

煮膨糖

高小組化學科第二名

高雄市私立油廠國民小學

作者：洪薇雅、黃姿蓁、徐浩博、梁永鈺

指導教師：葉安琦

一、研究動機

弟弟很喜歡吃糖，有一次弟弟把伯父要加咖啡用的糖包吃掉爸爸很生氣，伯父卻笑著說，小時候他也喜歡吃糖，但不是方糖，而是膨糖，「甚麼是「膨糖」？浩博依伯父的說法回家做，卻不是膨不起來，就是膨起來又凹下去，口味也不如預期的好，只好到學校和同學一起請老師指導我們煮膨糖。

二、研究目的

- (一) 探討使「膨糖」膨脹的原因？
- (二) 探討影響煮「膨糖」的各種因素？
- (三) 學習如何改變「膨糖」的口味；特性使科學生活化。

三、研究器材

特級砂糖、2號砂糖、粉糖、冰糖、紅糖、果糖、蜂蜜、小蘇打粉、木筷、酒精燈、杓子、碼錶、火柴、錐形瓶、水銀溫度計、水槽、線香、石灰、方格紙。

四、文獻探討

- (一)「膨糖」的煮法：取適量的砂糖加一些水者至起泡，水分消失後，加入小蘇打粉攪拌，至「膨糖」膨脹起來。
- (二)小蘇打加熱分解產生碳酸鈉和水及二氧化碳
$$2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$

五、研究過程

研究(一)：探討「膨糖」膨脹的原因

實驗1：使「膨糖」膨脹的東西是什麼？

想法：「膨糖」會膨起來應該有氣體在裡面，氣體主要是空氣呢或是二氧化碳。

方法：(1)取2號砂糖，做「膨糖」等其膨脹後，再利用針筒抽取氣體檢驗。

(2)將氣體注入澄清石灰水觀察其變化。

結果：氣體使澄清石灰水變得混濁。

發現：使「脹糖」膨脹的氣體是二氧化碳。應是二氧化碳和石灰水作用產生碳酸鈣。

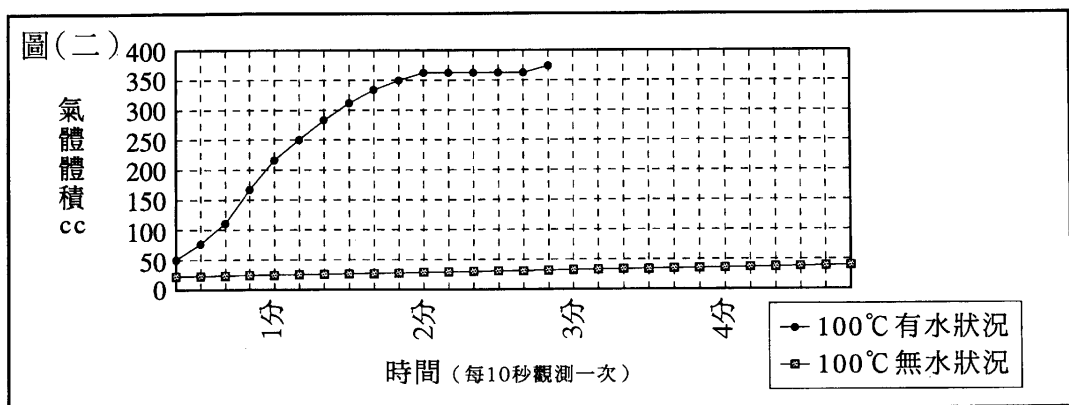
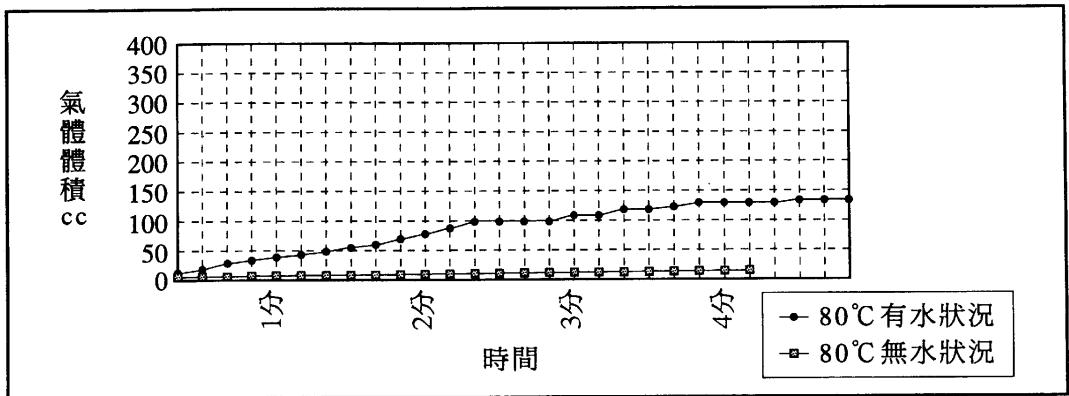
實驗2：二氧化碳的來源是什麼？

動機：在五上時，學過醋酸加小蘇打粉可產生二氧化碳，那麼「膨糖」中的二氧化碳是在什麼情況下產生？

方法：(1)取小蘇打粉6克放入錐形瓶中，第一次加水30c.c.，第二次不加水，在80°C及100°C下收集氣體。

(2)將所收集到的氣體，放入點燃的線香，及澄清石灰水中，觀察其變化？

結果：(1)圖(一)



(2)收集的氣體皆可使澄清石灰水變混濁，線香熄滅。

發現：(1)小蘇打粉在有水及無水情形下加熱，皆可產生二氧化碳。

(2)溫度相同時，小蘇打粉在有水時，較無水時產生二氧化碳的速率較快。

(3)溫度愈高，二氧化碳產生的速率愈快。

推想：煮「膨糖」成功的關鍵應是在短時間內產生大量的二氧化碳，且使糖在膨脹至最大時凝固。所以小蘇打應在高溫有水情況下加入，以產生大量的二氧化碳。

聯想：(1)大量的二氧化碳產生時，如果糖漿此時不夠黏稠或堅固，一定使得二氧化碳跑出，使「膨糖」因破洞而凹陷。

(2)小蘇打分解後產生的碳酸鈉，對「膨糖」的凝固又有何影響呢？

驗証：將糖12克加水15c.c.，加熱至135°C，第一次使自然冷卻，第二次則再加入1克的碳酸鈉，再使自然冷卻，每30sec記錄觀察其凝固情形。

結果：不加碳酸鈉的糖漿在6.5分後冷卻至84°C，才表面微硬；加碳酸鈉的糖則在加入60秒後，131°C時就硬化（請參閱驗日誌）。

結論：使「膨糖」膨脹的原因應是小蘇打，分解產生二氧化碳；而反應完後產生的碳酸鈉對「膨糖」的凝固也有幫助。

研究（二）：探討影響煮「膨糖」的各種因素

實驗1：水對煮「膨糖」的影響

方法：(1)取砂糖12克，分別在10cc的水，及不加水狀況下煮「膨糖」，比較其差別。

結果：(1)有加水煮「膨糖」，成功率較高。

(2)不加水煮「膨糖」，易焦黑，不易成功，即使偶而成功煮出來的「膨糖」較黃，冷卻後有針狀結晶析出，數小時後會有潮溼現象。

(3)二者吃起來口味不同。

猜想：口味不同；是不是加水轉變成新物質了。

查証：到圖書館查資料發現蔗糖在有水的情形下會發生水解產生葡萄糖和果糖。

推想：加水煮「膨糖」時，是全部的蔗糖都轉變成果糖和葡萄糖，還是只有一部分呢？

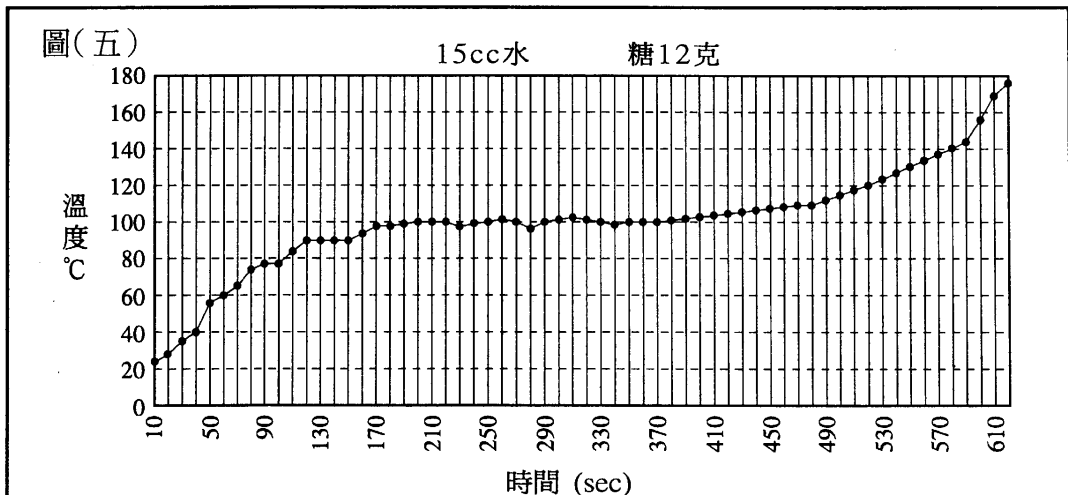
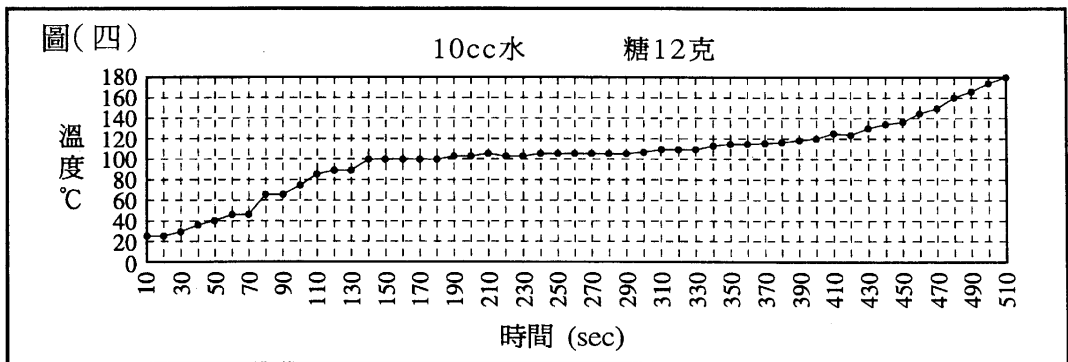
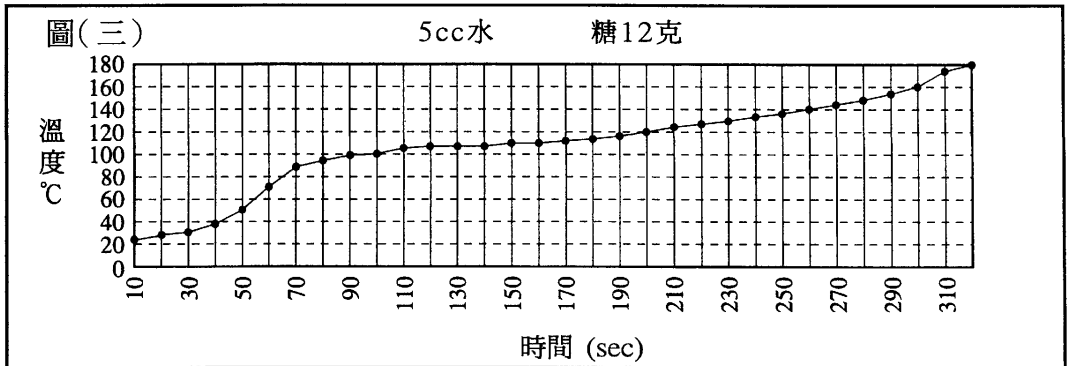
驗證：取等重量的葡萄糖及果糖混合均勻加熱煮「膨糖」。

結果：形成黏稠液而無法成形。

發現：加水可使蔗糖部分水解產生葡萄糖及果糖，較易使「膨糖」成功。

方法：(2)取水5c.c.、10c.c.、15c.c.分別加入12克的2號砂糖加熱，觀察並記錄溫度變化。

結果：如圖(三)、(四)、(五)。



發現：(1)水量愈多，升溫至沸騰所需的時間愈長，且保持在沸騰狀況的時間較長。

(2)超過沸騰溫度以後，溫度上升速率相近，故其組成近似，小蘇打粉的加入應當在此時刻；因此水量的多少應不影響「膨糖」的成功。

實驗2：在不同溫度下加入小蘇打粉對煮「膨糖」的影響。

動機：同學們煮「膨糖」時發現到有的人，加入小蘇打後如火山爆發氣泡噴出般，糖漿膨不起來而硬掉，有的人做出來的是較白較脆的膨糖，另外有人則在「膨糖」的底部發現焦黑情形，如何控制呢？

方法：(1)從圖（三）、（四）、（五）的溫度、時間關係圖中找出可能加入小蘇打的溫度。

(2)請同學在不同溫度下加入1克的小蘇打粉觀察其結果（每一種均做5次）。

結果：(1)110°C，加入小蘇打粉攪拌；攪拌時有氣泡逸出，糖不成形而硬化。

(2)120°C，加入小蘇打粉攪拌；攪拌後微膨而破洞，氣泡逸出。

(3)130°C，加入小蘇打粉均可形成膨糖，但易凹陷。

(4)140°C，加入小蘇打粉攪拌時較黏稠，膨脹較小，形成的「膨糖」顏色較黃。

(5)150°C，加入小蘇打粉，形成黑褐色黏稠狀的東西，凝固較慢俗稱「雞糞膏」。

發現：(1)由過程中糖漿的黏稠度隨著溫度而改變溫度愈高，黏稠性愈高。

(2)小蘇打粉加入的時機，以溫度達到130°C為最適當，其黏稠度較適中。

猜想：由研究（一）推想小蘇打粉在高溫有水下能產生較大量的二氧化碳，而130°C已超過水的沸點；是否還能含有水分？

驗證：取燒杯和砂糖稱重後，再加入15c.c.的水；加熱至132°C再冷卻至室溫再稱重比較冷卻後糖液和砂糖的重量。

結果：加熱前砂糖重11.4894克

冷卻後糖漿重11.6985克

加熱冷卻後含水量為0.2091克約為1.8%

(註：本實驗用電子天平，請參閱實驗日誌)

發現：在132°C時仍有水分存在，能使小蘇打產生大量的二氧化碳。

實驗3：小蘇打的量需要多少？

動機：先前我們在煮「膨糖」時，同學們發現小蘇打加太多時有苦澀味，加太少又怕膨不起來，到底要加多少才是適當呢？

方法：(1)取10個成功的「膨糖」，利用排水法測量其體積，再減去砂糖體積即為膨脹的體積。

(2)在圓形瓶內先加水再分別加入0.3克、0.5克、1克的小蘇打粉在100°C用排水集氣法，收集氣體，分別扣除只加水所產生的氣體體積即為小蘇打所產生的二氧化碳的體積。

結果：(1)10個成功膨糖的平均增加體積為80c.c。(參閱實驗日誌)

(2)收集到氣體不再產生，總體積如下表：

	只加水40cc	水40cc 小蘇打0.3克	水40cc 小蘇打0.5克	水40cc 小蘇打1克
收集體積 cc	360	410	440	525
小蘇打產生 二氧化碳 cc		410-360 =50	440-360 =80	525-360 =165

發現：(1)圓形瓶只加水不加小蘇打，加熱後體積增加360c.c.應為空氣受熱膨脹及水氣化所產生。

(2)小蘇打0.5克在100°C水中可產生80c.c.二氧化碳。

推想：煮「膨糖」時的溫度達130°C，氣體在更高的溫度下，體積應更多，所以在130°C下，產生80c.c.的二氧化碳；可能只需0.3~0.5克。

驗証：取小蘇打粉各0.3克、0.4克、0.5克倒入糖漿中，煮「膨糖」觀察其膨脹之差異性。

結果：0.3克、0.4克、0.5克均可做出成功的「膨糖」。

實驗4：攪拌的影響

動機：同學們在煮「膨糖」時發現到攪拌的程度會影響「膨糖」的

膨脹程度及木筷抽離的時間會影響「膨糖」的成功與否。

方法：用粗細不同的三種木筷（直徑分別為1公分、0.7公分、0.5公分）加入小蘇打粉0.3克後攪拌時間分別為5秒、10秒、15秒後抽離木筷，觀察膨脹情形，並記錄其膨脹至最高點所需要時間。

結果：

攪拌 時間 筷子 粗細	5秒		10秒		15秒		20秒	
	膨脹情形	達最大膨脹時間	膨脹情形	達最大膨脹時間	膨脹情形	達最大膨脹時間	膨脹情形	達最大膨脹時間
粗	膨起而不凹陷	30秒	膨起而微凹	26秒	抽離木筷後氣體逸出而凹陷	21秒	抽離木筷後氣體逸出而凹陷	15秒
中	膨起後而凹下	49秒	緩慢膨起	44秒	迅速膨起	30秒	抽離木筷後迅速膨起而氣體跑出凹下	23秒
細	緩慢膨得極小	59秒	緩慢膨脹、極小	50秒	緩慢膨脹	42秒	緩慢膨脹	39秒

發現：(1)粗筷攪拌時間5~10秒，即可成功，超過10秒氣體逸出而凹陷。中筷攪拌時間10~15秒均可成功，超過15秒氣體逸出而凹陷。細筷攪拌時間15~20秒才可成功，少於15秒，膨糖膨脹得很小，也凝固得很慢。

(2)三種木筷，攪拌時間若過長，則「膨糖」氣體逸出而凹陷，但攪拌時間過短，則「膨糖」鬆軟而凹陷。

(3)同一種木筷攪拌時間愈長，膨脹至最高點所需的時間愈短。

推想：(1)攪拌程度影響「膨糖」硬化速率及二氧化碳產生速率，攪拌程度愈高則硬化速率及二氧化碳產生速率均較快。

(2)適度的攪拌使二氧化碳產生速率及「膨糖」硬化速率配合得當，故可做成功的「膨糖」。

研究（三）：添加物的探討

動機：(1)除了砂糖外，其他的糖類也可形成「膨糖」嗎？

(2)取同重量的各種糖（冰糖、特砂、紅糖、葡萄糖、粉糖、

果糖、麥芽糖、蜂蜜)各12克，加水加熱至130°C，再加入0.3克的小蘇打粉，再攪拌比較其異同。

結果：

糖的種類	結果
冰糖	形成的膨糖較堅硬
特砂	成形，白中帶淡黃
紅糖	不成形，顏色深咖啡色
葡萄糖	不成形，顏色黃橘色
果糖	不成形，顏色黃橘色
粉糖	成形，顏色較白
麥芽糖	黏度高，不成形；咖啡色
蜂蜜	不成形

發現：(1)不成形的有蜂蜜、麥芽糖、果糖、紅糖、葡萄糖。

(2)每種糖其有特性，含蔗糖純度高的如：冰糖、特砂、粉糖、才可以成形。

※註：各種糖的成份，請參閱參考資料。

推想：(1)太黏稠的糖類，似乎無法使之膨脹起來。

(2)太不黏稠的糖類，似乎又無法便包住二氧化碳；造成氣泡逸出。

(3)葡萄糖和果糖形成的糖膏和前面實驗看(二)之2的雞糞膏很相似。

方法：取紅糖1克加入砂糖12克而煮膨糖觀察其變化。

結果：溶液顏色變深，煮時變較黏稠，形成的「膨糖」表面較堅固，裡面則較鬆軟。

推想：紅糖中是否含有製造過程中殘餘的少量石灰因而堅固；紅糖中的含水量可能造成它鬆軟的原因。

驗證：(1)使石灰0.1克加入煮「膨糖」，結果亦然。

(2)加蜂蜜(含水量更多)煮「膨糖」，結果入口即化。

結論：「膨糖」的性質會隨著添加物的增加而改變。

六、結論及討論

(一) 綜合以上所有實驗的結果，我們的結論是

1. 「膨糖」膨脹的原因是小蘇打在水分很少（1.8%），溫度很高（130℃附近）的情形下快速分解產生二氧化碳。
2. 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。
3. 蔗糖的水解程度隨著溫度而改變，在合適的溫度下（130℃）附近，蔗糖、葡萄糖、果糖能以合適的比例混合，形成一個殼。
4. 本實驗12克的砂糖中，小蘇打的量約0.30克即可達到「膨糖」的膨脹程度，過多的小蘇打反而使「膨糖」有苦澀味。
5. 小蘇打粉分解產生的碳酸鈉有助於糖漿的凝固。
6. 攪拌程度，適中即可，太多的攪拌二氧化碳產生速率太快反而使「膨糖」容易膨脹後又凹下，攪拌程度太少二氧化碳產生速率慢，「膨糖」慢成形，也膨脹不大。
7. 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。

(二) 由本實驗，我們可以了解到

1. 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。
2. 糖漿的黏稠性隨著溫度而改變，因此我們認為在適當的溫度加入小蘇打粉是因為此時的黏稠性較適合。
3. 小蘇打粉的量和攪拌程度決定二氧化碳的產生速率與「膨糖」的硬化所需時間。
4. 因此要製造一個成功的膨糖即是在適當溫度下（125℃~130℃）加入適當的小蘇打粉（0.3~0.5克）再經過適當的攪拌（10秒附近最理想即可成功）。

七、檢討

在此次科展活動中，因此想控制好「膨糖」的製造品質，因而進一步探討各種影響「膨糖」的變因；絕大多數的實驗大多是在家中廚房進行，再到學校一起討論研究，直到我們對「膨糖」又進一步的了解後，我們更嘗試模擬「膨糖」膨脹的實況在130℃附近、有1.8%的水分下，小蘇打產生二氧化碳究竟有多快，凝固情形如何呢？雖然在器材設備上使得我們不能完整的捕捉，但是多日來，我們

從實驗中學習到科學的方法，發現任何事只要追根究底一定有答案；甚至我們還積極的嘗試了解「膨糖」的特性後如何添加、改變它的特性，真是收穫良多。

八、參考資料

製糖化學	台灣商務印書館
	作者 郭質良
國中理化	第三冊
有趣的自然遊戲	光復書局

評語

探討影響煮膨糖的各種因素，找出影響最大的因素是溫度，而最佳的溫度是 130°C ，惜該研究在煮膨糖時未注意到在 130°C 左右時糖液的外觀，尤其「牽絲」是一明顯的現象，且很實用。該作品的照片中，表面脹了後又塌下去的現象，歸因於「攪拌不足」，是錯誤的，其實是溫度過高，脹到最大時溫度仍高，表面尚未（無法）硬化所致。