

晶「檸」剔透-

檸檬酸結晶探究與結晶彩鹽瓶製作

研究者:陳紹元、黃奕景

謝祺軒、張格睿

指導老師:黃靜雯老師

研究摘要

我們對結晶的美麗和變化過程充滿了好奇，這吸引了我們深入探索這個領域。我們先蒐集了關於檸檬酸結晶的製作方法、製作過程和相關科學原理的文獻，接著開始規劃實驗並進行製作，經過四次實作後得知檸檬酸和水的比例為2:1時形成的結晶比較好看，且使用釣魚線綁晶種比較不影響結晶外觀，但釣魚線比較難綁，也容易滑落，需要多嘗試。另外要注意放入晶種時飽和溶液是否已冷卻，和晶種與燒杯底的距離是否太近。最後選擇最滿意的結晶製作彩鹽瓶，製作彩鹽瓶時需要使用漏斗均勻的將彩鹽倒入瓶中，不然容易因傾斜而混色。未來可以思考如何使結晶在彩鹽瓶中更加顯眼，並發揮更多創意來製作獨特的結晶彩鹽瓶。

第壹章 緒論

一、研究動機

我們對結晶的美麗和變化過程充滿了好奇。結晶不僅晶瑩剔透，還蘊含著許多科學奧秘。由於比較少人研究檸檬酸結晶，我們特別選擇了這個主題進行探討。我們不僅想了解結晶如何從粗糙的物質變得透明美麗，還希望透過實作，和大家分享美麗的結晶。我們原本想做鹽結晶，但因為考慮到食鹽結晶已有不少研究作品，所以我們選擇了較少人做過也較容易取得的檸檬酸。

二、研究目的

- (一)探究檸檬酸結晶的原理。
- (二)探討製作檸檬酸結晶所需的材料與方法。
- (三)製作檸檬酸結晶
- (四)應用自製檸檬酸結晶進行彩鹽瓶創作。

三、研究問題

- (一)檸檬酸結晶的原理是什麼？
- (二)製作檸檬酸結晶需要哪些材料？
- (三)如何製作檸檬酸結晶？
- (四)如何製作彩鹽瓶？

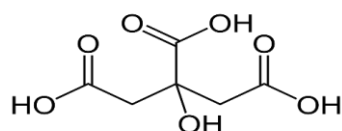
四、名詞解釋

- (一)檸檬酸:柑橘類水果中產生的一種天然防腐劑，也是食物和飲料中的酸味添加劑。
- (二)結晶:是指從過飽和溶液中凝結，或從氣體凝華出具有一定的幾何形狀的過程。

第二章 文獻探討

一、檸檬酸

檸檬酸 (Citric Acid) 是一種有機化合物，化學式為 $C_6H_8O_7$ 。每年有超過兩百萬噸的檸檬酸被製造，廣泛用作酸化劑、調味劑和螯合劑。檸檬酸從熱水中結晶時，生成無水合物；在冷水中結晶則生成一水合物。加熱到 $78^{\circ}C$ 時一水合物會分解得無水合物。



(一) 檸檬酸種類

檸檬酸有三種分別是

1. 藥用檸檬酸

可加快藥物中活性配料的溶解速度、強化味覺功能，常應用在瀉藥、止痛藥。能維持活性配料的穩定性，還有防腐劑的作用，常用在各種營養口服劑等。檸檬酸也能蓋掉藥物苦味，檸檬酸也會結合水果香精，讓藥嘗起來有微酸口感。

2. 食用檸檬酸

常會添加在飲品、糖果、果醬、果凍等，增加風味還能當防腐劑使用，讓食品不易腐壞，也能去水垢還能當發泡劑。

3. 工業用檸檬酸

工業用檸檬酸用來除鏽，但濃度不可過高，以免腐蝕。

(二) 檸檬酸功用

1. 檸檬酸用作乳霜、凝膠和液體中的酸化劑。用於食品和膳食補充劑中，如果為了技術或功能效果而添加，則可歸類為加工助劑。
2. 檸檬酸它用於去除水垢的積聚。
3. 檸檬酸在人體裡幫助生物體中丙酮酸氧化，以及糖類、蛋白質或脂肪酸轉化成能量。

二、結晶的相關科學原理

結晶，是指從過飽和溶液中凝結，或從氣體凝華出具有一定的幾何形狀的固體（晶體）的過程。在自然環境下，氣溫的下降壓力的作用，都會造成結晶。結晶的過程一般可分為兩個階段（包括成核和晶體生長期），時間也有所不同。

1. 溶解度

溶解度是在定溫、定壓下，溶劑所能溶解之最大量溶質。溶解度會被溫度和壓力影響，常用體積莫爾濃度或100克溶劑中的溶質克數（克溶質/100克溶劑）表示。主要受溫度和壓力的影響：溫度越高，固體溶質的溶解度通常越高，氣體溶質溶解度則下降，壓力對固體溶質影響不明顯，氣體溶質溶解度則隨壓力增加而上升。

2. 沉澱反應

沉澱反應在化學上指的是從溶液中析出固體物質的過程，而沉澱指的是在這個反應中析出的固體物質。在沉澱過程中沉澱物可以是許多小顆粒，也可以由小顆粒長成大顆粒，將沉澱物(晶種)與原溶液(檸檬酸過飽和溶液)一起靜置一段時間後，亦可使沉澱顆粒變大。在靜置期間，沉澱物的溶解與生成不斷地進行，為動平衡狀態。

3. 過飽和溶液

飽和溶液為溶液濃度等於溶解度的溶液，過飽和溶液濃度大於溶解度的溶液，因為在溶解時溫度較高，所以將溶質溶解，在降溫後，溶液濃度就會大於目前溶解度，是一種不穩定狀態。過飽和溶液裡過量的溶質會從溶液中析出，而產生結晶，原本過飽和會變為飽和溶液。

三、彩鹽瓶

(一)彩鹽原理

由於粗鹽表面較粗糙，所以當粉筆接觸粗鹽時，它們的表面會互相摩擦，隨著攪磨，粉筆的粉末會黏附在粗鹽的表面上，製作出與粉筆顏色相同的鹽沙。

(二)彩鹽瓶製作材料

 食鹽 ↑ ↑ ↑	 粉筆 ↑ ↑ ↑	 小瓶子 ↑ ↑ ↑
 漏斗 ↑ ↑ ↑	 湯匙 ↑ ↑ ↑	 小碟子 ↑ ↑ ↑

(三)彩鹽瓶製作方法

1. 把粉筆刮成粉，再把鹽巴和粉筆粉倒入攪拌用的容器中，開始攪拌，直到鹽巴變成想要的顏色濃度。
2. 依照想要的顏色順序，用漏斗依序倒入不同顏色的彩鹽。
3. 加入與創作主題相關的裝飾品。

第三章 研究方法

一、研究設備與器材

電子秤 	酒 精 燈 	釣魚線 	攪拌棒 	小湯匙 
保鮮膜 	溫度計 	燒杯 	檸檬酸 	免洗筷 

二、研究方法

在決定研究主題與訂定整體研究架構後，開始搜尋檸檬酸、結晶原理，以及彩鹽瓶製作的相關資料，事先購買並準備實作所需相關設備與材料，首先製作檸檬酸結晶，經過四次的檸檬酸結晶製作並記錄每次結晶的結果，接下來再選出最好看的檸檬酸結晶來製作結晶彩鹽瓶，在研究報告中我們將呈現檸檬酸結晶與彩鹽瓶的創作歷程，並討論歷程中所遭遇的問題與調整的方法，最後統整資料並完成獨立研究報告。

三、研究架構



第四章 研究歷程與成果

一、創作歷程

(一)檸檬酸結晶第一次實作

1. 材料:酒精燈、釣魚線、檸檬酸、竹筷、電子秤、保鮮膜、燒杯、毛線、攪拌棒

2. 製作步驟

(1)先準備300g檸檬酸和150g熱水。

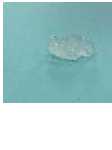
(2)使用酒精燈加熱水直到沸騰。

(3)將300g檸檬酸和150g熱水攪拌至充分溶解，直到看不見檸檬酸顆粒。

(4)放入綁住竹筷的釣魚線，包上保鮮膜。

(5)每天拍照觀察結晶變化情形。

3. 觀察紀錄

時間	DAY1	DAY2	DAY3	DAY4	直到 DAY7	DAY8	DAY9	直到 DAY14
照片								
變化	無	底部出現些許結晶	出現更多結晶	底部充滿結晶	結晶更厚	結晶更多	結晶量達到巔峰	取出結晶

4. 結果與討論

這次實作我們使用的檸檬酸和水的比例為2:1，觀察時間為14天，並使用釣魚線綁晶種，結果因為晶種從釣魚線上脫落，導致底部充滿了結晶，於是我們將所有結晶都取出並挑了我們覺得最好看的結晶放入盒子中，因此決定下次實作把釣魚線改用不易滑落的棉線。另外我們也想觀察不同比例的結晶情形，所以下次會增加另一組比例為3:1的結晶並比較結晶情形。

(二) 檸檬酸結晶第二次實作

1. 材料: 檸檬酸(200g和300g)、水(100ml)、電子秤、酒精燈、保鮮膜、燒杯、竹筷、毛線、攪拌棒、溫度計、打火機。

2. 製作步驟

(1) 先準備200g檸檬酸和100g熱水以及300g檸檬酸和100g熱水。

(2) 使用酒精燈加熱水，一邊加入檸檬酸一邊攪拌。

(3) 將200g檸檬酸和100g熱水以及300g檸檬酸和100g熱水攪拌至充分溶解，直到看不見檸檬酸顆粒。

(4) 使用毛線綁住晶種並放入過飽和溶液中，包上保鮮膜。

(5) 每天拍照觀察結晶變化情形

3. 觀察紀錄

(1) 檸檬酸和水的比例2:1

時間	DAY1	DAY2	DAY3	DAY4	直到DAY7
照片					
變化	無	結晶稍微變大	出現小結晶	結晶變大	結晶變大更平整

(2) 檸檬酸和水的比例3:1

時間	DAY1	DAY2	DAY3	DAY4	直到DAY7
照片					
變化	一些碎碎小結晶	底部全是小結晶	結晶變多有塊 結晶往上結	有一塊很大的結晶出現	結晶更大 無法取出

4. 結果與討論

這次實作我們分成兩部分，我們使用的檸檬酸和水的比例分別為2:1和3:1，使用毛線綁晶種，觀察時間為7天，結果顯示比例2:1的結晶成型，但是附著在結晶裡面的毛線取不出來，所以結晶裡有粉色的毛線，比例3:1的結晶則因為檸檬酸比例過高導致結晶過多，使結晶整個黏附在杯子上無法取出，且一樣附著粉色毛線。下次實作將改回使用釣魚線捆綁晶種，盡量用能夠取出或不取出也看不出來的線，避免影響結晶的美觀。比例部分則採用檸檬酸和水2:1，避免過度結晶會導致無法取出結晶。

(三) 檸檬酸結晶第三次實作

1. 材料：酒精燈、釣魚線、檸檬酸、竹筷、毛線、攪拌棒、溫度計、打火機。

2. 製作步驟

(1)先準備200g檸檬酸和100g熱水。

(2)使用酒精燈加熱水，一邊加入檸檬酸一邊攪拌。

(3)將200g檸檬酸和100g熱水攪拌至充分溶解，直到看不見檸檬酸顆粒。

(4)使用釣魚線綁住晶種並放入過飽和溶液中，包上保鮮膜。

(5)每天拍照觀察結晶變化情形

3. 觀察紀錄

日期	DAY1	DAY2	DAY3	DAY4	直到DAY7	
照片						
變化	綁上的晶種掉下來	結晶在底部變厚變寬	結晶變高	結晶再度變高	變得更寬	取出整塊結晶

4. 結果與討論

這次實作我們使用檸檬酸和水2:1的比例，觀察時間7天，並使用釣魚線綁晶種，結果因為沒有綁緊，晶種從釣魚線滑落，導致杯底出現很多結晶，整塊結晶形狀凹凸不平。取出後，我們把結晶放入盒子，並蓋上蓋子保存。這次晶種滑落的原因可能是因為結晶在溶液中溶化所以滑落至底部。下次製作時需要等溶液溫度下降到40度左右時再放入晶種，並且使用比較好綁且就算不取出也較為看不出來的白色棉線。

(四) 檸檬酸結晶第四次實作

1. 材料：酒精燈、檸檬酸、竹筷、電子秤、保鮮膜、燒杯、棉線、攪拌棒

2. 製作步驟

(1)先準備300g檸檬酸和150g熱水。

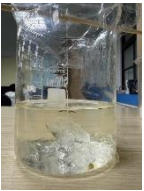
(2)使用酒精燈加熱水，一邊加入檸檬酸一邊攪拌。

(3)將300g檸檬酸和150g熱水攪拌至充分溶解，直到看不見檸檬酸顆粒。

(4)使用棉線綁住晶種並放入過飽和溶液中，包上保鮮膜。

(5)每天拍照觀察結晶變化情形。

3. 觀察紀錄

日期	DAY1	DAY2	DAY3	DAY4	直到DAY7	
照片						
變化	沒有變化	杯底結滿了結晶	結晶變多	變大一點	結晶變得更多，呈現透明狀	取出其中較為完整的一塊結晶

4. 結果與討論

這次實作我們使用檸檬酸和水2:1的比例，觀察時間7天，並用白色棉線綁晶種，結果顯示，結晶從晶種一路向下連結到底部，這次的結晶很透明很漂亮，但是由於垂墜的線太長，導致結晶從線上連結到底部，下次需要把線綁短一點，避免晶種與燒杯底部太近，也較能取得單顆獨立的結晶。

5. 歸納檸檬酸結晶製作要點

- (1)檸檬酸和水比例為2:1所做出的結晶是比較接近目標的。
- (2)溶解檸檬酸結晶時的溫度需要在100度左右，因此需要加熱溶解。
- (3)必須在飽和溶液降至四十度以下才能放入晶種，否則晶種會溶解。
- (4)觀察期控制在7天左右比較理想，因為7天之後可能會在水中溶解而變小。
- (5)懸吊晶種時要與杯底有一定間隔，這樣結晶才不會連結到底部而無法單獨成形。
- (6)綁線時不能太大力，不然晶種會斷，而且最好用釣魚線不然會有線的痕跡。

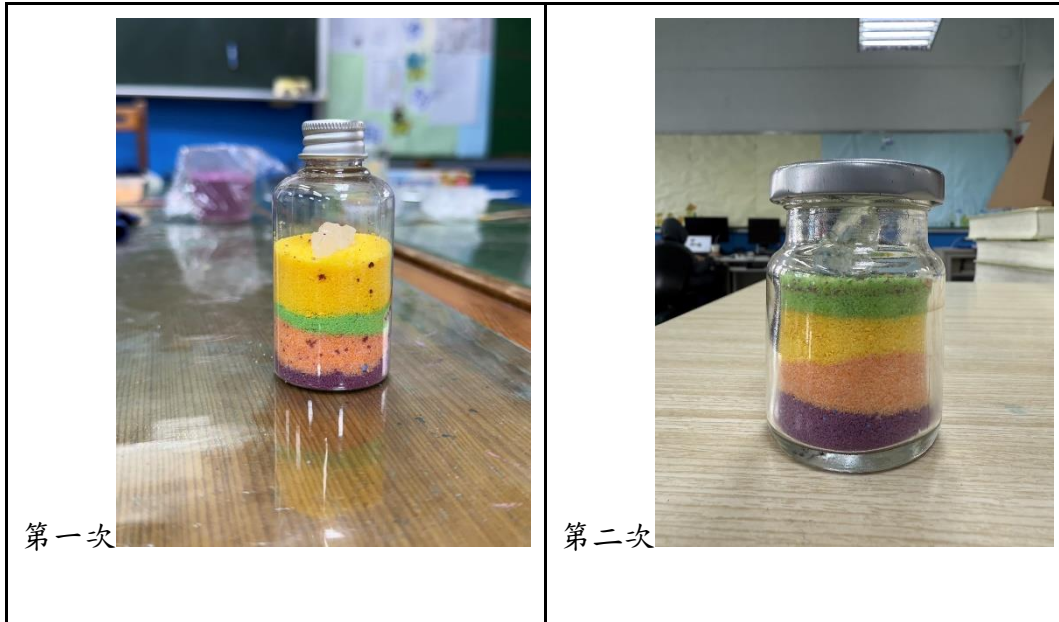
(五)製作結晶彩鹽瓶

1. 材料：鹽、不同顏色的粉筆、一顆檸檬酸結晶、用來磨粉筆和攪拌的容器、透明瓶子

2. 製作步驟

- (1)把粉筆磨成粉
- (2)把粉筆粉和鹽混和
- (3)把不同顏色的彩鹽倒入瓶子(不可搖晃，不然會混色)
- (4)在最上面放一顆經過精挑細選的結晶

3. 彩鹽瓶成果



4. 結果與討論

第一次製作時使用的彩鹽瓶因為杯壁有點濕，所以在倒底部的紫色時有些彩鹽黏附在杯壁上，在倒的時候又有一點傾斜，所以有混到色，而且黃色彩鹽加太多導致整體不太美觀，結晶也太不明顯，還沉了下去。第二次我們決定調整各種顏色的比例，每種顏色都量10g，並使用紙捲成的簡易漏斗倒入，且均勻地使漏斗繞圈，這樣能有效避免混色和顏色不均。

5. 歸納做出好看的結晶彩鹽瓶的要點

- (1) 瓶子要擦乾，否則彩鹽可能會黏在瓶壁上。
- (2) 彩鹽量要平均，否則顏色比例不正確，不好看。
- (3) 要用漏斗，否則彩鹽可能撒出，或是彩鹽位置有高有低。
- (4) 不能晃動彩鹽瓶，否則會混色、結晶被彩鹽淹沒。
- (5) 結晶要擦乾，否則結晶會沾染到彩鹽。

二、創作歷程GO！

創作歷程停看聽



測量所需檸檬酸

我們經過種種考量，發現檸檬酸比較容易取得、易製作，所以就使用它作為結晶的原料。途中也有遇到一些困難，例如綁結晶的繩子無法取出，或是結晶無法從燒杯中取出等等問題，在經過四次結晶實作歷程後，取得最理想的結晶，創作檸檬酸結晶彩鹽瓶。



攪拌ing...



加入檸檬酸



置入晶種



檸檬酸結晶!!



製作粉筆灰



加入鹽並染色



製作檸檬酸結晶彩鹽瓶雖然只需要倒入彩鹽，其實十分需要技術，否則成品就有可能就會不好看而影響整體美觀。



GET檸檬酸彩鹽瓶!!



倒入彩鹽

三、製作過程中遭遇問題與解決方法

1. 檸檬酸結晶的製作

- (1)我們在整個研究中遇到的第一個問題是檸檬酸與水的比例，我們試過2:1和3:1，3:1放置一周後全部結晶連結在一起且聚集在瓶底，因此我們發現使用檸檬酸與水的比例2:1比較好，結晶狀態比較完整也比較好看。
- (2)我們在一開始試作時水溫僅有64度，導致檸檬酸結晶無法完全溶解，因此得知溶解時需要一定的溫度，最後決定使用酒精燈加熱至沸騰再加入檸檬酸攪拌。
- (3)我們第一次將綁好的晶種懸吊到檸檬酸飽和溶液裡時，由於水溫過高，所以晶種直接溶在飽和溶液之中，所以我們發現需等待水溫降至四十度以下後再放入綁好的晶種，避免晶種溶化。
- (4)我們將檸檬酸結晶晶種綁在釣魚線上時，發現兩個主要的問題，一個是晶種表面十分的滑，不好綁，另一個是晶種十分脆弱，很容易斷裂，所以挑選有凹陷或突出處的晶種會比較好綁。

2. 彩鹽瓶的製作

- (1)我們在製作彩鹽瓶時遇到的第一個問題便是傾倒彩鹽的角度不對導致混色，所以我們製作了簡易漏斗，並且在鋪彩鹽時規律的轉動漏斗，讓彩鹽不會堆疊得太高。也可以少鋪一點彩鹽，這樣傾斜時混色情形能稍微減低，也能讓結晶更凸顯。
- (2)我們發現結晶在彩鹽瓶中不明顯，因此未來可以使用AB膠讓結晶懸浮在中間，也可以使用線將結晶吊著，還可以把彩鹽減少，讓結晶佔大部分位置，這樣結晶會明顯很多，或是多放幾個結晶。
- (3)由於我們製作的結晶彩鹽瓶裡並未加入其他裝飾品，看起來比較單調，如果能有更多時間，我們可以事先訂定一個主題，依照主題設計與擺放裝飾小物。例如假設主題是「海」，就可以做幾艘小船和一些小魚、小石頭、小島等，中間再放一個長得像船的結晶。

第五章 結論與建議

一、研究結論

1. 檸檬酸是一種有機化合物，化學式為 $C_6H_8O_7$ ，檸檬酸有三種，有食用檸檬酸、藥用檸檬酸和工業檸檬酸，食用檸檬酸大多用來當成食品酸味劑和清潔水垢、髒汙等，藥用檸檬酸則是用來加快藥物溶解速度或掩蓋苦味，工業檸檬酸是用來除鏽。
2. 結晶原理包含沉澱反應、溶解度，和過飽和溶液等，本研究的檸檬酸結晶是把水一邊加熱，一邊加檸檬酸，在水把檸檬酸完全溶解後，拿下來等待它降溫，檸檬酸在熱水裡的溶解度比在冷水裡的高，在降溫後，就形成了溶解了過量檸檬酸的過飽和溶液，放著它一段時間之後，裡面多餘的檸檬酸會析出，析出的東西就是檸檬酸結晶。
3. 經過四次的檸檬酸結晶實作過程，我們發現，用檸檬酸和水的比例2:1來製作結晶是成果最好的，並且在製作過飽和溶液時，要一邊加熱一邊加檸檬酸，這樣效果最好，還有在綁晶種時，用透明的釣魚線綁晶種比較好，但是比較需要技巧，因為釣魚線太滑，所以在綁的時候需要非常專心，可以多綁幾次，確認牢固後再放下晶種，在放的時候要確認晶種的位置不會離杯底太近，這樣比較能結出單顆的結晶，另外要等檸檬酸溶液降溫到一定溫度（40度以下）再放晶種，避免晶種融化而脫落。
4. 因為時間關係，我們只製作了兩次結晶彩鹽瓶，製作方法只有將檸檬酸結晶直接放到彩鹽上面，並沒有做其他裝飾，較缺乏創新，此外，我們由實作過程得知，各個顏色的比例需要事先討論並作調和，否則整體會不美觀，將彩鹽倒入瓶子時也須使用漏斗，不然容易堆成小山，中間高旁邊低，並且不能搖晃，不然會混色，而且結晶會被彩鹽淹沒。
5. 如果有更充足的時間或未來再有創作彩鹽瓶的機會，可以試著在裡面加AB膠，讓結晶浮在中央，能凸顯結晶，還能減少混色，結晶也不會被埋沒，或是把結晶用線吊著。如果要讓彩鹽瓶更漂亮，能添加彩色夜光沙，讓它在黑暗處也非常好看，或用LED燈當裝飾，能幫結晶打光，或購買有造型的瓶子，並將結晶放在最顯眼的

位置，例如星星形狀的瓶子把結晶放在正中間，能凸顯結晶在彩鹽瓶中的效果。

二、研究建議

我們在每一次的實作後會檢討不足之處和需要調整的地方，如：檸檬酸與水的比例、線的種類等，以下歸納幾點本研究的建議。

1. 在做結晶時有時候會失敗，可以設計多一些次數的結晶實作。
2. 在器材準備方面，做結晶時很耗檸檬酸，檸檬酸要準備多一點。
3. 在等待結晶時，晶種有時候會掉到底部，建議每次綁好晶種的時候要多檢查幾次，確認有綁緊。
4. 在製作彩鹽瓶時如果沒有形狀適合的結晶，可以從現有大塊結晶拆解小塊，但是要先想好希望取得的大小形狀，不然會白白浪費結晶成果。
5. 我們在作彩鹽瓶時沒有加入其他小飾品，建議製作前可以蒐集裝飾的小東西，或是準備特殊形狀的小瓶子，增加彩鹽瓶的美觀與創意性。
6. 建議之後想做結晶創意設計的學弟妹可以將結晶成果做成穿戴用飾品（例如項鍊、戒指等）或其他擺飾品。
7. 若有更充足時間，建議可以比較各種不同物質的結晶情形，例如：食鹽、明礬、硫酸銅、糖等等，創作更多元的結晶成果。
8. 建議未來也可以使用實驗研究法，探究各種變項對於結晶情形的影響。

研究心得

陳紹元

在我做完這個研究後，我覺得這個研究很有趣。因為在這個研究中我們可以做很多次實驗，並且每次都繼續改進，在最後做出成效較好的作品時，會很有成就感。這個研究我覺得在做結晶的時候沒做好，因為在做結晶時我們每次綁結晶都掉下去，在第一次綁的時候有綁好，結出來的結晶很美，但是裡面的線取不出來，而且線的顏色很明顯，後面掉下來的全部都結的像山一樣。最後在做彩鹽瓶時，是我覺得有

點難的地方，因為要想如何讓結晶在彩鹽瓶中變得漂亮。這個研究帶給我的收穫很多，不僅讓我更會做實驗，也更會整理資料，還學會了如何不依靠他人做好事情。最後，我覺得在最後一年能做出一個實驗，雖然有些做得不好，但是能和同學們一起做實驗的過程是最重要的，一起享受成功的喜悅，一起克服失敗的難關，研究能夠鍛鍊自己的能力，也能製造美好的回憶。

謝祺軒

在做了這個研究之後，我覺得製作結晶非常有趣，尤其是取出結晶的時候，這個步驟會決定實驗的成功或失敗，所以大家都會很緊張，當然也會失敗，例如晶種掉落、晶種融化等，也會遇到困難，例如：晶種沒有綁好讓結晶掉落，導致結晶在杯底，全部都結的像山一樣。最後我們在討論之後決定等水冷卻之後再放入晶種，才結出一個結晶型態比較完整的結晶，最後在做彩鹽瓶時，是我覺得最難的地方，因為如果不小心搖晃所有顏色都會混在一起變成黑色，除了將鹽染色之外，我們還嘗試將結晶染色，具體作法是：將不同色的粉筆灰倒入瓶中，放上一點裝飾，並放上精心挑選的結晶就完成了。

黃奕景

經過這次獨立研究和檸檬酸結晶的實驗後，我們實驗中雖然有遇到許多困難，例如時間不夠、檸檬酸比例不正確，或是結晶無法取出。雖然結晶製作有點(非常)難，可能一旦檸檬酸的比例不正確，檸檬酸結晶可能就變成了一坨檸檬酸，其實有方法可以阻止這樣，但因經費問題而買不起無水檸檬酸生產用的蒸發結晶器，不過以後去大學可能有裝置可以讓我們可以更好的結晶。(雖然我覺得我一定會忘記)

張格睿

我在研究中學到了有關於檸檬酸的原理，包含化學式，無水合物，檸檬酸種類，溶解度，沉澱反應，過飽和溶液，可以用作酸化劑、調味劑和螯合劑。而且我也和陳紹元、黃奕景，謝祺軒做了檸檬酸實驗，很好玩，雖然在製作檸檬酸結晶的

時候有一點意外，但我們還是做出了檸檬酸結晶，我們在製作結晶的時候有人把自己的手燙到了。由以上例子可得知做實驗要小心。

參考資料

檸檬酸介紹1

<https://zh-yue.wikipedia.org/wiki/%E6%AA%B8%E6%AA%AC%E9%85%B8>

檸檬酸介紹2

<https://www.worldtohome-tw.com/pages/citric-acid>

檸檬酸種類+功效

<https://health.businessweekly.com.tw/article/ARTL003014529>

結晶介紹

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%BB%93%E6%99%B6>

沉澱反應

https://resource.learnmode.net/upload/file_e/e47f939bb36c0b1a8026c3d586f0b9e47fdb0314

過飽和溶液介紹

<https://www.ehanlin.com.tw/app/keyword/%E9%AB%98%E4%B8%AD/%E5%8C%96%E5%AD%B8/%E9%81%8E%E9%A3%BD%E5%92%8C%E6%BA%B6%E6%B6%B2.html>

科學探究：彩色鹽沙瓶

https://www.mingpaocanada.com/VAN/htm/News/20161114/hk-gfw1_er_r.htm

檸檬酸結晶製作

<https://www.youtube.com/watch?v=IidKtCxpAzU>

彩鹽瓶製作教學

<https://www.kidsplay.com.tw/index.php/mobile/diy/content/1348>