

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 生活與應用科學科

第三名

040807

水果抗氧化的「旋」機

學校名稱：高雄市立高雄女子高級中學

作者： 高二 蔡秉芳 高二 許雅雯 高二 潘怡安 高二 賴泓茵	指導老師： 蘇政宏
---	--------------

關鍵詞：水果 抗氧化 旋光度

## 壹、摘要：

本研究利用雷射光、光感測計、偏振片、齒輪及馬達組裝成一個簡易、精確且可接於電腦的數位旋光度計。

我們先藉由Arnao研究的ABTS/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/HRP分析系統，以不同濃度的維生素C與延遲時間畫圖作為標準曲線來測量總抗氧化活性，並比較奇異果、火龍果、聖女蕃茄、加州李四種水果，以微波、水煮及油浴三種方式測得熱處理後抗氧化活性的變化趨勢。之後，我們再利用自製旋光度計來求得水果經過熱處理後的旋光度與熱處理時間之關係。

研究顯示，經熱處理後，此兩種方法有一致的趨勢，所以證明了我們成功地開發出一種可以利用旋光度來測定抗氧化的新方法。

最後，我們進一步將此裝置應用於真假蜂蜜的檢驗，同時利用物質旋光度具有加成性，建立一套方法來計算蜂蜜中蔗糖、葡萄糖、果糖的含量。

## 貳、研究動機

近年來注重養生的風氣漸盛，「抗氧化」因此成為熱門名詞，從老師口中得知傳統測量食品抗氧化活性的方法，都是利用氧化還原的化學方式，操作上費時又費力。所以我們嘗試利用自製的旋光度計來開發一種物理性的新測量方式，既簡單又快速，且不需使用化學藥劑，更可以減少對環境的負擔。為了達成此目標，我們展開了一連串的研究。

相關教材：高級中學物質科學化學篇下冊（泰宇版） 氧化還原反應

高級中學生命科學下冊（泰宇版） 生物的代謝與恆定性

## 參、研究目的

1. 利用化學方法測出水果抗氧化活性並探討熱處理對抗氧化活性的影響。
2. 自行組裝可連接於電腦的簡易數位旋光度計。
3. 探討高中教材所介紹的醣類之旋光度，並了解醣類濃度與旋光度間的關係，以驗證此旋光度計的可行性，同時探討維生素 C 濃度與旋光度間的關係。
4. 利用自製的旋光度計探討水果經過不同時間的熱處理後，其抗氧化活性與旋光度的變化關係。
5. 模擬胃液的溫度與 pH 值，探討水果在胃部消化過程中抗氧化活性（旋光度）的變化情形。
6. 應用此自製儀器來檢驗蜂蜜的真假，並建立一套方法可以計算蜂蜜中蔗糖、葡萄糖、果糖的含量。

## 肆、研究設備及器材

### (一)實驗所需之藥品與設備

一、器材				
量筒	試管	錐形瓶	燒杯	滴管
藥品匙	溫度計	秤量紙	攪拌器	平底試管(20cm)
離心管	移液管	碼錶	磁攪拌子	安全吸球
二、設備				
加熱板	果汁機	離心機	pH 計	UV 分光光度計
三、藥品				
果糖	葡萄糖	維他命 C	活性炭	磷酸緩衝液
雙氧水	ABTS[C <sub>18</sub> H <sub>18</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub> S <sub>4</sub> (NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]		過氧化氫酶酵素(HRP VI)	
四、水果				
奇異果	火龍果	聖女蕃茄	加州李子	蜂蜜(4 種)
五、材料				
偏光片	紙筒	底片盒	盒蓋	車針
壓克力顏料	簡易雷射光源	黑色膠布	目鏡	海綿
水波槽支架	碼錶	齒輪	馬達	照度計

### (二)醣類水溶液的配製：

先稱取分別 15 克、20 克、25 克、30 克的葡萄糖置入容量瓶中，加入少許的水使其完全溶解，再加水至 100 毫升。其餘醣類的配製方法同理。(所用醣類均為一級試藥、品牌: sigma) (T=24<sup>0</sup>C)

葡萄糖溶液	15	20	25	30	濃度單位
果糖溶液	15	20	25	30	(g/100ml)

### (三)其他的藥品：

- ①磷酸緩衝液(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)、pH=6.6 at 25 °C、品牌: sigma、全部可溶於 3.8 L 的水中。
- ②2,2'-AZINO-bis(3-ETHYLBENZ-THIAZOLINE-6-SULFDNIC ACID)簡稱:ABTS [C<sub>18</sub>H<sub>18</sub>N<sub>4</sub>O<sub>6</sub>S<sub>4</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]、FW=548.7、品牌: sigma
- ③過氧化氫酶酵素(HRP VI)、type VI、From Horseradish、品牌: sigma、保存於 0 °C、每瓶有 1000 units
- ④雙氧水(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)、M=34.01g/mol、1~1.11kg、品牌: Riedel-deHae” n
- ⑤維他命 C - Vitamin C(C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>)、100g、M=176.13g/mol、品牌: Riedel-deHae” n

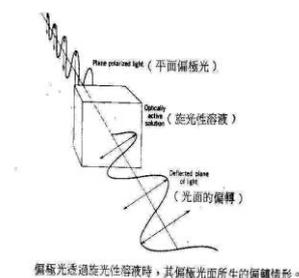
## 伍、研究過程及方法

### 文獻探討：

#### (一)、實驗原理

1. 甚麼是旋光性 (Optic rotation)? 旋光性物質? 何謂『左旋』、『右旋』<sup>文獻一</sup>?

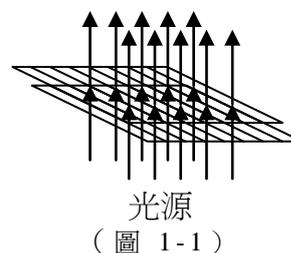
(1) 如果一種水溶液可以把一束偏極化光束所存在的平面扭轉某個角度，此水溶液的溶質就具有旋光性。



(2) 如果溶液把偏極化光束的平面往順時鐘方向旋轉，這溶質就稱為『右旋的』(dextrorotatory)化合物，在化合物前面以一個"d"字表示，或以正號代表。反之，就稱為『左旋的』(levorotatory)化合物，在化合物前面以一個 "l" 字表示，或以負號代表<sup>文獻二</sup>。

(3) 以下為各種醣類的比旋光度標準值：

醣類	比旋光度
葡萄糖 D-glucose	+52.5
果糖 D-fructose	-92.0
維他命 C	+21.0



2. 比旋光度 (Ratio polarimetry) 的計算<sup>文獻三</sup>：

$$[\alpha]_t^D = (\alpha_t^D / C \times L) \times 100$$

L—光程 (旋光管的長度，公分)

C—濃度 (每 100mL 溶液中所含溶質的克數)

$\alpha_t^D$ —在以鈉光燈 (稱為 D 線，波長 589.6nm) 為光源，溫度 t 下實測的旋轉角度。

用 d or (+)、l or (-) 分別表示右旋、左旋。比旋光度的單位為  $\text{deg} \times \text{cm}^3 \times \text{g}^{-1} \times \text{dm}^{-1}$

3. 熱處理對水果抗氧化的影響

Arnao 研究的 ABTS/  $\text{H}_2\text{O}_2$ /HRP 分析系統。其測定的原理是利用 ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazol-6-sulfonic acid))、過氧化氫和過氧化氫酶 (horseradish peroxidase) 作用，產生藍綠色且半衰期長的  $\text{ABTS}^{\cdot+}$  自由基，若樣品中含抗氧化物可抑制  $\text{ABTS}^{\cdot+}$  自由基之產生，因此會延遲藍綠色  $\text{ABTS}^{\cdot+}$  自由基的產生。

又因火龍果、加州李、奇異果、聖女蕃茄等水果在水溶液萃取液中的成分，具有不同程度抗氧化的能力，延遲形成藍綠色自由基的時間也就不同，再利用維生素 C 之標準曲線，可將樣品換算成相當濃度的維生素 C 總抗氧化力，即可知其抗氧化成份的變化情形。

## 實驗流程：

動機一：傳統的測量抗氧化方法有那些？可以有更快且不需化學試劑的方法嗎？

動機二：自製一簡易又精準的旋光度計並將其電腦化，且使其可應用至生活中。

實驗一：(利用化學方法來測水果經過熱處理後抗氧化成分活性的變化關係)  
利用 ABTS/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/HRP 分析系統建立維生素 C 的標準曲線。測量奇異果、火龍果、聖女蕃茄、加州李子四種水果與其熱處理 1、2、3、5 分鐘後 ABTS\*<sup>+</sup> 自由基的產生時間。並畫出抗氧化與加熱時間的關係。

我們想找出旋光性與抗氧化的關係

實驗二：利用偏振片、紙筒、光度計、雷射光源、齒輪、馬達組裝二個簡易的旋光度計 (手動旋光度計、能與電腦連接的數位自動旋光度計)。

實驗三：配製不同濃度的葡萄糖、果糖、維他命 C 來測量其旋光度，並算出比旋光度與理論值對照來驗證此儀器的可行性。並找出旋光度與濃度的線性關係。

實驗四：(自行開發的物理方法)  
測量奇異果、火龍果、聖女蕃茄、加州李子四種水果與其熱處理 1、2、3、5 分鐘後的旋光度與加熱時間的關係

探討化學法和物理法的反應趨勢，以驗證利用旋光度(物理方法)來測抗氧化之可行性。

實驗五：模擬胃液的溫度與 pH 值，探討水果在胃部消化過程中旋光度隨時間變化的情形。

綜合以上結果進行討論，並歸納出結論。

進一步應用

實驗六：利用旋光性來鑑定蜂蜜的真偽。

實驗七：利用茶亦具有抗氧化的特性，以旋光度計來測市售瓶裝茶品的旋光度，以得知其抗氧化力的大小。

實驗九：測量自行沖 1、2、3、5 分鐘的茶品之旋光度，以得知其抗氧化力大小，並繪成旋光度〈或抗氧化〉與加熱時間的關係。

實驗八：利用化學方法來測茶品的抗氧化差異。

實驗十：測量各種不同來源茶品(金宣...)的抗氧化力差異，並建立基源辨識指紋圖譜。

## 【實驗一】利用化學方法測出水果抗氧化活性並探討熱處理對抗氧化活性的影響

### (一)實驗設計：

- 1.自然存在的生物體內含有抗氧化的成分，例如水果。
- 2.為建立對照標準，採用 ABTS/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/HRP 分析系統測量不同濃度維生素 C 的延遲時間並繪成標準曲線。
- 3.為得水果經水煮處理不等時間後抗氧化的變化趨勢，分別以 1、2、3、5 分鐘加熱處理。
- 4.採用 ABTS/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/HRP 分析系統測量水果熱處理後總抗氧化。
- 5.對照維生素 C 的標準曲線圖繪成加熱時間與抗氧化的線性關係圖。

### (二)實驗原理

ABTS/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/HRP 分析系統:利用 ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid))、過氧化氫和過氧化氫酶(horseradish peroxidase)作用，產生藍綠色且半衰期長的 ABTS<sup>•+</sup> 自由基，若樣品中含抗氧化物可抑制 ABTS<sup>•+</sup> 自由基之產生，因此會延遲藍綠色 ABTS<sup>•+</sup> 自由基的產生。而 ABTS<sup>•+</sup> 在波長 414 nm 有吸收，故由反應初開始計時至產生藍綠色的時間為止，延遲時間(lag time)越長者，表示測試樣品的抗氧化力越強。

### (三)實驗步驟

- 1.樣品製備：將新鮮的水果(圖 4-1)洗淨，陰乾後再切片放入離心管中後秤重，以利進行後續熱處理實驗。

圖 1-1：四種新鮮水果



2.樣品萃取：將先前準備好切片的離心管內，加入 35ml 的水作萃取液，用攪拌棒將水果絞碎後充分混勻後放入離心機內，以每分鐘 6000 轉、攝氏 7 °C 下，離心 10 分鐘，取出存放於冰箱內。

### 3.加熱處理

#### ①微波：

將先前準備好的水果切片放入燒杯內，上覆保鮮膜，以微波爐用微熱方式加熱，經 1、2、3、5 分鐘後分別取出迅速加入 35 毫升二次蒸餾水，用攪拌棒將水果絞碎並且充分混勻後放入離心機內，以每分鐘 6000 轉、攝氏 7°C 下，離心 10 分鐘測量抗氧化活性。

#### ②水煮：

首先將燒杯內裝入約 10 毫升的水煮沸，再把先前準備好的水果切片放入燒杯內，經 1、2、3、5 分鐘後分別取出後迅速加入約 25 毫升的二次蒸餾水，用攪拌棒將水果絞碎並且充分混勻後放入離心機內，以每分鐘 6000 轉、攝氏 7 °C 下，離心 10 分鐘測量抗氧化活性。

#### ③油浴：

將約 10 克的沙拉油放於燒杯內，加熱至攝氏 105~110°C，將水果切片放入，經 1、2、3、5 分鐘後分別取出迅速加入 35 毫升二次蒸餾水，用攪拌棒將水果絞碎並且充分混勻後放入離心機內，以每分鐘 6000 轉、攝氏 7°C 下，離心 10 分鐘測量抗氧化活性。

### 4.測定方法

將待測溶液取 10μ l 放入石英管中，加入 ABTS 40μ l、酵素 25μ l、90μ l 的磷酸緩衝液 (pH=6.6) 搖晃均勻，最後加入雙氧水 35μ l 放入 UV 分光光度計 (在 414nm 下偵測)，測其吸收值 (每個值測三次，取其平均值後製表)。

### (四)數據及分析

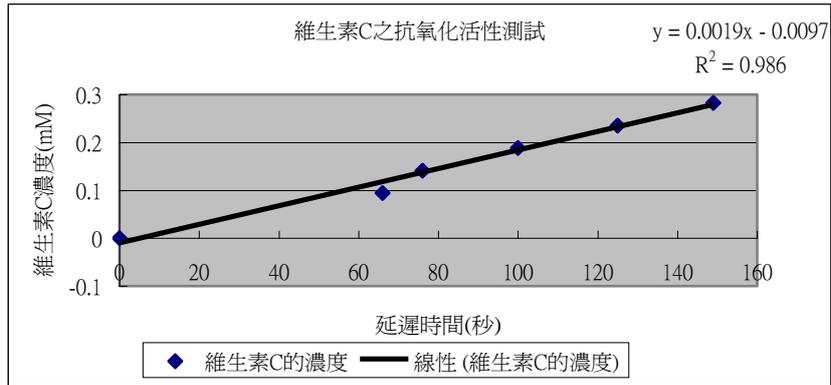
#### 1.標準維生素 C 曲線的建立

以 UV 分光光度計測量 414nm 有 ABTS<sup>•+</sup> 自由基吸光值，用維生素 C 濃度與所延遲的時間，測出的數據及趨勢圖。

(表 1-1)：不同濃度維生素 C 與延遲時間表

延遲時間(秒)	維生素 C 的濃度(mM)
0	0
66	0.094164
76	0.141246
100	0.18833
125	0.23541
149	0.28245

不同濃度維生素 C 與延遲時間之標準曲線圖



(圖 1-2)

## 2. 奇異果抗氧化實驗分析

(表 1-2)：奇異果抗氧化實驗之重量(單位：克)

熱處理方法 \ 加熱時間	0分	1分	2分	3分	5分
微波	6.7559	8.171	8.4901	7.7731	8.5800
水煮	6.7559	6.9937	9.0905	8.9232	7.4985
油浴	6.7559	10.2582	9.8008	8.324	9.6158

(表 1-3)：奇異果抗氧化實驗之 UV 光譜延遲出現時間(單位：秒)

熱處理方法 \ 加熱時間	0分	1分	2分	3分	5分
微波	111 (樣本 4μl+水 6μl)	119 (樣本 3μl+水 7μl)	126 (樣本 3μl+水 7μl)	109 (樣本 3μl+水 7μl)	104 (樣本 3μl+水 7μl)
水煮	111 (樣本 4μl+水 6μl)	88 (樣本 2μl+水 8μl)	79 (樣本 2μl+水 8μl)	88 (樣本 2μl+水 8μl)	81 (樣本 2μl+水 8μl)
油浴	111 (樣本 4μl+水 6μl)	121 (樣本 2μl+水 8μl)	130 (樣本 2μl+水 8μl)	113 (樣本 2μl+水 8μl)	113 (樣本 2μl+水 8μl)

## 3. 火龍果抗氧化實驗分析

(表 1-4)：火龍果抗氧化實驗之重量(單位：克)

熱處理方法 \ 加熱時間	0分	1分	2分	3分	5分
微波	13.5165	8.7514	8.156	9.5495	6.6063
水煮	13.5165	9.9683	6.9974	7.7465	8.9028
油浴	13.5165	7.4011	10.7401	7.0006	7.809

(表 1-5)：火龍果抗氧化實驗之 UV 光譜延遲出現時間(單位：秒)

熱處理方法 \ 加熱時間	0 分	1 分	2 分	3 分	5 分
微波	0	65 (樣本 10 $\mu$ l)	135 (樣本 10 $\mu$ l)	157 (樣本 5 $\mu$ l+水 5 $\mu$ l)	80 (樣本 10 $\mu$ l)
水煮	0	158 (樣本 5 $\mu$ l+水 5 $\mu$ l)	61 (樣本 3 $\mu$ l+水 7 $\mu$ l)	58 (樣本 3 $\mu$ l+水 7 $\mu$ l)	130 (樣本 5 $\mu$ l+水 5 $\mu$ l)
油浴	0	144 (樣本 10 $\mu$ l)	89 (樣本 10 $\mu$ l)	105 (樣本 5 $\mu$ l+水 5 $\mu$ l)	92 (樣本 5 $\mu$ l+水 5 $\mu$ l)

## 4. 聖女蕃茄抗氧化實驗分析

(表 1-6)：聖女蕃茄抗氧化實驗之重量(單位：克)

熱處理方法 \ 加熱時間	0 分	1 分	2 分	3 分	5 分
微波	13.5329	12.7458	8.7456	9.9471	11.8386
水煮	13.5329	7.6929	10.0624	9.7897	9.7115
油浴	13.5329	10.8239	10.9021	10.003	9.908

(表 1-7)：聖女蕃茄抗氧化實驗之 UV 光譜延遲出現時間(單位：秒)

熱處理方法 \ 加熱時間	0 分	1 分	2 分	3 分	5 分
微波	100	100	77	54	59
水煮	100	50	38	58	26
油浴	100	83	96	96	70

## 5. 加州李子抗氧化實驗分析

(表 1-8)：加州李子抗氧化實驗之重量(單位：克)

熱處理方法 \ 加熱時間	0 分	1 分	2 分	3 分	5 分
微波	11.6582	10.4895	10.4601	9.6254	11.0766
水煮	11.6582	8.3864	8.6938	7.8237	7.1657
油浴	11.6582	9.4484	10.7249	11.2784	11.3203

(表 1-9)：加州李子抗氧化實驗之 UV 光譜延遲出現時間(單位：秒)

熱處理方法 \ 加熱時間	0 分 (樣本 2 $\mu$ l+水 8 $\mu$ l)	1 分 (樣本 2 $\mu$ l+水 8 $\mu$ l)	2 分 (樣本 2 $\mu$ l+水 8 $\mu$ l)	3 分 (樣本 2 $\mu$ l+水 8 $\mu$ l)	5 分 (樣本 2 $\mu$ l+水 8 $\mu$ l)
微波	19	76	100	123	134
水煮	19	72	85	100	80
油浴	19	49	64	99	124

(五)結果及討論：

經過這次的實驗，我們可以發現某些水果一開始加熱時，它們的抗氧化活性都有下降的趨勢，而後才逐漸上升，初步判斷，可能是因為加熱會破壞水果內的維生素 C 或其他抗氧化成分，後來逐漸上升，可能是因為醣類鍵結被破壞的關係。但是對大部分水果加熱的時間抗氧化活性初期有增加趨勢，其中以加州李子、火龍果與奇異果尤其明顯。為得到較佳抗氧化效果，火龍果宜用微波處理而奇異果與聖女蕃茄則用油浴較佳，加州李子則適用任何熱處理方式。

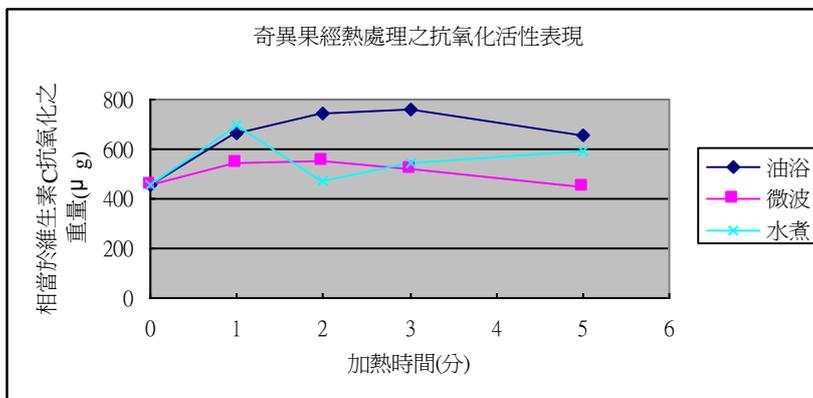
再來是討論水果的部分：

1.奇異果

(表 1-10)：奇異果抗氧化實驗中相當於維生素 C 抗氧化能力之濃度(單位：mM)

熱處理方法 \ 加熱時間	0 分	1 分	2 分	3 分	5 分
微波	0.503	0.721	0.766	0.658	0.626
水煮	0.503	0.7875	0.702	0.7875	0.721
油浴	0.503	1.101	1.1865	1.025	1.025

奇異果經熱處理之抗氧化活性表現



(圖 1-3)

討論 1：

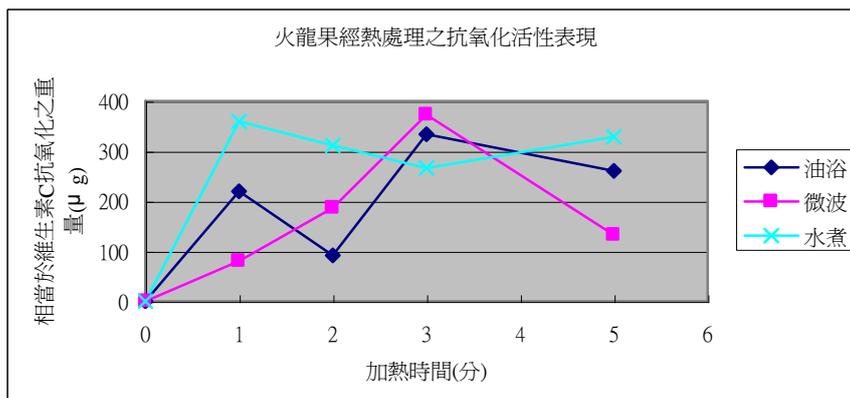
奇異果的抗氧化活性與蕃茄類似，以油浴表現最佳，也是以加熱三分鐘最好，雖然熱處理過程中一度使抗氧化活性降低，但是加熱至五分鐘後最終抗氧化活性仍比新鮮水果來的高，此表現甚為特殊。

2.火龍果

(表 1-11)：火龍果抗氧化實驗中相當於維生素 C 抗氧化能力之濃度(單位：mM)

熱處理方法 \ 加熱時間	0 分	1 分	2 分	3 分	5 分
微波	0	0.1138	0.2468	0.5772	0.1423
水煮	0	0.581	0.354	0.335	0.4746
油浴	0	0.2639	0.1594	0.3796	0.3302

## 火龍果經熱處理之抗氧化活性表現



(圖 1-4)

### 討論 2：

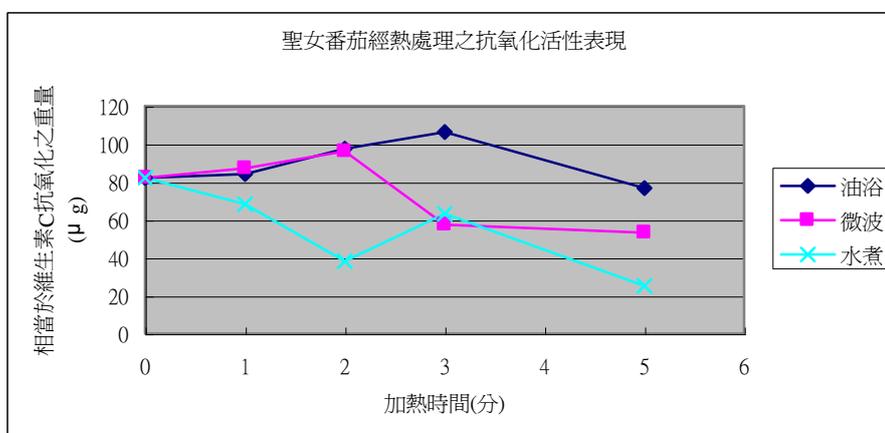
紅肉火龍果的抗氧化活性也是以三分鐘來的最佳，而加熱的方式也是以微波最好，但此水果非常特殊，新鮮的紅肉火龍果可以說幾乎偵測不到抗氧化活性，但經過熱處理後有明顯的增加，所以若要火龍果有抗氧化活性，可能必須要熱加工過處理才可。

## 3. 聖女蕃茄

(表 1-12)：蕃茄抗氧化實驗中相當於維生素 C 抗氧化能力之濃度(單位：mM)

加熱時間 熱處理方法	0 分	1 分	2 分	3 分	5 分
微波	0.1803	0.1803	0.1366	0.0929	0.1024
水煮	0.1803	0.0853	0.0625	0.1005	0.0397
油浴	0.1803	0.148	0.1727	0.1727	0.1233

## 聖女蕃茄經熱處理之抗氧化活性表現



(圖 4-5)

### 討論 3：

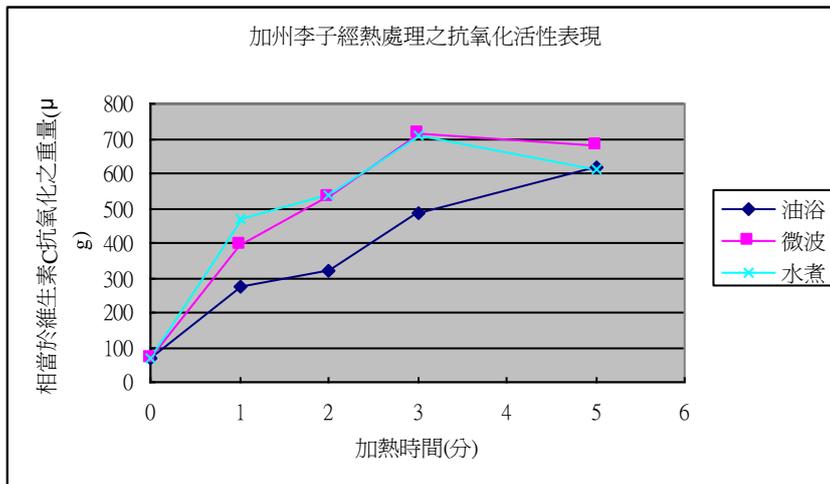
聖女蕃茄的抗氧化活性以三分鐘來的最佳，而加熱的方式是以油浴最好，初步判斷，可能是因為蕃茄內含有的茄紅素較其他水果多，而茄紅素又是脂溶性，用油浴的方式能使它溶的比較多。

#### 4.加州李子

(表 1-13)：加州李子抗氧化實驗中相當於維生素 C 抗氧化能力之濃度(單位：mM)

熱處理方法 \ 加熱時間	0 分	1 分	2 分	3 分	5 分
微波	0.132	0.6735	0.9015	1.12	1.2245
水煮	0.132	0.6355	0.759	0.9015	0.7115
油浴	0.132	0.417	0.5595	0.892	1.1295

加州李子經熱處理之抗氧化活性表現



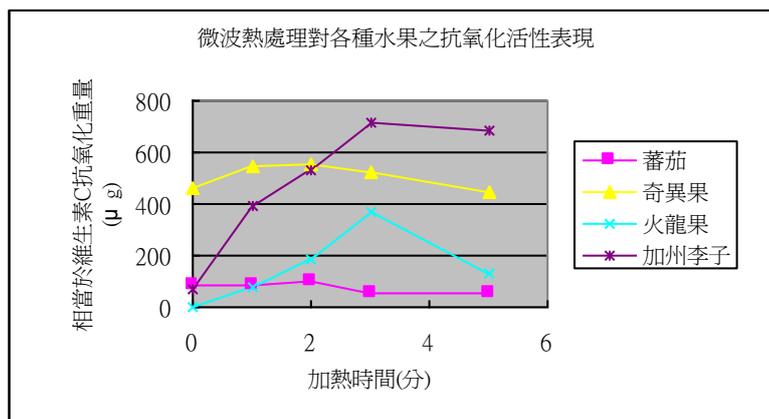
(圖 1-6)

#### 討論 4：

加州李子是本次實驗中效果顯現最好的一個水果，它和其他水果不同是它尚未做熱加工處理的抗氧化活性和其他水果差不多，都大概在 70~90 $\mu$ g 維生素 C/每克加州李子，而經過熱加工處理的時間越久，抗氧化活性會漸漸的越高，三種加熱方式都有很好的效果，由上述實驗結果，此種水果抗氧化活性表現值得進一步討論。

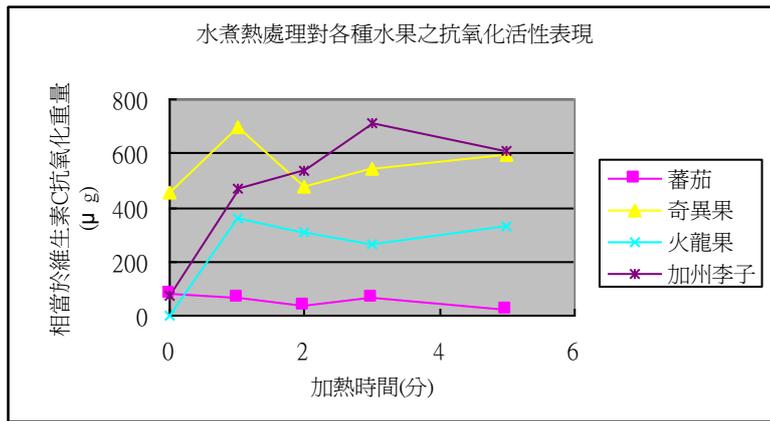
#### (六) 結論與應用

微波熱處理對各種水果之抗氧化活性表現



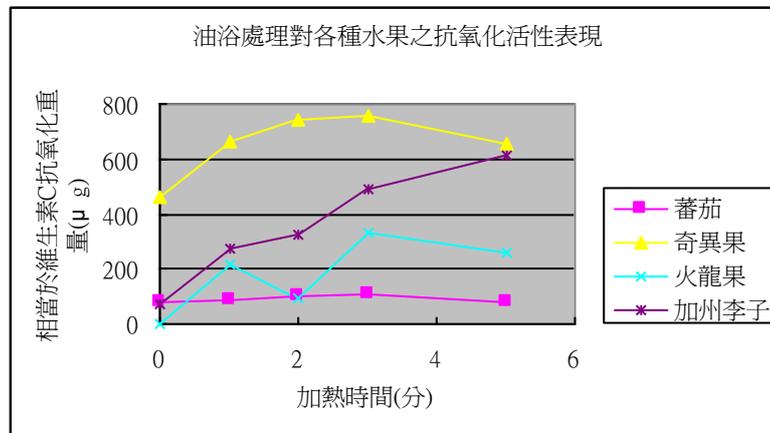
(圖 1-7)

### 水煮熱處理對各種水果之抗氧化活性表現



(圖 1-8)

### 油浴熱處理對各種水果之抗氧化活性表現



(圖 1-9)

#### 討論 5：

一般而言水果中的抗氧化性會隨著維生素 C 的破壞而呈現降低，但是可能因為破壞醣類鍵結的關係於加熱期間內會逐漸釋放出抗氧化物質，因此總抗氧化活性有先降後增的趨勢。由前幾張圖可以了解其中以加州李子、火龍果與奇異果尤其明顯，這些熱處理過程產生那些新的抗氧化物質，能夠造成 10 倍以上的差異，值得下次實驗詳細探討。

## 【實驗二】組裝—可接電腦「簡易」、「精準」的數位旋光度計

(一)實驗設計：利用簡單的零件及實驗室中可取得的元件組裝—可測旋光度的裝置。

(二)實驗內容：

1. 目的：

自製簡易的旋光度計來檢測醣類及維生素 C 濃度、比較濃度與其偏轉角度的關係。

2. 器材：

偏振片、紙筒、底片盒、照度計、量角器、三角板、雷射光源、支架、黑色膠布、平底試管

3. 儀器各部份裝置介紹：

A：照度計：替代人眼，以量化的方式來準確得知光線強弱的變化。

B：底片空盒，下方挖洞並安裝下偏振片，接於紙筒下方，內有保麗龍圈墊，避免放置平底試管時因撞擊或摩擦而損壞下偏振片。

C：含上偏振片及顯微鏡目鏡，以底片空盒固定目鏡及上偏振片。另外接車針做為指針，以指讀刻度板刻度，分解圖如下：



圖 2-2

D：紙筒：主體，放置平底試管，內部塗黑以減少光線影響實驗結果。

E：經過裁切的底片空盒，內有照度計的感應板，進行測量時，雷射光通過下偏振片、水溶液、上偏振片，經目鏡聚焦後投射至感應板上，以測量光線強弱。

F：圓形紙片，放置於刻度盤下方，使刻度清晰易於讀取。

雷射光源：替代鈉燈，較便宜且穩定性足夠，光波長為 6800 埃。

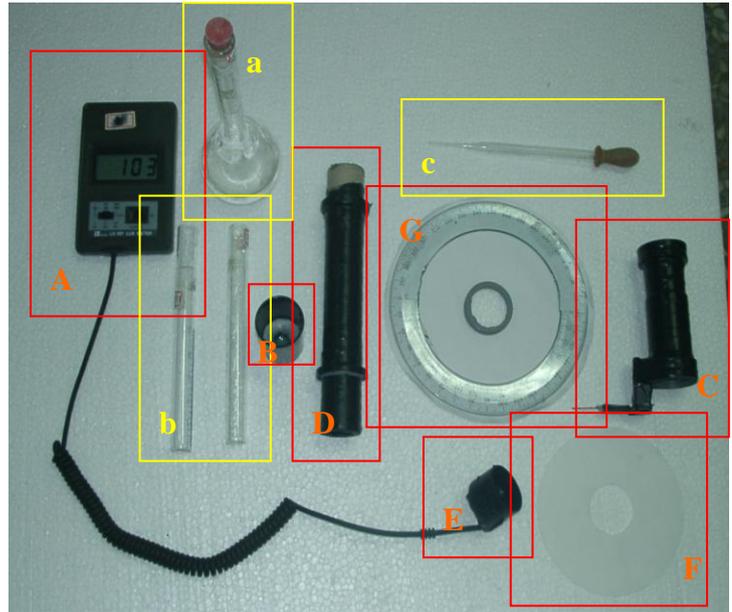


圖 2-1

4. 儀器支架：

- (1)物理科實驗用的水波槽支架。
- (2)厚壓克力板，放置雷射光源。
- (3)鐵夾數支，分別固定照度計及儀器主體。



操作實況 圖 2-3



指針部分放大 圖 2-4

5. 其他器材介紹：

- a：配置糖溶液用的 500ml 容量瓶。
- b：平底試管。
- c：實驗時所用的滴管。

4. 裝置全圖：



圖 2-5

操作實況

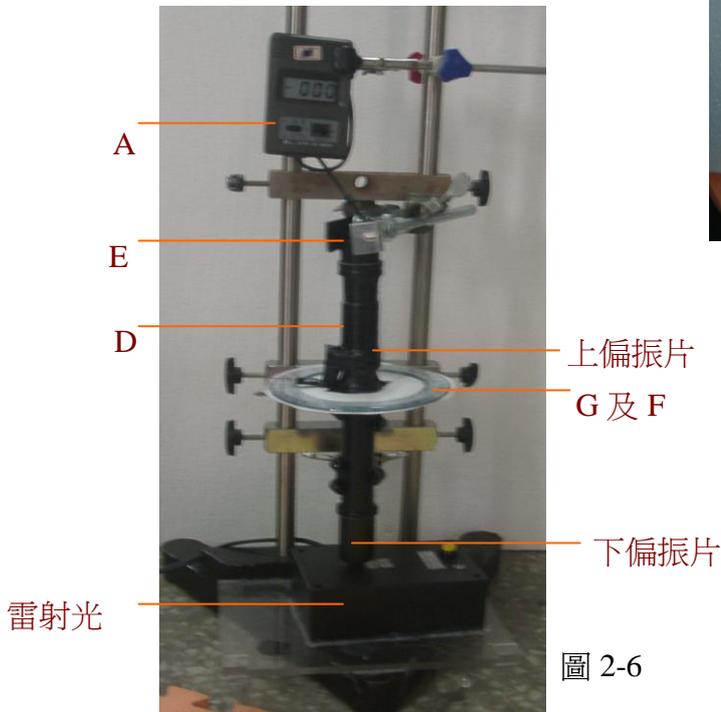


圖 2-6



最初的指針設計（後改爲紅色）

圖 2-7

### (三) 自製手動旋光度計的改良過程及討論

1. 以肉眼觀察光線強弱變化，找出光線最弱的點，此時的偏折角度即為光線偏折的角度。  
改良：使用光敏電阻來測知光度大小，將所得的結果予以數據化。
2. 下偏振片在實驗過程中不停受試管底部撞擊，容易刮傷或掉落。  
改良：在底片盒底部挖洞並裝上偏振片，於盒內至一保麗龍圈墊，使管底部不會直接撞擊到偏振片上，減少儀器損傷的機會。
3. 將改良過後的旋光度計以雷射光光源測試，發現光點周圍出現不均勻亮點，我們推測是因為偏振片多次重疊，導致介面之間產生不規則的光線繞射所致。  
改良：購買品質較佳的偏振片重新安裝，光點始得消除。
4. 在儀器測試的過程中發現光線經過管中溶液後，由於水面不平的緣故，在光敏電阻四周產生不規則的晃動亮點，影響測量結果。  
改良：經測試後，選擇複式顯微鏡的 10X 目鏡將光線聚焦，使光線能準確的投射於光敏電阻上。
5. 光敏電阻的形狀問題：光敏電阻的受光面太小且形狀不利固定。  
改良：利用生物科實驗用光度計，改裝後裝於底片盒底部，可直接由數據得知光強度，再對照刻度板刻度可知光線偏折的角度。
6. 三角尺底部與刻度板的接觸寬度過寬，以致偏轉角度小時，判讀不易，會遮住部分刻度。  
改良：將三角板改為紅色指針，使其針尖能準確位於刻度上方，使判讀較精確容易。

#### 7. 週邊裝置的改良過程

##### (1) 溶液容器的改良：

原先使用一般的試管來測試，但是考慮到試管的底部為圓弧形，可能影響光的行進方向，進而影響實驗結果。

改良：改用底部平坦的比色管。

##### (2) 固定儀器之支架的改良：

原先使用一般實驗室用的鐵架及試管固定夾，來固定儀器，但發現即使底部螺絲已鎖緊，在實驗的過程中仍會不停搖晃，導致儀表上的數據不停跳動，影響實驗結果。

改良一：將整個儀器裝置與實驗室小木椅以繩索固定，增加穩定性。

改良二：以物理科水波槽之支架代替。

#### 8. 自製手動旋光度計的操作方法(過程)

- (1) 用平底試管裝蒸餾水，水高 12cm，放入自製偏光儀中，旋轉指針盤，直到照度計讀數最小的位置，將該刻度訂為零度。
- (2) 將待測之溶液裝入平底試管中，溶液高 12cm。
- (3) 將裝好各濃度的醣類水溶液的平底試管，放入自製旋光度計中，旋轉指針盤，直到照度計讀數最小的位置，記錄其旋光角度。(實驗時儀器裝置必須避免動到，否則會干擾實驗結果)

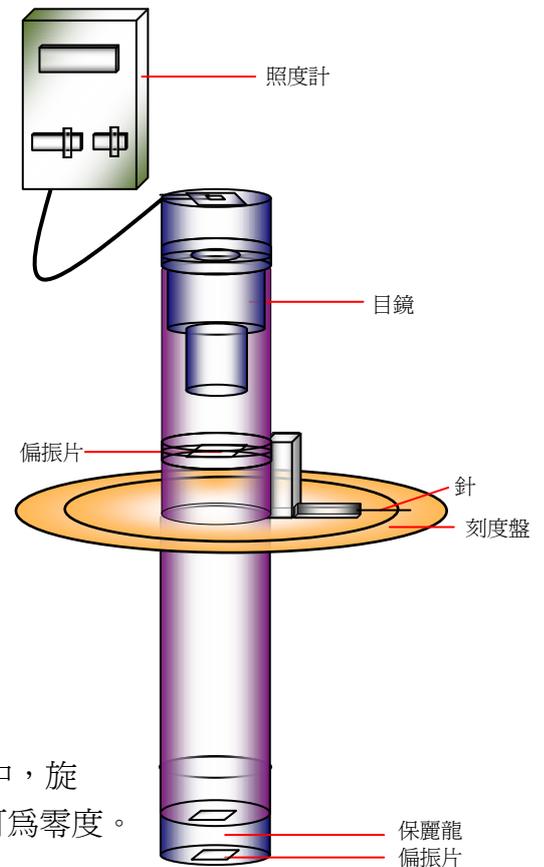


圖 2-8

- (4) 用測得之旋光角度計算出比旋光度。
- (5) 在比旋光度數值前面加“+”號表示右旋，加“-”表示左旋。

#### (四) 自製旋光度計的「自動化」及「電腦化」

##### 1. 實驗設計：

改良自製旋光度計，使其功能升級，操作時可以更精準、方便。

##### 2. 改良步驟：

- (1) 將大齒輪鑲入裝上偏振片的紙筒。
- (2) 將原本的指針拔除。
- (3) 利用小齒輪帶動大齒輪。  
(小齒輪:12 齒；大齒輪:60 齒)

##### (4) 加入器材零件：

- a：馬達 (雙向可旋轉)
- b：開關 (裝可變電阻)
- c：電瓶 (12V)
- d：pasco 光感測計 (國揚公司)

##### 3. 裝置全圖：

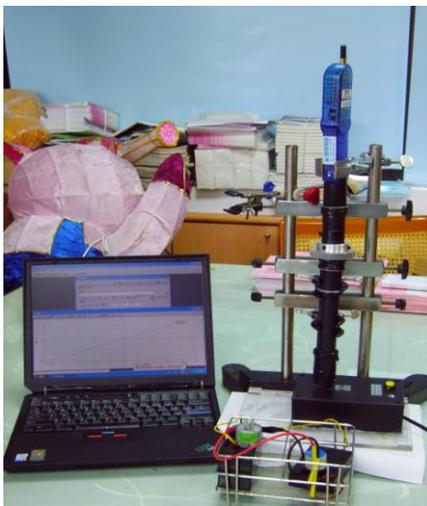


圖 2-9

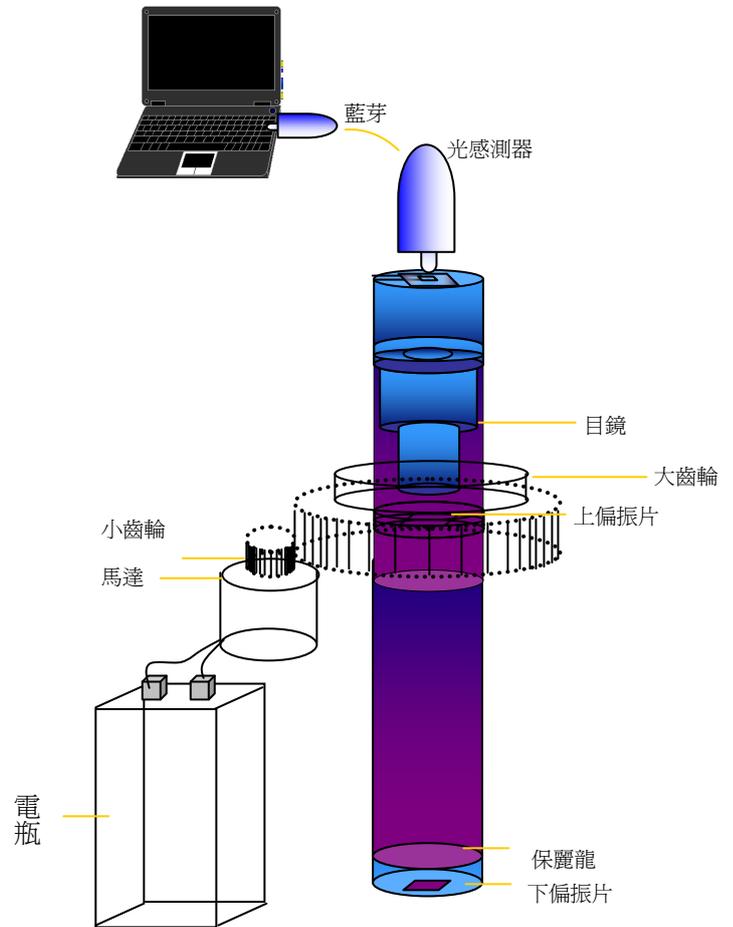


圖 2-10

##### 4. 實驗過程討論：

- (1) 刻度盤上的最小刻度單位只能精準到 1 度，我們想要得到小於 1 度的更精確角度。  
改良：將照度計改換成 pasco 光感測計，使角度轉成數位訊號傳至電腦，讓角度可以數據化。
- (2) 原來是利用手轉動上偏振片，我們想要讓儀器可以自動化。  
改良：轉動的動力，由人力改成馬達與齒輪來帶動。

## 【實驗三】測試自製旋光度計的可行性

### (一) 實驗設計：

1. 配製不同濃度的葡萄糖、果糖及維生素 C 水溶液。
2. 了解濃度與旋光度的關係，並將數據與理論值對照。

### (二) 實驗步驟：

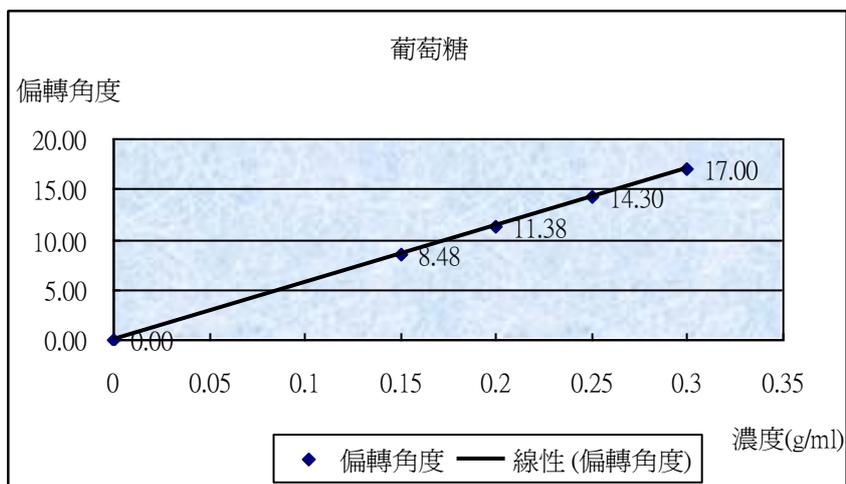
1. 測量前，旋光度計都利用蒸餾水校正歸零。
2. 配製葡萄糖、果糖及維生素 C 三種水溶液，濃度各為 15g/100ml、20g/100ml、25g/100ml、30g/100ml 四種濃度，配好後靜置於 25°C 恆溫槽中。將配製的各種不同濃度水溶液裝入平底試管中，溶液高度為 1.2dm。
3. 每種溶液各分裝入五隻平底試管，溶液高 1.2dm，測其旋光角度，並計算出比旋光度 (將三次的旋光角度算出平均值後製表)。

### (三) 數據及分析：

(表 3-1) 葡萄糖

濃度	旋光度	濃度	旋光度
0.15average	8.48	0.20average	11.38
0.25average	14.30	0.30average	17.00

比旋光度 average : + 47.35

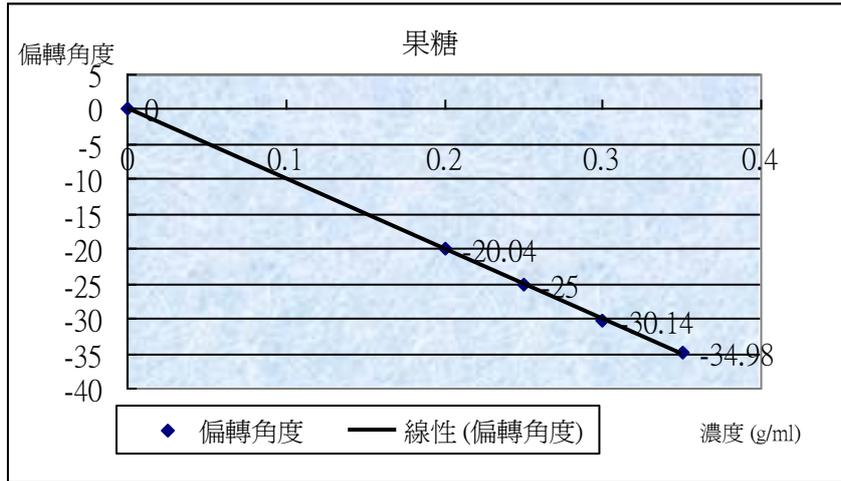


(圖 3-1)

(表 3-2) 果糖

0.20average	-20.04	0.25average	-25.00
0.30average	-30.14	0.35average	-34.98

比旋光度 average : - 83.46

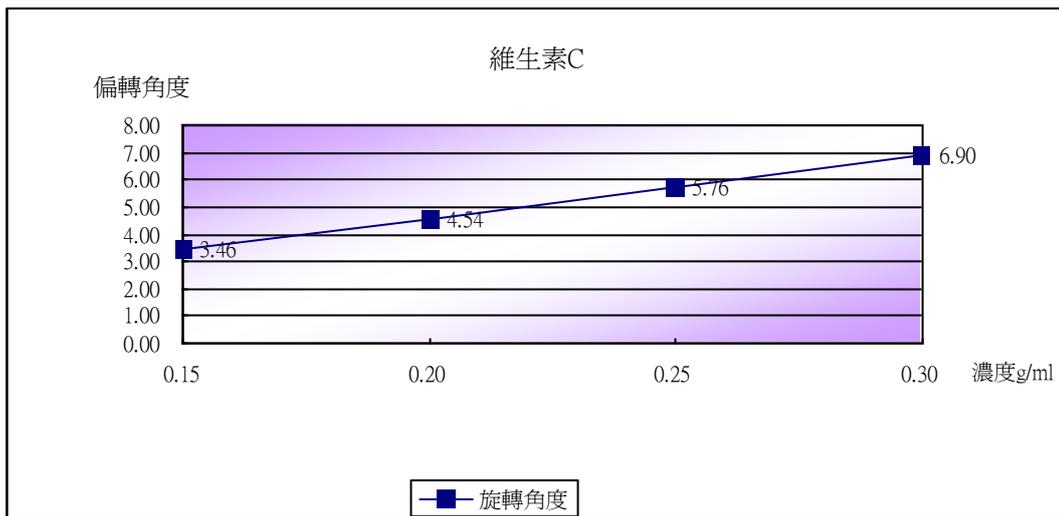


(圖 3-2)

(表 3-3) 維生素 C

濃度	旋光度	濃度	旋光度
0.15average	3.46	0.25average	5.76
0.20average	4.54	0.30average	6.90

比旋光度 average : 19.13



(圖 3-3)

(四)結果及討論：

1. 由以上數據可知，各種醣類在水中的旋光度均與濃度呈線性關係，水溶液的濃度越小，則測得的旋光度越小。
2. 實驗結果得到平均比旋光度如(表 3-4)：

(表 3-4)

	標準值(波長=5893 埃)	本組測得的比旋光度(波長=6550 埃)
葡萄糖	+52.5	+47.35
果糖	-92.0	-83.46
維生素 C	+21.0	+19.13

(+：左旋 -：右旋)

- 由實驗結果與標準值的比較可知，光源波長的不同會對比旋光量值產生影響，波長較長的光，造成的旋光角度較小。
- 由實驗結果可得知此自製旋光度計可用於醣類及維生素 C 之旋光度的測量，甚至任何具有旋光性物質之旋光度的測量。
- 在測量未知溶液的旋光度時，將測量所得的旋光度數據，對照上面的表格進行換算，即可以得到此溶液在標準旋光度測量下的旋光度及比旋光度值：

$$\alpha = \alpha' \times \frac{\text{此醣類的比旋光度標準值}}{\text{表中所得的比旋光度數值}}$$

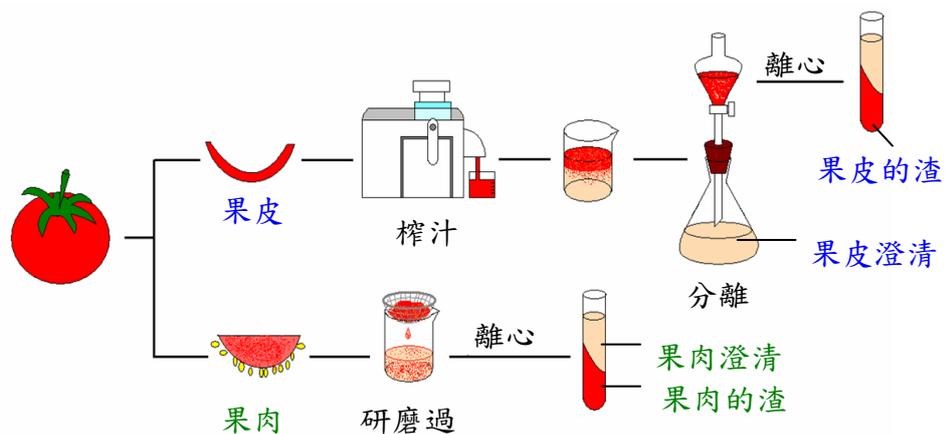
( $\alpha$ ：旋轉角度標準值  $\alpha'$ ：測量所得旋光角度)

- 實驗中實驗數據的變化穩定，以葡萄糖實驗為例，所測得的角度與平均值最大相差不超過 3%，算得比旋光度結果誤差 < 3%，這樣的準確度已令人相當滿意。且在其它醣類及維生素 C 的實驗中，亦結果誤差 < 3%。

## 【實驗四】利用旋光性來探討熱處理對水果抗氧化的影響

- 實驗設計：奇異果、火龍果、聖女蕃茄及加州李子，經由微波、水煮及油浴的處理後，萃取其汁液，並測量糖度及旋光度的變化。
- 實驗原理：水果中含有醣類及抗氧化物質皆具有旋光性，利用觀察加熱過程的糖度變化可以來追蹤醣類在整個過程中的變化情形。
- 實驗步驟：

### 1. 樣品製備：



果肉萃取流程圖(圖 4-1)

2. 樣品萃取：水果去皮榨汁，取定量果汁加水稀釋→加活性碳離心→  
取上層澄清液→用針筒及過濾膜過濾→取得待測溶液。

3. 加熱處理：①微波 ②水煮 ③油浴 依照實驗一的處理方式。

4. 測定方法：儀器歸零→放入待測溶液→打開開關→分析數據  
(每個值測三次，取其平均值後製表)

#### (四)數據及分析

##### 旋光度實驗：

##### 1. 奇異果

(表 4-1) 旋光度數據

時間(分) 旋光度(度)	0	1	2	3	5
微波實驗	8.10	8.90	9.10	9.00	8.80
水煮實驗	8.10	8.20	9.30	9.10	8.60
油浴實驗	8.10	9.20	9.30	9.10	9.10

##### 2. 火龍果

(表 4-2)

時間(分) 旋光度(度)	0	1	2	3	5
微波實驗	5.80	4.90	4.80	5.20	4.30
水煮實驗	5.80	5.00	4.30	4.40	4.50
油浴實驗	5.80	4.60	5.00	4.40	4.40

##### 3. 聖女蕃茄

(表 4-3)

時間(分) 旋光度(度)	0	1	2	3	5
微波實驗	6.70	6.30	6.10	6.20	6.20
水煮實驗	6.70	5.80	6.00	6.00	5.90
油浴實驗	6.70	6.50	6.20	6.10	6.10

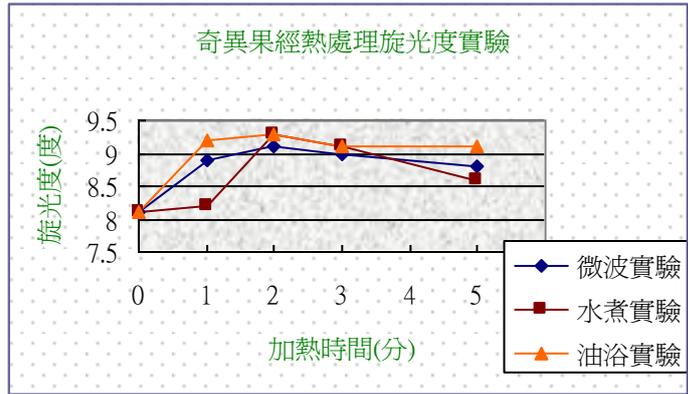
##### 4. 加州李

(表 4-4)

時間(分) 旋光度(度)	0	1	2	3	5
微波實驗	9.20	22.10	39.10	45.20	46.70
水煮實驗	9.20	20.10	32.70	38.60	26.70
油浴實驗	9.20	17.40	19.30	34.60	42.10

(五)結果及討論:

1.奇異果

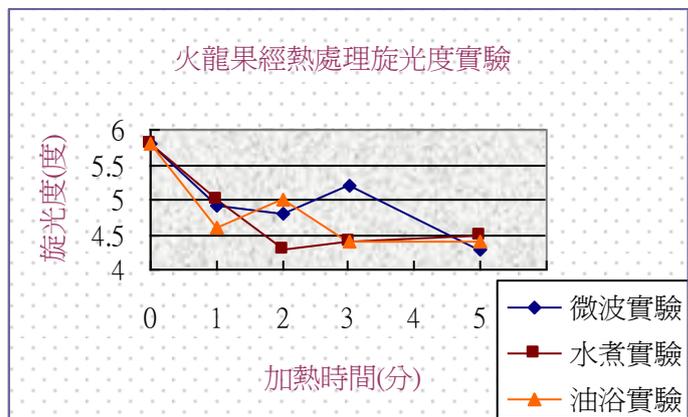


(圖 4-2)

討論 1:

無論用微波、水煮或油浴處理，奇異果的旋光度初期維持上升的趨勢，並在二分鐘時均有最佳效果，而後有些微下降。

2.火龍果

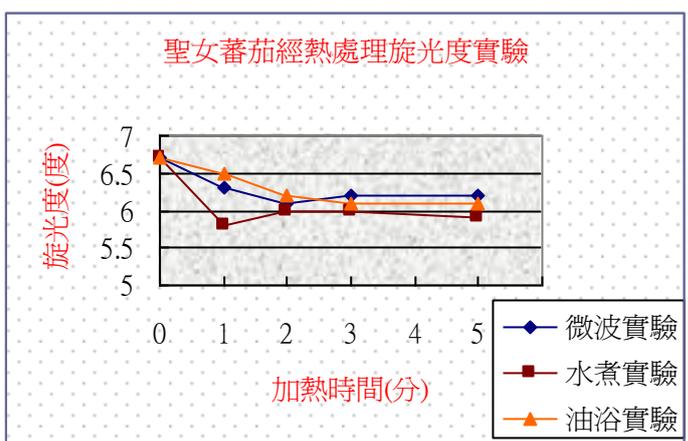


(圖 4-3)

討論 2:

火龍果的旋光度在初期急速下降，而後有小幅上揚的趨勢，不過仍以微波三分鐘的效果最佳

3.聖女蕃茄

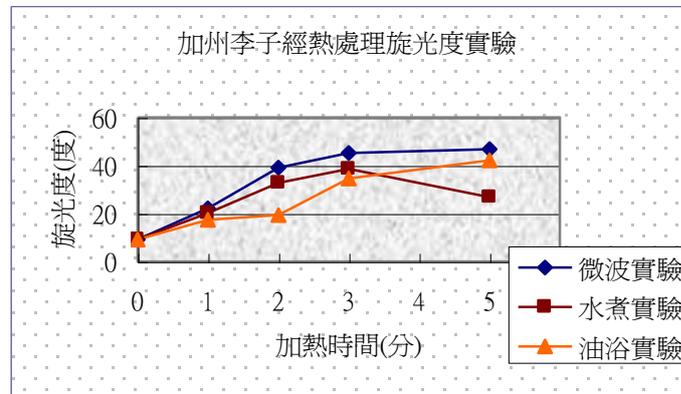


(圖 4-4)

### 討論 3:

聖女蕃茄的旋光度趨勢先降而後呈較穩定狀態。加熱方式以微波較佳、較為穩定，目前為三至五分鐘的效果最好。

### 4.加州李子



(圖 4-5)

### 討論 4:

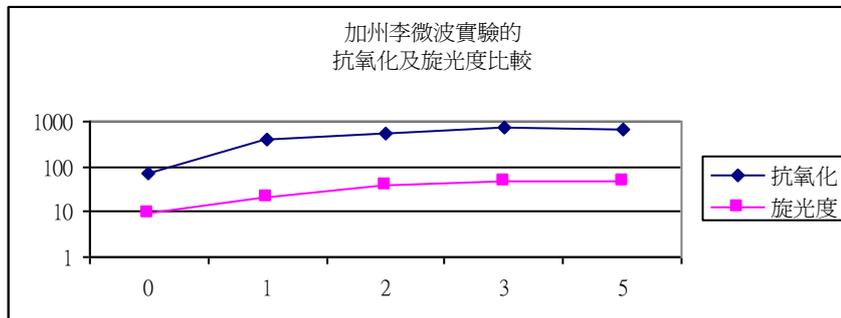
加州李子的旋光度在加熱初期就有顯著且穩定上升的趨勢，並在三分鐘時達到最高點，而後就開始下降。

### 實驗小結:

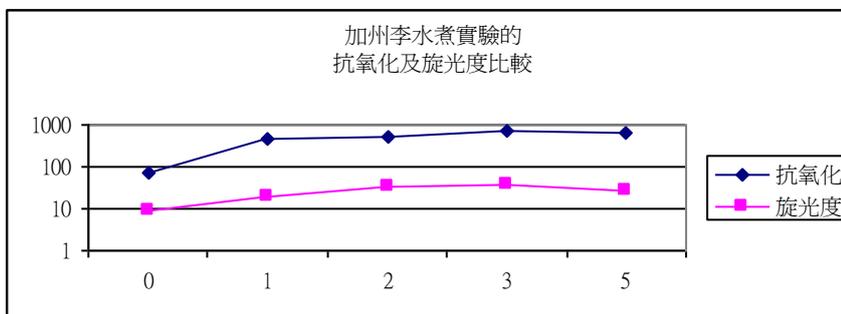
- ①水果熱處理後在旋光度的測量上與【實驗一】的化學方法所測出之抗氧化活性具有相同的趨勢(如下頁圖 4-6~4-8)。因為此兩種方法有一致的變化趨勢，所以可以說明我們成功地開發出一種可以利用旋光度來測定抗氧化活性的新方法。
- ②水果內是否具有旋光度與抗氧化活性不一致的成分(旋光度大，但抗氧化活性小；或是抗氧化活性大，但旋光度小)？經由我們查文獻後的結果發現：
  - a. 醣類是「旋光度大，但沒有抗氧化活性」的物質。  
我們繼續做了四種水果在三種加熱過程的糖度變化。結果發現在加熱的前幾分鐘，糖度並不會有太大的變化。所以，上述旋光度的變化主要不是醣類造成的。
  - b. 由四種水果所含的主要成份找不到「抗氧化活性大，但旋光度小」的物質。  
四種水果所含的抗氧化物質主要成份是維生素 C、維生素 E、類胡蘿蔔素、酚類化合物(酚酸類、類黃酮…)、天然色素(花青素、茄紅素…) …等。
- ③我們未來打算將此方法應用於研究更多的水果，希望可以建立更多水果之抗氧化活性與旋光度間的關係。如此一來，我們就可以歸納出有哪些水果是可以利用旋光度來說明抗氧化活性，而又有那些水果利用旋光度來說明抗氧化活性會有不小的誤差。

## 實驗四的附錄圖：

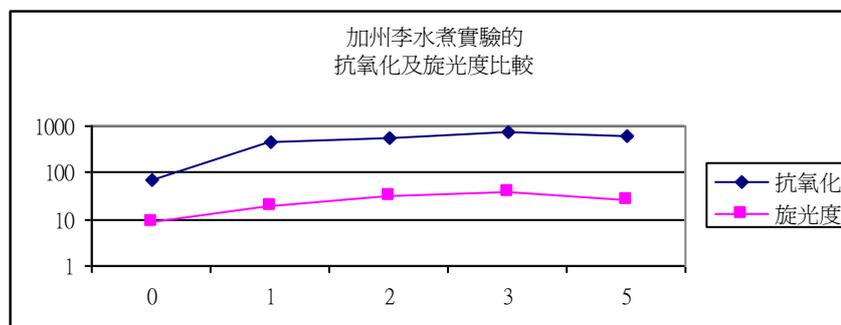
「抗氧化活性」與「旋光度」的趨勢比較圖 (以加州李為例)：



(圖 4-6)



(圖 4-7)



(圖 4-8)

## 【實驗五】模擬胃液的溫度與 pH 值，探討水果在胃部消化過程中旋光度隨時間變化的情形

### (一) 實驗設計：

將蕃茄、火龍果、奇異果及加州李子經由水煮熟處理後，放入 pH=2 的鹽酸溶液中，並維持鹽酸溶液為 37°C 恆溫，以模擬水果在人體胃部的環境，並分別在 HCl 溶液中停留 20、40、60、80 分鐘，測得水果在胃部停留時間與旋光度的趨勢，以了解水果抗氧化活性的增減。

### (二) 樣品製備：

1. 模擬 pH=2 的鹽酸胃液，人體體溫 37°C。
2. 食物在小腸吸收前必經胃部，停留大約 90 分鐘。

### (三) 實驗步驟：

#### 1. 樣品製備

- ① 配製 0.01M 的 HCl 溶液，加熱至 37°C 並維持定溫。
- ② 根據實驗三的實驗結果，挑選各水果經由水煮後有最佳抗氧化效力的時間，以此作為各水果的熱處理時間。
- ③ 量取 30 毫升經由熱處理過後的果汁溶液。
- ④ 在模擬胃中環境的定溫槽中，加入 30 毫升的 0.01M HCl 並開始計時。
- ⑤ 讓水果分別在 HCl 溶液中停留 20、40、60、80 分鐘反應。

#### 2. 樣品萃取

- ① 將處理後的溶液裝入離心管中，以每分鐘 6000 轉，離心 10 分鐘。
- ② 取上層澄清溶液，用針筒及過濾膜過濾，取得待測溶液。

#### 3. 測定方法：儀器歸零→放入待測溶液→打開開關→分析數據

(每個值測三次，取其平均值後製表)

### (四) 結果與討論

#### 一、奇異果

(表 5-1)

熱處理方法 \ 加熱時間 (分)	0	20	40	60	80
新鮮水果	8.1	4.1	3.6	3.2	2.9
水煮 2 分鐘	9.3	4.5	3.8	3.4	3.1

PS 水煮熟處理實驗中，取其抗氧化性最好的時間來做為熱處理時間。

#### 二、火龍果

(表 5-2)

熱處理方法 \ 加熱時間 (分)	0	20	40	60	80
新鮮水果	5.8	3.8	3.5	1.8	1.4
水煮三分鐘	4.4	3.1	2.8	1.5	1.4

### 三、聖女蕃茄

(表 5-3)

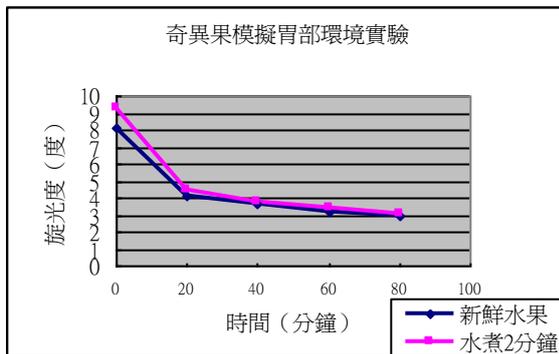
熱處理方法 \ 加熱時間 (分)	0	20	40	60	80
新鮮水果	6.7	2.4	1.6	1.2	0.9
水煮 2 分鐘	6	2.2	1.3	1.1	0.8

### 四、加州李子

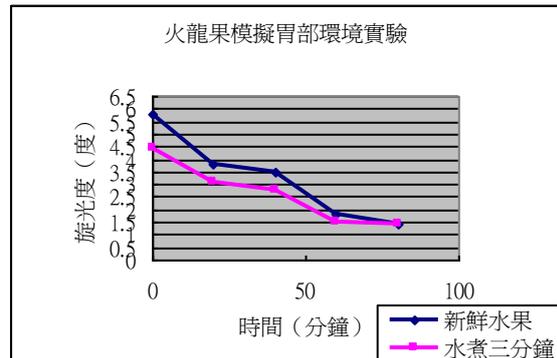
(表 5-4)

熱處理方法 \ 加熱時間 (分)	0	20	40	60	80
新鮮水果	9.2	5.6	4.3	3.2	2.1
水煮三分鐘	38.6	10.2	8.3	3.1	2.3

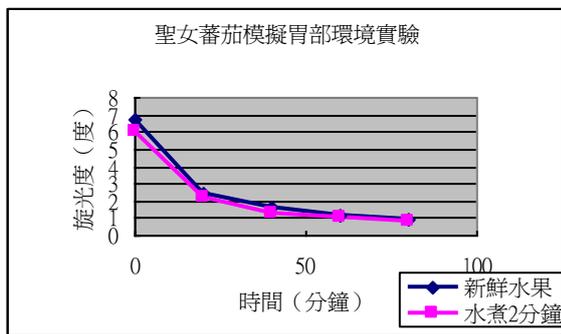
(圖 5-1)



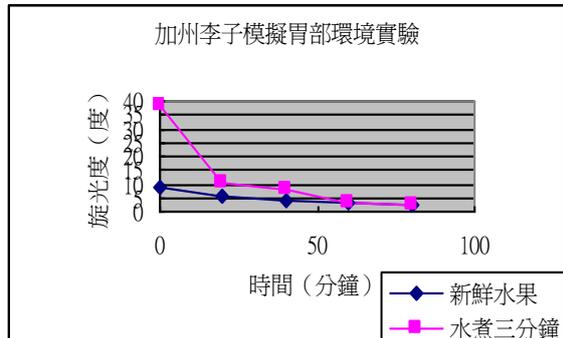
(圖 5-2)



(圖 5-3)



(圖 5-4)



### 討論：

- ①水果在模擬胃中環境的實驗中旋光度會快降下降，旋轉角度很小，但在一小時後旋光度的變化趨於穩定。
- ②我們初步推測，胃中環境在消化過程會破壞掉大部份的抗氧化物質。

## 【實驗六】利用自製旋光度計對蜂蜜進行分析

- (一) 實驗目的：(1) 利用簡單的化學方法配合自製旋光度計定量蜂蜜中所含的大部分醣類。(2) 利用實驗結果和數學回歸分析方法找出一種簡單分辨真假蜂蜜的方法。
- (二) 實驗原理：(1)：採用半透膜滲析法將醣類分離，用硫酸一酚法測定總糖的含量，再測定蜂蜜水解前後的旋光度，通過數學計算分別得到蔗糖、葡萄糖和果糖的含量。(2) 利用蜂蜜中所含的主要醣類(葡萄糖、果糖、蔗糖)比例不同則會有不同的旋光度，運用數學建立回歸方程式，提供分辨真假蜂蜜的一個方法。
- (三) 實驗藥品及儀器：  
1.自製數位旋光度計 2.恆溫槽 3.分光光度計 4.半透膜  
5.四種直接來自產地的蜂蜜以及各類分析藥品。
- (四) 實驗方法：

### Part One

- (1) 利用半透膜分離蜂蜜中的小分子醣類和大分子多醣及花粉粒(大約8小時達到平衡)
- (2) 利用酵素方法定量葡萄糖濃度做出校正曲線，在測定半透膜分離出的小分子醣類總量，得到總糖量  $G = \alpha + \beta + \gamma$ 。(α：葡萄糖 β：果糖 γ：蔗糖) ----- 【1】
- (3) 利用旋光度有加成性的特點，查表得知：蔗糖  $[\alpha]_D^{20} = 66.6^\circ$   
葡萄糖  $[\alpha]_D^{20} = 52.5$  果糖  $[\alpha]_D^{20} = -91.9$  分析半透膜分離出的小分子醣類析液測出其總旋光度  $\alpha_1 = 52.5\alpha - 91.9\beta + 66.6\gamma$  ----- 【2】
- (4) 取滲析液 100mL，加入6M的HCl 50mL，放置4~6小時當旋光度不變時測定其總旋光度 (ps.此時蔗糖已水解成葡萄糖和果糖)  
 $\alpha_2 = 52.5(\alpha + \gamma) - 91.9(\beta + \gamma)$ 。----- 【3】
- (5) 用三條方程式即可解出α、β、γ。

### Part Two

- (1) 選用龍眼蜜、荔枝蜜、蔓澤蘭蜜、油菜花蜜製成10%的純蜂蜜樣品，將葡萄糖、果糖、蔗糖、轉化糖分別以5%、10%、15%、20%、25%、30%的濃度摻入純蜂蜜樣品中，配製成20種樣品。
- (2) 取一種樣品100mL，加入約5 mL得醋酸鉛，使蜂蜜樣品中的花粉粒和蛋白質分子沉澱後，再加入30%的氨水使容易的pH值維持在7.5~8，再將樣品靜置在20°C的恆溫槽中3~4小時後，測定其旋光度。
- (3) 將四種純蜜樣和 20 種樣品分別測出其旋光度，再以樣品旋光度為 X，加入糖類濃度為 Y 作出回歸取線，方便分辨蜂蜜的純度。

(五) 實驗結果：

	純蜂蜜旋光度	水解後旋光度	含糖總量	蔗糖%	葡萄糖%	果糖%
龍眼蜜	-2.20	-3.66	65.8%	1.37%	38.84%	25.69%
荔枝蜜	-4.28	-5.88	67.4%	1.51%	38.94%	26.95%

	純蜂蜜旋光度	加入醋酸鉛後	t 值	誤差
龍眼蜜	-1.48 ± 0.03	-1.46 ± 0.06	0.580 < t <sub>0.05</sub>	忽略
荔枝蜜	-1.30 ± 0.03	-1.29 ± 0.07	0.6113 < t <sub>0.05</sub>	忽略
蔓澤蘭蜜	+0.88 ± 0.03	+0.87 ± 0.03	0.3841 < t <sub>0.05</sub>	忽略
油菜花蜜	-0.89 ± 0.45	-0.88 ± 0.34	0.3093 < t <sub>0.05</sub>	忽略

	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
龍眼蜜	-1.48	-0.56	-0.22	+0.45	+1.26	+1.98	+2.72
荔枝蜜	-1.29	-0.67	+0.01	+0.63	+1.34	+1.61	+3.04
蔓澤蘭蜜	+0.88	+1.79	+2.20	+2.69	+3.49	+4.00	+4.48
油菜花蜜	-0.89	-0.34	+0.30	+0.96	+1.87	+2.65	+3.20

	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
龍眼蜜	-1.48	-1.13	-0.72	-0.12	+0.07	+0.73	+0.92
荔枝蜜	-1.29	-0.85	-0.51	-0.10	+0.33	+0.82	+1.09
蔓澤蘭蜜	+0.88	+1.09	+1.59	+1.90	+2.22	+2.48	+2.80
油菜花蜜	-0.89	-0.60	-0.20	+0.11	+0.51	+0.95	+1.35

	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
龍眼蜜	-1.48	-1.69	-1.92	-2.19	-2.39	-2.54	-2.97
荔枝蜜	-1.29	-2.02	-2.13	-2.55	-3.10	-3.56	-3.88
蔓澤蘭蜜	+0.88	+0.13	-0.30	-8.56	-1.69	-2.03	-2.91
油菜花蜜	-0.89	-1.34	-1.60	-2.00	-2.53	-3.14	-3.74

	加入葡萄糖		加入蔗糖		加入果糖	
	回歸方程	S <sub>y/x</sub>	回歸方程	S <sub>y/x</sub>	回歸方程	S <sub>y/x</sub>
龍眼蜜	Y=7.353X+10.57	0.978	Y=11.82X+18.01	5.21	Y=21.277X+31.19	0.066

荔枝蜜	$Y=7.752X+9.512$	0.133	$Y=11.876X+16.128$	0.894	$Y=12.22X+17.579$	3.863
椴蜂蜜	$Y=8.850X-10.04$	0.09	$Y=17.24X-17.121$	3.16	$Y=8.621X+6.302$	-1.28
油菜蜂蜜	$Y=7.246X+1.130$	0.978	$Y=12.853X+17.00$	0.036	$Y=10.73X-8.391$	1.30

#### (六) 實驗討論：

1. 蜜樣pH及測定溫度均會影響測定值的準確性。因此，測定過程中應控制pH7.5-8.0,溫度20°C,以減小誤差。
2. 在樣品處理時，使用醋酸鉛作為澄清劑，可有效地沉澱蜜樣中的蛋白質等大分子物質，使樣液清澈透明。
3. 為尋找摻入糖類濃度與蜂蜜旋光度值之間的關係，對以上資料經過數學統計後發現，當摻入不同醣類時，蜂蜜中摻入濃度與其旋光值之間存在線性關係，經過回歸處理得出如下回歸方程式: $Y=AX+B$ 結果見表7-6，其中X表示所測樣品的旋光度值，Y表示與旋光度值相對應的醣類的摻入濃度， $S_{y/x}$ 代表此法通過測定樣品旋光度來預計摻入醣類的百分含量時的標準誤差。
4. 由以上回歸方程可得知，蜂蜜的旋光度與摻入醣類濃度之間存在明顯的線性關係，隨著摻入葡萄糖和蔗糖量的增加，回歸直線的斜率為正值，即蜂蜜的旋光度向右旋逐漸變化;摻入果糖和轉化糖後，隨著摻入量的增加，回歸直線的斜率為負值，即蜂蜜的旋光度向左旋逐漸變化。各種蜂蜜摻入醣類後其旋光度的變化幅度也不盡相同。同時，根據以上的回歸方程式，可通過測定蜜樣的旋光度判斷蜂蜜中是否摻入醣類物質，並可估計其摻入的濃度範圍(0%-30%)。

#### (七) 實驗小結：

1. 由以上分析知，蜂蜜中摻入不同醣類後。其旋光度均會發生改變，並隨摻糖濃度的不同而呈有規律的變化趨勢，摻入葡萄糖、蔗糖的蜂蜜，隨著摻糖量的增加，其旋光度向右旋變化，摻入果糖後，其變化趨勢相反。
2. 對於摻入不同濃度的醣類，可以根據已建立的回歸方程式，通過對其旋光度的測定，判定蜂蜜的真偽以及摻假的濃度。
3. 本研究繼續在收集更多的蜜樣，期望可以建立更多真假蜂蜜的資料庫，同時可以開發一個可以更快檢驗出蜂蜜真偽的方法。

## 陸、研究結果與討論

### 一、[實驗一]

1. 在實驗一中發現某些水果一開始加熱時，抗氧化活性都有下降的趨勢，而後才逐漸上升，推斷可能因為加熱會破壞水果內的抗氧化成分。之後抗氧化活性逐漸上升，則可能是因為加熱產生了新的抗氧化物。
2. 在實驗一中觀察到奇異果、火龍果與加州李在熱處理初期抗氧化活性都有增加趨勢，但隨著時間增長則抗氧化活性降低。為得到較佳抗氧化效果，火龍果宜用微波處理，而奇異果與聖女蕃茄則用油浴較佳，加州李子則適用任何熱處理方式。
3. 奇異果的抗氧化活性，以油浴三分鐘表現最佳，熱處理過程中一度使抗氧化活性降低，但是加熱至五分鐘後抗氧化活性卻比新鮮水果來的高，此表現甚為特殊。
4. 火龍果的抗氧化活性微波加熱以三分鐘為最佳，但此水果非常特殊，新鮮紅肉火龍果可

以說幾乎偵測不到抗氧化活性，但經過熱處理後則會有明顯的增加，所以若要火龍果有抗氧化活性，可能需要經過熱加工處理才可。

5. 聖女蕃茄的抗氧化活性以油浴三分鐘為最佳。

## 二、[實驗二]

1. 本組推測旋光度會受到待測物之濃度、光程、溫度及偵測光波長等因素影響。理論上，若待測物是不具旋光性的物質，光的波長是不會影響光的行進方向，但如果待測物具旋光性，則不同波長的光會受到旋光性物質的影響，而會有不同的偏向角，而且旋光度與波長成反比。
2. 歸納自製儀器本身有以下的一些優點：
  - (1) 使用材料裝置簡單、便宜、易取得。
  - (2) 實驗裝置如光度計、水波槽支架均為學校原有之設備，不需精細製作即可使用。
  - (3) 操作容易，所得數據精確。
  - (4) 根據原理自行創意組裝，具有原創性。

## 三、[實驗三]

1. 由測量所得的數據穩定，可證明此儀器的可靠性及穩定性。
2. 醣類及維生素C的旋光角度與濃度均成正比關係(表3-4)，而且除了果糖為左旋之外，葡萄糖、維生素C均為右旋。
3. 可由儀器測得的旋光角度，推算出比旋光度，再對照表3-4的數值，即可得知某未知糖溶液中所含的醣種類或相對於維生素C的含量。也可再經由公式算出此糖溶液及維生素C在標準鈉光源測量下，所得的偏轉角度及比旋光度值。

## 四、[實驗四] 中以物理方式測量，再以 [實驗一] 的化學方法比較後，我們發現：

1. 奇異果的旋光度初期有增加趨勢，但隨時間增加而降低，而且以油浴處理的效果最佳。
2. 火龍果的旋光度以微波處理較佳。
3. 聖女蕃茄的旋光度以三至五分鐘為最佳與實驗四的最佳時間相似，以微波最佳。
4. 加州李子的旋光度初期有增加趨勢，至第三秒為最佳，之後便開始降低。
5. 蕃茄、奇異果、加州李子和實驗一和實驗四的趨勢線有很高的一致性。

## 五、[實驗五]

1. 應用本方法進一步模擬水果在胃部裡的消化，讓我們更可以了解在整個消化的過程中抗氧化活性(旋光度)隨時間變化的情形。
2. 水果在模擬胃部環境的實驗中，旋光度會快速下降，且旋轉角度很小，但在一小時後旋光度的變化趨於穩定。
3. 我們推測，在消化過程中水果內所含的抗氧化物質大部份會被胃酸破壞。

## 六、[實驗六]

1. 由結果分析知，蜂蜜中摻入不同醣類後。其旋光度均會發生改變，並隨摻糖濃度的不同而呈有規律的變化趨勢，摻入葡萄糖、蔗糖的蜂蜜，隨著摻糖量的增加，其旋光度向右旋變化，摻入果糖後，其變化趨勢相反。
2. 對於摻入不同濃度的醣類，可以根據已建立的回歸方程式，通過對其旋光度的測定，判定蜂蜜的真偽以及摻假的濃度。
3. 本研究繼續在收集更多的蜜樣，期望可以建立更多真假蜂蜜的資料庫，同時可以開發一個可以更快檢驗出蜂蜜真偽的方法。

## 柒、結論

經過這次的實驗，我們不僅獲得許多重要的實驗結論，實驗操作技巧更臻純熟，撰寫報告的邏輯也更加清晰，同時養成了我們許多正確的實驗態度。

- 一、自行製作的旋光度計，雖然經過了多次改良修正，但我們不僅節省了需要購買昂貴旋光度計的經費，也得到了合乎水準的數據。
- 二、本實驗證明了水果中抗氧化活性與旋光度有正向關係，也讓我們了解，其實科學研究不一定需要昂貴的儀器，自己動腦思考，也可以解決所遭遇的難題。
- 三、我們經由實驗與探索的過程，學到了做科學研究的方法及動腦思考的樂趣。
- 四、本實驗將進一步對於加熱處理對其他水果抗氧化效果做更深入的研究探討。
- 五、抗氧化活性和旋光度在我們所研究的四種水果中有一致的趨勢，故具有旋光性物質可利用本儀器來測定其抗氧化成份的差異，建立更多物質抗氧化活性與旋光度關係的資本資料。
- 六、未來應用：由於茶類也具有旋光性，因此希望能將此儀器延伸至茶類品質好壞的測定。

## 捌、參考資料及其他

1. 網路資料。關鍵字：旋光性  
[www.lstc.net/huansx/jxgz/cai/shengwu/yangyaojun/01.ppt](http://www.lstc.net/huansx/jxgz/cai/shengwu/yangyaojun/01.ppt)
2. 陳竹亭教授(民95)。高級中學物質科學化學篇下冊。台北縣：泰宇文化事業公司。
3. 葉開溫教授(民95)。高級中學生命科學下冊。台北縣：泰宇文化事業公司。
4. M. B. Arnao, A. Cano, J. Hernandez-Ruiz, F. Garcia-canovans and M. Acosta (1996) : Inhibition by L-ascorbic acid and other antioxidants of the 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) oxidation catalyzed by peroxidase: a new approach for determining total antioxidant status of foods. Anal. Biochem, 236,: 255-261.
5. Guohua Cao, Emin Sofic and Ronald L. Prior (1996) : Antioxidant capacity of tea and common vegetables : J. Agric. Food. Chem, 44, 3426-3431.
6. 陳如茵，吳家駒，蔡美珠，錢明賽(民89)。貯藏及熱加工對蕃茄抗氧化之影響。Taiwanese Journal of Agricultural Chemistry and Food Science，38(4)，353-360。
7. 趙克然、楊毅軍、曹道俊。氧自由基與臨床。台北市：合記圖書出版社。
8. 劉伯康、陳惠英、嚴國欽(民88)。數種傳統食用植物甲醇萃取物抗氧化性之研究。中國農業化學會誌，37(1)，105-116。
9. 翁瑞光、顏國欽(民86)。綠豆芽、黃豆芽及蘿蔔抗氧化性之研究。中國農業化學會誌，35(6)，661-670。
10. 陳俊成(民90)。蕃茄中之蕃茄紅素。食品資訊，181，62-67。
11. 羅珮文(民89)。台灣數種特有水果抗氧化活性及清除自由基能力之評估。私立輔仁大學化學系碩士論文，台北縣。

**【評語】** 040807 水果抗氧化的「旋」機

此作品以自製旋光度計，廣泛測量日常生活中常見物品的抗氧化劑相對含量，提供一個快速的檢驗方法，且作品中佐以化學分析支持旋光度與抗氧化劑的關係具有說服力，唯實驗的假設宜更小心，數據的定量宜更精確，才能使作品更完整。