

# 嘉義市第二十六屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：自然與生活科技類—化學組

組 別：國小組

關 鍵 詞：跳跳糖、膨糖、二氧化碳

## 糖，懷孕了!?

### 摘要

膨糖，一種台灣傳統的小零嘴，看著手中的糖漿，成功地膨起來時，實在是一種很大的樂趣。但製作的時候，常事與願違，並不是每次都成功。於是，我們開始著手嘗試，一種成功的完美比例，要完美，口味也要兼俱，而且製作的方式，必須貼近每個家庭。在偶然中發現，跳跳糖竟是可以取代小蘇打粉的另一種配方，就讓我們展開一場跳跳糖與膨糖的奇幻之旅。

### 一、研究動機：

考完期末考後，自然老師教我們做膨糖，在實驗過程中，有些組別的膨糖成功的膨脹了起來，但有些組別卻失敗了，其中一組的膨糖還燒焦了，根本不能吃，而且還冒著濃濃的黑煙，另一組整個膨糖有幾塊著火了呢！還有一組因為小蘇打粉加太多，膨糖吃起來有尿騷味！甚至有的膨糖外強中乾，雖然外面看起來很正常，但切開後卻發現，有赤熱的液體，害的那一組白白開心了一下呢！後來我們突發奇想，想到可以加入老師買來當做獎勵的跳跳糖，不知道會有什麼結果。我們便去請教老師，老師覺得這個想法很有趣，於是鼓勵我們去深入研究。

### 二、研究目的：

1. 探討膨糖為什麼會膨脹。
2. 嘗試找出最佳的糖水比例。
3. 測試最佳加熱高度。
4. 探討加熱時間與膨糖濃稠度的關係。
5. 找尋可以取代小蘇打粉的其他配料。
  - 5-1 探討其他配料的二氧化碳含量。
  - 5-2 找出其他配料加入膨糖的最佳時間點與反應情形。
6. 調查自製膨糖各種口味的接受程度。

### 三、研究設備器材：

器材：長柄杓子、量匙〈2TSP、1TSP、1/2TSP、1/4TSP〉、酒精燈、三腳架、墊高用的木塊、電子磅秤、滴管、50c.c.量筒、筷子、打火機。

材料：二號砂糖、水、冰醋酸、澄清石灰水。

配料：跳跳糖(葡萄、草莓、可樂、橘子)、小蘇打粉、發泡粉、可樂糖。

#### 四、實驗過程與討論

研究一：探討膨糖為什麼會膨脹

##### ★實驗過程：

1. 我們分成三組進行資料收集，由文書、網路、與班上同學實作情形作膨糖膨脹資料調查。

##### ★膨脹原理：

膨糖的膨脹原因是小蘇打粉遇到高溫時快速分解產生二氧化碳，加上濃稠的糖漿有助二氧化碳的包覆，造成製膨糖內部有許多的空隙。

##### ★搜集資料

###### 1. 膨糖製作過程：

- (1) 在湯匙內加入糖和少量的水，放在火上加熱。
- (2) 一邊加熱一邊攪拌，直到糖漿呈現濃稠狀（拉起筷子有牽絲狀態最佳）。
- (3) 離開火源加入少量小蘇打粉，同時快速攪拌 10 秒。
- (4) 攪拌完拿起筷子，靜待膨糖凝固即可倒出。

###### 2. 糖漿在不同溫度下的各種狀態與進入水中的形態：

- (1) 溫度 100°C：糖漿表面平靜無波；將糖漿浸入水中似雲狀而向四面擴散消失。
- (2) 溫度 105°C：此為糖的沸點，融液為普通糖水；糖漿表面滾沸，泡沫升起但瞬時消失，呈不規則大氣泡狀；將糖漿浸入水中似雲狀消失，冷卻後以手指測試略有黏性。
- (3) 溫度 110°C：此為濃糖漿（Pearl），滾沸中的糖漿表面泡沫分佈均勻；將糖漿浸入水中似雲狀消失，冷卻後之糖漿在兩指間黏性較大，手指張開時呈細絲狀。
- (4) 溫度 120°C：沸滾中的糖漿表面黏性大，氣泡亦較大；糖漿浸入水中不會消失，可凝集一起在手指間形成一個軟的球體。此一階段又稱 Soft Ball Stage（軟球狀態）。
- (5) 溫度 130°C：沸滾中的糖漿形狀同前；糖漿浸入水中可凝集成硬球體，在口中嚼時有強度黏牙的聲音。此階段又稱 Hard Ball Stage（硬球狀態）。
- (6) 溫度 140°C：沸滾中的糖漿形狀如前；糖漿浸入水中馬上凝固，有脆性。此階段又稱 Soft Crack Stage（軟脆狀態）。

- (7) 溫度 150°C：沸滾中的糖漿呈金黃色澤；將糖漿浸入水中馬上凝固而且會發出脆裂聲。此階段又稱 Hard Crack Stage（硬脆狀態）。
- (8) 溫度 160°C：沸滾中的糖漿呈金黃色，浸入水中馬上凝結成片狀脆糖，無法成糰。
- (9) 溫度 160°C 以上：糖漿顏色很快轉深，開始進入焦糖 (Caramel) 狀態，如果煮得太久，顏色變得較深黑，並帶有苦味。

★ 分析資料與討論

1. 煮「膨糖」時所加的水有助於糖的水解，但水量的多少僅影響煮膨糖的時間而不影響結果。
2. 蔗糖的水解程度隨著溫度而改變，在適合的溫度下(130°C)附近。
3. 我們找的資料中有提到，添加物的性質會改變膨糖的性質；添加紅糖會變堅固；添加蜂蜜會變鬆軟。所以本實驗就不探討糖種類的影響，改以探討小蘇打粉的替代物品。
4. 適度的黏稠使二氧化碳被包住不易逸出，但太稠又會使膨糖膨不起來，無法成形。
5. 糖漿的黏稠隨著溫度而改變，因此我們認為在適當的溫度加入小蘇打粉飾因為此時的黏稠性較適合。
6. 因此要製造一個成功的膨糖即是在適當溫度下(130°C左右)加入適當的小蘇打粉，再經過適當的攪拌(資料顯示在 10 秒附近最理想即可成功)。

研究二：嘗試找出最佳的糖水比例

★ 實驗過程：

1. 資料中顯示的糖水比例都以精準的克數呈現，所以需要用到磅秤或電子秤的器材，但這並不是每個家庭中都有，所以我們用十元商品店都能買到的量匙，來進行用量的測試。
2. 製作膨糖時，糖的量一定要比水多，所以我們拿量匙中最大的 2 TSP 當作糖的量。
3. 在此研究中，以糖的量和加熱時間為控制變因，水的量為操作變因。
4. 取二號砂糖 2 TSP 和水 2 TSP 一起放入長柄杓子裡，放在酒精燈上加熱兩分鐘，並用筷子不停攪拌，觀察糖漿加熱情形。
5. 接連重複幾次實驗，改變水的用量：1 TSP、1/2 TSP、1/4 TSP，觀察糖漿加熱情形。

★ 實驗結果：

表一：各種糖水比例實際加熱情形

糖的用量	2TSP	2 TSP	2 TSP	2 TSP
水的用量	2 TSP	1 TSP	1/2 TSP	1/4 TSP
糖與水比例	1 : 1	2 : 1	4 : 1	8 : 1
加熱兩分鐘的情形	在 30 秒時開始冒氣泡，加熱完糖並無完全溶解。	在 30 秒時開始冒氣泡，氣泡有大有小，糖未完全溶解。	在 30 秒時開始冒氣泡，大氣泡有明顯增多的趨勢，糖未完全溶解，略呈稠狀。	在 30 秒時開始冒氣泡，大、小氣泡增多，覆蓋在表面，糖未完全溶解，呈稠狀

★ 實驗討論：

1. 還沒加熱之前，以水量 2 TSP 那組為例，一開始呈糖水狀，我們猜測可能較易成功，但結果卻不盡理想。而水量 1/4 TSP 那組，水量遠少於糖，所以我們猜測可能會失敗，結果卻剛好相反，糖水的濃稠度恰好可以拿來作膨糖。
2. 水量 2 TSP 那組因為水量太多，在兩分鐘內只有小氣泡從底部冒出，沒有辦法呈現濃稠狀，若要達到稠狀，加熱時間必定要延長，跟我們的目標「可以在短時間內做出膨糖」不符，因此淘汰。
3. 水量 1 TSP 那組的水仍然太多，雖然氣泡冒出的量增加，但還是無法在兩分鐘內達濃稠狀，因此淘汰。
4. 水量 1/2 TSP 那組氣泡冒出的量增加許多，尤其是大氣泡一直增加，雖然在兩分鐘內已略成稠狀，但還是無法達到我們的需求。
5. 水量 1/4 TSP 那組糖水比例恰到好處，在兩分鐘內雖然糖未完全溶解，但已呈濃稠狀，非常適合拿來當作本研究的實驗依據。



照片一 糖與水比例 2 : 1



照片二 1/4 TSP 平匙

### 研究三：測試最佳加熱高度

#### ★實驗過程：

1. 根據研究二的實驗結果，以糖水比例為 2 TSP：1/4 TSP 為基礎來進行實驗。
2. 操作變因為長柄杓子底部離酒精燈燈口高度，煮膨糖的步驟與研究二同。
3. 因為長柄杓子是直接放在三腳架的圓環口上加熱，所以用不同木塊墊高三腳架，改變長柄杓子底部離酒精燈燈口高度，並分成八組進行。

第一組：長柄杓底部離酒精燈燈口 1 公分

第二組：長柄杓底部離酒精燈燈口 1.5 公分

第三組：長柄杓底部離酒精燈燈口 2 公分

第四組：長柄杓底部離酒精燈燈口 2.5 公分

第五組：長柄杓底部離酒精燈燈口 3 公分

第六組：長柄杓底部離酒精燈燈口 3.5 公分

第七組：長柄杓底部離酒精燈燈口 4 公分

第八組：長柄杓底部離酒精燈燈口 4.5 公分

#### ★實驗結果：

表格中的成功定義：長柄杓子底部無燒焦痕跡，且糖漿可持續加熱約 2~3 分鐘，不會燒焦或又恢復成糖粒狀。

表二：離酒精燈口不同距離的加熱情形

條件組別	離酒精燈口距離(cm)	火的長度(cm)	是否碰到火焰	結果
一	1	3	是(焰心)	無法成功
二	1.5	3	是(焰心上方)	無法成功
三	2	3	是(內焰下方)	成功(但時間較久)
四	2.5	3	是(內焰中間)	成功
五	3	3	是(內焰上方)	成功
六	3.5	3	是(外焰下方)	成功
七	4	3	是(外焰中間)	成功
八	4.5	3	否外焰上方 (離火焰0.5CM)	無法成功

註：表格中的成功定義：長柄杓子底部無燒焦痕跡，且糖漿可持續加熱約 2~3 分鐘，不會燒焦或又恢復成糖粒狀。

★實驗討論：

1. 六上自然課上過「燃燒」，火焰大致可分為三層：

表三：火焰的分類與其特色

分 層	名稱	顏色	特色
第一層	焰心	淡藍色	最靠近燭芯的部分，是燭焰的最內層。由未燃燒的蠟氣體所組成，溫度低，光度暗。
第二層	內焰	金黃色	在焰心的外圍，焰心的蠟氣體在這裡燃燒，因為有多量的碳粒在內焰燃燒，所以內焰是燭焰最亮的部分。
第三層	外焰	淡黃色	在燭焰的最外圍，由於空氣充足而完全燃燒，所以溫度最高，但所含的碳粒較少，所以光度比內焰暗。

2. 第一、二組實驗失敗的原因是高度剛好碰觸到焰心，所以溫度不足，無法成功。三分鐘時間到的時候，糖漿的水分有明顯減少，甚至又恢復成糖粒的情形。
3. 第三～五組恰好碰觸到內焰，加熱溫度稍微高些，最後有成功但加熱時間需較久。
4. 第六、七組高度碰觸到火焰的外焰部分，加熱溫度更高些，使糖漿在 2~3 分鐘內恰好可以變成濃稠狀，但以第七組的高度（離酒精燈口距離 4 CM）作出的結果較佳，於是之後的實驗便以此高度當作標準。
5. 第八組的高度在外焰上方，加熱的溫度不足，所以無法成功。

研究四：探討加熱時間與膨糖濃稠度的關係

★ 實驗過程：

1. 根據研究二討論結果，我們準備二號砂糖 2TSP 與水 1/4TSP 作為糖水比率。
2. 而加熱高度，取離酒精燈口距離 4 CM 作為操作依據。
3. 將糖與水一起加入長柄杓子中，一邊用筷子攪拌，一邊放在酒精燈上加熱 30 秒，觀察並記錄結果。
4. 重複步驟一數次，並改變加熱時間：1 分、1 分 30 秒、2 分、2 分 30 秒、3 分、3 分 30 秒、4 分，把實驗結果記錄下來。

★ 實驗結果：

表四 不同加熱時間的糖漿狀況

加熱時間	結果
30 秒	糖漿表面平靜無波，但裡面有小氣泡產生。
1 分	糖漿表面開始開始滾沸，小氣泡冒起。
1 分 30 秒	糖漿表面滾沸狀，出現不規則大氣泡不斷湧出但隨即消失，開始散發香味，但未達濃稠。
2 分	糖漿表面滾沸狀，大小氣泡增多，已接近濃稠。
2 分 30 秒	糖漿表面滾沸狀，表面泡沫均勻分布，已達濃稠，顏色呈現金黃色。
3 分	糖漿表面滾沸狀，更為濃稠，顏色為土黃色。
3 分 30 秒	糖漿表面滾沸狀，濃稠度增加，顏色為枯黃色。
4 分	糖漿表面滾沸狀，太過濃稠，顏色呈現咖啡色。

★ 實驗討論：

1. 我們選定每格 30 秒作一次測試，想法是若以一分鐘為單位，糖漿變化情形過大，所以縮小為 30 秒。
2. 在 1 分 30 秒之前的測試，加熱時間過短，糖漿都未到達濃稠程度，所以不適用。
3. 在 2 分 30 秒時，糖漿表面的泡沫均勻分布，把攪拌用的筷子拉起，可以看到筷子的末端有濃稠的糖漿，呈現欲滴未滴的狀態，由此判斷以達濃稠程度，適合拿來作膨糖。
4. 3 分鐘時，糖漿攪拌起來的感覺更為濃稠，顏色卻已開始轉暗，呈現土黃色，推測是燒焦的前兆，若以此時間進行接下來的實驗，即有可能一不小心就會燒焦。
5. 而 3 分鐘之後的糖漿狀態，已接近焦糖狀，並不適合拿來製作膨糖。



照片三 1 分 30 秒的情形



照片四 2 分 30 秒的情形

## 研究五：找尋可以取代小蘇打粉的其他配料

### 5-1 探討其他配料的二氧化碳含量

#### ★實驗過程：

1. 二氧化碳是決定膨糖是否可以膨起的重要關鍵，於是我們尋找市面上含有二氧化碳的食品來作實驗。
2. 經過討論我們決定以下列幾種配料進行探討。

#### 跳跳糖

- (1) 市售跳跳糖分成四種不同口味，口味名稱如下：可樂、葡萄、柑橘、草莓。
- (2) 用電子秤秤出每包跳跳糖的重量為 0.024 克。
- (3) 準備一瓶澄清石灰水和兩個 50c.c.量筒。
- (4) 將澄清石灰水量好 10c.c.的量後倒進其中一個量筒當實驗組，另一個量筒裝 10c.c.的水當對照組。
- (5) 拿兩包可樂口味的跳跳糖倒進實驗組及對照組量筒中，用筷子均勻攪拌至溶解。
- (6) 拿滴管吸取適量冰醋酸分別滴進實驗組及對照組量筒中，每次滴完都要用筷子攪拌使其均勻，等到實驗組呈現完全澄清後再計算共加入幾滴冰醋酸。
- (7) 再拿其他不同口味的跳跳糖重複上述實驗步驟，並記錄各種口味的跳跳糖其冰醋酸的滴定量。

#### Pop candy

- (1) 市售可樂糖分成三種不同口味，口味名稱如下：可樂、藍莓、檸檬。
- (2) 用電子秤秤出數份重量為 0.024 克的可樂糖。
- (3) 接下來步驟與上述跳跳糖實驗同，觀察並記錄冰醋酸的滴定量。

#### 泡打粉

- (1) 取兩份事先已秤好 0.024 克的泡打粉，分別放入裝有 10c.c.澄清石灰水和 10c.c.清水的量筒中。澄清石灰水為實驗組，清水為對照組。
- (2) 拿滴管吸取適量冰醋酸分別滴進實驗組及對照組量筒中，每次滴完都要用筷子攪拌使其均勻，等到實驗組呈現完全澄清後再計算共加入幾滴冰醋酸。

#### 小蘇打粉

- (1) 取兩份事先已秤好 0.024 克的小蘇打粉，分別放入裝有 10c.c.澄清石灰水和 10c.c.清水的量筒中。澄清石灰水為實驗組，清水為對照組。
- (2) 拿滴管吸取適量冰醋酸分別滴進實驗組及對照組量筒中，

每次滴完都要用筷子攪拌使其均勻，等到實驗組呈現完全澄清後再計算共加入幾滴冰醋酸。

★ 實驗結果：

表五：不同口味跳跳糖的滴定情形

組別 口味	實驗物品加入後的情形 (澄清石灰水)	滴入冰醋酸 至澄清滴數	平均 滴數
葡萄	變色且混濁	3	3
	變色且混濁	3	
	變色且混濁	3	
草莓	變色且混濁	4	4
	變色且混濁	4	
	變色且混濁	4	
柑橘	變色且混濁	3	3
	變色且混濁	3	
	變色且混濁	3	
可樂	變色且混濁	3	3
	變色且混濁	3	
	變色且混濁	3	

表六：不同口味 Pop candy 的滴定情形

組別 配料	實驗物品加入後的情形 (澄清石灰水)	滴入冰醋酸 至澄清滴數	平均 滴數
可樂	不太易溶解，但明顯變化且混濁	10	10
	不太易溶解，但明顯變化且混濁	10	
	不太易溶解，但明顯變化且混濁	10	
藍莓	不太易溶解，但明顯變化且混濁	10	10
	不太易溶解，但明顯變化且混濁	10	
	不太易溶解，但明顯變化且混濁	10	
檸檬	不太易溶解，但明顯變化且混濁	10	10
	不太易溶解，但明顯變化且混濁	10	
	不太易溶解，但明顯變化且混濁	10	

表七：泡打粉的滴定情形

組別 配料	實驗物品加入後的情形 (澄清石灰水)	滴入冰醋酸 至澄清滴數	平均 滴數
泡打粉	白色混濁 (0.024g 加入 10c.c 水)	清水也變混 濁無法比較!	×
	0.002g 加入 40c.c.水	10	10
	0.002g 加入 40c.c.水	10	

表八：小蘇打粉的滴定情形

組別 配料	實驗物品加入後的情形 (澄清石灰水)	滴入冰醋酸 至澄清滴數	平均 滴數
小蘇打粉	白色混濁 (0.024g 加入 10c.c 水)	清水也變混 濁無法比較!	×
	0.002g 加入 40c.c.水	20	20
	0.002g 加入 40c.c.水	20	

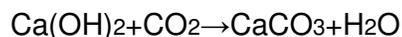
★ 實驗討論：

1. 二氧化碳是決定膨糖是否可以膨起的重要關鍵，於是我們尋找市面上含有二氧化碳的食品來作實驗。我們想到的有以下幾種：
  - (1) 汽水：但是汽水在這個活動中無法添加，因為會稀釋掉糖漿的濃度以及降低糖漿溫度。
  - (2) 人呼出的氣體：考慮到個人衛生問題，沒人願意接受其他人的口水，因此作罷。
  - (3) 跳跳糖：因為跳跳糖含在嘴中的感覺會一直跳動、麻麻的，就好像喝汽水。它的成分說明裡剛好有二氧化碳的原料，所以便拿來測試。
  - (4) 組員在市面上又發現一種叫「Pop candy」的可樂糖，而 Pop 指的是發出砰(或啪)的一聲爆裂，所以我們懷疑它是否也可以拿來作為配料使膨糖膨脹，因為它無成分說明，所以我們也拿來作實驗。
  - (5) 泡打粉：此粉末為食品材料行拿來製作蛋糕和餅乾的材料，可以使麵團產生蓬鬆感，所以拿來作測試。
  - (6) 小蘇打粉：一般拿來製作膨糖時使用的材料，我們在此研究中使用它，與其他配料作比較。
2. 在選擇檢測二氧化碳的方式時，我們想到課堂中的檢驗法—二氧化碳遇到澄清石灰水會產生白色混濁，但考慮到需數據的呈現，

所以加入冰醋酸，利用它會產生碳酸氫鈣使混濁液恢復成澄清的性質，以冰醋酸滴定的滴數來作為二氧化碳含量多寡的代表。

3. 本研究中會利用到的化學反應方程式如下：

澄清石灰水+二氧化碳 → 碳酸鈣+水



碳酸鈣+水+冰醋酸 → 碳酸氫鈣



4. 從實驗數據中得知，跳跳糖的滴定滴數均為 3 或 4 滴，推測跳跳糖的種類不會影響它水解後產生二氧化碳的含量。
5. 進行 Pop candy 實驗時，因為它是顆粒狀，很難溶解在水中，因此我們把它研磨成粉末狀，來增加溶解速度。
6. 從實驗數據中得知，Pop candy 的滴定滴數均為 10 滴，推測 Pop candy 的口味不會影響它水解後產生二氧化碳的含量。
7. 進行泡打粉實驗時我們遇到困難，將 0.024 克泡打粉加入 10c.c. 水後，整個清水呈現白色混濁，無法與澄清石灰水作比較，所以我們嘗試減少泡打粉的量，一直減少到電子秤的極限 0.002 克時，清水仍然呈現混濁狀，於是我們開始增加水的量。水量增加到 40c.c.時，才不至於混濁。
8. 根據上述，我們將所有比例調整為泡打粉 0.002 克加入 40c.c.的水。
9. 在新比例的實驗下，我們得到的數據為 10 滴，將其換算成百分濃度為 0.005%，而舊比例的百分濃度是 0.23%，若要放大成同比例時，則滴數要放大為 460 滴。
10. 小蘇打粉的檢驗實驗也遇到與泡打粉相同問題，所以我們直接取 0.002 克加入 40c.c.的水，進行測試，得到數據為 20 滴，所以放大為同比例時，滴數為 920 滴。
11. 從本實驗中，得知跳跳糖、Pop candy、泡打粉與小蘇打粉均含有二氧化碳的成分。但泡打粉與小蘇打粉同比例內所含的二氧化碳量遠比跳跳糖與 Pop candy 多。



照片六 跳跳糖可樂口味未滴定



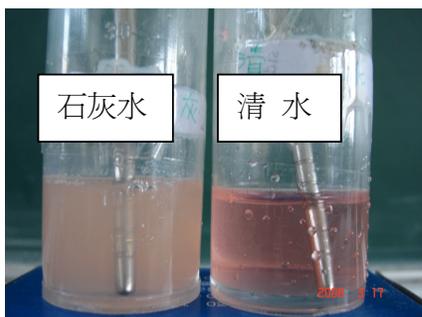
照片七 跳跳糖可樂口味已滴定



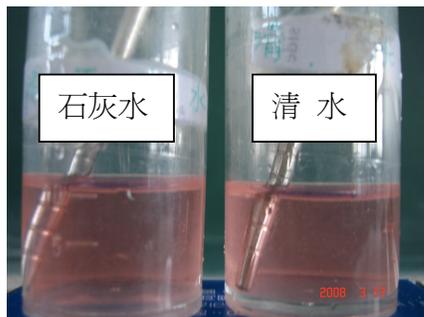
照片八 跳跳糖葡萄口味未滴定



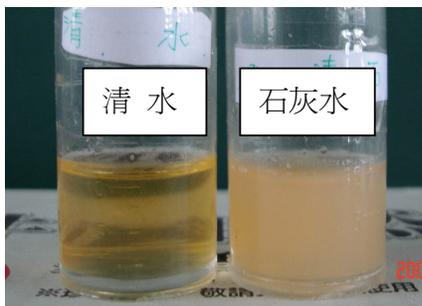
照片九 跳跳糖葡萄口味已滴定



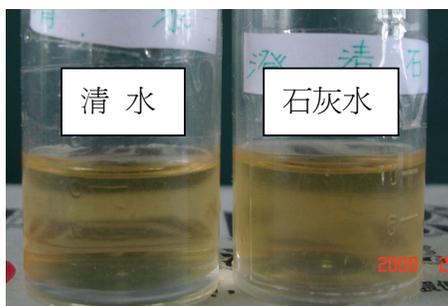
照片十 跳跳糖草莓口味未滴定



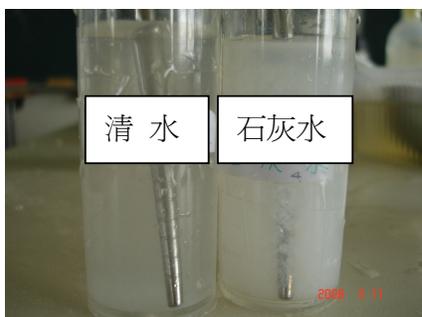
照片十一 跳跳糖草莓口味已滴定



照片十二 跳跳糖柑橘口味未滴定



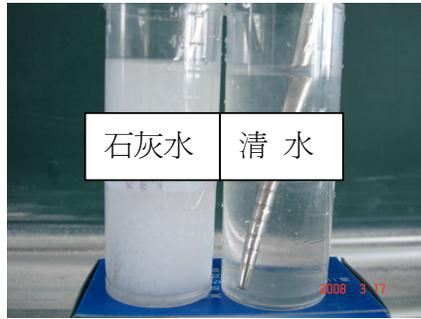
照片十三 跳跳糖柑橘口味已滴定



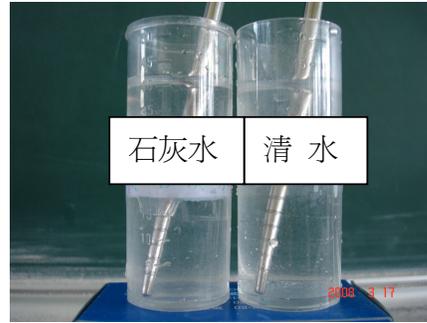
照片十四 泡打粉未滴定



照片十五 泡打粉已滴定



照片十六 小蘇打粉未滴定



照片十七 小蘇打粉已滴定



照片十八 磨碎的三種口味 Pop candy



照片十九 測量 Pop candy



照片二十 可樂口味 Pop candy 未滴定



照片二一可樂口味 Pop candy 已滴定



照片二二 藍莓口味 Pop candy 未滴定



照片二三藍莓口味 Pop candy 已滴定



照片二四 檸檬口味 Pop candy 未滴定

照片二五檸檬口味 Pop candy 已滴定

### 研究五：找尋可以取代小蘇打粉的其他配料

#### 5-2 找出其他配料加入膨糖的最佳時間點與反應情形

##### ★實驗過程：

1. 根據上述研究結果，我們選用糖水比例為 2 TSP：1/4 TSP，離酒精燈口距離 4 CM，以及 2 分 30 秒進行實驗。
2. 為避免因為添加的材料不同而影響到烹煮時間，所以以 2 分 20 秒開始嘗試，實驗 2 分 20 秒、2 分 30 秒、2 分 40 秒的烹煮結果。
3. 準備研究 5-1 所有的配料，每種配料的重量均為 0.024 克，加入糖漿內製作膨糖。
4. 每種時間實驗五次，觀察並記錄結果這五次中相同呈現的狀況。

##### ★ 實驗結果：

表九：跳跳糖加入糖漿的時間與結果

口味	時間	結果
葡萄	2 分 20 秒	無法膨起，失敗
	2 分 30 秒	無法膨起，失敗
	2 分 40 秒	有裂縫，但沒凹陷，高度為 2 公分
草莓	2 分 20 秒	無法膨起，失敗
	2 分 30 秒	無法膨起，失敗
	2 分 40 秒	雖有膨起，但過不久出現裂開和消氣現象。
柑橘	2 分 20 秒	無法膨起，失敗
	2 分 30 秒	無法膨起，失敗
	2 分 40 秒	有膨起且有裂開，但無消氣現象。

可樂	2分20秒	無法膨起，失敗
	2分30秒	無法膨起，失敗
	2分40秒	成功膨起，但有裂縫，且有消氣現象。

表十：Pop candy 加入糖漿的時間與結果

口味	時間	結果
可樂	2分20秒	無法膨起，失敗
	2分30秒	無法膨起，失敗
	2分40秒	成功膨起，有裂縫，但無消氣現象。
藍莓	2分20秒	無法膨起，失敗
	2分30秒	無法膨起，失敗
	2分40秒	成功膨起，有裂縫，但無消氣現象。
檸檬	2分20秒	無法膨起，失敗
	2分30秒	無法膨起，失敗
	2分40秒	成功膨起，有裂縫，但無消氣現象。

表十一：泡打粉加入糖漿的時間與結果

配料	時間	結果
泡打粉	2分20秒	無法膨起，失敗
	2分30秒	成功膨起，有裂縫，但無消氣現象。
	2分40秒	成功膨起，有裂縫，但無消氣現象。

表十二：小蘇打粉加入糖漿的時間與結果

配料	時間	結果
小蘇打粉	2 分 20 秒	無法膨起，失敗
	2 分 30 秒	成功膨起，有裂縫，但無消氣現象。
	2 分 40 秒	成功膨起，有裂縫，但無消氣現象。

★ 實驗討論：

1. 跳跳糖的各種口味在 2 分 40 秒時均成功作出膨糖，再一次證實我們的推論，口味並不會影響到結果。
2. 在使用跳跳糖作膨糖的時候，我們發現成功率非常高，而且不管哪種口味都非常好吃，甚至在攪拌 10 秒結束後，有幾次跳跳糖並未完全融解，吃膨糖的同時上還吃的到跳跳糖的顆粒，軟硬恰到好處，是一種很新鮮的口感，非常適合拿來作為膨糖的新配料。
3. 至於跳跳糖的用量不需經過電子秤測量，撕開小包裝，倒出來的重量就是 0.024 克，比起其他配料的使用上方便許多，值得推薦。
4. Pop candy 的各種口味也是在 2 分 40 秒時均可成功作出膨糖，也再一次證實我們的推論，口味並不會影響到結果。
5. 使用 Pop candy 作膨糖時，雖然成功率不低，但是它的膨脹程度比較小，作出來的成品比起其他配料來的小很多，我們研判可能 Pop candy 的顆粒太大，加進去攪拌時無法快速融解所致。
6. 於是我們把 Pop candy 磨碎來使用，增加反應的面積，發現膨脹程度的確有增加，不過只有多一點點，我們推測可能跟 Pop candy 裡面含的其他成份有關係。
7. Pop candy 膨糖吃起來有點硬，有點像在吃餅乾的感覺，雖然甜甜的，但是味道不是非常吸引人。
8. 用泡打粉作膨糖時，除了在 2 分 20 秒溫度不足無法成功外，2 分 30 秒與 2 分 40 秒皆可作成功，成功率比跳跳糖的還高。但是在口感方面卻不盡理想，非常硬，而且味道為苦、酸、澀，非常難以下嚥，所以我們非常不推薦使用泡打粉來作膨糖。
9. 用小蘇打粉來作膨糖是最一般的作法，成功率也極高，除了在 2 分 20 秒溫度不足無法成功外，2 分 30 秒與 2 分 40 秒皆可作成功。但在口感方面，有一股尿騷味。我們懷疑是小蘇打粉的量過多。後來使用極微量的小蘇打粉（約為 1/4TSP 的十分之一量）嘗試，結果膨糖的膨脹效果較差，但口感上就只留下甜味。

10. 我們不推薦一般家庭製作膨糖時，使用小蘇打粉，因為它的用量很難拿捏，太少會膨不起來，太多，則會有怪味破壞口感。
11. 使用這四種配料來作膨糖，我們分成以下兩種來做排序：  
成功率：泡打粉 > 小蘇打粉 > 跳跳糖 > Pop candy。  
口味及口感：跳跳糖 > Pop candy > 小蘇打粉 > 泡打粉。



照片二六 成功膨糖的內部



照片二七 葡萄口味跳跳糖膨糖



照片二八 藍莓口味 Pop candy 糖膨



照片二九 葡萄口味跳跳糖膨糖

研究六：調查自製膨糖各種口味的接受程度。

★實驗過程：

1. 我們先試吃用研究五的配料做出的膨糖，再選出幾種認為可被大眾接受的口味膨糖：葡萄口味跳跳糖、檸檬口味 Pop candy、小蘇打粉。每種口味均編上編號。
2. 每個年級隨機選出一班，請各班同學分別試吃不同口味的膨糖，並選出自認為最好吃的膨糖編號。
3. 將其結果記錄在表格上，方便進行統計。

★ 實驗結果：

表十三：不同膨糖口味調查結果（單位：人數）

膨糖口味 年級	編號一 (葡萄跳跳糖)	編號二 (檸檬 Pop candy)	編號三 (小蘇打粉)
一年級	22	6	2
二年級	19	8	3
三年級	28	2	2
四年級	10	7	15
五年級	25	2	3
六年級	30	2	0

★ 實驗討論：

1. 一年級口味接受程度：葡萄跳跳糖 > 檸檬 Pop candy > 小蘇打粉  
二年級口味接受程度：葡萄跳跳糖 > 檸檬 Pop candy > 小蘇打粉  
三年級口味接受程度：葡萄跳跳糖 > 檸檬 Pop candy > 小蘇打粉  
四年級口味接受程度：小蘇打粉 > 葡萄跳跳糖 > 檸檬 Pop candy  
五年級口味接受程度：葡萄跳跳糖 > 檸檬 Pop candy > 小蘇打粉  
六年級口味接受程度：葡萄跳跳糖 > 檸檬 Pop candy > 小蘇打粉
2. 由調查中發現，大多數學生認為葡萄跳跳糖做出的膨糖口感最喜歡，其次是用檸檬 Pop candy 做的膨糖，用小蘇打粉做的膨糖接受度最低，與我們自己親自食用後發現的結果很一致。

## 五、結論

1. 在「研究一：探討膨糖為什麼會膨脹」實驗中，我們得到以下結論：
  - (1) 膨糖的膨脹原因是小蘇打粉遇到高溫時快速分解產生二氧化碳，加上濃稠的糖漿有助二氧化碳的包覆，造成製膨糖內部有許多的空隙。
  - (2) 糖漿的黏稠隨著溫度而改變，因此要製造一個成功的膨糖即是在適當溫度下〈130°C左右〉加入適當的小蘇打粉，再經過適當的攪拌〈資料顯示在 10 秒附近最理想即可成功〉。
2. 在「研究二：嘗試找出最佳的糖水比例」實驗中，我們得到以下結論：
  - (1) 我們利用日常生活中的物品達到量化的效果，料理用的量匙就很方便而且價錢也便宜（本實驗用的量匙組為 20 元）。是家庭製作膨糖時測量比例的好幫手。
  - (2) 糖水比例為 2 TSP：1/4 TSP 恰到好處，在兩分鐘內雖然糖未完全溶解，但已呈濃稠狀，非常適合拿來當作本研究的實驗依據。

3. 在「研究三：測試最佳加熱高度」實驗中，我們得到以下結論：
  - (1) 火焰可分成三層，每層的溫度不同，我們可以控制加熱高度達到在最短時間可以成功作出膨糖。
  - (2) 實驗顯示，長柄杓子底部離酒精燈口高度為 4 公分時，剛好接觸到火焰中溫度最高的外焰部分，所以可在較短時間內使糖漿達到濃稠狀，以便拿來作膨糖。
4. 在「研究四：探討加熱時間與膨糖濃稠度的關係」實驗中，我們得到以下結論：
  - (1) 在 2 分 30 秒時，糖漿表面的泡沫均勻分布，把攪拌用的筷子拉起，可以看到筷子的末端有濃稠的糖漿，呈現欲滴未滴的狀態，由此判斷以達濃稠程度，適合拿來作膨糖。
  - (2) 時間若少於 2 分 30 秒，會因為加熱時間過短，糖漿都未到達濃稠程度，所以不適用。時間若比 2 分 30 秒長一些，糖漿會更濃稠，甚至變成焦糖狀，也不適合拿來作膨糖。
5. 在「研究 5-1：探討其他配料的二氧化碳含量」實驗中，得到以下結論：
  - (1) 二氧化碳是決定膨糖是否可以膨起的重要關鍵，於是我們尋找市面上含有二氧化碳的食品來作實驗。我們想到的有以下幾種：汽水、人呼出的氣體、跳跳糖、Pop candy、泡打粉、小蘇打粉。由於汽水和人呼出的氣體實用性不佳，因此淘汰不使用。
  - (2) 0.024 克跳跳糖加入 10c.c.澄清石灰水中，以冰醋酸滴定，滴數均為 3 或 4 滴，推測跳跳糖的種類不會影響它水解後產生二氧化碳的含量。
  - (3) 0.024 克 Pop candy 加入 10c.c.澄清石灰水中，以冰醋酸滴定，滴數均 10 滴，推測 Pop candy 的口味不會影響它水解後產生二氧化碳的含量。
  - (4) Pop candy 因為是顆粒狀，很難溶解在水中，因此我們可以把它研磨成粉末狀，來增加溶解速度。
  - (5) 泡打粉 0.002 克加入 40c.c.時才能作滴定實驗，否則會因為泡打粉加的量太多，導致清水一開始就呈現混濁而無法作比較。若要放大成與跳跳糖、Pop candy 同比例時，則滴數要放大為 460 滴。
  - (6) 小蘇打粉也是要 0.002 克加入 40c.c.時才能作滴定實驗，否則會因為泡小蘇打粉加的量太多，導致清水一開始就呈現混濁而無法作比較。若要放大成與跳跳糖、Pop candy 同比例時，則滴數要放大為 920 滴。
  - (7) 從本實驗中，得知跳跳糖、Pop candy、泡打粉與小蘇打粉均含有二氧化碳的成分。但泡打粉與小蘇打粉同比例內所含的二氧化碳量遠比跳跳糖與 Pop candy 多。
6. 在「研究 5-2：找出其他配料加入膨糖的最佳時間點與反應情形」實驗中，我們得到以下結論：
  - (1) 跳跳糖與可樂糖均在 2 分 40 秒時可以成功作出膨糖，與它們的口味種類無關。

- (2) 在使用跳跳糖作膨糖的時候，我們發現成功率非常高，而且不管哪種口味都非常好吃，甚至在攪拌 10 秒結束後，有幾次跳跳糖並未完全融解，吃膨糖的同時上還吃的到跳跳糖的顆粒，軟硬恰到好處，是一種很新鮮的口感，非常適合拿來作為膨糖的新配料。
- (3) 跳跳糖的用量不需經過電子秤測量，撕開小包裝，倒出來的重量就是 0.024 克，比起其他配料的使用上方便許多，值得推薦。
- (4) 使用 Pop candy 作膨糖時，它的膨脹程度比較小，作出來的成品比起其他配料來的小很多。吃起來有點硬，有點像在吃餅乾的感覺，雖然甜甜的，但是味道不是非常吸引人。
- (5) 用泡打粉作膨糖時，除了在 2 分 20 秒溫度不足無法成功外，2 分 30 秒與 2 分 40 秒皆可作成功，成功率比跳跳糖的還高。但在口感上卻不盡理想，硬而且味道為苦、酸、澀，所以我們不推薦使用它作膨糖。
- (6) 用小蘇打粉來作膨糖是最一般的作法，成功率也極高，除了在 2 分 20 秒溫度不足無法成功外，2 分 30 秒與 2 分 40 秒皆可作成功。但在口感方面，有一股尿騷味。我們懷疑是小蘇打粉的量過多。後來使用極微量的小蘇打粉（約為 1/4TSP 的十分之一量）嘗試，結果膨糖的膨脹效果較差，但口感上就只留下甜味。
- (7) 我們不推薦一般家庭製作膨糖時，使用小蘇打粉，因為它的用量很難拿捏，太少會膨不起來，太多，則會有怪味破壞口感。
- (8) 使用這四種配料來作膨糖時，成功率：泡打粉 > 小蘇打粉 > 跳跳糖 > 可樂糖。口味及口感：跳跳糖 > 可樂糖 > 小蘇打粉 > 泡打粉。
- (9) 根據以上資料，我們一致推薦跳跳糖為一般民眾在家自製膨糖的小蘇打粉替代材料。

7. 在「研究六：調查自製膨糖各種口味的接受程度」實驗中，我們由調查中發現，大多數學生認為葡萄跳跳糖做出的膨糖口感最喜歡，其次是用檸檬可樂糖做的膨糖，用小蘇打粉做的膨糖接受度最低，與我們自己親自食用後發現的結果很一致。

## 七、參考資料

### 糖漿溫度

<http://ebake.dyn.dhs.org/Basics/DBQryDesc.asp?Name=%BF}%BC%DF%AA%BA%B4X%AD%D3%A4%A3%A6P%AA%BA%B6%A5%ACq>

### 火焰溫度

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1004121501067>

### 火焰分層

<http://chemwww.pu.edu.tw/cheminfo/board/view.asp?messageid=2373>

### 火焰溫度表

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1007071210326>