 pH 值是否改變？
- 五、柑橘類水果搖動前後水果內化學成分是否改變？
- 六、非柑橘類水果搖動前後水果內化學成分是否改變？
- 七、了解水果對外界因子改變（表皮遭到破壞、外界催化劑、氧氣含量），在水果內產生反應的過程。

肆、研究設備器材：

- 一、屈折式糖度計: ATAGO N-1 α



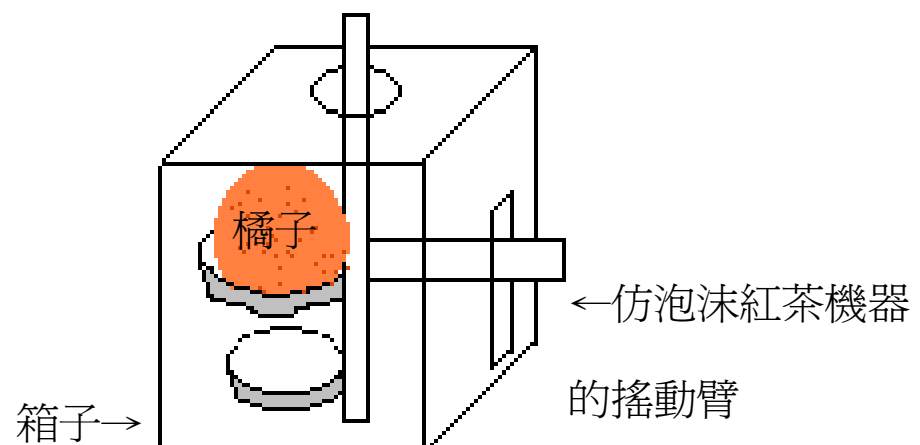
- 二、酸度計(pH meter)
- 三、測乙烯的機器（GC-FID 氣相層析儀【F I D 偵測器】）

四、玻璃紙

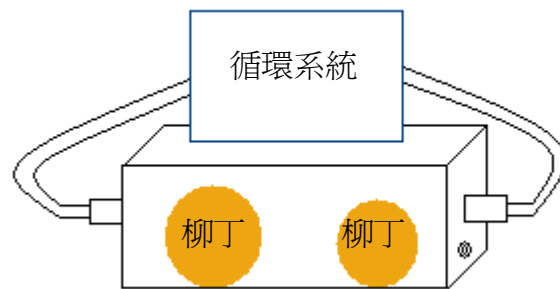
五、取汁用的針筒:



六、搖動的機器：



七、收集乙烯盒子



八、製備乙炔、氧氣的裝置



九、電石



十、放水果及氣體的盒子



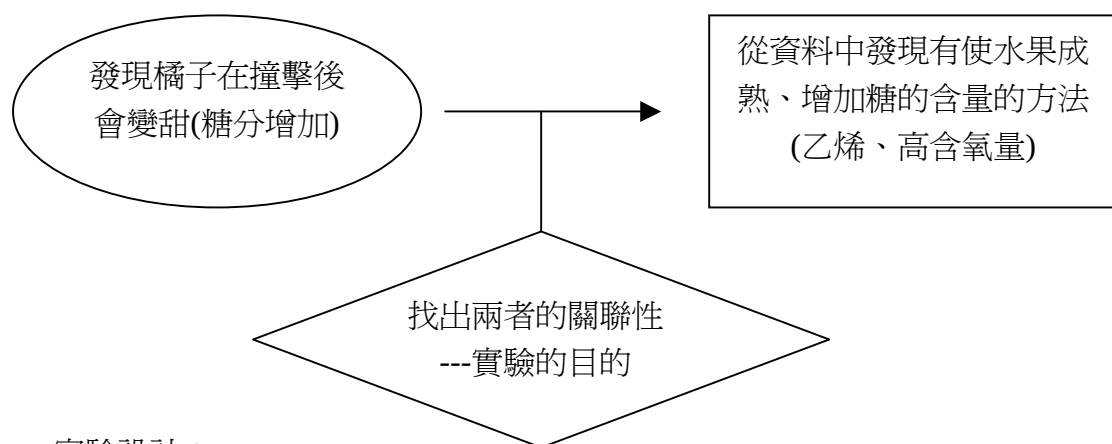
十一、榨汁機



十二、破壞果皮的針(動物用)



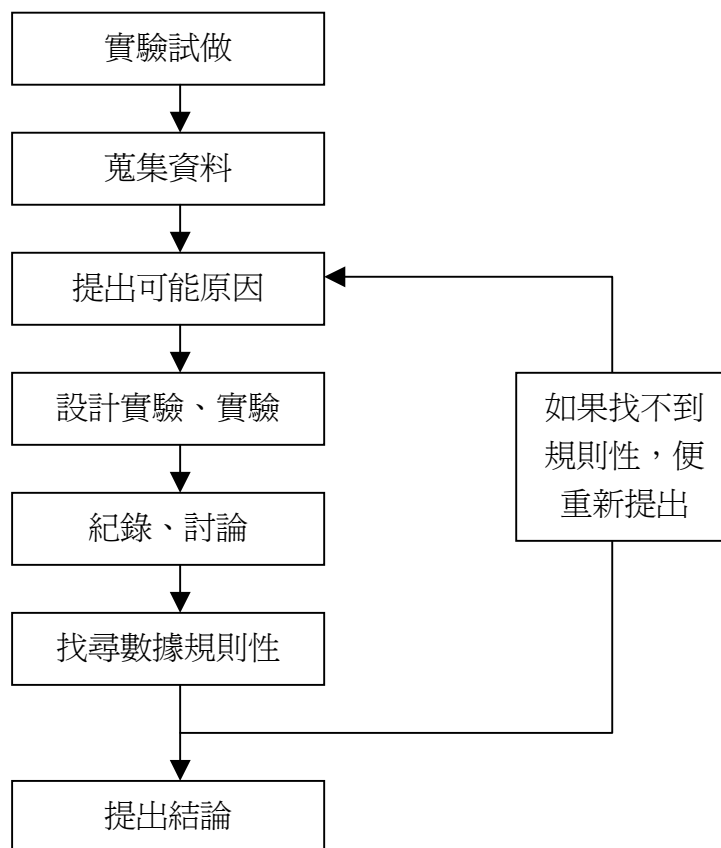
伍、研究過程或方式：



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) 實驗試做數據--表一、二。
- (二) 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) 乙烯的關聯性—撞擊前/後乙烯濃度的測量

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) 為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為“爆”（台語））

(六) 為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

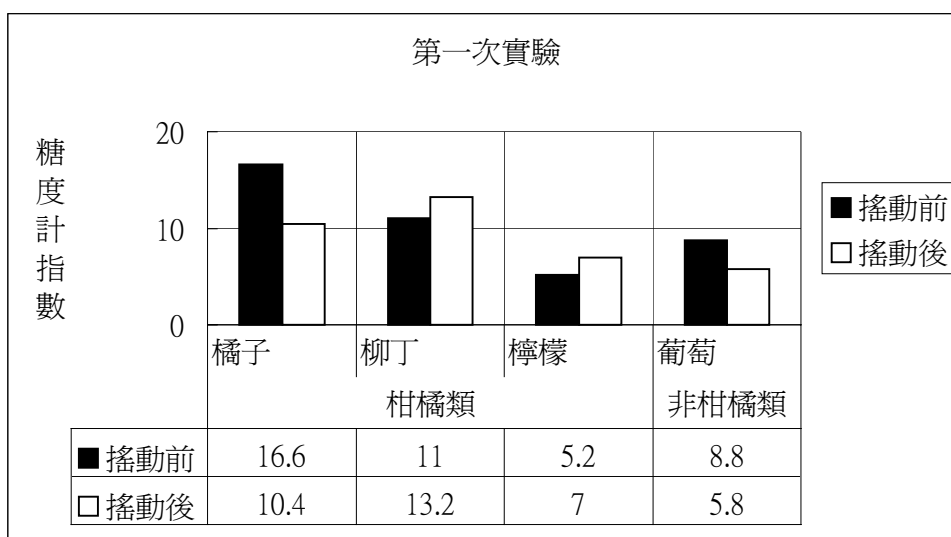
五、果汁取樣方式：

(一) 用針筒：為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收抽汁。

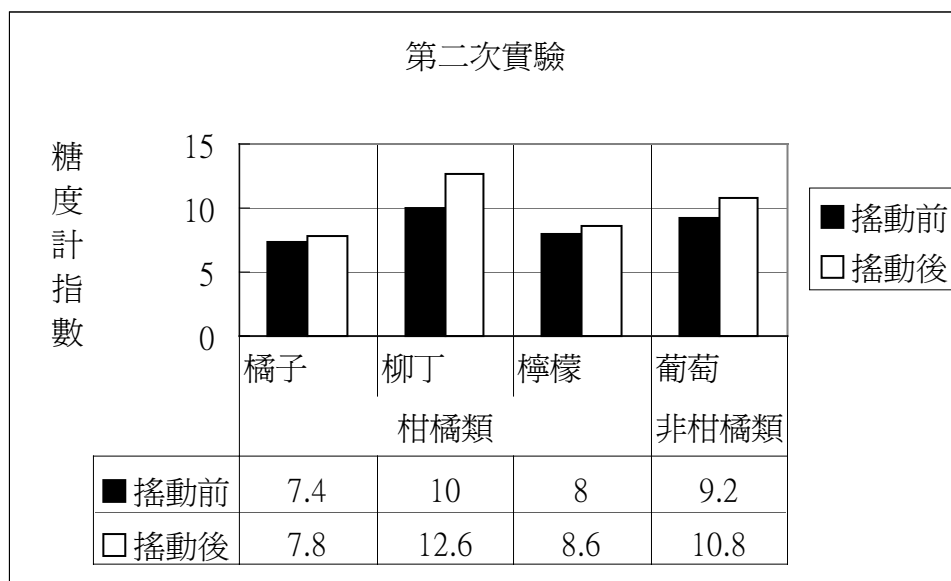
(二) 用榨汁機：剝皮後，將其中幾瓣水果放入榨汁機中，取果汁測量；剩下的搖動後同法再測。

陸、研究結果：

一、實驗試做數據：



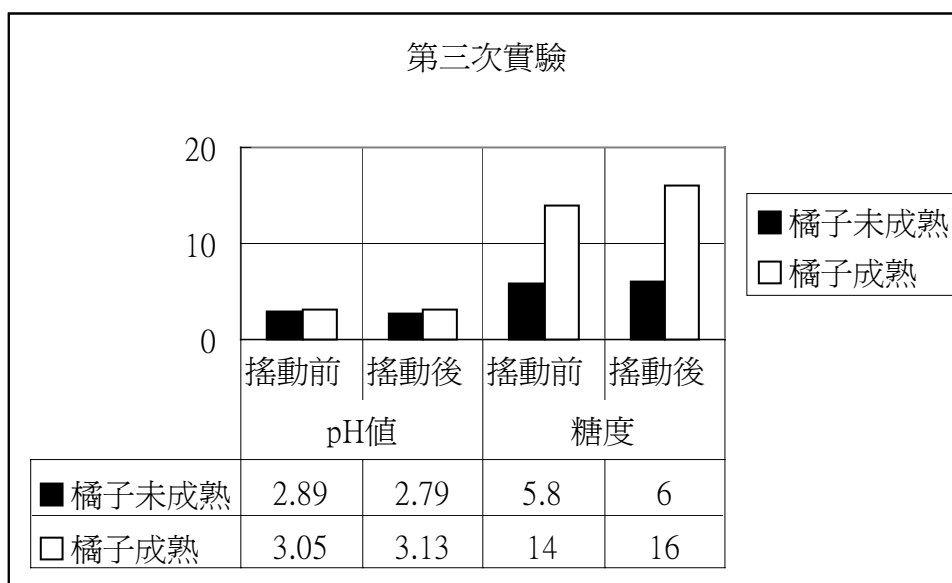
表一



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

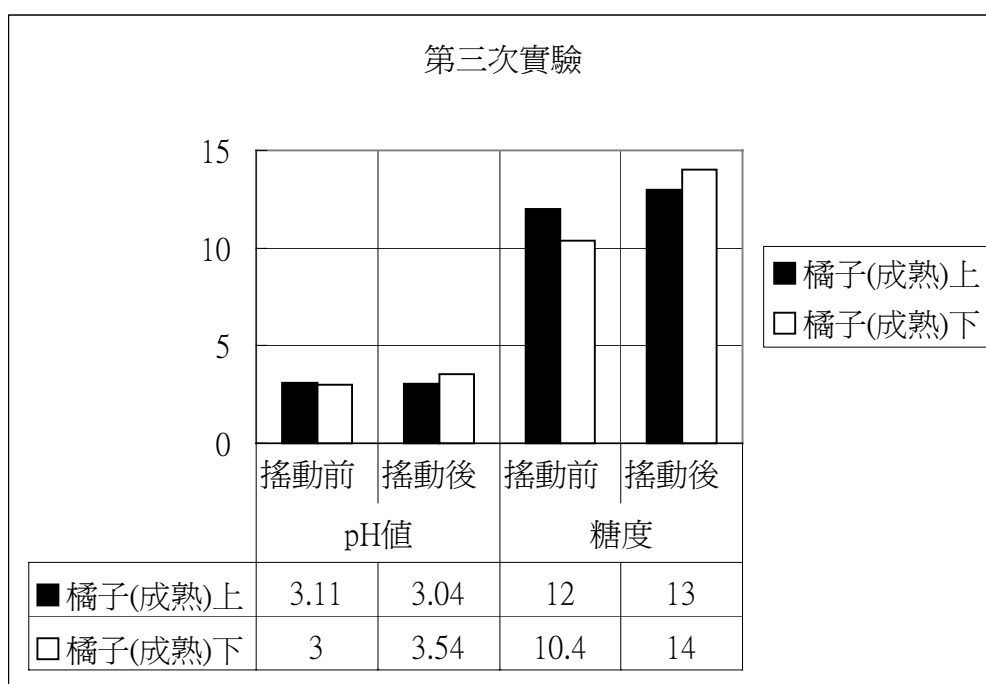
(一) 本次實驗目的為：

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。

(三) 測有機酸：檸檬酸可用 pH 儀測定。

三、橘子上部/下部之糖度、pH 值之比較：



表四

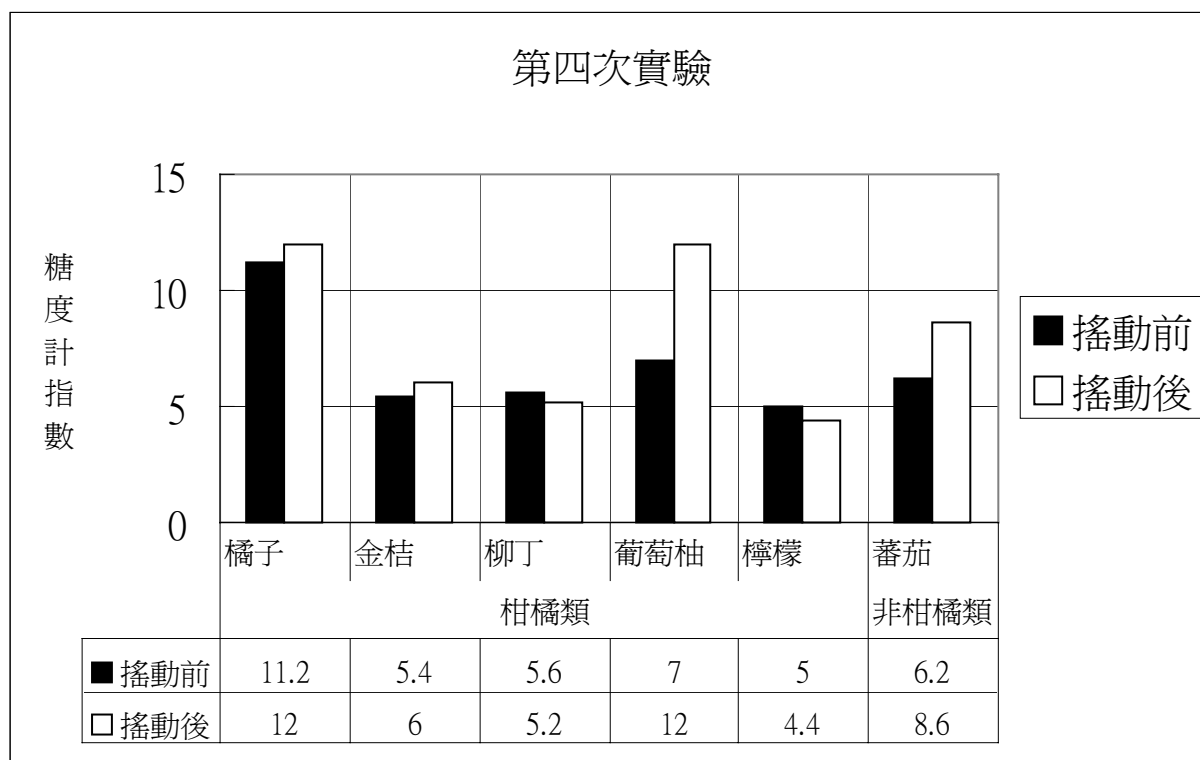
(一) 根據老爺爺的說法:橘子下方較上方糖度低。

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

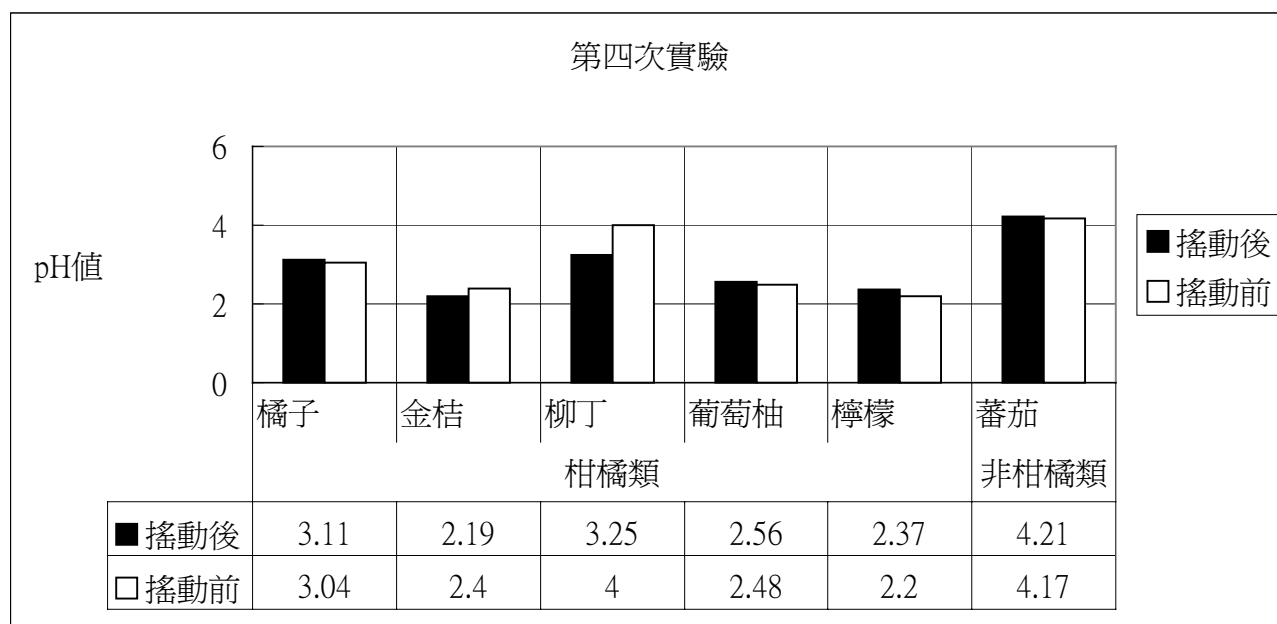
表中【橘子(成熟)下】：表示在橘子下半部抽取的果汁

四、柑橘類、非柑橘類水果糖度之比較：



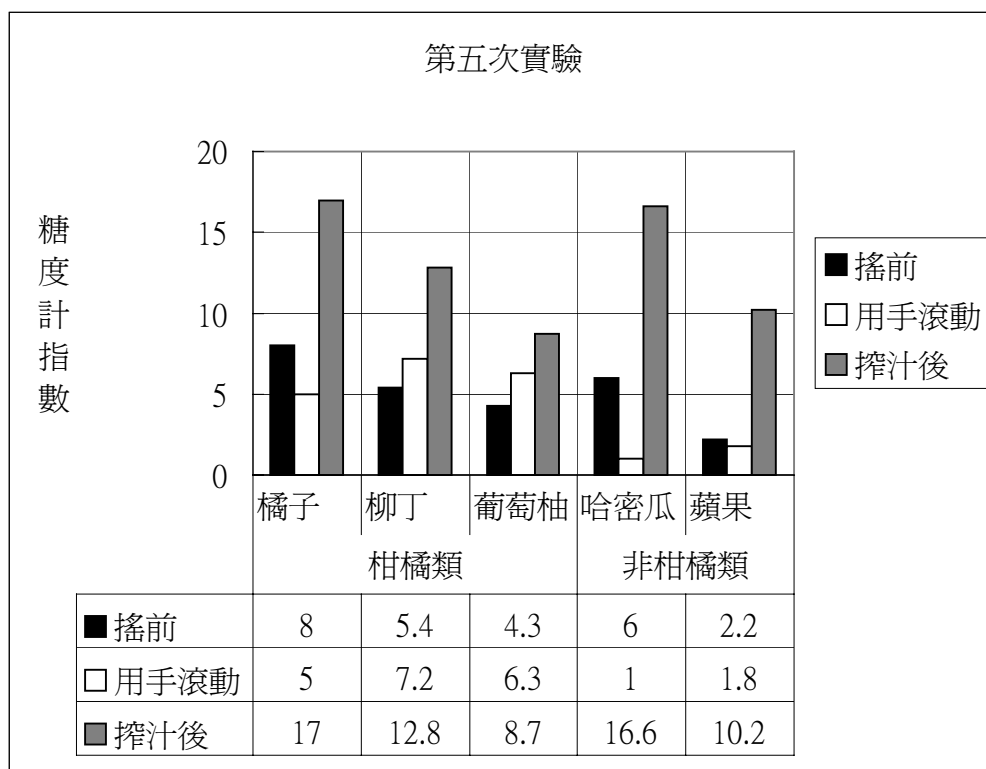
表五

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：

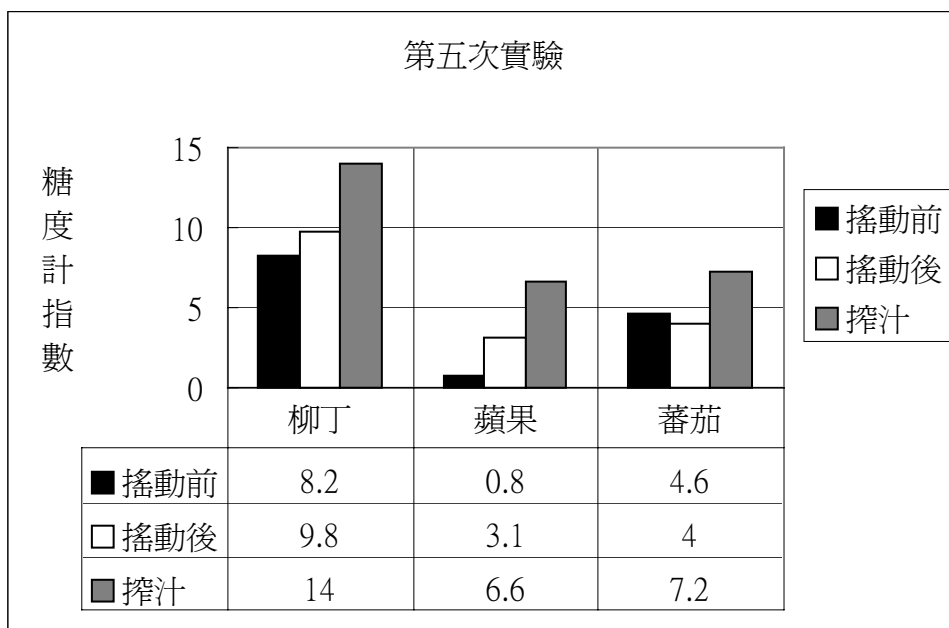


表七

(一) 用手滾動的靈感來自生活智慧王留言版

(二) 實際上，用手滾動效果並不好。

七、各種搖度之比較：



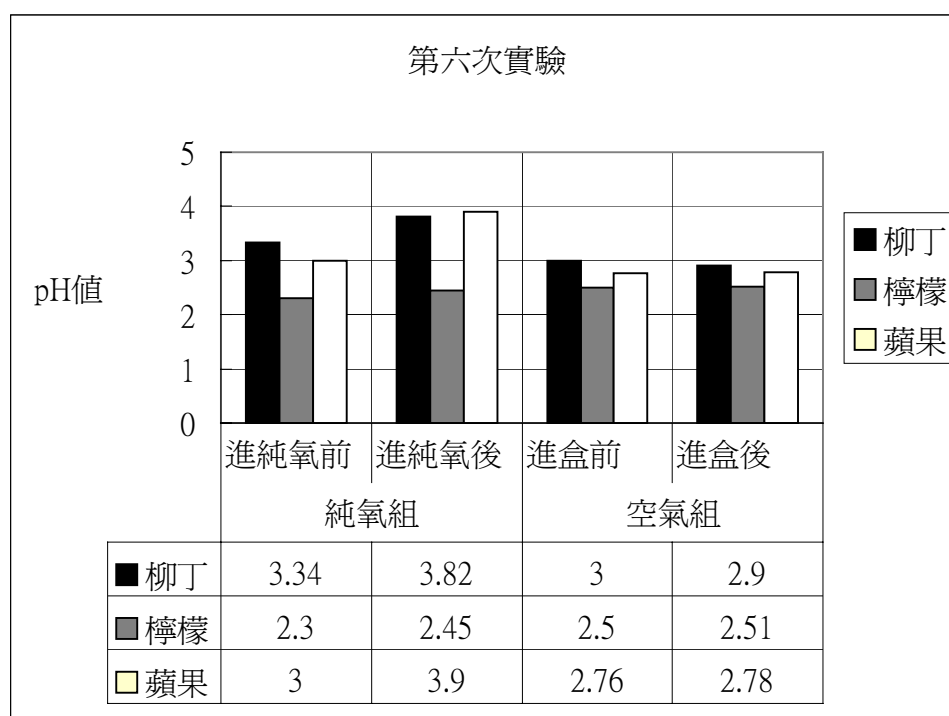
表八

(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

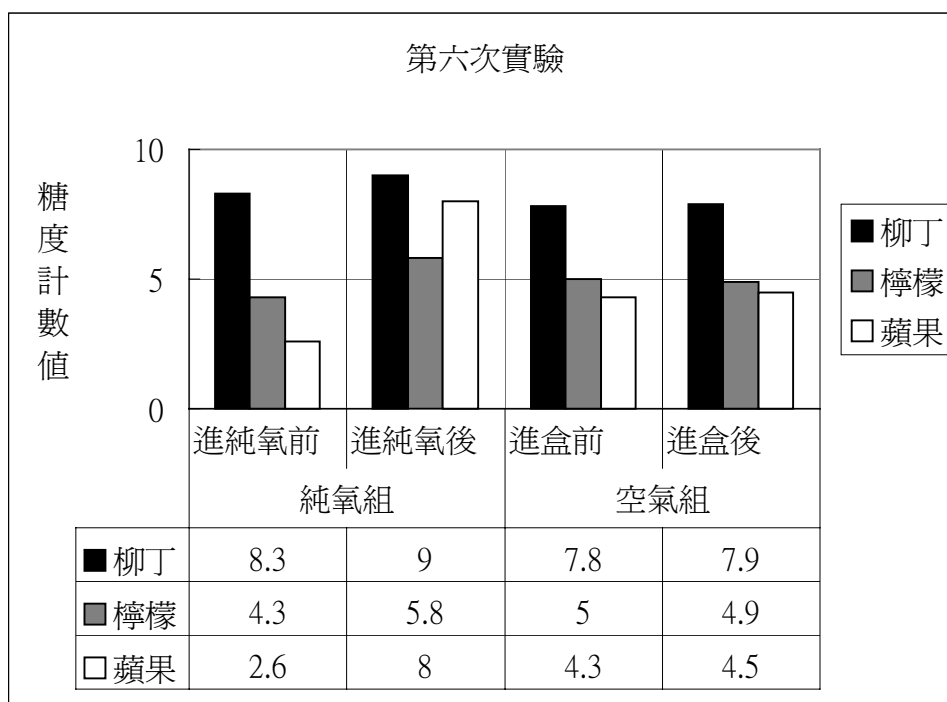
糖度的增加較有規律

八、水果對環境含氧量的影響之糖度變化：



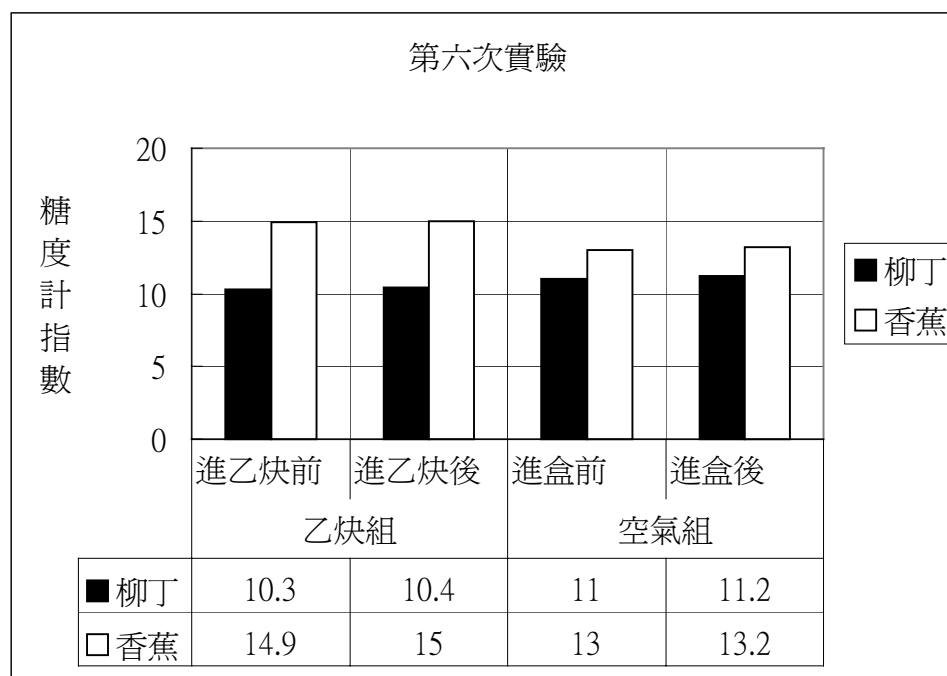
表九

九、水果對環境含氧量的影響之 pH 值變化：



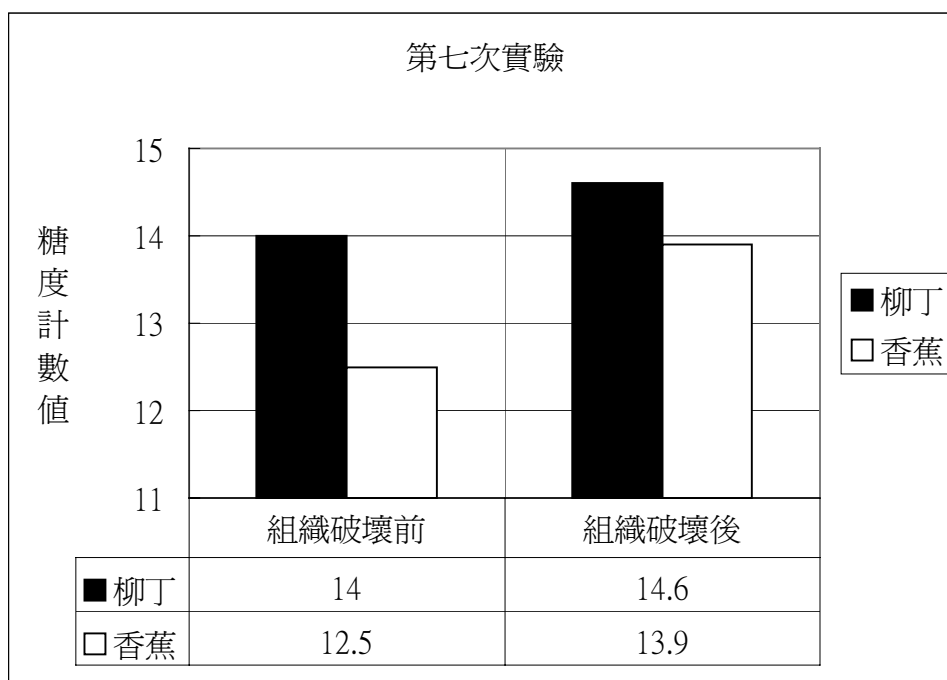
表十

十、水果對乙炔的反應：



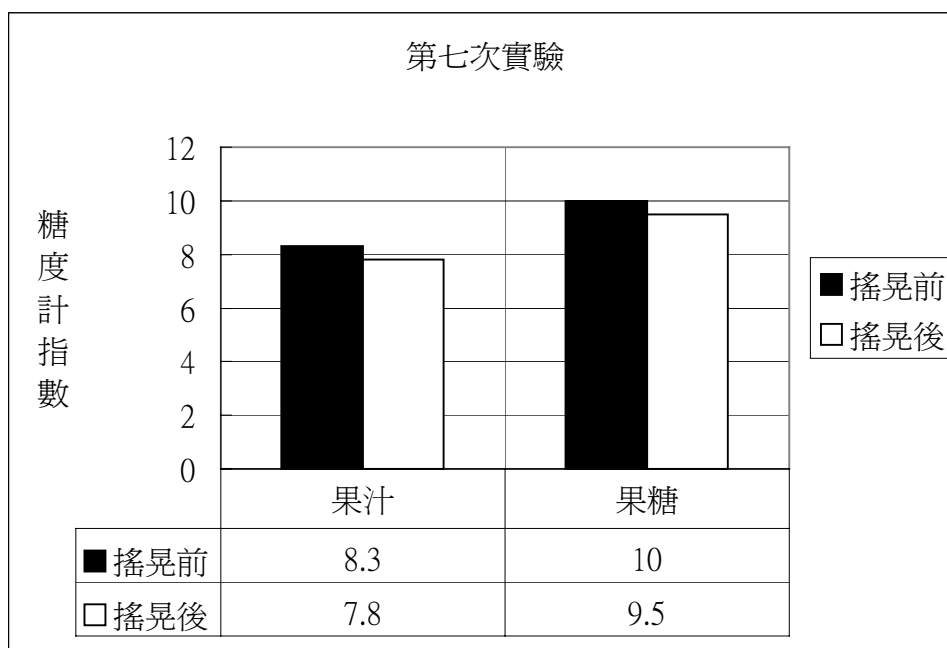
表十一

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

柒、討論：

一、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) 果農用電石氣催熟水果

二、 因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

三、 根據動機來源節目的網站，有如下的說明：

***如何讓橘子變甜 ***

將橘子置入容器中,經過搖晃撞擊便會降低酸度產生水分而使橘子變甜，要注意，不要太大力，要不然橘子會變的爛爛的，很噁心！！

生活智慧王留言板

四、 然而上述解釋有太多疑點，因此我們決定分開進行：

- (一) 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。
- (二) 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。
- (三) 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。

(四) 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。

(五) 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。
- 二、在糖度增加的水果中，乙烯濃度會增加、pH 值會下降。
- 三、糖度增加可因乙烯量增加、組織破壞、外界純氧濃度增加而增加。
- 四、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。
- 五、排除其他因素後，若將水果種植在風大、多地震的地區，所長出來的水果會比較甜！

玖、參考資料：

- 一、電視節目(生活智慧王)
- 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

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

拾壹、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。

(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：是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）。

乙烯由於是氣體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) 在快達到商業熟

成度之前採收，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：生物爲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】

最早認爲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，因爲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，是因爲柑桔綠黴菌(*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】

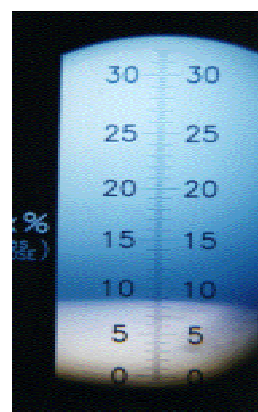
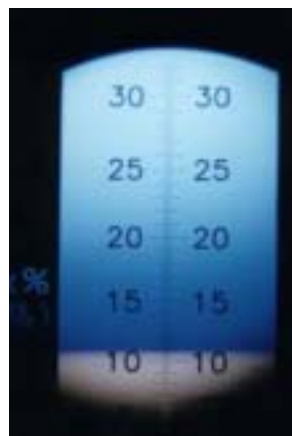
水果一經採收後，就變成以進行呼吸作用爲主的獨立單位。呼吸作用是將位能轉變爲動能的放熱效應，在有氧的情況下，碳水化合物被完全氧化成二氧化碳和水，並產生腺嘌呤核苷三磷酸鹽(ATP)；嫌氣性呼吸作用發生在無氧的情況，使碳水化合物部分分解，而每分子葡萄糖所生成的 ATP 量較有氧時爲低。在植物體中，已知其代謝途徑包含有 Embden-Meyerhof 途徑，三羧迴輪以及五碳糖磷酸鹽代謝途徑。在未成熟植物組織中，其呼吸作用幾乎全部經由 EMP 途徑進行；當組織成熟時，經由 HMP 途徑的比例開始增加。經實驗後，Cheldelin(1960)認爲微生物的碳水化合物代謝經由五碳糖磷酸鹽途徑的量很少超過 25%，但某些如 *Acetobacter suboxydans* 爲例外，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 ATP 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、【糖度數據照片】



【實驗過程照片】



六、【糖度數據】(單純的搖動測糖度)

	搖動前	搖動後			搖動前	搖動後
橘子	9.8	12.6		柳丁	11	13.2
	7.4	7.8			10	12.6
	8.8	14			5.6	5.2
	10.4	12			8.2	9.8
	9.2	9.4			9	11.4
檸檬	8	8.6		葡萄	8.8	5.8
	5.2	7			9.2	10.8
	5	4.4			8.2	10.4
	6.6	7.2			7.6	9
	5.8	6.4			9.4	11
蕃茄	6.2	8.6		金桔	5.4	6
	4.8	4.6			6.2	5.8
	4.6	4			4.8	6.6
	5	7.8			5	7.2

	5.6	6.4			4.6	5.4
葡萄柚	7	12		蘋果	2.2	1.8
	4.3	6.3			0.8	3.1
	5.6	11.4			3.2	3.8
	6.2	8.8			1.6	2.4
	7.4	9.2			3.6	4

七、【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。ㄟ~~Sorry, 我分不出來!

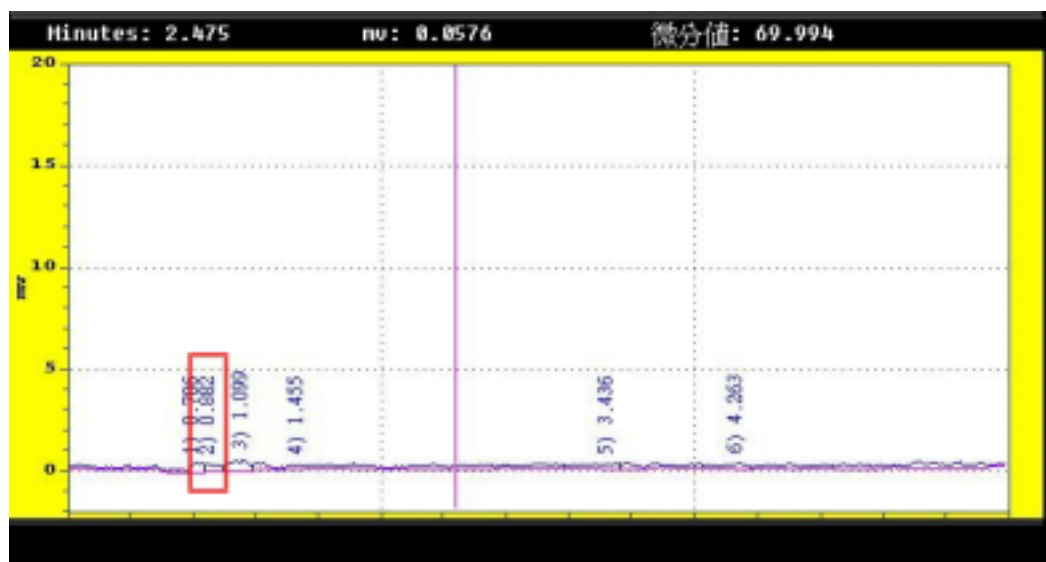
九號：根據我多年來吃水果的經驗，你們這已經不叫水果了~~

十號：都吃完了才問我，嗯~~這個!(未搖動的)

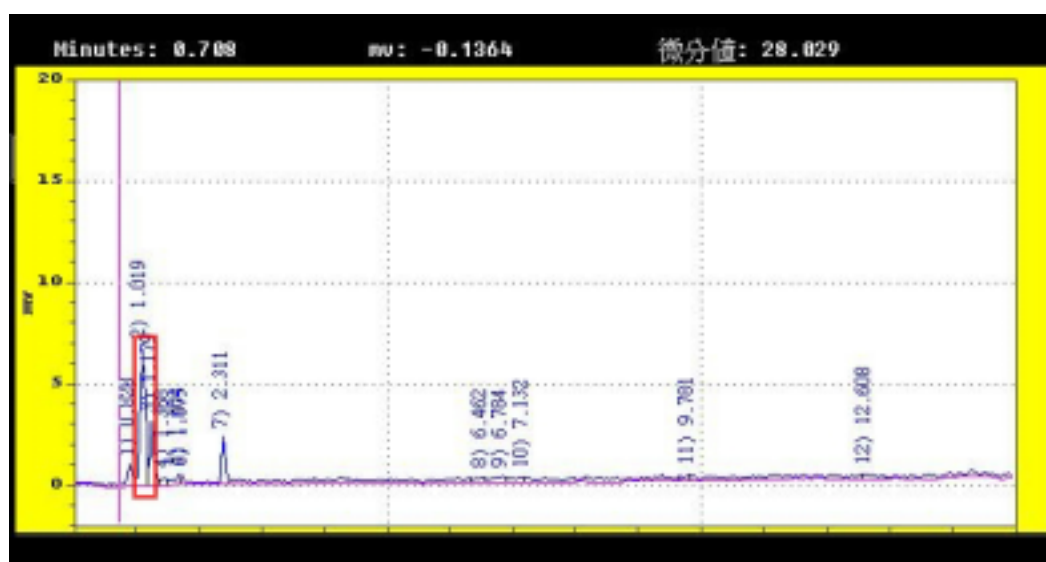
八、【乙烯數據】： 處即是乙烯，撞擊後在 12 小時內急速增加

（一）撞擊前：

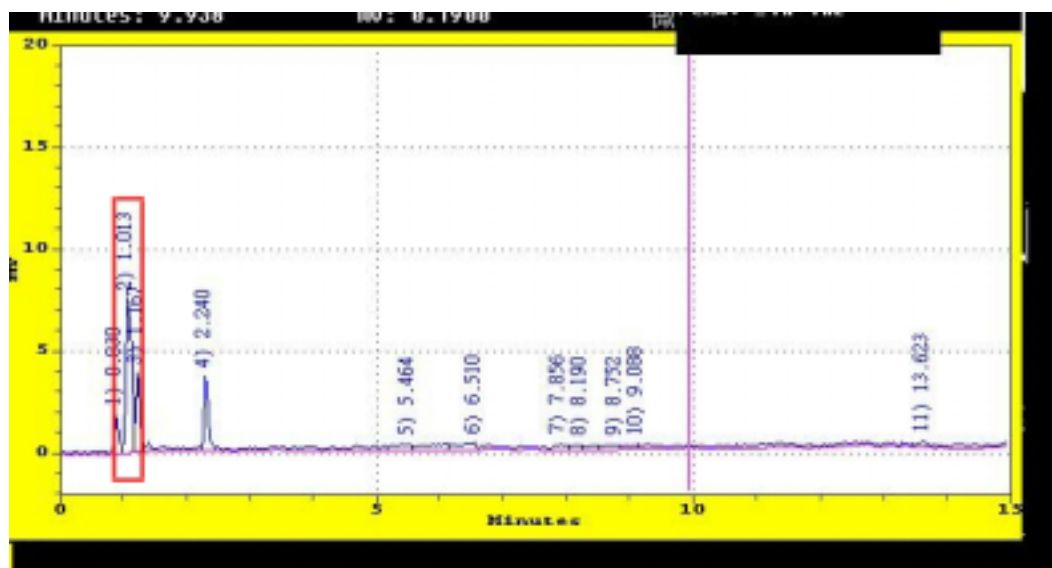
0 小時



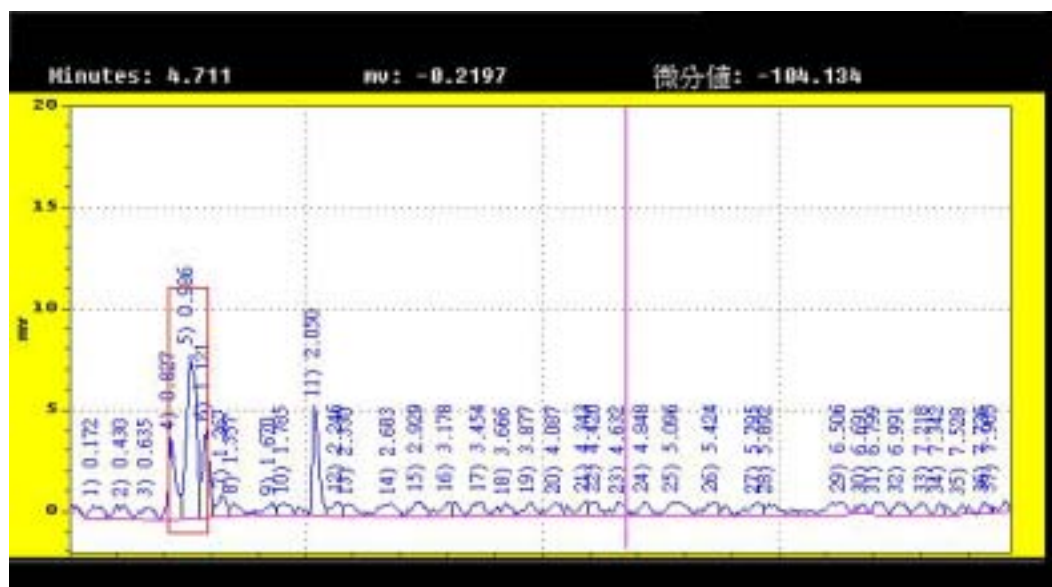
1 小時



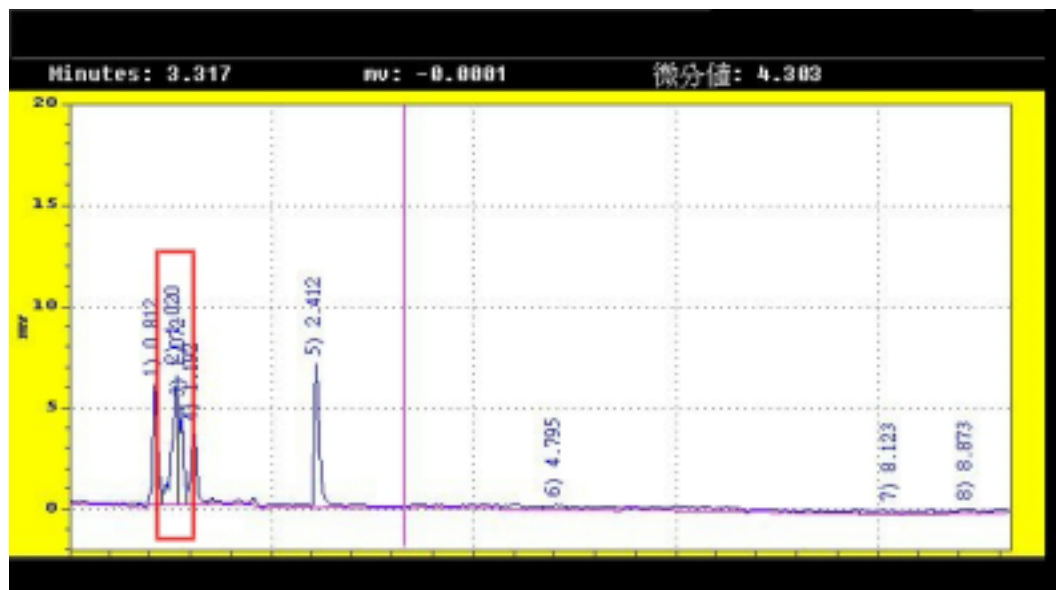
2 小時



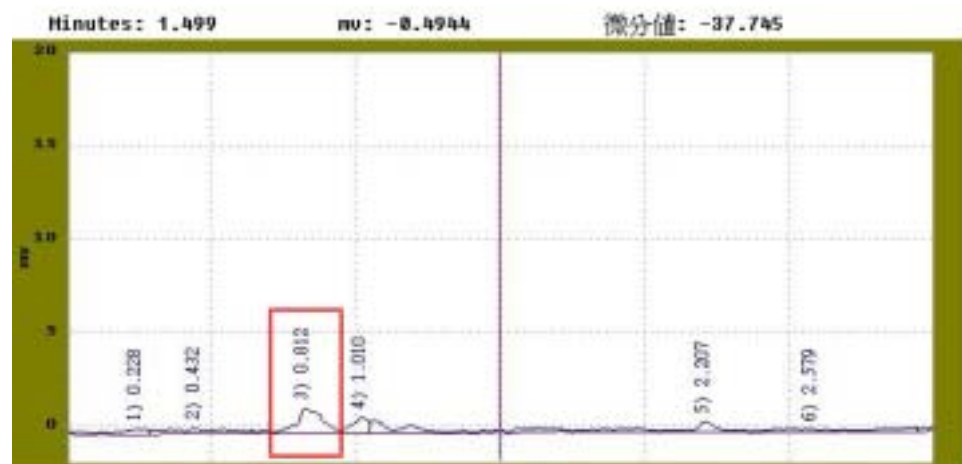
3 小時



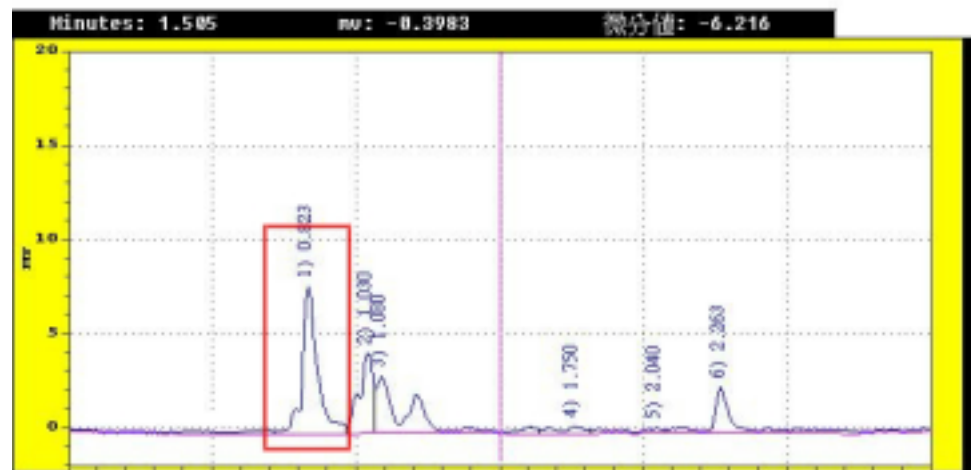
6 小時



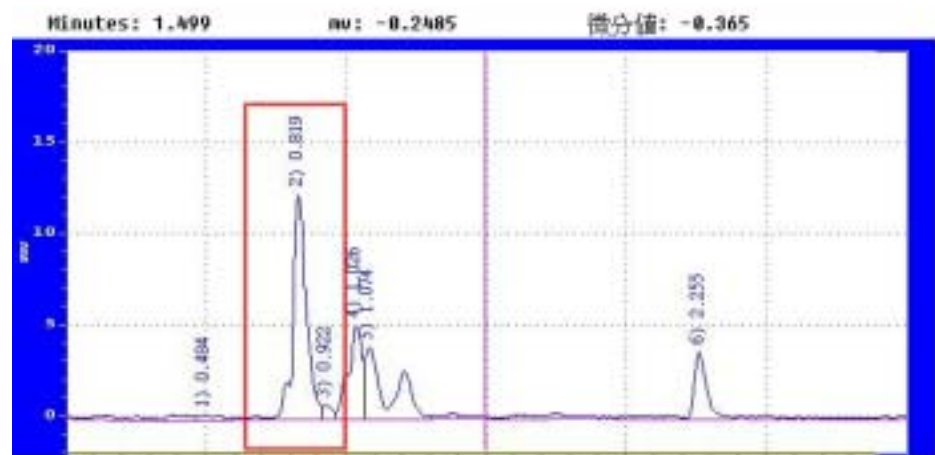
(二) 撞擊後



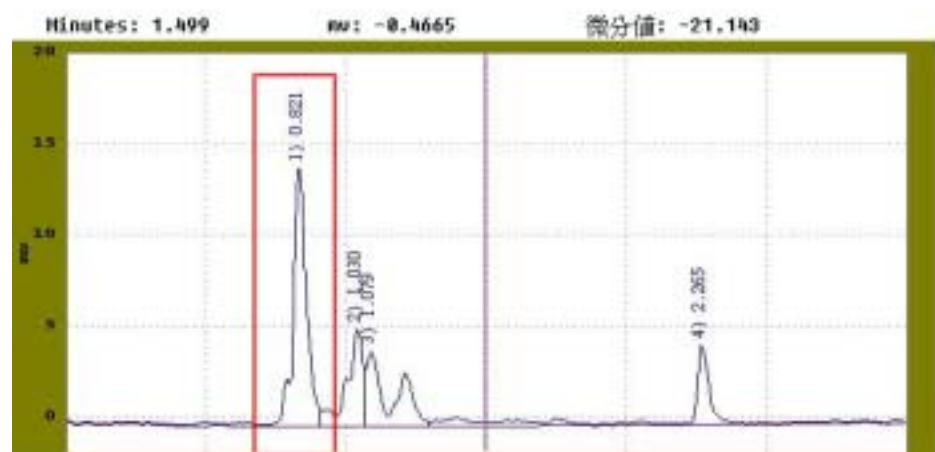
0 小時



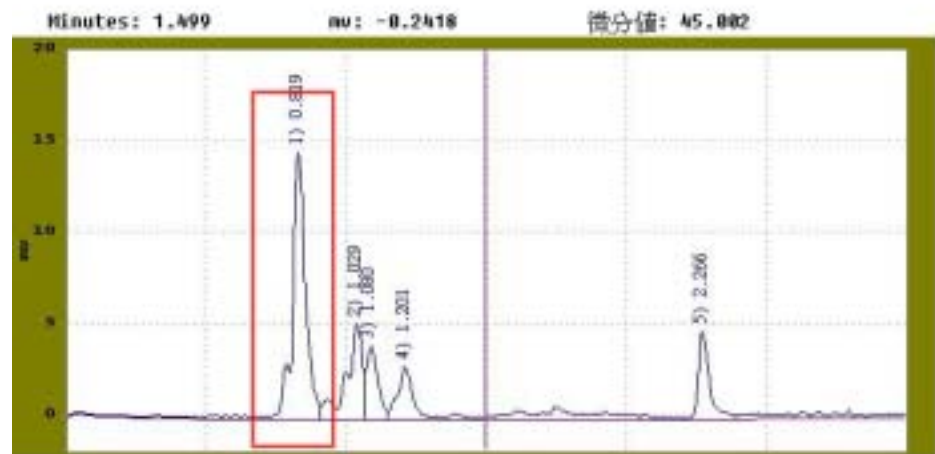
1 小時



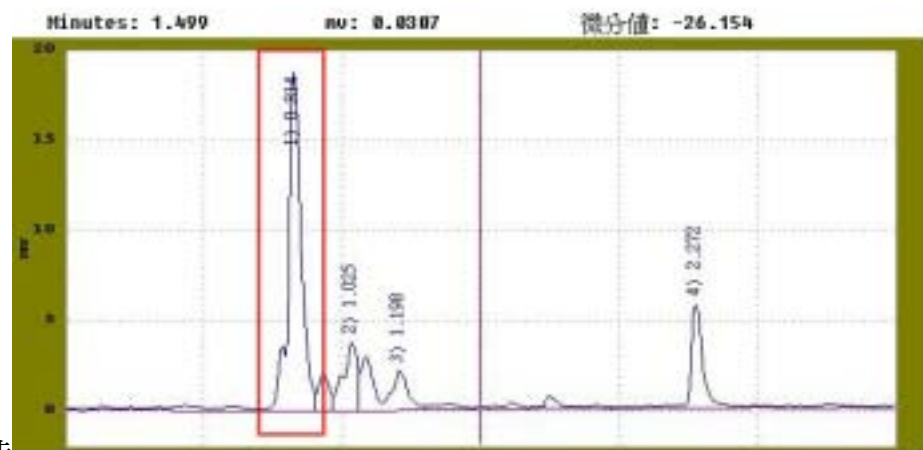
2 小時



3 小時



4 小時



12 小時