

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 化學科

第三名

080204

你溶我濃，特砂請多---糖/水溶液對爆米花脆度的影響

學校名稱：屏東縣屏東市仁愛國民小學

作者： 小五 周侑利 小六 趙伯宣 小五 王鼎言 小五 趙昱傑 小五 蘇哲緯	指導老師： 莊蕉華 李郁美
---	-----------------------------

關鍵詞：爆米花脆度、結晶、濃度

你溶我濃，特砂請多？

——糖/水溶液對爆米花脆度的影響

摘要

本研究旨在加熱溫度、攪拌速度、玉米品種、用油種類均不變下，了解糖/水溶液對爆米花脆度的影響，研究發現：糖水溶液比固體糖更能讓爆米花的脆度增加、糖的顆粒大小、糖水的濃度和水溶液的溫度對爆米花脆度都有影響；其中以**烘乾 5 分鐘後的玉米搭配濃度 60%—80% 的等重砂糖水是最佳條件**。並提出以下建議：1. 提高加熱溫度，可提高糖的溶解量增加爆米花的脆度。2. 縮小水溶液濃度的級距，有助於找出爆米花脆度最高所需的濃度。3. 在脆度的認定上，若能輔以更精密的器具，將可得更精確的數據。

關鍵字：爆米花脆度、濃度、糖水溶液

壹、研究動機

爆米花是我們最愛吃的零食之一，相信其他小朋友也不例外。有一次去買爆米花，看著老闆把乾燥的玉米、糖、油放進爆米花機裡，蓋上蓋子，調整溫度，一會兒就爆出許多爆米花。老闆拌開剛爆好的爆米花，用風扇稍微吹涼後，其中一半灑上些許岩鹽；另一半灑上巧克力粉，分別裝進杯子裡。

我們覺得非常不解與好奇，便請問老闆：「為什麼爆鹹的爆米花也用砂糖？為什麼不直接用岩鹽和巧克力粉爆？」老闆只說這是公司規定的配方，他也不知道為什麼？不過似乎每家店也都這樣做，只是配方比例不盡相同而已。

自然課的時候，我們爆了鋁盒包裝的爆米花。發現鹹爆米花很快就軟化了，而甜的則持續較久。

於是我們推想：使用砂糖，除了會香甜，應該還有其他的效果和功用吧？

貳、研究目的與研究問題

目的之一、探討常見調味料對爆米花脆度的影響。

(一)常見的調味料對爆米花的脆度有何影響？

目的二、探討糖對爆米花脆度的影響。

(一)固體的糖對爆米花的脆度有何影響？

(二)液體的糖對爆米花的脆度有何影響？

(三)不同顆粒大小的糖對爆米花的脆度有何影響？

目的三、探討糖水溶液對爆米花脆度的影響。

(一)不同濃度的糖水溶液對爆米花的脆度有何影響？

(二)不同溫度的糖水溶液對爆米花的脆度有何影響？

參、名詞解釋

爆米花碎片

在成品中，隨機挑選 15 顆進行壓碎。分別在“立即”、“一小時”及“一天”各壓碎 5 顆。所得碎片最後算出數量，碎片分為四個大小層級，分別是：“極小”〈小於 0.25 cm^2 〉、“小”〈 $0.25\text{ cm}^2\sim 1\text{ cm}^2$ 〉、“中”〈 $1\text{ cm}^2\sim 2\text{ cm}^2$ 〉、“大”〈大於 2 cm^2 〉。

爆米花脆度

在兼顧碎片大小、數量以及時間效果三個向度後，我們以“脆度”取代“碎片”。採下列加權公式計算所得，即為脆度。

$$\text{爆米花脆度} = \text{極小碎片數量} \times 4 + \text{小碎片數量} \times 3 + \text{中碎片數量} \times 2 + \text{大碎片數量} \times 1$$

成型率

爆米花的碎片數量和爆米花是否充分爆開與相當程度的關係，故我們用以佐證脆度。

做法是隨機挑 5 顆剛爆好的爆米花，判斷爆米花形狀完整程度。成型分為三個層級，分別是：0~35%只有圓頭、36%~70%有半圓球、71%~100%似小章魚。

包覆率

糖附著在爆米花表面程度會影響爆米花的脆度，所以用包覆率來佐證討論，不列入脆度的計算。做法是隨機挑 5 顆爆米花，觀察糖附著在爆米花表面程度。包覆分為四個層級，分別是：0%-25%、26%-50%、51%-75%、76%-100%。

糖水濃度

配合課程所學，本研究採用「重量百分濃度」調製糖水溶液。

因應不同實驗目的的需求，有兩種操作方法，具體說明如下：

(一) 固定濃度時：用白砂糖調製出 500g 的「飽和溶液」備用，再配合每次要爆的 30 顆玉米的總重量做一比一秤重。

(二) 不固定濃度時：常溫下，分別調製出 20%、40%、60%、80% 及 100% 的糖水 50g，再配合每次要爆的 30 顆玉米的總重量做一比一秤重。

肆、研究限制

本研究受限於設備及安全的考量，有下列三個限制：

一、加熱方法：

專業的爆米花機器實驗的數量龐大，不適合本研究多次實驗用；加上有控溫的需求和操作安全的考量，故以電磁爐為加熱工具。

二、加熱溫度：

安全考量下，我們將電磁爐的溫度固定在 180°C 的火力，與市售 250°C 以上的機器設備不同。

三、食材選擇：

為方便觀察比較，我們採用爆出的成品「有固定形狀」的魔菇玉米品種，而非一般成品不固定形狀的蝴蝶品種。

伍、研究方法與過程

為了解答了解糖/水溶液對爆米花脆度的影響，我們採用「實驗法」來蒐集相關的數據與資料。以下針對文獻探討、研究架構、研究進度、實驗工具與實驗步驟逐項說明。

一、文獻探討

關於爆米花的研究報告不多，閱讀過相關資料與訪談爆米花業者後，我們得到下列關於做爆米花的秘訣、相變化與溶液濃度的相關知識：

(一) 製作原理：

用來做爆米花的玉米，在新鮮時的正常含水量是百分之十六，為了使它爆開，必須將含水量降到百分之十三至百分之十四之間。

將乾燥的玉米粒加熱到極高的溫度，玉米粒內的水分蒸發成水蒸氣，當玉米粒內部的蒸氣變多時，玉米粒的外皮就會爆開來，裡面的水分迅速蒸發到空氣中，澱粉和蛋白質外觀形成乾燥蓬鬆的爆米花。

(二) 爆米花好吃的 4 個條件：

1. 玉米的種類、大小和形狀
2. 爆米花中水的含量
3. 製作爆米花時的溫度
4. 攪拌的速度。

(三)糖的關鍵地位：

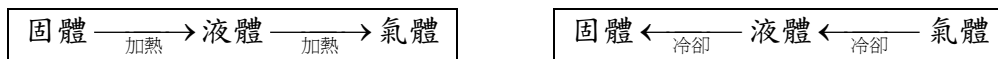
1. 糖可以上色，糖經過高溫後會焦化。
2. 糖的熔點約 180°C 左右，所以在爆米花加入過程中會熔化變成液態，包覆在玉米表層，形成薄膜。屬於化學變化。
3. 糖的多寡，影響成品的味道。

(四)油的功能與選用：

爆米花不用油也可以爆，因為只要「加熱溫度夠高」配上「攪拌速度夠快」，使鍋具能「加速導熱」，玉米粒能「均勻受熱」即可、例如傳統小吃「爆米香」也是不加油。

選擇品質穩定、冒煙點高的 (180°C 以上) 食用油，較不易產生有害物質。

(五)相的變化與熱的關係：



在相變化過程中有以下特點：

1. 當物質加熱進行相變化中，物質的溫度不會改變。
2. 結晶作用是利用冷卻方法所產生的相變化（液體變成固體）。

(六)溶液濃度：

在一定溶劑中所含溶質的量叫做溶液的濃度。

表示溶液濃度有幾種方法：

1. 重量百分濃度
2. 體積百分濃度
3. 莫耳分率濃度
4. 體積莫耳濃度
5. 當量濃度
6. 重量莫耳濃度

二、研究架構圖

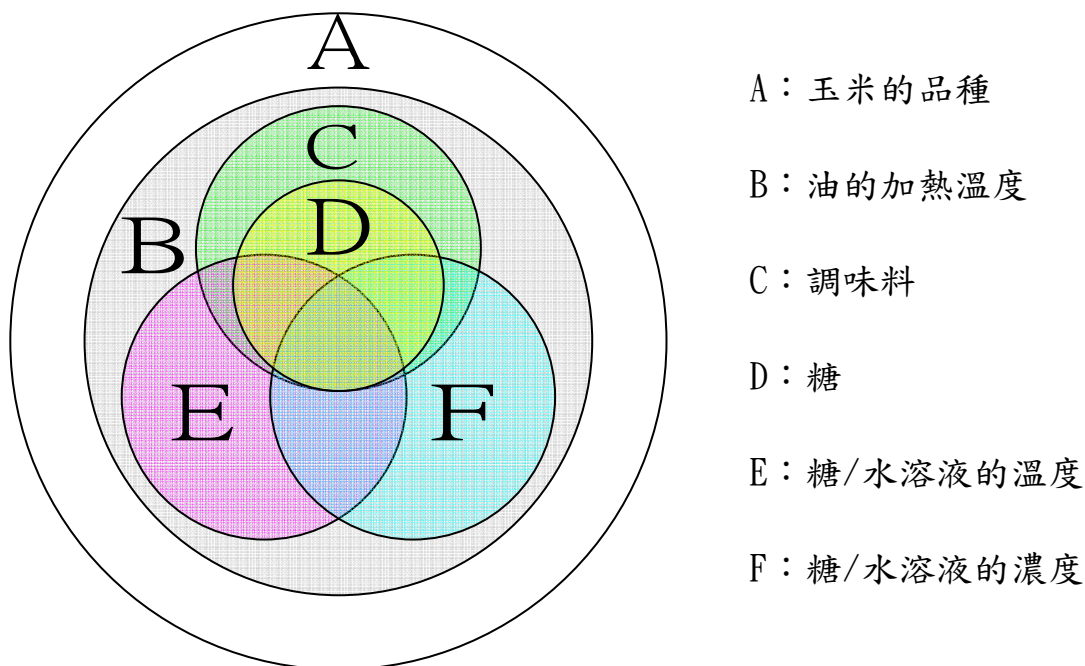


圖 5-2-1 研究架構圖

圖 3.1 為本研究的基礎架構，在溫度與玉米品種的固定下，探討各種不同的調味料，與糖的各種型態（液體、固體、顆粒大小、種類）對爆米花脆度的影響。

三、研究進度

表 5-3-1 研究進度表


時間	步驟
2009/10/01	1. 成立研究小組
2009/10/01- 2009/11/03	2. 閱讀相關文獻 3. 問卷調查
2009/11/03- 2009/12/09	4. 實驗不同烘乾程度的玉米粒對爆米花的脆度有何影響? 5. 實驗四種非糖類調味料的爆米花脆度的影響
2009/12/11	6. 實驗十種糖對爆米花脆度的影響
2009/12/12- 2009/12/26	7. 實驗糖水溶液對爆米花的脆度有何影響?
2009/12/27	8. 去台南實地訪問店家、並大量爆製
2010/01/18	9. (1)不同濃度的糖水溶液對爆米花的脆度有何影響? (2)不同溫度的糖水溶液對爆米花的脆度有何影響?
2010/01/27- 2010/02/28	10. 分析整理數據
2010/03/03- 2010/03/31	11. 整理報告.

四、實驗工具

實驗工具分成：食材、加熱攪拌及壓碎三大類。除了常見的食鹽、胡椒粉、辣椒粉和雞粉外，將可能影響爆米花脆度的工具整理成下表。

(一)加熱、攪拌壓碎工具

表 5-4-1 實驗工具表

名稱	魔菇玉米	芥花油	攪拌器	電磁爐	烤箱	壓碎器
圖片						
規格	600g	2 公升	每分鐘 72 轉 (傳統市場用來趕蒼蠅的器具)	HD-4413 110V~120V 90~1500W	Jov200e 110V 1200W	秤砣:488g 水管直徑 8cm 長 50cm
來源	食品原料行	食品原料行	五金行	同學家借來的	老師家借的	報廢桌椅
用途	爆米花主角	加熱，促使玉米粒均勻受熱	攪拌食材，促均勻受熱	加熱器，加熱火力 4，約 170 度	烘乾玉米粒	壓碎爆米花，收集碎片用
備註	完全爆開時呈現小章魚狀	冒煙點:200℃	自行改造	180 分自動斷電，6 段加熱	新格牌	老師協助自行改造

(二)糖

表 5-4-2 糖成分表

名稱	方糖	冰糖	二砂	白砂	黑糖
圖片					
成份原料	100%純糖	天然蔗糖 99.5% 水分 0.3%	天然蔗糖	天然蔗糖 99.5% 水分 0.3%	蔗糖提煉 糖蜜
名稱	麥芽糖	蜂蜜	楓漿	糖漿	果糖
圖片					
成份原料	麥芽 澱粉	果糖 蔗糖 葡萄糖 香 料 水	玉米糖漿 高果糖玉米糖 漿 水	玉米糖漿 高果糖玉米糖漿、 水、脫脂奶粉	糖份 75%，水分 25%(糖份:果糖 90%，葡萄糖 5%， 其他還原糖 5%)

五、實驗步驟

表 5-5-1 實驗步驟表

1. 玉米乾燥	2. 食材秤重	3. 加熱
		
4. 攪拌觀察	5. 熄火	6. 起鍋吹涼
		
7. 檢查包覆	8. 檢查成型	9. 壓碎
		
10. 數碎片	11. 記錄實驗數據	12. 保存碎片
		

陸、研究結果與討論

前處理：降低玉米粒的含水量

目的：為降低實驗誤差，降低玉米含水量，藉以排除玉米含水量對脆度的影響。

作法：分別使用冰糖水、砂糖水、冰糖和砂糖包覆，採5分鐘為級距(30顆玉米平均烘烤到20分鐘時已有焦黑的現象，但重量差異僅有0.8g)，分別實驗以攝氏100°C的烤箱分別烘乾0分、5分、10分、15分、20分。

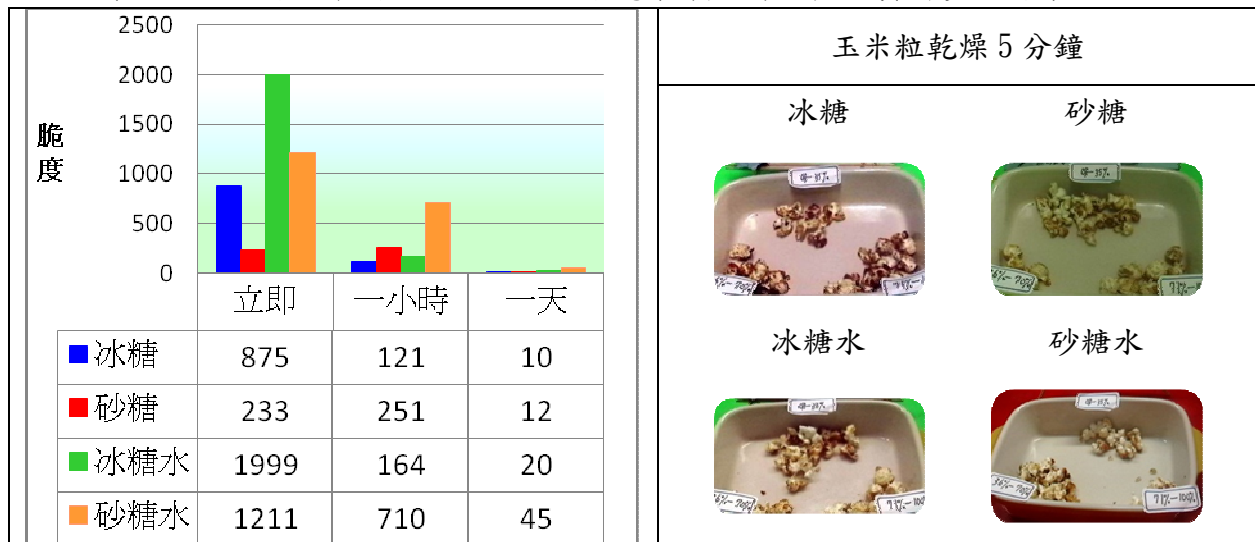
結果：玉米粒乾燥5分鐘的含水量時爆出來的爆米花脆度的最高。

表 6-0-1 不同烘乾時間玉米含水量表(含糖)

	冰糖水	砂糖水	冰糖	砂糖
乾燥 0 分鐘	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
乾燥 5 分鐘	1.92%	5.45%	1.85%	1.69%
乾燥 10 分鐘	7.14%	5.26%	3.64%	5.36%
乾燥 15 分鐘	3.39%	3.85%	9.80%	5.08%
乾燥 20 分鐘	7.41%	9.09%	7.02%	3.77%

者表示符合最佳含水量的標準

表 6-0-2 玉米粒乾燥 5 分鐘的脆度狀態表(含糖)，其他資料參見附錄一。

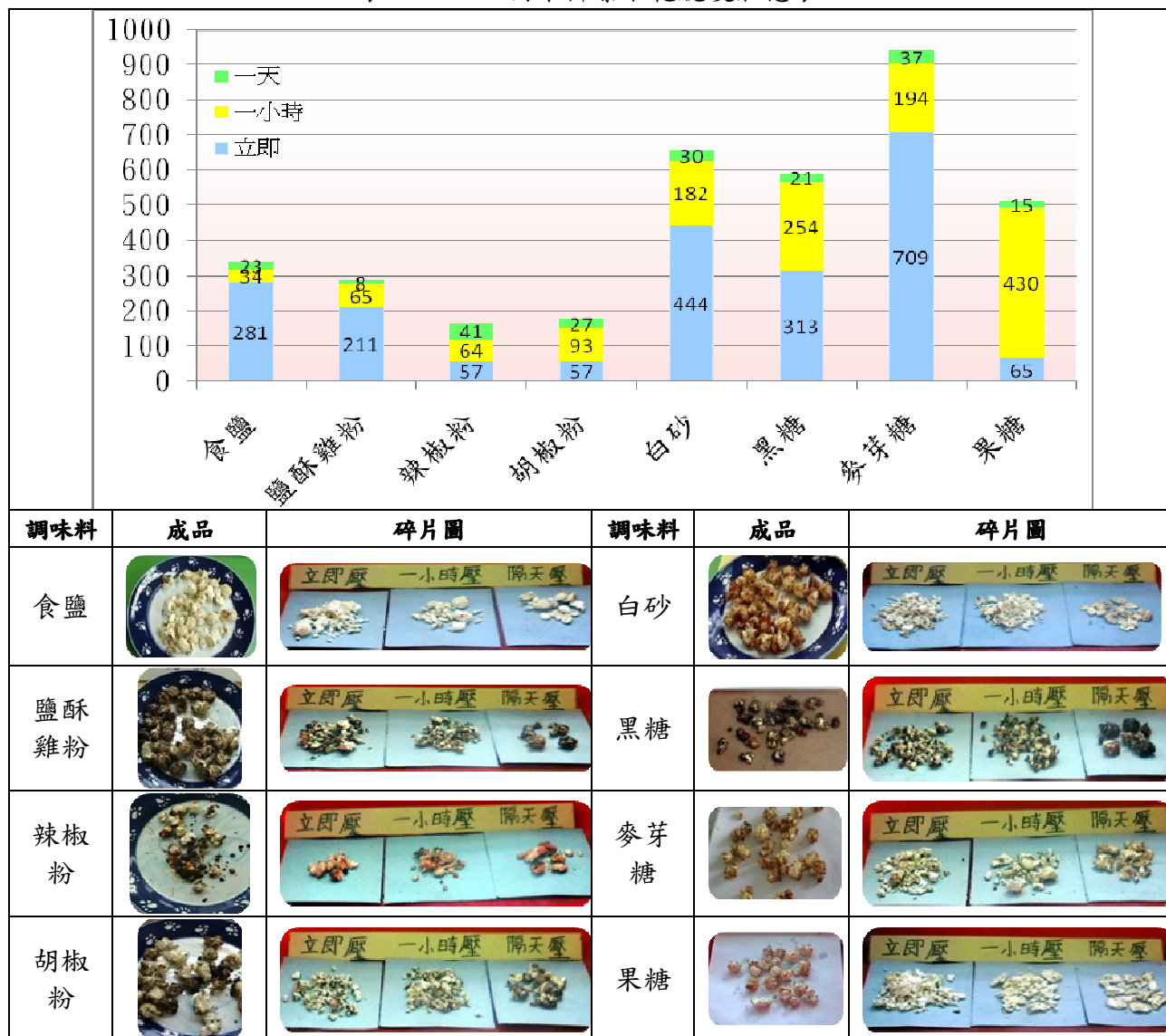


【小結】

1. 玉米的含水量會影響爆米花的脆度，本實驗中以烘乾5分鐘時脆度最高。
2. 冰糖及砂糖的表現穩定，糖水溶液差異較大。
3. 冰糖及砂糖的成分相同，為何結果差異大？我們將在之後的實驗繼續探討。
4. 糖類的脆度，都以一小時脆度最高。和非糖類調味料明顯不同，推測是因為糖在高溫時融化需等到溫度降低之後才會再結晶包覆上去有關。

一、探討常見的調味料對爆米花脆度的

表 6-1-1-1 調味料爆米花脆度狀態表



【研究發現】

1. 非糖的調味料中除食鹽外，脆度很低，顏色賣相差；其中食鹽僅在立即壓時脆度高，其後隨時間迅速下降。
2. 糖類爆米花脆度較高也較為穩定；其中黑糖脆度高，但顏色賣相欠佳。
3. 果糖在一小時後脆度達到最高點；麥芽糖則是在立即壓脆度最高。











【小結與討論】

1. 非糖類調味料脆度明顯低於固體糖與液體糖。
2. 食鹽因不是粉狀，所以脆度較高；但熔點高達 800°C 以上，無法熔化再結晶；因此無法像糖一樣包覆住爆米花使其不受潮，由一小時後碎片銳減的資料證實食鹽防潮性低。
3. 固體糖加熱的溫度高於熔點，都熔化再結晶，且脆度集中性高，無極端數值，穩定度較高。但我們產生一個疑問：成分相同的固體糖，為何脆度有差異？是否跟糖的物相有關？我們在下面的實驗中繼續探討。
4. 液體糖雖然脆度很高，但不穩定。在立即壓時脆度不如固體糖，反而要到一小時後脆度才增高。我們將在下面的實驗繼續探討為何會有這樣的現象。

二、探討糖對爆米花脆度的影響

(一) 固體糖對爆米花的脆度有何影響？

表 6-2-1-1 固體糖爆米花脆度狀態表

調味料	成品	碎片圖
二砂		
冰糖		
方糖		
白砂		
黑糖		


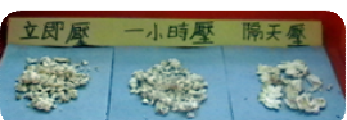


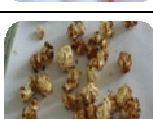


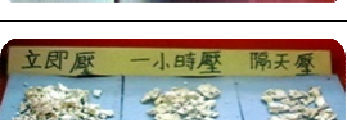


調味料	脆度 (天/小時)
二砂	立即: 315, 一小時: 114, 一天: 15
冰糖	立即: 210, 一小時: 179, 一天: 16
方糖	立即: 361, 一小時: 234, 一天: 80
白砂	立即: 444, 一小時: 182, 一天: 30
黑糖	立即: 313, 一小時: 254, 一天: 21

【研究發現】

1. 固體糖脆度較集中，顯示穩定性較高。
2. 黑糖脆度很高，但顏色賣相欠佳。
3. 二砂和黑糖較其他糖焦黑。

(二) 液體糖對爆米花的脆度有何影響？

表 6-2-2-1 液體糖爆米花脆度狀態表

調味料	成品	碎片圖
蜂蜜		
楓糖		
麥芽糖		
果糖		
糖漿		

調味料	脆度 (天/小時)
蜂蜜	立即: 369, 一小時: 1205, 一天: 71
楓糖	立即: 277, 一小時: 136, 一天: 87
麥芽糖	立即: 65, 一小時: 430, 一天: 15
果糖	立即: 709, 一小時: 194, 一天: 37
糖漿	立即: 116, 一小時: 103, 一天: 12

【研究發現】

1. 蜂蜜和果糖的脆度最高，但差異很大。
2. 蜂蜜、麥芽糖與液體糖不同，均在一小時後脆度達到最高點。
3. 顏色較焦黑的有麥芽糖和糖漿。

【小結與討論】

1. 固體糖由於加熱的溫度高於熔點，都熔化再結晶，且脆度集中性非常高，沒有極端數值，穩定度較高。但成分相同的固體糖，為何脆度還是有差異？是否跟糖的顆粒大小有關？
2. 液體糖雖然脆度很高，但不穩定。在立即壓時脆度不如固體糖，反而要到一小時後脆度才增高。在水溶液實驗繼續探討此現象。
3. 液態糖中的果糖與楓糖因成分較複雜，以致和其他液態糖的反應不盡相同。

(三)不同顆粒大小的糖對爆米花的脆度有何影響？





在玉米乾燥實驗中，我們意外發現成分相同的砂糖與冰糖，在實驗條件相等的狀況下，脆度居然不一樣，是否因為顆粒大小的關係，我們接下來呈現糖顆粒由小到大的實驗結果。

由眼睛觀察比較顆粒大小：砂糖水＝冰糖水 < 砂糖顆粒 < 冰糖顆粒。但是用眼睛觀察冰糖有大顆粒也有粉末，不能確定冰糖與砂糖的顆粒哪個大，所以另外做了冰糖與砂糖的結晶實驗。(以下實驗所稱砂糖皆為白砂糖)

作法：各取冰糖與砂糖的飽和溶液 100ml，放入綿繩靜置一個月再觀察。

結果：我們觀察市售的冰糖與砂糖，本來認為冰糖顆粒大於砂糖顆粒，但是從結晶實驗結果看來，冰糖結晶顆粒小於砂糖結晶顆粒。

表 6-2-3-6 砂糖與冰糖結晶狀態表

	砂糖	冰糖
整體結晶狀態	 <p>綿繩表面被砂糖完全覆蓋，覆蓋厚度不均。 看起來顆粒數量明顯少於冰糖結晶，但是砂糖結晶顆粒都大於冰糖結晶。</p>	 <p>綿繩表面被冰糖完全覆蓋，覆蓋厚度較均勻。 看起來較不透明，應該是結晶顆粒小但數量多，光線經過多次折射，看起來就霧霧的了。</p>
大小	顆粒大，最大直徑 1.2cm	顆粒小，最大直徑 0.8cm
數量	數量較少	數量多
顏色	透明	透明
形狀	<p>像六角柱，角較鈍</p> 	<p>像四方體，角尖瑞</p> 

1. 顆粒大小最小的砂糖水、冰糖水爆米花脆度實驗結果

表 6-2-3-1 砂糖水爆米花脆度狀態表

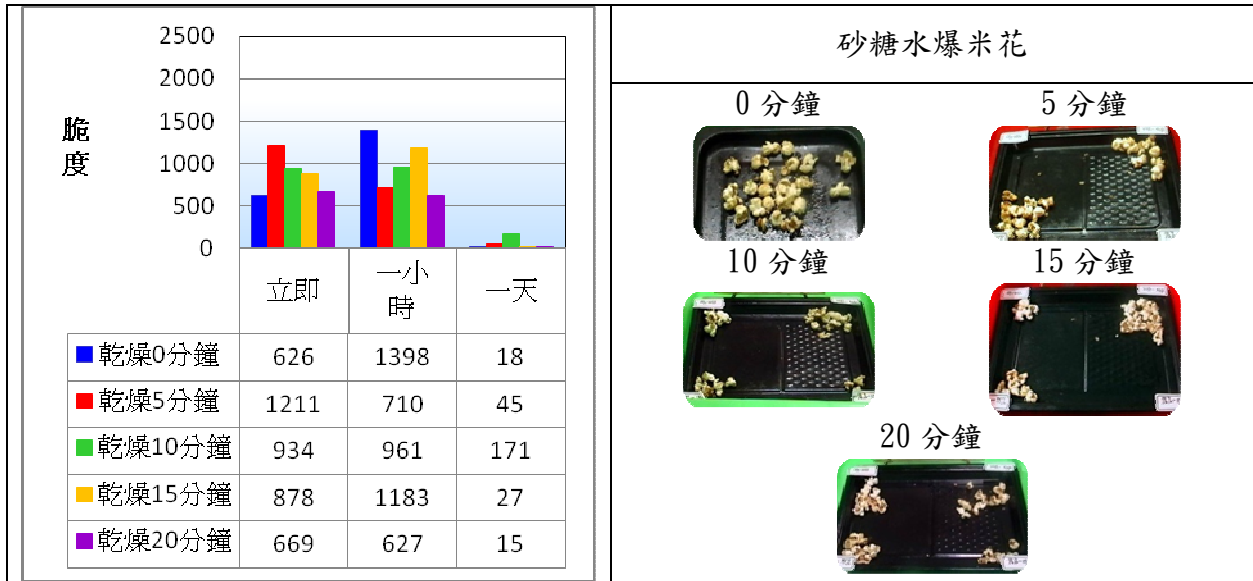
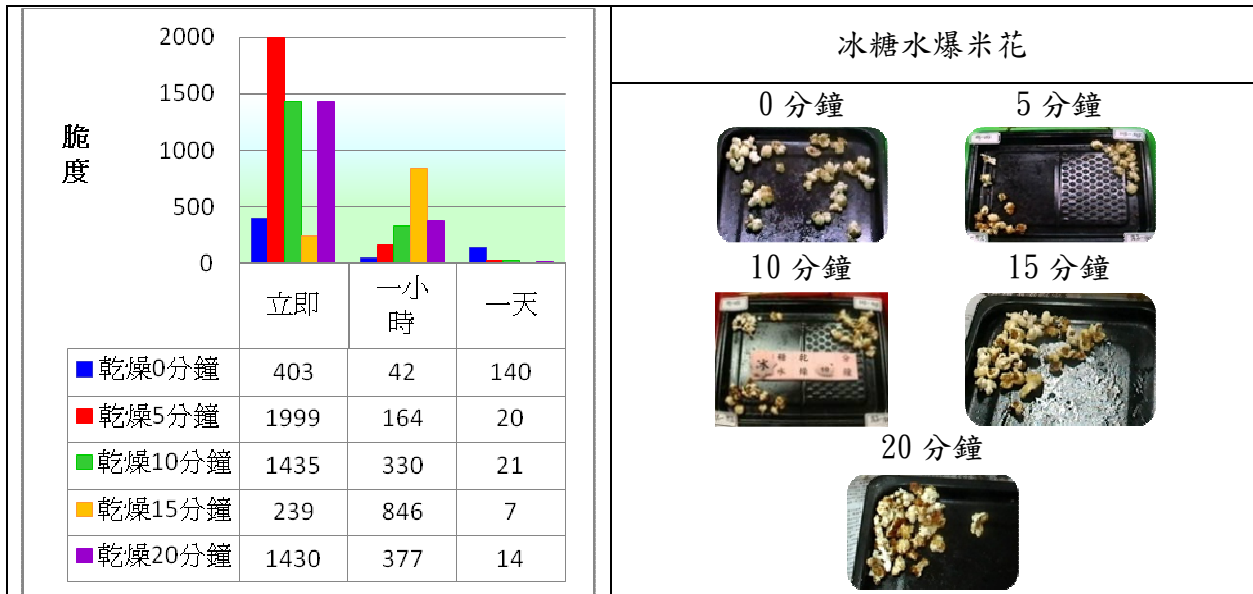
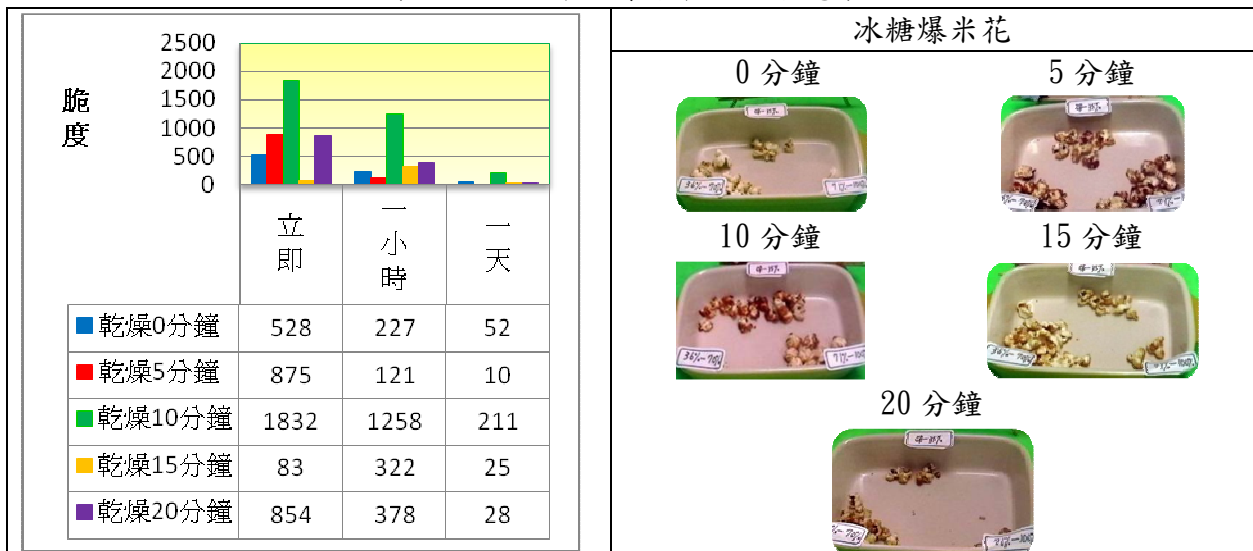


表 6-2-3-2 冰糖水爆米花脆度狀態表



2. 顆粒大小中等的冰糖爆米花脆度實驗結果

表 6-2-3-4 冰糖爆米花脆度狀態表



3. 顆粒大小最大的砂糖爆米花脆度實驗結果

表 6-2-3-3 砂糖爆米花脆度狀態表

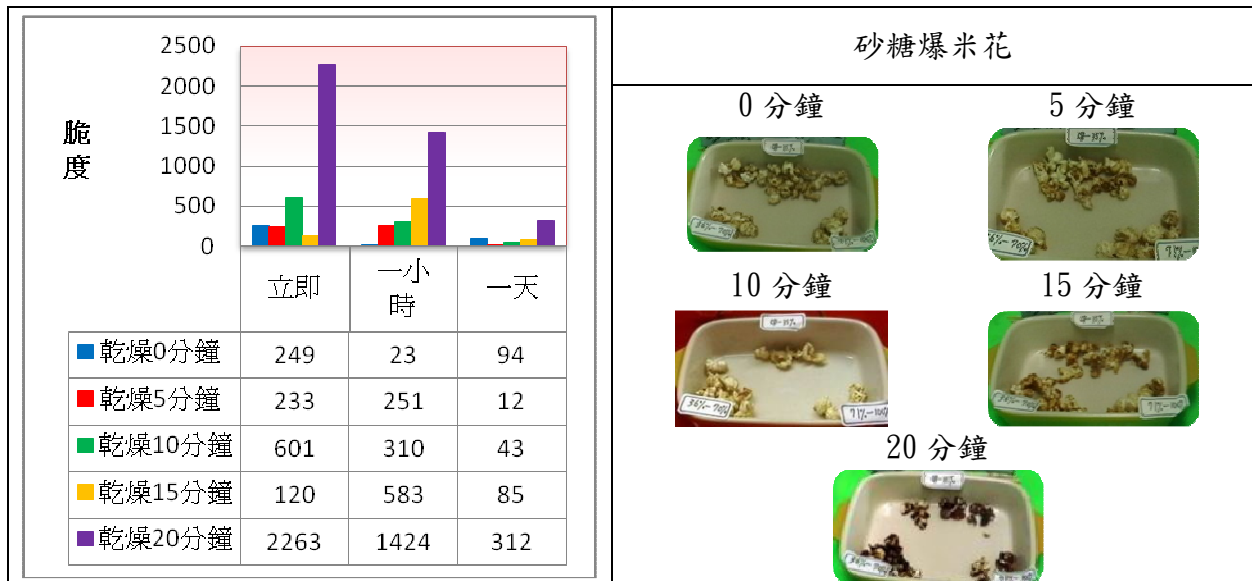
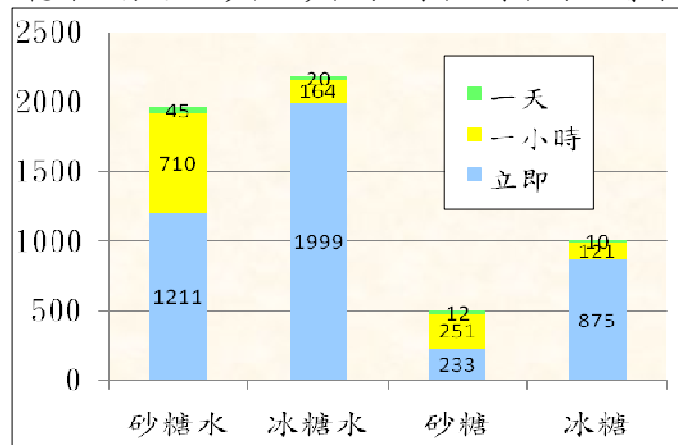


表 6-2-3-5 乾燥 5 分鐘、砂糖/砂糖水/冰糖/冰糖水 爆米花總脆度表



【研究發現】

1. 顆粒大小實驗顯示：冰糖水 = 砂糖水 < 冰糖 < 砂糖。
2. 脆度實驗結果顯示：冰糖水 > 砂糖水 > 冰糖 > 砂糖。
3. 砂糖或冰糖溶於水中顆粒大小一樣，但砂糖水的脆度較集中，冰糖水脆度差異極大。
4. 冰糖及砂糖脆度雷同；且烘乾越久成形度越好，但顏色也較黑。

【小結與討論】

1. 顆粒大小會影響爆米花的脆度，顆粒越小，脆度越高。
2. 同樣成份的砂糖與冰糖溶於水之後，顆粒大小一樣，但是為何脆度不一樣，這引起我們的好奇。在結晶的實驗中，我們意外發現砂糖結晶顆粒大於冰糖，冰糖的結晶比較細密，當它們包覆在爆米花上時，便產生不同的效果。
3. 結晶較大的砂糖，雖然包覆的範圍比小，但包覆的厚度比較大，所以潮化速度比較慢。相反的，冰糖的包覆厚度比較小，所以一小時後軟化的相當快。

綜合本階段實驗結果，成份、物相與顆粒大小不同的糖，對於爆米花脆度有不同的影響。

三、探討糖水溶液對爆米花脆度的影響

(一)不同濃度的砂糖水對爆米花脆度的影響

表 6-3-1 不同濃度砂糖水爆米花脆度狀態表

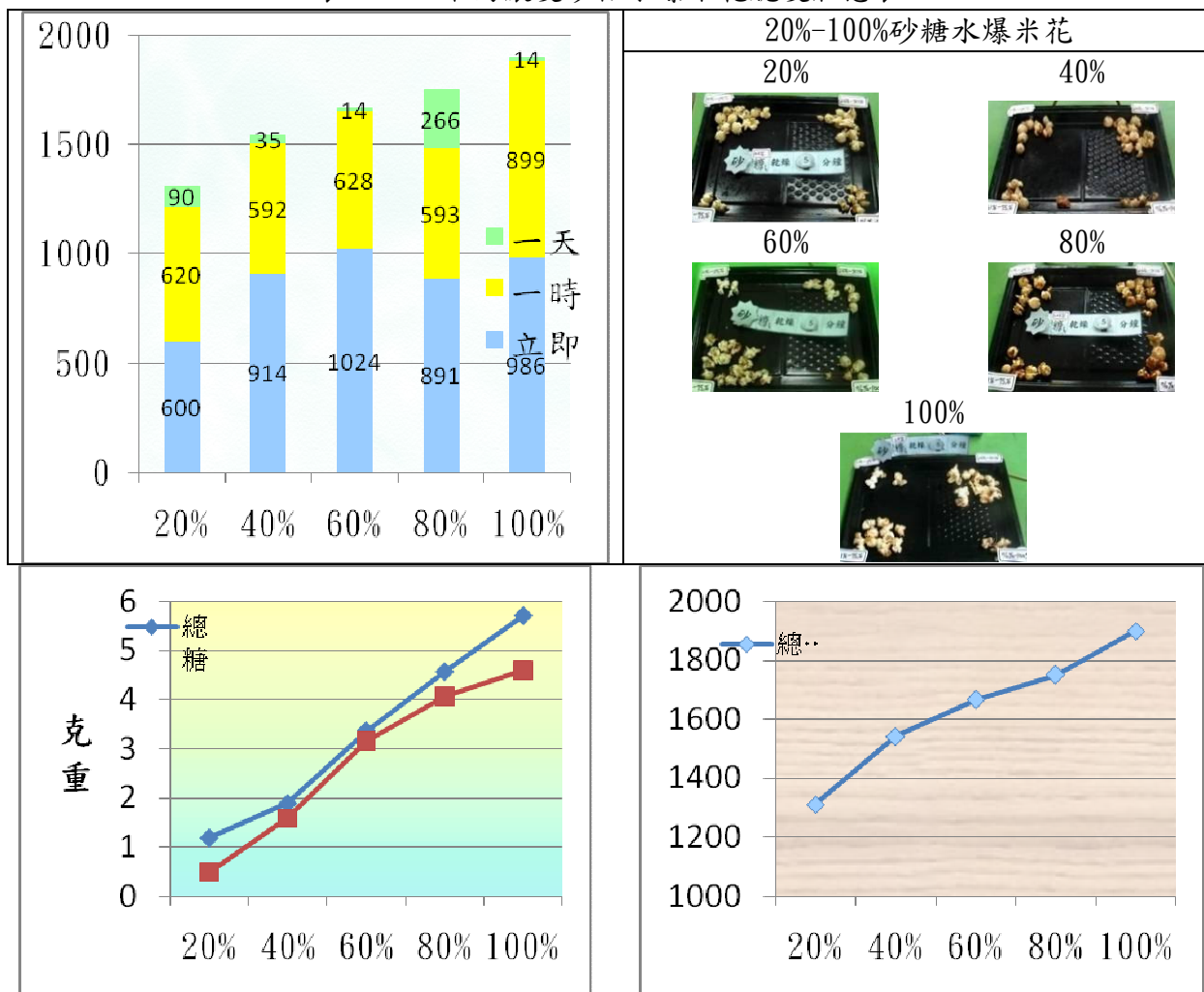


圖 6-3-1 不同濃度砂糖總重與包覆的糖趨勢

圖 6-3-1 不同濃度砂糖總脆度趨勢

【研究發現】

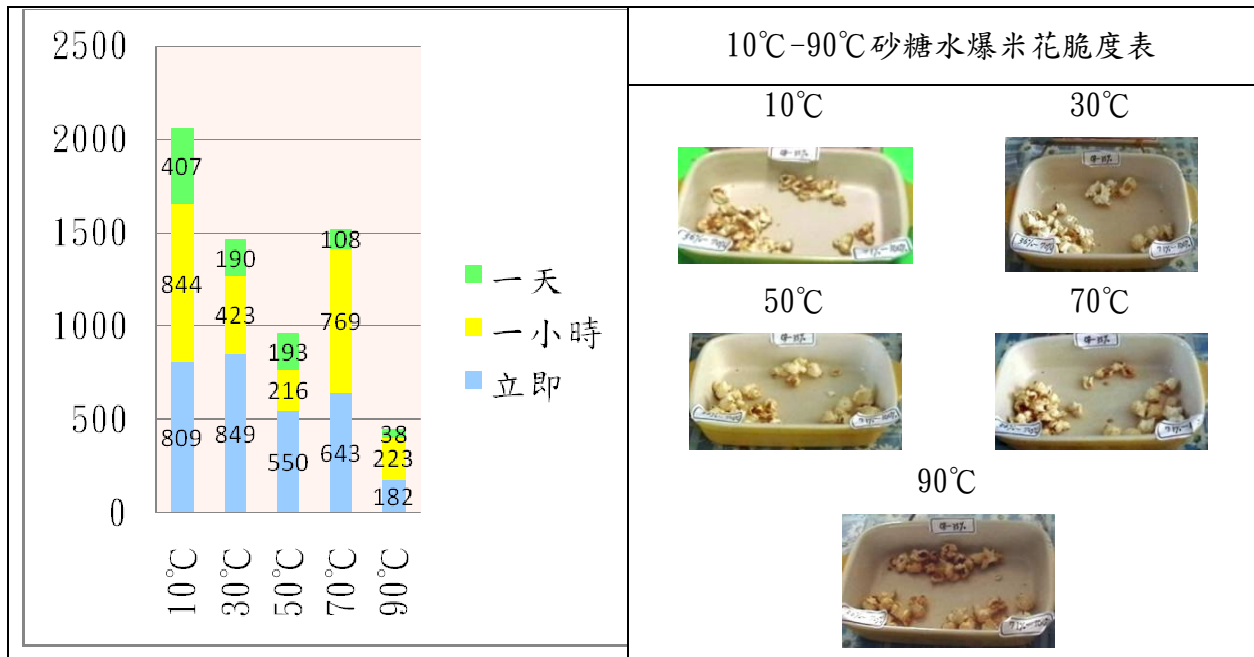
1. 飽和糖水濃度約 65%，在濃度 20% 到 100% 中，濃度 100% 脆度較高，濃度 20% 脆度較低；其中一小時的脆度都差異不大。以立即壓而言，在飽和之前，濃度越高，脆度也就越高。然而，超過飽和之後，脆度反而下降。以一天而言，除了 80% 的濃度以外，脆度都很低。
2. 濃度 80% 為飽和溶液，濃度 100% 為純砂糖，但效果有差異，80% 脆度表現較穩定。
3. 100% 的濃度有焦黑的情況。
4. 不同濃度含糖量也不同，基本上濃度越高脆度越高，但是比起純砂糖，飽和溶液包覆爆米花效果更好。
5. 不同濃度砂糖總重與包覆的糖重量和總脆度的趨勢是一致的。

【小結】

1. 因為採重量百分濃度，濃度 20%時糖量太少，糖的包覆力不足，以致於一開始雖然有較佳的脆度，但潮化很快，脆度降低。
2. 100%時砂糖幾乎無水，水分蒸發完糖尚未溶解，以至有焦黑情況產生，所以糖分過多，糖焦黑會越嚴重並產生苦味。
3. 由結果顯示糖量太多或太少皆不宜，實驗中介於 60%—80%應較為適當，市售的爆米花比例根據訪問結果大多為 100%居多，可能是增加甜度，以吸引消費者。
4. 因受限於油溫，在提高油溫後，可溶解的糖應更為增加，使糖的包覆力更好，在脆度上會有更高的值，總而言之糖應多於水是一明確的結果。

(二)不同溫度的砂糖水對爆米花脆度的影響

表 6-3-2 不同溫度砂糖水爆米花脆度狀態表



【研究發現】

1. 砂糖水在 10°C 時脆度最高，90°C 時最差，整體而言溫度越高，而脆度越差。
2. 溫度越高成形越好但也越焦黑。

【小結】

1. 砂糖水的溫度會影響爆米花的脆度，我們推論可能的原因是砂糖溶化需要一段時間，而高溫的水容易蒸發，而玉米尚未爆開。
2. 而溫度較低時，水分蒸發掉的時間較長，水中的糖有時間溶化，進而均勻的包覆在玉米外，待水完全蒸發、玉米爆開後，糖能充分附著在爆米花上面，因而脆度較高。
3. 溫度除了決定爆米花的成形，也關係糖是否有時間溶解，在初始溫度上不是越高越好，較佳的情形應該是要讓糖有時間充分溶解，可以同時兼顧爆米花成形率(外觀)以及脆度(糖的包覆力)。

綜合本階段實驗，我們發現：

1. 爆米花的脆度與糖的包覆狀況有著顯著關係，也就是與糖的濃度和溶解有關。
2. 糖水的濃度太高，加熱時包覆時間不足，使得多餘的糖因炭化而焦黑。
3. 即使有較高的溫度，但沒有時間讓糖溶解，也會使糖因炭化而焦黑。
4. 綜合而言使用溶解完全的糖水，並加長加熱的時間，可讓糖的包覆力更好，會有較佳的脆度及外觀。

柒、結論與建議

本研究主要目的在為了解糖及水溶液對爆米花脆度有何影響，其針對研究目的的結果進行討論，並提出相關結論與建議如下：

一、結論部分

- (一)不論玉米所在環境為何，只要有適當溫度，即可爆成爆米花，符合前人的研究結果。
- (二)溫度的因素是爆米花成形及脆度的最大關鍵，符合前人的研究結果。
- (三)若能控適當調配糖與水的比例以及加熱的過程，對爆米花的脆度有提高的作用，是此研究的最大發現，是過去研究所沒有呈現的結果。

前處理：玉米粒的含水量對爆米花脆度的影響。

1. 玉米的含水量真的會影響爆米花的脆度，烘越乾或不烘乾都不是最好的狀態，本實驗中以烘乾 5 分鐘時平均脆度最高。
2. 冰糖及砂糖的表現較為穩定，液體的糖差異比較大。
3. 冰糖及砂糖的成分是一樣的，但結果差異很大。
4. 在不管幾分鐘的烘乾時間內，糖類的脆度，都以一小時時脆度最高。和先前非糖類調味料有明顯的不同。

目的一、探討常見調味料對爆米花脆度的影響。

1. 非糖類調味料:只有食鹽一開始時脆度較高，其他都無益於爆米花的脆度，潮化速度很快。
2. 固體的糖:脆度數據較集中，顯示穩定性較夠，潮化速度較非糖類慢。
3. 液體的糖:因為糖內含有水份，導致立即壓時碎片多，一小時後也有防潮效果，但是可能因為成分複雜，導致穩定性不夠。

目的二、探討糖對爆米花脆度的影響。

(一)固體的糖對爆米花的脆度有何影響？

固體糖由於加熱的溫度高於熔點，都熔化再結晶，且脆度集中性非常高，沒有極端數值，穩定度較高。

(二)液體的糖對爆米花的脆度有何影響？

液體糖雖然脆度很高，但不穩定。在立即壓時脆度不如固體糖，反而要到一小時後脆度才增高。

(三)不同顆粒大小的糖對爆米花的脆度有何影響？

1. 糖的顆粒大小會影響爆米花的脆度。顆粒較小的砂糖，烘乾時間越久脆度越高，且色澤均較冰糖來得白，跟冰糖明顯不同。
2. 溫度似乎會影響糖的結晶時間

目的三、探討糖水溶液對爆米花脆度的影響。

(一)不同濃度的糖水溶液對爆米花的脆度有何影響？

1. 在 20% 到 100% 濃度中，以 100% 的濃度脆度最高，20% 的砂糖水平均最低。
2. 在濃度與脆度呈現正比關係，但是比起純砂糖，飽和溶液包覆爆米花效果更好。。

(二)不同溫度的糖水溶液對爆米花的脆度有何影響？

在 10°C 時脆度最高，90°C 時最差，大體而言溫度越高，脆度越差；成形越好但也越焦黑。

二、建議部分

(一)對實驗的建議

1. 提高爆米花的加熱溫度，配合更高速的攪拌速度，可提高成品脆度。
 - (1)受限於設備及安全的考量，我們無法大量爆製；實驗結果無法推論到一般情況。
 - (2)玉米烘乾 5 分鐘，以濃度 60%—80% 的砂糖水做爆米花是我們發現的最佳條件。
2. 脆度的定義上宜用更嚴謹的科學方法處理，將可提高研究的信度。
 - (1)由於魔菇玉米的成品是小章魚狀，不容易碾碎，所以採用壓碎的方式壓出碎片；

期望後續研究能有更適當的碾碎工具。

(2)本研究受限於時間上的限制，無法重複各項實驗；期望後續能至少重複三次實驗，以平均數據代替單次數值，以提升研究效度。

(二)實務應用的建議

1. 糖具有短時間內保存食物的效果。糖有遇熱融化後在結晶的特性，可隔絕空氣中的水分進入物體中，避免腐敗。若有需要時，糖可以取代化學藥劑，以免造成人體與環境的傷害。

2. 商家可考慮降低糖量，一方面不浪費食材，二方面可降低成本，最重要的是可降低消費者對糖的攝取量，不傷害身體健康。

綜上所述，本實驗主要是希望能找出糖及水份是如何具體的影響到爆米花的脆度，並透過各個實驗過程了解爆米花製作過程中，確實涵蓋了許多科學原理；以達到『知其然，更要知其所以然』的科學實證精神的培養。其次透過長期分工合作，親自體認如何與別人合作完成一件任務的團隊精神的重要性。最後，仔細觀察、大膽假設、小心求證與合理推論的科學態度的培養，更是本研究的重要收穫喔！

捌、參考文獻

王振羽、周俊安...等。人廚房積晶匯：指導老師：羅秀容、謝婉婷。第44屆全國科展，國立教育科學館，台北市。

真假蜜姐兒：指導老師：王素慧、徐麗雪、李怡庭。第45屆全國科展，國立教育科學館，台北市。

柯啟瑤(1990)。溶液與結晶。台北市：科智文化。

高淑珍、楊淑真、楊春足、陳金鶴(1992)。物質溶解方法。台北市：明統圖書公司。

陳怡穎、何宜諺、吳亭妤、盧璿元。虎皮蛋糕紋路形成之探討：指導老師：郭坤鵬、王俊雄。第49屆全國科展，國立教育科學館，台北市。

遠哲科學教育基金會(1996)。不可思議的廚房實驗室 p41、p42。台北市：遠哲科學教育基金會出版。

玖、附錄

表 9-1 不同的調味料的爆米花實驗紀錄表

調味料	日期	室溫 ℃	時間(s)		成 功 率	包覆力(%)				成型率(%)			壓 碎 時 間	碎片(片)			
			費時	第一 顆爆		0- 25	26- 50	51- 75	76- 100	0- 35	36- 70	71- 100		<0.25 c m ²	0.25- 1c m ²	1c m ² -2c m ²	> 2c m ²
食鹽	98 /12/12	23	241	172	29/30	9	8	8	5	9	7	16	立即	36	40	6	5
													一時	0	7	4	5
													一天	0	4	4	3
鹽酥 雞粉	98 /12/12	23	242	167	29/30	5	7	8	10	6	13	11	立即	36	16	7	5
													一時	6	9	4	6
													一天	0	0	3	2
辣椒 粉	98 /12/12	23	305	261	16/30	8	5	2	2	4	13	0	立即	3	10	7	1
													一時	1	17	4	1
													一天	0	10	5	1
胡椒 粉	98 /12/12	24	243	230	28/30	6	9	6	9	4	7	17	立即	5	8	5	3
													一時	10	13	5	4
													一天	4	2	0	5
二砂	98 /12/12	28	302	134	26/30	0	4	7	19	12	10	6	立即	51	37	0	0
													一時	8	12	22	2
													一天	0	0	6	3
冰糖	98 /12/12	24	185	162	26/30	8	10	6	4	5	5	18	立即	25	25	16	3
													一時	24	22	7	3
													一天	0	2	4	2
方糖	98 /12/12	26	300	206	26/30	2	7	10	11	11	7	13	立即	15	95	8	0
													一時	21	36	20	2
													一天	4	1	4	3
白砂 糖	98 /12/12	26	302	189	20/30	0	5	9	16	3	6	11	立即	30	101	10	1
													一時	7	43	12	1
													一天	1	5	4	3
黑糖	98 /12/12	27	304	165	30/30	0	3	10	17	6	8	14	立即	19	69	13	4
													一時	52	11	6	1
													一天	0	5	2	2
蜂蜜	98 /12/12	27	246	190	28/30	4	8	7	9	9	13	7	立即	44	61	5	0
													一時	216	109	5	4
													一天	0	17	8	4
楓糖	98 /12/12	27	243	198	26/30	1	12	12	5	11	9	6	立即	13	75	0	0
													一時	0	44	1	2
													一天	7	12	11	1
麥芽 糖	98 /12/12	28	184	209	29/30	4	4	7	8	9	7	8	立即	12	4	2	1
													一時	58	60	8	2
													一天	0	2	4	1
果糖	98 /12/12	26 .9	360	197	27/30	5	10	7	9	2	3	12	立即	170	9	1	0
													一時	7	47	12	1
													一天	6	2	2	3
糖漿	98 /12/12	24	301	216	28/30	3	13	8	5	3	0	25	立即	11	21	3	3
													一時	12	3	22	2
													一天	0	1	2	5

表 9-2 不同烘乾時間玉米的爆米花實驗記錄表-冰糖水

烘乾 (m)	日期	室溫 ℃	時間(s)		玉米 重量 差 (g)	成功 率	包覆力(%)				成型率(%)			壓 碎 時 間	碎片(片)			
			費時	第一 顆爆			0- 25	26- 50	51- 75	76- 100	0- 35	36- 70	71- 100		<0.2 5 cm ²	0.25 - 1cm ²	1cm ² -2c m ²	> 2cm ²
0 分	99/ 01/17	24	180	162	0	26/30	8	10	6	4	5	5	18	立即	34	83	9	0
														一時	2	6	8	0
														一天	0	34	12	14
5 分	99/ 01/17	24	300	214	0.1	27/30	2	12	10	0	13	5	7	立即	355	146	67	7
														一時	26	18	3	0
														一天	3	0	2	4
10 分	99/ 01/17	24	180	140	0.4	28/30	5	13	10	0	12	9	7	立即	245	146	8	1
														一時	43	46	9	2
														一天	0	3	4	4
15 分	99/ 01/17	24	240	216	0.2	24/30	5	9	6	4	11	11	2	立即	39	19	10	6
														一時	165	55	6	9
														一天	0	0	0	7
20 分	99/ 01/17	21	240	182	0.5	27/30	14	11	3	2	8	20	2	立即	302	58	20	8
														一時	49	56	6	1
														一天	0	2	2	4

表 9-3 不同烘乾時間玉米的爆米花實驗記錄表-砂糖水

烘乾 (m)	日期	室溫 ℃	時間(s)		玉米 重量 差 (g)	成功 率	包覆力(%)				成型率(%)			壓 碎 時 間	碎片(片)			
			費時	第一 顆爆			0- 25	26- 50	51- 75	76- 100	0- 35	36- 70	71- 100		<0.2 5 cm ²	0.25 - 1cm ²	1cm ² -2c m ²	> 2cm ²
0 分	99/ 10/17	22	180	125	0	23/30	7	9	5	2	1	16	6	立即	87	85	10	3
														一時	303	44	27	0
														一天	0	3	2	5
5 分	99/ 10/21	24	240	185	0.3	28/30	17	6	3	2	7	11	10	立即	252	67	1	0
														一時	152	32	3	0
														一天	2	6	9	1
10 分	99/ 10/17	24	240	182	0.3	21/30	0	12	9	0	4	12	5	立即	132	134	2	0
														一時	187	58	19	1
														一天	27	7	20	2
15 分	99/ 10/17	25	240	191	0.2	25/30	5	13	7	0	9	5	10	立即	86	138	60	0
														一時	248	49	21	2
														一天	2	3	3	4
20 分	99/ 10/17	21	240	211	0.4	25/30	4	9	2	7	5	13	4	立即	118	59	10	0
														一時	99	71	7	4
														一天	1	2	0	5

表 9-4 不同烘乾時間玉米的爆米花實驗記錄表-冰糖

烘乾 (m)	日期	室溫 ℃	時間(s)		玉米 重量 差 (g)	成功 率	包覆力(%)				成型率(%)			壓 碎 時 間	碎片(片)			
			費時	第一 顆爆			0- 25	26- 50	51- 75	76- 100	0- 35	36- 70	71- 100		<0.2 5 c m ²	0.25 - 1c m ²	1c m ² -2c m ²	> 2c m ²
0 分 0	99/ 01/18	25	240	215	0	29/30	13	7	4	5	0	9	19	立即	104	28	14	0
														一時	34	27	3	4
														一天	6	5	4	5
5 分 0	99/ 01/18	20	300	236	0.1	30/30	13	10	5	2	5	9	16	立即	150	81	14	4
														一時	19	10	4	7
														一天	0	1	1	5
10 分 0	99/ 01/18	20	300	217	0.2	30/30	9	7	4	10	20	1	9	立即	416	43	18	3
														一時	268	53	11	5
														一天	29	23	10	6
15 分 0	99/ 01/18	24	240	240	0.5	29/30	7	9	6	7	8	18	3	立即	8	12	5	5
														一時	49	30	16	4
														一天	4	1	1	4
20 分 0	99/ 01/21	24	240	180	0.2	28/30	6	8	8	7	15	9	3	立即	156	59	26	1
														一時	61	40	4	6
														一天	1	1	9	3

表 9-5 不同烘乾時間玉米的爆米花實驗記錄表-砂糖

烘乾 (m)	日期	室溫 ℃	時間(s)		玉米 重量 差 (g)	成功 率	包覆力(%)				成型率(%)			壓 碎 時 間	碎片(片)			
			費時	第一 顆爆			0- 25	26- 50	51- 75	76- 100	0- 35	36- 70	71- 100		<0.2 5 c m ²	0.25 - 1c m ²	1c m ² -2c m ²	> 2c m ²
0 分 01	99/ 01/19	22	240	194	0	30/30	2	9	8	11	18	5	7	立即	37	29	5	4
														一時	3	2	0	5
														一天	0	8	33	4
5 分 01	99/ 01/19	21	240	218	0.1	29/30	2	7	15	5	15	5	8	立即	40	10	19	5
														一時	41	19	12	6
														一天	1	0	1	6
10 分 01	99/ 01/19	21	180	199	0.3	26/30	5	8	9	4	3	18	5	立即	99	54	20	3
														一時	36	45	15	1
														一天	5	6	1	3
15 分 01	99/ 01/19	22	300	206	0.3	29/30	5	10	9	6	13	11	6	立即	6	18	16	10
														一時	83	70	18	5
														一天	15	8	0	1
20 分 01	99/ 01/19	22	240	138	0.4	27/30	2	6	9	9	12	10	5	立即	430	168	18	3
														一時	274	101	12	1
														一天	71	8	2	0

9-6 不同濃度的白砂糖水爆米花實驗記錄表

	日期	室溫 ℃	時間(s)		玉米 重量 差	糖水重(g)				成 功 率	成型率			壓 碎 時 間	脆性			
			費 時	第 一 顆 爆		糖 水 重	糖 重	殘 糖	包 覆		0% 35%	36% 70%	71% 100%		小於 0.25 c m ²	0.25- 1c m ²	1c m ² - 2c m ²	大於 2c m ²
20 %	2010 /5/26	30	300	227	0.1	5.9	1.18	0.7	0.48	29/ 30	16	10	3	立即	132	20	3	6
														一小時	92	74	13	4
														一天	13	5	10	3
40 %	2010 /5/27	32	348	222	0.1	4.7	1.88	0.3	1.58	30/ 30	11	18	1	立即	199	33	7	5
														一小時	127	19	12	3
														一天	7	0	2	3
60 %	2010 /5/27	32	303	242	0.2	5.6	3.36	0.2	3.16	30/ 30	7	17	6	立即	174	96	18	4
														一小時	114	45	16	5
														一天	0	0	6	2
80 %	2010 /5/26	31	254	144	0.1	5.7	4.56	0.5	4.06	30/ 30	13	15	1	立即	175	53	14	4
														一小時	119	33	7	4
														一天	15	16	9	4
100 %	2010 /5/27	32	284	227	0.1	5.7	5.7	1.1	4.6	29/ 30	6	16	7	立即	197	58	11	2
														一小時	193	35	10	2
														一天	1	0	3	4

表 9-7 不同溫度的白砂糖水爆米花實驗記錄表

溫 度 ℃	日期	室溫 ℃	時間(s)		玉米 重量 差 (g)	成 功 率	包 覆 力 (%)				成 型 率 (%)			壓 碎 時 間	碎 片 (片)			
			費 時	第 一 顆 爆			0- 25	26- 50	51- 75	76- 100	0- 35	36- 70	71- 100		< 0.25 c m ²	0.25 - 1c m ²	1c m ² - 2c m ²	> 2c m ²
10	/02/ 24	23	240	218	0.2	30/30	8	12	9	2	8	15	8	立即	171	38	5	1
														一時	174	40	14	0
														一天	90	12	3	5
30	/02/ 24	26	180	167	0.1	30/30	3	19	5	3	14	6	10	立即	170	111	24	0
														一時	131	77	20	0
														一天	43	11	7	5
50	/02/ 24	28	240	180	0.4	30/30	8	11	9	2	5	16	9	立即	145	81	13	0
														一時	79	25	14	4
														一天	32	16	5	4
70	/02/ 24	25	180	135	0.1	29/30	8	11	10	0	5	13	11	立即	102	38	12	4
														一時	28	23	16	3
														一天	28	20	7	7
90	/02/ 24	21	180	109	0.1	30/30	16	9	1	4	6	7	17	立即	104	71	7	0
														一時	123	84	9	7
														一天	14	10	8	6

【評語】 080204

能生活取材加以探究並自創實驗所需工具加以應用。唯少部分觀念曾誤解表示，且自創用工具未能在文本中加以記載，呈現表達的能力有改進的空間。