

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 化學科

080203

揭開柳橙甜度的秘密

學校名稱：高雄市三民區東光國民小學

作者：  小六 陳卉穎  小六 陳盈泰  小六 曾國銘  小六 蘇立維  小六 李育儒	指導老師：  萬信賢  楊宜倫
---	-----------------------------

關鍵詞：柳橙、糖度、果糖

## 摘要

如何提高柳橙的甜度？研究證明柳橙以不榨汁的方式放置一段時間，時間越久糖度越高。酸鹼變化不大。降低溫度可提升柳橙的糖度，溫度越低糖度越高。施加二氧化碳後，壓力加得越大，糖度越高。讓柳橙變甜的方法依序為：「二氧化碳加壓」>「放入冰箱」>「放置時間」，但如果三者同時進行效果更明顯。經過加壓處理的柳橙，在 30 分鐘後，糖度都沒有變化。加了二氧化碳的柳橙之所以變甜，可能是因為氣泡讓柳橙的果粒有裂痕甚至凹凸不平，有些爆漿的感覺，在氣泡不斷冒出的過程破壞果肉，讓柳橙變甜。加入 1% 的蔗糖轉化酶，就可將蔗糖水解成果糖與葡萄糖，使柳橙汁糖度提高。運用方法提升柳橙甜度，做成好喝的氣泡飲，是消暑的利器喔！

### 壹、研究動機

當二氧化碳遇到水果，會產生甚麼新滋味呢？曾經在媒體上看到，水果放在乾冰中味道會不一樣，甜度會改變，這是真的嗎？老師也說「氣泡水果算是一種分子料理」，「分子料理是一種特別的廚藝概念，是指廚師或藝術家利用特殊工具，透過物理或者化學的變化，將食材的味道、口感、質地、樣貌完全打散，再重新組合。而我們這次想做的就是這種有分子料理概念的研究喔！

我們透過柳橙當研究對象，經由不斷實驗了解影響甜度的主要因素，並且想藉由不加糖的方式增加水果甜度，加壓做成好喝的氣泡飲，藉此提高次級水果的應用與銷量。

### 貳、研究目的

- 一、尋找適合的水果做實驗。
- 二、探討柳橙糖度與 pH 值是否會隨著時間變化而受影響？
- 三、探討柳橙的甜度與 pH 值是否會隨著溫度變化而受影響？
- 四、探討二氧化碳是否會影響柳橙的甜度與 pH 值？
- 五、探討柳橙以二氧化碳加壓後，利用顯微鏡觀察，其內部有甚麼變化？
- 六、探討水果糖分的組成。
- 七、嘗試利用蔗糖轉化酶提高柳橙的甜度。
- 八、用不加糖的方式，製作甜度高的水果氣泡飲。



### 叁、研究設備與器材

◆量測設備：甜度計、電子酸鹼 pH 計

◆ 二氧化碳加壓設計：

<p>數位甜度計 (精確度±0.1 brix)</p>	<p>電子酸鹼 pH 計 (精確度±0.02 pH)</p>	<p>二氧化碳鋼瓶 (純度 99.9%)</p>	<p>自製氣壓瓶： 氣壓計、寶特瓶雙開 頭、矽膠軟管、單向閥</p>
			

◆溫度控制：

<p>加熱器(測出為 40~44°C)</p>	<p>冰箱(測出為 0 度~5°C)</p>	<p>溫度探針(精確度±0.1 度)</p>
		

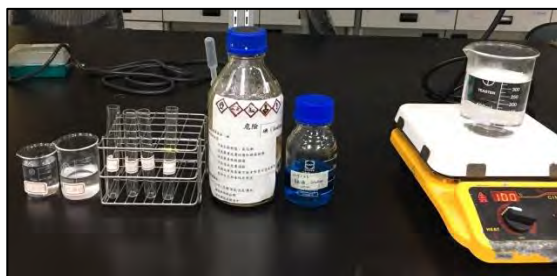
◆其他：柳橙、柳橙、燒杯、鋁箔紙、滴管、微量滴管、量筒



◆顯微鏡

◆磅秤、微量滴管

◆ 鍋子、瓦斯爐、燒杯、溫度計、氣泡飲機



蔗糖轉化酶

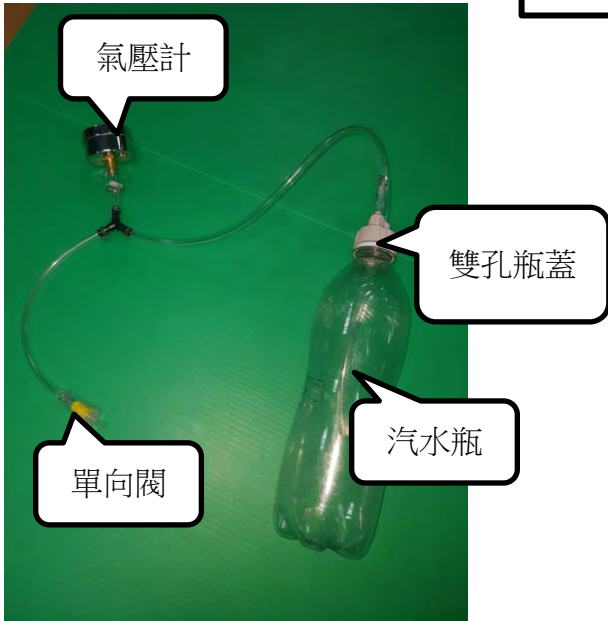
澱粉、葡萄糖、碘液、本氏液、加熱器

果糖測試液

離心機

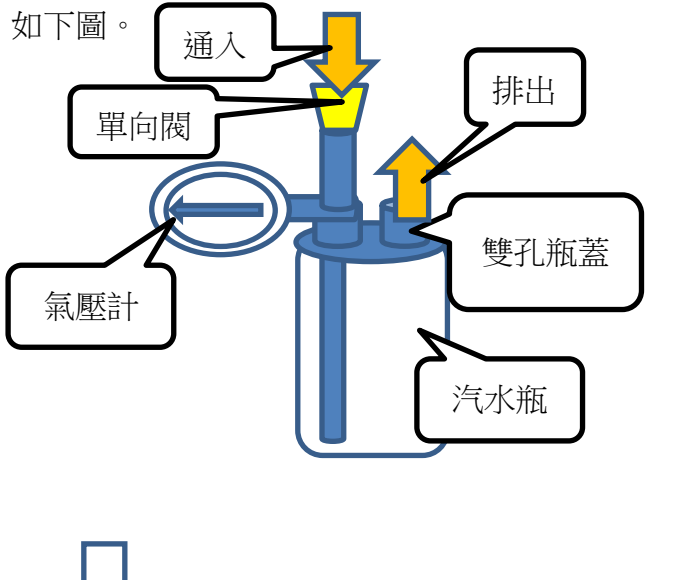
◆ 自製氣壓瓶構造與使用方法

打氣步驟

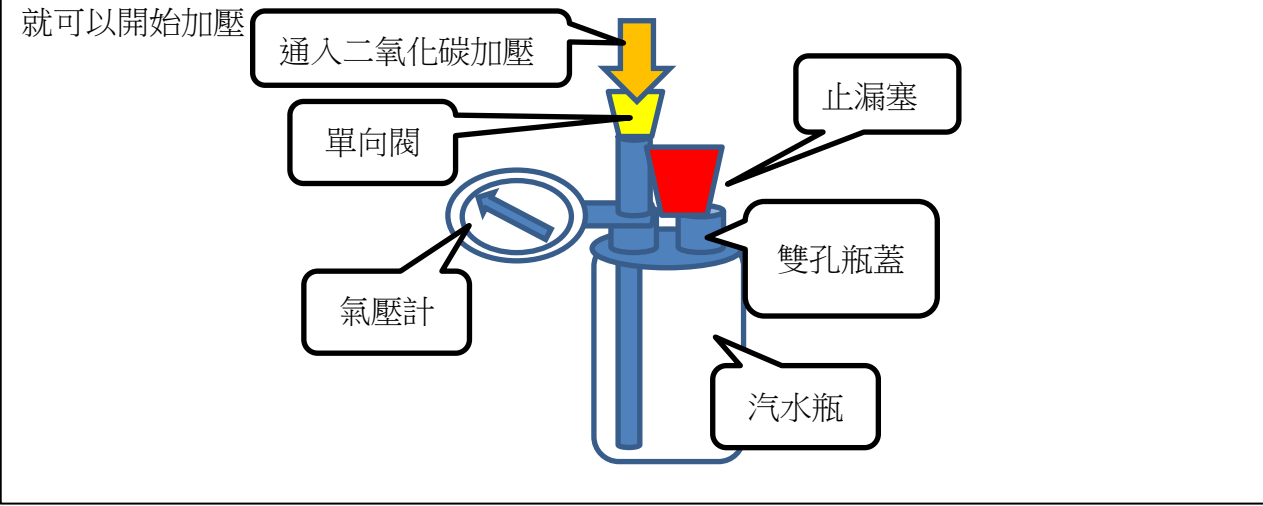


1 放入柳橙，扭緊瓶蓋

2. 單向閥另一端接上二氧化碳鋼瓶軟管，利用向上排氣法，將汽水瓶直立，通入二氧化碳 40 秒，排出瓶內空氣，使瓶內都充滿二氧化碳，如下圖。



3. 讓二氧化碳持續流入，並蓋上止漏塞，將裝置放入水槽中，確保瓶內氣體沒有外洩，就可以開始加壓



自製氣壓瓶瓶架：  
讓多組加壓瓶可同時放入冰箱觀察，也可以檢驗是否有漏氣。如果有接口處有漏氣情形，則需要在接口處纏繞鐵絲來綁緊。



## 肆、文獻探討

### 一、中華民國第 54 屆中小學科學展覽會國小組化學科-明智之「橘」—吃甜橘小撇步

探討因素	以橘子為研究對象，探討橘子外型與甜度和酸度的關係，並研究搖晃或外加處理的方式，看會不會影響橘子的甜度和酸度。
比較差異	我們利用灌入二氧化碳的加壓方式，深入探討當水果製作成氣泡水果時，其甜度與 pH 值的變化。

### 二、中華民國第 51 屆中小學科學展覽會國小組化學科-二氧化碳難溶於水嗎？

探討因素	探討二氧化碳溶於水後的變化情形，並比較不同時間、方式通入二氧化碳後，其蒸餾水酸鹼的變化。
比較差異	同樣使用二氧化碳，我們研究對象是水果，加入壓力探討，利用自製氣壓計與灌氣裝置，探討不同的二氧化碳壓力、時間、溫度對水果的影響。

### 三、水果的甜度與糖度

在食物所呈現的酸、甜、苦、辣、澀及鹹等味覺因子中，目前最能以簡單科學方法來分析的，則為甜及酸。甜度一般是用糖度多寡來衡量，酸度則以 pH 值或酸鹼滴定值大小來區別。有了糖度及酸度值，對於含有糖酸成分的水果、蔬菜等農產品與飲料、食品等商品的品質好壞，就有了初步判斷的依據。又在糖度的測定上，由於大部分水果果汁的可溶固形物成分中，糖佔最大量，因此以手持式折射計所測出之可溶固形物含量測定值，就被用於表示糖度的大小。一般人總認為糖度就是糖含量多寡的表示，而糖量多寡就代表甜度的大小；事實上這種觀念並不正確，因為這幾個名詞所代表的意義不盡相同。

#### (一) 甜度：

人對甜味的喜愛是出於本能；在沒有人工的化學甜味劑出現之前，糖是最主要的甜味來源。甜度可以說是糖溶液所呈現出的甜味感覺程度。目前真正的甜度尚無法用儀器分析，而是靠官能品評來打分數。

糖濃度愈高，甜度愈大，這是不爭的事實；但是在糖溶液中若有其他溶質的存在，也會影響甜味的感覺，例如糖中有酸、水果抹鹽、果蔬汁加少量的鹽，均有助於甜度的加強。因此甜度的大小必須在僅由糖提供甜味的情況下，才能說它與糖度的多寡有關。又糖的種類不同時，甜度也不一樣，例如葡萄糖不如蔗糖及果糖甜。溫度不同時，甜度的表現也會不同，例如葡萄糖與果糖在冷水中的甜度比熱水中甜度大。水果及果汁飲料中的糖，往往不是單純的一種糖，因此甜度與糖度之間還有一些差距。

#### (二) 糖度：

目前國人通稱的糖度，和蔗糖工業上所用的糖度略有不同。在果實、果汁、食品品質分析上所稱的糖度通常是以 Brix 度數表示，指的是用比重計法測定樣本溶液的比重。Brix 度數雖然習慣上看成是含糖重量百分率(一般果汁中存在的糖類如葡萄糖、果糖與蔗糖的比重或折射率相似。)然而實際上所代表的意義，應該是指果汁所含溶解物概略重量百分率。一般的水果及水果產品，若不含不溶性物質(如果汁)時，其可溶固形物含量即以糖度折射計法所

得到的讀數表示；若樣本中含有不溶性物質(如果漿)，則可溶固形物含量須代入下列公式計算：

可溶固形物%=糖度折射計讀數x(100-水不溶固形物%)/100。

至於**柑橘類果汁**，依據 A.O.A.C 的方法，則可溶固形物含量尚須把糖度折射計所得到的**蔗糖含量加上酸度校正值**

**( $0.012+0.193x+00004x^2$ )**，x 為樣本所含的無水檸檬酸重量%)。這是因為柑橘果汁中含有檸檬酸，而**檸檬酸的折射計率和蔗糖不同**，在折射計讀數與可溶固形物含量間略有差距，因此需要校正。我國的國家標準中水果蔬菜汁飲料檢驗法，對於糖度的測定亦考慮到酸度的影響，在求出果蔬汁中的檸檬酸含量後，參考中國國家標準(CNS)水果及蔬菜汁飲料檢驗法—糖度之測定方法上所附之檸檬酸含量與酸度校正值關係表，查出酸度校正值，然後依據公式予以校正。

**糖度 = 手持式糖度計糖度 + 測定室溫與 20°C 之溫度值 + 酸度校正值**  
對於一般**酸度不高的果品**，**酸度校正值很小**，通常不必考慮校正；但像萊姆、檸檬、梅子等高酸度的水果似屬必要。不過在這點上，較少人會去注意。日本果實飲料 JAS 分析法中，對於可溶固形物的分析亦未考慮酸度的校正。

表二所示為部分省產水果**果汁糖度、酸度與糖含量的總和**，約占糖度的全部或大部份。所以對**酸度低的水果來說**，**糖度的多寡近似含糖的多少**；但是對**酸度高的水果而言**，糖度的多寡只能說是可溶固形物含量的多少，真正的糖含量多少須減去酸度後才能比較。

**構成水果中的糖**，包括**葡萄糖、果糖、蔗糖、麥芽糖等**，都不是單一種糖類，而是由兩種或兩種以上的糖類組成。**同樣的糖度**，則**果糖含量較多的甜度較大**，**蔗糖其次**，**葡萄糖較差**。想吃甜度高的水果，除了要注意糖度、糖含量外，還要選**果糖或蔗糖較多的水果**。

蔬果汁及飲料的糖度可以用糖度折射計測定，讀數以 Brix 表示。蔬果汁的溶解性成分並不完全是糖，因此糖度指的是可溶固形物的概略重量百分率而非糖含量。不過，**對大多數的蔬果汁飲料而言**，**糖度與糖含量大致上有正比關係**。

(取自：劉慧瑛(民 81) 果蔬甜度、糖度、可溶固形物與糖含量的論析 台灣省農業試驗所技術服務)

表一：具有甜味之化學物質的相對甜度比較

化學物質	相對甜度	物質種類區分
半乳糖 galactose	0.3	天然，單醣
果糖 fructose	1.7	天然，單醣
葡萄糖 glucose	0.7	天然，單醣
轉化糖 invert sugar	1.3	天然，單醣
蔗糖 sucrose	1.0	天然，雙醣
麥芽糖 maltose	0.4	天然，雙醣
乳糖 lactose	0.3	天然，雙醣
棉實糖 raffinose	0.2	天然，三醣
甜菊糖苷 stevioside	300	天然，糖苷
果寡糖 fructo-oligo saccharide	0.3	天然，多醣
澱粉 starch	0	天然，多醣
木糖醇 xylitol	10.8	天然，糖醇
甘露糖醇 mannitol	0.7	天然，糖醇
山梨糖醇 sorbitol	0.6	天然，糖醇
甘氨酸 glycine	0.8	天然，氨基酸
色氨酸 tryptophan	30	天然，氨基酸
阿斯巴甜 aspartame	180	天然，胜肽
甘油 glycerol	0.48	天然，油脂
其它甘味劑 cyclamate	30	人工合成
dulcine 甘精	250	人工合成
SRI Oxime V	450	人工合成
saccharin 糖精	500	人工合成
NeoDHC	1250	人工合成
monellin	3000	天然，蛋白質
P-4000	4100	人工合成

表二 部分省產水果果汁糖度、酸度與糖含量的比較

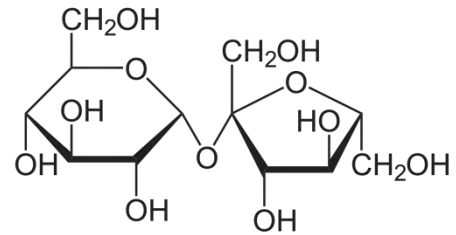
水果種類	糖度(°Bx)	酸度(%)	全糖(%)	果糖(%)	葡萄糖(%)	蔗糖(%)	換算甜度
椰子	4.2	0.08	3.89	2.21	1.68	-	4.93
蓮霧(帶綠色)	5.8	0.24	5.43	3.04	2.18	0.21	8.26
番茄	6.4	0.67	3.57	1.88	1.69	-	4.38
檸檬	7.4	6.12	0.75	0.33	0.30	0.12	0.89
梨	8.0	6.31	1.63	0.67	0.62	0.34	1.91
蓮霧(紅)	8.6	0.18	7.68	4.21	3.10	0.37	9.70
橫山梨	9.0	0.25	6.30	2.74	3.38	0.17	7.19
楊桃	9.2	0.13	7.52	3.53	3.06	0.93	9.07
葡萄柚	8.0	1.22	6.78	2.11	1.81	2.86	7.71
葡萄柚	12.0	1.40	9.59	2.89	3.07	3.34	10.40
晚香西亞橙	8.8	0.52	5.44	1.56	1.14	2.56	6.01
晚香西亞橙	11.0	1.03	8.12	2.50	1.79	3.83	9.33
土橘仔	10.2	0.88	6.62	3.73	0.73	2.16	9.01
香瓜	11.5	0.18	8.32	1.85	1.63	4.84	9.13
梨	11.8	0.05	10.19	4.83	4.04	1.32	12.36
麻豆文旦	12.4	0.67	11.03	2.63	2.65	5.28	11.61
柳橙	13.8	0.94	8.90	2.96	2.66	2.97	9.86
柳橙	14.6	0.54	12.14	3.70	3.42	4.66	13.34
檸檬	14.0	0.37	11.03	4.09	2.91	4.03	13.02
百香果	16.0	4.60	8.55	2.12	2.00	4.43	9.43
甘蔗	16.0	0.08	12.15	0.72	1.03	10.40	12.35
荔枝	17.4	0.09	15.28	8.25	6.89	0.14	18.99
葡萄	17.5	0.39	15.15	7.86	7.29	-	18.52
龍眼	16.3	0.05	15.63	1.96	1.86	11.81	16.44
龍眼	21.5	0.05	18.29	1.73	2.00	14.56	18.90

換算甜度 = 葡萄糖×0.7+果糖×1.7+蔗糖×1

#### 四、蔗糖、果糖、葡萄糖

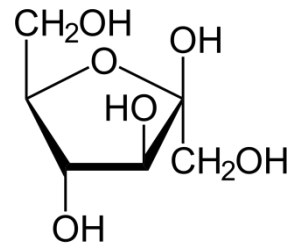
##### (一)蔗糖：

蔗糖( $C_{12}H_{22}O_{11}$ )是一種雙糖(葡萄糖+果糖)，晶體白色，具有旋光性，但無變旋。**易被酸水解，水解後產生等量的 D-葡萄糖和 D-果糖。不具還原性。**發酵形成的蔗糖可以用作醬油的增色劑。**蔗糖是光合作用的主要產物，廣泛分布於植物體內，特別是甜菜、甘蔗和水果中含量極高。**蔗糖是植物儲藏、積累和運輸糖分的主要形式。蔗糖的原料主要是甘蔗和甜菜。將甘蔗或甜菜用機器壓碎，收集糖汁，過濾後用石灰處理，除去雜質，再用二氧化硫漂白；將經過處理的糖汁煮沸，抽去沉底的雜質，刮去浮到面上的泡沫，然後熄火待糖漿結晶成為蔗糖。



##### (二)果糖：

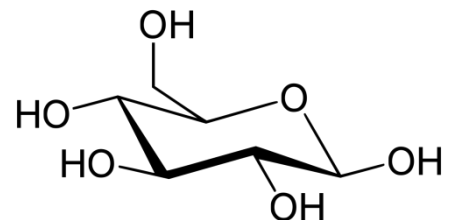
果糖( $C_6H_{12}O_6$ )是一種簡單的糖(單糖)，極易溶於水，在許多食品中存在，和葡萄糖、半乳糖一起構成了血糖的三種主要成份，可在如蜂蜜、樹上的水果、漿果、瓜類以及一些根類蔬菜如甜菜、地瓜、歐洲蘿蔔、洋蔥等中找到；通常與蔗糖和葡萄糖形成化合物。**果糖也**



**是蔗糖分解的產物。蔗糖是一種雙糖，在消化過程中，經過酶的催化特性會分解為一個葡萄糖和一個果糖。果糖是甜度最高的天然糖，果糖的甜度一般被認定是蔗糖的 1.73 倍。**

##### (三)葡萄糖：

葡萄糖( $C_6H_{12}O_6$ )是自然界分布最廣、且最為重要的一種單糖。因為擁有 6 個碳原子，被歸為己糖或六碳糖。葡萄糖在生物學領域具有重要地位，是活細胞的能量來源和新陳代謝的中間產物。植物可通過行光合作用產生葡萄糖。



#### 五、酶、蔗糖轉化酶

##### (一) 酶

酶，或稱酵素，是一類大分子生物催化劑。**酶能加快化學反應的速度(即具有催化作用)**。由酶催化的反應中，反應物稱為受質，生成的物質稱為產物。幾乎所有細胞內的代謝過程都離不開酶。酶能大大加快這些過程中各化學反應進行的速率，使代謝產生的物質和能量能滿足生物體的需求。

##### (二)蔗糖轉化酶：

蔗糖轉化酶是一種最常見的酶，存在酵母、細菌和植物中。**主要作用為使蔗糖水解為葡萄糖和果糖(轉化糖)。**

## 六、分子料理

近年來「分子料理成為全球高級的先驅」「分子料理成為全球高級料理的先驅」「分子料理成為全球高級的先驅」（中央社，2015），「加了氣的果汁有機會成為2015年夏天的新寵（民視新聞，2015）。

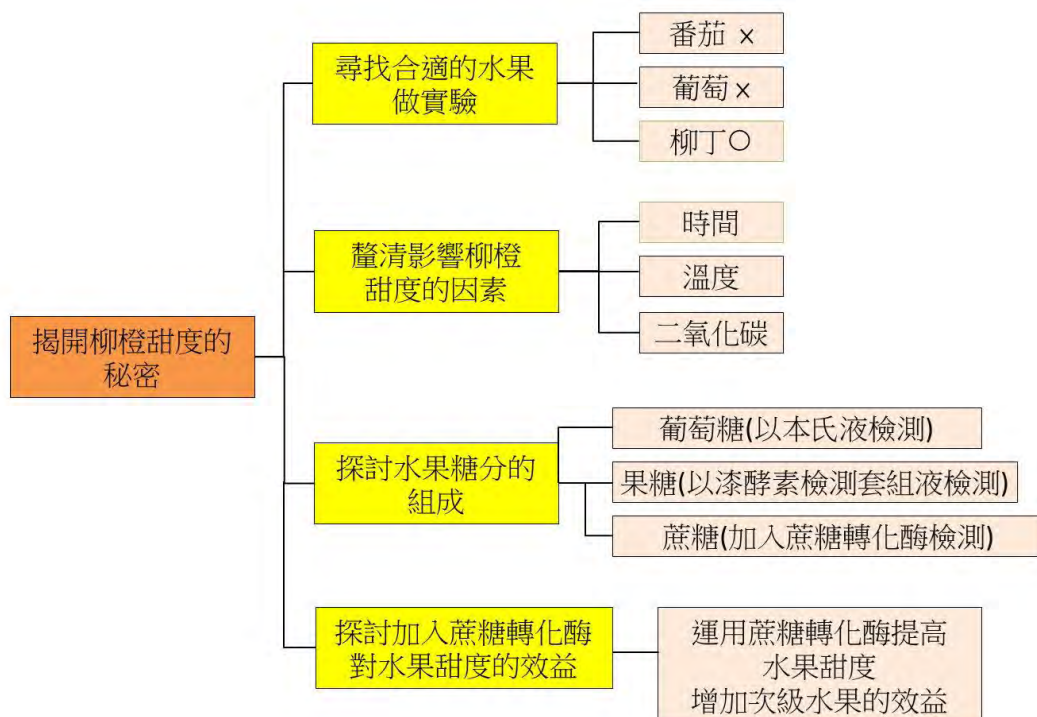
風靡全球的分子料理（Molecular Gastronomy），是一種從製作方式、外觀形態、食物口感等方面進行技術上的革命，改變食物原本應有的面貌，開創嶄新的美食里程碑。分子料理又被稱為「未來食物」，其概念最早始於1988年，由物理學家 Nicholas Kurti 與化學家 Hervé This 提出。有別於傳統餐廳憑藉主廚自身經驗製作料理，分子料理更注重食材本身的特性，透過觀察烹調時間長短、溫度高低變化、混合不同屬性的物質，了解這些因素會對食物造成哪些影響，進而創造出新的料理方法，使色、香、味三方面具有無限的可能，而不再受氣候、產量等因素的局限。

## 七、漆酵素檢測法：

主要原理建構在**以果糖及硼酸鹽組合成的複合物，可充當為一漆酵素媒介系統的角色**，相較其他已知的媒介系統，是無毒且廉價的果糖檢測法。當**漆酵素檢測套組液滴入飲料，若無果糖則維持原色，反之則呈現琥珀藍色，且果糖含量愈高、顏色就愈深**。因對果糖的專一性極高，不受蔗糖或葡萄糖干擾，平均單次檢測費用不到20元，具市場競爭力。（取自：飲料加果糖？「漆酵素」1滴見分曉 生科系教授林順富 技術獨步全球食安把關利器

<https://www.nuk.edu.tw/files/13-1000-9840,r83-1.php>

## 伍、研究過程與方法





### 研究一：尋找適合實驗的水果。





說明：由於我們的實驗器材是採用一般的汽水寶特瓶，受限於瓶口的大小(直徑 2.163cm)，我們必須尋找可以放入瓶口的水果才能進行實驗，經過一番討論，大家決定以小番茄、葡萄和柳橙來進行實驗。

### 實驗(一)：探討不同熟度的番茄其糖度與 pH 值的關係。

方法：取不同顏色不同熟度的小番茄，放在小茶杯榨汁之後，各取 1 c.c. 測量以糖度計和 pH 值測定計測量其糖度與 pH 值。



結果：

	編號一	編號二	編號三	編號四
不同熟度的番茄				
糖度 Brix	1.8	6.3	7	9
pH	5.02	3.72	4.20	4.57

發現：番茄越熟糖度越高，但 pH 值與番茄熟度沒有明顯的影響，大約在 3-5 之間。

### 實驗(二)：探討不同生長部位的番茄其糖度與 pH 值的關係。

方法：取不同生長部位熟度接近的小番茄各五顆，放在小茶杯榨汁之後，各取 1 c.c. 測量以糖度計和 pH 值測定計測量其糖度與 pH 值。

結果：

不同生長部位的番茄	上段		中段	
	糖度(Brix)	pH	糖度(Brix)	pH
1	6.0	4.70	8.8	4.15
2	9.0	4.77	9.0	4.32
3	6.9	4.55	9.0	3.96
4	8.0	5.05	7.6	4.58
5	6.0	4.69	9.0	4.20

發現：1.生長部位在中段的番茄，糖度比較高一些。

2.番茄的 pH 值，與糖度沒有明顯相關。

討論：因為我們去採番茄時，下段的番茄都被採收完了，只剩上段和中段的番茄。熟度相近的番茄，中段的番茄是否因為距離底部的根比較近，因此得到的養分比較多，所以比較甜？這點值得我們以後有機會繼續探究。

說明：我們到番茄園採番茄，會將不同生長部位，熟度相近的番茄放在一起，回來後擺在一起，再挑選熟度相近的 5 顆來進行實驗。



**實驗(三)：探討相同生長部位，熟度接近的番茄，其糖度與 pH 值的關係。**

方法：取生長位置在中段，熟度接近的小番茄各五顆，放在小茶杯榨汁之後，各取 1 c.c. 測量以糖度計和 pH 值測定計測量其糖度與 pH 值。



結果：

相同生長部位的番茄	編號一	編號二	編號三	編號四	編號五
糖度(Brix)	8.0	10.0	7.0	10.1	6.2
pH	4.91	4.39	5.14	4.54	4.73

發現：1. 即便生長部位在中段，熟度也接近，但糖度的差異依舊頗大。

2. 熟度接近的小番茄，pH 值仍有差異。

討論：由於我們的實驗，需要使用糖度一樣的水果為待測物，經過反覆測試，發現蕃茄不適合只好放棄。

※思考：葡萄體積小，是否也可以拿來做實驗呢？

**實驗(四)：探討同一串但不同部位的葡萄，其糖度與 pH 值的關係。**

方法：在同一串葡萄中，取生長位置在上端、中段、下端各三顆，放在小茶杯榨汁之後各取 1 c.c.，以糖度計和 pH 值測定計測量其糖度與 pH 值。

結果：

部位	上端		中段		下端	
	糖度(Brix)	pH	糖度 Brix	pH	糖度(Brix)	pH
1	24.1	3.73	21.0	3.53	21.2	3.38
2	22.8	3.61	23.2	3.54	20.4	3.40
3	23.5	3.61	20.8	3.49	22.4	3.39
平均	23.47	3.65	21.67	3.52	21.33	3.39

發現：1. 同一串葡萄不同生長部位，以上段的糖度較高。

2. 葡萄的 pH 值與糖度沒有直接的關係，大約在 3-4 之間。



討論：以同一串葡萄來說，越上端越接近養分的供應處，是否因為這樣上端的葡萄較甜？未來也值得我們繼續探究。

**實驗(五)：探討同樣生長部位的葡萄，其糖度與 pH 值的關係。**

方法：取五串葡萄，摘取生長位置在中段的各三顆，放在小茶杯榨汁之後各取 1 c.c.，以糖度計和 pH 值測定計測量其糖度與 pH 值。

結果：

測量	第一串		第二串		第三串		第四串		第五串	
	糖度 (Brix)	pH	糖度 (Brix)	pH	糖度 (Brix)	pH	糖度 (Brix)	pH	糖度 (Brix)	pH
1	21	4.38	21.6	3.86	21.1	3.96	20.6	3.97	20.1	3.81
2	20.8	4.44	20.1	3.68	21.6	3.93	21.1	3.87	20.4	3.78
3	20.2	4.24	20.4	3.72	21.2	3.95	21.0	3.92	20.2	3.83
平均	20.67	4.35	20.70	3.75	21.30	3.95	20.90	3.92	20.23	3.81

發現：1.同一串相同生長部位的葡萄，其糖度也會有所差異。

2.不同串的葡萄其 pH 值會不一樣，即便是同一串相同生長部位的葡萄，其 pH 值也會有些差異。

討論：番茄和葡萄這兩種體積小的水果，即便同一串相同生長部位，糖度和 pH 會有差異，因此不適合拿來做本研究。

※思考：那如果採用同一顆可以剝出不同瓣數的柳橙，是否可行呢？

實驗(六)：探討同樣一顆柳橙，其各瓣的糖度與 pH 值的關係。

方法：取同一顆柳橙剝皮並剝開裡面果肉，取出完整的 7 瓣，放在小茶杯榨汁之後各取 1 c.c.，以糖度計和 pH 值測定計測量其糖度與 pH 值。

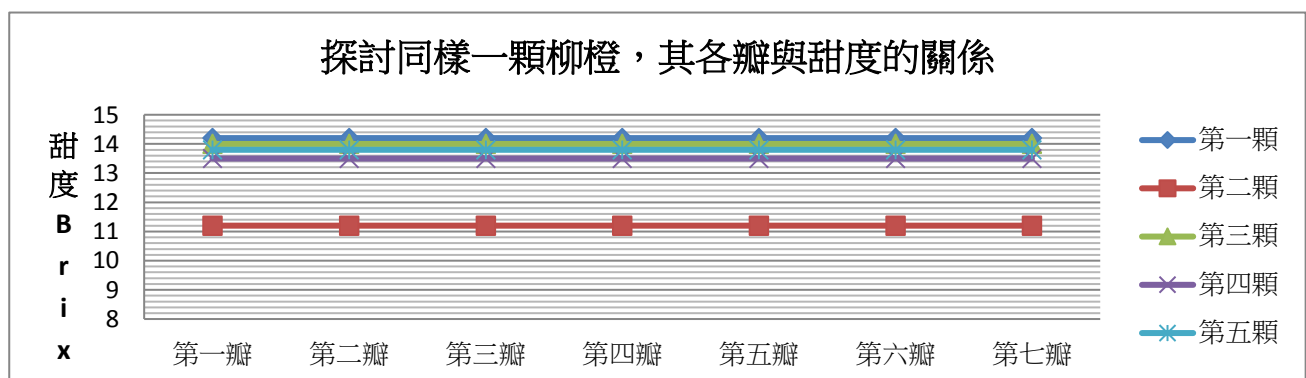


結果：

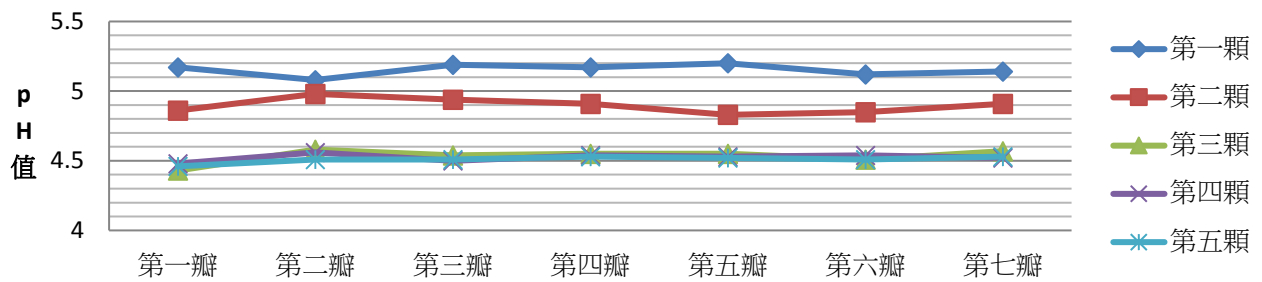
測量	第一顆		第二顆		第三顆		第四顆		第五顆	
	糖度 (Brix)	pH	糖度 (Brix)	pH	糖度 (Brix)	pH	糖度 (Brix)	pH	糖度 (Brix)	pH
第一瓣	14.2	5.17	11.2	4.86	14.0	4.43	13.5	4.48	13.8	4.46
第二瓣	14.2	5.08	11.2	4.98	14.0	4.58	13.5	4.56	13.8	4.51
第三瓣	14.2	5.19	11.2	4.94	14.0	4.54	13.5	4.50	13.8	4.51
第四瓣	14.2	5.17	11.2	4.91	14.0	4.55	13.5	4.54	13.8	4.53
第五瓣	14.2	5.20	11.2	4.83	14.0	4.55	13.5	4.53	13.8	4.52
第六瓣	14.2	5.12	11.2	4.85	14.0	4.51	13.5	4.54	13.8	4.51
第七瓣	14.2	5.14	11.2	4.91	14.0	4.57	13.5	4.52	13.8	4.53

發現：1.同一顆柳橙裡面各瓣果肉的糖度幾乎都一樣，因此拿柳橙來做本實驗應該是最恰當的。

2.每一瓣酸鹼都有些微差異，但差距不大。



探討同樣一顆柳橙，其各瓣與pH值的關係



研究二：探討柳橙糖度變化的影響因素。

實驗(一)：柳橙果肉的糖度會隨著時間改變而改變嗎？

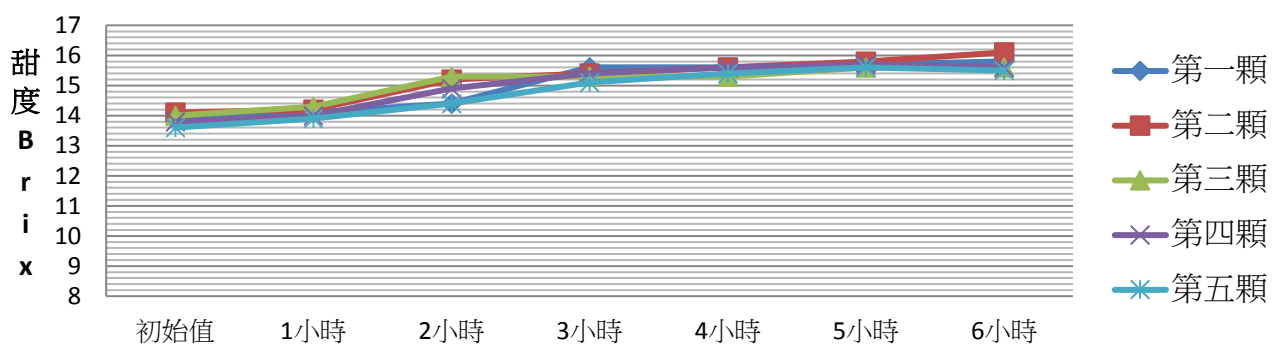
方法：取一顆柳橙，將果肉剝成一瓣一瓣的，每一瓣用夾鏈袋裝好避免暴露在空氣中，放置在常溫下，每隔一小時測量一次糖度與 pH 值，觀察其變化。

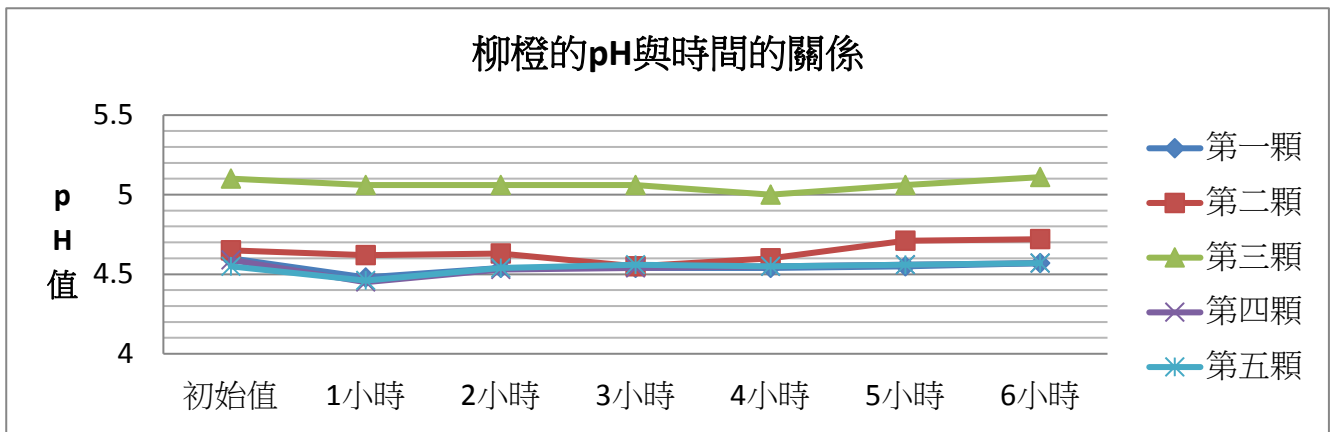


結果：

檢測項目	第一顆		第二顆		第三顆		第四顆		第五顆	
	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值
初始值	13.9	4.60	14.1	4.65	14.0	5.10	13.8	4.59	13.6	4.55
1 小時	14.1	4.48	14.2	4.62	14.3	5.06	14.0	4.45	13.9	4.46
2 小時	14.4	4.54	15.2	4.63	15.3	5.06	14.9	4.53	14.4	4.54
3 小時	15.6	4.54	15.4	4.55	15.3	5.06	15.4	4.54	15.1	4.56
4 小時	15.6	4.54	15.6	4.60	15.3	5.00	15.6	4.55	15.4	4.55
5 小時	15.7	4.55	15.8	4.71	15.6	5.06	15.7	4.56	15.6	4.56
6 小時	15.8	4.57	16.1	4.72	15.6	5.11	15.6	4.57	15.5	4.57

柳橙的甜度與時間的關係





發現：柳橙果肉放置於常溫下，放越久糖度上升越高。酸鹼則變化不大。

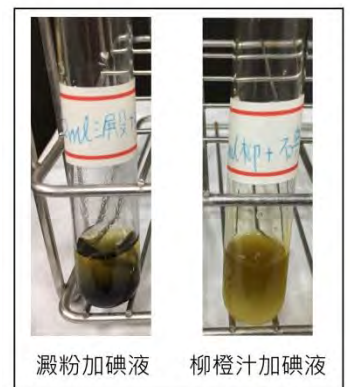
推論：柳橙果肉放在室溫中變甜是因為果實中的澱粉逐漸轉化為可溶性糖，貯藏在細胞液當中，糖分的不斷增加讓果實變甜。

※ 驗證：柳橙果肉真的存在著澱粉嗎？我們想進行實驗來證明：

方法：取二支試管，分別加入 2ml 的 1% 澱粉液和柳橙溶液。再分別加入 1~2 滴碘試劑，觀察試管的顏色變化並記錄。

結果：

觀測液	檢驗	結果	+：代表有反應 -：代表無反應
澱粉溶液	澱粉	藍色	+
柳橙汁	澱粉	藍色	+



發現：柳橙的確有澱粉的存在。

※ 思考：柳橙果肉放在常溫中，放越久糖度越高。那如果是榨成果汁呢？

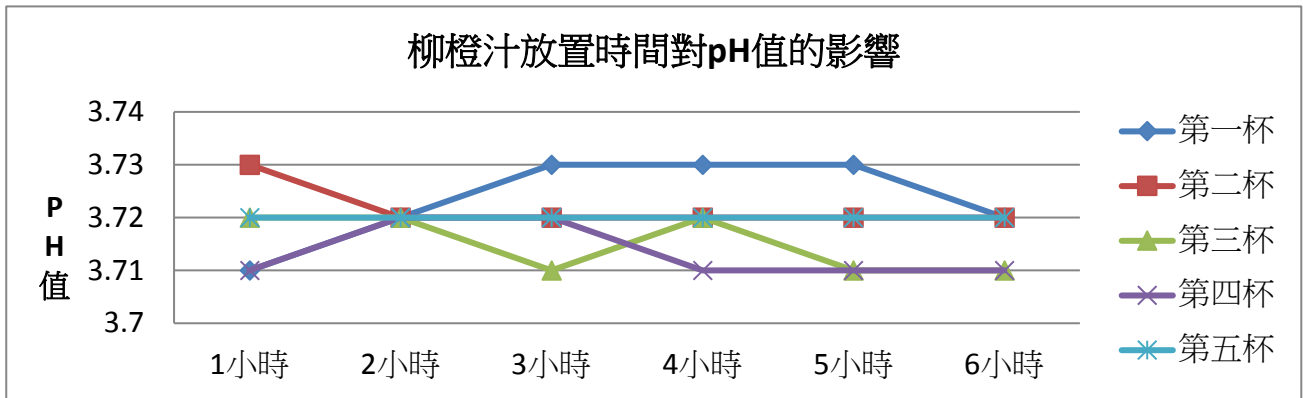
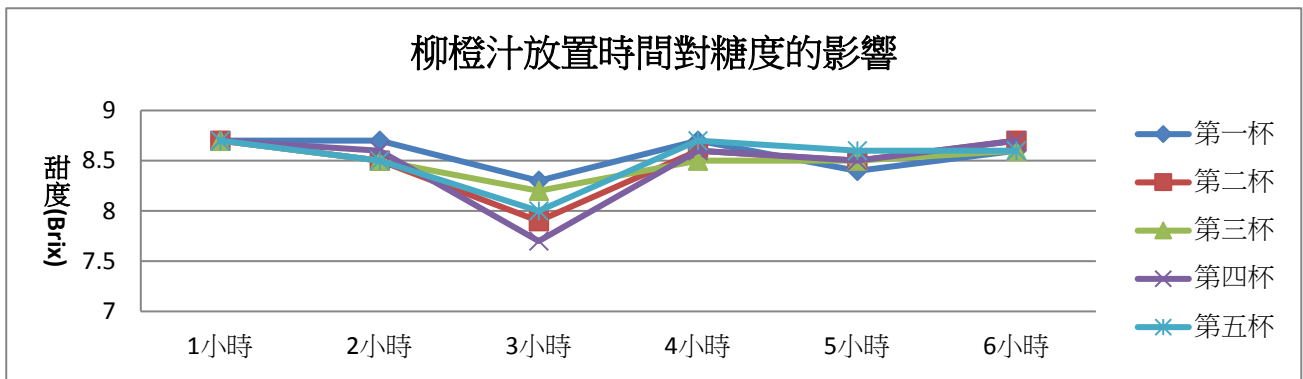


**實驗(二)：柳橙果汁的糖度會隨著時間改變而改變嗎？**

方法：取三顆柳橙，將果肉以榨汁機榨成汁，均勻混合後各取 35c.c 放置於常溫下，蓋上鋁箔紙，每隔一小時測量一次糖度與 pH 值，觀察其變化。

結果：

檢測項目	第一杯		第二杯		第三杯		第四杯		第五杯	
	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值
初始值	8.7	3.71	8.7	3.73	8.7	3.72	8.7	3.71	8.7	3.72
1 小時	8.7	3.72	8.5	3.72	8.5	3.72	8.6	3.72	8.5	3.72
2 小時	8.3	3.73	7.9	3.72	8.2	3.71	7.7	3.72	8.0	3.72
3 小時	8.7	3.73	8.6	3.72	8.5	3.72	8.6	3.71	8.7	3.72
4 小時	8.4	3.73	8.5	3.72	8.5	3.71	8.5	3.71	8.6	3.72
5 小時	8.6	3.72	8.7	3.72	8.6	3.71	8.7	3.71	8.6	3.72
6 小時	8.7	3.71	8.7	3.71	8.6	3.71	8.5	3.71	8.7	3.72



發現：1. 柳橙汁放置三個小時後，糖度會明顯下降，之後再上升，但不超過原來初始的糖度。  
 2. 柳橙汁放置的時間對 pH 的影響，並沒有明顯的趨勢關係。

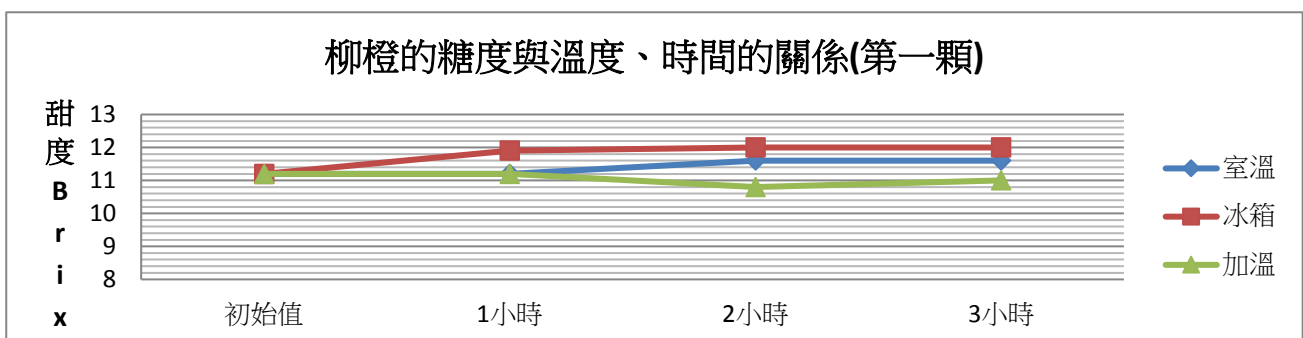
推論：榨成汁的柳橙，可能因為比較容易氧化，或是有微生物的產生，糖度並沒有隨著時間增加而增加。

#### 實驗(三)：柳橙的糖度會隨著溫度變化而改變嗎？

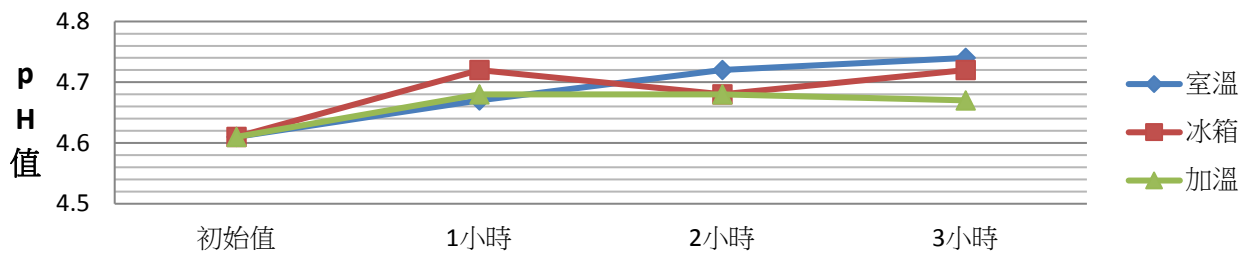
方法：取一顆柳橙，將果肉剝成一瓣一瓣的，每一瓣用夾鏈袋裝好避免暴露在空氣中，放置在不同溫度的環境下，每隔一小時測量一次糖度與 pH 值，觀察其變化。

##### 第一顆

環境條件	室溫		冰箱(攝氏 4 度)		加溫(攝氏 40 度)	
	糖度(Brix)	pH 值	糖度(Brix)	pH 值	糖度(Brix)	pH 值
初始值	11.2	4.61	11.2	4.61	11.2	4.61
1 小時	11.2	4.67	11.9	4.72	11.2	4.68
2 小時	11.6	4.72	12.00	4.68	10.8	4.68
3 小時	11.6	4.74	12.00	4.72	11.0	4.67



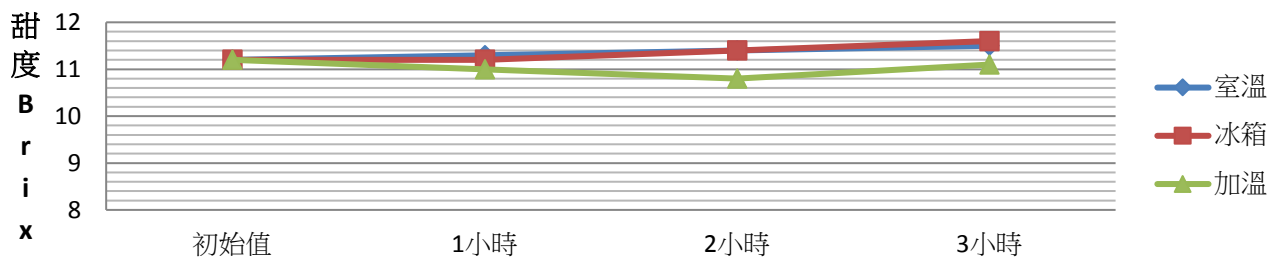
柳橙的pH值與溫度、時間的關係(第一顆)



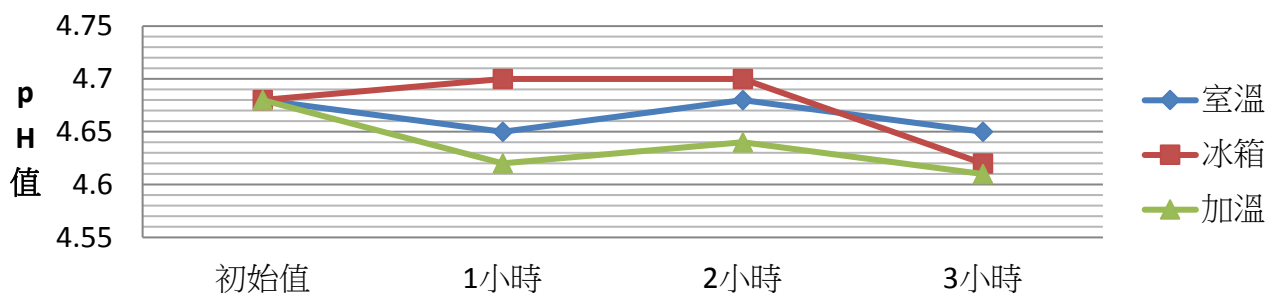
第二顆

檢測項目	室溫		冰箱(攝氏 4 度)		加溫(攝氏 40 度)	
	糖度(Brix)	pH 值	糖度(Brix)	pH 值	糖度(Brix)	pH 值
初始值	11.8	4.68	11.8	4.68	11.8	4.68
1 小時	11.8	4.65	12.0	4.7	11.4	4.62
2 小時	11.9	4.68	12.0	4.7	11.0	4.64
3 小時	12.2	4.65	12.4	4.62	11.6	4.61

柳橙的糖度與溫度、時間的關係(第二顆)



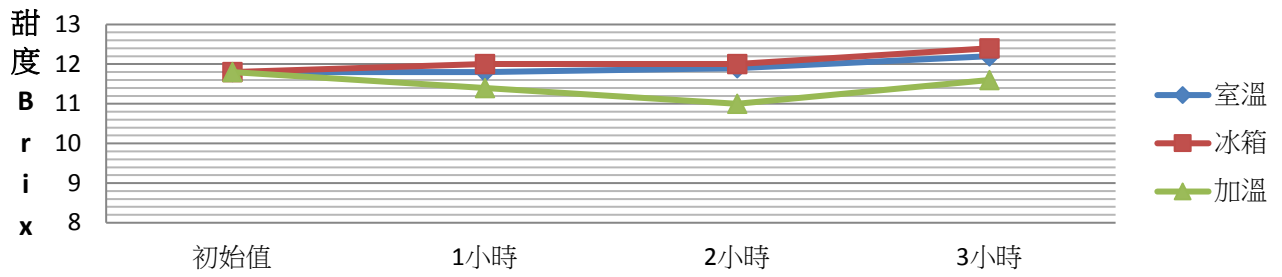
柳橙的pH值與溫度、時間的關係(第二顆)



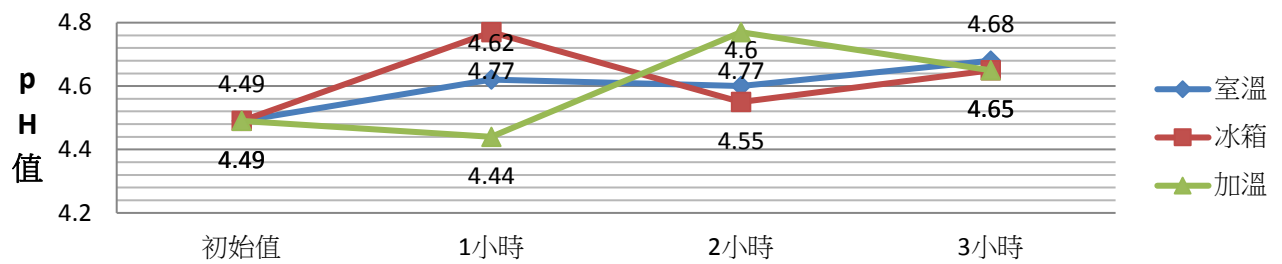
第三顆

檢測項目	室溫		冰箱(攝氏 4 度)		加溫(攝氏 40 度)	
	糖度(Brix)	pH 值	糖度(Brix)	pH 值	糖度(Brix)	pH 值
初始值	11.2	4.49	11.2	4.49	11.2	4.49
1 小時	11.3	4.62	11.2	4.77	11	4.44
2 小時	11.4	4.60	11.4	4.55	10.8	4.77
3 小時	11.5	4.68	11.6	4.65	11.1	4.65

柳橙的甜度與溫度、時間的關係(第三顆)



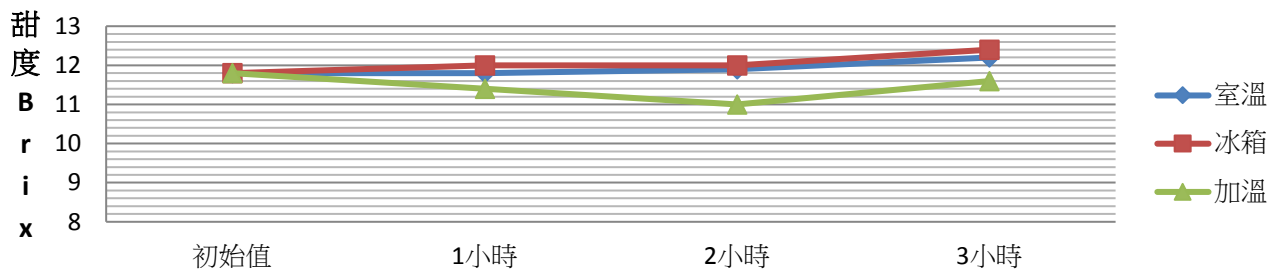
柳橙的pH值與溫度、時間的關係(第三顆)



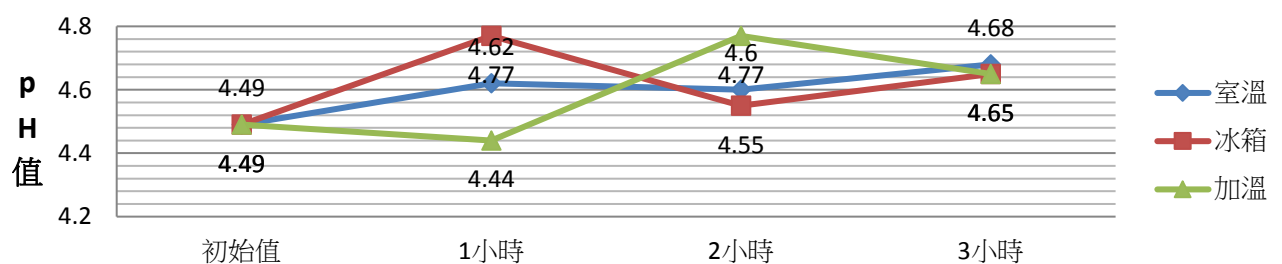
第四顆

檢測項目	室溫		冰箱(攝氏 4 度)		加溫(攝氏 40 度)	
	糖度(Brix)	pH 值	糖度(Brix)	pH 值	糖度(Brix)	pH 值
初始值	11.2	4.49	11.2	4.49	11.2	4.49
1 小時	11.3	4.62	11.2	4.77	11.0	4.44
2 小時	11.4	4.60	11.4	4.55	10.8	4.77
3 小時	11.5	4.68	11.6	4.65	11.1	4.65

柳橙的甜度與溫度、時間的關係(第四顆)



柳橙的pH值與溫度、時間的關係(第四顆)

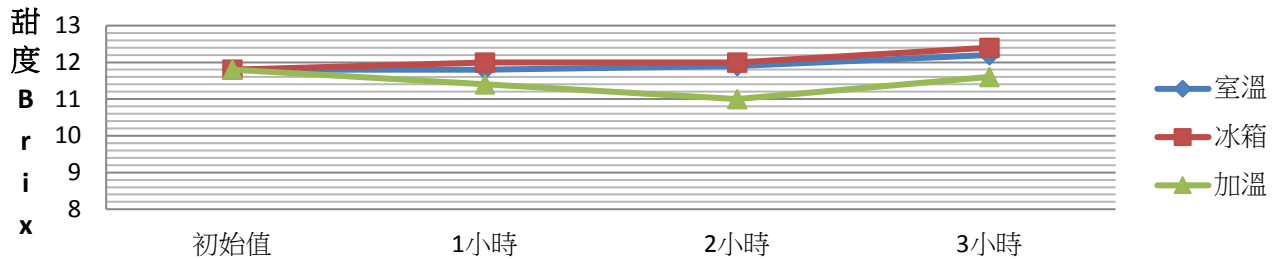




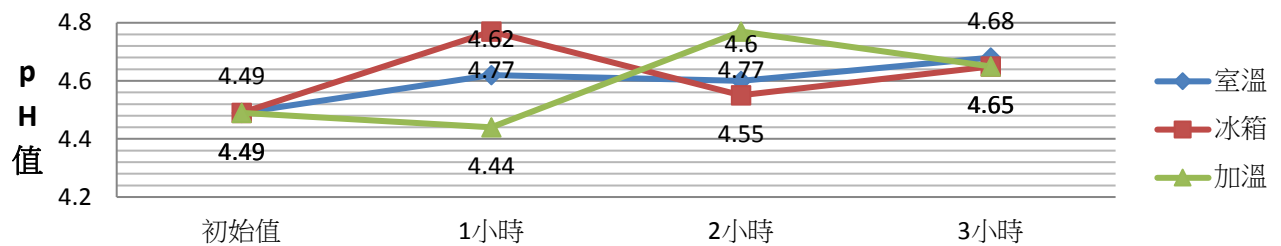
第五顆

檢測項目	室溫		冰箱(攝氏 4 度)		加溫(攝氏 40 度)	
	糖度(Brix)	pH 值	糖度(Brix)	pH 值	糖度(Brix)	pH 值
初始值	11.2	4.49	11.2	4.49	11.2	4.49
1 小時	11.3	4.62	11.2	4.77	11	4.44
2 小時	11.4	4.60	11.4	4.55	10.8	4.77
3 小時	11.5	4.68	11.6	4.65	11.1	4.65

柳橙的甜度與溫度、時間的關係(第五顆)



柳橙的pH值與溫度、時間的關係(第五顆)



- 發現：
1. 溫度降低，會使柳橙變甜；溫度升高，會使糖度下降。
  2. 柳橙放越久，糖度越高。放在冰箱比放室溫的糖度變化幅度大。
  3. 溫度會影響酸鹼變化，室溫的酸鹼變化小，低溫和加溫酸鹼變化大。



實驗(四)：柳橙果汁的糖度會隨著溫度變化而改變嗎？

說明：為了怕時間拖太久，也會影響糖度，因此本實驗分成先降溫再慢慢升溫，與直接隔水加熱做觀察。

方法：(一)取三顆柳橙，將果肉以榨汁機榨成汁，均勻混合後各取 35c.c 放置於常溫下，蓋上鋁箔紙，先放置在冷凍庫中一小時，之後取出，分別在不同溫度下測量糖度與 pH 值，觀察其變化。

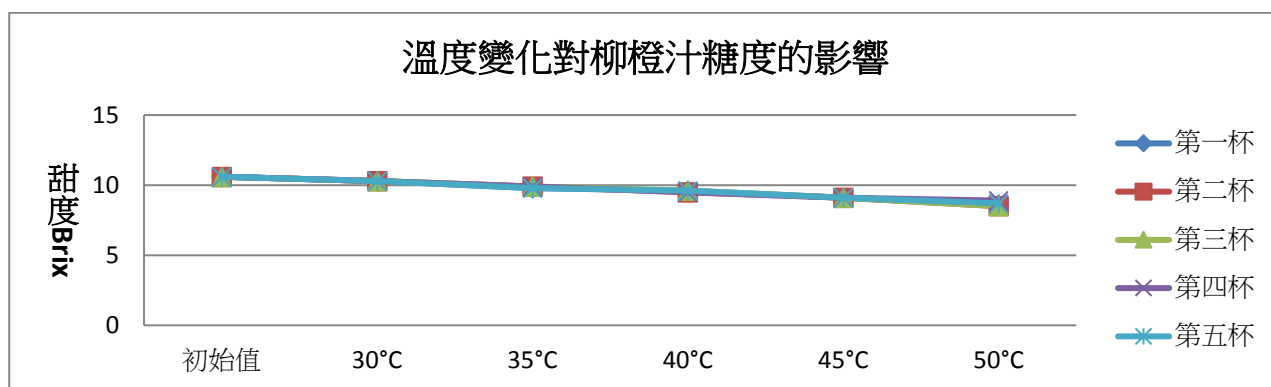
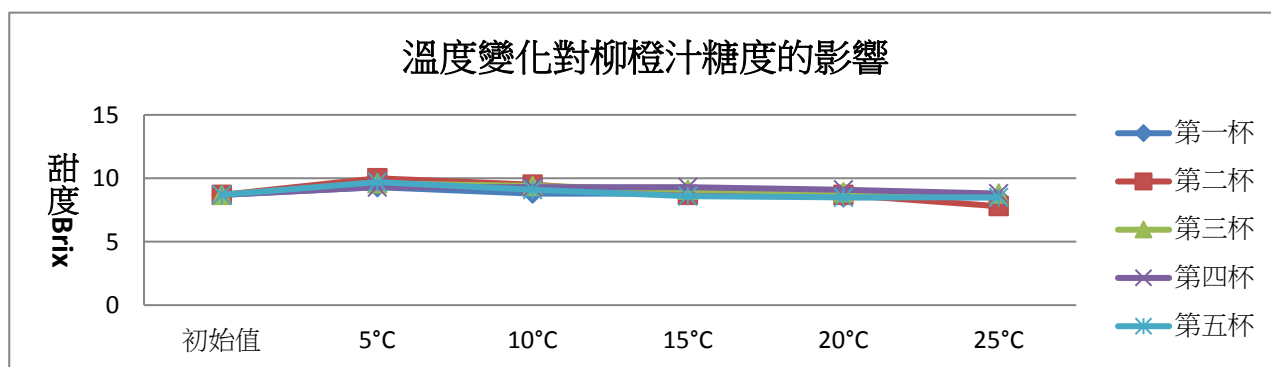
(二)取三顆柳橙，將果肉以榨汁機榨成汁，均勻混合後各取 35c.c 放置於常溫下，利用隔水加熱將柳橙汁加熱至不同溫度，再測量糖度與 pH 值，觀察其變化。

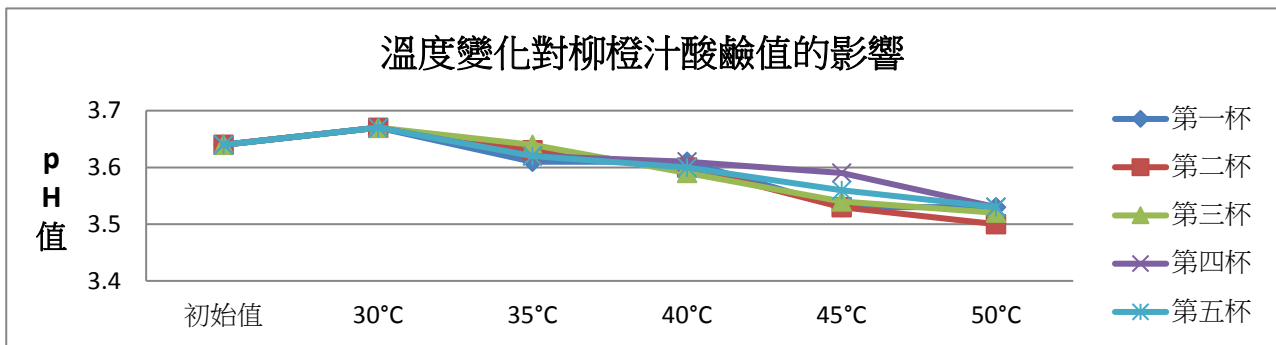
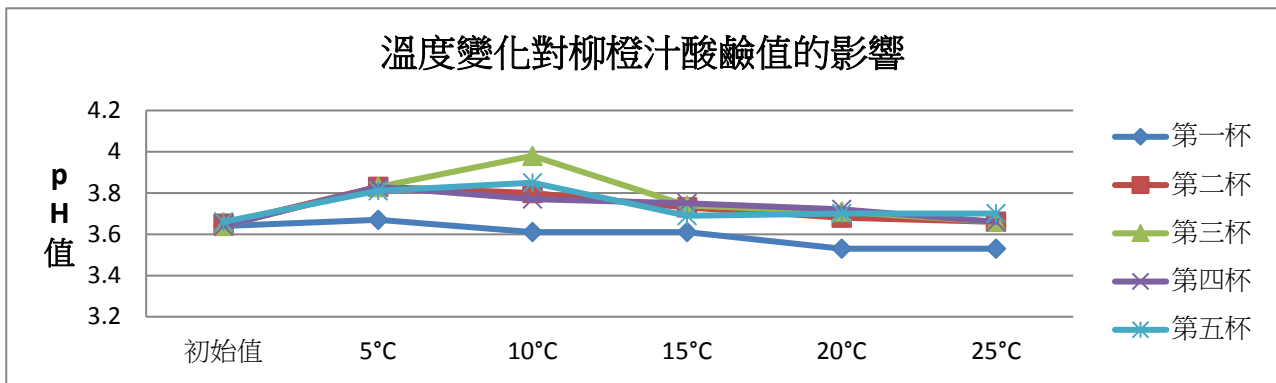


結果：

檢測項目	第一杯		第二杯		第三杯		第四杯		第五杯	
	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值
初始值	8.7	3.67	8.7	3.65	8.7	3.64	8.7	3.64	8.7	3.66
5°C	9.3	3.83	10	3.83	9.6	3.83	9.3	3.83	9.7	3.81
10°C	8.8	3.76	9.5	3.80	9.4	3.98	9.3	3.77	9.1	3.85
15°C	8.8	3.73	8.7	3.73	9.1	3.74	9.3	3.75	8.6	3.69
20°C	8.5	3.71	8.7	3.68	8.9	3.71	9.1	3.72	8.5	3.70
25°C	8.5	3.72	7.8	3.66	8.8	3.66	8.8	3.66	8.5	3.70

檢測項目	第一杯		第二杯		第三杯		第四杯		第五杯	
	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值
初始值	10.6	3.64	10.6	3.64	10.6	3.64	10.6	3.64	10.6	3.64
30°C	10.3	3.67	10.3	3.67	10.3	3.67	10.3	3.67	10.3	3.67
35°C	9.8	3.61	9.9	3.63	9.9	3.64	9.9	3.62	9.8	3.62
40°C	9.6	3.61	9.5	3.60	9.6	3.59	9.5	3.61	9.6	3.60
45°C	9.1	3.53	9.1	3.53	9.1	3.54	9.1	3.59	9.1	3.56
50°C	8.6	3.53	8.5	3.50	8.5	3.52	8.9	3.53	8.7	3.53





發現：溫度降低，會使柳橙汁糖度升高；溫度升高，會使柳橙汁糖度下降。

推論：1. 水果冷藏後更甜，主要是跟它的果糖有關，而果糖的甜度與溫度有很大的關係。果糖具有兩種分子結構： $\alpha$ -D-呋喃果糖和 $\beta$ -D-吡喃果糖異構體形式，簡稱 $\alpha$ 型和 $\beta$ 型， $\alpha$ 型果糖比 $\beta$ 型果糖甜，其甜度是 $\beta$ 型果糖的3倍，當40°C以下時隨著溫度越低，低溫時轉為 $\alpha$ 型果糖越多，果糖甜度越高。最高可達到蔗糖的1.73倍。

原文網址：<https://kknews.cc/zh-tw/health/5aoavyl.html>

2. 經資料蒐集，了解不同溫度的中性 pH 值不同，溫度低於 25 度時，中性 pH 值大於 7，因此室溫的 pH 變化幅度最小，而加溫跟置於冰箱的酸鹼變化程度都很大。

研究三：探討加入二氧化碳對柳橙糖度的影響。

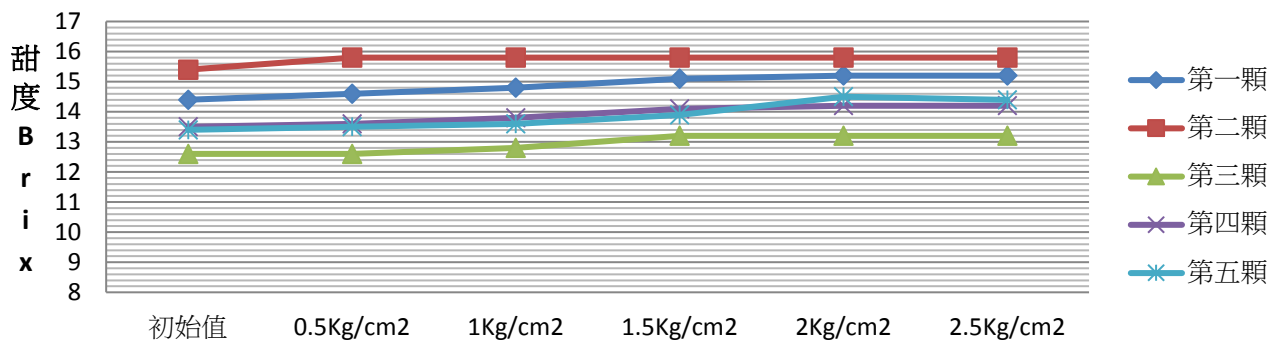
實驗(一)：將柳橙施以不同的壓力，放在室溫下，測量糖度與 pH 的變化。

方法：將柳橙去皮並將果肉剝成一瓣一瓣的，利用向上排氣法，將二氧化碳灌入汽水瓶中，施以不同壓力，置於室溫下，經過一個小時後測量其糖度與 pH 值。

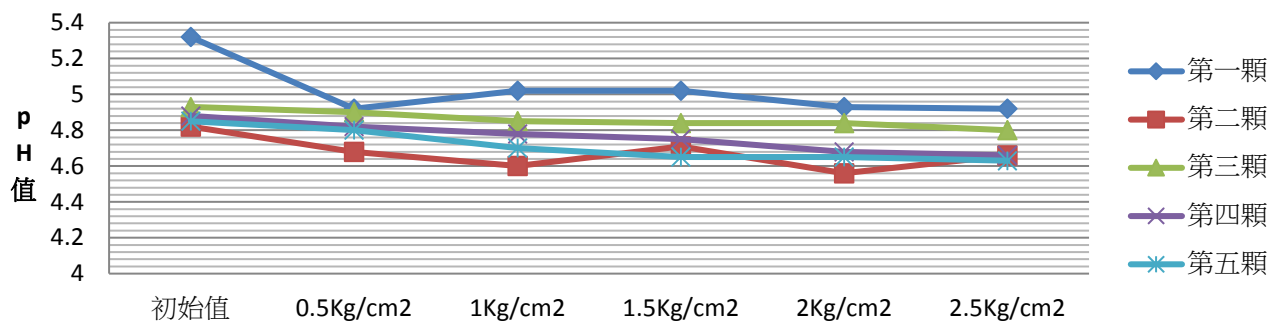
結果：

	初始		0.5 kg/cm <sup>2</sup>		1 kg/cm <sup>2</sup>		1.5 kg/cm <sup>2</sup>		2 kg/cm <sup>2</sup>		2.5 kg/cm <sup>2</sup>	
	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值
第一顆	14.4	5.32	14.6	4.92	14.8	5.02	15.1	5.02	15.2	4.93	15.2	4.92
第二顆	15.4	4.82	15.8	4.68	15.8	4.60	15.8	4.71	15.8	4.56	15.8	4.66
第三顆	12.6	4.93	12.6	4.90	12.8	4.85	13.2	4.84	13.2	4.84	13.2	4.80
第四顆	13.5	4.88	13.6	4.76	13.8	4.78	14.1	4.86	14.2	4.86	14.5	4.75
第五顆	13.4	4.75	13.5	4.80	13.6	4.77	13.9	4.80	14.2	4.81	14.4	4.82

在常溫中，不同二氧化碳壓力與糖度的關係



在常溫中，不同二氧化碳壓力與pH的關係



- 發現：
1. 二氧化碳壓力加得越大，糖度越高。加壓後的糖度與初始值最大可以相差 0.8 Brix。
  2. 從初始到 1.5kg/cm<sup>2</sup> 的糖度變化幅度最大。
  3. 與不加壓比較，二氧化碳加壓後，pH 值會降低。



討論：後面定壓的實驗，我們都以 2.5 kg/cm<sup>2</sup> 來進行。

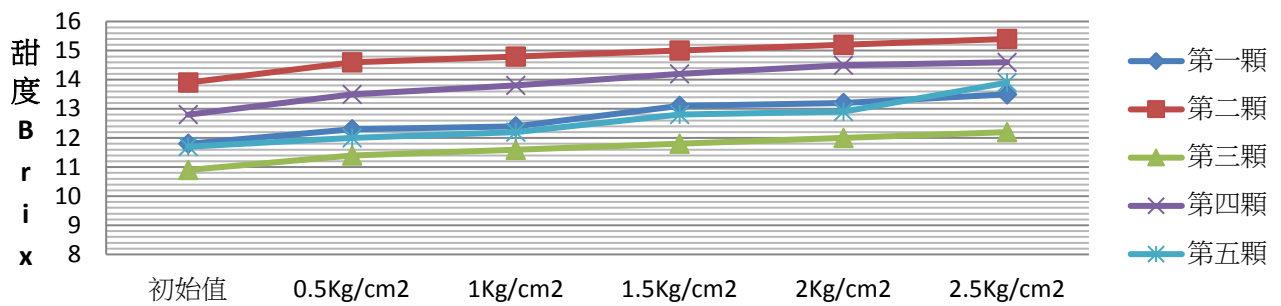
**實驗(二)：將柳橙施以不同的壓力，放在冰箱下，測量糖度與 pH 值的變化。**

方法：將柳橙去皮並將果肉剝成一瓣一瓣的，利用向上排氣法，將二氧化碳灌入汽水瓶中，施以不同壓力，置於冰箱下，經過一個小時後測量其糖度與 pH 值。

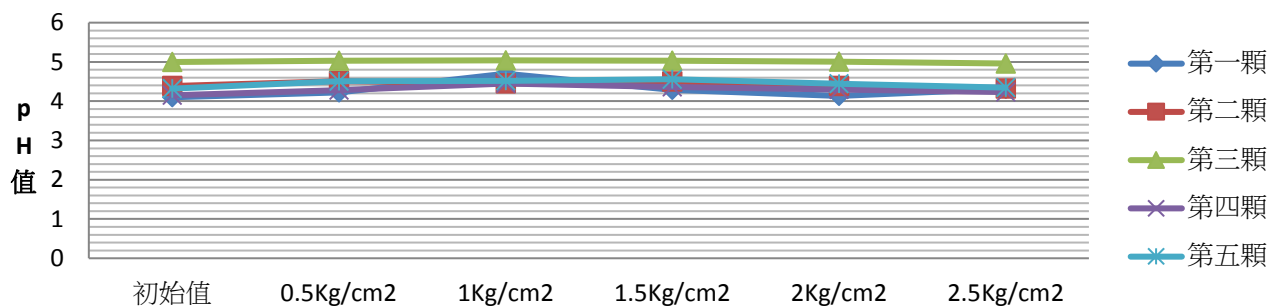
結果：

	初始		0.5kg/cm <sup>2</sup>		1 kg/cm <sup>2</sup>		1.5 kg/cm <sup>2</sup>		2 kg/cm <sup>2</sup>		2.5 kg/cm <sup>2</sup>	
	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值
第一類	11.8	4.10	12.3	4.22	12.4	4.7	13.1	4.29	13.2	4.13	13.5	4.31
第二類	13.9	4.39	14.6	4.51	14.8	4.45	15.0	4.50	15.2	4.39	15.4	4.32
第三類	10.9	5.00	11.4	5.03	11.6	5.04	11.8	5.03	12.0	5.01	12.2	4.96
第四類	12.8	4.15	13.5	4.28	13.8	4.45	14.2	4.36	14.5	4.30	14.6	4.23
第五類	11.7	4.32	12.0	4.51	12.2	4.52	12.8	4.56	12.9	4.44	13.3	4.35

在低溫中，不同二氧化碳壓力與糖度的關係



在低溫中，不同二氧化碳壓力與pH的關係



- 發現：
- 1.在低溫的環境下，二氧化碳壓力加得越大，糖度會越高。糖度與初始值最大可以相差 1.7 Brix。
  - 2.與研究三實驗(一)相比，放冰箱加壓比放室溫加壓的糖度，上升的程度更大。
  - 3.在低溫環境下，加了二氧化碳的柳橙，pH 值的變化依舊頗大。

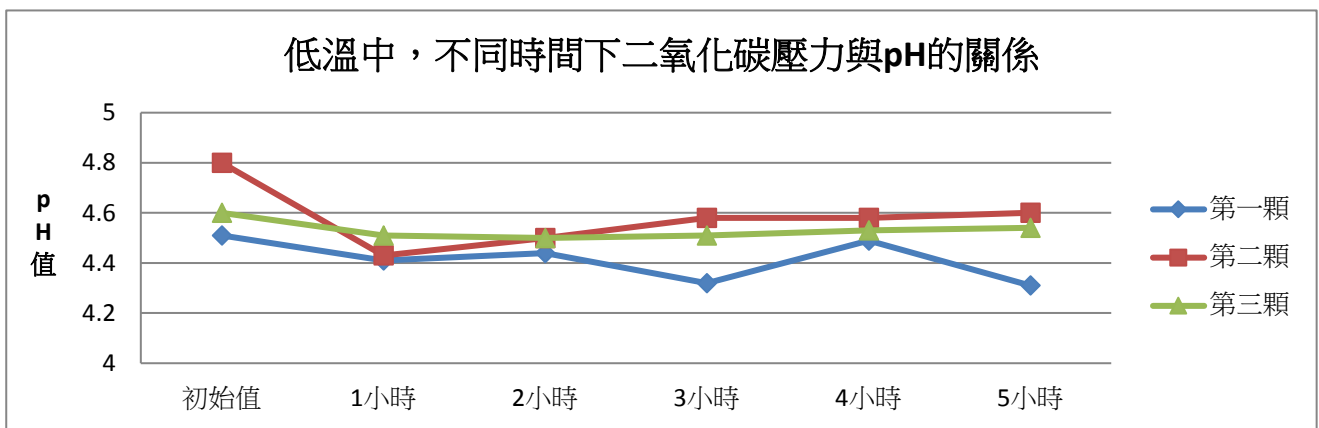
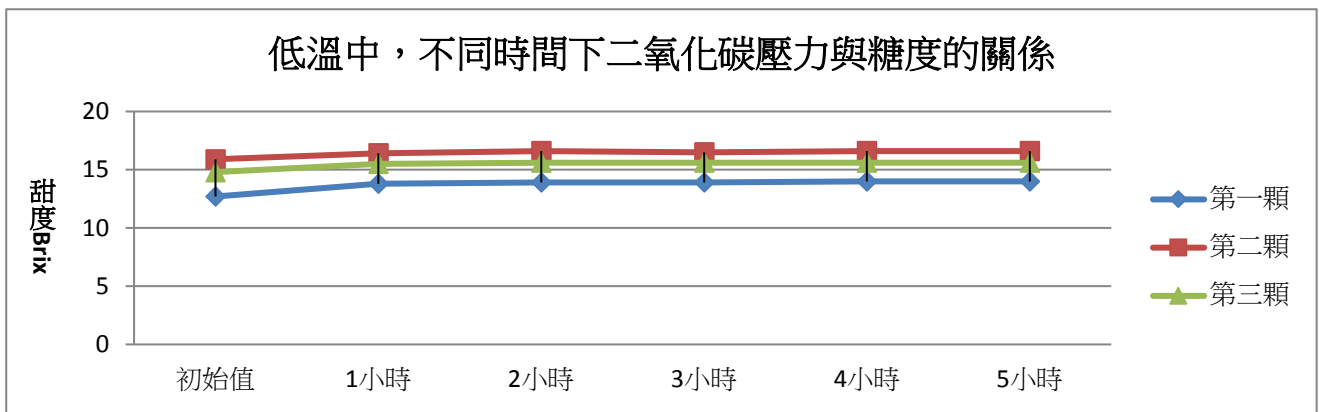
討論：因為高於 25°C 時，中性的水 pH 值會略小於 7，低於 25°C 時，中性的水 pH 值會略高於 7，也就是說，柳橙冰在冰箱中，pH 值應該上升才對。但因為低溫有助於溶解二氧化碳，降低 pH 值，兩者互相影響下，會讓每一瓣的柳橙，pH 值忽高忽低。

**實驗(三)：將柳橙施以相同壓力的二氧化碳，放在冰箱中，測量不同時間糖度與 pH 的變化。**

方法：將柳橙去皮並將果肉剝成一瓣一瓣的，利用向上排氣法，放入自製氣壓瓶中，通入二氧化碳，施以 2.5 kg/cm<sup>2</sup> 的二氧化碳壓力，放在於冰箱中，經過不同時間測量其糖度與 pH 值。

結果：

	初始值		1 小時		2 小時		3 小時		4 小時		5 小時	
	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值
第一類	12.7	4.51	13.8	4.41	13.8	4.44	13.9	4.32	14.0	4.49	14.0	4.31
第二類	15.9	4.80	16.4	4.43	16.6	4.50	16.5	4.58	16.6	4.58	16.5	4.60
第三類	14.8	4.60	15.5	4.51	15.6	4.50	15.6	4.51	15.6	4.53	15.6	4.54
第四類	13.5	4.66	13.7	4.60	13.9	4.63	14.3	4.52	14.5	4.58	14.8	4.50
第五類	14.2	4.68	14.7	4.59	14.8	4.55	14.9	4.52	15.1	4.50	15.3	4.49



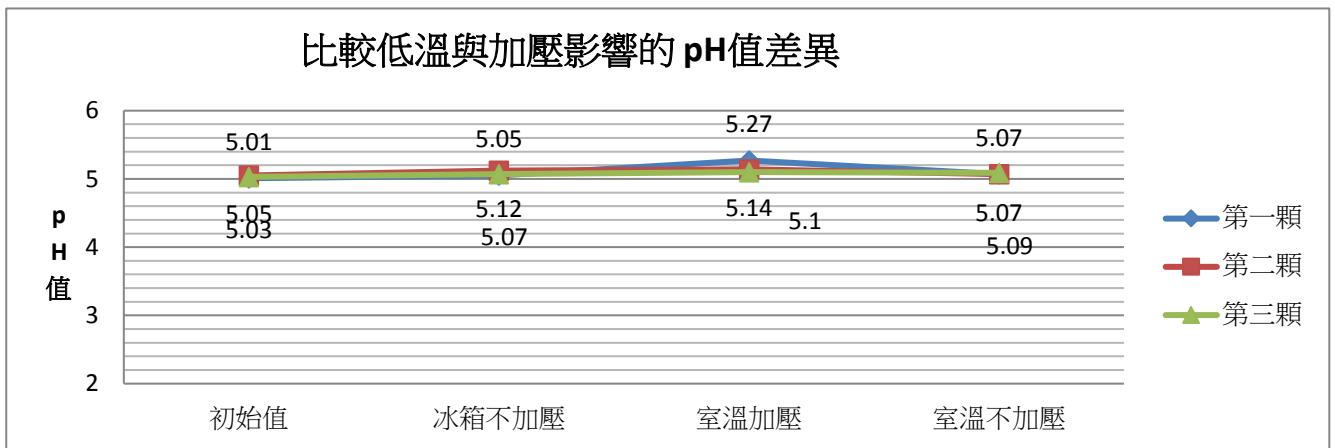
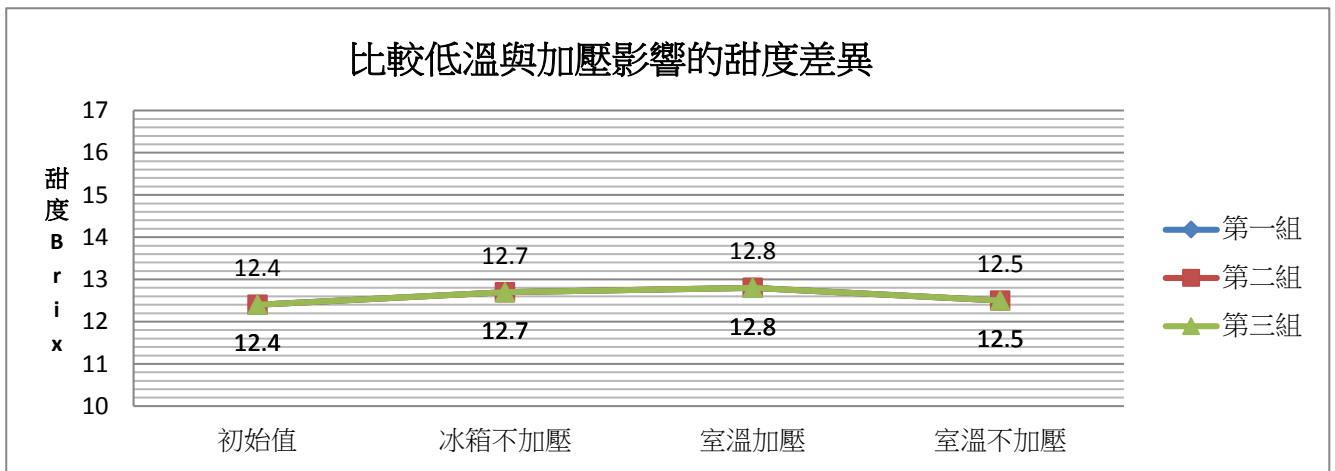
發現：二氧化碳加壓的時間其實只要 2 個小時，糖度就有明顯上升的情形。

說明：經過上面實驗發現，柳橙經過「冷藏」或是「二氧化碳加壓」都會讓糖度上升，那到底「冷藏」或是「二氧化碳加壓」的處理，何種對柳橙糖度的影響較大？於是我們進行了以下的實驗。

#### 實驗(四)：二氧化碳壓力的影響和溫度的影響對水果哪個影響大？

方法：將同一顆柳橙，分成三組，分別放置於「加壓」、「加冷」、「室溫」的環境中，比較其中的糖度與 pH 值變化。

	第一組		第二組		第三組	
	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值
初始值	12.4	5.01	12.4	5.05	12.4	5.03
室溫不加壓	12.5	5.07	12.5	5.07	12.5	5.09
冰箱不加壓	12.7	5.05	12.7	5.12	12.7	5.07
室溫加壓 2.5kg/cm <sup>2</sup>	12.8	5.27	12.8	5.14	12.8	5.10



發現：兩種方法都可讓柳橙糖度上升，但「二氧化碳加壓」的糖度比「放入冰箱」的糖度來得高。

◆所以總結以上實驗我們得知：

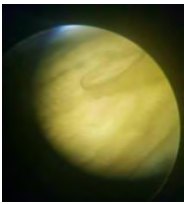
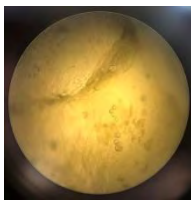
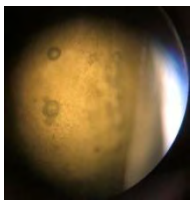



- (一)讓柳橙變甜的方法依序為：「二氧化碳加壓」>「放入冰箱」>放置時間。但如果三者同時進行效果更明顯。
- (二)以二氧化碳對柳橙加壓，壓力越大糖度越高。
- (三)在冷藏與施加壓力的情況下，只需兩個小時，柳橙的糖度就有明顯變化。

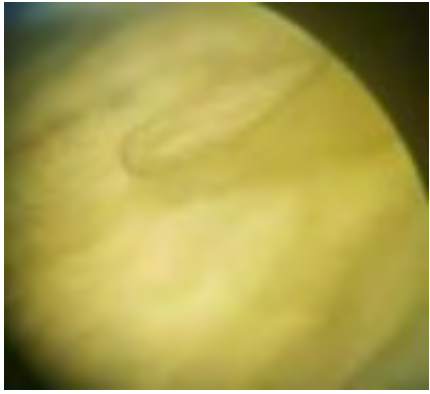



◆進一步探究：我們想知道加了二氧化碳的柳橙，究竟裡面發生了甚麼變化，才會使得糖度增加？心裡實在是很好奇，於是接著進行以下的實驗。

**實驗(五)：探討柳橙以二氧化碳加壓後，利用顯微鏡觀察，其內部有甚麼變化？**

方法：將柳橙去皮並將果肉剝成一瓣一瓣的，利用向上排氣法，放入自製氣壓瓶中，通入二氧化碳，施以 2.5 kg/cm<sup>2</sup> 的二氧化碳壓力，放在於冰箱中，經過不同時間後用顯微鏡觀察其中變化。

	剛開始	1 小時	2 小時	3 小時	4 小時	5 小時
顯 微 鏡 攝 影 40 倍						

未加壓的柳橙切片顯微鏡照片	加壓的柳橙切片顯微鏡照片
	

發現：

1. 我們發現柳橙經過二氧化碳加壓後，**二氧化碳跑進去柳橙的果肉裡面，形成很多氣泡。**
2. **施加壓力的時間越久，氣泡越大顆，也越多。**
3. 在顯微鏡觀察時，可以發現已取出**放置於空氣中的柳橙**，果肉內的氣泡逐漸變大顆，最後破掉。
4. 我們發現大小顆的氣泡已經讓柳橙的果粒有裂痕甚至凹凸不平，有些爆漿的感覺，**可能是因為這樣氣泡不斷冒出的過程，破壞果肉的細胞壁，讓糖分釋放更多而使水果變甜。**



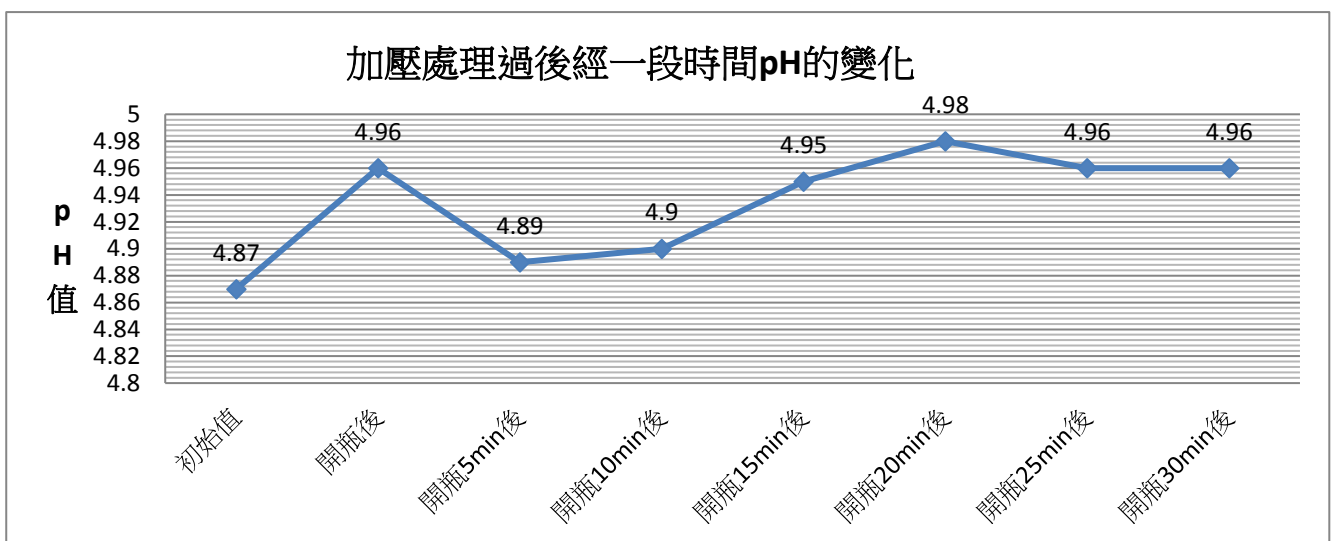
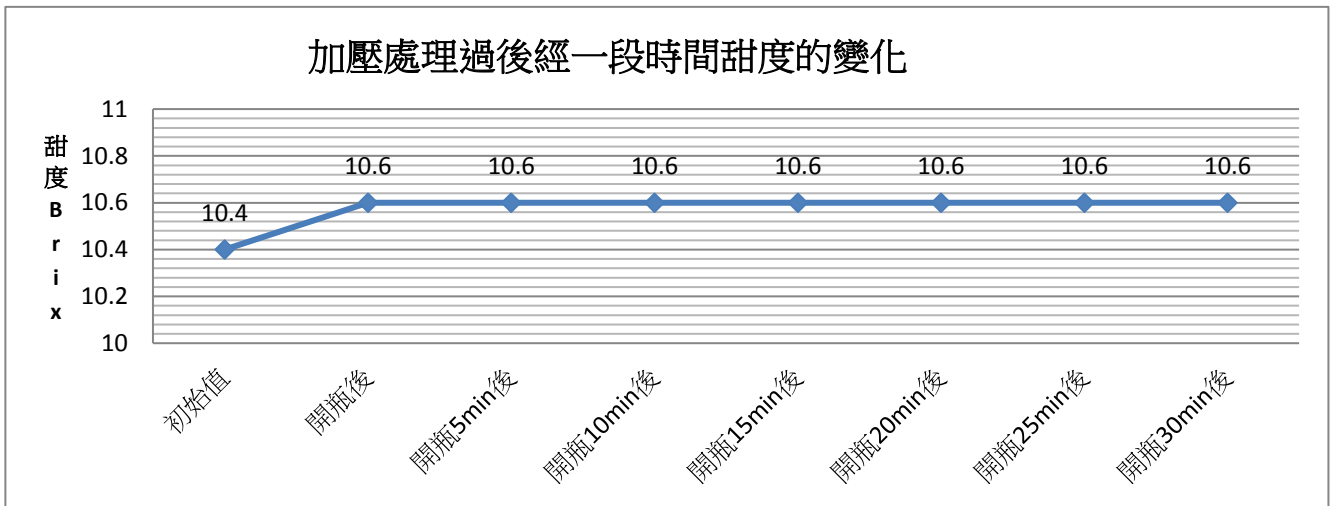


**實驗(六)：二氧化碳加壓後，柳橙糖度上升，可以持續多久呢？**

方法：同一顆柳橙分瓣後裝入瓶中，每瓶裝一瓣，加壓  $2.5\text{kg}/\text{cm}^2$  的二氧化碳一小時，同時取出後，間隔 5 分鐘分別打開瓶蓋進行量測，比較其中的變化

結果：

條件	糖度	pH 值
初始值	10.4	4.87
開瓶後	10.6	4.96
打開 5min 後	10.6	4.89
打開 10min 後	10.6	4.90
打開 15min 後	10.6	4.95
打開 20min 後	10.6	4.98
打開 25min 後	10.6	4.96
打開 30min 後	10.6	4.96



- 發現：
- 1.經過加壓處理的柳橙，在 30 分鐘後，糖度都沒有變化。
  - 2.pH 值有上升的趨勢，可能是柳橙內的二氧化碳逐漸釋放掉。

**研究四：探討水果糖分的組成，並嘗試運用化學的方法提高柳橙的甜度。**

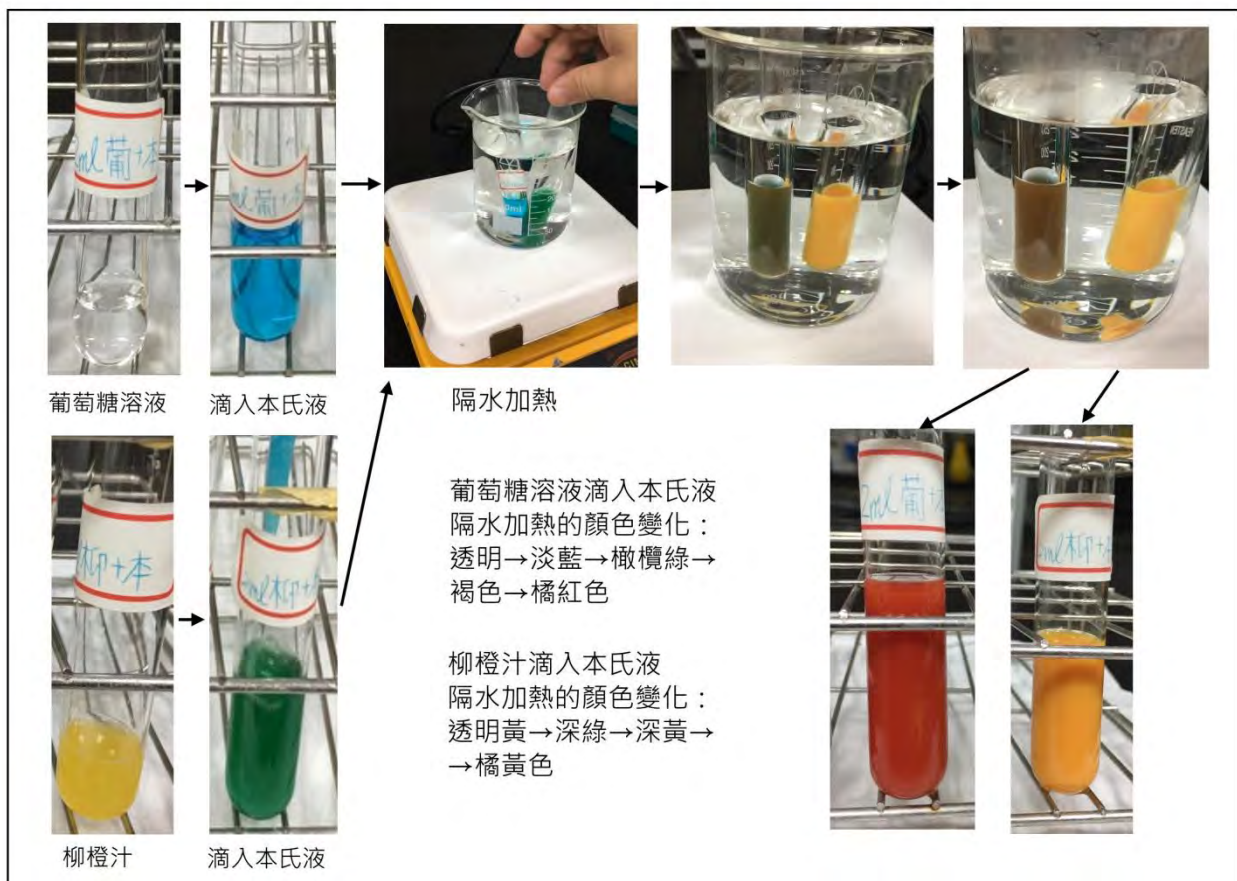
※說明：從資料顯示，**水果的糖主要包括蔗糖、果糖、葡萄糖**。我們想了解柳橙中的葡萄糖、果糖和蔗糖是否真實存在，因此透過以下實驗來證明。

**(一)葡萄糖的檢測：**

※方法：取二支試管，分別加入 1ml 10%葡萄糖液和柳橙溶液，再分別加入 3ml 本氏液。取燒杯裝水半杯，再將兩試管一起放入燒杯中隔水加熱，觀察兩試管內溶液顏色的變化過程，一直到試管內溶液的顏色不再變化為止。

結果：

觀測液	檢驗	結果	+：代表有反應 -：代表無反應
葡萄糖液	葡萄糖	橘紅色	+
柳橙汁	葡萄糖	橘黃色	+



**發現：滴入本氏液的柳橙汁經過隔水加熱，顏色由透明的黃色，變為橘黃色，證明柳橙汁含有葡萄糖的成分。**

討論：葡萄糖溶液的對照組，滴入本氏液隔水加熱後，呈現橘紅色，柳橙汁卻為橘黃色的原因，應該是受柳橙汁原本顏色的影響而呈現的色差。

## (二) 果糖的檢測：



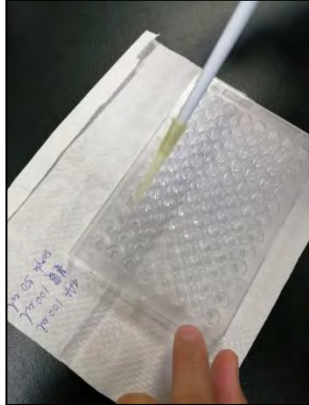

※說明：關於果糖的檢驗，我們上網搜尋資料，決定以「漆酵素檢測果糖技術」來進行。

※方法：1.先將 1ml 的柳橙汁做離心一分鐘，取出上層液。

2.取 100  $\mu$ l 的硼酸，加 100  $\mu$ l 柳橙汁，再加 10  $\mu$ l 的基質，最後滴上 10  $\mu$ l 的純化酵素，即可透過顏色的變化看出果糖的存在。

結果：離心後的柳橙汁原本呈現透明的顏色，經過漆酵素檢測套組液滴入後，會呈現琥珀藍色，代表柳橙汁的確有果糖的成分。

討論：剛滴入酵素時，一開始呈現透明的顏色，過 35 秒後才會變成琥珀藍色，推測是柳橙汁的維生素 C 進行氧化還原反應而造成。

			
<p>感謝教授指導我們進行果糖檢測的實驗。</p>	<p>離心後的柳橙汁，我們取上層液。</p>	<p>剛滴入酵素時，推測因為有維生素 C，呈現的是透明的顏色。</p>	<p>約 35 秒後，會慢慢顯現出琥珀藍色，證明柳橙汁有果糖的存在。</p>

## (三) 蔗糖的檢測：

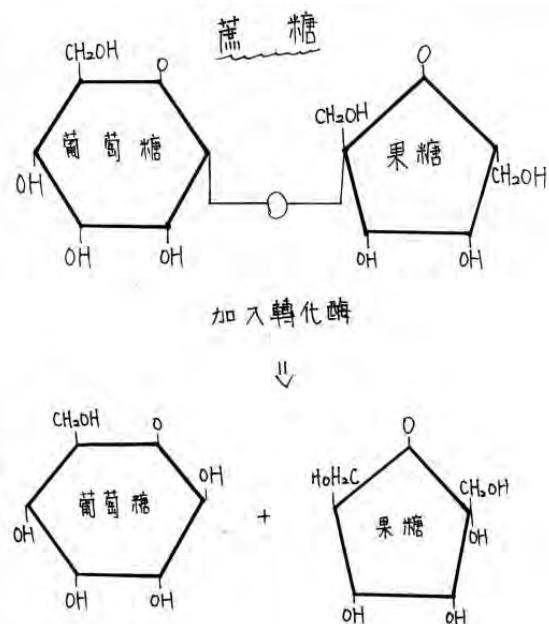
根據資料顯示，水果果汁糖度、與糖含量的換算甜度為： $\text{葡萄糖} \times 0.7 + \text{果糖} \times 1.7 + \text{蔗糖} \times 1$ ，果糖的甜度是蔗糖的 1.7 倍。

表二 剖分省產水果果汁糖度、酸度與糖含量的比較

水果種類	糖度(° Bx)	酸度(%)	全糖(%)	果糖(%)	葡萄糖(%)	蔗糖(%)	換算甜度
椰子	4.2	0.08	3.89	2.21	1.68	-	4.93
蓮霧(帶綠色)	5.8	0.24	5.43	3.04	2.18	0.21	8.26
番茄	6.4	0.67	3.57	1.88	1.69	-	4.38
檸檬	7.4	6.12	0.75	0.33	0.30	0.12	0.89
萊姆	8.0	6.31	1.63	0.67	0.62	0.34	1.91
蓮霧(紅)	8.6	0.18	7.68	4.21	3.10	0.37	9.70
橫山梨	9.0	0.25	6.30	2.74	3.38	0.17	7.19
楊桃	9.2	0.13	7.52	3.53	3.06	0.93	9.07
葡萄柚	8.0	1.22	6.78	2.11	1.81	2.86	7.71
葡萄柚	12.0	1.40	9.59	2.89	3.07	3.34	10.40
晚帝西亞橙	8.8	0.52	5.44	1.56	1.14	2.56	6.01
晚帝西亞橙	11.0	1.03	8.12	2.50	1.79	3.83	9.33
土橘仔	10.2	0.88	6.62	3.73	0.73	2.16	9.01
香瓜	11.5	0.18	8.32	1.85	1.63	4.84	9.13
梨	11.8	0.05	10.19	4.83	4.04	1.32	12.36
麻豆文旦	12.4	0.67	11.03	2.63	2.65	5.28	11.61
柳橙	13.8	0.94	8.90	2.96	2.66	2.97	9.86
柳橙	14.6	0.54	12.14	3.70	3.42	4.66	13.34
極柑	14.0	0.37	11.03	4.09	2.91	4.03	13.02
百香果	16.0	4.60	8.55	2.12	2.00	4.43	9.43
甘蔗	16.0	0.08	12.15	0.72	1.03	10.40	12.35
荔枝	17.4	0.09	15.28	8.25	6.89	0.14	18.99
葡萄	17.5	0.39	15.15	7.86	7.29	-	18.52
龍眼	16.3	0.05	15.63	1.96	1.86	11.81	16.44
龍眼	21.5	0.05	18.29	1.73	2.00	14.56	18.90

$$\text{換算甜度} = \text{葡萄糖} \times 0.7 + \text{果糖} \times 1.7 + \text{蔗糖} \times 1$$

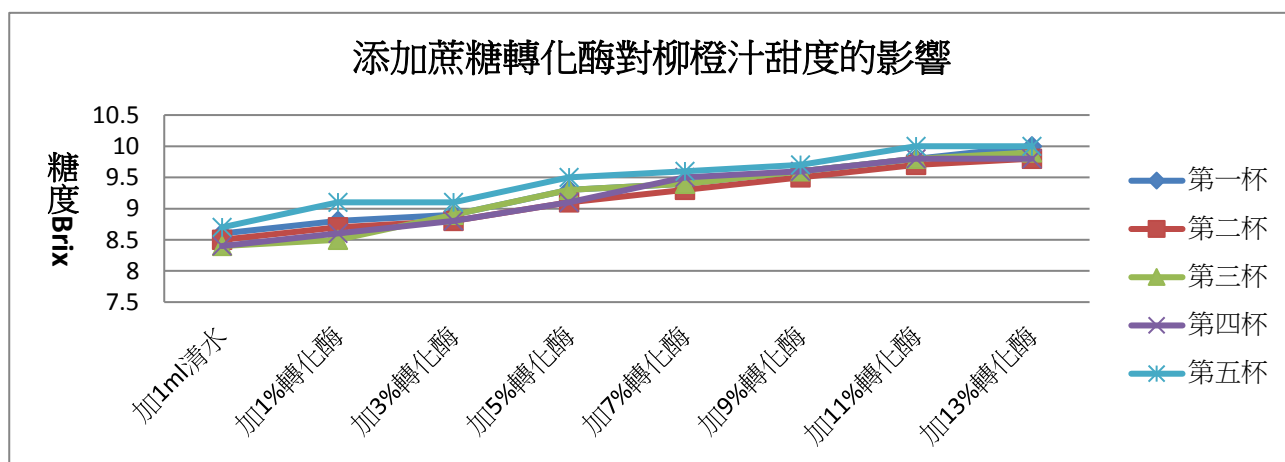
※想法：要檢測蔗糖的存在，如果將蔗糖轉化酶加入柳橙汁中，由於蔗糖轉化酶具有將一分子的蔗糖（雙醣，甜度 1.0）轉化為一分子的果糖（單醣，甜度 1.7）及一分子的葡萄糖（單醣，甜度 0.7）的功效。再利用**酵素反應專一性的特性，也就是只有蔗糖能夠被蔗糖轉化酶水解後產生果糖及葡萄糖(如右圖)**，來進行檢測。相較於蔗糖，果糖的甜度比較高，因此若是**反應完畢後觀察到糖度增加，則可推論在柳橙汁中必定含有蔗糖的存在。**

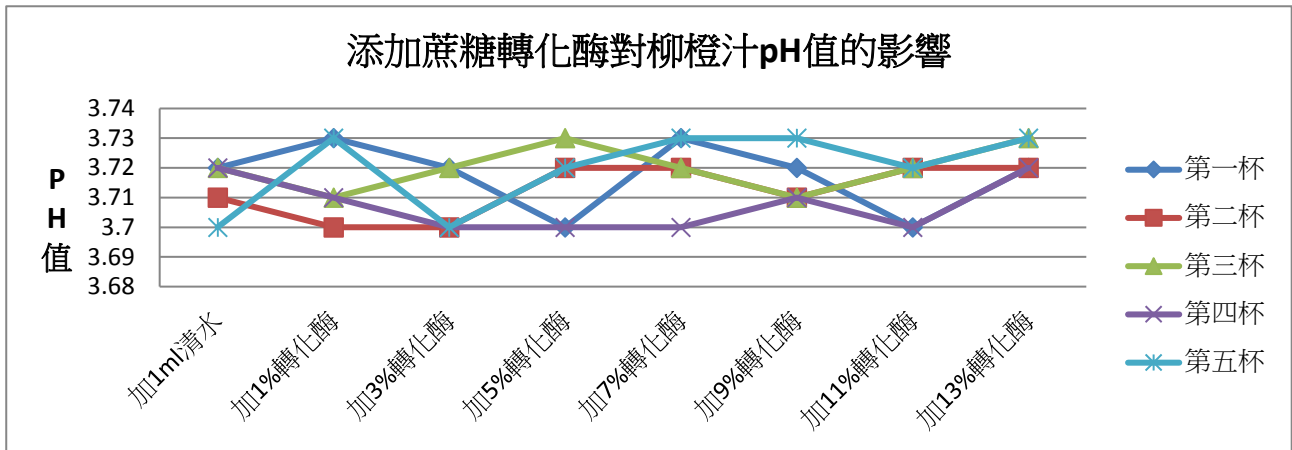


※方法：在 9ml 的柳橙汁中分別滴入濃度 1%、3%、5%、7%、9%、11%、13% 的食用級蔗糖轉化酶溶液各 1ml，與加入 1ml 清水做比較，放置 1 小時後，測量其糖度的變化。

結果：

檢測項目	第一杯		第二杯		第三杯		第四杯		第五杯	
	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值	糖度 (Brix)	pH 值
初始值	9.5	3.68	9.5	3.68	9.5	3.67	9.5	3.68	9.5	3.69
加 1ml 清水	8.6	3.72	8.5	3.71	8.4	3.72	8.4	3.72	8.7	3.70
加 1%轉化酶	8.8	3.73	8.7	3.70	8.5	3.71	8.6	3.71	9.1	3.73
加 3%轉化酶	8.9	3.72	8.8	3.70	8.9	3.72	8.8	3.70	9.1	3.70
加 5%轉化酶	9.3	3.70	9.1	3.72	9.3	3.73	9.1	3.70	9.5	3.72
加 7%轉化酶	9.4	3.73	9.3	3.72	9.4	3.72	9.5	3.70	9.6	3.73
加 9%轉化酶	9.6	3.72	9.5	3.71	9.6	3.71	9.6	3.71	9.7	3.73
加 11%轉化酶	9.8	3.70	9.7	3.72	9.8	3.72	9.8	3.70	10	3.72
加 13%轉化酶	10	3.72	9.8	3.72	9.9	3.73	9.8	3.72	10	3.73





發現：1.加了蔗糖轉化酶後，柳橙汁的糖度明顯提高，添加濃度越高，糖度提升越多。  
2.添加蔗糖轉化酶後，柳橙汁的 pH 值沒有明顯的變化趨勢。

推論：因為**蔗糖轉化酶**可以使存在於柳橙中的蔗糖水解為葡萄糖和果糖，而果糖的甜度是蔗糖的**1.7 倍**，因此水解後的果糖量增加，糖度也會相對提升。

※總結：透過不斷的實驗與探討，我們歸納出使柳橙提高甜度的方法有：

1. 以不榨汁的方式放置一段時間，**時間越久糖度越高**。
2. 降低溫度，**溫度越低糖度越高**。
3. 加二氧化碳，**二氧化碳壓力加得越大糖度會越高**。
4. **加蔗糖轉化酶**，可使蔗糖水解成為果糖與葡萄糖，使糖度增加。

**研究五：綜合實驗結果，做一杯好喝的柳橙氣泡飲。**

方法：(一)將柳橙放置一星期，之後放入冰箱一天，取出後剝皮放入瓶內施加二氧化碳 2.5 kg/cm<sup>2</sup>，3 小時後取出，榨成果汁，取 300c.c.添加 5%蔗糖轉化酶放置 1 小時。藉此提高柳橙汁的糖度  
(二)利用氣泡飲機將 500c.c 冰水加入二氧化碳製成氣泡水，再將方法(一)的柳橙汁倒入冰水中，就製成好喝的柳橙氣泡飲了！



想法：**利用物理與化學的方法提升柳橙的糖度**，再運用創意做成水果氣泡飲，炎熱的夏天是很棒的消暑方式，**對於甜度不高的次級水果，也能提升應用的價值喔！**

## 陸、討論

- 一、進行二氧化碳加壓時，要注意安全，且要隨時留意有沒有漏氣的現象。
- 二、進行甜度與 pH 值檢測時，一定要留意儀器的清潔，才不會影響結果。
- 三、因為每顆柳橙的甜度不一樣，放置時間也會影響甜度，所以我們每剝完一個柳橙，就要馬上做實驗，才不會影響結果。

## 柒、結論

### 研究一：尋找適合實驗的水果。

- (一) 番茄和葡萄即便生長部位相同，熟度也接近，但甜度的差異依舊頗大，因此不適合做本研究。
- (二) 同一顆柳橙裡面各瓣果肉的甜度幾乎都一樣，因此拿柳橙來做本實驗應該是最恰當的。

### 研究二：探討柳橙糖度變化的影響因素。

- (一) 柳橙以不榨汁的方式放置一段時間，時間越久糖度越高。酸鹼則變化不大。
- (二) 降低溫度，可提升柳橙的糖度，溫度越低，糖度越高。反之柳橙加溫後，會使糖度下降。
- (三) 溫度會影響酸鹼變化，室溫的酸鹼變化小，低溫和加溫酸鹼變化大。



### 研究三：探討加入二氧化碳對柳橙甜度的影響。

- (一) 二氧化碳壓力加得越大，糖度越高。
- (二) 讓柳橙變甜的方法依序為：「二氧化碳加壓」>「放入冰箱」>「放置時間」。但如果三者同時進行效果更明顯。
- (四) 在冷藏與施加壓力的情況下，只需兩個小時，柳橙的糖度就有明顯變化。
- (五) 以二氧化碳加壓的柳橙之所以變甜，可能是氣泡讓柳橙的果粒有裂痕甚至凹凸不平，有些爆漿的感覺，氣泡不斷冒出的過程，破壞果肉，讓水果變甜。
- (六) 經過加壓處理的柳橙，在 30 分鐘後，糖度都沒有變化。

### 研究四：探討水果糖分的組成，並嘗試運用化學的方法提高柳橙的甜度。

- (一) 透過本氏液隔水加熱，呈現橘黃色，證明柳橙中含有葡萄糖。
- (二) 滴入硼酸、基質與純化酵素，柳橙汁會呈現琥珀藍色，代表柳橙汁的確有果糖的成分。
- (三) 加入蔗糖轉化酶，可將蔗糖水解成果糖與葡萄糖，使柳橙汁糖度提高，證明柳橙汁也含有蔗糖的成分。

### 研究五：探綜合實驗結果，做一杯好喝的柳橙氣泡飲。

- (一) 總結所有實驗的結果，我們透過時間的放置、冷藏、加二氧化碳與蔗糖轉化酶提高柳橙糖度，並做成好喝的柳橙氣泡飲，可提高次級水果的應用喔！

## 捌、參考資料

一、超創意「氣泡水果」，嘍吱！咬下去瞬間噴汁

ETtoday 新聞雲 <https://www.ettoday.net/dailemon/post/11381#ixzz5ihTDQjmX>

Follow us: @ETtodaynet on Twitter | ETtoday on Facebook

二、分子料理

<https://wota.co/zh-tw/experience-share/item/ferran-adri%C3%A0-elbulli-1846.html>

三、中華民國第 54 屆中小學科學展覽會國小組化學科-明智之「橘」—吃甜橘小撇步

四、中華民國第 51 屆中小學科學展覽會國小組化學科-二氧化碳難溶於水嗎？

五、劉慧瑛(民 81) 果蔬甜度、糖度、可溶固形物與糖含量的論析，台灣省農業試驗所技術服務，第 10 期，12-17 頁

六、飲料加果糖？「漆酵素」1 滴見分曉 生科系教授林順富 技術獨步全球食安把關利器

<https://www.nuk.edu.tw/files/13-1000-9840,r83-1.php>

七、蔗糖 <https://zh.wikipedia.org/zh-hant/蔗糖> 維基百科

八、葡萄糖 <https://zh.wikipedia.org/wiki/葡萄糖> 維基百科

九、果糖 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/果糖> 維基百科

## 玖、研究展望

這次因為受限於實驗器材，我們只能用甜度相同且可以放入寶特瓶口的水果柳橙來做實驗，其他種水果是否也有這樣的特性，未來如果器材的問題可以突破，我們也想繼續探究喔！

## 【評語】 080203

此作品研究如何讓水果甜度上升，研究主題生活化，同一實驗條件都有多組重複數據加強數值可信度，嘗試檢驗果汁中糖類組成也是值得讚賞。下列幾項建議供作者參考：

1. 實驗器材的選用應有其必要性，應說明實驗器材的選用理由及其可能帶來的誤差。
2. 實驗數據很多，值得鼓勵，若能對所獲數據做更多化學方面的解釋會更好。
3. 在簡介中有提到，糖度不等於甜度，但是報告後期出現兩者混為一談的狀況。
4. 歷年來已有多次相似主題之參展作品，國內外亦有使用二氧化碳增加農作水果的生長與甜度的相關研究報導，建議作者可比較與文獻作品研究方向及結論的異同處，並強調本作品有別於其他報導或作品的重要發現。
5. 同一水果卻得到不同的甜度和 pH 值，應加以解釋或說明。
6. 表一及表二數據來源為何？文獻？還是作者研究所得？若是來自文獻，則需標註出處並加以說明





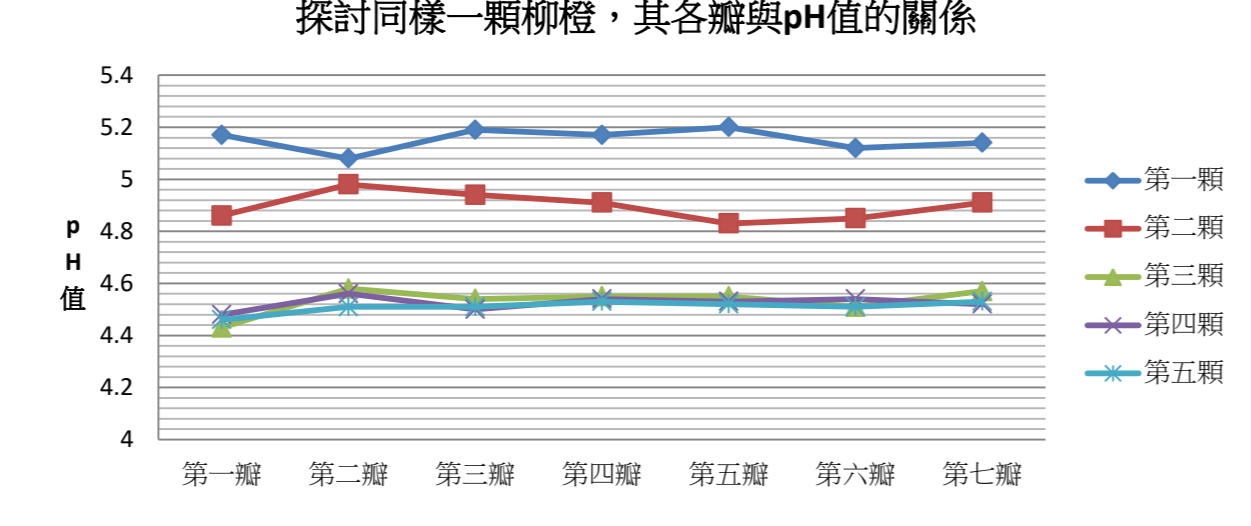
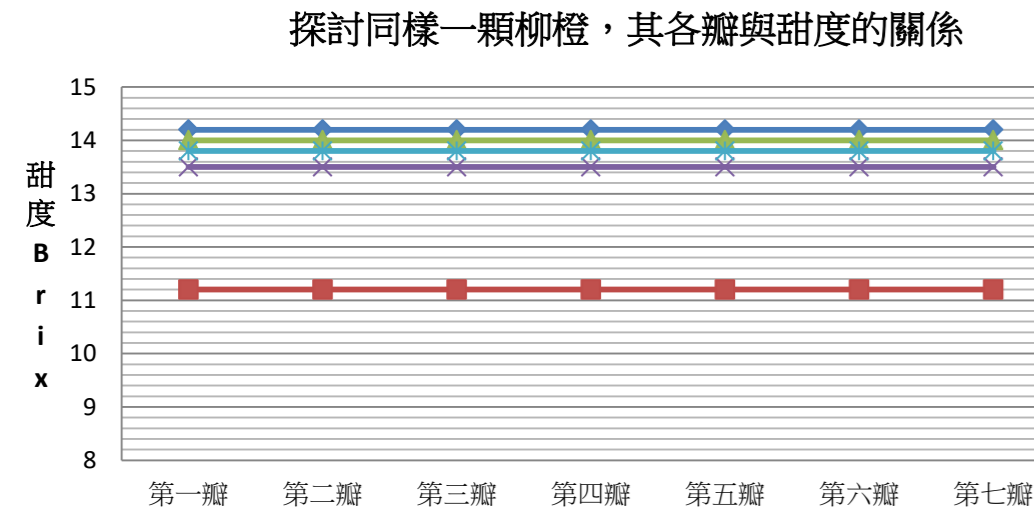
**實驗(六)：探討同樣一顆柳橙，其各瓣的甜度與pH值的關係。**

方法：取同一顆柳橙剝皮剝開裡面果肉，取出完整的7瓣，放在小茶杯榨汁後各取1 c.c.，以糖度計和pH值測定計測量其糖度與pH值。



結果：

測量	第一類		第二類		第三類		第四類		第五類	
	糖度(Brix)	pH	糖度(Brix)	pH	糖度(Brix)	pH	糖度(Brix)	pH	糖度(Brix)	pH
第一瓣	14.2	5.17	11.2	4.86	14.0	4.43	13.5	4.48	13.8	4.46
第二瓣	14.2	5.08	11.2	4.98	14.0	4.58	13.5	4.56	13.8	4.51
第三瓣	14.2	5.19	11.2	4.94	14.0	4.54	13.5	4.50	13.8	4.51
第四瓣	14.2	5.17	11.2	4.91	14.0	4.55	13.5	4.54	13.8	4.53
第五瓣	14.2	5.20	11.2	4.83	14.0	4.55	13.5	4.53	13.8	4.52
第六瓣	14.2	5.12	11.2	4.85	14.0	4.51	13.5	4.54	13.8	4.51
第七瓣	14.2	5.14	11.2	4.91	14.0	4.57	13.5	4.52	13.8	4.53



發現：  
 1. 同一顆柳橙裡各瓣果肉甜度幾乎都一樣，因此拿柳橙來做實驗應該是最恰當的。  
 2. 每一瓣酸鹼都有些微差異，但差距不大。

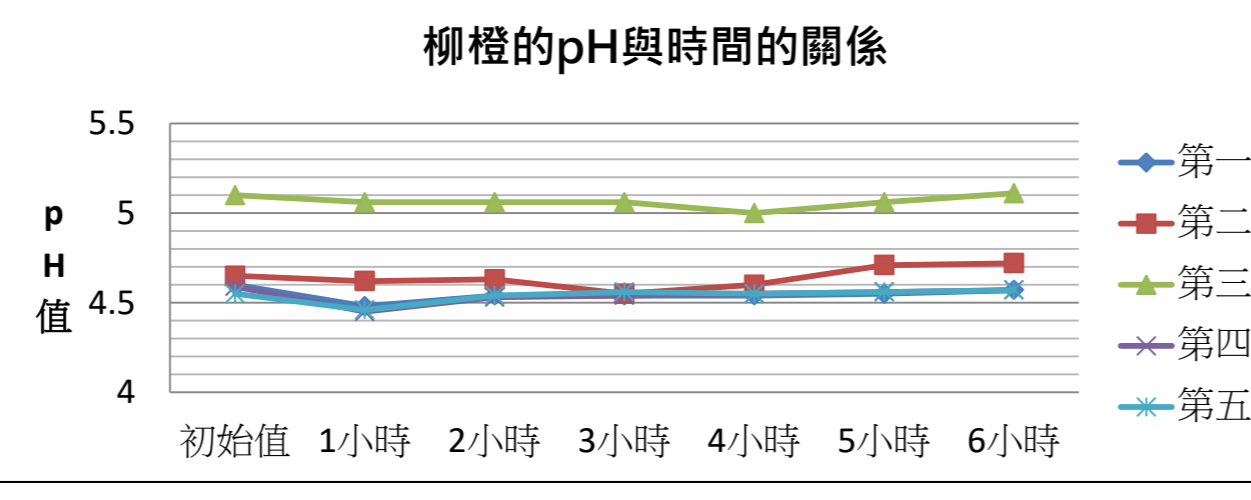
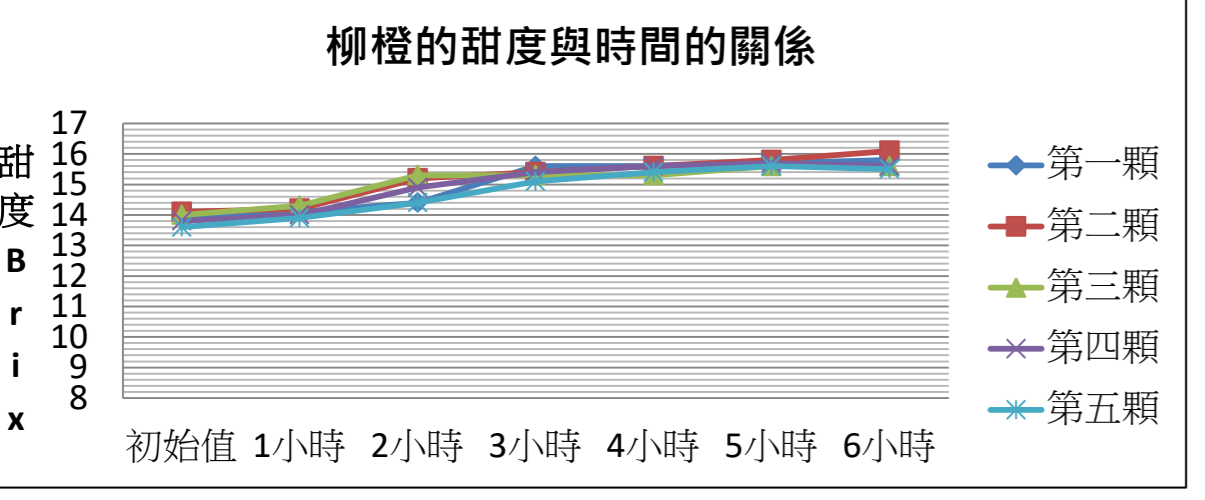
**研究二：探討柳橙本身的甜度變化。**

**實驗(一)：柳橙的甜度會隨著時間改變而改變嗎？**

方法：取一顆柳橙，將果肉剝成一瓣一瓣的，每一瓣用夾鏈袋裝好避免暴露在空氣中，放置在常溫下，每隔一小時測量一次甜度與pH值，觀察其變化。

結果：

檢測項目	第一類		第二類		第三類		第四類		第五類	
	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值
初始值	13.9	4.60	14.1	4.65	14.0	5.10	13.8	4.59	13.6	4.55
1小時	14.1	4.48	14.2	4.62	14.3	5.06	14.0	4.45	13.9	4.46
2小時	14.4	4.54	15.2	4.63	15.3	5.06	14.9	4.53	14.4	4.54
3小時	15.6	4.54	15.4	4.55	15.3	5.06	15.4	4.54	15.1	4.56
4小時	15.6	4.54	15.6	4.60	15.3	5.00	15.6	4.55	15.4	4.55
5小時	15.7	4.55	15.8	4.71	15.6	5.06	15.7	4.56	15.6	4.56
6小時	15.8	4.57	16.1	4.72	15.6	5.11	15.6	4.57	15.5	4.57



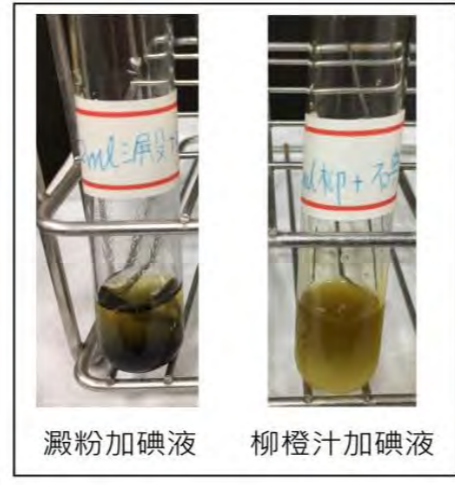
發現：柳橙果肉放置於常溫下，放越久糖度上升越高。酸鹼則變化不大。  
 推論：柳橙果肉放在室溫中變甜是因為果實中的澱粉逐漸轉化為可溶性糖，貯藏在細胞液當中，糖分的不斷增加讓果實變甜。

※ 驗證：柳橙果肉真的存在著澱粉嗎？我們想進行實驗來證明：

方法：取二支試管，分別加入2ml的1%澱粉液和柳橙溶液。再分別加入1~2滴碘試劑，觀察試管的顏色變化並記錄。

結果：

觀測液	檢驗	結果	+：代表有反應 -：代表無反應
澱粉溶液	澱粉	藍色	+
柳橙汁	澱粉	藍色	+



發現：柳橙的確有澱粉的存在。

※ 思考：柳橙果肉放在常溫中，放越久糖度越高。那如果是榨成果汁呢？

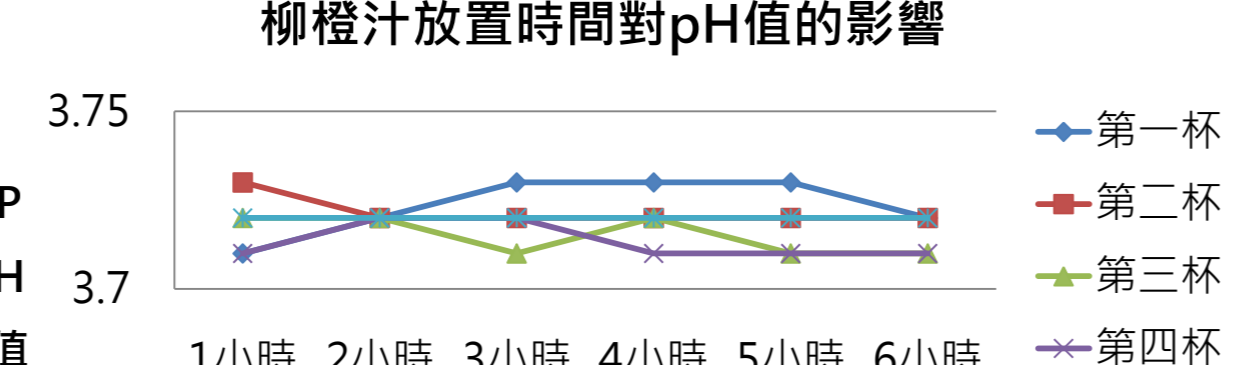
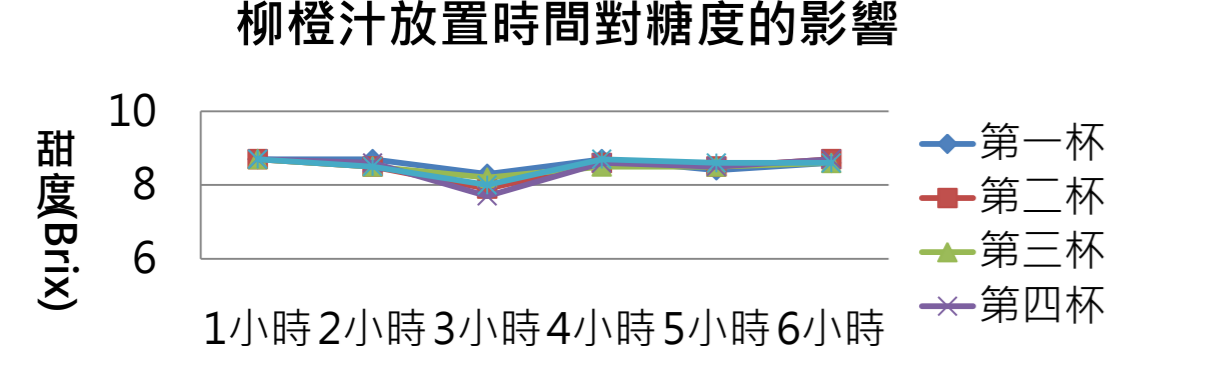


**實驗(二)：柳橙果汁的糖度會隨著時間改變而改變嗎？**

方法：取三顆柳橙，將果肉以榨汁機榨成汁，均勻混合後各取35c.c.放置於常溫下，蓋上鋁箔紙，每隔一小時測量一次糖度與pH值，觀察其變化。

結果：

檢測項目	第一杯		第二杯		第三杯		第四杯		第五杯	
	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值
初始值	8.7	3.71	8.7	3.73	8.7	3.72	8.7	3.71	8.7	3.72
1小時	8.7	3.72	8.5	3.72	8.5	3.72	8.6	3.72	8.5	3.72
2小時	8.3	3.73	7.9	3.72	8.2	3.71	7.7	3.72	8.0	3.72
3小時	8.7	3.73	8.6	3.72	8.5	3.72	8.6	3.71	8.7	3.72
4小時	8.4	3.73	8.5	3.72	8.5	3.71	8.5	3.71	8.6	3.72
5小時	8.6	3.72	8.7	3.72	8.6	3.71	8.7	3.71	8.6	3.72
6小時	8.7	3.71	8.7	3.71	8.6	3.71	8.5	3.71	8.7	3.72



發現：1. 柳橙汁放置三個小時後，糖度會明顯下降，之後再上升，但不超過原來初始的糖度。  
 2. 柳橙汁放置的時間對pH的影響，並沒有明顯的趨勢關係。  
 推論：榨成汁的柳橙，可能因為比較容易氧化，或是有微生物的產生，糖度並沒有隨著時間增加而增加。

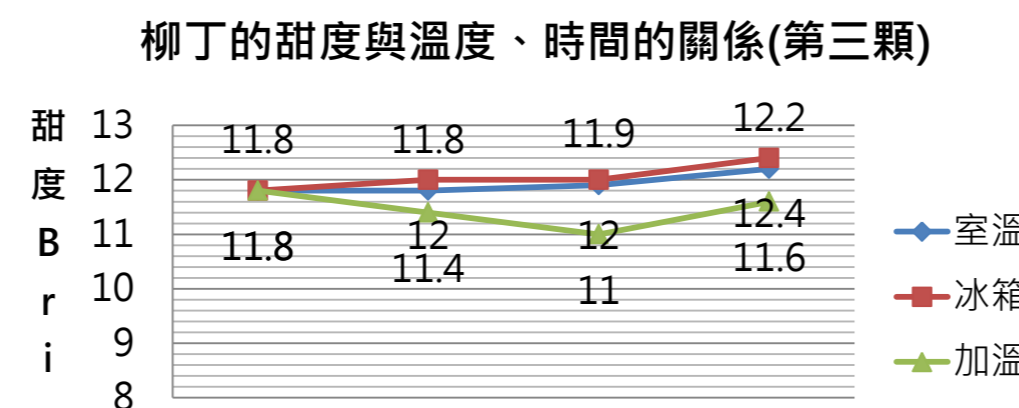
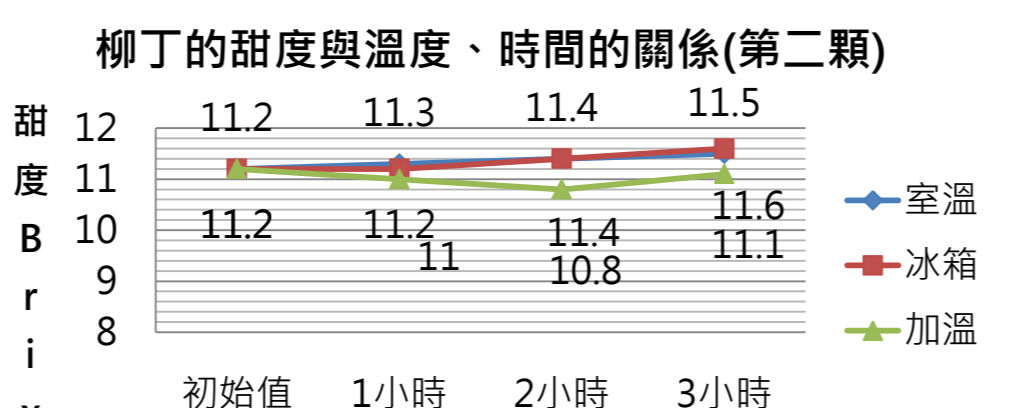
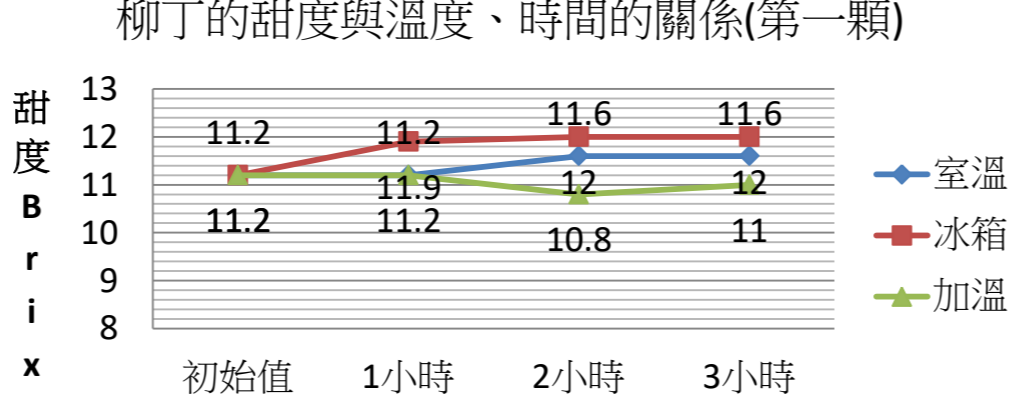
**實驗(三)：柳橙的糖度會隨著溫度變化而改變嗎？**

方法：取一顆柳橙，將果肉剝成一瓣一瓣的，每一瓣用夾鏈袋裝好避免暴露在空氣中，放置在不同溫度的環境下，每隔一小時測量一次糖度與pH值，觀察其變化。

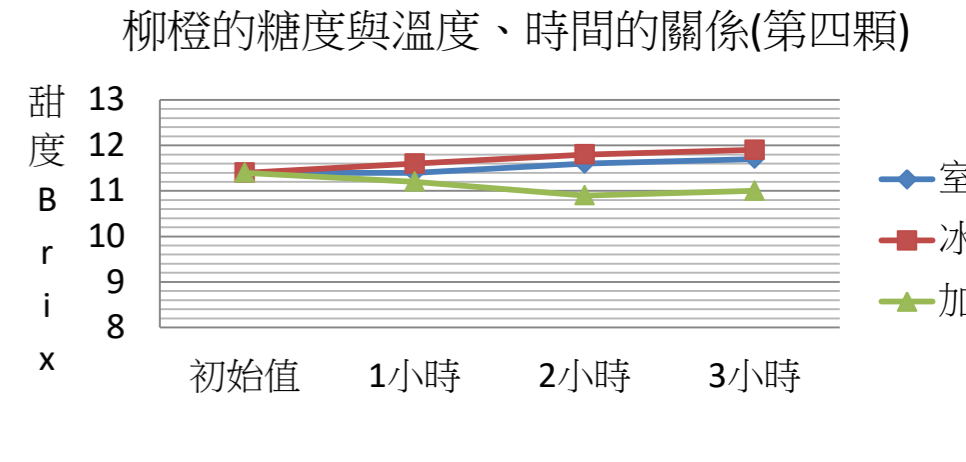
環境條件	室溫		冰箱(攝氏4度)		加溫(攝氏40度)	
第一類	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值
初始值	11.2	4.61	11.2	4.61	11.2	4.61
1小時	11.2	4.67	11.9	4.72	11.2	4.68
2小時	11.6	4.72	12.00	4.68	10.8	4.68
3小時	11.6	4.74	12.00	4.72	11.0	4.67

環境條件	室溫		冰箱(攝氏4度)		加溫(攝氏40度)	
第二類	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值
初始值	11.8	4.68	11.8	4.68	11.8	4.68
1小時	11.8	4.65	12.0	4.7	11.4	4.62
2小時	11.9	4.68	12.0	4.7	11.0	4.64
3小時	12.2	4.65	12.4	4.62	11.6	4.61

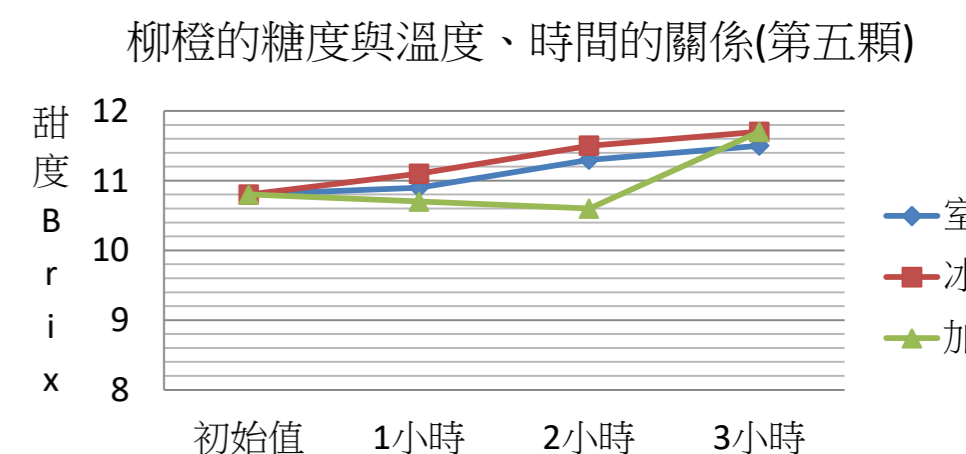
環境條件	室溫		冰箱(攝氏4度)		加溫(攝氏40度)	
第三類	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值
初始值	11.2	4.49	11.2	4.49	11.2	4.49
1小時	11.3	4.62	11.2	4.77	11	4.44
2小時	11.4	4.60	11.4	4.55	10.8	4.77
3小時	11.5	4.68	11.6	4.65	11.1	4.65



環境條件	室溫		冰箱(攝氏4度)		加溫(攝氏40度)	
第四類	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值
初始值	11.4	4.50	11.4	4.49	11.4	4.49
1小時	11.4	4.61	11.6	4.50	11.2	4.50
2小時	11.6	4.53	11.8	4.54	10.9	4.48
3小時	11.7	4.60	11.9	4.60	11.0	4.62



環境條件	室溫		冰箱(攝氏4度)		加溫(攝氏40度)	
檢測項目	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值
初始值	10.8	4.50	10.8	4.50	10.8	4.49
1小時	10.9	4.63	11.1	4.65	10.7	4.44
2小時	11.3	4.62	11.5	4.58	10.6	4.77
3小時	11.5	4.67	11.7	4.62	11.7	4.65



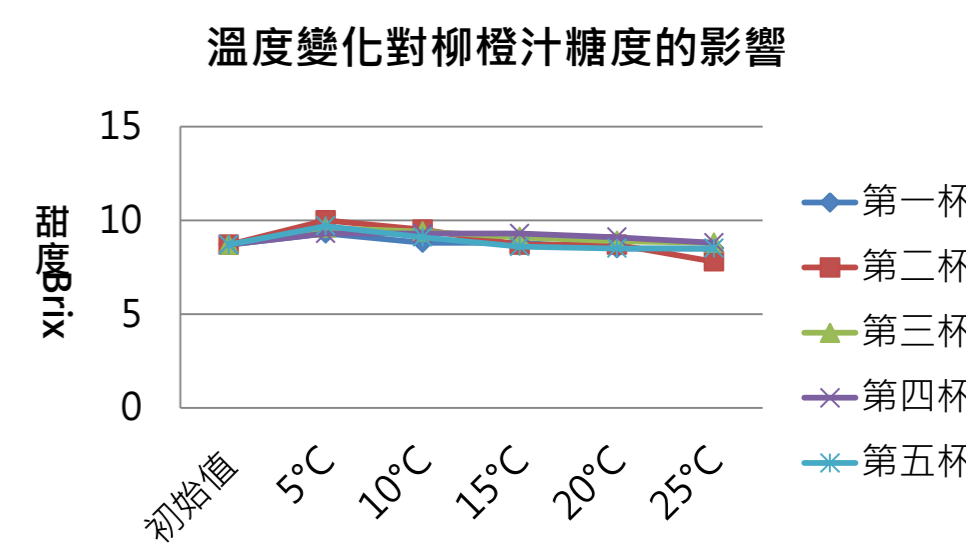
發現：  
 1. 溫度降低，會使柳橙變甜；溫度升高，會使糖度下降。  
 2. 柳橙放越久，糖度越高。放在冰箱比放室溫的糖度變化幅度大。  
 3. 溫度會影響酸鹼變化，室溫的酸鹼變化小，低溫和加溫酸鹼變化大。

**實驗(四)：柳橙果汁的糖度會隨著溫度變化而改變嗎？**

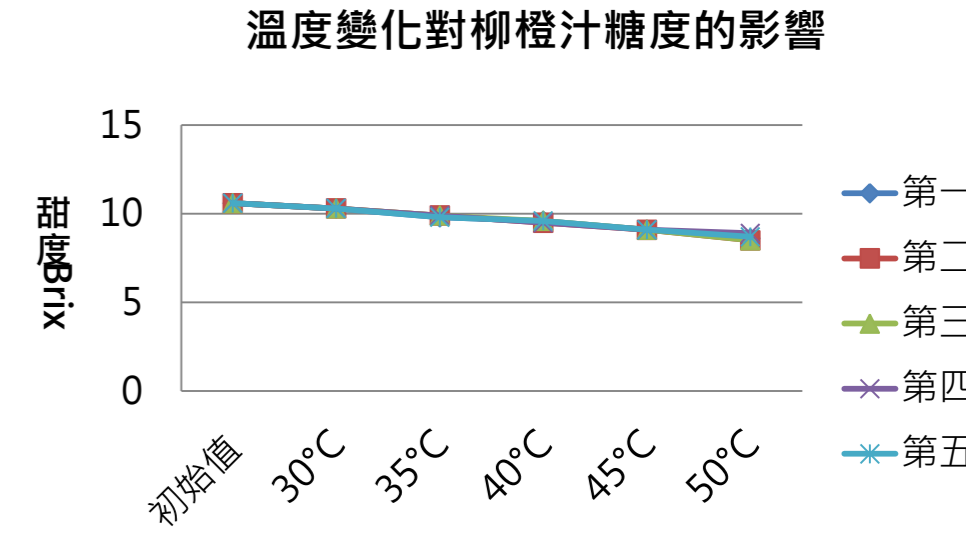
說明：為了怕時間拖太久，也會影響糖度，因此本實驗分成先降溫再慢慢升溫，與直接隔水加熱做觀察。

方法：(一)取三顆柳橙，將果肉以榨汁機榨成汁，均勻混合後各取35c.c.放置於常溫下，蓋上鋁箔紙，先放置在冷凍庫中一小時，之後取出，分別在不同溫度下測量糖度與pH值，觀察其變化。  
 (二)取三顆柳橙，將果肉以榨汁機榨成汁，均勻混合後各取35c.c.放置於常溫下，利用隔水加熱將柳橙汁加熱至不同溫度，再測量糖度與pH值，觀察其變化。

	第一杯		第二杯		第三杯		第四杯		第五杯	
	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值
初始值	8.7	3.67	8.7	3.65	8.7	3.64	8.7	3.64	8.7	3.66
5°C	9.3	3.83	10	3.83	9.6	3.83	9.3	3.83	9.7	3.81
10°C	8.8	3.76	9.5	3.80	9.4	3.98	9.3	3.77	9.1	3.85
15°C	8.8	3.73	8.7	3.73	9.1	3.74	9.3	3.75	8.6	3.69
20°C	8.5	3.71	8.7	3.68	8.9	3.71	9.1	3.72	8.5	3.70
25°C	8.5	3.72	7.8	3.66	8.8	3.66	8.8	3.66	8.5	3.70



	第一杯		第二杯		第三杯		第四杯		第五杯	
	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值
初始值	10.6	3.64	10.6	3.64	10.6	3.64	10.6	3.64	10.6	3.64
30°C	10.3	3.67	10.3	3.67	10.3	3.67	10.3	3.67	10.3	3.67
35°C	9.8	3.61	9.9	3.63	9.9	3.64	9.9	3.62	9.8	3.62
40°C	9.6	3.61	9.5	3.60	9.6	3.59	9.5	3.61	9.6	3.60
45°C	9.1	3.53	9.1	3.53	9.1	3.54	9.1	3.59	9.1	3.56
50°C	8.6	3.53	8.5	3.50	8.5	3.52	8.9	3.53	8.7	3.53



發現：溫度降低，會使柳橙汁糖度升高；溫度升高，會使柳橙汁糖度下降。  
 推論：  
 1. 水果冷藏後更甜，主要是跟它的果糖有關，而果糖的甜度與溫度有很大的關係。果糖具有兩種分子結構： $\alpha$ -D-呋喃果糖和 $\beta$ -D-吡喃果糖異構體形式，簡稱 $\alpha$ 型和 $\beta$ 型。 $\alpha$ 型果糖比 $\beta$ 型果糖甜，其甜度是 $\beta$ 型果糖的3倍，當40°C以下時隨著溫度越低，低溫時轉為 $\alpha$ 型果糖越多，果糖甜度越高。最高可達到蔗糖的1.73倍。  
 2. 經資料蒐集，了解不同溫度的中性 pH 值不同，溫度低於25度時，中性pH值大於7，因此室溫pH變化幅度最小，而加溫跟置於冰箱的酸鹼變化程度都很大。

**研究三：探討加入二氧化碳對柳橙甜度的影響。**

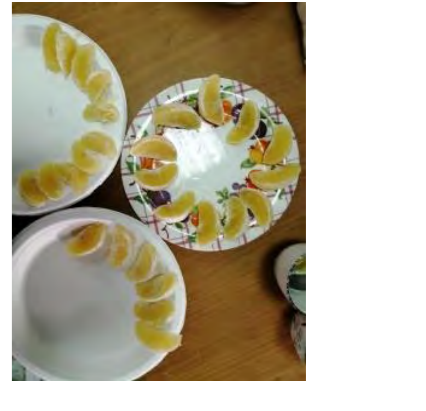
**實驗(一)：將柳橙施以不同的壓力，放在室溫下，測量甜度與pH的變化。**

方法：將柳橙去皮並將果肉剝成一瓣一瓣的，利用向上排氣法，將二氧化碳灌入汽水瓶中，施以不同壓力，置於室溫下，經過一個小時後測量其糖度與pH值。

結果：

	初始		0.5 kg/cm <sup>2</sup>		1 kg/cm <sup>2</sup>		1.5 kg/cm <sup>2</sup>		2 kg/cm <sup>2</sup>		2.5 kg/cm <sup>2</sup>	
	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值	糖度(Brix)	pH值
第一類	14.4	5.32	14.6	4.92	14.8	5.02	15.1	5.02	15.2	4.93	15.2	4.92
第二類	15.4	4.82	15.8	4.68	15.8	4.60	15.8	4.71	15.8	4.56	15.8	4.66
第三類	12.6	4.93	12.6	4.90	12.8	4.85	13.2	4.84	13.2	4.84	13.2	4.80
第四類	13.5	4.88	13.6	4.76	13.8	4.78	14.1	4.86	14.2	4.86	14.5	4.75
第五類	13.4	4.75	13.5	4.80	13.6	4.77	13.9	4.80	14.2	4.81	14.4	4.82

發現：1. 二氧化碳壓力加得越大，糖度越高。加壓後的糖度與初始值最大可以相差0.8 Brix。  
 2. 從初始到1.5kg/cm<sup>2</sup>的糖度變化幅度最大。  
 3. 與不加壓比較，二氧化碳加壓後，pH值會降低。



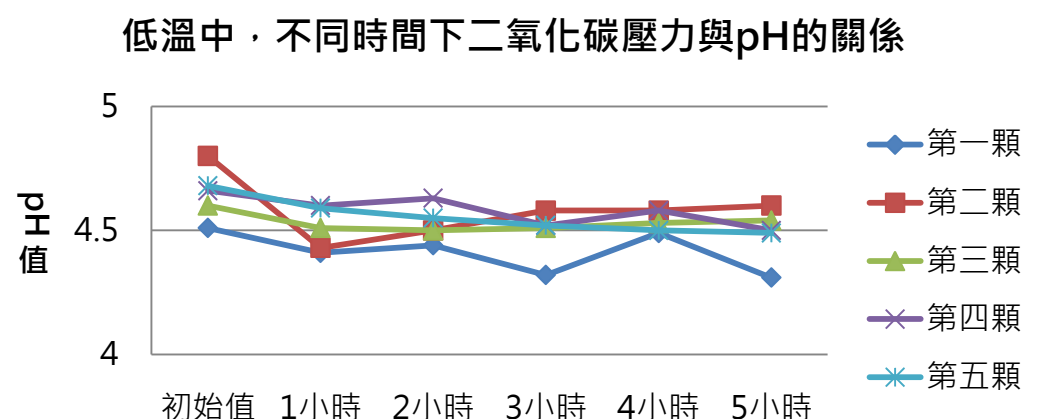
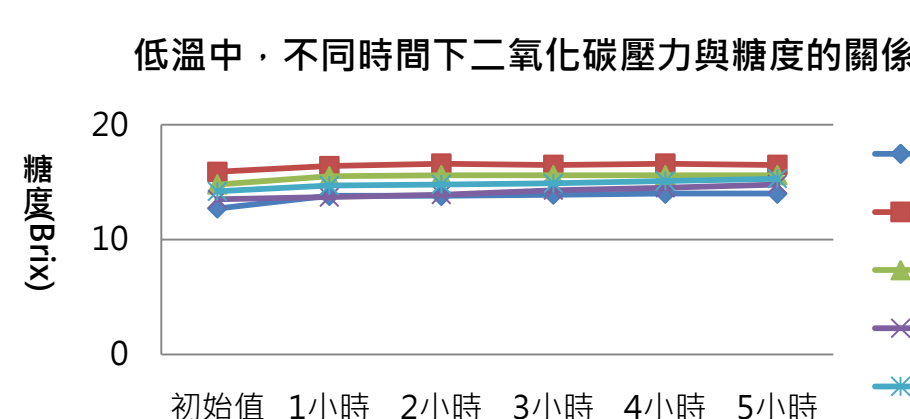
討論：後面定壓的實驗，我們都以2.5 kg/cm<sup>2</sup>來進行。

**實驗(二)：將柳橙施以不同的壓力，放在冰箱下，測量甜度與pH的變化。**

方法：將柳橙去皮並將果肉剝成一瓣一瓣的，利用向上排氣法，將二氧化碳灌入汽水瓶中，施以不同壓力，置於

結果：

	初始值		1小時		2小時		3小時		4小時		5小時	
	糖度 (Brix)	pH值	糖度 (Brix)	pH值	糖度 (Brix)	pH值	糖度 (Brix)	pH值	糖度 (Brix)	pH值	糖度 (Brix)	pH值
第一類	12.7	4.51	13.8	4.41	13.8	4.44	13.9	4.32	14.0	4.49	14.0	4.31
第二類	15.9	4.80	16.4	4.43	16.6	4.50	16.5	4.58	16.6	4.58	16.5	4.60
第三類	14.8	4.60	15.5	4.51	15.6	4.50	15.6	4.51	15.6	4.53	15.6	4.54
第四類	13.5	4.66	13.7	4.60	13.9	4.63	14.3	4.52	14.5	4.58	14.8	4.50
第五類	14.2	4.68	14.7	4.59	14.8	4.55	14.9	4.52	15.1	4.50	15.3	4.49



發現：二氧化碳加壓時間只要2個小時，糖度就有明顯上升的情形。

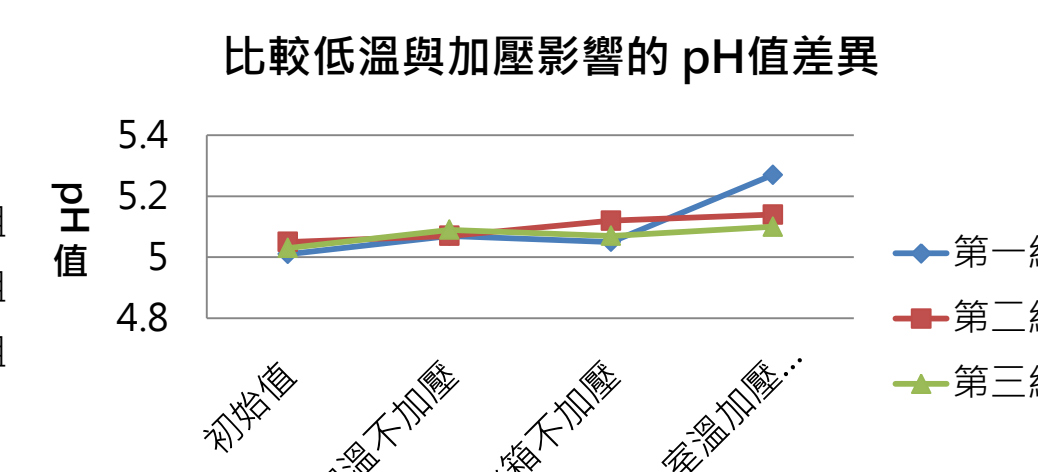
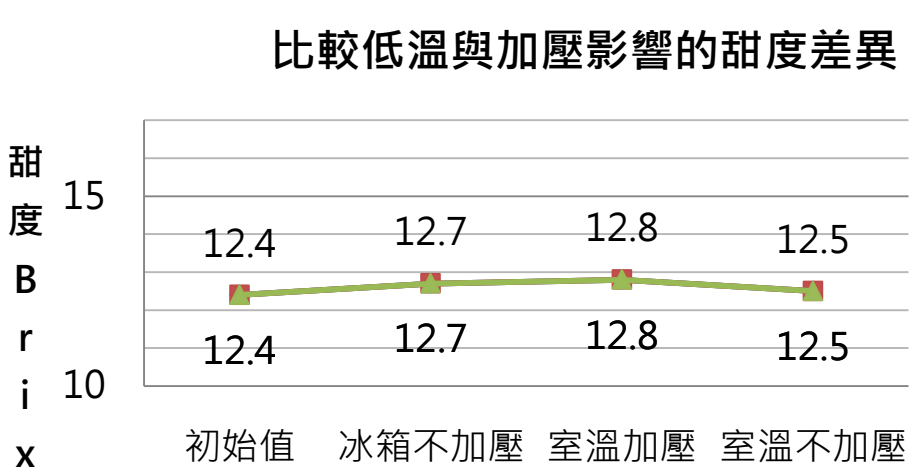
說明：經過上面實驗發現，柳橙經過「冷藏」或「二氧化碳加壓」都讓糖度上升，到底「冷藏」或是「二氧化碳加壓」的處理，何種對柳橙糖度的影響較大？於是我們進行了以下的實驗。

#### 實驗(四)：二氧化碳壓力的影響和溫度的影響對水果哪個影響大？

方法：將同一顆柳丁，分成三組，分別放置於「加壓」、「加冷」、「室溫」的環境中，比較其中的甜度與pH值變化。

結果：

	第一組		第二組		第三組	
	糖度 (Brix)	pH值	糖度 (Brix)	pH值	糖度 (Brix)	pH值
初始值	12.4	5.01	12.4	5.05	12.4	5.03
室溫不加壓	12.5	5.07	12.5	5.07	12.5	5.09
冰箱不加壓	12.7	5.05	12.7	5.12	12.7	5.07
室溫加壓2.5kg/cm <sup>2</sup>	12.8	5.27	12.8	5.14	12.8	5.10



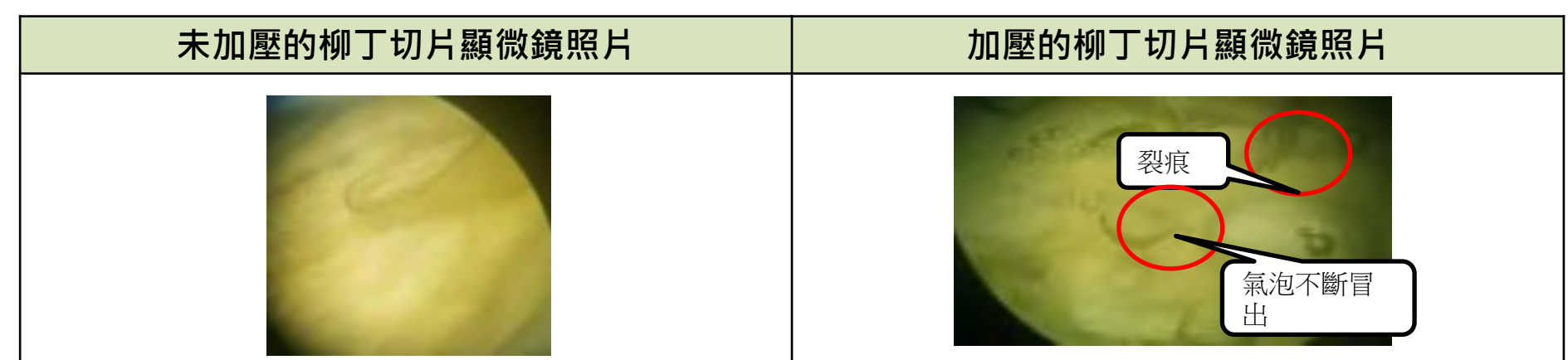
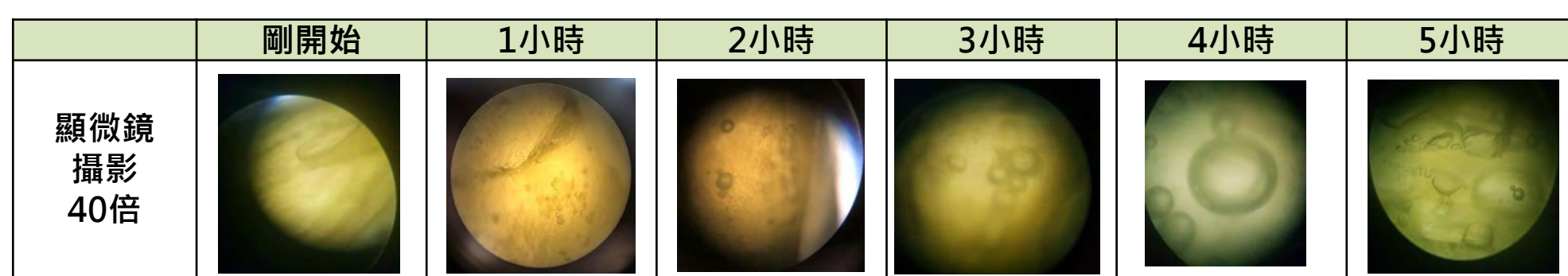
發現：兩種方法都可讓柳橙糖度上升，但「二氧化碳加壓」的糖度比「放入冰箱」的糖度來得高。

- ❖ 總結以上實驗我們得知：
- (一)讓柳橙變甜的方法依序為：「二氧化碳加壓」>「放入冰箱」>放置時間。但如果三者同時進行效果更明顯。
- (二)以二氧化碳對柳橙加壓，壓力越大糖度越高。
- (三)在冷藏與施加壓力的情況下，只需兩個小時，柳橙的糖度就有明顯變化。

❖ 進一步探究：我們想知道加了二氧化碳的柳橙，究竟裡面發生了甚麼變化，才會使得甜度增加？心裡實在是很好奇，於是接著進行以下的實驗。

#### 實驗(五)：探討柳橙以二氧化碳加壓後，其內部有甚麼變化？

方法：將柳丁去皮並將果肉剝成一瓣一瓣的，利用向上排氣法，將二氧化碳灌入洗清40秒後，通入二氧化碳，放入自製氣壓瓶中，施以2.5kg的二氧化碳壓力，放在冰箱中，經過不同時間後用顯微鏡觀察其中變化。



- 發現：
1. 我們發現柳橙經過二氧化碳加壓後，二氧化碳跑進去柳橙的果肉裡面，形成很多氣泡。
  2. 施加壓力的時間越久，氣泡越大顆，也越多。
  3. 在顯微鏡觀察時，可以發現已取出放置於空氣中的柳橙，果肉內的氣泡逐漸變大顆，最後破掉。
  4. 我們發現大小顆的氣泡已經讓柳橙的果粒有裂痕甚至凹凸不平，有些爆漿的感覺，可能是因為這樣氣泡不斷冒出的過程，破壞果肉的細胞壁，讓糖釋放更多而使水果變甜。

#### 實驗(六)：二氧化碳加壓後，柳橙甜度上升，可以持續多久呢？

方法：同一顆柳丁分瓣後裝入瓶中，每瓶裝一瓣，加壓2kg/cm<sup>2</sup>的二氧化碳一小時，同時取出後，間隔5分鐘分別打開瓶蓋進行量測，比較其中的變化。

條件	甜度	pH值
初始值	10.4	4.87
開瓶後	10.6	4.96
打開5min後	10.6	4.89
打開10min後	10.6	4.90
打開15min後	10.6	4.95
打開20min後	10.6	4.98
打開25min後	10.6	4.96
打開30min後	10.6	4.96

- 發現：
1. 經過加壓處理的柳橙，在30分鐘後，糖度都沒有變化。
  2. pH值有上升的趨勢，可能是柳橙內的二氧化碳逐漸釋放掉。

#### 研究四：探討水果糖分的組成，嘗試運用化學的方法提高柳橙的甜度。

※說明：從資料顯示，水果的糖主要包括蔗糖、果糖、葡萄糖。我們想了解柳橙中的葡萄糖、果糖和蔗糖是否真實存在，因此透過以下實驗來證明。

##### (一)葡萄糖的檢測：

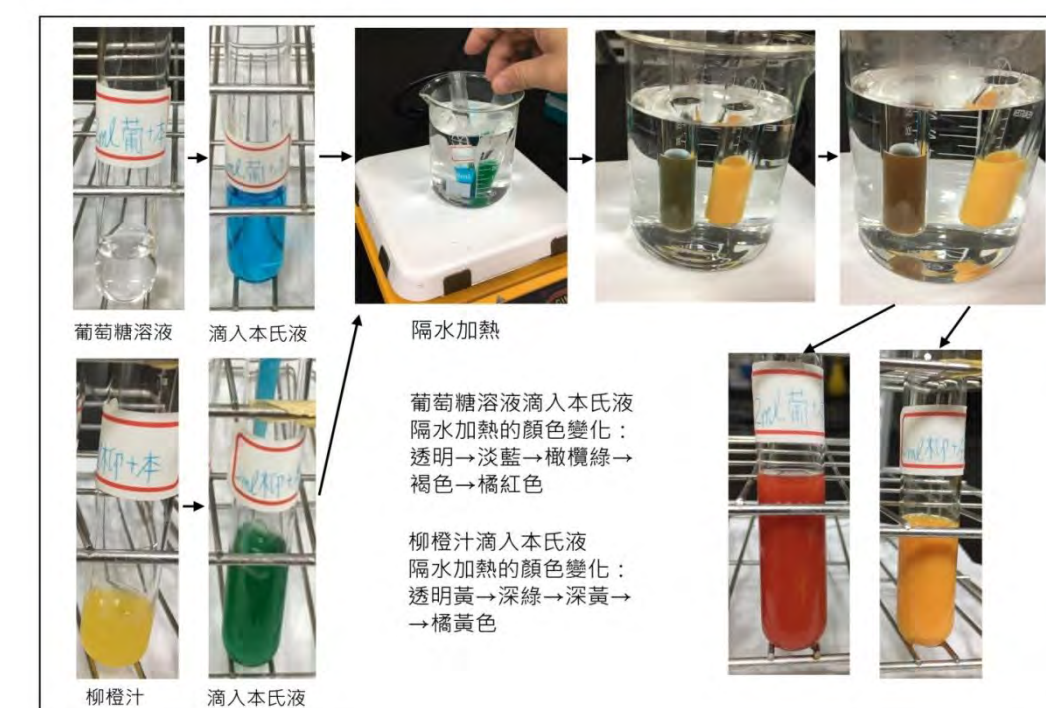
※方法：取二支試管，分別加入1ml 10%葡萄糖液和柳橙溶液，再分別加入3ml本氏液。取燒杯裝水半杯，再將兩試管一起放入燒杯中隔水加熱，觀察兩試管內溶液顏色的變化過程，一直到試管內溶液的顏色不再變化為止。

結果：

觀測液	檢驗	結果	+：代表有反應 -：代表無反應
葡萄糖液	葡萄糖	橘紅色	+
柳橙汁	葡萄糖	橘黃色	+

發現：滴入本氏液的柳橙汁經過隔水加熱，顏色由透明的黃色，變為橘黃色，證明柳橙汁含有葡萄糖的成分。

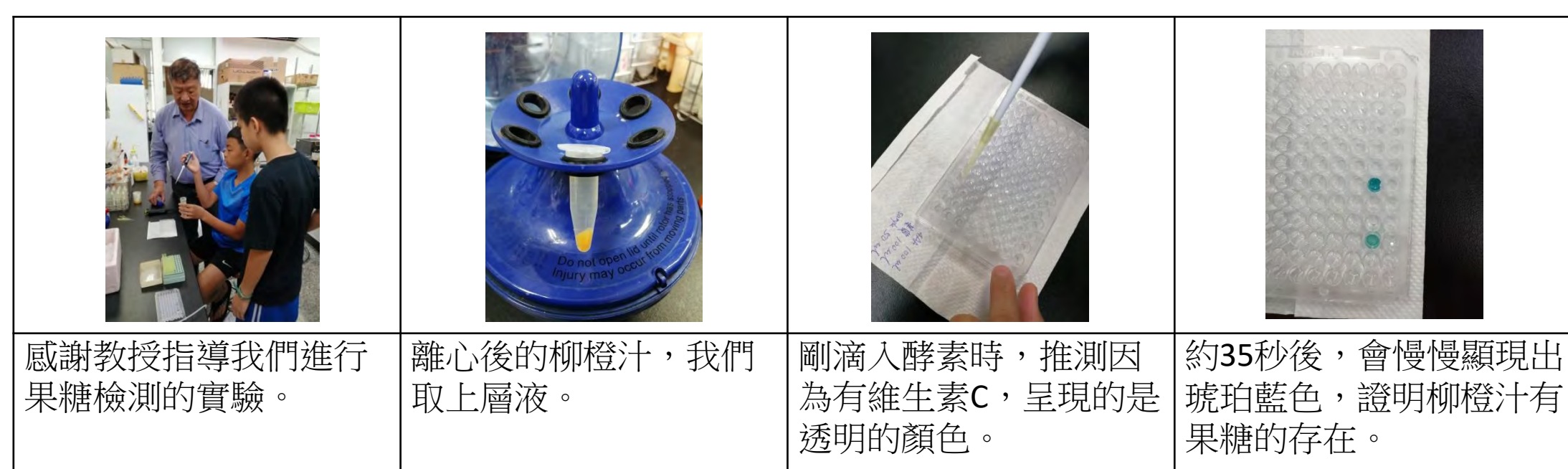
討論：葡萄糖溶液的對照組，滴入本氏液隔水加熱後，呈現橘紅色，柳橙汁卻為橘黃色的原因，應該是受柳橙汁原本顏色的影響而呈現的色差。



##### (二)果糖的檢測：

※說明：關於果糖的檢驗，我們上網搜尋資料，決定以「漆酵素檢測果糖技術」來進行。

※方法：1.先將1ml的柳橙汁做離心一分鐘，取出上層液。  
2.取100μl硼酸，加100μl柳橙汁，再加10μl的基質，最後滴10μl的純化酵素，即可透過顏色的變化看出果糖的存在。



結果：離心後的柳橙汁原本呈現透明的顏色，經過漆酵素檢測套組液滴入後，會呈現琥珀藍色，代表柳橙汁的確有果糖的成分。

討論：剛滴入酵素時，一開始呈現透明的顏色，過35秒後才會變成琥珀藍色，推測是柳橙汁的維生素C進行氧化還原反應而造成。

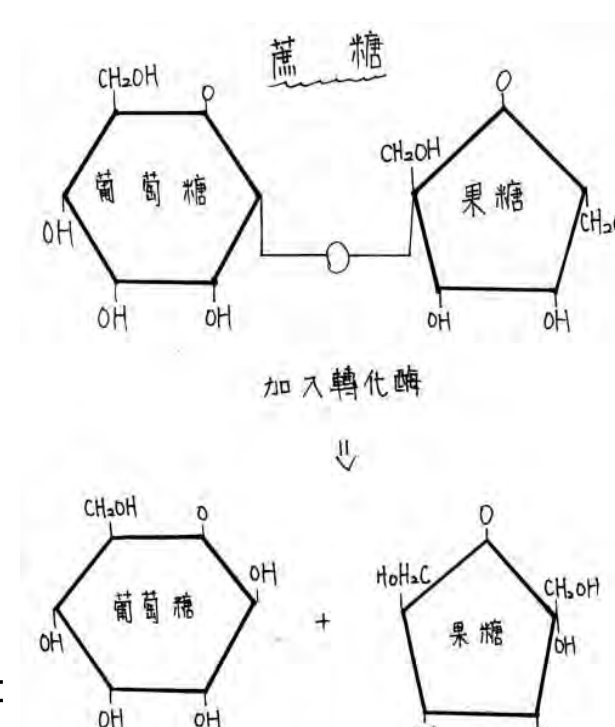
##### (三)蔗糖的檢測：

根據資料顯示，水果果汁糖度、與糖含量的換算甜度為：  
葡萄糖×0.7+果糖×1.7+蔗糖×1，  
果糖的甜度是蔗糖的1.7倍。

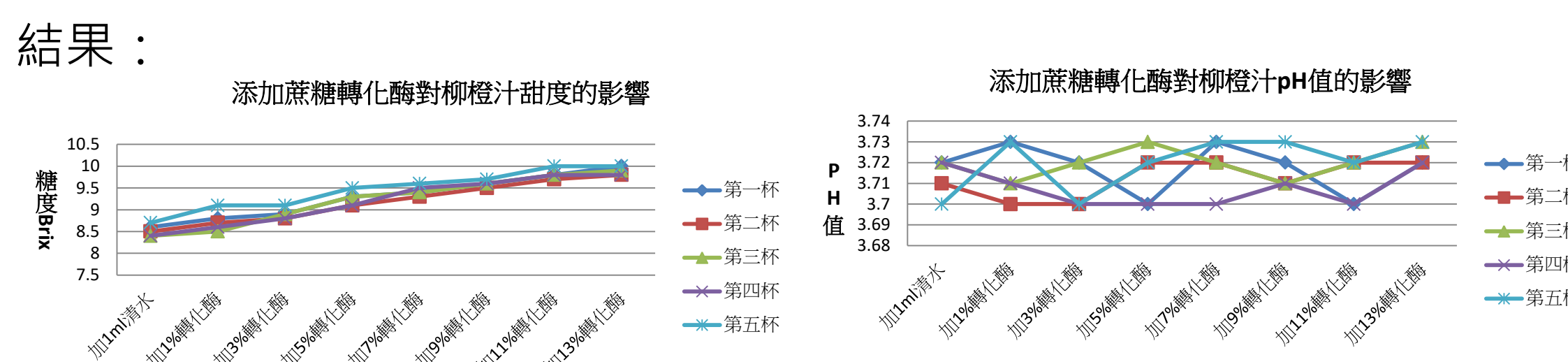
水果名稱	糖度	果糖	葡萄糖	蔗糖	總糖	換算甜度
橘子	4.2	0.08	3.89	2.21	1.68	4.93
葡萄柚汁	9.8	0.24	8.42	1.98	2.38	9.26
檸檬	6.4	0.67	5.87	1.88	1.69	6.28
柳橙	7.4	0.22	6.79	0.21	0.12	6.79
蘋果	8.0	0.31	1.63	0.67	0.24	1.91
鳳梨	8.6	0.18	7.68	0.21	3.10	9.27
柳橙汁	9.0	0.25	6.90	2.74	3.38	9.17
檸檬汁	9.2	0.13	7.82	0.21	3.60	9.67
葡萄柚	8.0	1.22	6.78	2.11	4.81	7.71
柳橙	12.0	0.80	9.94	2.88	1.07	14.69
柳橙內含糖	11.0	1.05	8.12	2.59	1.79	13.63
柳橙汁	10.0	0.80	8.22	2.27	4.76	10.07
柳橙	11.5	0.18	8.32	1.85	1.63	11.83
柳橙	11.8	0.05	10.99	0.87	4.04	12.36
柳橙	12.1	0.07	11.03	2.02	3.28	11.81
柳橙	11.9	0.14	10.80	2.06	3.07	11.90
柳橙	14.6	0.54	12.14	3.70	3.47	16.38
柳橙	12.0	0.80	11.01	2.88	2.01	14.69
柳橙	16.0	0.40	8.55	2.72	2.06	14.43
柳橙	16.0	0.08	12.19	0.71	1.63	16.60
柳橙	17.4	0.09	17.28	6.25	0.90	11.14
柳橙	17.3	0.36	16.63	7.98	1.29	16.52
柳橙	18.3	0.07	15.63	1.96	1.90	16.64
柳橙	21.3	0.07	18.26	1.75	2.00	18.96

換算甜度 = 葡萄糖×0.7+果糖×1.7+蔗糖×1

※想法：要檢測蔗糖的存在，如果將蔗糖轉化酶加入柳橙汁中，由於蔗糖轉化酶具有將一分子的蔗糖（雙醣，甜度1.0）轉化為一分子的果糖（單醣，甜度1.7）及一分子的葡萄糖（單醣，甜度0.7）的功效。再利用酵素反應專一性的特性，也就是只有蔗糖能夠被蔗糖轉化酶水解後產生果糖及葡萄糖(如右圖)，來進行檢測。相較於蔗糖，果糖的甜度比較高，因此若是反應完畢後觀察到糖度增加，則可推論在柳橙汁中必定含有蔗糖的存在。



※方法：在9ml的柳橙汁中分別滴入濃度1%、3%、5%、7%、9%、11%、13%的食用級蔗糖轉化酶溶液各1ml，與加入1ml清水做比較，放置1小時後，測量其糖度的變化。



- 發現：
1. 加了蔗糖轉化酶後，柳橙汁的糖度明顯提高，添加濃度越高，糖度提升越多。
  2. 添加蔗糖轉化酶後，柳橙汁的pH值沒有明顯的變化趨勢。
- 推論：因為蔗糖轉化酶可以使存在於柳橙中的蔗糖水解為葡萄糖和果糖，而果糖的甜度是蔗糖的1.7倍，因此水解後的果糖量增加，糖度也會相對提升。

#### ※總結：透過不斷的實驗與探討，我們歸納出使柳橙提高甜度的方法有：

1. 以不榨汁的方式放置一段時間，時間越久糖度越高。
2. 降低溫度，溫度越低糖度越高。
3. 加二氧化碳，二氧化碳壓力加得越大糖度會越高。
4. 加蔗糖轉化酶，可使蔗糖水解成為果糖與葡萄糖，使糖度增加。

#### 研究五：綜合實驗結果，做一杯好喝的柳橙氣泡飲。

方法：

- (一)將柳橙放置一星期，之後放入冰箱一天，取出後剝皮放入瓶內施加二氧化碳2.5 kg/cm<sup>2</sup>，3小時後取出，榨成果汁，取300c.c.添加5%蔗糖轉化酶放置1小時。藉此提高柳橙汁的糖度
- (二)利用氣泡飲機將500c.c冰水加入二氧化碳製成氣泡水，再將方法(一)的柳橙汁倒入冰水中，就製成好喝的柳橙氣泡飲了！



#### 結論

利用物理與化學的方法提升柳橙的糖度，再運用創意做成水果氣泡飲，炎熱的夏天是很棒的消暑方式，對於甜度不高的次級水果，也能提升應用的價值喔！