

揭開冰糖的奧秘

初小組化學科第二名

基隆市立五堵國民小學

作者：王佳如、盧雅雯

指導教師：黃玉里、吳日美

一、研究動機（略）

二、研究目的

- (一) 冰糖的性質之探討！
- (二) 溫度會影響冰糖的製造嗎？
- (三) 糖的濃度會影響冰糖的結晶嗎？
- (四) 冷卻的方法會影響冰糖的製造嗎？
- (五) 容器大小、深淺、質料與冰糖結晶有關嗎？
- (六) 怎樣製造較大顆粒的冰糖？
- (七) 不同質料的線會影響冰糖的結晶嗎？
- (八) 棉線的數量會影響冰糖的結晶嗎？
- (九) 各種糖都能製成冰糖嗎？

三、研究器材與設備（略）

四、研究活動與過程

(一) 冰糖的性質之探討：

↪ 我們走訪了中藥商、冰糖製造廠，及台糖公司製糖組、研究組等單位，而獲得了以下的資料：

1. 冰糖的原料是間接從蔗糖中獲取的，一般都是利用特砂糖製造而成，因此它的化學式與蔗糖一樣都是 $C_{12}H_{22}O_{11}$ ，也是一種碳水化合物。
2. 冰糖是屬於一種單晶，是由單一晶體結合而成的大晶體，所以外國人稱為岩糖 (ROCK SUGAR)。
3. 冰糖的製造方法是將砂糖煮到一定的程度後，再以冷卻，使得糖液自然結晶而成為冰糖。因此，冰糖可說是一種熟糖。

4.冰糖結晶須使糖液達到飽和的程度，才能開始結晶，未達飽和程度就無法產生結晶，而糖液的飽和點約為濃度70%。

5.冰糖是經由結晶而成，所存的雜質（如礦物質等無機物）較少，對於煎煮中藥時，影響性較少，因此，大多數中藥煎煮均採用冰糖而不用砂糖。

6.冰糖由於是長時間結晶而成，所以糖蜜會分泌一種芳香的酵素，因此，氣味聞起來較為芬芳清香，所以一些食品或飲料大多喜歡加冰糖，而不加砂糖。

7.製造冰糖的技術，是要靠不斷的嘗試，而找出適當的濃度和溫度，才能製成，而適切的溫度與濃度是商業上的秘密，不便告訴我們。

從我們的訪問中，大略的瞭解了冰糖的基本性質和主要的製造方法，但對於濃度與溫度的適當數據則茫然不知，因此，我們嘗試著摸索以下的實驗。

(二)溫度會影響冰糖的製造嗎？

由於我們無法知道特砂糖要煮到何種程度才可以結晶成冰糖，因此我們就嘗試著自己製造冰糖。

1.方法：

取8個鐵碗，依查訪所得調成糖液飽和濃度，即放入70克的特砂糖和30c.c的水，攪拌溶解後放在電磁爐上加熱至不同的溫度，然後靜置桌上，觀察它的結晶情形並記錄之。

2.分組：

甲組——不加熱約30℃

乙組——加熱至50℃

丙組——加熱至70℃

丁組——加熱至90℃

戊組——加熱至100℃

己組——加熱至110℃

庚組——加熱至120℃

辛組——加熱至130℃

3.結果：（如表一）

表一 溫度對冰糖結果的影響

組別	時間					一 天	二 天	三 天	四 天	五 天
	2 小時	4 小時	8 小時	12 小時	變化情形					
甲組	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
乙組	-	-	-	-	+	+	+	卅	卅	卅
丙組	-	-	-	+	+	+	卅	卅	卅	卅
丁組	-	-	+	+	+	+	卅	卅	卅	卅
戊組	-	-	+	+	+	卅	卅	卅	卅	卅
己組	-	+	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
庚組	-	+	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
辛組	-	+	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅

符號：-表示未結晶 +表示一點點結晶
 卅表示部份結晶 卅表示大多結晶

4. 討論：

- (1) 從實驗中知道冰糖的溫度對結晶的速度有很大的關係。
- (2) 己，庚，辛三組的結晶速度差不多是同時，但庚、辛組要煮到 120°C，須花較長的時間，且容易燒焦。
- (3) 最適宜製冰糖的溫度是 110°C。

(三) 糖的濃度會影響冰糖的結晶嗎？

根據我們查訪的資料，糖的濃度須在 70%，才能飽和而結晶，是否一定要 70% 的濃度，其它濃度可以製成嗎？因此，我們著手下列的實驗。

1. 方法：

- (1) 調配濃度為 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100% 的特砂糖水溶液，各 100c.c 並加熱至 110°C。
- (2) 濃度的調配方法採用體積濃度調製，例如：糖 10 克 + 水 90 克 = 100 克，這樣糖水溶液即是濃度 10%，餘此類推。

2. 結果：

表二 糖濃度對冰糖結晶的影響

時間 變化 情形 濃度	2 小時	4 小時	8 小時	12 小時	一 天	二 天	三 天	四 天	五 天	六 天
10 %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20 %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30 %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40 %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50 %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60 %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70 %	—	+	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
80 %	+	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
90 %	(很難溶解，二小時內就凝固)									
100 %	(很難溶解，且很快就凝固)									

3. 討論：

- (1) 由實驗中知道，糖水溶液的濃度，的確會影響到冰糖的結晶。
- (2) 當濃度低於60%時，雖然經過了六天，但仍沒有些微的結晶出現。
- (3) 當濃度高於90%時，要攪拌煮成糖水很不容易，而且，一不加熱經20分鐘後馬上凝結，所結成的很像一般糖果而不是冰糖。
- (4) 最適宜製造冰糖的濃度約在70%~80%左右。

四 冷卻的方法會影響冰糖的製造嗎？

1. 方法：

- (1) 製造濃度70%的糖水溶液500c.c方法如前。
- (2) 將糖水溶液分別裝入五個鐵碗中各100c.c並分別加熱至110℃。
- (3) 將鐵碗中編號甲的糖水溶液放至冰箱冷凍層中做急速冷卻。
乙碗放入冷水中冷卻。
丙碗置於室溫中。

丁碗置於100℃的熱水中，慢慢冷卻。

戊碗置於定溫箱中，保持溫度為50℃左右。

2. 結果：（如表三）

表三 冷卻方法對冰糖結晶的影響

組別 \ 時間情形	2 小時	4 小時	8 小時	12 小時	一 天	二 天	三 天	四 天	五 天
甲 碗	凝成糖球有明顯裂痕								
乙 碗	凝成糖球有明顯裂痕								
丙 碗	—	+	+	++	++	++	+++	+++	+++
丁 碗	—	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++
戊 碗	—	—	—	—	+	+	+	+	+

3. 討論：

- (1) 直接放入冰庫與冷水中的甲、乙組很快就凝結，但不是結晶，約在一小時後即冷卻，表面上有龜裂的情形。
- (2) 丙組置於室溫中，經四小時後開始有小晶體出現。
- (3) 丁組約過了四小時才完全冷卻，開始結晶的速度與鐵碗一樣，但所結成的顆粒較大。
- (4) 戊組保持在50℃，八小時前都沒有結晶，但到了第二天便發現表面有像結冰一樣的一層與底下也有一些小的結晶冰糖，但持續至第五天卻都沒有變化。
- (5) 由實驗中知道，冷卻的方式雖無法促進冰糖早一點結晶，但逐漸冷卻，卻可獲得較大顆粒的結晶，亦即冷卻的時間愈慢，愈可獲得較大的冰糖。

(五) 容器的大小、深淺、質料與冰糖結晶有關嗎？

當我們從事實驗時，都是以學校午餐用的鐵碗為盛裝糖液、加熱、結晶的容器，如果改變容器的形式、質料，是否對冰糖結晶有影響？

1. 方法：

將濃度70%的糖液加熱至110℃後，分別裝入培養皿、1公分直徑試管、燒杯、三角錐瓶、廣口瓶、鍋子，鐵碗中、鋁罐、瓷杯、陶杯、木杓、

竹杯、鐵罐，並浸在100°C之熱水中，讓糖液隨著熱水逐漸冷卻。

2. 結果：

3. 討論：

- (1) 從容器大小、深淺來看，較細而深的試管結晶速度最慢，五天後僅表面及管底有一點點結晶。
- (2) 盛裝在容器口大的容器中較早結晶，尤其是鐵碗、燒杯和鍋子中為最早結晶。
- (3) 結晶顆粒以放置在三角錐瓶中和燒杯中的為最大，鍋子內的最小，但結晶在三角錐瓶中的冰糖不易取出。
- (4) 最適宜製冰糖的容器為深淺適中，開口稍大的燒杯為最適宜。
- (5) 從容器的質料而言陶杯、木杓、竹杯的結晶最快，可能與它們表面較粗糙，易附著有關。
- (6) 金屬和玻璃容器所結晶的冰糖在時間和顆粒上無太大差異，陶杯、竹杯的顆粒明顯比其它的要來得大，瓷杯、木杓次之，而塑膠杯則因溫度太高而變形，不適宜製造。
- (7) 從以上實驗結果來看，基於使用上的方便，器材取得之便利，和觀察的清晰上，仍以玻璃製之燒杯為較適宜。

表四 容器大小、深淺與冰糖結晶的關係

時間 變化情形 容器	2 小時	4 小時	8 小時	12 小時	一 天	二 天	三 天	四 天	五 天
試管	—	—	—	—	—	+	+	+	+
培養皿	—	—	+	+	+	+	卅	卅	卅
鐵碗	—	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
廣口瓶	—	—	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅
三角錐瓶	—	—	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅
燒杯	—	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
鍋子	—	+	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅

表五 容器質料與冰糖結晶的關係

容 器	變 化 情 形	時 間								
		2 小 時	4 小 時	8 小 時	12 小 時	一 天	二 天	三 天	四 天	五 天
燒 杯 (玻 璃)		—	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++
鐵 碗 (不 銹 鋼)		—	+	++	++	++	++	+++	+++	+++
鐵 罐 (鐵 質)		—	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++
鋁 罐 (啤 酒 罐)		—	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++
瓷 杯		—	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++
陶 杯		—	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++
木 杓		—	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++
竹 桶		—	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++
塑 膠 杯	杯子軟化變形無法盛裝									

(六) 怎樣製造較大顆粒的冰糖？

1. 方法：

調濃度70%的糖溶液，加熱至110°C後分別倒入四個燒杯中，甲燒杯不放線和晶種，乙燒杯放四條線而不放晶種，丙燒杯放晶種而不放線，丁燒杯中放四條線及晶種，並將四個燒杯放入100°C熱水中並觀察之。

2. 結果：（如表六）

3. 討論：

- (1) 放棉線使結晶加大且是順著棉線開始乙丁組至第四天整條線均被晶體圍住，明顯的乙丁組比甲丙組來得大。
- (2) 放晶種也會促進糖液結晶速度，丙、丁組是最早結晶的。
- (3) 由實驗了解要晶體大須加線使晶體附著，要快結晶須加晶種，因此丁組可說是兼顧速度與體積的良好方法。

表六 放入線與晶種對冰糖結晶的影響

時間 變化情形 組別	2 小時	4 小時	8 小時	12 小時	一 天	二 天	三 天	四 天	五 天
甲	—	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
乙	—	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
丙	+	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
丁	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅

(c) 棉線的數量會影響冰糖的結晶嗎？

1. 方法：依研究六之法調製糖溶液並倒入四燒杯中，甲燒杯不放線乙燒杯放二條線丙燒杯放四條線丁燒杯放六條，並均放入同量晶種，然後觀察它們結晶情形。

2. 結果：（如表七）

3. 討論：棉線放愈多晶體愈有附著地整體結晶速度即愈快，線愈多晶體會互相粘靠在一起而形成更大晶體。

表七 放入線數量多寡對冰糖結晶的影響

時間 變化情形 組別	30 分鐘	1 小時	1.5 小時	2 小時	4 小時	8 小時	12 小時	一 天
甲	—	—	—	+	+	卅	卅	卅
乙	—	—	—	+	卅	卅	卅	卅
丙	—	—	—	+	卅	卅	卅	卅
丁	—	—	+	卅	卅	卅	卅	卅

(v) 不同質料的線會影響冰糖的結晶嗎？

1. 方法：

(1) 依研究七之法調配並倒入六燒杯中每個燒杯內均放入同量晶種和不同質料的四條線。

(2) 甲燒杯放棉線，乙燒杯放毛線，丙燒杯放縫衣線、丁燒杯放入釣魚線，戊燒杯放入細鐵絲，己燒杯放入塑膠線。

2. 結果：（如表八）

表八 不同質料的線對冰糖結晶的影響

組長 變化情形	時間									
	30 分鐘	60 分鐘	90 分鐘	2 小時	4 小時	8 小時	12 小時	一 天	二 天	
甲	—	—	—	+	++	++	+++	+++	+++	
乙	—	—	+	+	++	+++	+++	+++	+++	
丙	—	—	—	+	+	++	++	+++	+++	
丁	—	—	—	+	+	++	++	++	+++	
戊	—	—	—	+	+	++	++	++	+++	
己	—	—	—	+	+	++	++	++	+++	

3. 討論：

(1) 由於溫度太高丁和己燒杯放入釣魚線和塑膠線，後馬上縮為一團，無法打開但冰糖仍可在四周結晶。戊燒杯因鐵絲光滑不易附著稍一動剛結晶的小冰糖便掉了。

(2) 效果較好為毛線依次為棉線縫衣線且顆粒以毛線為最大，但毛線易捲曲不易完全浸入糖液中。

(vi) 各種糖都能製成冰糖嗎？

1. 方法：取市上可購之特砂、赤砂、方糖等各140克加水 60c.c 調成濃度70%之糖液其它方法均與研究七同，但都放四條棉線和晶種。

2. 結果：（如表九）

表九 各種糖製造冰糖的效果

糖別	時間 變化情形	2	4	8	12	一	二	三	四	五
		小時	小時	小時	小時	天	天	天	天	天
特砂		+	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
赤砂		-	-	-	-	-	+	+	++	++
方糖		-	-	-	-	-	+	+	+	+
粉糖		-	-	-	-	-	+	+	+	+
紅糖		-	-	-	-	-	-	-	-	-
果糖		-	-	-	-	-	-	-	-	-
麥芽		-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.討論：果糖、麥芽糖、紅糖未見結晶，紅糖赤砂至90℃即沸騰外冒方糖赤砂結晶時間很長，製造冰糖以特砂最佳。

五、結論

冰糖是一種熟糖所含雜質無機物少，而製冰糖更須控制溫度濃度冷卻方法及容器亦須考究，溫度以110℃最理想，濃度是70%~80%最適宜，冷卻方式則以保溫逐漸冷卻最佳，而容器則以淺而開口大的最佳，容器質料以較粗糙的較快結晶，線的質料則以棉、毛線結的顆粒大，棉線數量多冰糖結晶快又大，最佳的製造材料是特砂在我們的實驗中製成的冰糖都很小不像市面上那麼大，這是因為實驗量很小如能大量製造，深信我們也可以製成大顆粒的冰糖。

評語

以各種糖在各種濃度的變因下探究冰糖晶體生成的最佳條件，現場實作實驗亦符合研究結果，整個研究所控制的變因亦適當，可進一步探討從紅糖精製後是否能製作冰糖，減壓方式等實驗。