

新北市土城區廣福國小第11屆資優班獨立研究

槓糖成功方程式



研究者：林宥恩、洪翊祐、紀曉逸、廖婕沂

指導老師：呂佩樺老師

摘要

一開始，我們並不確定要進行什麼樣的研究，但我們想做與食物有關的實驗，最終，我們決定以槌糖的製作過程為實驗主題。

我們總共做了三個實驗，分別為：比較不同鍋具的加熱和散熱效果、不同糖與水的比例對槌糖的影響和加入小蘇打粉後的不同攪拌時間對的影響，透過科學方法研究影響槌糖成功的變因。

實驗結果發現，鑄鐵鍋在加熱與散熱上表現穩定，最適合用於槌糖實驗；如果只控制加入小蘇打粉後攪拌時間對槌糖槌發影響不大，且可能會導致反砂現象；而水量只要不要太少，槌糖都能成功槌發，只是孔洞結構和加熱時間會略有不同。

我們也發現加熱槌糖時的攪拌速度和加入小蘇打粉後的攪拌速度對槌糖槌發的效果有很大的影響，因此之後如果有人要做槌糖，可以固定攪拌速度，讓變因固定避免影響實驗結果。

第壹章、緒論

一、研究動機

一開始，我們對要進行什麼樣的研究並沒有明確的方向，但因為我們希望能一起進行研究，經過討論後，大家達成一個共識——我們想選擇與食物相關的實驗主題。這樣一來，不論實驗結果是成功還是失敗，最終至少都能品嚐到成果。於是，每位成員都提出自己感興趣的研究題目，並進行分析與投票。經過最後的討論，我們決定以槿糖的製作過程作為本次實驗的主題。

在實驗開始之前，我們對槿糖的了解其實並不多。雖然有部分成員對槿糖的製作方式略知一二，但也有成員完全沒看過槿糖的製作過程。最初，我們的目標只是希望能成功做出槿糖，但隨著實驗的進行，我們的目標逐漸擴展——我們希望找出槿糖製作的最佳成功方程式，並透過科學的方法深入探究其中的原理與變因。

二、研究目的與問題

1. 探討臺式槿糖成功製作的關鍵因素

- **臺式槿糖成功的製作方法：**分析研究中臺式槿糖的製作方法，探討其成功的關鍵因素。
- **臺式槿糖失敗的原因：**識別和整理臺式槿糖製作過程中可能導致失敗的原因。

2. 以科學方式研究臺式槿糖

- **不同煮糖容器的加熱和散熱效果：**研究不同類型的鍋具以電磁爐來加熱和散熱的效果差異，並分析哪種鍋具的效果最適合來進行槿糖的製作研究。
- **不同糖與水的比例對臺式槿糖製作的影響：**研究糖與水的比例是否對臺式槿糖的製作成功有影響，並分析這些比例如何影響臺式槿糖的槿發情形與其他特徵。
- **加入小蘇打粉後的不同攪拌時間對臺式槿糖製作的影響：**研究不同攪拌時間與臺式槿糖槿發情形與其他特徵之間的關係。

第貳章、文獻探討

一、名詞定義

1. 桎糖：

- a. **桎糖**：又名膨糖、發財糖、泡糖。指在熬煮糖漿的過程中將大量空氣混入，使糖漿產生許多空隙，經過冷卻後，那些保留空隙的糖塊。
- b. **臺式桎糖**：製作流程為砂糖與水倒入大湯勺中，置於爐火上加熱並攪拌，至糖漿變成紅褐色時，加一點小蘇打粉至大湯勺中拌勻，糖漿便會迅速膨脹鼓起，待其冷卻定型後即完成，完成後的桎糖自然膨脹成球狀，且表面帶點裂痕。
- c. **韓式桎糖**：與臺式桎糖作法及原理大同小異，只是塑形的方式不太一樣，韓式桎糖會先壓扁再壓上圖案，弄成扁扁的薄餅狀。
- d. **比較**：

臺式桎糖	讓桎糖自然膨脹成球狀，表面帶點裂痕。
韓式桎糖	先壓扁再壓上圖案，弄成扁扁的薄餅狀。

(糖漿加了小蘇打粉就膨脹？解析《魷魚遊戲》中的桎糖製作原理-泛科學 2021/10/27)

我們在獨立研究中選擇研究的是**臺式桎糖**。

- e. **成功的桎糖**：我們發現桎糖的成功很少有人清楚定義，但實際上這會導致無法判斷桎糖的成果是否達到預設標準，因此我們將成功的桎糖定義為桎發高度(桎發後高度-原始高度)數字越大越成功。
- 2. **桎發**：做桎糖時加入小蘇打粉，其在加熱過後產生二氧化碳使桎糖膨脹的過程。
 - 3. **糖液反砂**：融化的砂糖再次結晶變成固體，原因是在砂糖融化過程中太早攪拌，容易把未溶解或融化的砂糖顆粒拌入融化的砂糖中，如此一來融化的糖漿中有了「核心」就容易發生再結晶的現象。(完美桎糖進化之路~糖液反砂與桎糖桎發研究，高雄市113年度國小學生獨立研究競賽)

二、相關研究

編號	作者(年代)	題目	我們的發現
1.	陳建利(海洋大學食品科學系網站)	極糖挑戰 您不能不知「極糖」膨脹的秘密	1. 在熬煮糖漿的過程中將大量空氣混入，使糖漿產生許多空隙，冷卻後，這些保留空隙的糖塊就是極糖。 2. 若製作極糖時加入小蘇打粉，因其在加熱過程中會產生二氧化碳，可使糖漿出現更多氣泡空隙，極糖也會更蓬鬆。
2.	徐若瑄(2018)	利用科學方法研究古早味極糖(科展57th)	1. 二號砂糖極發成功率最高。 2. 糖液溫度130度時，極發成功率最高。 3. 水量對於是否極發沒有絕對影響，只是水分越多，加熱時間越長。水分不足時(20g二砂糖：水2ml以下)，極糖會在攪拌後結成糖塊，無法製作成功的極糖。
3.	林定翰	韓國也有膨糖!? 韓國、臺灣的膨糖之比較研究	1. 貳號砂糖與水的建議比例為4:1。 2. 小蘇打粉0.2g時極發最完整。 3. 加入小蘇打粉後攪拌20秒效果最佳。 4. 疑問：沒有清楚定義何謂「成功的極糖」。
4.	李祐絜(2020)	臺韓古早味零食－極糖膨脹之研究	1. 加入小蘇打粉攪拌10秒後，因小蘇打粉攪拌不均勻，因此有不均勻的孔洞，且膨脹不穩定。 2. 加入小蘇打粉攪拌20秒後，膨脹高度最高，但是會有較大的孔洞。 3. 加入小蘇打粉後攪拌30秒，雖然孔洞分布較均勻，但攪拌時間過長導致氣泡遭破壞影響膨脹高度。
5.	黃姿蓁、洪薇雅、徐浩博、梁永鈺	煮膨糖	1. 添加物的性質會影響極糖的性質，例如加入蜂蜜會變甜。 2. 較純的糖類比較容易做出成功極糖。 3. 極糖極發了又塌陷是因為表面尚未完全冷卻。 4. 疑問：沒有清楚定義何謂「成功的極糖」。

三、過去研究槌糖失敗的原因

我們將製作槌糖相關的影片和實驗資料中，整理出失敗的槌糖與其可能導致的原因，如下表：

失敗的現象	文獻或影片中發現的原因
無法凝固	煮糖的溫度太低會無法成形，或使用的糖種類不同可能導致無法凝固(科展[利用科學方法研究古早味槌糖])，沒有加入小蘇打粉有些也無法凝固。
槌糖過硬或過軟	糖與水的比例有影響，糖濃度不夠會過軟，濃度過高會過硬，皆會導致槌發失敗(泛科學)。
槌發後塌陷	氣泡產生太快而糖膏冷卻太慢，槌的雖高，但外殼還沒硬化，氣體跑掉了，因此會塌陷。(台中市政府教育，科展[利用科學方法研究古早味槌糖])
燒焦	溫度太高會導致糖燒焦，並呈現乾扁的槌糖，無法成功槌發。
反砂現象	糖液加熱時融化的砂糖因反砂現象再次結晶變成固體，因而導致後續無法成功槌發成槌糖。(完美槌糖進化之路~糖液反砂與槌糖槌發研究，高雄市113年度國小學生獨立研究競賽)

四、過去研究中成功的槌糖作法和影響槌糖成功的變因

臺式槌糖製作上，添加小蘇打粉後，需要攪拌至槌發，且槌發後不會塌陷才算成功。我們查詢資料時發現，實驗中有許多變因都會影響槌糖的成功，例如水量、糖液溫度...等，在做實驗時要控制好這些變因，才能提升槌糖的成功率。以下就不同變因的資料進行整理：

1. 糖的種類

不是每種糖都能成功槌發。例如果糖、葡萄糖、半乳糖(皆為單糖)不會槌發，二號砂糖則最容易槌發，因此我們這次選用來做實驗的為二號砂糖(實驗中我們控制糖的種類皆為二號砂糖)。

2. 小蘇打粉的量

製作槌糖時，加入小蘇打粉的量也會影響槌糖的槌發情形。整理請看

下表：

小蘇打粉的量	結果
過少	無法達到預期的槌發效果，槌發高度降低。
適中	槌糖可穩定槌發，結構較完整。
過多	槌糖過度膨脹，泡沫不穩定，產生較大的孔洞。

在文獻資料中，我們發現糖與小蘇打粉的比至少要為100：0.66，因此我們前導實驗中選擇的比例為100：0.66。

整理資料後也發現，製作槌糖時如果小蘇打粉的量過多，會導致過度膨脹、泡沫不穩定；過少則可能無法達到預期的膨脹效果。因此合適的小蘇打粉量能夠確保糖液均勻膨脹，並且形成穩定的泡沫結構，達到理想的質感和口感。

3. 水的量

過去研究中曾發現在製作槌糖時，有研究建議二號砂糖與水的最佳比例為4:1(韓國也有膨糖!? 韓國、臺灣的膨糖之比較研究)，但也有研究發現，只要實驗中加入的水的量只要不要太少，就不會影響槌糖的成功，只是若加入的水量較多，需要花費的攪拌時間會多一些，影響反應速率(利用科學方法研究古早味槌糖)。我們前導實驗中，是根據徐若瑄2018年科展研究中所使用的比例，將二號砂糖與水的比例先設為5:2，並預計之後將會進行水量與糖量比例相關的研究，來確認水的量是否會有應變變因上的差異。

4. 加熱槌糖時的糖液溫度

加熱槌糖時，糖液溫度過高、適中或過低都會對槌發結果產生不同影響，整理請看下表：

糖液溫度	結果
>130度 (過高)	槌糖槌發失敗率較高，原因是糖液的水分快速蒸發，槌糖體積會縮小。
120~130度 (適中)	槌糖槌發成功率最高，原因是糖液已經變的濃稠，所以較容易塑形。
<120度	槌糖槌發失敗率較高，原因是糖液因溫度過低還未變

(過低)	濃稠，因此無法成形。
------	------------

因此我們選擇在實驗時，以130度為加熱糖液的最高溫度。

5. 穩定的加熱來源

過去研究中，使用過的加熱來源有蠟燭、酒精燈、卡式爐等。為了保持加熱來源的穩定以確保科學性，我們選擇在前導實驗與後續研究中以電磁爐來進行加熱。

6. 加入小蘇打粉後的攪拌時間

槳糖離火加入小蘇打粉後，攪拌時間的不同會影響槳糖的槳發高度及穩定性。整理請看下表：

攪拌時間	結果
10秒(過短)	小蘇打粉無法均勻混合，因此會影響槳發的穩定度，並且槳糖會出現較大的孔洞。
20秒(適中)	槳發高度較高，但還是有些較大的孔洞，原因是小蘇打粉已經混合，但尚未完全混合均勻。
30秒(過長)	槳發高度較20秒稍低，原因是攪拌時間過長，破壞了氣泡，因此影響槳發高度。

槳糖離火加入小蘇打粉後，如果攪拌時間太短，小蘇打粉會無法均勻混和，槳糖會產生不均勻的孔洞，並且可能影響槳發穩定度。如果攪拌時間太長，會導致糖液中的氣泡破裂，糖液會變得較密實，槳發高度會降低。

因此我們在前導實驗中，控制離火的攪拌時間為20~30秒之間。

7. 煮糖容器(鍋具)的材質

製作槳糖時，煮糖容器材質的不同會影響實驗結果。以下是幾種常見鍋具的導熱係數整理：

鍋具	導熱係數(W/mK)
銅鍋	380~385
鋁鍋	200~205

不鏽鋼鍋	16~45
鑄鐵鍋	約43
鐵鍋	50~80
陶瓷鍋	1~2

- **小結：**綜合以上的資料，我們歸納出製作成功槌糖的工具與步驟(整理在第三章)，並在後續作為我們的前導實驗的工具與步驟。我們一共進行了6次前導實驗，依據每一次遇到的問題，修正成最佳化的實驗步驟與實驗方法。

五、創新槌糖的種類

臺式槌糖的製作溶劑為水，如果將水改成其他溶劑會成功嗎？過去的研究中曾經使用可樂、牛奶、養樂多、咖啡等作為溶劑，並且也都有成功的做出槌糖，但口感、口味和外觀上和傳統臺式槌糖有一定的差異。例如可樂做出來的槌糖最細，原因是因為可樂中的體含量最高，所以口感上變得較為細緻，例如加入牛奶可以降低原味給人的甜膩感。

此外，我們在網路上查到了許多跟創新槌糖有關的食物，發現有很多元的類型，我們將這些槌糖延伸的食物分成兩大類群，包含第一類群：煮槌糖同時添加食材；第二類群：煮槌糖後再添加食材。

第一類群：煮槌糖同時添加食材

以下的五種創新槌糖是煮糖液同時添加食材所製作的創新槌糖：

1	可樂槌糖
2	牛奶槌糖
3	養樂多槌糖
4	花生槌糖
5	槌糖奶茶冰淇淋

第二類群：煮極糖後再添加食材

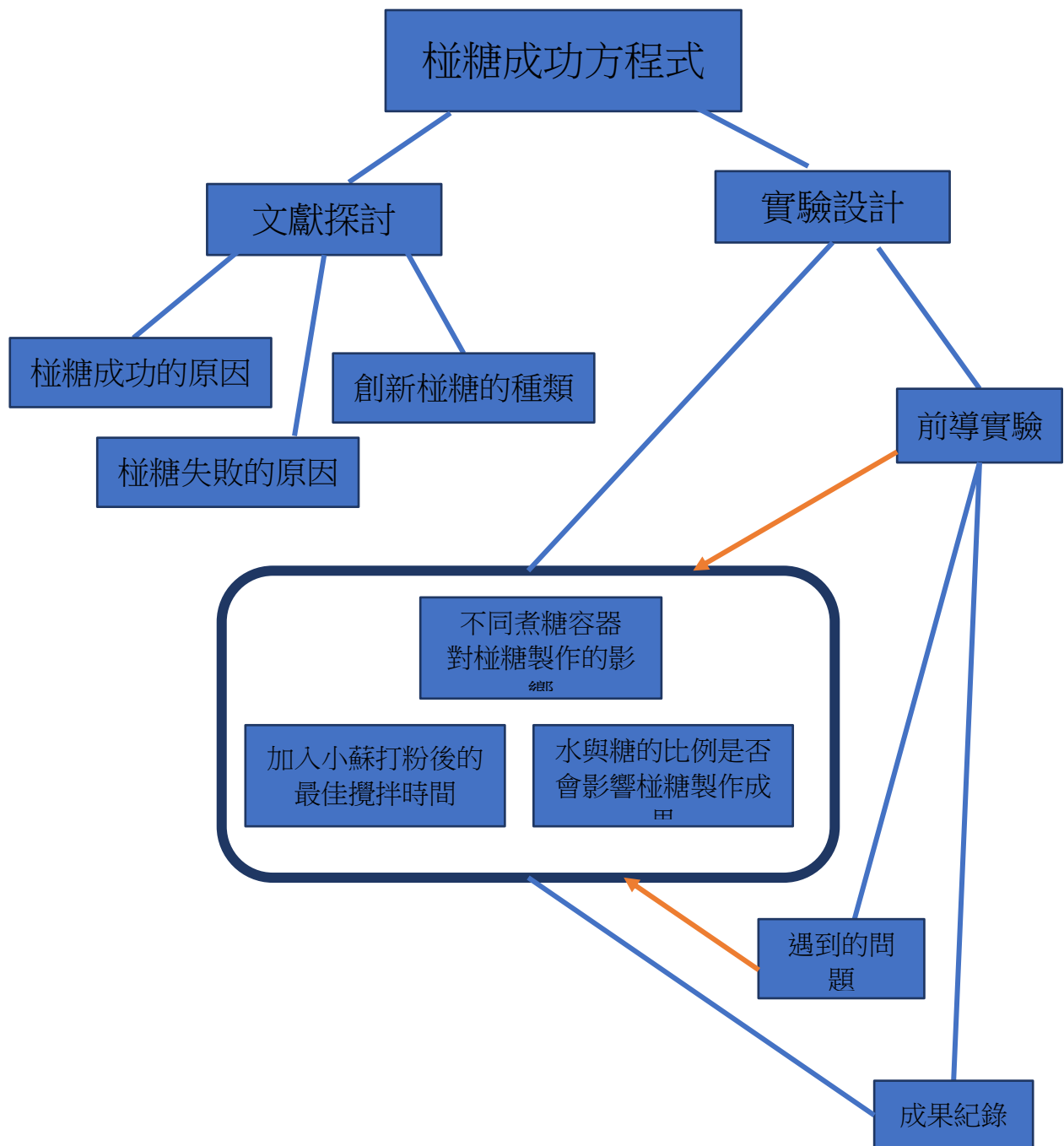
以下12種是我們找到煮完極糖後加入其他食材的創新極糖：

1	極糖粿	7	奶茶極糖
2	極糖Q粿	8	極糖奶霜紅茶
3	咔滋極糖酥	9	極糖奶茶風味法國酥
4	極糖拿鐵	10	極糖雪球紅茶
5	咖啡極糖		
6	紅茶極糖		

- **小結：**極糖有許多的創新作法，不管是加入不同溶劑或其他添加物，皆有可能成功，有待後續實驗確認。

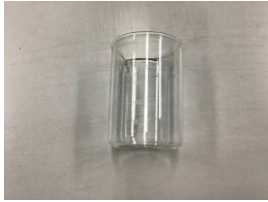
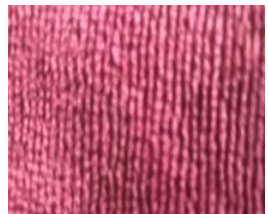
第參章、研究方法與設計

一、研究架構圖



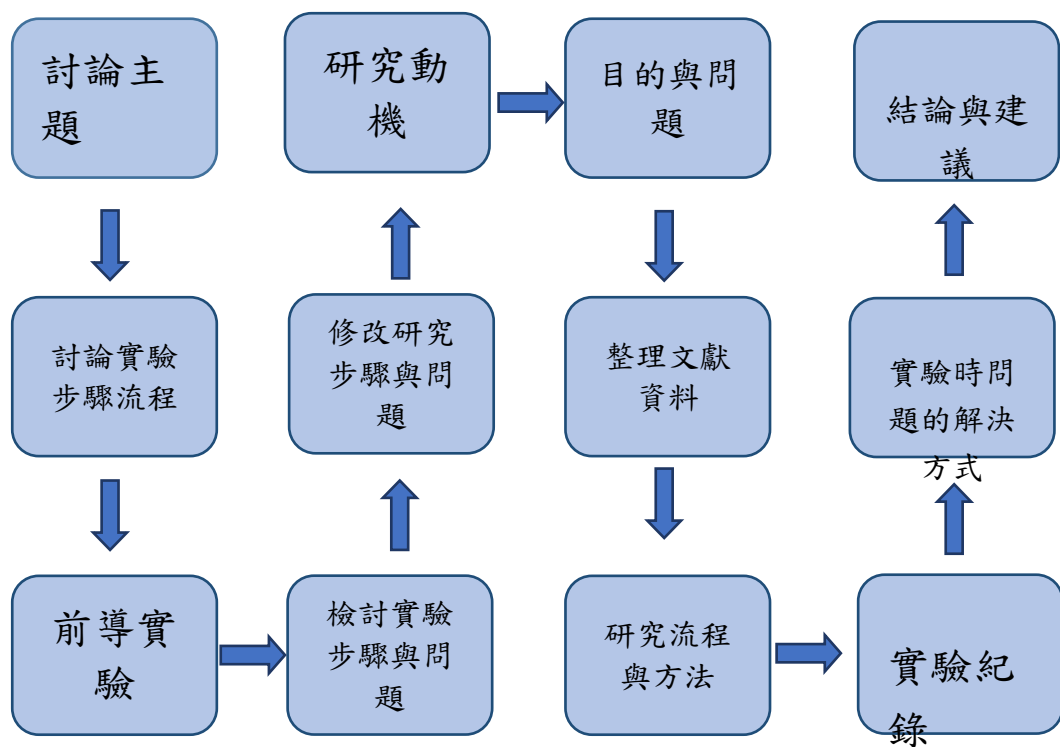
二、研究器材與材料

以下為本次研究中，我們所使用的器材和材料。

1. 紙盤 (放槌糖成品) 	2. 溫度計 	3. 煮糖容器 	4. 燒杯(裝二號砂糖、飲用水) 
5. 攪拌棒 	6. 二號砂糖 	7. 飲用水 	8. 電子秤 
9. 小蘇打粉 	10. 茶匙 	11. 塑膠杯 (裝小蘇打粉) 	12. 抹布(降溫) 
13. 電磁爐 (加熱用) 	14. 篩網 (過篩小蘇打粉) 	15. 測量水溫溫度計組(含架子) 	

三、研究設計與流程

(一)研究流程圖



(二)研究設計

1. **前導實驗**：根據文獻探討資料，我們整理了以下實驗材料與步驟。

● 實驗材料：

- 1) 二號砂糖..... 50g
- 2) 飲用水..... 20g
- 3) 小蘇打粉(可食用)..... 0.3g
- 4) 煮糖容器(小平底鍋)..... 1個
- 5) 電磁爐..... 1臺
- 6) 電子溫度計..... 1個
- 7) 攪拌棒..... 1枝
- 8) 燒杯..... 數個
- 9) 電子秤..... 1台
- 10) 紙盤..... 1個(桎糖脫模後放在上面)
- 11) 抹布..... 1條(實驗結束後擦拭電磁爐)

● 實驗步驟：

- 1) 將50g的二號砂糖放入煮糖容器中。
- 2) 將20g的水加入【步驟1】的砂糖，可稍微搖晃煮糖容器使糖和水

充分浸濕後，再放到電磁爐上加熱。

3) 電磁爐功率開500瓦*，接著將【步驟2】的糖液放在電磁爐上加熱，並隨時測量溫度。直到糖液溫度達到95度並出現沸騰跡象，就開始邊攪拌邊以非接觸式紅外線測溫槍測量糖液溫度，直到測量出溫度達到130度。

4) 糖液溫度達到130度後，加入小蘇打粉0.3g後立刻將湯勺移開電磁爐，接著快速攪拌25秒，移開攪拌棒等待膨脹。

5) 膨脹完後，將槌糖底部加熱20秒後取下。

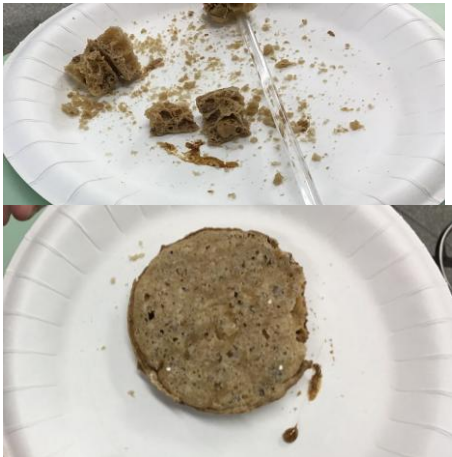
*註：我們經過測試，電磁爐的功率如果太高，加熱速度過快容易燒焦，並且煮槌糖的建議都是小火。因此我們選用最低功率500瓦。

● 前導實驗時遇到的問題和我們的解決方式：

	遇到的問題	我們的解決方式
1	控制火源時，我們發現使用卡式爐時火的大小不穩定。	將火源調整為電磁爐，因為電磁爐可以控制瓦數，並且我們設置起始溫度都是220度，來控制好加熱時的變因。
2	將火源改為電磁爐後，發現原本裝槌糖的容器(勺子)不適合。	將裝槌糖的容器改為平底鍋，因為電磁爐上方適合擺放底部面積較大的容器。我們也有測試其他款容器，發覺每一種容器做的槌糖其槌發效果不同。因此決定先測試不同容器的加熱散熱效果，再決定要用哪一種容器來做後續實驗。
3	如何定義「成功的槌糖」並量化應變變因？	高度與槌發前的高度相減，高出的公分數四捨五入取到小數點第一位。
4	加入小蘇打粉的時間為何？	我們查閱資料，發現最恰當的時機為，當糖液溫度達到125度-130度時就加入小蘇打粉並將糖液離火。
5	製作槌糖時小蘇打粉結塊。	避免小蘇打粉受潮，以及將流程固定為先將槌糖糖液離火，接著再邊過篩邊加入小蘇打粉。
6	使用非接觸式紅外線測溫槍測量溫度時會不太準確與穩定。	我們發現在製作時用非接觸式紅外線測溫槍測量溫度不太準確和穩定(和氣泡的狀態不符合、後來也發現和探針式溫度計的溫差很

		大)，因此後來決定改成使用探針式溫度計來測量糖液溫度，以確保每次溫度測量狀況的一致性。
7	槌糖槌發後塌陷。	查文獻資料後發現：槌糖槌發後塌陷是因為膨脹速度太快，而表皮還未完全冷卻變硬，因此氣體散掉了。解決方法是將容器的周圍高度降低，讓槌糖整體接觸到空氣的面積變大，讓散熱速度更快。因此我們在離火後會將容器放置在濕抹布上攪拌同時降溫。
8	槌糖槌發後發生反砂現象。	1. 等糖液沸騰(約100度)後再開始攪拌。 2. 避免糖液加熱溫度高於130度使水分過度蒸發。
9	質感和口感的結果要如何描述？	拍照確認槌糖孔洞大小，反砂部分則會使用顯微鏡觀察拍照。

● 前導實驗數次之後，我們做出的槌糖趨於穩定，如下：

前導實驗的槌糖成果	重點說明
	1. 將糖液加熱至130度大約需要11分30秒。 2. 槌糖槌發後微微塌陷，可能是因為攪拌棒在攪拌結束後抽不出糖液，因此移到中央再拔出時戳到糖液造成塌陷。也可能是散熱速度過慢導致。 3. 小蘇打粉最後不小心結塊，因此無法攪拌均勻，槌糖內部孔洞不均勻，是因為小蘇打粉分布不均導致。-->後續實驗調整，每次加入小蘇打粉前，先過篩小蘇打粉。 4. 在一開始電磁爐上攪拌時泡泡較大，溶液較稀，溫度越高泡泡越小，且溶液呈現濃稠狀。

2. 不同煮糖容器材質的加熱、散熱效果

想法：文獻中發現，煮槌糖時，鍋具的加熱效果和散熱效果都會影響槌糖的成果。因此我們想確定不同煮糖容器加熱和散熱的效果，並得出效果最好的煮糖容器。

操縱變因	鍋具材質、種類
控制變因	1. 鍋具內的水量：75mL 2. 電磁爐功率：1100瓦 3. 是否預熱：是(預熱致220度開始實驗) 4. 環境溫度：盡量保持一致 5. 測量降溫溫度的器具：自製架子的酒精溫度計 6. 測量升溫溫度的器具：探針式溫度計
應變變因	水的加熱、散熱效果/時間

- 用不同鍋具測試水加熱到80度需要的時間、散熱到50度需要的時間，再比不同鍋具的效果。
- 每種鍋具實驗各做5次取平均值。

3. 探討加入小蘇打粉後的最佳攪拌時間

想法：我們看過文獻資料，並進行了前導實驗，發現糖液離火後加入小蘇打粉攪拌25秒未能達成預期的槌發結果，因此我們想做實驗來探討加入小蘇打粉後的最佳攪拌時間。(前導實驗攪拌時間為25秒。)

操縱變因	糖液離火，加入小蘇打粉後的攪拌時間： ● 攪拌5秒 ● 攪拌25秒 ● 攪至槌發後才拿起攪拌棒(應變：每次攪拌秒數)。
控制變因	1. 煮糖容器：鑄鐵平底鍋 2. 電磁爐功率：500瓦 3. 實驗器具：保持一致 4. 實驗材料的量和種類：保持一致 5. 實驗步驟：保持一致 6. 環境溫度：盡量一致
應變變因	槌糖孔洞結構(大小、分布)、槌發高度(最後高-原來高)。

- 三種攪拌時間的實驗各做3次，取每種實驗(攪拌5秒、攪拌25秒、攪至

槌發後才拿起攪拌棒)的平均值再比較。

4. 探討水與糖的比例不同是否會影響槌糖槌發的情形

想法：在看文獻資料時，我們發現有些文獻說水量對槌糖製作沒有很大的影響，但有些卻說有影響，因此我們想做實驗來確認哪一方的說法為正確。

操縱變因	水與糖的比例：2:20、8:20、12:20
控制變因	1. 電磁爐功率：500瓦 2. 實驗器具：保持一致 3. 實驗材料的量和種類：保持一致 4. 實驗步驟：保持一致 5. 環境溫度：盡量一致 6. 加入小蘇打粉後攪拌時間：攪拌至槌發拿起 7. 攪拌速度：加熱糖液攪拌速度控制1下/sec(液體100度大滾後再開始攪拌)、加入小蘇打粉攪拌速度盡量控制3下/sec以上。
應變變因	槌糖孔洞結構(大小、分布)、槌發高度(最後高度-原來高度)、攪拌到槌發所需要的時間。

- 每種比例(2:20、8:20、12:20)的實驗各做3次，取每種實驗的平均值再比較。

第肆章、研究內容與過程

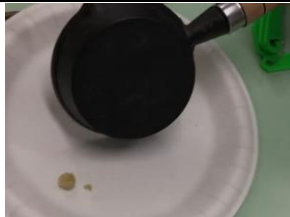
一、研究過程與結果

本次研究共有兩種實驗，分別為「極糖實驗」和「鍋具實驗」。「極糖實驗」的是以製作極糖為核心的實驗；而「鍋具實驗」的是以測量鍋具加熱及散熱效果為核心的實驗。

以下為鍋具實驗的研究過程：

容器加水(三種容器) 	分別將容器放電磁爐加熱 	將水加熱至溫度達到80度 
測量升溫所需時間 	拿到抹布上降溫至50度 	測量降溫所需時間 

以下為極糖實驗的研究過程：

			
在容器內加入 二號砂糖	加入水	放上電磁爐加熱	加熱至 糖液溫度達到130度
			
加入小蘇打粉離火 攪拌均勻	等待膨脹	極發	底部加熱後 取下極糖

研究一、不同煮糖容器材質的加熱、散熱的效果

從文獻中我們發現散熱和加熱的效果會影響槌糖槌發的結果，並且不同的材質的鍋具有不同的導熱係數，會影響加熱散熱的效果。我們預測材質不同的煮糖容器會導致不同的槌發結果，並且和導熱係數有關，導熱係數越高預測加熱散熱時間越快、導熱係數越低預測加熱散熱時間越慢，因此我們想做實驗來證實，並同時確認不同材質容器的加熱和散熱時間。

我們使用底盤直徑不超過十公分，且能運用電磁爐加熱的三種鍋具來測試不同材質容器的加熱和散熱時間。

鍋具名稱	鍋具照片	材質的導熱係數	底盤直徑	最高深度	鍋具厚度
鑄鐵鍋		43(W/mK)	10cm	4cm	4mm
不鏽鋼鍋		16-45(W/mK)	8.5cm	5cm	1.5mm
鋁合金鍋	 用圓底進行	200-205(W/mK)	9cm	2cm	2mm

實驗一、鑄鐵鍋

以下表格為鑄鐵鍋的加熱及散熱實驗結果：

	加熱到80度所需時間	散熱到50度所需時間
第一次實驗	1分57秒	6分05秒
第二次實驗	2分10秒	6分00秒
第三次實驗	2分07秒	6分27秒
第四次實驗	1分59秒	6分30秒
第五次實驗	1分50秒	6分03秒

平均	2分	6分13秒
----	----	-------

小結：鑄鐵鍋加熱到80度所需時間平均為2分；散熱到50度所需時間為6分13秒。鑄鐵鍋的每次加熱與散熱實驗時間都比較一致(加熱時間：與平均的誤差值最多10秒、散熱時間：與平均的誤差值最多17秒)，顯示鑄鐵鍋不論加熱或散熱狀態都很穩定。

實驗二、不鏽鋼鍋

以下表格為不鏽鋼鍋的加熱及散熱實驗結果：

	加熱到80度所需時間	散熱到50度所需時間
第一次實驗	4分03秒	8分27秒
第二次實驗	3分48秒	7分56秒
第三次實驗	3分49秒	8分56秒
第四次實驗	3分44秒	7分07秒
第五次實驗	3分29秒	7分29秒
平均	3分46秒	7分59秒

小結：不鏽鋼鍋加熱到80度所需時間平均為3分46秒；散熱到50度所需時間為7分59秒。不鏽鋼鍋的每次加熱時間還算穩定(與平均的誤差值最多17秒)，但散熱時間誤差範圍較大(與平均的誤差值最多到57秒)，顯示不鏽鋼鍋加熱雖然還算穩定，但散熱狀態不穩定。

實驗三、鋁合金鍋

以下表格為鋁合金鍋的加熱及散熱實驗結果：

	加熱到80度所需時間	散熱到50度所需時間
第一次實驗	1分38秒	5分02秒
第二次實驗	1分52秒	7分15秒
第三次實驗	2分12秒	5分18秒

第四次實驗	2分04秒	5分56秒
第五次實驗	2分14秒	6分04秒
平均	2分	5分49秒

小結：鋁合金鍋加熱到80度所需時間平均為2分；散熱到50度所需時間為5分49秒。鋁合金鍋的每次加熱時間有一定的誤差(與平均的誤差值最多32秒)，且散熱時間誤差更大(與平均的誤差值最多到86秒)，顯示鋁合金鍋加熱和散熱狀態都不太穩定。

鍋具加熱散熱效果比較

下表將研究一三個小實驗的平均值做比較。

	加熱到80度所需時間(平均)	加熱誤差值(和平均相減最多)	散熱到50度所需時間(平均)	散熱誤差值(和平均相減最多)
鑄鐵	2分	10秒	6分13秒	17秒
不鏽鋼	3分47秒	17秒	7分59秒	57秒
鋁合金	2分	32秒	5分49秒	86秒

小結：我們發現不論是加熱或散熱速度最快的都是鋁合金鍋，最慢的都是不鏽鋼鍋，而其中鋁合金鍋和鑄鐵鍋在加熱散熱上的平均時間差距不大，但比不鏽鋼鍋的時間短許多，顯示兩種鍋具的導熱狀況比起不鏽鋼鍋更好，穩定度鑄鐵鍋則是明顯更好。

● 綜合討論

查閱的文獻上說，鑄鐵鍋的導熱係數約43W/mK、不鏽鋼鍋的導熱係數約16-45W/mK、鋁鍋的導熱係數約200-205W/mK(鋁合金推測可能稍微低一點)。然而研究一結果顯示，加熱速度最快的是鋁合金鍋，最慢的是不鏽鋼鍋；而散熱速度最快的是鋁合金鍋，最慢的是不鏽鋼鍋，且鋁合金鍋和鑄鐵鍋在加熱散熱上的時間差距不大，但比不鏽鋼鍋的時間短許多，顯示兩種鍋具的導熱狀況比起不鏽鋼鍋更好，這個結果和我們原本的預期明顯不符。

我們後來又比較了三種鍋具的各種量化數值後，推測實驗中實際上加熱散熱的狀態，可能更多是和我們選用的鍋具形狀、厚度、大小等有綜合性的影響。

排除掉導熱狀況不佳的不鏽鋼鍋後，又因為我們的鋁合金鍋太過淺平，不容易製作極糖，且穩定狀態不如鑄鐵鍋，因此最後我們選擇鑄鐵鍋為我們後續極糖實驗用的鍋具。

註：最終確認，我們選用的三種鍋具中，鑄鐵鍋是最適合拿來進行極糖實驗的鍋具。

研究二、加入小蘇打粉後攪拌時間對極糖的影響

在這個研究中，我們將測試加入小蘇打粉後不同的攪拌時間對極糖成果的影響，比較結果後希望能找出效果最好的攪拌時間。

此研究分為三個小實驗，分別為【加入小蘇打粉後攪拌5秒拿起】（以下簡稱【攪拌5秒】）、【加入小蘇打粉後攪拌25秒拿起】（以下簡稱【攪拌25秒】）、【加入小蘇打粉後攪至極發才拿起攪拌棒】（以下簡稱【攪至極發】）。我們將這三個實驗的結果利用表格整理，再取各個實驗的平均值來比較。

實驗一、加入小蘇打粉後攪拌5秒拿起

我們原本預設，其中一個小實驗為「加入小蘇打粉後都不攪拌」，但進行時發現都不攪拌無法將小蘇打粉混入糖液，因此改成攪拌5秒，將小蘇打粉稍微混合。

以下為【都不攪拌】實驗進行後的實驗結果：

極發高度(公分)	 2公分
內部孔洞結構	 均勻、中大
加熱糖液攪拌速度(下/sec)	1-5(下/sec)非常不穩定 註記：攪拌快到130度時就已經極發。
問題	小蘇打粉沒有被攪進糖液，浮在表面，等於沒加小蘇粉。
解決方法	加入小蘇打粉攪拌5秒，稍微將小蘇打粉混入糖液。

以下為【攪拌5秒】的實驗結果：

	極發高度(公	內部孔洞結	加入小蘇打粉	加熱糖液攪拌
--	--------	-------	--------	--------

	分)	構	後的攪拌速度 (下/sec)	速度(下/sec)
第一次實驗	1.1 	不均勻 	2【共計攪拌 10下】	平均2.6左右
第二次實驗	0(反砂) 	細碎(反砂) 	X (加熱糖液中 途反砂)	2.9-4.6(攪拌 速度非常不穩定)
第三次實驗	1.3 	中等、均勻 	2【共計攪拌 10下】	平均1.6左右
第四次實驗	1.2 	中等、均勻 	4.6【共計攪 拌24下】	平均1左右
平均	差距過大 不計算	X	差距過大 不計算 【共攪拌 10~24下】	差距過大 不計算
去掉反砂的 平均	1.2	X	差距過大 不計算	差距過大 不計算

想法：由於第二次實驗反砂，我們想確認究竟是什麼因素影響我們的實驗結果，讓每次結果有所差異，因此檢視了四次實驗的過程影片，確認是否有重要變因未控制好，結果發現攪拌糖液的速度上有明顯差距，詳細計算後，我們發現不論是加入小蘇打粉後的攪拌速度或加熱糖液攪拌速度，每次進行的時候都有很大的差距，因此我們將攪拌速度的量化數值計算和整理在最右側兩欄，做成以上的表格。

【攪拌5秒】實驗結果整理發現：

1. 加熱糖液的攪拌速度過快，可能導致反砂：第二次實驗「加入小蘇打

後攪拌速度」打X是因為加熱糖液中途反砂（0公分極發）。比較加熱糖液的速度後，在其他變因皆控制一致的狀況下，仍然出現反砂，推測最可能的原因是本次攪拌糖液速度過快導致（速度2.9下/sec）。因而推測加入小蘇打粉前（加熱糖液）的攪拌速度若過快，可能會造成水分散失太多，導致反砂。

2. 加入小蘇打粉後適當的攪拌速度有助於穩定極發與均勻孔洞：第三、四次實驗的極發高度皆達 1.2~1.3公分，孔洞結構「中等，分布偏均勻」。而它們的攪拌速度為加入小蘇打粉後：2下/sec、4.6下/sec。加熱糖液階段：1.6下/sec、1下/sec。因此我們認為，加入小蘇打後的速度可以有比較大的差距（2~4.6下/sec範圍都可），都可以極發，只是高度不一定非常高。

3. 極發高度不一定與加熱時的攪拌速度完全正相關，但有極限範圍：

「去掉反砂的平均極發高度」為 1.2 公分，加入小蘇打粉後的攪拌速度在 2下/sec~4.6下/sec 之間，而加熱糖液時的攪拌速度在 1下/sec~2.6下/sec 之間，因此我們推測控制攪拌速度在此範圍內，可維持一定極發效果。

小結：

1. 本實驗的極糖極發高度平均為1.2公分，孔洞結構以分布均勻居多且孔洞大小中等（可以看見明顯孔洞），第二次實驗反砂。
2. 因為攪拌棒的問題無法以適合的機器替代來減少誤差，因此我們選擇後續實驗中控制「加熱糖液時的攪拌速度」在 1下/sec左右，希望能減少反砂現象。
3. 之前看過的研究，在小蘇打粉的攪拌，都是以攪拌棒來進行攪拌，並有計算秒數來確認攪拌時間上的差異，但我們發現原來攪拌速度的差異也可能有影響，因此後續實驗我們將加熱糖液的攪拌速度調慢至1下/sec左右，而加入小蘇打粉後的攪拌速度則改成盡量越快越好（希望能盡可能讓速度在3下/sec以上）。

實驗二、加入小蘇打粉後攪拌25秒拿起

本實驗開始後，有特別留意需要穩定加熱時的攪拌速度，加熱糖液的攪拌速度設為1下/秒（畫圓圈攪拌），提升加熱時的攪拌穩定度。

以下為【攪拌25秒】的實驗結果：

	槌發高度(公分)	內部孔洞結構	加入小蘇打粉後的攪拌速度(下/sec)
第一次實驗 	2.3(中央塌陷)	均勻，中大 	4.2【共計攪拌105下】
第二次實驗 	0(反砂)	細碎(反砂) 	3.44(加入小蘇打粉後攪拌後約20秒反砂)【共計攪拌86下(25秒)】
第三次實驗 	1	均勻、細小 	2.88【共計攪拌72下】
第四次實驗 	0.5	均勻、細小 	2.96【共計攪拌74下】
平均	差距過大不計算 (0~2.3公分)	X	差距過大不計算 速度(2.88~4.2下/sec) 【攪拌72~105下】
去掉反砂的平均	差距過大不計算 (0.5~2.3公分)	X	差距過大不計算 【攪拌72~105下】

實驗結果整理發現：

1. 第一次實驗25秒停止攪拌後兩秒左右才開始膨脹：第一次實驗攪拌25秒後，尚未看到槌糖槌發，但停止攪拌後2秒左右，就開始迅速膨脹，推測氣泡沒有被破壞，因此第一次實驗的槌糖成形完整。
2. 第三和第四次實驗攪拌尾聲時槌糖已經在槌發：我們觀察到這兩次槌糖攪拌到一半的時候都已經有槌發的狀態，但因為控制攪拌25秒而還在持續攪拌，因此我們推測長時間攪拌可能讓氣泡破裂或糖液降溫的變化過大，影響氣泡穩定性與結構。

3. 第二次實驗反砂主要是攪拌到一半就有極發狀態：和攪拌5秒的實驗相比，攪拌25秒組依舊出現了一次反砂，因加熱時的攪拌速度有盡量控制一致，因此推測並非水分快速喪失之原因。而「加入小蘇打後攪拌速度」差距從 2.88~4.2下/sec 且持續25秒，我們觀察到中途極糖快要極發，卻仍然需要攪拌至25秒，才導致反砂。
4. 平均內部孔洞偏細小但均勻，可能與攪拌時間較長有關：除了第一次實驗，其他有極發的極糖都呈現「細小且分布均勻」的特徵，一次反砂。我們推測：攪拌時間延長至25秒有助於氣泡分布均勻，但不易產生較大的孔洞與高度。

小結：

1. 本實驗的極糖極發高度平均極發高度差距非常大(0.5~2.3公分)，第二次實驗反砂。
2. 加熱糖液時的攪拌速度會對極糖極發高度有顯著的影響，因此之後會盡量固定攪拌的速度。
3. 攪拌秒數25秒可能已經超過極發的最佳平均時機，因此讓極發效果很不一致，甚至出現一次反砂。

實驗三、加入小蘇打粉後攪至極發才拿起攪拌棒

說明：我們想確認加入小蘇打粉後攪拌的最佳時間，因此進行本實驗。

我們本來想將加入小蘇打粉後的攪拌速度設為固定值，但嘗試過後發現有困難，因此最後決定以最快的速度攪拌均勻，再紀錄每次的攪拌速度下的極發高度變化。

以下為【攪至極發】的實驗結果：

	極發高度(公分)	內部孔洞結構	攪拌到極發時間(秒)	加小蘇打粉後攪拌速度(下/sec)
第一次實驗 	0.7 	不均勻，上層大 	14	2 【共計攪拌28下】
第二次實驗	1	不均勻，細小多	18	3.7 【共計攪拌67下】

				
第三次實驗	1.4 	不均勻，細小多 	23 (小蘇打粉有結塊，不太均勻)	3.4 【共計攪拌78下】
第四次實驗	2 	均勻，中大 	24	4.5【共計攪拌108下】
平均	差距過大 不計算 (0.7~2公分)	X	差距過大 不計算 (14~24秒)	差距過大不計算 (2~4.5下/sec) 【共攪拌28~108下】
不含第一次平均	差距過大 不計算 (1~2公分)	X	21	差距過大不計算 (3.4~4.5下/sec) 【共攪拌67~108下】

實驗結果整理發現：

1. 攪拌至極發的攪拌時間在14~24秒之間，高度變化不穩定，沒有反砂：
我們發現控制好加熱時的攪拌速度有助於避免反砂現象。四次實驗極發高度為 0.7、1、1.4、2 公分，平均因為誤差過大不計算。若去除掉加入小蘇打粉後攪拌太慢次數差太多的第一次實驗，則極發高度範圍為 1~2 公分，是目前最好的實驗結果。
2. 加入小蘇打粉後的攪拌速度，可能影響極發高度(與孔洞大小)：從四次實驗中，可以看見極發高度的趨勢，我們推測最後攪拌速度越快，極發的高度有越高的傾向，且高度越高的極糖有較大且均勻的孔洞，極發高度中等的極糖孔洞較不均勻，極發較低的極糖則以細小孔洞居

多。但我們因為只有做四次實驗，並且因為快速的攪拌速度要穩定控制較為困難，每次都有一些誤差，較難取平均值。

小結：

1. 本實驗的槌糖槌發高度在 0.7~2 公分之間（去除第一次攪拌過慢的實驗後範圍為 1~2 公分），四次實驗中皆未出現反砂。
2. 加入小蘇打粉後的攪拌速度可能影響槌發高度與孔洞分布，但因攪拌速度難以精準控制、且樣本數有限，後續仍需進一步實驗驗證。
3. 固定加熱糖液時的攪拌速度（1下/秒）有助於避免反砂，提升整體槌糖的穩定性。

加入小蘇打粉後的不同攪拌時間比較

下表將研究二的三個實驗的平均值做比較(使用去掉反砂的實驗結果)。

實驗三分成兩個欄位，最後一欄為去掉加入小蘇打粉後攪拌過慢的資料。

	實驗一	實驗二	實驗三(4次)	實驗三(3次)
加入小蘇打粉後的攪拌時間	固定5秒	固定25秒	攪 到 槌 發 (14~24秒)	攪到槌發 (平均21秒)
加入小蘇打粉後的平均攪拌速度(下/sec)	2.87	72~105	差距過大不計算 (2~4.5/sec)	差距過大不計算 (3.4~4.5下/sec)
加入小蘇打粉後平均攪拌次數(下)	15	84	67~108	28~108
加熱糖液的平均攪拌速度(下/sec)	(1~4.6/sec) 差距過大不計算	1	1	1
反砂現象	1次	1次	0次	0次
內部孔洞結構	均勻居多、 中等居多	都均勻，細 小居多、有 一次中大	不 均 勻 居 多，均勻則 多為中大孔 洞	不均勻居多，均 勻則多為中大孔 洞
去掉反砂後平均高度(公分)	1.2	差距過大不計算 (0.5~2.3 公分)	差距過大不計算 (0.7~2公分)	差距過大不計算 (1~2公分)

小結：從表格中可以看出，實驗中的攪拌速度差距很大，尤其是加入小蘇打粉後的攪拌速度。從平均高度可以看出攪至極發的效果最穩定且高度最高，因此我們推論，每次攪拌的次數都不相同是讓結果差距非常大的原因，且看不出影響的主因，因而較難統整性的進行彼此的比較。

● 綜合討論

以三種實驗結果來看，加入小蘇打粉後的攪拌時間可能對極糖的結果影響不大，只要小蘇打粉有混入糖液就可以極發，甚至不用混入也可以極發，但偶爾會出現反砂現象(僅實驗三未出現反砂)，我們發現主要是糖液加熱的攪拌速度和加小蘇打粉後的攪拌時間有落差所導致，而因為此研究中的攪拌速度(尤其是快速攪拌時)很難固定，所以可能造成實驗結果的偏差。

另外，文獻中顯示加入小蘇打粉後的攪拌時間對極糖極發高度和孔洞結構有很大的影響，但我們**研究二**的實驗結果與文獻資料不符，我們反而發現攪拌速度可能是影響關鍵，因為攪拌速度的量化數值上和極發高度量化數值上呈現一些相關的趨勢。而由於我們進行實驗時，未能將攪拌速度控制穩定的，因此攪拌速度的相關實驗，仍有待他人後續研究驗證。

研究三、探討水與糖的比例不同是否會影響極糖的極發情形

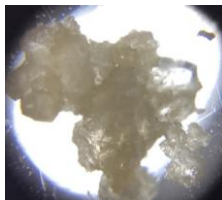
在這個研究中，我們改變水與糖的比例，來探討不同比例是否會對極糖成果造成影響，藉此來驗證文獻中對於「水與糖的比例是否會影響極糖極發的情形」的不同說法。

*以下實驗皆盡量控制加熱糖液的攪拌速度為1下/sec、加入小蘇打粉的攪拌速度為3下/sec以上。

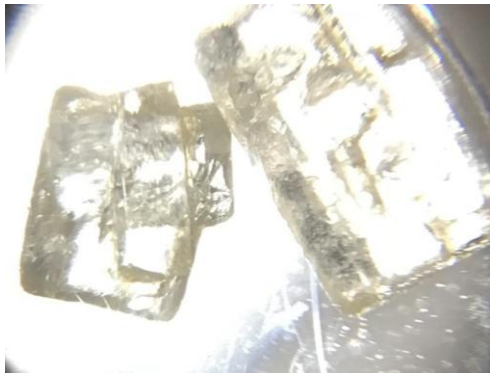
以下分為三個實驗，水與糖的比例分別為【水：糖 = 2：20】、【水：糖 = 8：20】、【水：糖 = 12：20】，我們將這三個實驗的結果利用表格整理後，再取各個實驗的平均值來比較。

實驗一、水：糖 = 2：20

以下為【水：糖 = 2：20】的實驗結果：

	極發高度(公分)	內部孔洞結構	攪拌到極發所需時間(秒)
第一次實驗	X(反砂) 	反砂 	X (未加入小蘇打粉)
第二次實驗	X(反砂) 	反砂 	X (未加入小蘇打粉)
第三次實驗	X(反砂) 	反砂 	X (未加入小蘇打粉)
平均	X(反砂)	X	X

實驗前砂糖的結晶狀況：方形、細小的透明結晶。



實驗後的反砂結晶狀況：每次皆為不規則形、結晶較大且不完全透明。



小結：水分太少(2:20)時，水分會於糖液加熱時蒸發完畢，因此尚未加入小蘇打粉前就會反砂，無法成功槌發。

實驗二、水：糖 = 8:20

以下為【水：糖 = 8：20】的實驗結果：

	槌發高度(公分)	內部孔洞結構	攪拌到槌發所需時間(秒)
第一次實驗	0.8 	均勻、細小 	25(糖液離火並加入小蘇打粉後，過了約3秒才攪拌)
第二次實驗	2 	不均勻、中大多 	19

第三次實驗	1.2 	不均勻、中等多，有些較大。 	18
平均	差距過大不計算 (0.8-2)	X	21

實驗結果發現：

1. 在這個實驗中，可以發現孔洞大小和槌發高度有確切的關連，槌發高度越高，孔洞會較大；槌發高度越低，孔洞會較小。
2. 水量增加(8：20)後，成功槌發的機率增加許多，不會像【2：20】的實驗一樣於加熱糖液時反砂。

小結：

1. 槌發高度：高度差距過大，範圍在0.8-2公分。
2. 內部孔洞結構：孔洞結構較大，顯示水的增加有助於槌糖槌發的效果，但這個比例的槌發效果不均勻，孔洞有時很大、有時很小。
3. 攪拌所需時間：平均為21秒，攪拌時間沒有顯著變化，我們推測糖液的濃度和水分的變化並未顯著影響攪拌時間。

實驗三、水：糖 = 12：20

以下為【水：糖 = 12：20】的實驗結果：

	槌發高度(公分)	內部孔洞結構	攪拌到槌發所需時間(秒)
第一次實驗	0.4 	細 小 	17
第二次實驗	1	細 小 居 多	21

			
第三次實驗	1.2 	有大有小 分布不均勻 	19
平均	差距過大不計算 (0.4-1.2)	X	19

實驗結果發現：

1. 加熱至沸騰的時間較【水：糖 = 8：20】約慢1分鐘，推測原因是水量較多。
2. 槌發的高度和內部孔洞大小有關，且其中第一次實驗槌發高度僅0.4公分，內部孔洞結構非常細小，顯示當水的比例較高時，槌發的孔洞結構可能會較【水：糖 = 8：20】的孔洞小且不均勻，導致平均槌發高度稍低。

小結：

1. 槌發高度：高度差距過大，範圍在0.4-1.2，但比起水分較少的部分，水分較多時，每次槌發高度的差距較小。
2. 內部孔洞結構：孔洞結構細小且分布不均勻，推測水分較多較不容易形成大孔洞。
3. 攪拌所需時間：平均為19秒，攪拌時間與8:20平均的時間差不多，唯發現當水量增加時，將糖液加熱至130度的時間會跟著增加。

三個實驗的比較

以下表格將研究三的三个小實驗的平均做比較。

	水：糖 = 2：20	水：糖 = 8：20	水：糖 = 12：20
槌發高度	0(反砂)	0.8-2	0.4-1.2

(公分)			
內部孔洞結構	反砂，糖顆粒大	有時大，有時小 (偏大居多)	有時大，有時小 (細小居多)
攪拌到極發所需時間(秒)	0(反砂)	21	19

小結：

1. 【水：糖 = 2：20】實驗每一次都出現反砂，因此水分太少無法成功製作出臺式極糖。
2. 【水：糖 = 8：20】和【水：糖 = 12：20】的極發高度有落差，前者(水量較少)的內部孔洞偏大居多，極發高度較高；後者(水量較多)的內部孔洞偏小居多，極發高度較低。

● 綜合討論

綜合以上結果，我們發現水量如果太少(2:20)，極糖會在加熱時反砂，無法極發。但水量只要夠多(8:20或12:20)，極糖都能成功極發，水量較多時(12:20)每次極發的效果較一致但不高且孔洞偏小居多，水量較少時(8:20)每次極發的效果差異較大且孔洞偏大居多。另外我們也發現，糖液濃度越低(水越多)，加熱至130度所需的時間會越長。

這次的實驗結果與徐若瑄2018年科展【利用科學方法研究古早味極糖】的結果相似，在水量很少的狀況，極糖無法極發。而其他水量的極糖，則都可以極發，藉此應證了徐若瑄的說法。

因為極發高度的數值過於接近，我們覺得如果能夠再更多設計各比例的糖水比，如4:20、6:20、10:20、14:20、16:20…，最後統計各個比例的結果，應該能更準確判斷水量多寡的極發高度關聯為何。

第五章、結論與建議

一、結論

研究一：鍋具材質對加熱與散熱的影響

1. 鑄鐵鍋在加熱與散熱上表現穩定，我們認為最適合用於槌糖實驗。
2. 鋁合金鍋加熱速度最快，但我們的鋁合金鍋形狀不適合槌糖製作，且也不夠穩定。
3. 不鏽鋼鍋的加熱與散熱效果最差，穩定度最差。

研究二：加入小蘇打粉後攪拌時間與速度對槌糖的影響

1. 僅控制加入小蘇打後的攪拌時間對槌糖槌發影響不大，但可能會導致反砂現象。
2. 不論是糖液加熱時的攪拌速度或加入小蘇打粉後的攪拌速度，都對槌發結果有影響，未來研究應該更精準地控制，避免誤差。
3. 加入小蘇打粉後，攪拌速度不論快慢都會槌發，但攪拌速度的差異，可能導致水分散失不一、糖體變形、氣泡消散等，進而影響槌糖的槌發高度與孔洞大小。
4. 加熱糖液時和加入小蘇打粉後的攪拌速度不同可能造成實驗結果的偏差，穩定的攪拌節奏比攪拌時間可能更重要。

研究三：水量對槌糖槌發的影響

1. 水量如果太少(水:糖=2:20)，槌糖會反砂而無法槌發。
2. 水:糖只要在8:20以上，槌糖都能成功槌發，僅有高度上略微差異。
3. 水糖比例為8:20或12:20時，槌糖能成功槌發，水量多時，平均槌發高度略低且孔洞大多較小。
4. 實驗中，水的比例較高時(12:20)，槌發效果較穩定，但高度較低；水糖比例適中(8:20)，槌發效果差距較大，孔洞大小不穩定，每次的差異也較大，可能可以做出槌發較高的槌糖。
5. 水量越多、糖液濃度越低，加熱至130度所需的時間會越長。

二、建議

1. 加入小蘇打粉後的攪拌速度需要控制下來：在實驗中，我們發現加入小蘇打粉後的攪拌速度對槌糖成果的影響不小，因此我們簡單測試了加入小蘇打粉後的攪拌速度對槌糖成果的影響，但因時間不足夠因此

沒有完整完成後續研究。因此，如果之後有人要做關於極糖的實驗，建議可從加入小蘇打粉後的攪拌速度對極糖的影響著手。

2. **加熱極糖的攪拌速度需要控制下來：**實驗中，我們發現在攪拌加熱極糖時，攪拌速度不同可能會影響極糖的成果和反砂的機率。因此，如果之後有人要做關於極糖的實驗，建議可以使用節拍器(速度60bpm)來控制攪拌速度。
3. **溫度計需要謹慎挑選：**進行實驗時，我們發現使用非接觸式紅外線測溫槍量出的溫度會和實際設定的極糖溫度(130度)不相同，無法準確測量溫度。後來我們使用液體溫度計來測量，更能準確測量極糖溫度。因此，如果之後有人要做關於極糖的實驗，建議可以使用液體溫度計測量，讓溫度保持一致。
4. **創新極糖的開發：**我們原本想要做有關創新極糖的實驗(詳見第貳章)，但後來因時間不夠而沒有完成。因此，如果之後有人要做極糖相關實驗，建議可以開發創新極糖。
5. **進行更多水與糖比例的實驗：**為了更準確地瞭解水與糖的比例對極發效果的影響，未來的研究應設計更多不同水糖比例(例如4:20、6:20、10:20、14:20等)來進行比較，並統計各比例的極發效果，這樣可以更加全面地了解水與糖的比例對極發高度、孔洞結構等特徵的影響。
6. **深入研究鍋具對加熱散熱的影響：**研究中我們發現鍋具的各項數值，皆可能會造成加熱散熱效果的問題。因此建議未來的研究者，可以深入探討不同鍋具的結構特性對極糖實驗的具體影響，並進行多次測試，或甚至用各種鍋具來嘗試做極糖，確認各種鍋具的極發效果。

第陸章、參考資料

1. <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/052201.pdf> 徐若瑄 利用科學方法研究古早味槿糖 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品說明書
2. <https://fs.ntou.edu.tw/p/405-1073-72779,c8500.php?Lang=zh-tw> 槿糖挑戰您不能不知「槿糖」膨脹的秘密 ~ 陳建利助理教授
3. <http://myhome.msps.tp.edu.tw/myhome2/gift/project/33graduate/self/LDH/idp.pdf> 韓國也有膨糖!? 韓國、臺灣的膨糖之比較研究
4. <https://gifted.ntpc.edu.tw/AYFiles/111//NewsEventFile/3940/%E9%B7%BA%E6%B1%9F%E5%9C%8B%E5%B0%8F-%E8%87%BA%E9%9F%93%E5%8F%A4%E6%97%A9%E5%91%B3%E9%9B%B6%E9%A3%9F.pdf> 臺韓古早味零食 - 槿糖膨脹之研究
5. <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/38/pdf/38s/106.pdf> 煮膨糖
6. https://pansci.asia/archives/333659#google_vignette 糖漿加了小蘇打粉就膨漲? 解析《魷魚遊戲》中的槿糖製作原理-泛科學 2021/10/27