

# 屏東縣第 60 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：「檸」真厲害-檸檬抗氧化力之研究

關 鍵 詞：檸檬、抗氧化

編號：

## 摘要

本實驗以間接碘滴定法，先從不同柑橘類水果進行探討，確認檸檬具有絕佳的抗氧化力，接著對檸檬進行不同濃度、不同飲用溫度、放置於不同材質容器與不同儲存溫度的實驗比較。然後走訪檸檬園，進一步認識檸檬的特徵，並探討檸檬樹的花、枝、葉與檸檬的皮、果肉等不同部位的抗氧化能力。研究結果顯示檸檬汁濃度越高，抗氧化效果越好。飲用溫度在 20°C 至 40°C 的常溫下，抗氧化能力最佳。將檸檬汁以玻璃杯盛裝較不會影響其抗氧化力，然而，隨著放置的時間越長，抗氧化成效也會下降。未能立即飲用的檸檬汁，可以冷凍方式來保存，維持其抗氧化力。檸檬樹各部位的抗氧化效果，以檸檬葉、檸檬皮與檸檬籽較佳。

綜合以上研究發現，要喝檸檬汁時，可以連皮與籽一起放入榨汁，並於榨汁後於常溫立即飲用，抗氧化效果最佳。盛裝的容器建議用玻璃杯，若要長時間保存，則以冷凍方式為佳，可以讓檸檬中的抗氧化物質保留完整，發揮其保健功效。

## 壹、研究動機

每次跟家人去餐廳用餐時，服務生總會倒杯檸檬水給我們，檸檬片在水中緩緩的舞動，酸甜的香氣聞起來清香怡人，大熱天裡喝一口，真讓人暑意全消。此時，電視新聞畫面正播放「屏東檸檬銷量創新高 數量可疊近萬座 101 大樓」的新聞，吸引我的注意，也想起曾聽阿嬤說屏東是檸檬的故鄉，不僅台灣內銷市場佔有一席之地，外銷量也是逐年增加，愛漂亮的姊姊，也常說她都以檸檬水來維持健康與美麗呢！在老師的指導下，我們開始搜尋相關資料，原來檸檬屬於芸香科柑橘屬，含大量維生素 C，可以增強免疫細胞的活性，具有抗氧化的功效，而許多科學研究發現，人類衰老或其它疾病都與細胞氧化有關，而抗氧化正可以有效減緩這些的危害的產生，這讓我們對檸檬更加好奇了，原來在地屏東特產檸檬是這麼優質的水果，本次研究的重點主要探討檸檬抗氧化的部分，希望透過實驗讓我們對它有更進一步的認識，一探檸檬受歡迎的祕密。

## 貳、研究目的

- 一、探討不同柑橘類水果的抗氧化情形。
- 二、比較不同濃度檸檬的抗氧化情形。
- 三、比較不同飲用溫度對檸檬汁抗氧化的影響。
- 四、探討檸檬汁置於不同材質的容器其抗氧化的情形。
- 五、探討不同儲存溫度對檸檬汁抗氧化的影響。
- 六、探討檸檬樹不同部位的抗氧化情形。

## 參、研究設備及器材

### 一、研究器材：

			
電子秤	酒精燈、架 陶瓷纖維網	溫度計	滴管
			
果汁調理機	攪拌棒	量筒	燒杯
			
濾勺	手動榨汁機	自製恆溫槽	電磁爐

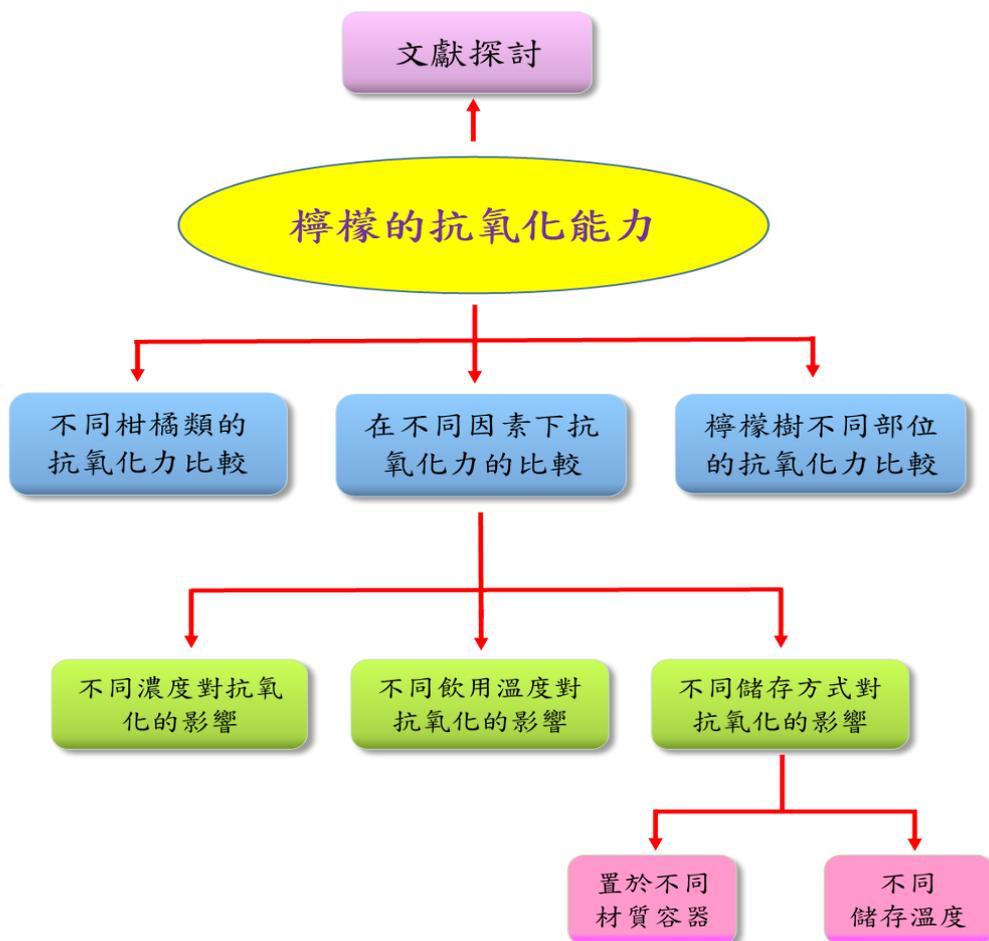
### 二、實驗藥品及材料：

			
玉米粉	碘液	不同柑橘類水果	食鹽



## 肆、研究過程與方法

### 一、研究架構

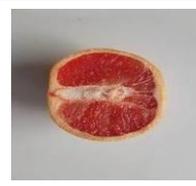


## 二、資料蒐集與文獻探討

### (一)不同柑橘類水果的比較

為了瞭解不同柑橘類水果的差異，我們實際拿取五種不同柑橘類水果，進行仔細的觀察，並整理成表一。

表一 不同柑橘類水果觀察表

名稱 項目	檸檬	橘子	柳橙	金桔	葡萄柚
外觀					
形狀	卵球形	球形	球形	卵球形	球形
外果皮 觀察	表面有類似毛孔大小的小凹洞，外果皮為綠色，有很香的檸檬味，果頂部有乳頭狀突出。	表面有類似毛孔大小的小凹洞，外果皮為黃綠色，有橘子氣味。	兩端有黑色小斑點，外果皮為黃綠色，接近黃色，味道較淡。	外果皮較光滑，為黃綠色，味道較淡。	外果皮為橘色，味道較淡。
剖面					
內果皮 觀察	內果皮白色，海綿狀，無味	內果皮白色，海綿狀，無味	內果皮白色，海綿狀，無味	內果皮白色，海綿狀，無味	內果皮白色，海綿狀，無味
果皮 厚度	約 0.3 公分	約 0.4 公分	約 0.2 公分	約 0.1 公分	約 0.5 公分
剖面 大小	長約 7 公分 寬約 5.5 公分	長約 6.5 公分 寬約 7.5 公分	長約 5 公分 寬約 6 公分	長約 2 公分 寬約 3 公分	長約 6.5 公分 寬約 7.5 公分
果肉 外觀	黃綠色，透明	橘色，外層包覆許多白色的橘絡	黃色	黃色	橘紅色
果肉 瓣數	約 8 瓣	約 10 瓣	約 9 瓣	約 5 瓣	約 10 瓣
種籽 數量	約 6 顆	約 15 顆	約 8 顆	約 2~3 顆	約 18 顆

## (二)認識檸檬樹

台灣檸檬的種植面積及產量以屏東居冠，為了認識檸檬，了解檸檬的生長，我們前往屏東縣新埤鄉的檸檬農場，進行實地訪查。經過農場經理的導覽介紹及我們蒐集的相關資訊，我們將資料整理如下(以下資料取自老實農場、永大食品生技股份有限公司)：

1. 台灣檸檬產地:種植面積有 86%分布在台灣高雄、屏東兩縣市，主要在屏東縣九如鄉、高樹鄉、鹽埔鄉、里港鄉、竹田鄉，高雄市旗山區、美濃區等地，其他縣市則是零星種植，產地以屏東居冠。
2. 檸檬種類：我們依台灣常見的檸檬品種分成 5 類，如表二。

表二 檸檬品種分類表

品種	優利卡	萊姆	梅爾	香檬	台灣香檬
別稱	四季檸檬	無籽檸檬	黃金檸檬	香水檸檬	扁實檸檬
圖片 (取自網路)					
籽	有籽	無籽	有籽	無籽	有籽
果形	果形橢圓	果形較圓	果形橢圓	果形長橢圓形，較大	果形橢圓，較扁
果皮外觀	果皮粗厚，果頂有突起	果皮滑且薄	果皮光滑	果皮厚	果皮粗糙
果肉顏色	黃綠色	淺黃綠色	黃色	淺黃白色	橙黃色
特點	台灣栽種總面積約 1700 公頃，年產量約 2 萬噸，產地多分布於中南部屏東，整年都可開花結果，外型比其他種檸檬小	多汁，一年四季結果，比一般檸檬圓滑	皮薄多汁，綠皮時採收其口感與四季檸檬類似，但在全成熟時皮轉黃且口感會稍變甜	果汁不多，味酸，但酸度不及無籽檸檬，台灣零星栽培	屏東特產，是台灣原生種植物，俗稱「山桔子」，狀似金桔，但果實較金桔大

3. 檸檬樹：檸檬樹屬於芸香科，柑橘亞科，柑橘屬，多年生常綠植物，樹高約 2~3 公尺，果農們會用繩子將樹枝拉低綁著，避免果樹長太高，以方便採收。



為方便採收，果農將檸檬樹樹枝用繩子拉低綁著

4. 檸檬枝：檸檬樹的枝幹較粗的部分為褐色，較細的部分為綠色，摸起來粗糙，表面有刺。
5. 檸檬葉：葉尖卵形或菱形、厚度較厚、顏色呈綠色、葉柄短，為網狀脈，聞起來有淡淡的檸檬味。
6. 檸檬花：由花萼、花瓣、雌蕊、雄蕊所組成，屬於完全花。花瓣共 5 瓣，未開花時花苞是粉紅色，開花後花瓣呈現白色，雄蕊上的花粉是黃色，聞起來有淡淡的花香和檸檬香。
7. 檸檬籽：寬度約 0.4 公分，一端尖尖的，含有檸檬苦素和多種維生素，其中的檸檬苦素能抑制肝癌、腸癌、口腔癌和皮膚癌等疾病。檸檬籽裡還含有很多有助於美容的營養物質，尤其是青檸檬的籽，可以曬乾後磨成粉食用。





檸檬可促進皮膚新陳代謝、延緩衰老、抑制色素沉澱、幫助肝腎解毒以及有降血壓的功效，檸檬中含有維生素B1、B2，維生素C等多種營養成分，還含有豐富的有機酸、檸檬酸，具有很強的抗氧化作用。它同時也是聯合國公布的十大抗氧化水果之一。

### (三)一般檸檬常見的疾病與蟲害

檸檬會因生長環境等因素造成病害，也會受到蟲類的侵害，進而影響其生長，我們將資料整理如表三及表四。

表三 檸檬得病的病名

病名	黃龍病	瘡痂病	銹痺病	潰瘍病
症狀	危害後植株黃化且樹勢衰弱	果皮組織壞死，呈現癬皮狀剝落	果皮呈現銀灰色，嚴重時表皮細胞裂開翻起脫落	病原細菌存活於樹枝上，葉部病斑、地面落葉

表四 檸檬的害蟲

名稱	薊馬	天牛	角肩椿象	潛葉蛾
症狀	果實長大時會出現粗糙之龜裂疤痕	成蟲在鑽洞樹頭產卵，幼蟲啃食木質部，造成植株枯死	被害果時常尚未成熟，而提早落果	多數潛食至葉片邊緣，將葉緣捲起，影響枝條發育



#### (四)有關歷屆全國科展「抗氧化」主題之文獻探討

與抗氧化主題相關的歷屆科展作品中，大多以蔬菜、沖泡類飲品或穀物為主要研究對象。研究發現濃度、溫度及部位的不同，都會影響其抗氧化力。

表五 歷屆全國科展「抗氧化」主題相關文獻

參展屆數	題目名稱	抗氧化研究主題	研究結果
50	我是「地」一名-地瓜葉抗氧化力之探討	地瓜葉	加熱和放置時間是影響地瓜葉抗氧化力的重要因素。烹煮時所用的調味料也會降低地瓜葉的抗氧化力，以酸性物質如醋和米霖影響較大。地瓜葉的葉子部位抗氧化力最佳。
51	你「蒜」哪根「蔥」-蔥蒜抗氧化力之探討	蒜、蔥	在蔥的部分，以蔥頭的抗氧化力比蔥綠、蔥白為佳；蒜的部分，蒜綠的抗氧化力比蒜白、蒜尾佳，而蒜頭更是具有比蒜綠好上兩倍的抗氧化力。蔥於低溫下具較佳的抗氧化力，蒜則於常溫下有較好的抗氧化力。米酒添加會提高蔥蒜的抗氧化力。
57	「可」不「可」以抗氧化-可可抗氧化之研究	可可	沖泡可可粉的濃度越高，抗氧化效果越好；以高溫水沖泡可可粉釋放出較多的可可多酚能增加抗氧化力。
58	穀物界紅寶石-紅藜麥抗氧化力之探討	紅藜麥	紅藜麥的抗氧化力比白芝麻、黑芝麻、黑米或燕麥好。紅藜麥在加熱 10 分鐘後，抗氧化力有顯著下降的趨勢。加熱溫度在攝氏 26 度以下時，紅藜麥汁的抗氧化力佳，加熱溫度超過攝氏 60 度，抗氧化力明顯下降。多數的添加物會使紅藜麥的抗氧化力下降，尤其是醋、檸檬汁、米酒、牛奶等添加物。

#### (五)本研究相關名詞解釋

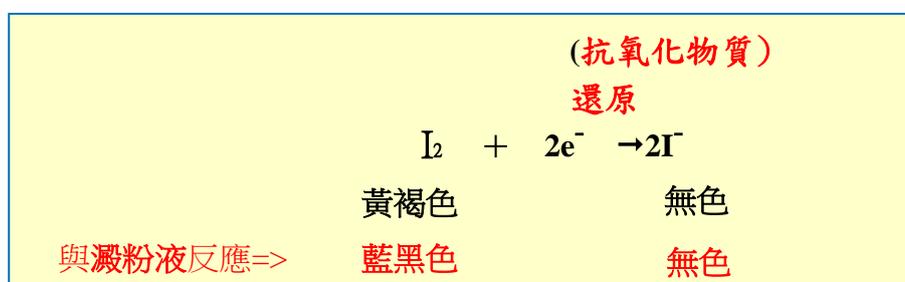
##### 1. 間接碘滴定法：

為常見的氧化還原方法用來測試物質的抗氧化力，將具有抗氧化力的待測氧化性物質，滴入碘液和澱粉指示劑的混合溶液中，碘離子與待測氧化物質會析出碘分子，當到達滴定終點時溶液的顏色會由藍色變成透明。因此本實驗中滴定數越少，則顯示抗氧化力越強；滴定數越多，則抗氧化力越弱。

## 2. 抗氧化：

在我們的身體內隨時發生著一系列的反應，他們不斷地與外界置換能量，就是身體在進行生理代謝。在這代謝的過程中會產生很多廢料，我們通常稱它們為「自由基」。但是當這些「自由基」超過一定的數量時，就會導致細胞損傷，損傷後的細胞功能失常，就會導致健康不佳和活力下降，也會造成對皮膚的傷害、老化等等。而抗氧化就是要延緩身體退化速度，減緩肌膚衰老程度。因此人類既要依賴氧氣又需要避免這類氧化反應與自由基的產生，除了有賴於人體本身形成的抗氧化酵素外，亦可由食物中攝取抗氧化的物質，本組實驗研究對象—檸檬即為一般認為富含抗氧化物質之水果。

### (六)實驗原理



## 三、實驗配置

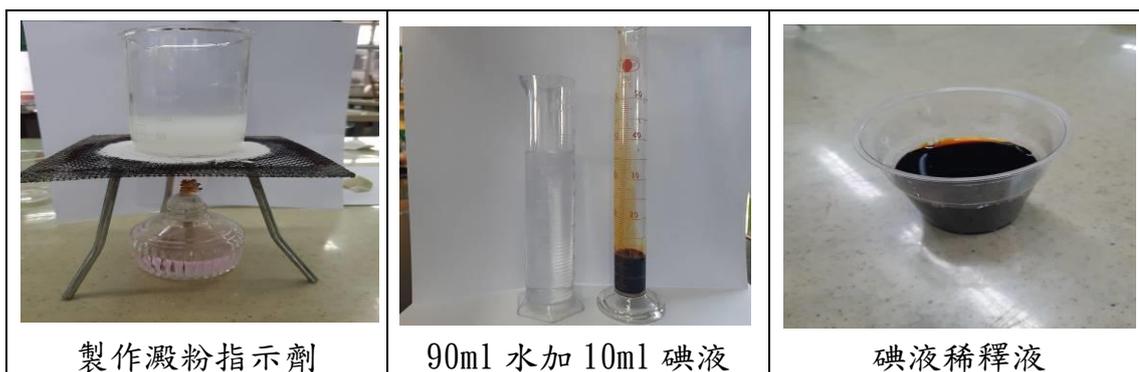
(一)澱粉指示劑：1. 燒杯中放入 100ml 水。

2. 加 2g 的玉米粉到燒杯中，攪拌均勻。

3. 放到陶瓷纖維網上加熱攪拌到沸騰。

4. 靜置冷卻到室溫備用。

(二)碘液稀釋：碘液未稀釋其濃度太高，滴 1 至 2 滴即快速變色而導致實驗誤差，所以需要稀釋。本實驗以 10ml 碘液加入 90ml 的水配製而成。



#### 四、實驗研究

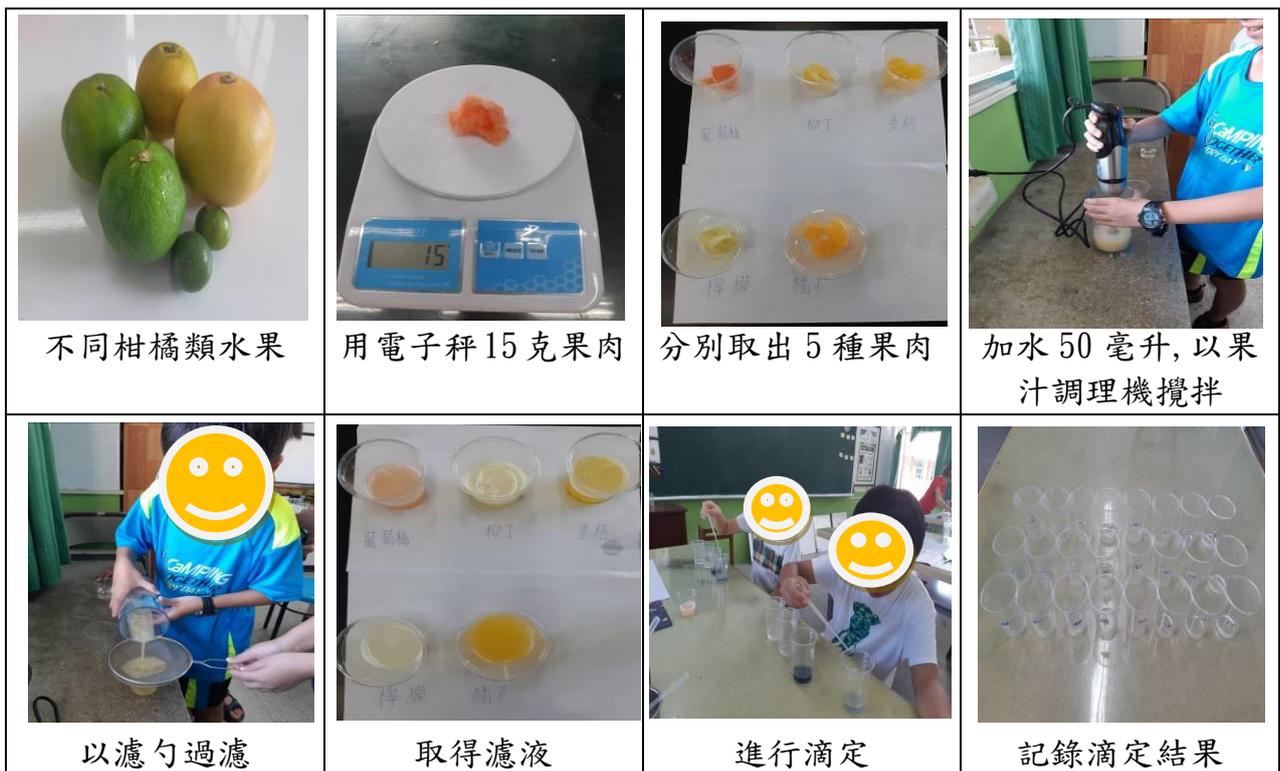
##### 研究問題一：探討不同柑橘類水果的抗氧化力有何差別？

從研究文獻中發現柑橘是全世界產量最豐富的水果，尤其台灣更擁有一些香甜多汁的柑橘品種，柑橘更有養生的功效。它果肉的微酸口感，來自大量檸檬酸及蘋果酸，可以提高熱量代謝、快速消除身體疲勞，其中含有的抗氧化物質如多酚和類黃酮素，不但能抗發炎、抗氧化，還能預防心血管疾病。因此我們選用常見的柑橘類水果：檸檬、金桔、葡萄柚、柳橙、橘子來研究，而由文獻中我們得知屏東主要盛產優利卡(又名四季檸檬)，因此以下實驗均以優利卡檸檬為研究對象，並以實驗一來探討不同柑橘類水果的抗氧化情形。

##### (一) 實驗步驟：

1. 將檸檬、金桔、葡萄柚、柳橙、橘子洗淨，由於這些柑橘類水果一般食用的部位是果肉，因此我們各取等量的果肉 15 克，而為提高不同水果滴定量的差異，再分別加入 50 毫升的蒸餾水，用調理機榨出新鮮果汁，用濾勺過濾，取得濾液。
2. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
3. 取濾液滴定燒杯內的藍色液體，至藍色液體變透明即為滴定終點。
4. 重複上述步驟，每種濾液測定四次 (A. B. C. D) 取平均值。

##### (二) 實驗流程

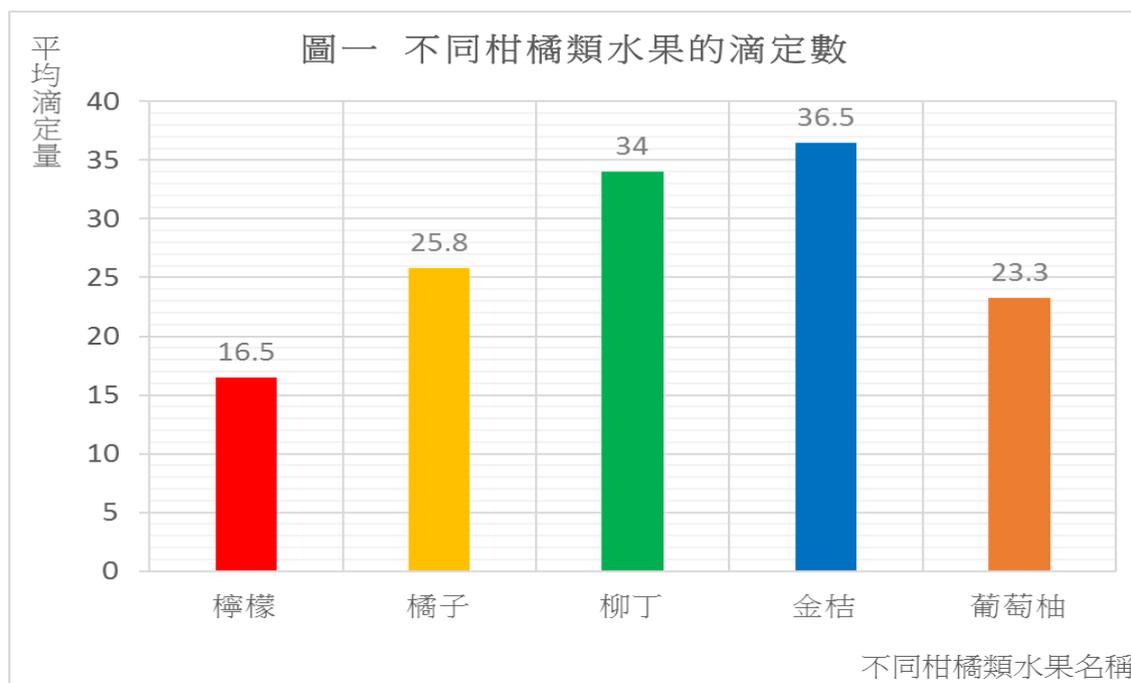


### (三) 實驗結果

不同柑橘類水果的抗氧化力實驗結果如下表：

表六 不同柑橘類的抗氧化之滴定數

名稱	A 滴定量 (滴)	B 滴定量 (滴)	C 滴定量 (滴)	D 滴定量 (滴)	平均滴定量	抗氧化力 排序
檸檬	15	16	15	20	16.5	1
橘子	27	23	25	28	25.8	3
柳丁	37	36	30	33	34.0	4
金桔	40	37	37	35	36.5	5
葡萄柚	21	25	27	20	23.3	2



### (四) 實驗結果討論

從表六可知檸檬平均滴定量為 16.5 滴，是 5 種水果中最少的，而間接碘滴定法中，滴定數越少，顯示抗氧化力越強，所以檸檬的抗氧化力是柑橘類水果中最佳的，其次依序為葡萄柚、橘子、柳丁、金桔。因此以下實驗選定抗氧化力最好的檸檬為主要研究對象。

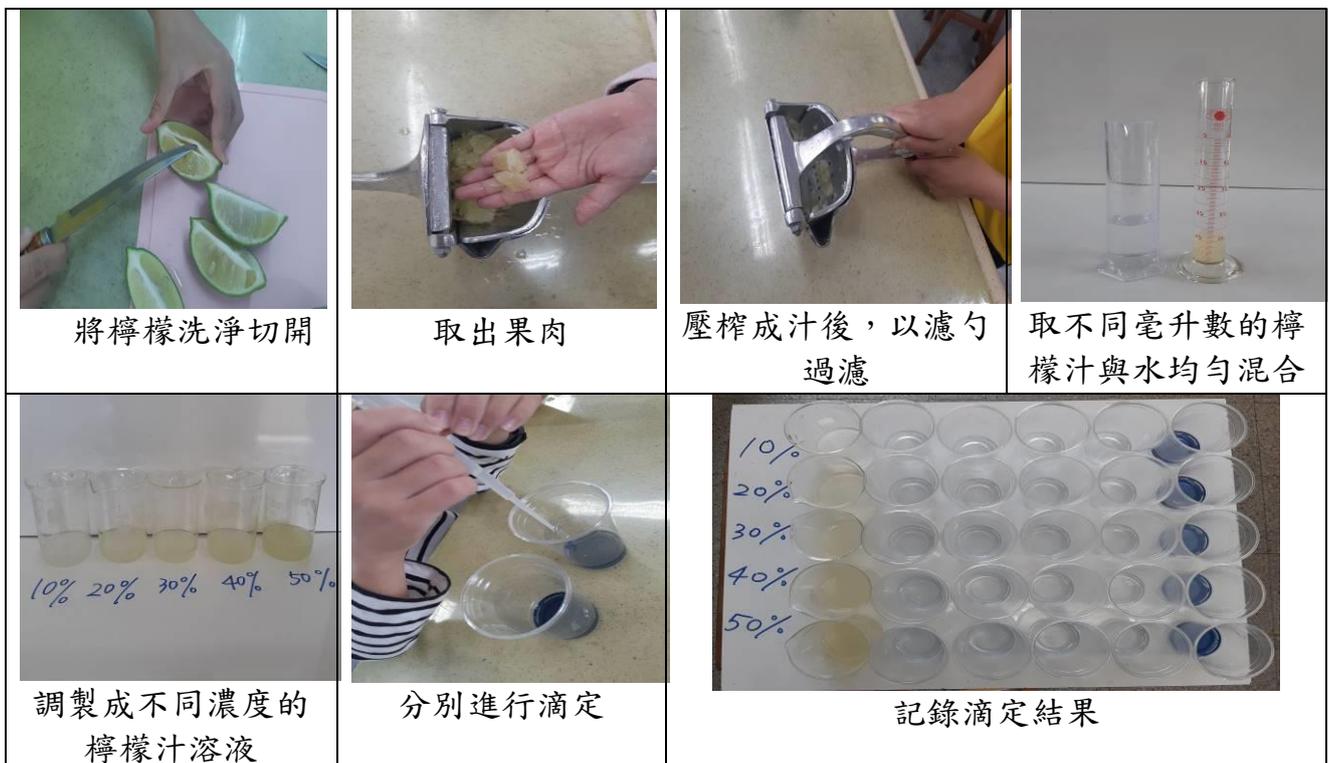
## 研究問題二：探討濃度與檸檬抗氧化之關係

由實驗一得知，檸檬的抗氧化效果是柑橘類水果之中最好的，那平常我們食用的檸檬汁濃度會影響抗氧化效果嗎？不同濃度的檸檬汁抗氧化力會有差別嗎？會不會越濃越好呢？於是我們將檸檬取果肉部分壓榨成汁，以實驗二來探討檸檬汁濃度與抗氧化之關係。

### （一）實驗步驟

1. 將檸檬洗淨，取果肉部分榨成果汁，用濾勺過濾，取得濾液。
2. 分別取 5 毫升、10 毫升、15 毫升、20 毫升、25 毫升的濾液放入燒杯中，加入不同的水量，使總溶液水量達 50 毫升，充分攪拌，使其均勻混合，調出不同濃度的檸檬汁。
3. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
4. 分別取上述五種不同濃度的溶液滴定燒杯內的藍色液體，至藍色液體變透明即為滴定終點。
5. 重複上述步驟，每種濃度測定四次(A、B、C、D)取平均值。

### （二）實驗流程

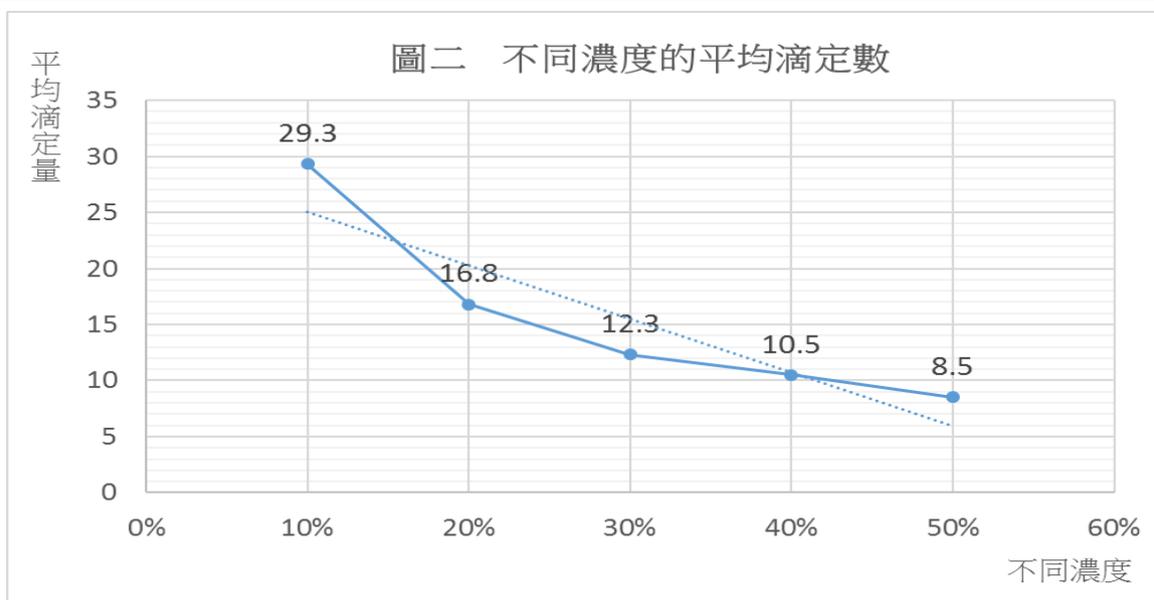


### (三) 實驗結果

檸檬汁濃度與抗氧化之關係的實驗結果如表七：

表七 不同濃度檸檬汁的抗氧化之滴定量

檸檬汁毫升數(ml)	加入水量(ml)	體積百分濃度	A滴定量(滴)	B滴定量(滴)	C滴定量(滴)	D滴定量(滴)	平均滴定量
5	45	10%	29	30	28	30	29.3
10	40	20%	16	16	15	20	16.8
15	35	30%	14	11	10	14	12.3
20	30	40%	11	11	9	11	10.5
25	25	50%	8	8	8	10	8.5



### (四) 實驗結果討論

1. 從表七發現，檸檬汁體積百分濃度為 10% 時，平均滴定量為 29.3，體積百分濃度達 50% 時，平均滴定量降為 8.5，顯示檸檬汁濃度越高，其抗氧化效果越強。
2. 由圖二可知，在體積百分濃度 10% 至 20% 時，抗氧化效果差異幅度最大，平均滴定量相差 12.5，而當檸檬汁濃度越濃，但平均滴定量並不是以等比例下降，在體積濃度達 30% 後，平均滴水量的變化幅度則趨於平緩，抗氧化效果的差異性也逐漸變小。

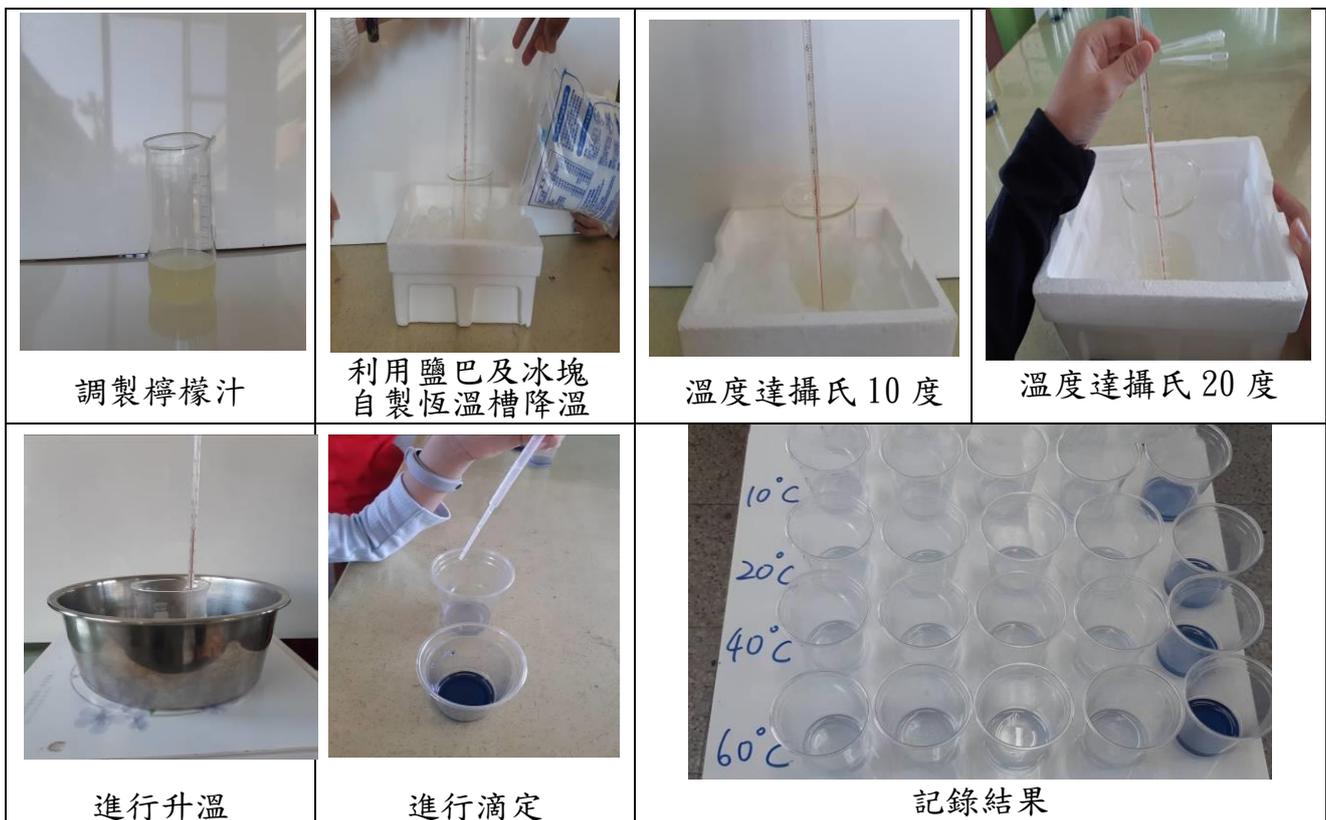
### 研究問題三：不同飲用溫度對檸檬抗氧化力之影響

長輩經常說柑橘茶熱熱的喝對身體很好哦！那檸檬汁呢？若檸檬汁在不同溫度下，其抗氧化力是否會有所不同呢？由實驗二可知，濃度 30%上下的檸檬汁濃度其抗氧化效果差異較小，所以接下來的實驗選用濃度 30%的檸檬汁，來避免些微濃度改變對抗氧化測定所造成的影響。以下就實驗三來探討不同溫度對檸檬抗氧化力之情形。

#### (一) 實驗步驟

1. 將檸檬洗淨，取果肉部分榨成果汁，用濾勺過濾，取得檸檬汁濾液。
2. 將 15ml 的檸檬汁加入 35ml 的蒸餾水，調製成濃度 30%的檸檬汁，共 5 杯。
3. 分別將檸檬汁控制溫度至攝氏 10 度、20 度、40 度、60 度、80 度，低於室溫的 10 度、20 度，是將檸檬汁放置於燒杯中，再將燒杯放入自製恆溫槽內，將恆溫槽內加入冰塊及鹽，調節溫度後立即滴定。高於室溫的 40 度、60 度及 80 度，則是以電磁爐隔水加熱，以減少檸檬汁水份的蒸散，來進行實驗。
4. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
5. 分別取上述濾液滴定燒杯內藍色液體，至藍色液體變透明即為滴定終點。
6. 重複上述步驟，分別測定四次 (A. B. C. D) 取平均值。

#### (二) 實驗流程

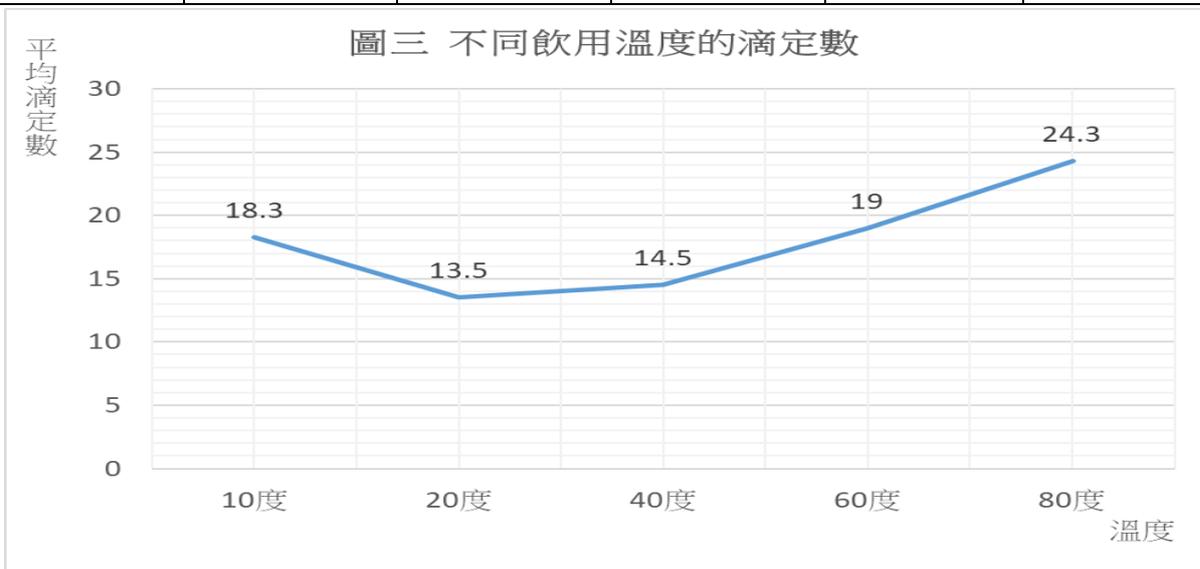


### (三) 實驗結果

檸檬汁溫度與抗氧化之關係的實驗結果如下表：

表八 不同溫度檸檬汁的抗氧化之滴定量

溫度(°C)	A 滴定量 (滴)	B 滴定量 (滴)	C 滴定量 (滴)	D 滴定量 (滴)	平均滴定量
10°C	20	19	16	18	18.3
20°C	13	15	12	14	13.5
40°C	17	13	13	15	14.5
60°C	19	18	16	23	19
80°C	24	25	25	23	24.3



### (四) 實驗結果討論

1. 從表八中發現，本次設定的 5 種溫度中，抗氧化效果以溫度 20°C 檸檬汁的平均滴定量 13.5 為最佳，當溫度降至 10°C，平均滴定量升至 18.3，抗氧化效果未隨溫度下降而變佳，推估檸檬汁在低溫時，其中所含的多酚等抗氧化物質，無法發揮成效，因而降低其抗氧化力。
2. 當檸檬汁加熱至 80°C 時，平均滴定量增加為 24.3，顯示加熱後的檸檬汁因溫度變高，其所含的維他命 C 被破壞，與 20°C 檸檬汁相比，其抗氧化能力因溫度升高而有變差的趨勢。
3. 由圖三可知，現榨的檸檬汁當溫度在 20°C~40°C 區間時，平均滴定量最少，此溫度範圍的檸檬汁抗氧化能力是最好的，顯見在常溫下，檸檬汁裡的多酚等抗氧化物質能被釋放出來，維他命 C 也能被保留，因此在此溫度範圍飲用檸檬汁能保留較多的營養素，其抗氧化力也較好。

#### 研究問題四：檸檬汁置於不同材質的容器其抗氧化的情形

不同的濃度與飲用溫度都會對檸檬汁的抗氧化產生影響，那麼當我們在榨取檸檬汁後，應該怎麼保存才不會影響它的抗氧化呢？分裝的容器會有影響嗎？保存的溫度又有差別嗎？以下實驗先探究不同材質容器對檸檬汁抗氧化的影響。

##### (一) 實驗步驟

1. 將檸檬洗淨，取果肉部分榨成果汁，用濾勺過濾，取得檸檬原汁濾液。
2. 將 15ml 的檸檬原汁加入 35ml 的蒸餾水，調製成濃度 30% 的檸檬汁，共 6 杯。
3. 分別將檸檬汁放置於玻璃杯、鋼杯、瓷杯、紙杯、塑膠杯、保麗龍杯中，常溫靜置 8 小時後進行滴定。
4. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
5. 分別取上述六種不同容器中的濾液滴定燒杯內的藍色液體，至藍色液體變透明即為滴定終點。
6. 重複上述步驟，分別測定四次 (A. B. C. D) 取平均值。

##### (二) 實驗流程

		
調製濃度 30% 的檸檬汁	分別量取 50 毫升	於各容器放置 8 小時
		
進行滴定	測定滴定終點	記錄結果

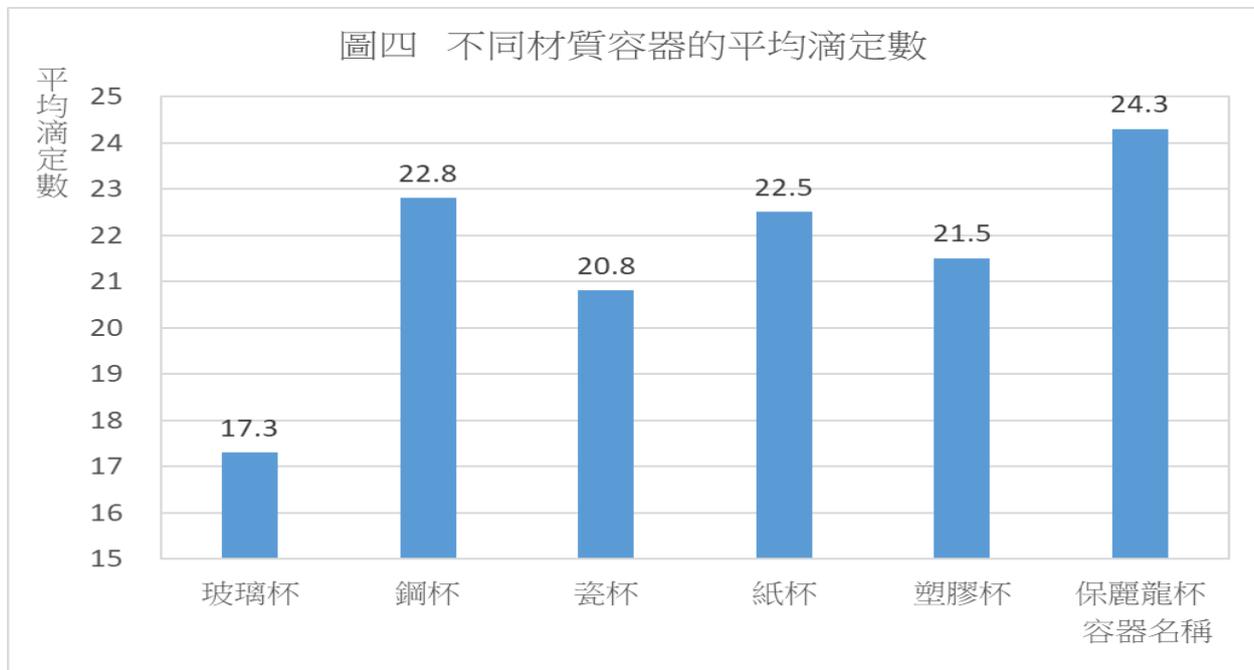
### (三) 實驗結果

不同材質容器與檸檬汁抗氧化之關係的實驗結果如下表：

表九 放置於不同材質容器的抗氧化之滴定數

容器名稱	時間(小時)	A滴定量(滴)	B滴定量(滴)	C滴定量(滴)	D滴定量(滴)	平均滴定量
玻璃杯	8	15	17	20	17	17.3
鋼杯	8	24	22	22	23	22.8
瓷杯	8	20	20	22	21	20.8
紙杯	8	25	22	20	23	22.5
塑膠杯	8	21	22	22	21	21.5
保麗龍	8	24	22	23	28	24.3

圖四 不同材質容器的平均滴定數



### (四) 實驗結果討論

1. 在相同濃度且室溫 20 度 C 的情況下，實驗三檸檬汁抗氧化的測定滴定量為 13.5，從表九可看出，經過 8 小時的放置後，不論放置於何種容器，其滴定量均高於 13.5，顯見檸檬汁放置一段時間後其抗氧化成效會降低。
2. 圖四呈現檸檬汁於不同容器都靜置 8 小時後，抗氧化力雖然都下降，但以玻璃杯平均滴定量 17.3 的下降幅度最少，其他容器的滴定量均在 20 以上，顯見玻璃杯是很好的保存容器，能維持檸檬汁的抗氧化力。而保麗龍杯中的檸檬汁溶液抗氧化力較差，推估可能的原因是檸檬汁中的酸性物質將保麗龍溶解，滲入溶液中，因而影響了抗氧化力。

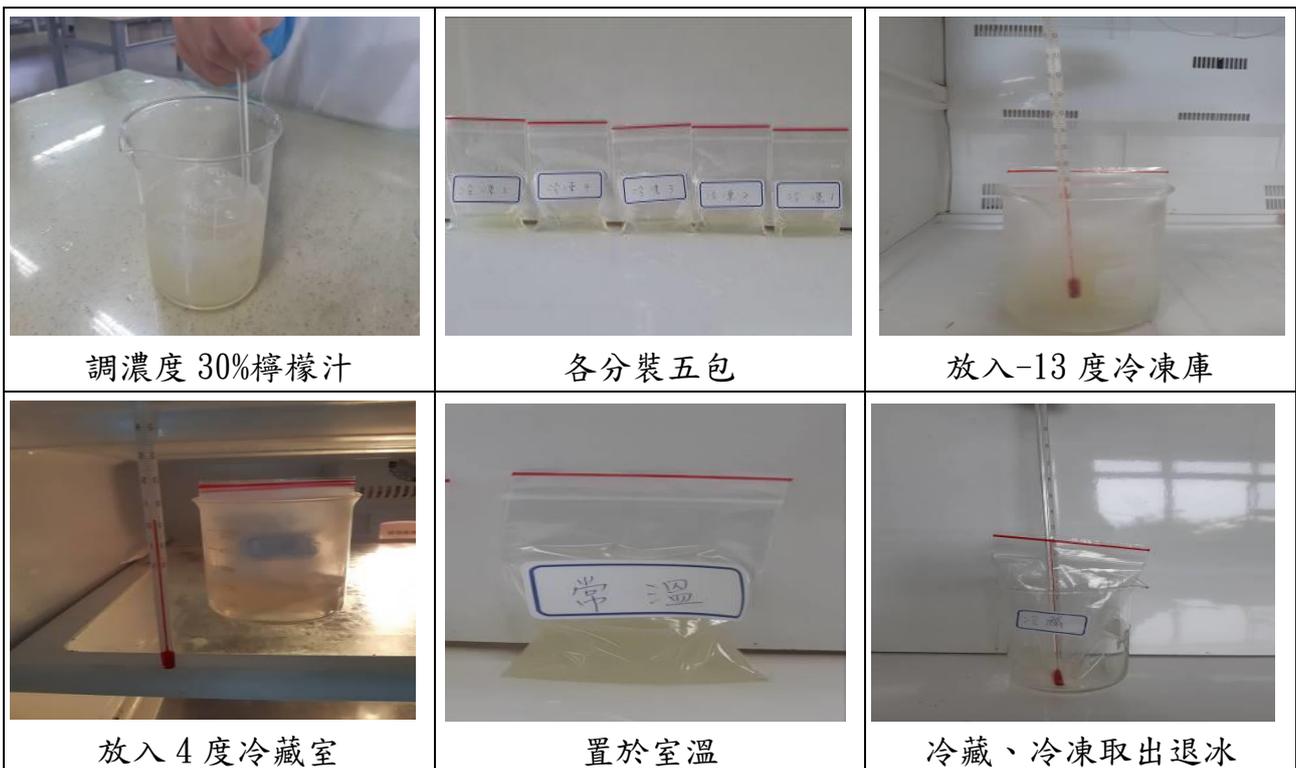
## 研究問題五：不同儲存溫度對檸檬汁抗氧化力之影響

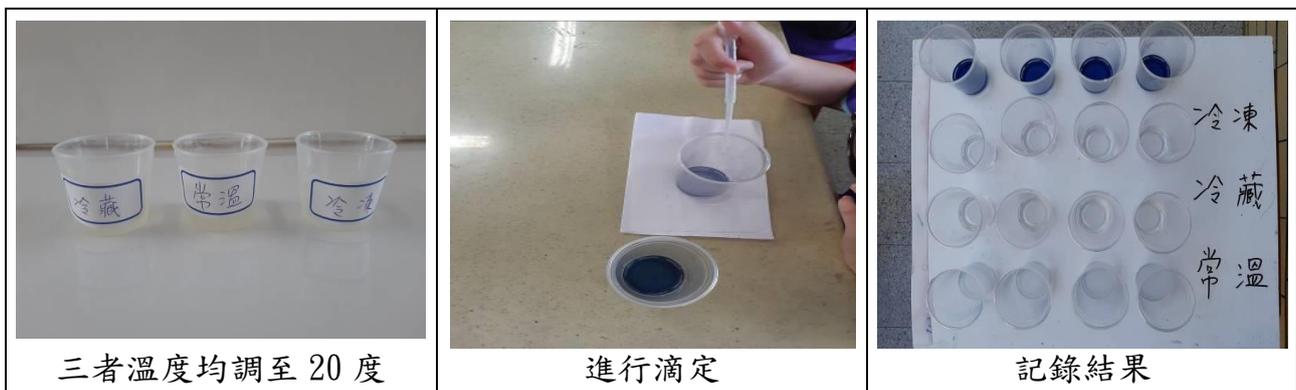
在了解保存容器對檸檬汁抗氧化力的影響後，接著探討不同儲存溫度對檸檬汁抗氧化效果的影響，如果將剛榨好的檸檬汁分別以冰凍、冷藏和存放室溫下等不同溫度來儲存，它們的抗氧化力會有差別嗎？接下來以實驗五來探討這三種不同儲存溫度對檸檬汁抗氧化力的影響。

### (一) 實驗步驟

1. 將檸檬洗淨，取果肉部分榨成果汁，用濾勺過濾，取得檸檬原汁濾液。
2. 調製成濃度 30% 的檸檬汁，共 250 毫升。
3. 分裝檸檬汁，每份 20 毫升，各 5 份，分別冰入攝氏 4 度的冷藏及攝氏 -13 度的冷凍庫，每日取用一包進行滴定，以免溫度變化而影響實驗結果，其餘 50 毫升則置於室溫下。
4. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
5. 將三種不同儲存條件的檸檬汁，每日於固定時間退冰至 20 度，取出進行滴定，實驗共進行五天，每次滴定直到燒杯內的藍色液體變透明即為滴定終點。
6. 重複上述步驟，分別測定四次 (A. B. C. D) 取平均值。

### (二) 實驗流程



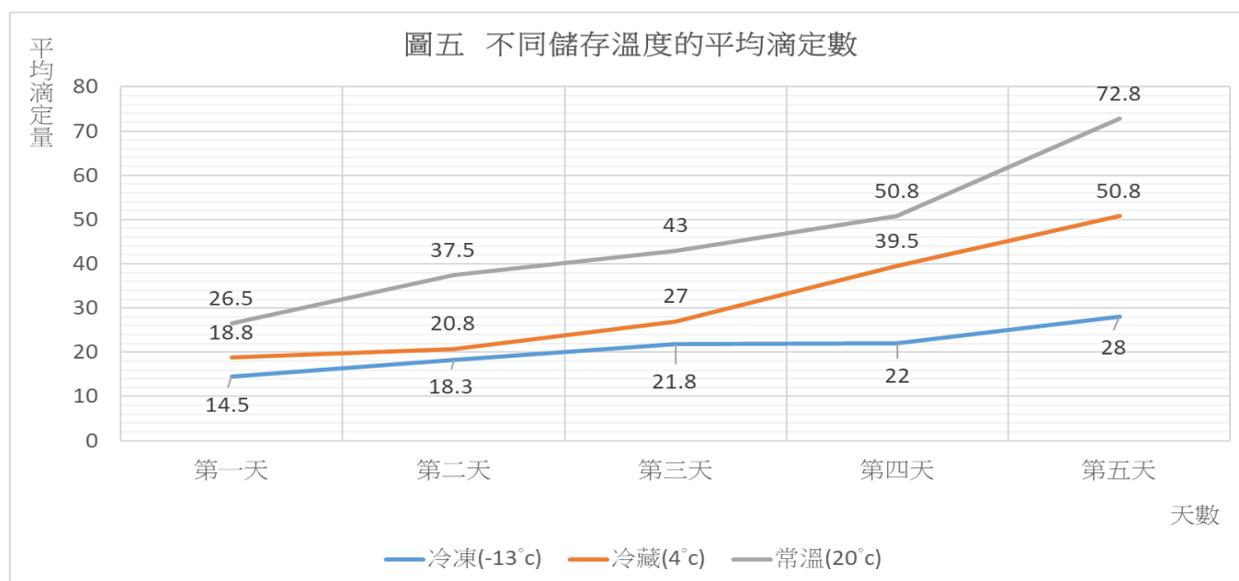


### (三) 實驗結果

不同儲存溫度與檸檬抗氧化之關係的實驗結果如下表：

表十 不同儲存溫度的抗氧化之滴定數

儲存溫度	存放天數	A 滴定量 (滴)	B 滴定量 (滴)	C 滴定量 (滴)	D 滴定量 (滴)	平均滴定量
冷凍(-13°C)	第一天	17	13	15	13	14.5
	第二天	20	15	20	18	18.3
	第三天	22	22	20	23	21.8
	第四天	21	20	23	24	22
	第五天	30	25	30	27	28
冷藏(4°C)	第一天	19	18	17	21	18.8
	第二天	25	18	23	17	20.8
	第三天	25	28	28	27	27
	第四天	41	40	41	36	39.5
	第五天	48	53	54	48	50.8
常溫(20°C)	第一天	27	29	25	25	26.5
	第二天	33	35	42	40	37.5
	第三天	42	43	45	42	43
	第四天	46	52	53	52	50.8
	第五天	67	74	75	75	72.8



#### (四) 實驗結果與討論

1. 由表十可知，不論檸檬汁用冷凍、冷藏或置於室溫等不同溫度儲存，其抗氧化力都會隨著時間的增加而逐步下降，顯見放置時間長短會影響檸檬汁抗氧化的效力。
2. 從圖六折線圖的曲線走勢，三種保存溫度中，以「-13度冷凍」的抗氧化力遞減幅度最小，是最適合檸檬汁的保存溫度。第五天冷凍保存的檸檬汁回溫滴定後，其平均滴定量為 28，其抗氧化效果與置於常溫下一天的平均滴定量 26.5 相比，十分接近，顯示在冷凍(-13°C)保存五天後，其抗氧化效果是和在常溫下(20°C)放置一天的抗氧化效果是差不多的。
3. 當檸檬汁以常溫方式儲存，平均滴定量隨時間增加而上揚，抗氧化力下降幅度最大，顯示與冷凍、冷藏相較，這是最不利於維持抗氧化力的保存方式。
4. 由本實驗可知，檸檬汁若沒有立即飲用，最好放置於冷凍庫儲存，要飲用時回溫至常溫再食用，其抗氧化效果最好，才能吸收其中的營養，發揮最大的價值。

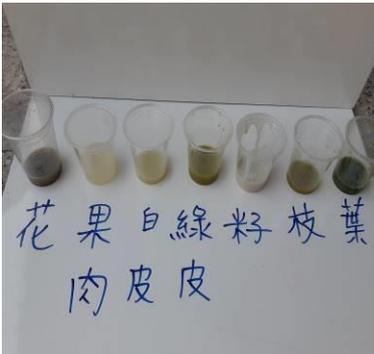
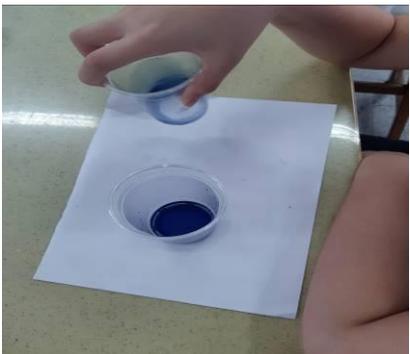
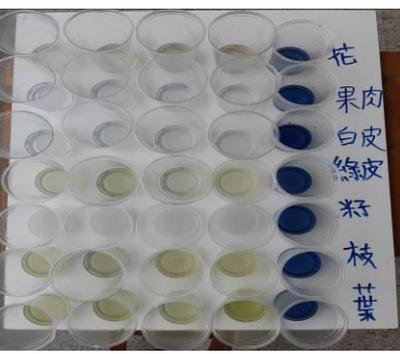
## 研究問題六：檸檬樹不同部位的抗氧化情形如何？

文獻研究中，我們發現柑橘類的果皮多酚含量很高，而多酚是很強的抗氧化物，可以清除對身體不好的自由基，因此我們想了解檸檬的果皮是否也是一樣呢？而檸檬樹的其他部位抗氧化情形又是如何？於是，我們分別取檸檬的枝、花、葉及果皮的綠色、白色部分、果肉及籽，來研究其抗氧化的情形。以實驗六來探討檸檬樹不同部位的抗氧化情形。

### (一) 實驗步驟

1. 摘下新鮮的檸檬樹枝、花、葉及果實洗淨，分別取出枝、花、葉及果實的綠皮、白皮、果肉及檸檬籽，將各部位量取 15 克加 50 毫升的水，用果汁機榨出汁，再用濾勺過濾，取得濾液。
2. 燒杯裝水 20 毫升，滴入碘液 5 滴及澱粉指示劑 10 滴，均勻混合成藍色液體。
3. 取濾液滴定燒杯內的藍色液體，至藍色液體變透明即為滴定終點。
4. 重複上述步驟，測定四次取平均值。

### (二) 實驗流程

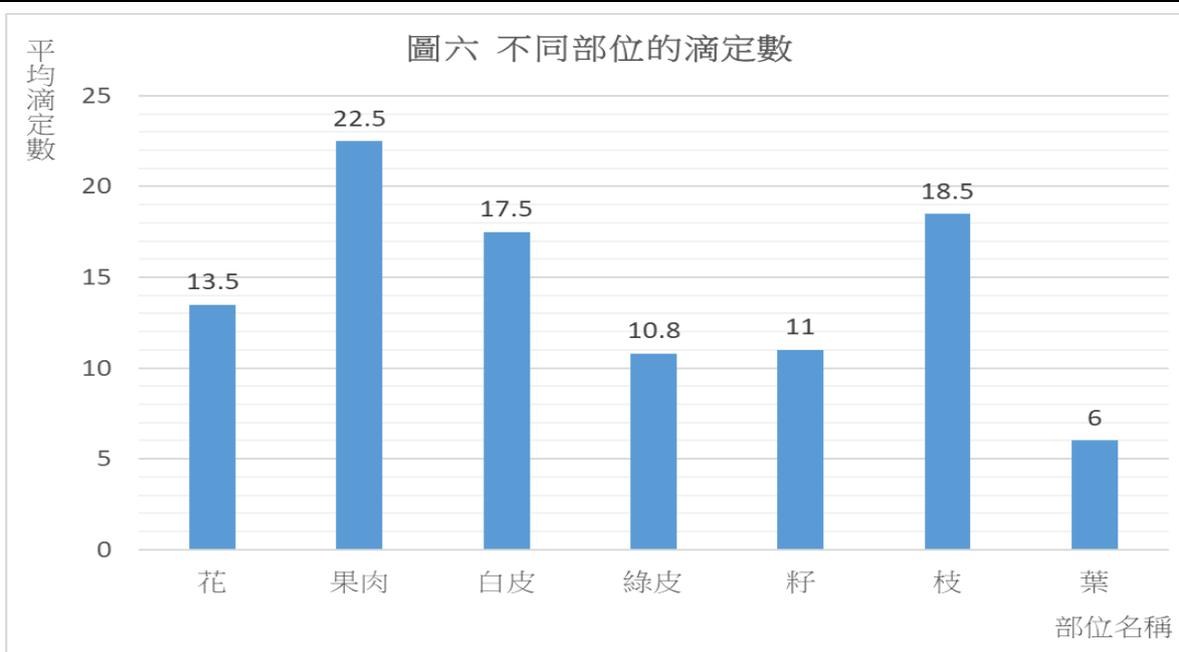
		
準備檸檬枝、花、葉及果實	取檸檬果肉、籽、皮綠色及白色部分	分別秤取檸檬枝、花、葉及綠皮、白皮、果肉、籽各 15 克
		
取得濾液	進行滴定	記錄結果

### (三) 實驗結果

檸檬樹各個部位的抗氧化力實驗結果如下表：

表十一 檸檬樹不同部位的抗氧化之滴定量

部位	A 滴定量 (滴)	B 滴定量 (滴)	C 滴定量 (滴)	D 滴定量 (滴)	平均滴定量	抗氧化 力排序
花	12	11	15	16	13.5	4
果肉	25	20	25	20	22.5	7
白皮	16	18	17	19	17.5	5
綠皮	9	11	12	11	10.8	2
籽	10	11	12	11	11	3
枝	18	20	18	18	18.5	6
葉	7	6	5	6	6	1



### (四) 實驗結果討論

1. 從表十一中，我們發現以相同克數加上等量的水後，檸檬樹各部位的抗氧化效果，由強至弱依序是葉>綠皮>籽>花>白皮>枝>果肉，其中以檸檬葉平均滴定量 6 的效果較好，果肉平均滴定量 22.5 的抗氧化效果較差。
2. 實驗結果出乎我們預料，檸檬樹及果的各個部位中，檸檬葉的抗氧化力最好，雖然檸檬葉無法直接食用，但應該可以運用其成份研發相關抗氧化產品，以發揮其價值。
3. 以果實的部分而言，檸檬皮中綠皮部分與檸檬籽的抗氧化效果遠比果肉來得好，推測因檸檬皮含有豐富的類黃酮素，而類黃酮具有抗氧化作用。因此在飲用檸檬時，可以連皮與籽一起榨汁，以增加其抗氧化力。

## 伍、結論與建議

### 一、探討不同柑橘類水果的抗氧化情形

本實驗所測五種柑橘類水果中，以檸檬的抗氧化效果最佳，金桔、柳丁的抗氧化力較差。

### 二、比較不同濃度檸檬汁的抗氧化情形

(一)檸檬汁濃度越高，抗氧化效果越好。

(二)當檸檬汁濃度增加，平均滴定量並非以等比例下降，在體積濃度達 30%後，變化幅度則趨於平緩，抗氧化效果的差異性也逐漸變小。

### 三、比較不同飲用溫度對檸檬汁的抗氧化影響

(一)抗氧化效果以 20°C 檸檬汁為最佳，當溫度降至 10°C 時，檸檬所含的多酚等抗氧化物質，無法發揮成效，因此抗氧化效果會變差。

(二)檸檬汁因加熱而溫度升高，所含維他命 C 被破壞，抗氧化力反而下降。

(三)新鮮檸檬榨汁後，建議在常溫下飲用，檸檬汁裡的多酚等抗氧化物質與維他命 C 等營養素保留較完整，其抗氧化力也較好。

### 四、探討檸檬汁置於不同材質的容器其抗氧化的情形

(一)檸檬汁放置於任何容器一段時間後，其抗氧化效果都會降低，以玻璃杯裡的檸檬汁下降幅度最少，顯見玻璃杯是最適合盛裝檸檬汁的器具。

(二)保麗龍杯中的檸檬汁抗氧化力較差，推估因保麗龍遭到檸檬汁中的酸性物質腐蝕溶解滲入溶液中，因而影響了抗氧化力。

### 五、探討不同儲存溫度對檸檬抗氧化的影響

(一)不論檸檬汁用冷凍、冷藏或置於室溫等不同溫度儲存，其抗氧化力都會隨著時間的增加而逐步下降，其中以「-13 度冷凍」的抗氧化力遞減幅度最小，是最適合檸檬汁的保存溫度，而置於常溫中是最不利於維持抗氧化力的保存方式。

(二)檸檬榨汁後，若沒有立即飲用，最好放置於冷凍庫儲存，要喝時再回溫至常溫飲用，其抗氧化效果最好，也最能吸收其中的營養。

## 六、探討檸檬樹不同部位的抗氧化情形

(一)檸檬樹各部位的抗氧化效果，由強至弱依序是「葉〉綠皮〉籽〉花〉白皮〉枝〉果肉」，以檸檬葉抗氧化最好，雖然無法直接食用，但可運用其成份研發相關抗氧化產品，以發揮其價值。

(二)以果實部分而言，檸檬皮中綠皮部分與檸檬籽的抗氧化效果遠比果肉來得好，因此在飲用檸檬汁時，可以連皮與籽一起榨汁，以增加其抗氧化力。

綜合以上研究發現，要喝檸檬汁時，可以連皮與籽一起放入榨汁，並於榨汁後以常溫立即飲用，抗氧化效果最佳。盛裝的容器建議用玻璃杯，若要長時間保存，則以冷凍方式為佳，可以讓檸檬中的抗氧化物質保留完整，發揮其保健功效。

## 陸、未來研究方向

- 一、本實驗中為求檸檬取得方便，以最常見的品種優利卡為研究樣本來進行實驗，若能找到不同品種的檸檬，可以比較其抗氧化能力的差異。
- 二、本實驗研究結果檸檬葉的抗氧化效果為各部位中最好的部分。是否可運用其抗氧化力的優勢，研發相關產品，也視未來值得研究的問題。

## 柒、參考資料

- 一、陳威翰、蘇煥鈞、周傳益，我是「地」一名—地瓜葉抗氧化力之探討，中華民國第50屆中小學科學展覽會作品集。
- 二、阮子銘、蔡耕慧、姜若淳、呂致廣、徐嘉芋、周栩仉，你『蒜』哪根『蔥』—蔥蒜抗氧化力之探討，中華民國第51屆中小學科學展覽會作品集。
- 三、蘇宥任、顏梓勳、徐恩雅、楊凱婷、李皓哲、李冠緯，「可」不「可」以抗樣化—可可抗氧化力之研究，中華民國第57屆中小學科學展覽會作品集。
- 四、黃敏禎、張育銓、賴奕勳、盧宣瀉，穀物類紅寶石-紅藜麥抗氧化力之探討，中華民國第57屆中小學科學展覽會作品集。
- 五、檸檬籽能吃嗎 檸檬籽有什麼功效和作用？(2017年5月10日)。人民網•取自 <https://kknews.cc/agriculture/vaxnyo2.html>
- 六、柑橘養生撇步 4大吃橘禁忌(2014年1月1日)。康健雜誌•取自 <https://www.commonhealth.com.tw/article/article.action?nid=68069>
- 七、用錯水杯等於喝毒 玻璃杯、不鏽鋼杯 告訴你哪種水杯最安全(2016年6月16日)。健康真相•取自 <https://kknews.cc/health/lzvne.html>
- 八、檸檬皮抗氧化！營養師破解常見4迷思(2015年9月5日)。華人健康網•取自 <https://www.top1health.com/Article/28314>