

彰化縣 **114** 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選
作品說明書（封面）

作品編號：（由承辦單位編列）

組別：

☒ 國小組	☐ 數學類
	☒ 自然、科技類
☐ 國中組	☐ 人文社會類

作品名稱： 一起來「蜂巢」當小蜜蜂-探討蜂巢糖的製作

◎封面切勿出現校名、作者、校長及指導者姓名，違者不予收件。

彰化縣 114 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選

作品說明書

第一階段 研究訓練階段（教師撰寫）

一、近二年學校獨立研究課程之規劃

本校自三年級起提供資優學生相關課程服務，主要切分為兩大部分：研究技能訓練與獨立研究實踐。

課程目標：（一）能體驗發現及解決問題的過程。

（二）能熟練某領域的知識。

（三）能學會研究所需技能。

（四）能依個人興趣拓展相關知識。

（五）能培養正確與積極的研究態度。

（六）能學會與人分工合作的正確態度。

課程大綱如下圖：



二、學校如何提供該生獨立研究訓練

學校在安排獨立研究課程時，按照學生年級切分為三年級、四年級，以及高年級三層次，說明如下：

- (一) 三年級：針對三年級的資優生，會設計與學科相關的課程以拓展其知識基礎，每週安排兩節主題探索課程，主要在研究技巧的訓練方面，讓學生學習文書處理、資料蒐集與整理方法、圖書館運用、觀察與做筆記的能力、晤談方法。在資源教室的充實活動中，提供一般探索機會，搭配如數位相機、顯微鏡、簡單科學實驗技術等的操作練習。每年安排參訪多場展覽，讓學生能找出研究興趣與觀摩優秀作品，並隨時記錄有興趣的主題。
- (二) 四年級：在學科加深加廣方面與三年級相同，但進入此階段，學生已開始針對有興趣的主題進行研究，而非單純只蒐集資料。每週兩節課的獨立研究課程，四年級資優生主要擔任研究協助者，配合學長姐的引導，協助研究觀察與記錄工作，對於了解實際研究歷程與重點事項，是很重要的訓練。
- (三) 高年級：每週進行兩節課的獨立研究課程，實際進行研究，在教師協助下，完成「訂定主題」、「擬定工作進度與分配」、「擬定研究問題」、「蒐集資料與整理」、「尋求資源」、「實際研究與記錄」、「研究討論與發現」、「撰寫書面報告與分享」之流程。在此階段，教師的角色會依據學生能力，慢慢減少干預，擔任引導討論與技術指導之工作，掌握學生計畫安排與實際進度是否得宜，並在學生完成報告時協助修改。

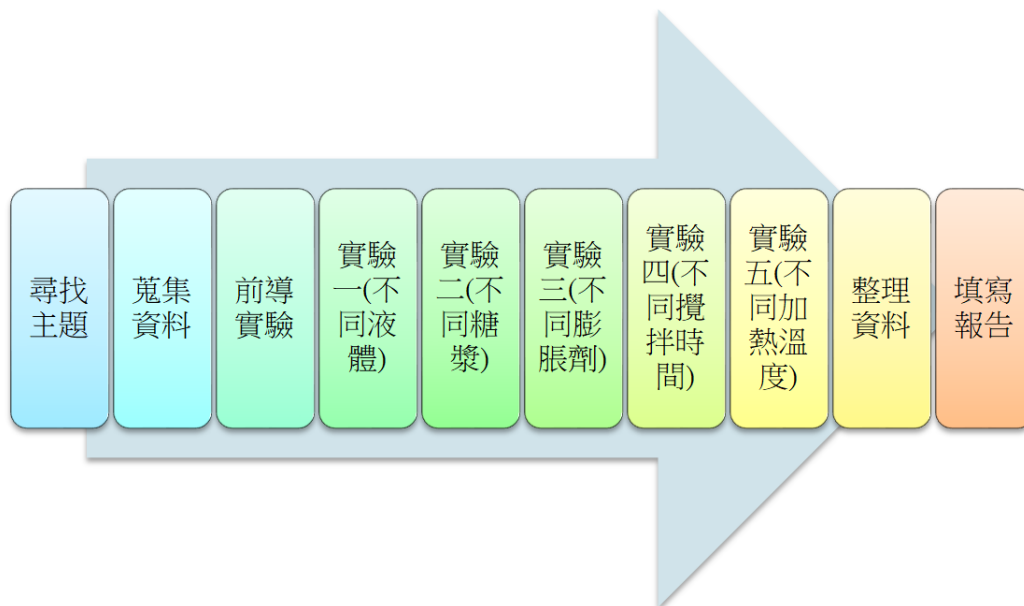
第二階段 獨立研究階段（由學生撰寫）

一、研究動機

一開始，老師要我們做獨立研究，我們上網查詢別人做的各式各樣的研究，討論過後，我對食物最感興趣，一直鎖定這個方向，後來找了一些極糖的資料，發現已經有了許多面向的探討研究，有點苦惱，後來又在 YOUTUBE 上看了一些影片，發現「蜂巢糖（honeycomb candy）」這個點心，與極糖有異曲同工之妙，想要更進一步了解，開始進行研究。

二、擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

（一）、研究計畫



（二）、研究問題

1. 探討不同種類的液體對於蜂巢糖的影響
2. 探討不同種類的糖漿對於蜂巢糖的影響
3. 探討不同種類的膨脹劑對於蜂巢糖的影響
4. 探討不同攪拌時間對於蜂巢糖的影響
5. 探討不同加熱溫度對於蜂巢糖的影響

(三)、工作進度表

時程 工作項目	09/1- 09/15	09/16- 09/30	10/1- 10/15	10/16- 10/31	11/01- 11/15	11/16- 11/30	12/01- 12/12
尋找主題	✓						
蒐集資料		✓					
前導實驗			✓				
實驗一 不同液體				✓			
實驗二 不同糖漿					✓		
實驗三 不同膨脹劑					✓		
實驗四 不同攪拌時間						✓	
實驗五 不同加熱溫度						✓	
整理資料							✓
填寫報告							✓

三、彙整相關文獻

(一)、蜂巢糖

蜂巢糖(honeycomb candy)的確切起源尚不清楚，但公認的歷史認為它起源於 20 世紀 40 年代的紐約州布法羅地區，有許多別稱，例如：Honeycomb toffee, sponge toffee, cinder toffee, seafoam, or hokey pokey，翻譯成：蜂巢太妃糖、海綿太妃糖、焦糖太妃糖、海泡糖或霍基波基糖，是一種太妃糖，是一種口感輕盈酥脆的焦糖甜點，質地輕盈、堅硬，類似海綿，由它的名稱可知外觀有許多氣孔，看起來就像蜂巢一樣。

蜂巢糖主要是由糖、糖漿和小蘇打（或稱為烘焙蘇打）混合而成，有時也添加醋等酸；藉由小蘇打和酸反應生成二氧化碳，二氧化碳被困在高黏度混合物中，海綿狀結構在糖為液態時形成，之後糖漿會凝固，形成孔洞，像海綿一樣，充滿微小氣泡，有時氣泡更大，形狀也更清晰。

製作蜂巢糖的過程簡單，主要材料為糖、水、糖漿（或蜂蜜）和小蘇打。製作方法主要可分為三階段，分別是：

1. 熬煮糖漿：將糖、糖漿和水在鍋中加熱，直到達到約攝氏 140 度。
2. 加入小蘇打：迅速加入小蘇打粉，與糖漿中的酸性物質或熱反應後產生二氧化碳。
3. 冷卻成形：將膨脹後的糖漿倒入鋪有烘焙紙的模具中冷卻凝固，然後再敲碎成塊狀。

（二）資料整理：因中文資料只有槧糖，整理後作為研究方向參考。

報告名稱	作者或出處來源	研究目的	研究重點摘要
煮膨糖	高雄市私立油廠國民小學 洪薇雅、黃姿蓁 徐浩博、梁永鈺 第 38 屆(民 87) 中小學科展	1. 探討使「膨糖」膨脹的原因。 2. 探討影響煮「膨糖」的各種因素。 3. 學習如何改變「膨糖」的口味。	1. 加入小蘇打。 2. 130 度，以攪拌速度適中，可以讓槧糖澎發。手持湯勺，在酒精燈上加熱。 3. 添加物會改變槧糖的性質。
利用科學方法研究古早	新北市私立南山高級中學 徐若瑄 第 57 屆(民 106)	1. 探討什麼是「糖煮熟了」之研究。 2. 觀察不同溫度加入小蘇打粉對槧糖的影響之研究。	1. 容易成功的溫度為 120°C~130°C。 2. 最佳溫度為 130°C 加入小蘇打粉，可膨脹成功形成外觀漂亮之槧糖。

味極糖	中小學科展	3. 探討成功製作極糖，糖和水的最佳比例之研究。 4. 「極糖」SOP 實做測試之研究。 5. 「極糖」不加入小蘇打粉，SOP 實做測試之研究。 6. 探討改變溶劑，對於極糖影響之研究。 7. 探討改變古早味「極糖」口味，創新產品民眾接受程度之調查。	3. 水量的多寡對於極糖成功與否影響不大，但水量越多所需的反應時間越長。 4. 加入小蘇打的目的是增加氣體體積。 5. 在口中以可樂最細，是因為氣體含量最高；加入牛奶可降低原味的甜膩感。
幫糖打氣~做膨糖	嘉義縣美林國小 張湘婷、陳相怡、陳怡辰、何文楷、蔡中晟。 嘉義縣第 54 屆(民 103)中小學科展	1. 如何固定小蘇打的用量。 2. 找出何種溫度能使糖成功膨脹。 3. 找出何種濃度能使糖成功膨脹。 4. 驗證膨糖與水的關鍵性。 5. 找出小蘇打用量能使糖成功膨脹。	1. 小蘇打粉的量用的真的很少。 2. 膨糖溫度在攝氏 120 度後會開始快速增加，在 135 度之後增加超快，如不小心常常會燒焦。
魷魚遊戲	屏東縣第 64 屆(民 113)中小學	1. 研究出糖和小蘇打粉的最佳比例。	1. 極糖的甜度約只有原料甜度的 1/6 。

之槌糖口味之研究	科展	2. 研發不同口味的槌糖。	2. 就縮脆度的實驗中，平均氣泡越大，響度越大。 3. 平均氣泡越大，槌糖在水中的溶解速度越快。 4. 槌糖加入小蘇打後，攪拌方式、速度、時間是造成氣泡大小的主要因素。
臺韓古早味零食－槌糖膨脹之研究	新北市鷺江國小 李祐絜 新北市 110 學年度獨立研究成果展 (民 111)	1. 探討不同糖液溫度對槌糖的影響。 2. 探討小蘇打粉加入後攪拌時間。 3. 探討加水對槌糖的影響。 4. 探討糖種類對韓式槌糖的影響。 5. 分析韓式槌糖及臺式槌糖的差異。	1. 槌糖最佳糖液溫度為 135 度。 2. 臺式槌糖攪拌時間 20 秒鐘使膨脹最佳。 3. 製作槌糖時加入 5g 的水可以降低溫度上升的速度。 4. 韓式槌糖糖液溫度高，適合用白砂糖。 5. 韓式槌糖為無孔洞的硬糖。臺式槌糖，為有孔洞且酥鬆的糖餅。
完美槌糖進化之路～糖液反砂與槌糖膨發	高雄市左營區福山國小 高雄市 113 年度國小學生獨立研究成果發表競賽得獎作品	1. 影響糖液反砂的因素。 2. 糖種類對膨發之影響。 3. 加熱溫度對膨發之影響。 4. 探討小蘇打粉放置時機對槌糖膨發之影響。	1. 糖液攪拌次數較少、電磁爐加熱瓦數大、需要有水加入皆能讓糖液成功加熱到 135 度而不會反砂。 2. 二砂糖的膨發高度和碎片狀態，都較適合作槌糖。 3. 使用電磁爐加熱到 145 度效果最好。 4. 後放小蘇較不會攪拌不均

研究		5. 探討加入小蘇打後的攪拌速度對極糖膨發之影響。 6. 探討加入小蘇打粉後的攪拌時間對極糖膨發之影響。 7. 探討加入小蘇打粉的量對極糖膨發之影響。	勻。 5. 不管小蘇打粉攪拌速度，都可以成功膨發，但電動攪拌機的攪拌速度越慢，極糖膨發高度越高。 6. 5 秒膨發最高，是最適合極糖膨發攪拌的秒數。 7. 小蘇打粉的份量越多，膨發高度越高，口味也越鹹。
----	--	---	--

(三)、前導實驗

蜂巢糖材料：砂糖 100 克，糖漿 30 毫升，水 50 毫升，小蘇打 5 公克。

實驗步驟一：

1. 在一個鍋子中，加入砂糖、糖漿和水。
2. 將鍋子放在火上加熱。
3. 開始沸騰冒氣泡，就開始攪拌。
4. 使用溫度計測量溫度，確保浸入糖漿，但不接觸鍋底。
5. 讓糖漿繼續沸騰，直到溫度達到 140 ° C(284 ° F)。

實驗步驟二：

1. 糖漿到達 140 °C，立即離火，放在耐熱墊上。
2. 將準備好的小蘇打倒入糖漿中。
3. 用橡皮刮刀快速且大力攪拌。
4. 一旦小蘇打粉不再可見，立即停止攪拌，避免產生的氣泡消氣。

實驗步驟三

1. 小心地將膨脹的糖漿倒入準備好的模具中。
2. 將模具放入冰箱冷藏。
3. 一旦完全變硬，拿起烘焙紙，將蜂巢糖從模具中取出。

(四)、前導實驗的問題與調整

我們用上述研究資料歸納整理後進行前導實驗，發現在製作過程中不是很順利，因此提出問題討論並思考解決方法。

問題分類	問題敘述	調整方法
加熱糖液	我們先將水和砂糖加到鍋子裡，用卡式爐加熱，但不確定何時攪拌，所以有一部分焦掉。	1. 將水和砂糖加到鍋子裡，加熱到水開始冒泡泡後，再開始攪拌。 2. 卡式爐的爐火太大，改為使用電磁爐，加熱比較均勻，不容易焦掉。
加入小蘇打粉	我們加熱糖液後，加入了小蘇打粉，但因為沒有過篩所以攪拌後有一塊一塊白白的地方。	之後我們倒入小蘇打粉前就先過篩，成功避免白色結塊。
敲打	我們使用積木做出了敲打設施「小雞啄米」，卻發現敲擊的重量不夠，每次凹陷不深，要敲打非常多次數，敲打不完。	老師帶來小鐵槌，改良敲打設施，之後順利敲碎蜂巢糖，能看到凹陷裂橫。

(五)、膨脹劑定義：是一種食品添加物，能讓麵糊或麵團在烘烤或油炸時產生氣體，使體積膨脹，內部形成蓬鬆、柔軟或酥脆的多孔結構。

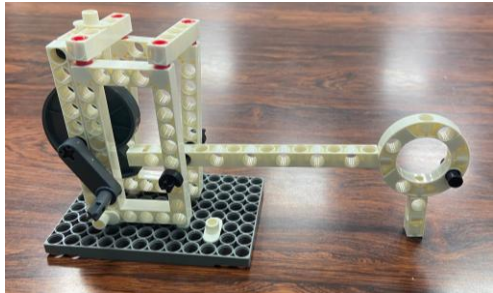
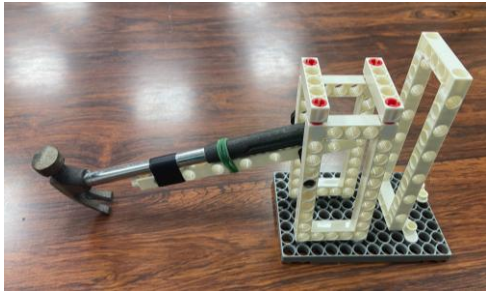
名稱 (化學式)	簡介
蘇打粉	1. 小蘇打亦稱蘇打粉、重曹、焙用鹼(baking soda)，

(碳酸氫鈉 NaHCO_3)	是碳酸氫鈉的俗稱，外觀是白色細小晶體，在水中的溶解度小，呈弱鹼性。 2. 在食品上主要用於製作麵包、蛋糕、饅頭等麵製品的膨鬆劑，是加入生麵團或麵糊中，使最終產品蓬鬆軟化的物質。經常被用作中和劑，例如平衡巧克力的酸性。 3. 小蘇打遇熱會開始逐漸分解，分解的化學反應式為： $2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ 這個反應會產生二氧化碳氣體，使糖漿膨脹，形成蓬鬆的口感。
泡打粉	1. 複合膨鬆劑（英語：baking powder），又稱發粉、泡打粉、發酵粉、發泡粉，是一種以碳酸鹽或者碳酸氫鹽加弱酸為主要成分的化學膨鬆劑，主要作用機制是通過酸鹼反應來製造二氧化碳。 2. 泡打粉在加工過程中受熱產生氣體，使食品更加膨鬆、柔軟，常用於速成麵包、油條、餅乾等食品。 3. 發粉通常由鹼性劑、酸性劑和填充劑複合而成。鹼性劑通常是碳酸鹽或者碳酸氫鹽，如碳酸氫鈉(小蘇打)；酸性劑通常為硫酸鋁鉀（明礬）、酒石酸氫鉀、酸式焦磷酸鈉或者磷酸二氫鈣；填充劑通常是澱粉等。鹼性劑和酸性劑遇水遇熱發生化學反應產生二氧化碳等氣體，同時兩者要達到酸鹼平衡，填充劑則主要是為了控制酸鹼反應的時間、氣體釋放量和保持乾燥。
銨粉 (碳酸氫銨 NH_4HCO_3)	1. 碳酸氫銨是一種離子化合物，俗稱銨粉，是一種白色結晶狀的化學物質，帶有刺鼻的氨味，即一般俗稱的「阿摩尼亞」。 2. 碳酸氫銨溶液放置在空氣中或在加熱時會釋放二氧化碳，使溶液鹼性增強。 3. 碳酸氫銨在 $36\sim 60^\circ\text{C}$ 時會分解產生氨氣、二氧化碳和水，這是吸熱過程，和許多銨鹽一樣，會使水溫下降。 $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \longrightarrow \text{NH}_3\uparrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 與酸反應產生二氧化碳，與鹼則產生氨氣。 主要作為食品膨脹劑，能讓烘焙和油炸食品變得膨鬆。

塔塔粉 (酒石酸氫鉀 $KHC_4H_4O_6$)	1. 塔塔粉是一種酸性白色粉末，主要成分是酒石酸氫鉀，是酒石酸鉀的酸式鹽，通常為無色至白色斜方晶系結晶性粉末，在水中的溶解度隨溫度而變化；主要是從葡萄酒釀造過程中產生的副產品中提煉而來的。 2. 主要作用是酸性劑，在烘焙時用來幫助蛋白打發，使其更穩定、顏色更潔白，並防止烘焙成品下陷，同時中和蛋白的強鹼性，使蛋糕顏色更雪白，組織更細緻。
----------------------------------	--

四、資料分析

(一)、敲打器製作

名稱	第一代敲打器 「小雞啄米」	第二代敲打器 「鐵鎚拆家」
相片		
狀況	破壞痕跡小，要敲打許久。	

(二)、實驗一 改變液體的種類對蜂巢糖的影響

1. 控制變因：砂糖 100 公克，豐年果糖(玉米糖漿) 30 毫升，小蘇打粉 5 公克，電磁爐上加熱至 140 度，固定同一人攪拌小蘇打粉 10 秒。
2. 操縱變因：使用含糖飲料(50 毫升)代替水，我們使用的飲料有：可樂、美麗果、寶礦力、可爾必思。
3. 應變變因：
 - (1) 觀察外觀顏色。
 - (2) 測量重量、長寬高，計算體積、密度和膨脹倍數。
 - (3) 掰開成兩半，觀察測量最大孔洞直徑。
 - (4) 以積木裝置敲打測量脆度。

(三)、實驗二 改變糖漿的種類對蜂巢糖的影響

1. 控制變因：砂糖 100 公克，水 50 毫升，小蘇打粉 5 公克，電磁爐上加熱至 140 度，固定同一人攪拌小蘇打粉 10 秒。
2. 操縱變因：使用其他種類的糖漿(30 毫升)，糖漿的種類有：蜂蜜、荔枝蜜、楓糖、水麥芽。
3. 應變變因：
 - (1) 觀察外觀顏色。
 - (2) 測量重量、長寬高計算體積、密度和膨脹倍數。
 - (3) 掰開成兩半，觀察測量最大孔洞直徑。
 - (4) 以積木裝置敲打測量脆度。

(四)、實驗三 改變膨脹劑的種類對蜂巢糖的影響

1. 控制變因：砂糖 100 公克，水 50 毫升，豐年果糖(玉米糖漿) 30 毫升，電磁爐上加熱至 140 度，固定同一人攪拌膨脹劑 10 秒。
2. 操縱變因：使用其他膨脹劑(5 公克)代替小蘇打粉，我們使用的膨脹劑有：小蘇打粉、泡打粉、銨粉、塔塔粉。
3. 應變變因：
 - (1) 觀察外觀顏色。
 - (2) 測量重量、長寬高，計算體積、密度和膨脹倍數。
 - (3) 掰開成兩半，觀察測量最大孔洞直徑。
 - (4) 以積木裝置敲打測量脆度。

(五)、實驗四 改變不同攪拌時間對蜂巢糖的影響

1. 控制變因：砂糖 100 公克，水 50 毫升，豐年果糖(玉米糖漿) 30 毫升，小蘇打粉 5 公克，電磁爐上加熱至 140 度，固定同一人攪拌小蘇打粉。
2. 操縱變因：攪拌時間不同，測試的秒數有：5、10、15、20 秒。
3. 應變變因：
 - (1) 觀察外觀顏色。
 - (2) 測量重量、長寬高，計算體積、密度和膨脹倍數。
 - (3) 掰開成兩半，觀察測量最大孔洞直徑。
 - (4) 以積木裝置敲打測量脆度。

(六)、實驗五 改變不同加熱溫度對蜂巢糖的影響

1. 控制變因：砂糖 100 公克，水 50 毫升，豐年果糖(玉米糖漿) 30 毫升，小蘇打粉 5 公克，固定同一人攪拌小蘇打粉 10 秒。

2. 操縱變因：使用不同的溫度，溫度設在:130、135、140、145 度

3. 應變變因：(1)觀察外觀顏色。

(2)測量重量、長寬高計算體積、密度和膨脹倍數。

(3)掰開成兩半，觀察測量最大孔洞直徑。

(4)以積木裝置敲打測量脆度

五、研究結果與討論

(一)、實驗一改變液體種類蜂巢糖紀錄表

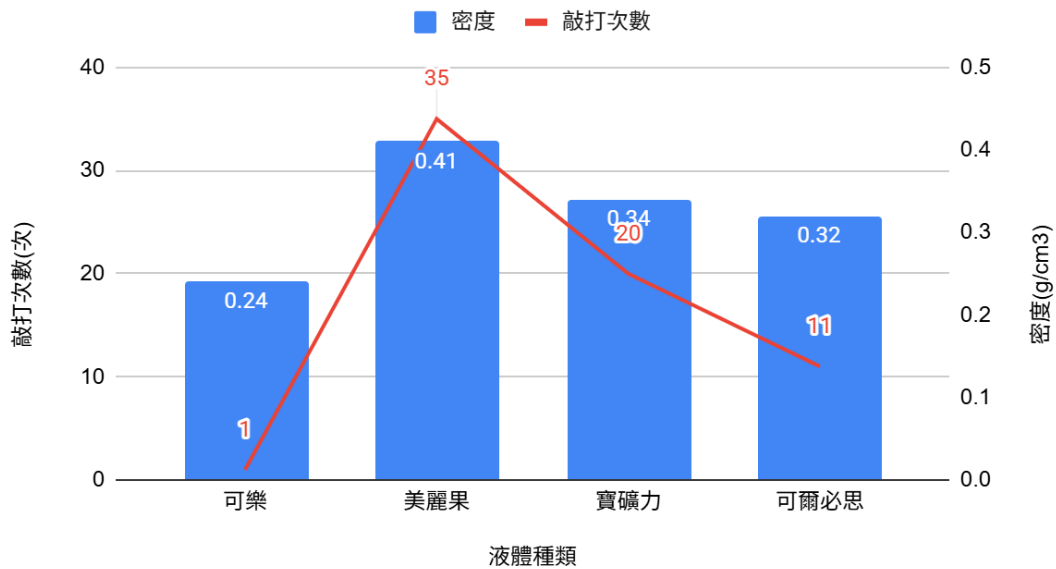
液體(50ml)	可樂	美麗果	寶礦力	可爾必思
酸鹼值(pH 值)	2.8	3.9	3.8	3.7
實驗照片				
外觀顏色	深琥珀色(最深 1)、有氣泡	橘黃色(4)、橘子味飄散	開始顏色淺後來顏色深、琥珀色(2)	咖哩色(3)、養樂多味道飄散
初始體積	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.4 = 210.4$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5 = 7.36$ $210.4 + 7.36 = 217.5$	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.4 = 210.14$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5 = 7.36$ $210.14 + 7.36 = 217.5$	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.2 = 200.59$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5 = 7.36$ $200.59 + 7.36 = 207.95$	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.4 = 210.14$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5 = 7.36$ $210.14 + 7.36 = 217.5$

重量(g)	92	96	112	91.5
體積 (cm^3)	$4.7 \times 12.6 \times 6.5 = 384.93$	$3 \times 12.5 \times 6.2 = 232.5$	$11 \times 6 \times 5 = 330$	$11 \times 4 \times 6.6 = 290.4$
密度(g/cm^3)	0.24	0.41	0.34	0.32
膨脹 倍數	$384.93 / 217.5 = 1.77$	$232.5 / 217.5 = 1.07$	$330 / 207.95 = 1.59$	$290.4 / 217.5 = 1.34$
脆度(敲打次數)	1	35	20	11
最大孔洞直徑	1.5	0.5	0.9	0.5

實驗一改變液體種類蜂巢糖整理表

液體(50ml)	可樂	美麗果	寶礦力	可爾必思
密度(g/cm^3)	0.24	0.41	0.34	0.32
脆度(敲打次數)	1	35	20	11
膨脹倍數	1.77	1.07	1.59	1.34
酸鹼值(pH 值)	2.8	3.9	3.8	4.1

實驗一、不同液體種類蜂巢糖的密度和敲打次數組合圖



觀察與發現：

1. 外觀與結構：

a. 相較於前導實驗，可樂蜂巢糖的外觀顏色更深，加熱攪拌時氣泡比較多；而美麗果蜂巢糖的外觀顏色更淺，加熱攪拌時有橘子味飄散，表面孔隙多；顏色深淺順序分別是可樂蜂巢糖、寶礦力蜂巢糖、可爾必思蜂巢糖，顏色最淺的是美麗果蜂巢糖。

b. 可樂蜂巢糖的最大孔洞直徑是 1.5cm，明顯大於其他組，其他三者的最大孔洞直徑都小於 1cm，可見可樂蜂巢糖的氣體膨脹得最劇烈，使得氣泡壁也變薄，由之後只需 1 次的敲打可以映證。

2. 密度與脆度：

a. 我們觀察到密度是最高的美麗果蜂巢糖(0.41g/cm^3)，密度最低的是可樂蜂巢糖(0.24g/cm^3)，而且四者的密度都小於 1g/cm^3 ，也就是比水輕，是可漂浮於白開水上。

b. 敲打次數最多的是美麗果蜂巢糖，需要 35 次才會碎裂，可樂蜂巢糖只需敲打 1 次敲打就四分五裂，發現密度與敲打次數形成正相關，密度越高，所需敲打次數就越多。

3. 膨脹倍數

- a. 膨脹倍數最多的是可樂蜂巢糖，是 1.77 倍，膨脹倍數最小的是美麗果蜂巢糖，只有 1.07 倍，但是它們都大於一倍以上。
- b. 我們觀察發現可樂的 pH 值最低(2.8)，膨脹倍數越高，推論可樂的高酸度與小蘇打（鹼性）發生劇烈反應，產生大量氣體，導致結構極度鬆散（低密度）和極度易碎（高脆度）的特殊狀態。
- c. 我們發現不同液體種類的蜂巢糖膨脹倍數越大，內部氣泡多，結構鬆散，密度越小，敲打次數也越少，也就是蜂巢糖越脆，可以說是膨脹倍數與敲打次數呈現負相關。

(二)、實驗二 改變糖漿種類紀錄表

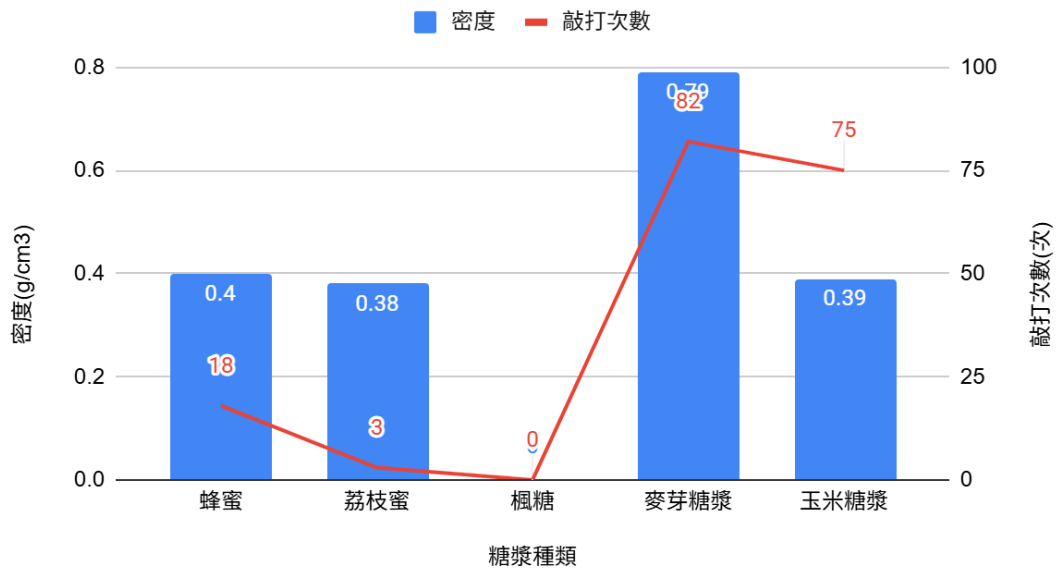
糖漿 (30ml)	蜂蜜	荔枝蜜	楓糖	麥芽糖漿	豐年果糖 (玉米糖漿)
實驗 照片					
外觀 顏色	糖漿是淺黃色蜂蜜味飄散，氣泡很多成品是咖哩色	糖漿是淺黃色，熬煮過程氣泡多，成品是麵包色	立刻成塊狀碎屑狀	金黃色，麥芽牛奶的味道	金黃色，最明亮
初始 體積	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.7 = 224.47$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.3 = 6.38$	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.6 = 219.69$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.3 = 6.38$	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.6 = 219.69$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.4 = 6.87$	$1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5 = 7.36$ $3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.4 = 210.14$	$1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5 = 7.36$ $3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.3 = 205.37$

	224.47 +6.38 =230.85	219.69 +6.38 =226.07	219.69 +6.87 =226.56	7.36 +210.14 =217.5	205.37 +7.36 =221.73
重量(g)	95.5	104.5	64	94	107.5
體積 (cm^3)	12*4*5 =240	13*7*3 =273	X	2.2*8.5 *6.4 =119.68	3.5*12.3 *6.4 =275.52
密度(g/cm^3)	0.40	0.38	X	0.79	0.39
膨脹 倍數	240 230.85 =1.04	273 226.07 =1.21	X	119.68 217.5 =0.55	275.52 221.73 =1.24
脆度(敲打次數)	18	3	X	82	75 (2公分)
最大孔洞直徑	0.7	0.4	X	1	1.4

實驗二改變糖漿種類蜂巢糖整理表

糖漿(30ml)	蜂蜜	荔枝蜜	楓糖	麥芽糖漿	豐年果糖 (玉米糖漿)
密度(g/cm^3)	0.40	0.38	X	0.79	0.39
脆度(敲打次數)	18	3	X	82	75 (2公分)
膨脹倍數	1.04	1.21	X	0.55	1.24

實驗二、不同糖漿種類蜂巢糖的密度和敲打次數組合圖



觀察與發現：

1. 外觀與結構：

a. 實驗過程中，楓糖糖漿只要一加入小蘇打粉攪拌，那就會變成立即凝固，呈現塊狀、碎屑狀；我們查詢資料得知楓糖的主要成分是蔗糖，又聯想到我們所閱讀的台式極糖作法也是砂糖(蔗糖)加水離火加上小蘇打粉立刻膨脹冷卻，所以推論楓糖糖漿因主要成分是蔗糖，蔗糖於高溫下快速結晶，無法形成氣泡結構，所以不適合用來製作蜂巢糖。

b. 不同的糖漿蜂巢糖成品顏色大多都是淺黃色或金黃色，而且會因為加入的糖漿不同而有明顯的味道。

2. 密度與脆度：

a. 從圖表中可以發現密度最高的是麥芽糖漿蜂巢糖，密度是 0.79g/cm^3 ；而密度最低的是荔枝蜜蜂巢糖，密度是 0.38g/cm^3 。

b. 從圖表中可以發現敲打次數最高的是麥芽糖蜂巢糖，需要敲打 82 次才會碎裂；而荔枝蜜蜂巢糖敲打次數最低，只需敲打 3 次即破裂。

再次驗證實驗一的結論：蜂巢糖的密度與敲打次數呈正相關，也就是越低密度的蜂巢糖，氣泡結構越鬆散，糖體越脆。

3. 膨脹倍數：

- a. 從圖表中可以發現膨脹倍數最少的是麥芽糖漿蜂巢糖，只有 0.55 倍，不足 1 倍，這表示成品體積比初始糖漿體積更小，這可能是熬煮糖漿過程中水分蒸發，麥芽糖漿幾乎沒有困住二氧化碳氣體，或產生的氣體量極少，所以它非常堅硬，需要敲打 82 次才能碎裂。
- b. 其他的蜂巢糖膨脹倍數都有超過 1 倍，最多的是玉米糖漿蜂巢糖，是 1.24 倍。
- c. 雖然豐年果糖(玉米糖漿)的數據不太符合，但是其他三種蜂巢糖還是呈現「膨脹倍數越大時，密度愈小，敲打次數越少，脆度越高」的趨勢。

(三)、實驗三 改變膨脹劑種類紀錄表

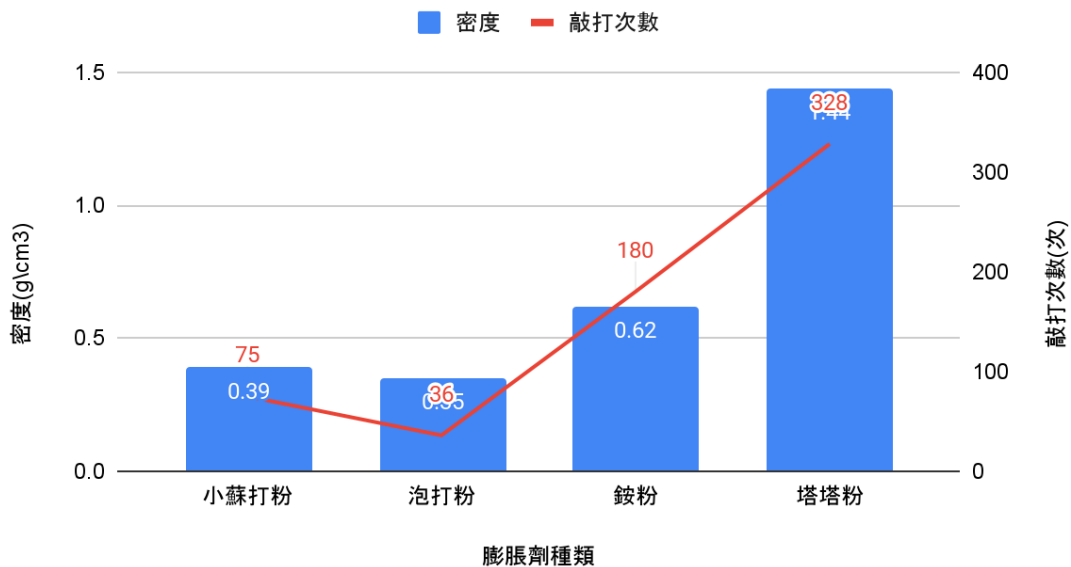
膨脹劑 (5g)	小蘇打粉	泡打粉	銨粉	塔塔粉
實驗 照片				
外觀 顏色	金黃色	米黃色、吃起 來有點酸酸的	金黃色、內部 氣泡很大很多	土黃色、沒有 明顯的膨脹
初始體積	$1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5$ $= 7.36$ $3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.3 = 205.37$	$1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.6$ $= 7.85$ $3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.5 = 214.92$	$1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5$ $= 7.36$ $3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.6 = 219.69$	$1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 2.3$ $= 11.28$ $3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.9 = 234.02$

	205.37+7.36 =221.73	214.92+7.85 =222.77	7.36+219.69 =227.05	10.3+219.6 =229.9
重量(g)	107.5	93	66.5	95.5
體積 (cm^3)	3.5*12.3*6.4 =275.52	6.4*10.3*4 =263.58	9*2*6=108	11*4*1.5=66
密度(g/cm^3)	0.39	0.35	0.62	1.44
膨脹倍數	275.52 221.73 =1.24	263.58 222.77 =1.18	108 227.05 =0.48	66 229.9 =0.29
脆度(敲打 次數)	75 (2 公分)	36	180 (2 公分)	12 (1.5 公分)
最大孔洞直徑	1.4	2.5	0.4	X

實驗三改變膨脹劑種類蜂巢糖整理表

膨脹劑	小蘇打粉	泡打粉	銨粉	塔塔粉
密度(g/cm^3)	0.39	0.35	0.62	1.44
脆度(敲打次數)	75 (2 公分)	36	180 (2 公分)	328 (2 公分)
膨脹倍數	1.24	1.18	0.48	0.29

實驗三、不同膨脹劑種類蜂巢糖的密度和敲打次數



觀察與發現：

1. 外觀與結構：

- 我們發現，塔塔粉的顏色是較深的土黃色，和其他膨脹劑淺黃色明顯不同。
- 塔塔粉看起來是完全沒有氣泡，像一塊光滑的肥皂，其他三者都有很多又細小的孔洞。

2. 密度與脆度：

- 四者當中，泡打粉蜂巢糖的密度最低，只有 0.35g/cm^3 ，有較多的孔洞，比較不紮實；而塔塔粉的密度最高，是 1.44g/cm^3 ，所以比較紮實，較難敲打，而且其他三者的密度都小於 1g/cm^3 。
- 再次驗證實驗一的結論：蜂巢糖的密度與敲打次數呈正相關，也就是越低密度的蜂巢糖，氣泡結構越鬆散，糖體越脆。

3. 膨脹倍數：

- 銨粉蜂巢糖和塔塔粉蜂巢糖的膨脹倍數較小，不到 1 倍；從文獻探討的資料，我們知道銨粉在相對低溫（約 60°C ）就會開始分解，產生大量的氣體，而此時糖漿的黏度還很低，無法有效地困住這些氣體，導致最終無法形成蜂巢結構；而塔塔粉本身是酸性物質，無法單獨在高溫下產生氣體，因此，蜂巢糖沒有膨脹，密度高於水。

b. 小蘇打粉與泡打粉膨脹倍數較大，大於 1 倍，從文獻資料中得知泡打粉是複合膨鬆劑，主要是鹼性劑、酸性劑和填充劑複合而成，而鹼性劑通常是酸氫鈉(小蘇打)，故二者膨脹倍數接近。

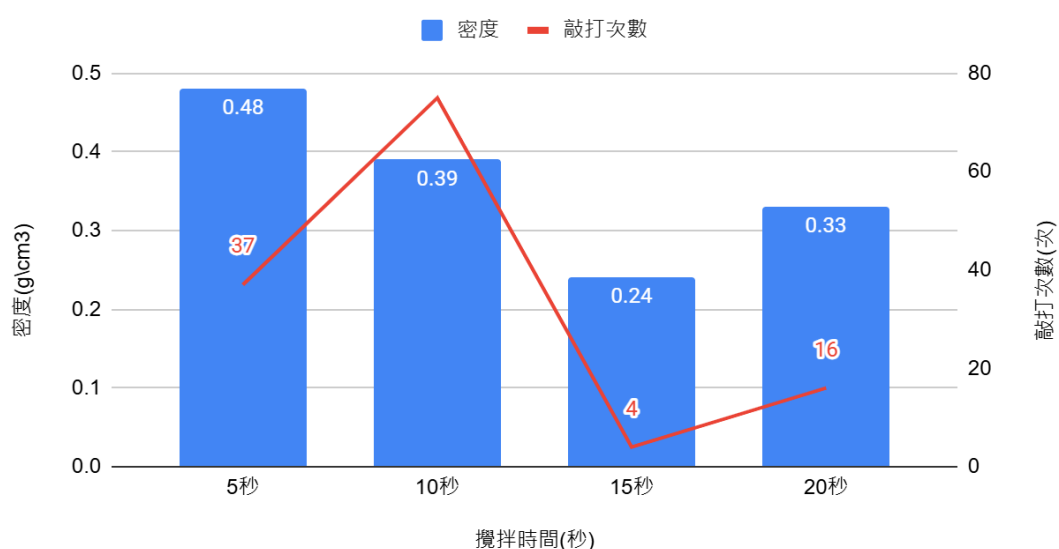
(四)、實驗四 改變小蘇打粉攪拌時間紀錄表

攪拌時間	5 秒	10 秒	15 秒	20 秒
實驗照片				
外觀顏色	金黃	金黃	金黃	咖哩
初始體積	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.6 = 219.69$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 2.5 = 7.36$ $219.69 + 7.36 = 227.05$	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.3 = 205.37$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5 = 7.36$ $205.37 + 7.36 = 221.73$	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.5 = 214.92$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5 = 7.36$ $214.92 + 7.36 = 222.28$	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.7 = 224.47$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5 = 7.36$ $224.47 + 7.36 = 231.83$
重量(g)	85.5	107.5	74.5	68
體積(cm^3)	$2.5 \times 11 \times 6.5 = 178.75$	$3.5 \times 12.3 \times 6.4 = 275.52$	$11 \times 7 \times 4 = 308$	$4.3 \times 9 \times 5.4 = 208.98$
密度(g/cm^3)	0.48	0.39	0.24	0.33
膨脹倍數	178.75 227.05 $=0.79$	275.52 221.73 $=1.24$	308 222.28 $=1.39$	208.98 231.83 $=0.9$
脆度(敲打次數)	37(2 公分)	75(2 公分)	4	14+2
最大孔洞直徑	0.7	1.4	1	0.6

實驗四改變小蘇打粉攪拌時間蜂巢糖整理表

攪拌時間(秒)	5 秒	10 秒	15 秒	20 秒
密度(g/cm^3)	0.48	0.39	0.24	0.33
脆度(敲打次數)	37(2 公分)	75(2 公分)	4	14+2
膨脹倍數	0.79	1.24	1.39	0.9

實驗四、不同攪拌時間蜂巢糖的密度和敲打次數組合圖



觀察與發現：

1. 外觀與結構：

a. 前面三者的顏色，都呈現淺黃色，但是攪拌速度 20 秒的蜂巢糖呈現的是咖哩色。

b. 實驗過程中，我們發現小蘇打粉攪拌時間只有 5 秒鐘是不夠的，常常會看到許多白色小蘇打粉末融入其中，其餘 10~20 秒的攪拌時間是較為充足，小蘇打粉都可以完全融入糖漿中。

2. 密度與脆度：

a. 我們觀察到它們的密度都小於 $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ ，從圖表中可以發現密度最高的是攪拌時間 5 秒的蜂巢糖，密度是 $0.43\text{g}/\text{cm}^3$ ；而密度最低的是攪拌時間 15 秒的蜂巢糖，密度是 $0.24\text{g}/\text{cm}^3$ 。

b. 從圖表中可以發現攪拌時間 15 秒的蜂巢糖密度最低，結構鬆散，敲打次數只需敲打 4 次即破裂；密度第二低的是攪拌時間 20 秒的蜂巢糖，需要敲打 16 次；而攪拌時間 10 秒的蜂巢糖，密度第三名，敲打次數高達 75 次，這三者的密度與敲打次數呈正相關，也就是密度越低，敲擊次數越少；但是攪拌時間 5 秒的蜂巢糖不符合，可能與是否充分融入糖漿中有關。

3. 膨脹倍數：

a. 從圖表中可以發現膨脹倍數最少的是攪拌時間 5 秒的蜂巢糖，只有 0.79 倍，代表小蘇打粉未能充分與糖漿融合，產生比較少的氣泡，而攪拌時間 15 秒的蜂巢糖，膨脹倍數是 1.39 倍，代表小蘇打粉能充分與糖漿融合反應，產生比較多的氣泡。

b. 我們觀察到前三者隨著攪拌時間秒數增加，膨脹倍數也隨之增加，呈現正相關，推論攪拌時間較為充裕，有助於小蘇打粉的加熱反應產生二氧化碳，增加體積，但超過 15 秒之後，可能導致部分氣泡在攪拌中破裂逸散，所以 20 秒的膨脹倍數降低。

(五)、實驗五改變加熱溫度蜂巢糖紀錄表

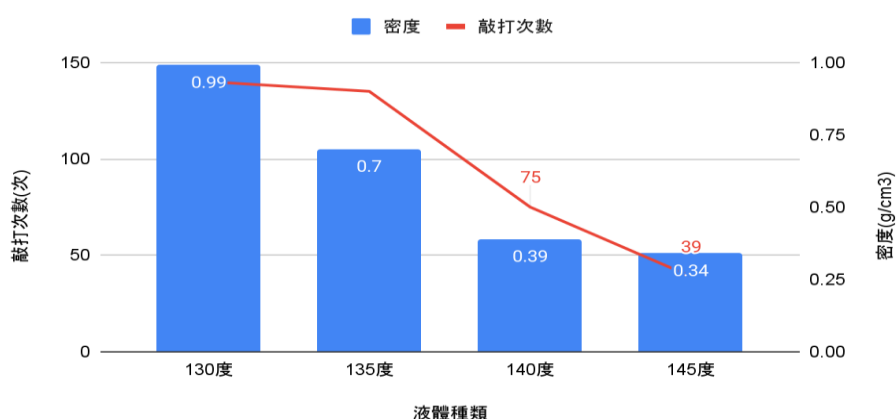
加熱溫度 (攝氏)	130 度	135 度	140 度	145 度
實驗 照片				
外觀 顏色	淺黃色	淺黃色	金黃色	金黃色

初始體積	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.75$ $=226.86$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.4$ $=6.87$ $226.86 + 6.87 =$ 233.73	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.75$ $=226.86$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.4$ $=6.87$ $226.86 + 6.87 =$ 233.73	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.3$ $=205.37$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5$ $=7.36$ $205.37 + 7.36 =$ 221.73	$3.9 \times 3.9 \times 3.14 \times 4.4$ $=210.14$ $1.25 \times 1.25 \times 3.14 \times 1.5$ $=7.36$ $210.14 + 7.36 =$ 217.5
重量(g)	118.5	117.5	107.5	96.5
體積 (cm^3)	$2 \times 4.8 \times 12.5$ $=120$	$13 \times 6.5 \times 2$ $=169$	$3.5 \times 12.3 \times 6.4$ $=275.52$	$14 \times 5 \times 4 = 280$
密度(g/cm^3)	0.99	0.7	0.39	0.34
脆度(敲打次數)	140	135	75(2公分)	39
膨脹倍數	120 233.73 $=0.51$	169 233.73 $=0.72$	275.52 221.73 $=1.24$	280 217.5 $=1.29$
最大孔洞直徑	0.9	1	1.4	0.5

實驗五改變加熱溫度蜂巢糖整理表

加熱溫度(攝氏)	130 度	135 度	140 度	145 度
密度(g/cm^3)	0.99	0.7	0.39	0.34
脆度(敲打次數)	140	135	75(2公分)	39
膨脹倍數	0.51	0.72	1.24	1.29

實驗五、不同加熱溫度蜂巢糖的密度和敲打次數組合圖



觀察與發現：

1. 外觀與結構：我們發現不同的加熱溫度對顏色並沒有太大的影響，因為這些蜂巢糖的顏色都是淺黃色或金黃色。
2. 密度與脆度：
 - a. 我們觀察到它們的密度都小於 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 。
 - b. 從圖表中可以發現密度最高的是 130 度的蜂巢糖，密度接近水是 $0.99\text{g}/\text{cm}^3$ ；而密度最低的是 145 度的蜂巢糖，密度是 $0.34\text{g}/\text{cm}^3$ 。
 - c. 從圖表中可以發現敲打次數最高的是 130 度的蜂巢糖，需要敲打 140 次才會碎裂；而 145 度的蜂巢糖敲打次數最低，只需敲打 39 次即破裂。再次驗證密度與敲打次數呈正相關，也就是密度越高，敲擊次數越多。
3. 膨脹倍數：我們發現加熱溫度越高的蜂巢糖，膨脹倍數越大，密度越小，敲打次數越少，脆度越高，加熱溫度與脆度呈現正相關趨勢。

(六)、結論

1. 液體：可樂蜂巢糖最脆，密度最小，膨脹倍數最多，推論酸性液體可增加蜂巢糖的脆度。
2. 糖漿：楓糖、麥芽糖都不適合製作蜂巢糖，前者會立即凝固，後者高黏度阻礙氣泡形成，導致成品實心、膨脹狀況差。
3. 膨脹劑：銨粉和塔塔粉不適合製作蜂巢糖，膨脹倍數不足 1 倍，代表完全沒有膨脹，且銨粉製作過程味道太重了。

4. 小蘇打粉攪拌秒數：小蘇打粉攪拌時間控制在 10~15 秒中最適當，太短、太長都導致膨脹狀況不佳，不足 1 倍。
5. 加熱溫度：蜂巢糖的加熱溫度必須在攝氏 140 度以上，糖漿與小蘇打粉才能充分產生反應，膨脹倍數才有達 1 倍以上。
6. 在所有成功的蜂巢糖實驗中，密度與脆度（敲打次數）的關係呈現高度一致的趨勢，也就是：
- {膨脹倍數} ↑ → {密度} ↓ → {敲打次數} ↓ → {脆度} ↑。
7. 成功製作出高品質蜂巢糖的關鍵，在於達到一個完美的平衡：偏酸性的液體，適合的糖漿（非蔗糖、非麥芽糖），小蘇打粉攪拌 10~15 秒，加熱溫度達 140~145 度，使糖漿在最佳時機凝固，從而保留氣體，形成密度適中、兼具膨脹與堅硬度的蜂巢結構。

六、評鑑與檢討：上述每一階段的省思與收穫

（一）研究動機：我們在尋找主題過程中，原本先嘗試果皮清潔這個主題，想要自製果皮清潔劑，探討環保清潔的研究方向，但是因為無法克服清潔過後「乾淨程度」數據化的問題，只能以個人觀點觀察，感覺太過主觀，所以放棄；後來又上網尋找靈感，因為我一直對美食感興趣，找了許久，想要鎖定食物類的研究，最後在網路上看到「蜂巢糖」影片，覺得很有趣！材料並不會太複雜，操作過程又容易上手，做完之後，又有點心可以吃，真是一個一舉多得的主題，獲得大家一致認同，展開研究。

（二）研究方向：閱讀完這些文獻資料，我們發現蜂巢糖與槿糖有異曲同工之妙，所以我們有了一些實驗的想法，想到兩大類的研究方向，分別是改變材料及改變操作手法，前三個實驗是改變液體、糖漿與膨脹劑，後兩個實驗是改變小蘇打攪拌時間與加熱溫度。

（三）、彙整相關文獻資料：一開始我們發現了一部英文影片，在製作西方點心蜂巢糖，藉由翻譯幫助我們理解內容，我們就開始準備材料，慢慢摸索試驗，展開前導實驗。前導實驗過程中，我們遇到一些問題，第一個是使用卡式爐加熱糖漿，因為加熱火量大不均勻，

容易燒焦，所以改用電磁爐，讓糖漿能平均受熱；第二個是我們不知道攪拌的時機，經過數次摸索，才發現糖漿開始冒泡之後是開始攪拌的最佳時機。

(四)資料分析：

實驗過程中，因為是加熱高溫，老師友幫我們準備手套，提醒我們要小心，但是操作過程中，兩人合作，一人負責攪拌，一人手持溫度計測量溫度，偶爾還是會因手忙腳亂，混亂中不小心揮舞溫度計，有人輕微燙傷或刺到皮膚，所以這個實驗有危險性，教師提醒我們時時刻刻都要注意，不然意外就會在疏忽中發生。

糖漿熬煮完後，放置冰箱冷藏之後，蜂巢糖成品就完成了，之後我們要開始觀察測量，觀察測量都還算順利，但是敲打部分就遇到難題，原本使用「小雞啄米」的積木裝置敲打，但發現敲擊的重量不夠，每次凹陷不深，要敲打非常多次數，所以我們改造裝置，綁上小鐵槌，變成「鐵鎚拆家」，就順利許多。

另外，我們還發現在盛裝蜂巢糖的過程中，因為有糖漿非常黏稠，光是從鍋裡倒入模具的過程中，就必須眼明手快，稍微動作慢一點，糖漿就凝固，非常不好操作，耗損率有點大；另外我們也注意到蜂巢糖糖漿在模具中，流動不平均，操作手法是盛裝時將模具敲打幾下，讓糖漿凝固過程更貼合模具，測量體積時會更準確。

在實驗二改變膨脹劑的銨粉實驗中，我們不知道銨粉的阿摩尼亞味那麼重，所以在加入煮好的糖漿時，我不小心嗆到，走到走廊呼吸幾口新鮮空氣之後，才消除掉鼻子裡一部分阿摩尼亞味，其他人也被嗆到了，但沒有吸那麼大口，所以繼續做著實驗，銨粉實驗讓人印象深刻。

(五)研究結果與討論：這次的實驗需要測量許多數據，例如：初始體積、重量、成品體積等，接著又利用這些數據來計算，又得到許多新數據，例如：膨脹倍數和密度，最後老師又要求我們認真觀察這些數據，努力思考找出關係，搞得我頭昏眼花，要釐清數據的意義以及關係，真是辛苦！

七、參考資料(未附者不予審查)

1. Professional Baker Teaches You How To Make HONEYCOMB!
<https://www.youtube.com/watch?v=RIaToZrrBuU>
2. 4 Ingredient Maple Honeycomb Candy Sponge Toffee
<https://www.youtube.com/watch?v=Mx6KHQfvul8>
3. 中華民國第 38 屆中小學科學展覽會作品說明書/煮膨糖
<https://reurl.cc/9b4MWa>
4. 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品說明書/利用科學方法研究古早味槌糖 <https://reurl.cc/pK67ox>
5. 嘉義縣第 54 屆(民 103)中小學科展/幫糖打氣~做膨糖
<https://reurl.cc/Vm0vKZ>
6. 屏東縣第 64 屆(民 113)中小學科展/魷魚遊戲之槌糖口味之研究
<https://reurl.cc/oKVo0q>
7. 新北市 110 學年度獨立研究成果展/臺韓古早味零食 -槌糖膨脹之研究 <https://reurl.cc/Vm0vyy>
8. 高雄市 113 年度國小學生獨立研究成果發表競賽得獎作品/完美槌糖進化之路 ~糖液反砂與槌糖膨發研究 <https://reurl.cc/pK90gd>