

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

佳作

080806

降溫有妙招！自製環保冰包！

學校名稱：臺北市私立靜心國民中小學(小學部)

作者：	指導老師：
小六 林晉圓	謝智偉
小六 傅語喬	陳慧娟
小六 廖家筠	
小六 張紫筠	
小六 姜宇紘	
小六 林亮宇	

關鍵詞：尿素、降溫、冰包

## 摘 要

我們從市售的果凍凝膠冷/熱敷袋得到靈感，一般冰凍包只能使用一次，內容物呈液態，在延伸研究中，我們以「尿素冰包」為基礎，設計「複合凝膠態環保冰包」，使它更具有應用的價值。：

1. 自製環保冰包，可降溫達 15.2°C，最低溫度可達 7.8°C，體感溫度約 5°C，保冷時間可以達到 40 分鐘( $\leq 15^{\circ}\text{C}$  以下)。
2. 我們發現最有趣的應用是置放於過熱的手機或平板後方降溫，實測可在 5 分鐘內使過熱手機降溫 10~15 度。
3. 使用過後的冰包，可以冰凍後，再放入冰桶或者是攜帶式保溫袋中當成「保冷劑」使用。
4. 使用過後的環保冰包，可加水稀釋 100 倍，當作肥料澆灌植物，約兩周後即可以促進植物葉子的生長。
5. 自製環保冰包成本低廉，小型環保冰包製成一包成本只要 4.35 元。

## 壹、研究動機

隨著氣候的變遷，夏天越來越熱，要到戶外活動，高溫的環境讓人受不了，這時如果身邊有降溫的利器，瞬間帶來一陣清涼，保證暑氣全消；另外智慧手機的普及，幾乎人人都有手機和平板，最令人討厭的就是這類產品長時間使用就會過熱發燙，尤其是前陣子寶可夢遊戲盛行，手機常常因為過度使用，變得持續高溫發燙，讓手機降溫就是非常需要的問題。

基於這兩點因素，於是我們嘗試改良市售的成分不明且低溫無法持久的冰凍包，來製作出不受條件限制、不用事先冷凍且安全環保的冰包，並改良保冷時間與降溫效果，以增加冰包的在醫療、食品、降溫、環保回收上的利用價值。

## 貳、名詞解釋

**一、吸熱反應：**吸熱反應是吸收熱量的一類化學反應，與放熱反應相對。在吸熱反應中，破壞化學鍵所用的能量大於組成鍵所釋放的能量，其通式為：反應物 + 能量 → 產物。

舉例：1. 大多數的分解反應。

2. 鹼與銨鹽生成氨氣的反應。

3. 硝酸銨、硝酸鉀溶解於水。

**二、尿素：**一種化學合成的有機態氮肥，其氮素以醯胺態形式存在，屬於醯胺態氮肥。尿素具有含氮量高、理性狀較好、無副作用等優點，目前是世界上用量最多的氮肥品種。尿素含氮 46%，是固體氮肥中含氮量最高的品種。尿素為白色晶體或顆粒，易溶於水，為中性肥料。尿素適宜於各種土壤，能作基肥、追肥。在作基肥和追肥時，一定要注意深施或施用后立即灌水。

**三、體感溫度：**體感溫度指數是由溫度、溼度、風速及太陽輻射量所綜合而成的一個新指數，也更能代表人體可以被感覺的溫度。除了低溫的因素之外，風和水會加速失溫的效應，「風寒效應」就是因風把體表的熱空氣吹走，加速體溫流失，讓人覺得氣溫比實際要冷。主要是一個將人體實際感覺到的溫度粗略量化的方式，計算過程中做了許多假設和簡化；但實際上每個人對溫度的感覺都不盡相同

## 參、研究目的

想研究如何製作出環保冰包，所以列了下列四個研究目的與相關的問題進行探究：

目的一：檢測市售冰凍包。

目的二：過往類似研究的比較探究。

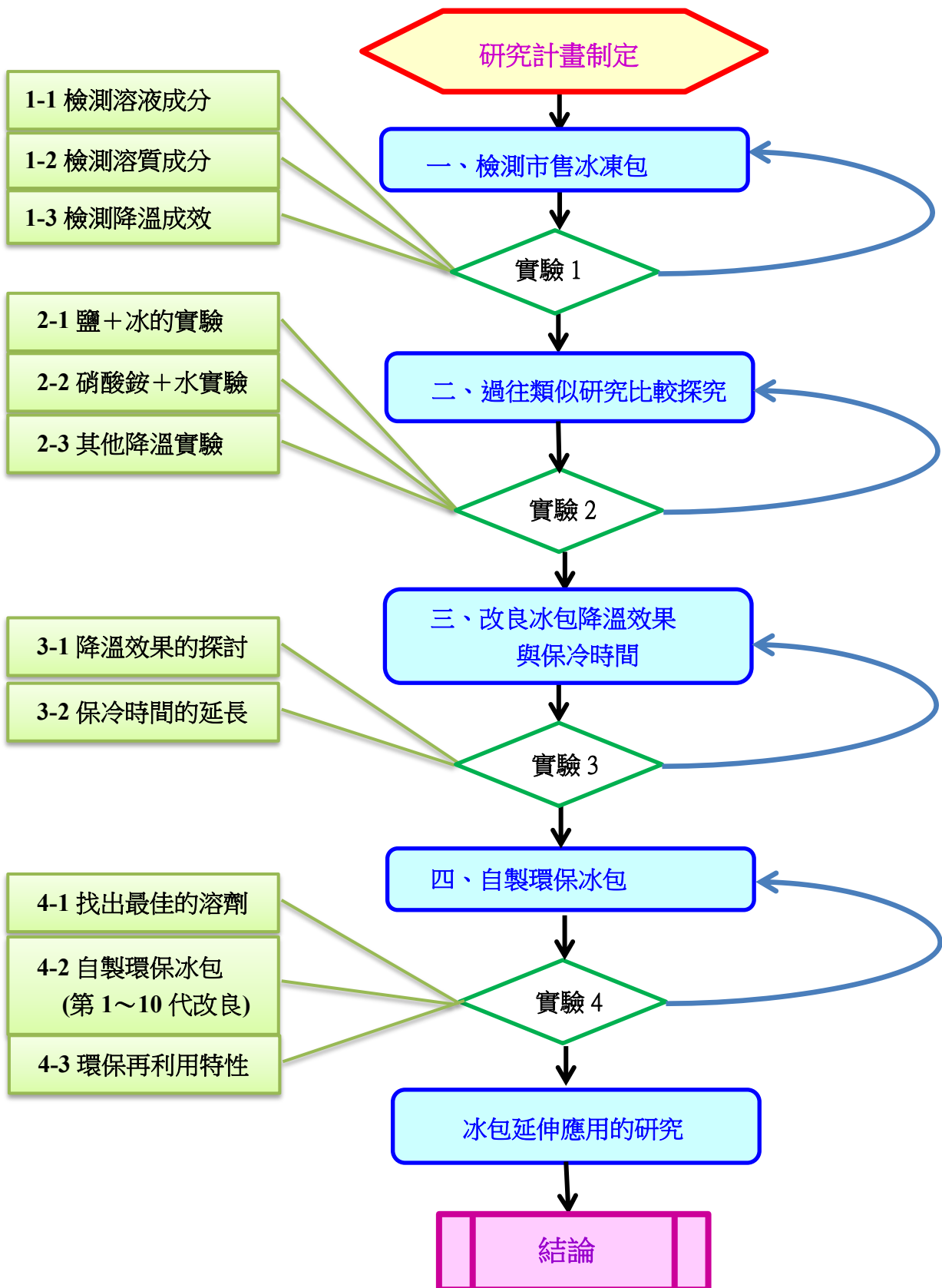
目的三：改良冰包降溫效果與保冷時間。

目的四：自製環保冰包及實測。

## 肆、研究設備及器材



## 伍、研究過程



## 陸、研究方法與結果

### 目的一：檢測市售冰凍包？

#### 1-1：檢測溶液成分？

一、研究過程：購買市售冰凍包根據成分標示，檢測溶液的性質是否相符。

二、研究結果：根據酸鹼性、沸點、溶點、密度與凝固狀態分析。

溶液	酸鹼性	沸點	熔點	密度	凝固狀態
水溶液	中性	100.0°C	0.0°C	1.0 (g/cm <sup>3</sup> )	固態冰狀
未知溶液	中性	98.9°C	0.3°C	0.99(g/cm <sup>3</sup> )	固態冰狀

※判斷結果：其溶液為水；但是並非純水，也未加入其他的物質。

#### 1-2：檢測溶質成分？

##### 一、研究想法：

在相關研究中找到資料，可以利用硝酸銨製作冰凍包，因為硝酸銨加水會吸熱，會產生迅速的降溫效果，然而硝酸銨近年來被列為管制藥品取得困難，所以市售的冰凍包是否含有硝酸銨的成分需要進一步檢測。

##### 二、研究過程：

根據硝酸銨與尿素的基本化學特性，分別進行未知溶質的酸鹼性(以石蕊試紙和廣用試紙相互交叉驗證)、沸點、熔點、溶解量(以 25°C、10ml 水觀察溶解量)。

溶劑	酸鹼性	沸點	熔點	溶解量	外型特徵
硝酸銨	酸性(弱)	208°C	159°C	19.0g	半透明細小圓形顆粒
尿素	中性	125°C	130°C	10.0g	白色圓形小顆粒
未知溶質	中性	122°C	128°C	10.0g	白色半透明圓形小顆粒

##### 三、研究結果：

根據上述特性比較發現，未知溶質的成分接近尿素的性質，判斷其成分應該為尿素，其顆粒大小顏色也相似，並非早前常用的純硝酸銨製成，也非尿素+硝酸銨的混合產物。

#### 1-3：檢測降溫成效？

##### 一、研究想法：

先測試市售冰凍包降溫情況，並且畫出其降溫曲線，再檢測其溶質與溶劑比例，依照這

次結果再以相同比率配置了解是否有相同的降溫效果。

## 二、研究過程：

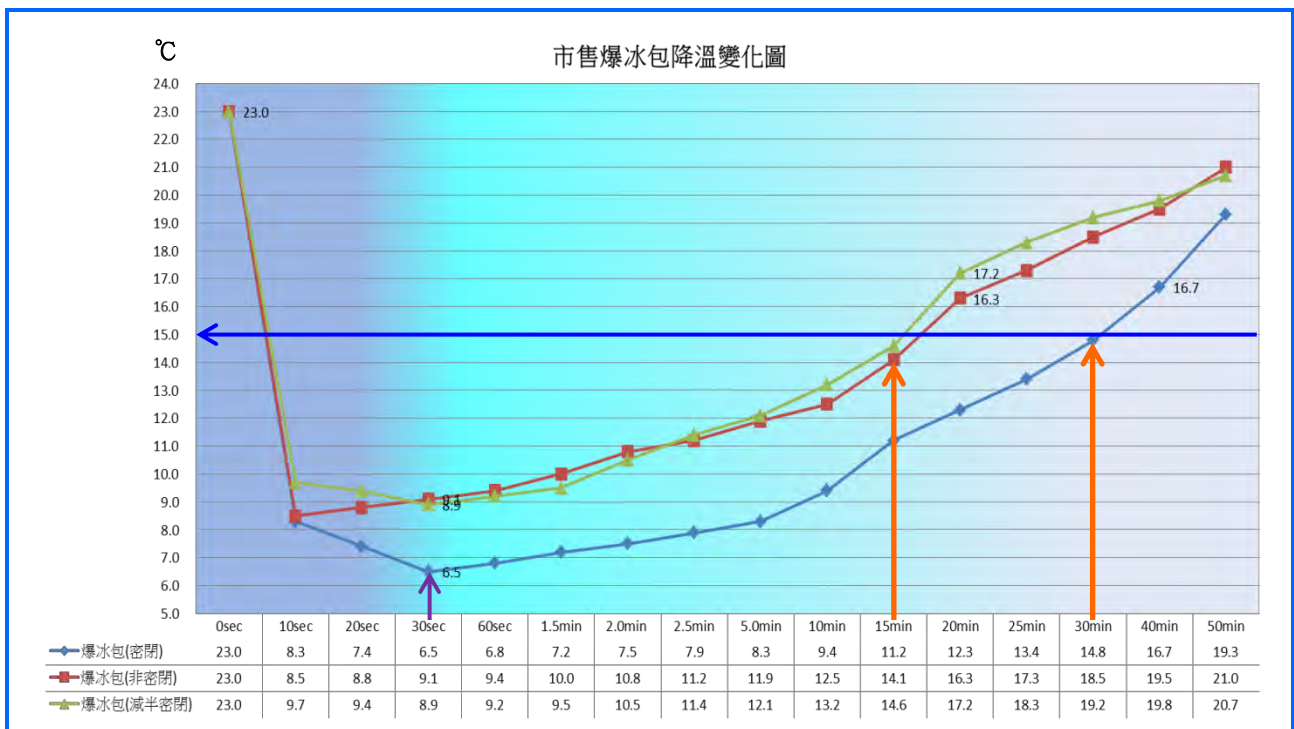
### 檢測溶質與溶劑比例：

1. 先測量含包裝的總重量，平均重量約 150g。
2. 分別測量溶質重與溶劑重求平均。
3. 換算其比率，溶質：溶劑大約是 1：1.1。
4. 測量降溫時間畫出趨勢圖，並記錄水溫變化。



## 三、研究結果：

1. 實驗結果整理如下表：



2. 袋子的封閉性與內容物含量會影響溫度的變化。
3. 原始封閉性測試在 15°C 以下溫度只能維持約 30 分鐘左右，之後溫度就會急速上升。

## 目的二：過往類似研究比較探究？

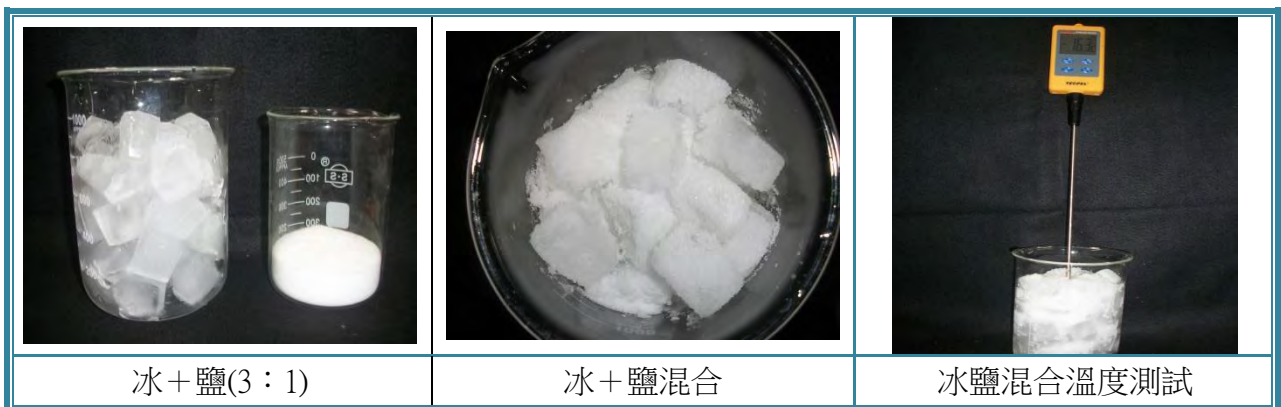
### 2-1：鹽+冰的實驗？

#### 一、研究想法：

在我們學過的課程中降溫實驗是利用冰塊+鹽(3:1)製作冷劑，冰塊融化的過程與食鹽溶解的過程會吸熱，讓溫度迅速降的至 0°C 以下？

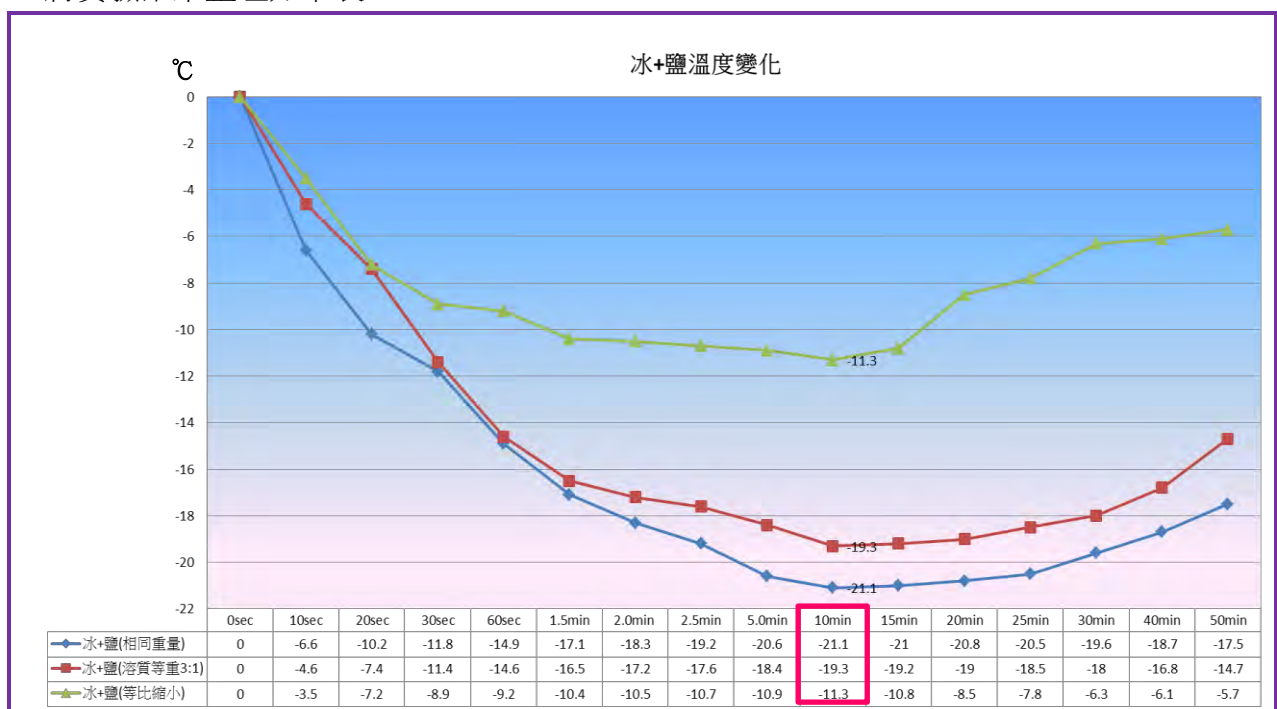
#### 二、研究過程：

1. 以爆冰包相同重量的冰+鹽測試降溫變化並記錄。
2. 以 75g 冰+25g 鹽(3:1)，冰與冰包容質等重測試降溫變化並記錄。
3. 以 30g 冰+10g 鹽(3:1)，降低兩者重量以符合自製小型降溫包，測試降溫變化並記錄。
4. 將放入燒包的冰與鹽混合後以鋁箔紙完全包覆，底下墊毛巾阻隔熱傳導。



#### 三、研究結果：

1. 將實驗結果整理如下表：





2. 冰+鹽混合 10 分鐘後會降至最低溫，溫度低於 -15 度以下。
3. 冰塊越多以 3：1 比例混合，溫度降的越低，最低溫可以接近 -20 度。

## 2-2：硝酸銨+水的實驗？

### 一、研究想法：

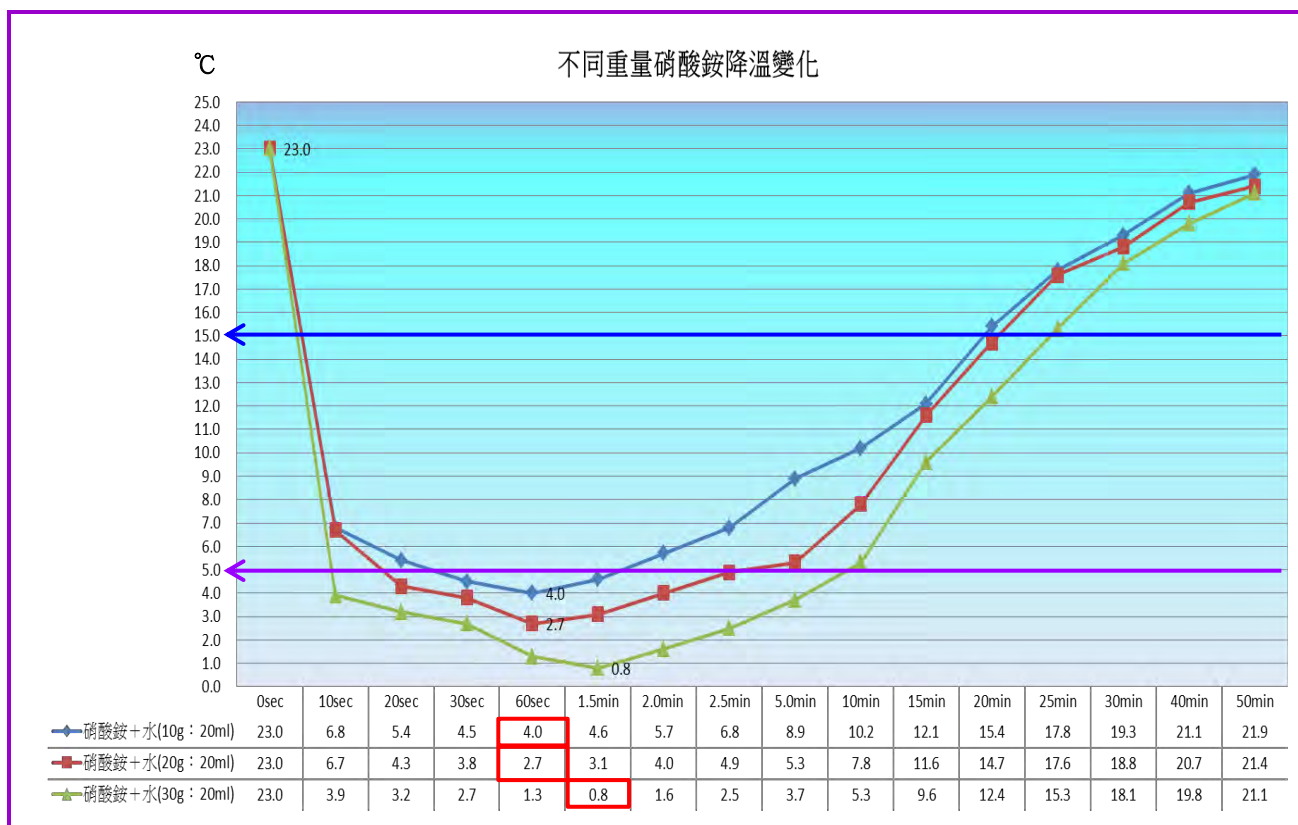
由許多的研究報告指出最早的冰包應用以硝酸銨+水的吸熱反應，而且溫度可以低於 0℃ 以下，但是近幾年來硝酸銨被用來製成肥料炸彈，所以政府將硝酸銨列為管制藥品取得不易；幸好在國中部協助下取得先前使用剩下的硝酸銨半瓶，才可以完成此實驗測試。

### 二、研究過程：

1. 由相關參考資料得知硝酸銨和水的會影響降溫時溫度的變化與成效。
2. 分別取 10g、20g、30g 的硝酸銨+水進行實驗。
3. 獲得基本研究數值後製作成降溫變化曲線圖。

### 三、研究結果：

不同重量硝酸銨降溫結果



結果顯示硝酸銨+水(3：2)降溫效果最佳，反應後 1 分鐘降溫至 5℃ 以下。

## 2-3：其他降溫實驗？

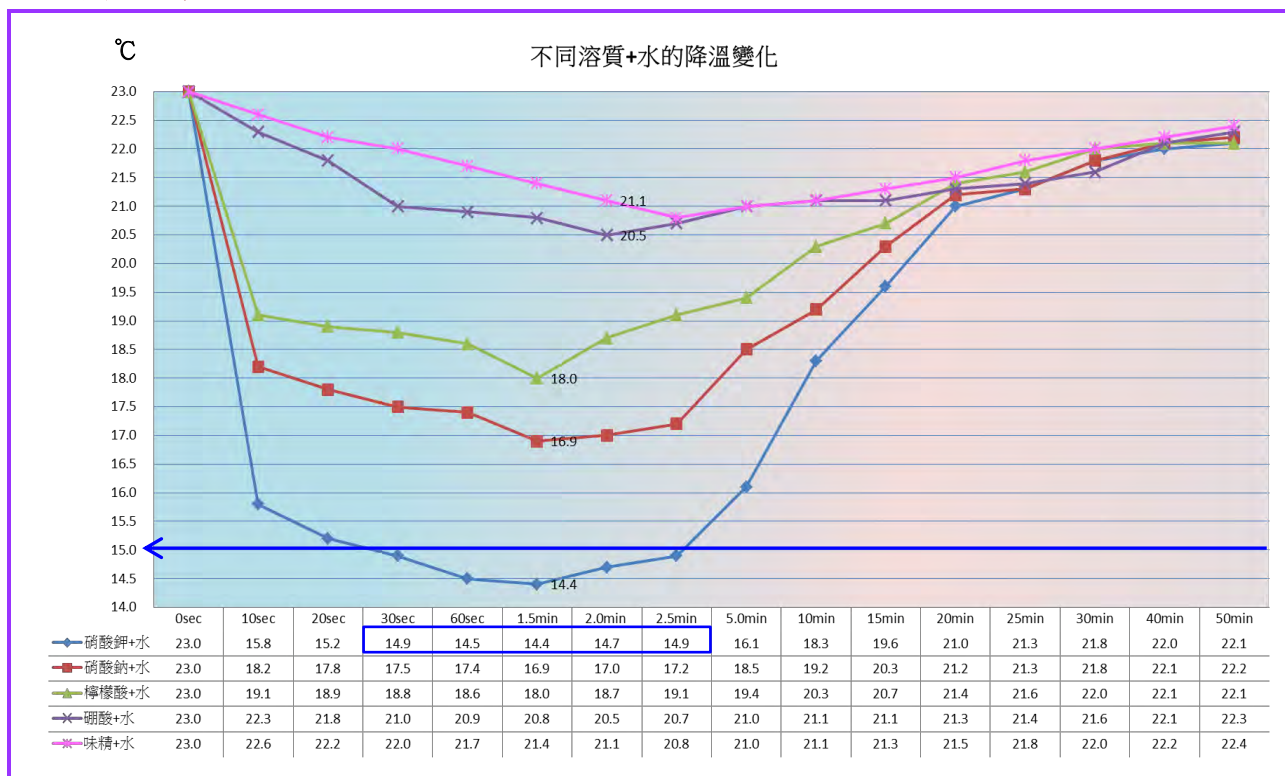
### 一、研究想法：

所有的研究資料均指出降溫效果最好的溶質是硝酸鉀，於是我們想驗證是否正確，透過國中部理化老師的解說，有些溶質也會有降溫的效果，於是我們進行驗證。

### 二、研究過程：

1. 分別取硝酸鉀、硝酸鈉、檸檬酸、硼酸、味精各 20g。
2. 以水溫 23°C，20ml 的水，以 1：1 的比例混合紀錄降溫曲線。

### 三、研究結果：



※以硝酸鉀降溫效果較佳，反應後 2 分鐘約可降低 8.6°C。其餘幅度不大。

## 目的三：改良冰包降溫效果與保冷時間？

### 3-1 降溫效果的探討？

#### 一、研究想法：

1. 分析後屏除了不符合條件的溶質後，我們確認了冰包主要溶質為尿素，溶劑為水？
2. 想配置出不同的溶質與溶劑比例，找出最佳的降溫效果。
3. 一般溶劑是以常溫進行試驗，我們也想更進一步了解到在不同水溫之下(5°C、25°C、40°C)，尿素反應的吸熱情況與降溫情形。

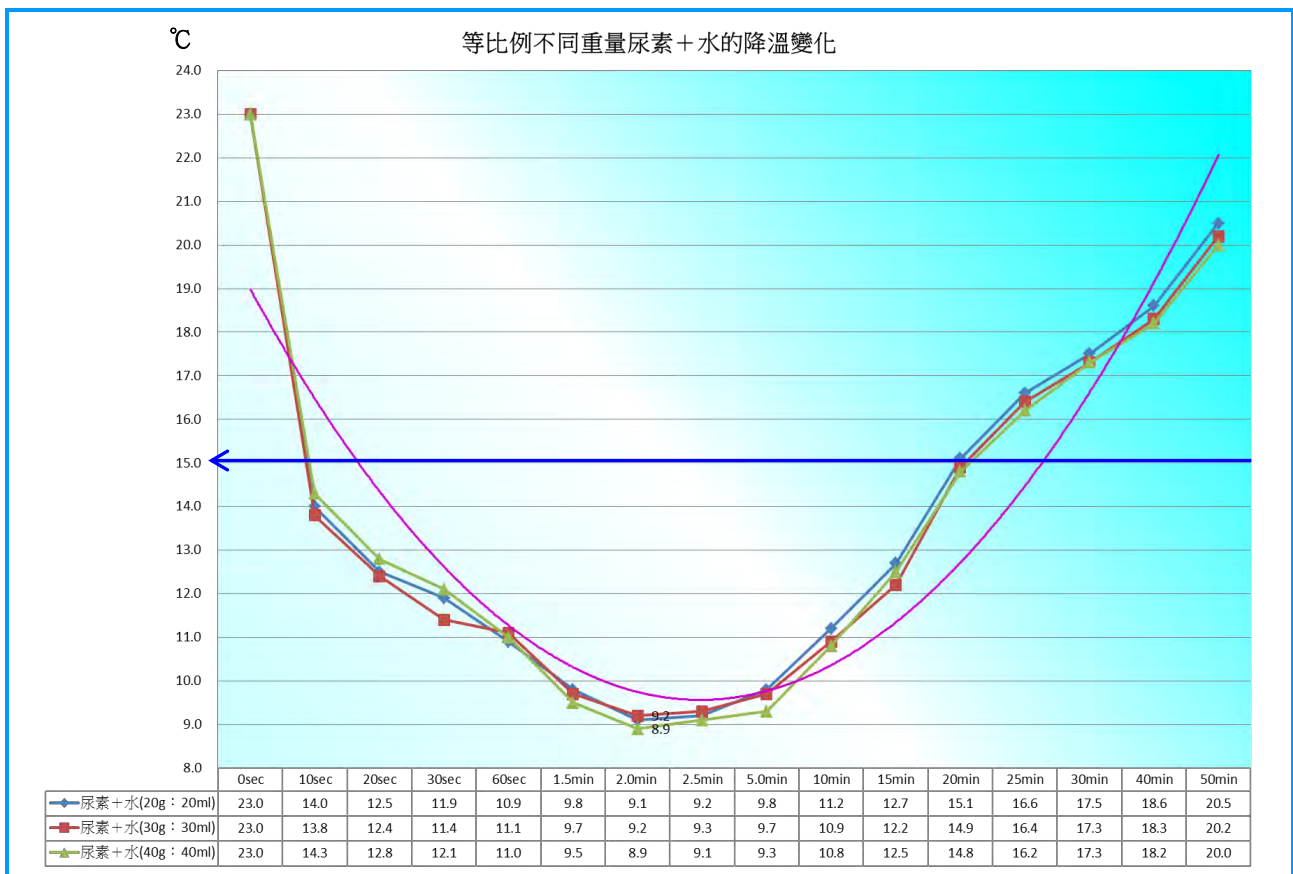
## 二、研究過程：

1. 分別取 20g、30g、40g 尿素，搭配等比例不同毫升的水測試降溫效果？
2. 找出常溫下最佳的降溫效果的比例後，進一步以相同毫升、不同水溫的水當作溶劑測試。



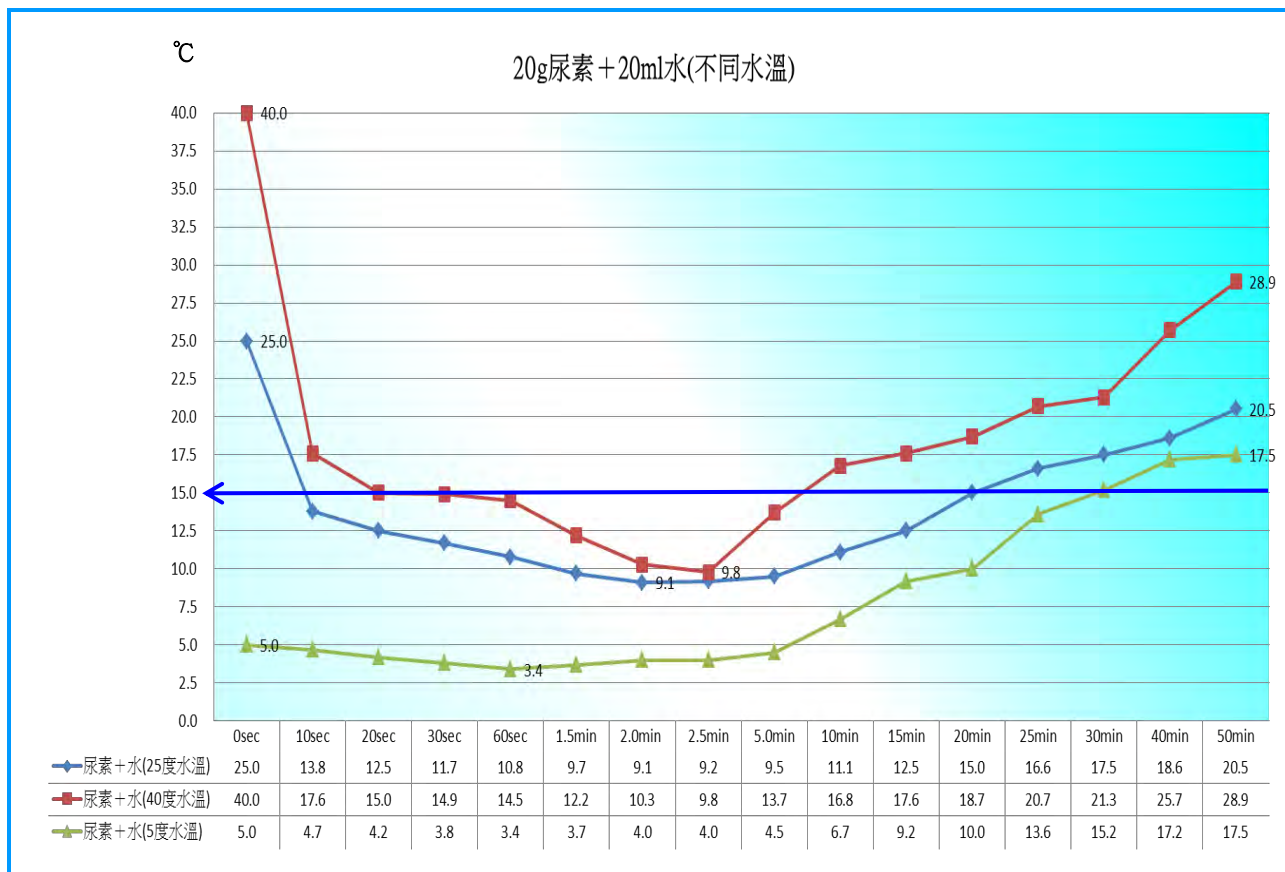
## 三、研究結果：

1. 相同比例(1：1)不同重量尿素+水溫度變化：



尿素和水依等比例 1:1 試驗得到的降溫變化相似。

2. 相同比例(1 : 1)尿素 20g + 不同水溫的水 20ml 溫度變化：



※40°C的水溫可以提供較多的熱量，尿素+水反應時降溫幅度最大，高低溫差達 30.2°C。

3. 各組實驗降溫反應效果：

組別 反應效果	尿素 20g +水 20ml	尿素 30g +水 30ml	尿素 40g +水 40ml	尿素 20g+ 水 (25°C)	尿素 20g+ 水(40°C)	尿素 20g+ 水(5°C)
起始溫度	23°C	23°C	23°C	25°C	40°C	5°C
最低溫度	9.1°C	9.2°C	8.9°C	9.1°C	9.8°C	3.4°C
高低溫差	13.9°C	13.8°C	14.1°C	15.9°C	30.2°C	1.6°C
≤10°C時間	6分鐘	6.5分鐘	6.5分鐘	9分鐘	30秒	
≤15°C時間	15分鐘	18分鐘	20分鐘	15分鐘	5分鐘	

### 3-2 保冷時間的延長？

#### 一、研究想法：

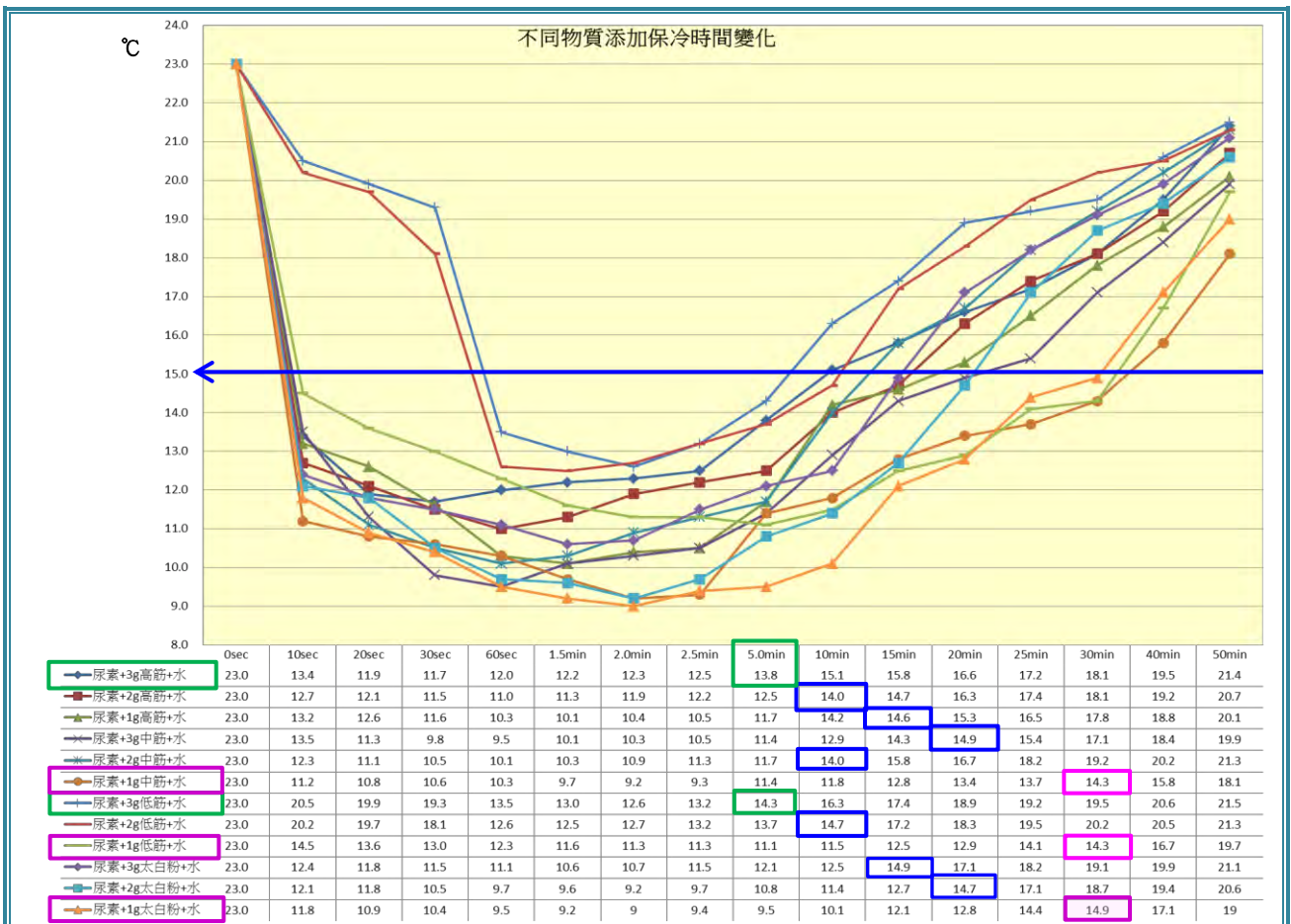
1. 在實驗 3-1 我們發現以尿素 + 水以(1：1)為最佳比例，但是保冷時間卻不長久，回溫迅速。
2. 我們想延長保冷時間，讓冰包除了有降溫快速的優點，另外可以延長冷度的時間。
3. 我們嘗試在溶質與溶劑中添加不同的物質，測試保冷時間是否能夠延長。

#### 二、研究過程：

1. 首先在溶質中添加不同的物質，希望能夠在吸熱過程中延長低溫的狀態，增加保冷時間。
2. 添加的物質有低筋麵粉、中筋麵粉、高筋麵粉、太白粉、水晶寶寶、陰離子凝集劑與水膠等七種材料，依照性質添加不同比例測試保冷與降溫效果。

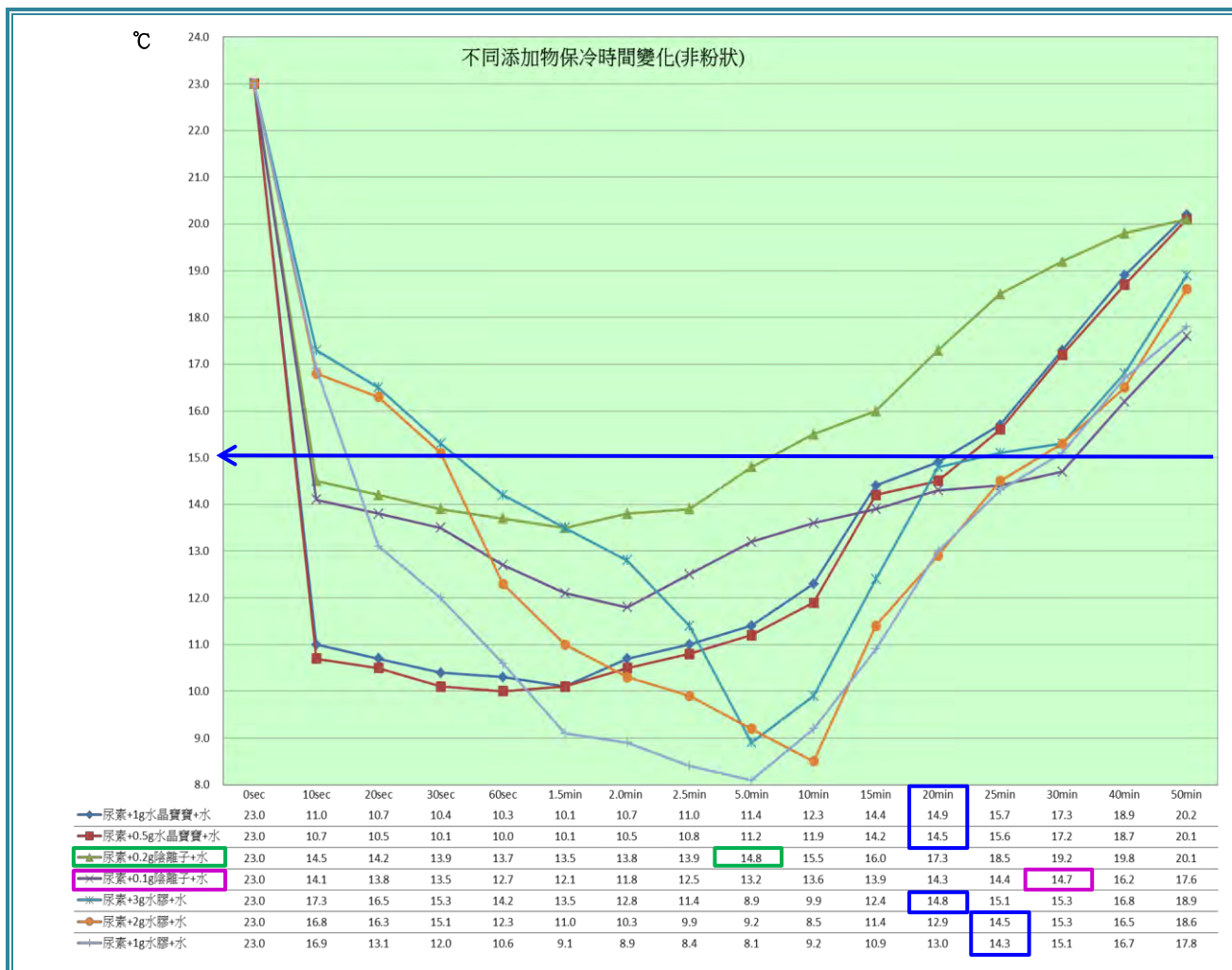
#### 三、研究結果：

1. 溶質中添加不同物質(粉狀)保冷測試：



結果顯示添加 1g 中筋麵粉、低筋麵粉與太白粉保冷效果( $\leq 15^{\circ}\text{C}$ )時間最長，可達 30 分鐘。

## 2. 溶質中添加不同物質(非粉狀)保冷測試：



水晶寶寶未充分膨脹，保冷效果最佳為添加 0.1g 的陰離子凝集劑，第二佳為水膠。

## 3. 各組實驗最佳保冷降溫反應(溶劑為水 20ml)：

反應效果 \ 組別	尿素+ 1g 高筋 麵粉	尿素+ 1g 中筋 麵粉	尿素+ 1g 低筋 麵粉	尿素+ 1g 太白 粉	尿素+0.5g 水晶寶寶	尿素+0.1g 陰離子凝 集劑	尿素+ 1g 水膠
起始溫度	23.0°C	23.0°C	23.0°C	23.0°C	23.0°C	23.0°C	23.0°C
最低溫度	10.1°C	9.2°C	11.1°C	9.0°C	10.0°C	11.8°C	8.1°C
高低溫差	12.9°C	13.8°C	11.9°C	14.0°C	13.0°C	11.2°C	14.9°C
≤10°C時間	0	1.5 分鐘	0	6 分鐘	0	0	8.5 分鐘
≤15°C時間	15 分鐘	30 分鐘	30 分鐘	30 分鐘	30 秒	0	24.5 分鐘

以尿素 + 1g 太白粉與尿素 + 1g 水膠保冷時間與降溫效果最佳，中筋麵粉次之，陰離子最差。

## 目的四：自製環保冰包及實測？

### 4-1 找出最佳的溶劑？

#### 一、研究想法：

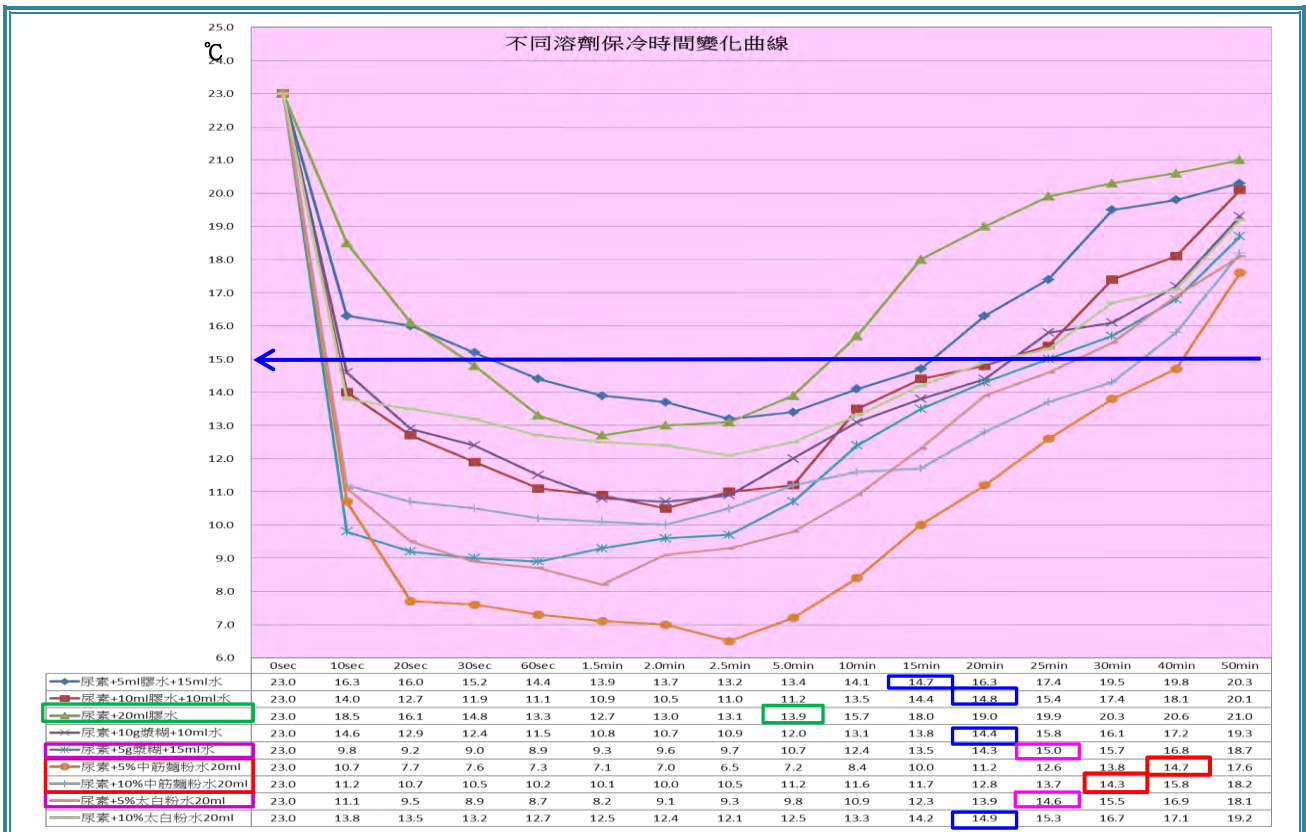
1. 實驗 3-2 在延長保冷時間的試驗中，我們嘗試在溶質中添加不同的物質，減緩尿素溶解吸熱的反應，期待能夠使保冷時間延長？
2. 我們想到市售的退熱貼或者是冰敷袋，會製作成凝膠狀，以維持溫度增加保冷時間。
3. 我們想改變溶劑的狀態，希望能把液態水轉變成凝膠狀態，製作出最佳降溫與保冷效果。

#### 二、研究過程：

1. 參考市售的退熱貼與冰敷袋研究其組成方式、降溫效果與保冷時間。
2. 固定溶質為尿素 20g，改變溶劑性質，利用膠水、漿糊、太白粉調製成水溶液進行降溫與保冷測試。
3. 找出除了水之外，可以降溫又能夠呈現凝膠狀態的溶劑。

#### 三、研究結果：

1. 不同溶劑(20ml)保冷時間測試：



以 5%中筋麵粉水 20ml 保冷效果最佳，太白粉水與漿糊次之，純膠水最差。

## 2. 改變溶質與改變溶劑的優、缺點探討：

改變		比較	優點	缺點	
溶質	添加高筋麵粉		易凝結、黏稠白膠狀	尿素未溶(20%)、降溫保冷不佳	
	添加中筋麵粉		易凝結、黏稠狀、降溫保冷效果延長優於太白粉	尿素未溶(5%)、降溫至 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 以下時間不長	
	添加低筋麵粉		凝結、稀釋黏稠水狀	尿素未溶(5%)、降溫保冷不佳	
	添加太白粉		易凝結、半透明膠狀、降溫保冷效果延長	尿素未完全溶解(15%)、太白粉會吸走尿素反應的水分	
	添加陰離子凝集劑		吸水膨脹迅速、膠狀	陰離子膨脹會搶走反應水分	
	添加水膠		液態黏稠膠狀、降溫 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 以下時間延長	尿素未完全溶解(15%)，水膠融解速度受水溫影響	
溶劑	混合 5g 膠水		保冷時間延長至 5 分鐘	溫度降低幅度小於尿素 + 水	
	混合 5g 漿糊水		保冷時間延長至 25 分鐘	降溫幅度和尿素 + 水相似	
	混合 5%中筋麵粉水		保冷時間延長至 40 分鐘	尿素完全溶解需 24 小時	
	混合 5%太白粉水		保冷時間延長至 25 分鐘	尿素完全溶解需 25 小時	
					
		尿素+太白粉水	反應 30 分鐘後	尿素+中筋麵粉水	反應 30 分鐘後

## 3. 實驗遇到的困難

我們發現利用錐形瓶包覆鋁箔進行測試，雖然方便迅速，還是發現外界的溫度會影響到實驗的結果，於是我們嘗試以夾鏈封口袋製作「模擬樣品包」，以減低實驗誤差，製作出最好的環保降溫冰包。



## 4-2 自製環保冰包(第 1~10 代改良)?

### 一、研究想法：

1. 戶外活動時我們都會帶著簡易的急救包或急救箱，有時候扭傷或撞傷時，卻無法馬上取得冰塊進行冰敷緊急處理，如果能夠有冰包就可以解決這種情況。
2. 我們也希望將冰包的應用更多元，除了夏天可以當作降溫消暑用，我們還聯想到可以製成小冰包放在手機或者平板電腦下方，在長時間使用過熱的情況下當成降溫裝置。
3. 利用不同大小的冰包找出各種使用方式，增加冰包重複使用性，並找出冰包環保特性。
4. 陰離子凝集劑與膠水會造成汙染，其中塑化成分不易分解，不列入考慮製成的材料。

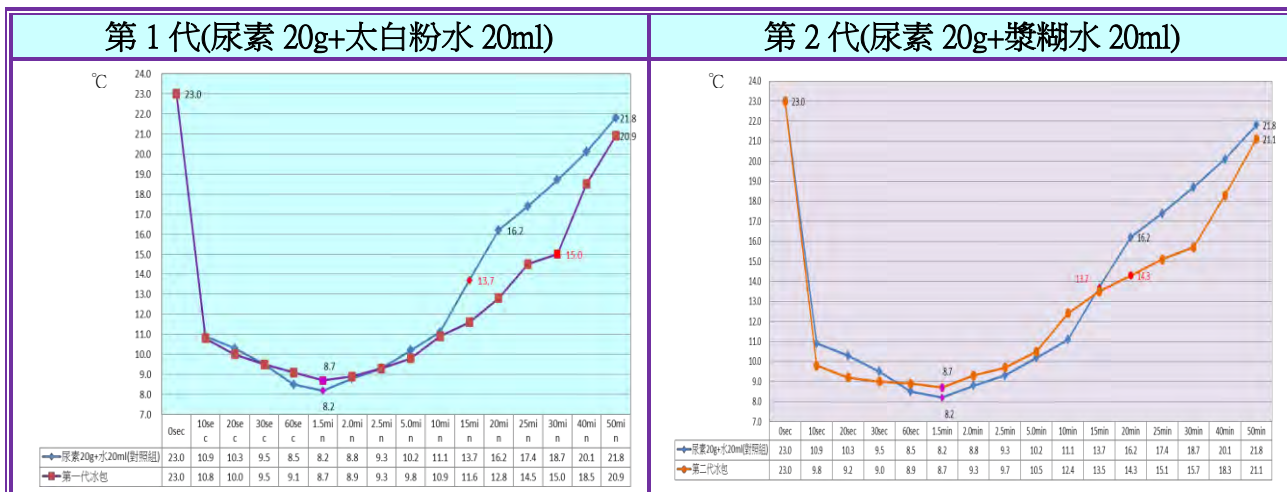
### 二、研究過程：

1. 我們根據以上的實驗結果將溶質與溶劑依照不同比例添加，希望製造出降溫效果最好，保冷時間最長的冰包。
2. 根據「模擬樣品包」改良缺點，「樣品包」最大的問題點就是密閉性與保溫的問題，更進一步的製作出可攜帶方便使用的冰包，產生 1~10 代的冰包改良。

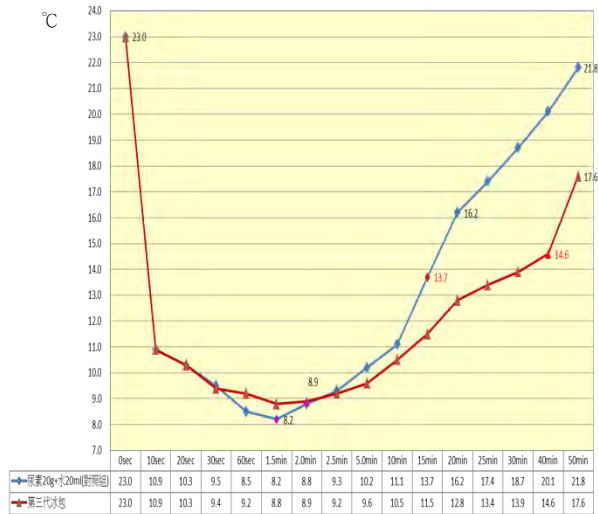


### 研究結果：

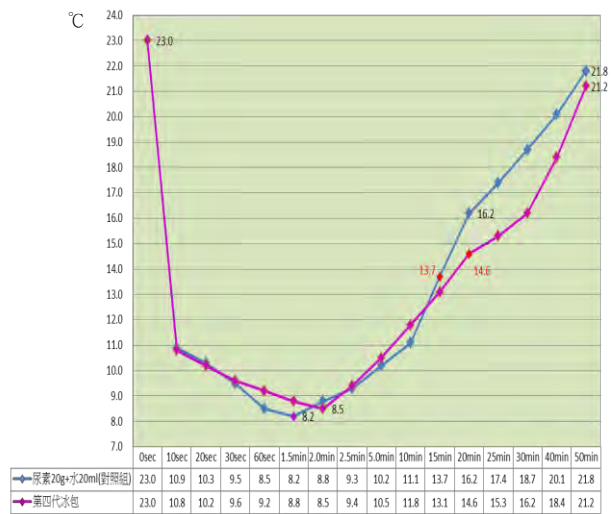
1. 第 1~10 代自製冰包降溫保冷曲線：



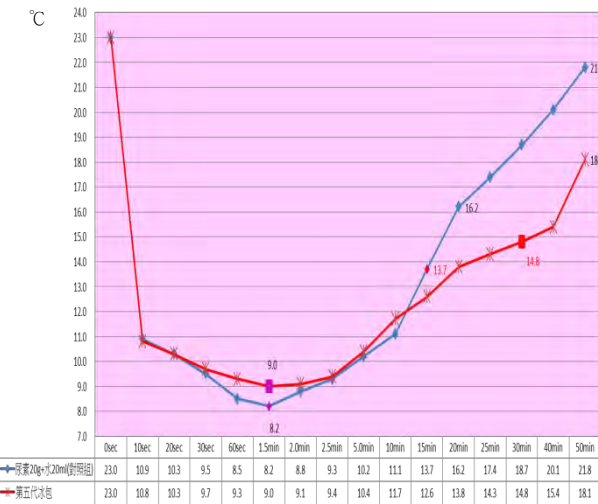
### 第 3 代(尿素 20g+中筋麵粉水 20ml)



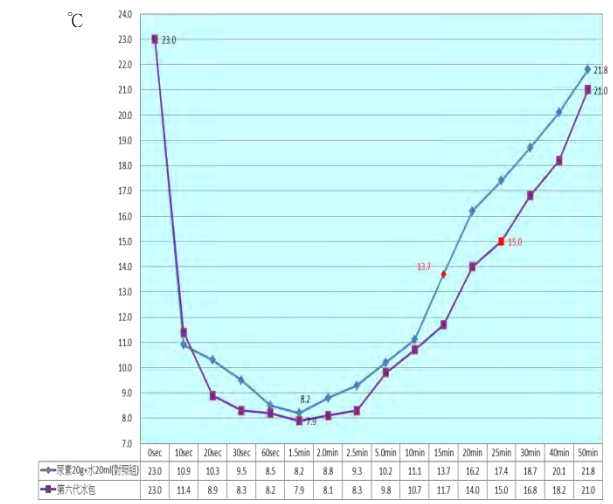
### 第 4 代(尿素 20g+太白漿糊水 20ml)



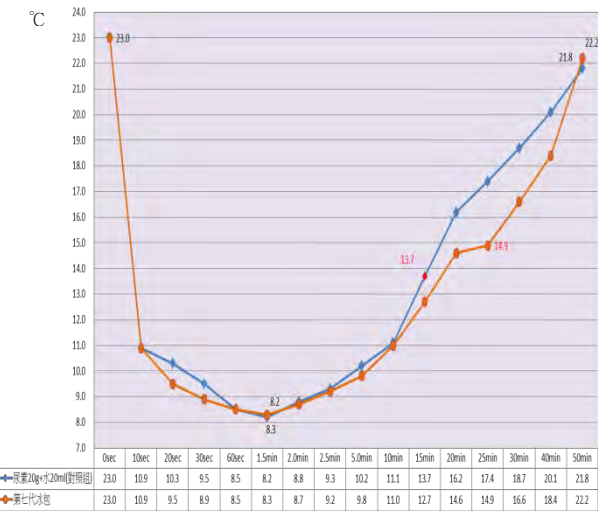
### 第 5 代(尿素 20g+中筋漿糊水 20ml)



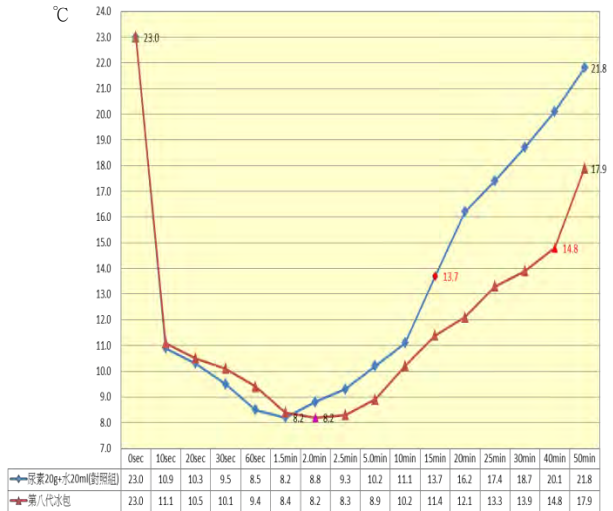
### 第 6 代(尿素 19g+水膠 1g+太白粉水 20ml)

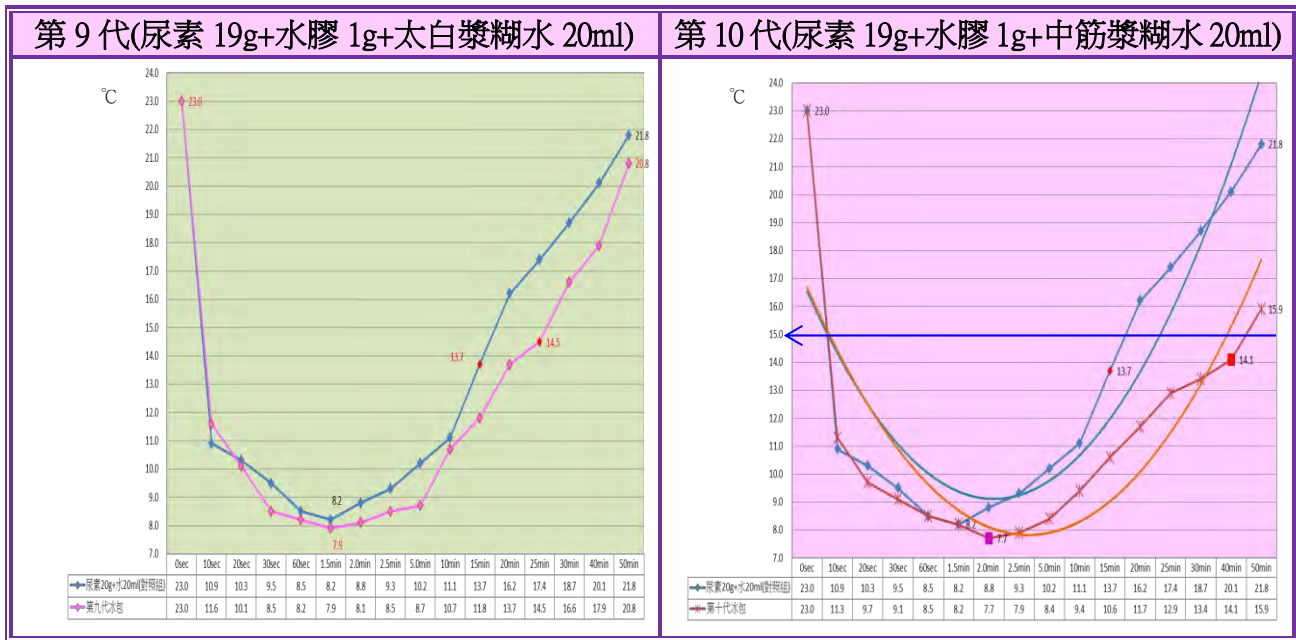


### 第 7 代(尿素 19g+水膠 1g+漿糊水 20ml)



### 第 8 代(尿素 19g+水膠 1g+中筋麵粉水 20ml)





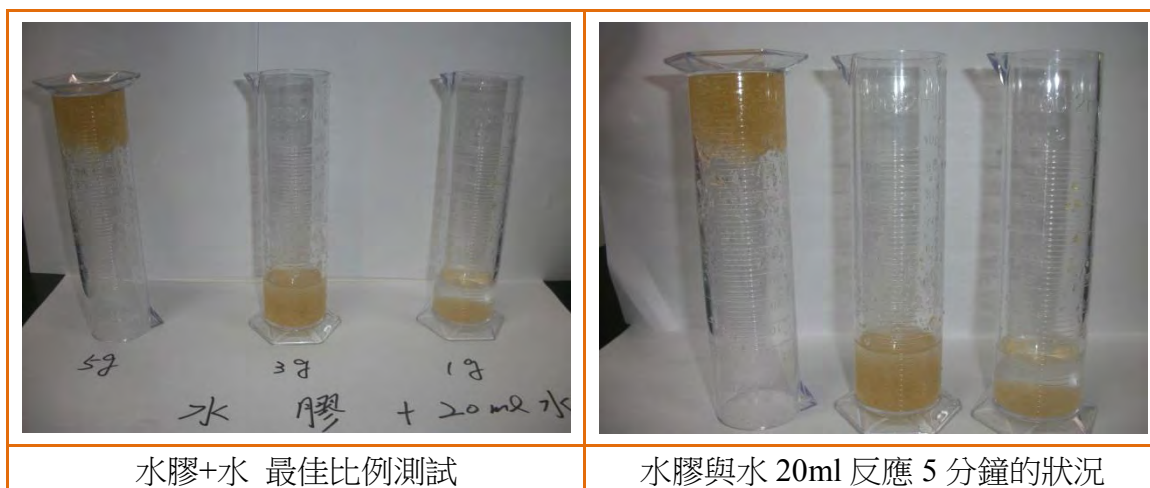
2. 第 1~10 代自製冰包降溫保冷優、缺點比較：

改良	比較	起始溫度	最低溫度	高低溫差	保冷時間(≤15°C)
對照組		23.0 °C	8.2 °C	14.8 °C	15 分鐘
第一代冰包		23.0°C	8.7°C	14.3°C	30 分鐘(> 對照)
第二代冰包		23.0°C	8.7°C	14.3°C	20 分鐘(> 對照)
第三代冰包		23.0°C	8.8°C	14.2°C	40 分鐘(> 對照)
第四代冰包		23.0°C	8.5°C	14.5°C	20 分鐘(> 對照)
第五代冰包		23.0°C	9.0°C	14.0°C	30 分鐘(> 對照)
第六代冰包		23.0°C	8.3°C	14.7°C	25 分鐘(> 對照)
第七代冰包		23.0°C	7.9°C(< 對照)	15.1°C(> 對照)	25 分鐘(> 對照)
第八代冰包		23.0°C	8.2°C(= 對照)	14.8°C(= 對照)	40 分鐘(> 對照)
第九代冰包		23.0°C	7.7°C(< 對照)	15.3°C(> 對照)	25 分鐘(> 對照)
第十代冰包		23.0°C	7.8°C(< 對照)	15.2°C(> 對照)	40 分鐘(> 對照)

以第 10 代降溫與保冷效果最佳，第八代降溫與對照組相同，但保冷時間延長至 40 分鐘。

### 3. 特殊發現：

- (1) 將太白粉與尿素混合，在水包破裂時，彼此會互搶水分影響降溫，先調成太白粉水則不會。
- (2) 水膠不能過多，否則會因為吸收水分凝結成半固態膠狀，減少尿素與水分反應；添加水膠後，保冷時間至少高於 25 分鐘( $\leq 15^{\circ}\text{C}$ )，複合式第 10 代降溫最多，保冷時間最佳。
- (3) 夾鏈袋會有溫度散失和容易破裂的問題，於是改用鋁箔封口袋，以封口機封口製作。



### 4-3：環保再利用特性？

#### 一、研究想法：

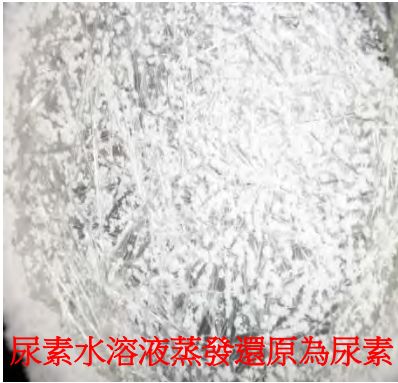
1. 重複性：冰包在降溫使用過後溫度就會回升到原始水溫，若放入冷凍庫中冰凍，是否可以當作冰桶內的「保冷劑」使用，保溫效果如何？
2. 功能性：製作出不同大小的冰包，找出冰包的應用特性？
3. 環保性：氮肥對植物非常重要又稱為「葉肥」，我們利用尿素製作出來的冰包，在重複使用數次後，內容物的處理與應用？
4. 低成本與方便性：材料取得容易，在生活上即可找到，成本低廉，容易製作。

#### 二、研究過程：

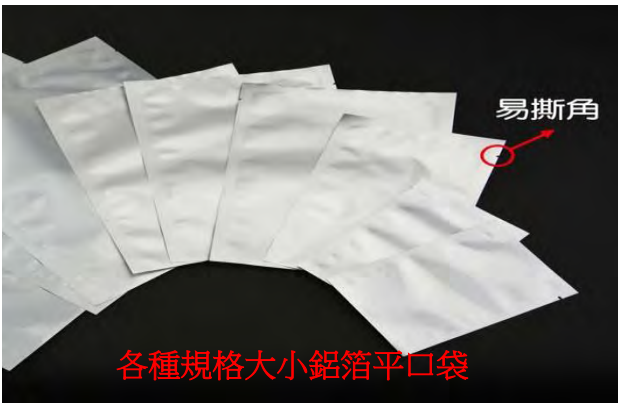
1. 測試自製冰包使用後，經過冷凍再利用的溫度與保冷情況。
2. 找出不同大小冰包的使用功能探討。
3. 將倒出來的冰包內容物，根據所查詢的資料，稀釋 100 倍，澆灌菜園植物記錄生長情況。
4. 計算原料的成本，算出製作一個環保冰包所需費用。

### 三、研究結果：

#### 1. 重複性：

 <p>尿素水溶液蒸發還原為尿素</p>	 <p>冰凍後的冰包可當保冷劑</p>	<p>1.冰凍後的冰包起始溫度可以達到-17℃。</p> <p>2.冷凍冰包完全融化(以 20g 尿素+20ml 水)需 1.5 小時。</p> <p>3.使用後尿素水溶液，可以蒸發後還原成尿素再利用。</p>
---	--	---

#### 2. 功能性：

 <p>各種規格大小鋁箔平口袋</p> <p>易撕角</p>	<p>1.大型(13 x 21 cm)以上：適合當作肩部或者較大面積冰敷袋、冰枕、冰桶保冷劑。</p>
	<p>2.中型(11x 19 cm)：冰敷、保冷劑、魚缸降溫</p>
	<p>3.小型(9x 14 cm)：冰敷、退燒、消暑、手機降溫、撞傷緊急處理</p>

#### 3. 環保性：

 <p>草本</p>		 <p>木本</p>	
栽種施肥初期	施肥後兩周	施肥初期	施肥後葉子長大迅速

#### 4. 低成本性：

基本材料費用尿素(20g/2 元)，水膠(1g/0.34 元)，太白粉(1g/0.08 元)，中筋麵粉(1g/0.07 元)，漿糊(5g/0.35 元)，小型鋁箔平口袋(1 個/1.5 元)，水費(1ml/0.00001 元)，**自製環保冰包一個成本約 4.35 元**，若大量製作，**一包尿素(500g/50 元)可製成 25 包**，加上其他原料也才花費約 110 元。

## 柒、討 論

實驗	研究內容	研究結果	原因探討
1—1	未知冰包 溶液成分	從沸點、溶點、密度、酸鹼性等基本化學性質分析，成分為水。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在了解成分為溶質為尿素，溶液為水之後，實測溫度並未如標示最低可達到 3°C。</li> <li>2. 吸熱反應在 30 秒後，水溫就不再降低，反而逐漸回升。</li> <li>3. 等比例的尿素含量與水量影響降溫變化幅度不大。</li> </ol>
1—2	未知冰包 溶質成分	利用酸鹼性、沸點、熔點、溶解量、顆粒外型，與硝酸銨和尿素化學特性進行比對分析，結果為尿素。	
1—3	降溫成效	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 原始的溶質：溶劑比例為 1:1.1。</li> <li>2. 30 秒可降溫至 6.5°C，溫差 16.5°C，≤15°C 時間為 20 分鐘。</li> <li>3. 內容物含量與密閉性會影響溫度變化與降溫時間。</li> </ol>	
2—1	鹽+冰 實驗	鹽與冰的降溫效果以實驗 1-3 取相同比例配置可降低至 -21.3°C，但是若以鹽溶於水中則沒有此降溫效果。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 冰與鹽反應可以降溫至零下，但是冰會融化成水，最後呈現冰水共存現象，此現象與尿素+水吸熱反應不同。</li> <li>2. 除了硝酸銨有明顯降溫效果，其他原料降溫效果均不佳。</li> </ol>
2—2	硝酸銨 +水	硝酸銨+水的吸熱反應快速 60 秒可降溫至 4°C 以下，硝酸銨量會影響降溫時間， <b>本藥品列為管制不便取得。</b>	
2—3	其他 降溫實驗	從國中老師建議的幾種藥品測試，只有硝酸鉀具有較佳的降溫效果，但高低溫差遠不如硝酸銨+水與尿素+水。	
3—1	降溫效果 探討	以尿素為溶質，水為溶劑其最佳比例為 1:1，水溫越低，尿素+水吸熱反應越差，水溫高則吸熱反應佳降溫效果明顯(以水溫 40°C 為例)，降溫效果明顯溫差變化大。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 水溫本身會影響尿素的降溫效果。</li> <li>2. 尿素加中筋麵粉會呈現半透明膠狀，減緩尿素與水反應，延長</li> </ol>

3—2	保冷時間 延長	<ol style="list-style-type: none"> <li>粉狀：尿素添加 1g 中筋麵粉、低筋麵粉、太白粉之後，降溫 <math>\leq 15^{\circ}\text{C}</math> 時間可以達 30 分鐘，以太白粉和中筋麵粉效果最佳。</li> <li>非粉狀：保冷時間效果最佳為添加 0.1g 的陰離子凝集劑 30 分鐘，第二佳為水膠 25 分鐘，水晶寶寶吸水慢、保冷時間不佳。</li> </ol>	<p>保冷時間。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>太白粉加水溶液凝結成固態黏膠狀，卻也影響到尿素溶解，中筋麵粉則不會。</li> <li>陰離子可迅速吸水 200 倍，不能添加太多，會影響尿素反應。</li> </ol>
4—1	最佳溶劑	5%中筋麵粉水 20ml 保冷效果最佳，太白粉水與漿糊次之，純膠水最差。	<ol style="list-style-type: none"> <li>中筋麵粉水保冷效果 (<math>\leq 15^{\circ}\text{C}</math>) 可達 40 分鐘、漿糊水、太白粉水為 25 分鐘，與反應時凝結成膠狀有關。</li> </ol>
4—2	自製環保 冰包	第 10 代(尿素+水膠+中筋漿糊水)降溫幅度達 $15.2^{\circ}\text{C}$ ，保冷時間 40 分鐘。	<ol style="list-style-type: none"> <li>中筋麵粉水保冷效果 (<math>\leq 15^{\circ}\text{C}</math>) 可達 40 分鐘、漿糊水、太白粉水為 25 分鐘，與反應時凝結成膠狀有關。</li> </ol>
4—3	環保特性	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>重複性</b>：可將冰包冷凍當保冷劑，溫度比冰塊低很多，起始溫度可以到 <math>-17^{\circ}\text{C}</math>，保冷效果佳，且室溫下冰完全融化要 1.5 小時。</li> <li><b>功能性</b>：可製成不同大小，依照需求具有不同的使用功能，例如：消暑、冰敷、退熱、手機降溫、運動傷害緊急處理。</li> <li><b>環保性</b>：其內容物均使用不污染材料，倒出後的材料可直接加水稀釋 100 倍，因為尿素可當葉肥。</li> <li><b>低成本性</b>：製成材料取得容易，一個製作成本只要 4.35 元，一包尿素可以製成中型冰包 25 包。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>經過不同材料反覆測試，尿素降溫主要原因在水量，所以在材料的搭配上要減少彼此互搶水分的情況才能持續反應。</li> <li>反應後的冰包雖不能再次反應，但其冷凍後的溫度比冰塊低許多，是很好的保冷劑。</li> <li>尿素本身為肥料之一，氮肥料中尿素的含氮量最高 (46.4%)。</li> </ol>

## 捌、結 論

我們用科學的觀點研究，從基本降溫特性探討，到改良降溫情況與保冷時間，從溶質與溶劑的調配比例一一測試；再進一步製作出具有多功能、可重複使用、具環保特性和低成本的自製環保冰包，整理出以下研究重點：

1. 單純以尿素+水測試降溫結果，並不如市售標示溫度最低可達 3°C。
2. 保冷時間測試，約 3 分鐘後體感溫度就感覺上升，並不如標示可達 20 分鐘。
3. 實測降溫反應，大約 1 分鐘內可以降到最低溫，之後溫度開始上升。
4. 硝酸銨已列為管制藥品，雖然降溫效果最佳，但不列入研究考量。
5. 陰離子凝集劑可以吸水達 200 倍，加入後保冷效果最佳，但其成分為聚丙烯酸鈉的化學原料，無法被微生物分解，常被使用在紙尿布中，已造成環境危害，故不考慮使用。
6. 水晶寶寶成分為丙烯酸樹脂，溶於水後具有毒性(水草於一周後腐爛)，故不採用。
7. 水膠其成分為動物性明膠可當作增粘劑，會被微生物分解，可替代陰離子添加於尿素。
8. 三種麵粉以中筋麵粉降溫保冷效果最高，推測是吸水性、彈性、延展性及黏性較為適中。
9. 添加含量 5%中筋麵粉水後的降溫與保冷效果最佳，5%太白粉水雖然也有此效果，但是尿素的溶解量遠低於中筋麵粉，兩者溶解量差 15%。
10. 在第 10 代自製環保冰包，可降溫達 15.2°C，最低溫度可達 7.8°C，體感溫度約 5°C，保冷時間可以達到 40 分鐘( $\leq 15^{\circ}\text{C}$  以下)。
11. 可依照需求製作出不同大小的環保冰包，具多功能性以方便各種需求，其中我們發現最有趣的應用是置放於過熱的手機或平板後方降溫，實測可在 5 分鐘內使過熱手機降溫 10~15 度。
12. 使用過後的冰包，可以冰凍於冷凍庫重複使用，起始溫度遠低於冰塊(達-17°C)，而且可以放入冰桶或者是攜帶式保溫袋中當成「保冷劑」使用，室溫下實測得可達 1.5 小時。
13. 尿素本身就常被利用來製作成肥料，在土壤中不殘留任何有害物質；使用過後的環保冰包，可以加水稀釋 100 倍後，當作肥料澆灌植物，其結果如實驗證明，約兩周後可以促進植物葉子的生長。
14. 自製環保冰包成本低廉，小型環保冰包製成一包成本只要 4.35 元，容易製作與保存。



## 玖、參考資料

1. 國小自然與生活科技第 11 冊單元—多變的天氣 (2016)。台南市：翰林出版事業。2 版。
2. 吳佳漣 (1999)。冰箱帶著走—冰包的研究。中華民國第 39 屆中小學科學展覽會作品。
3. 陳昶蓉、梅佳龍、梅珍鳳 (2011)。冰風暴—液態二氧化碳冰敷包。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品。
4. 0°C~魔冰包。取自 (2016)。科學小玩意。<http://zfang.zipko.info/70.html>。

## 【評語】 080806

全球暖化效應激增，體感溫度升高，降溫成為顯學，本研究減少環保冰凍包的一次型廢棄，實驗設計簡易邏輯清楚，由問題探究衍伸下一個問題探究，符合專題科學研究精神。對於保冷時間的延長能夠深入以添加物質來測試，想法在研究上相當具有創意，但添加物混和後是否會產生毒性，宜思考是否合宜使用，避免發生危險。

以環保材質為思考重點，從成本考量、樣品包的外在、內容物的種類及比例，更重要的是思考到廢棄物的再生，歷經 10 代的改良，且能加上量化資料有數據可以比較其效能，想法極佳，只是變因中有溶質、溶劑、添加物的比例均改變，變因控制較不精準，可以再有些邏輯性一些較佳，每次改變變因不要貪多，才能確實知道影響的關鍵何在。

作品海報

## 摘要

我們從市售的果凍凝膠冷/熱敷袋得到靈感，一般冰凍包只能使用一次，內容物呈液態狀，在延伸研究中，我們以「尿素冰包」為基礎，設計「複合凝膠態環保冰包」，使它更具有應用的價值。

1. 自製環保冰包，可降溫達 15.2°C，最低溫度可達 7.8°C，體感溫度約 5°C，保冷時間可以達到 40 分鐘(≤15°C 以下)。
2. 我們發現最有趣的應用是置放於過熱的手機或平板後方降溫，實測可在 5 分鐘內使過熱手機降溫 10~15 度。
3. 使用過後的冰包，可以冰凍後，再放入冰桶或者是攜帶式保溫袋中當成「保冷劑」使用。
4. 使用過後的環保冰包，可以加水稀釋 100 倍，當作肥料澆灌植物，約兩周後可以促進植物葉子的生長。
5. 自製環保冰包成本低廉，小型環保冰包製作成本只要 4.35 元。

## 壹、研究動機

隨著氣候的變遷，夏天越來越熱，要到戶外活動，高溫的環境讓人受不了，這時如果身邊有降溫的利器，瞬間帶來一陣清涼，保證暑氣全消；另外智慧手機的普及，幾乎人人都有手機和平板，最令人討厭的就是這類產品長時間使用就會過熱發燙，尤其是前陣子寶可夢遊戲盛行，手機常常因為過度使用，變得持續高溫發燙，讓手機降溫就是非常需要的問題。

基於這兩點因素，於是我們嘗試改良市售的成分不明且低溫無法持久的冰凍包，來製作出不受條件限制、不用事先冷凍且安全環保的冰包，並改良保冷時間與降溫效果，以增加冰包的在醫療、食品、降溫上的利用價值。

## 貳、研究目的

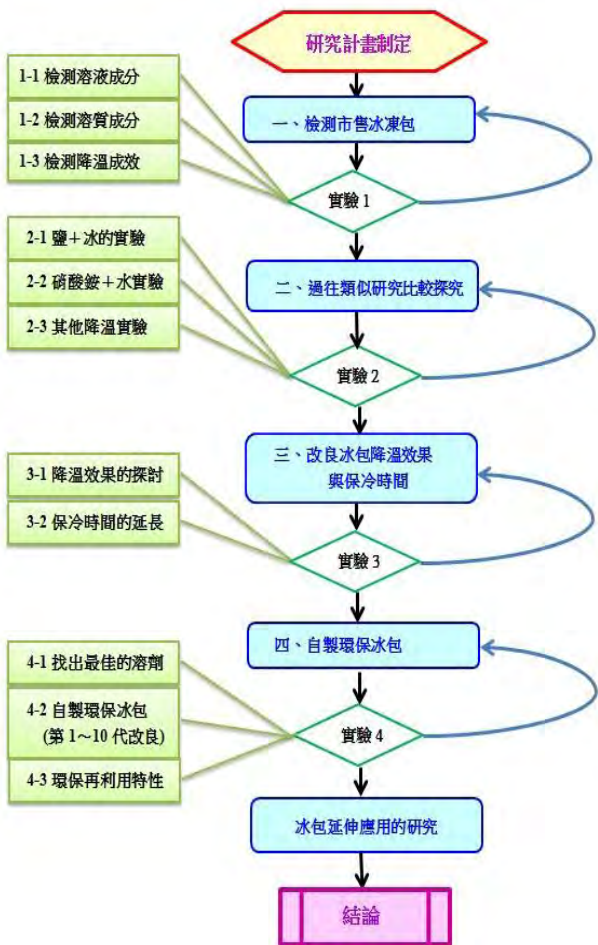
想研究如何製作出環保冰包，所以列了下列四個研究目的與相關的問題進行探究：

- 目的一：檢測市售冰凍包。
- 目的二：過往類似研究的比較探究。
- 目的三：改良冰包降溫效果與保冷時間。
- 目的四：自製環保冰包及實測。

## 參、研究設備及器材

重複性物品	消耗性物品	
1. 數位相機	1. 鋁箔紙	6. 漿糊
2. 探針式溫度計	2. 夾鏈袋	7. 太白粉
3. 紅外線溫度計	3. 鋁箔封口袋	8. 不同筋度麵粉
4. 錐形瓶	4. 尿素	9. 陰離子凝集劑
5. 電子秤	5. 水膠	10. 乳膠手套

## 肆、研究過程



## 伍、研究方法與結果

目的一：檢測市售冰凍包？

1-1：檢測溶液成分？

一、研究過程：

購買市售冰凍包根據成分標示，檢測溶液的性質是否相符。

二、研究結果：

根據酸鹼性、沸點、溶點、密度與凝固狀態分析。

溶液	酸鹼性	沸點	熔點	密度	凝固狀態
水溶液	中性	100.0°C	0.0°C	1.0 (g/cm <sup>3</sup> )	固態冰狀
未知溶液	中性	98.9°C	0.3°C	0.99 (g/cm <sup>3</sup> )	固態冰狀

※判斷結果：其溶液為水；並非是純水。

1-2：檢測溶質成分？

一、研究想法：

在相關研究中找到資料，可以利用硝酸銨製作冰凍包，因為硝酸銨加水會吸熱，會產生迅速的降溫效果，然而硝酸銨近年來被列為管制藥品取得困難，所以市售的冰凍包是否含有硝酸銨的成分需要進一步檢測。

二、研究過程：

根據硝酸銨與尿素的基本化學特性，分別進行未知溶質的酸鹼性(以石蕊試紙和廣用試紙相互交叉驗證)、沸點、熔點、溶解量(以 25°C、10ml 水觀察溶解量)。

溶劑	酸鹼性	沸點	熔點	溶解量	外型特徵
硝酸銨	酸性(弱)	208°C	159°C	19.0g	半透明細小圓形顆粒
尿素	中性	125°C	130°C	10.0g	白色圓形小顆粒
未知溶質	中性	122°C	128°C	10.0g	白色半透明圓形小顆粒

三、研究結果：

根據上述特性比較發現，未知溶質的成分接近尿素的性質，判斷其成分應該為尿素，其顆粒大小顏色也相似，並非早前常用的純硝酸銨製成，也並非將尿素+硝酸銨的混合產物。

1-3：檢測降溫成效？

一、研究想法：

先測試市售冰凍包降溫情況，並且畫出其降溫曲線，再檢測其溶質與溶劑比例，依照這次結果再以相同比率配置了解是否有相同的降溫效果。

二、研究過程：

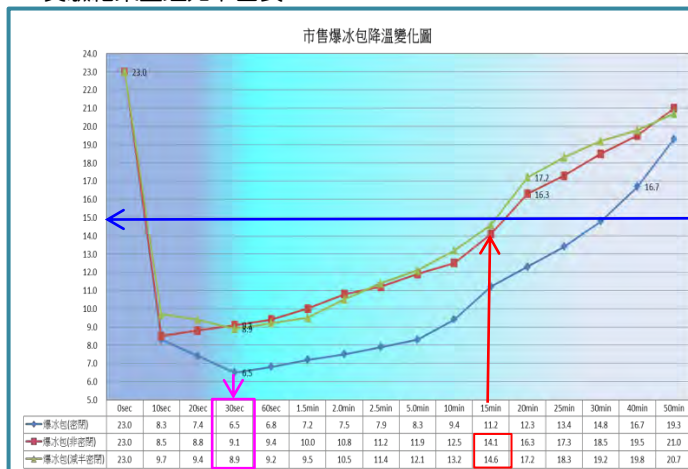
檢測溶質與溶劑比例：

1. 先測量含包裝的總重量，平均重量約 150g。
2. 分別測量溶質重與溶劑重求平均。
3. 換算其比率，溶質：溶劑大約是 1：1.1。
4. 測量降溫時間畫出趨勢圖，並記錄水溫變化。



三、研究結果：

1. 實驗結果整理如下圖表：



2. 袋子的封閉性與內容物含量會影響溫度的變化。
3. 15°C 以下溫度只能維持不到 20 分鐘，之後溫度就會急速上升。

目的二：過往類似研究比較探究？

2-1：鹽+冰的實驗？

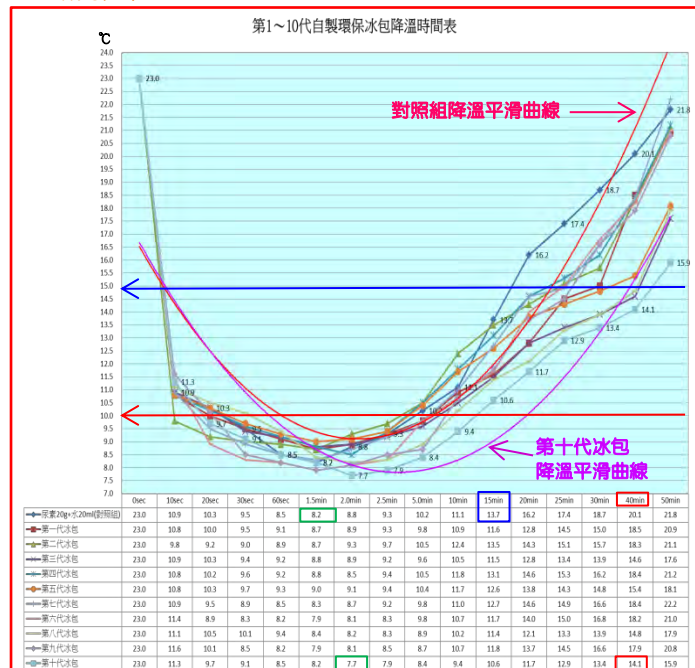
一、研究想法：

在我們學過的課程中降溫實驗是利用冰塊+鹽(3：1)製作冷劑，冰塊融化與食鹽溶解的過程會吸熱，讓溫度迅速降的至 0°C 以下？





## 二、研究結果：



### 4-3：環保再利用特性？

#### 一、研究想法與過程：

- 重複性：**使用過後回溫的冰包，若放入冷凍庫中冰凍，是否可以當作冰桶內的「保冷劑」使用，保溫效果如何？
- 功能性：**製作出不同大小的冰包，找出冰包的應用特性？
- 環保性：**氮肥對植物非常重要又稱為「葉肥」，我們利用尿素製作出來的冰包，在重複使用數次後，內容物的處理與應用？
- 低成本與方便性：**材料取得容易，在生活上即可找到，成本低廉容易製作。

#### 二、研究結果：

##### 1. 重複性：

尿素水溶液  
蒸發還原為尿素

冰凍後的冰包  
可當保冷劑

- 冰凍後的冰包起始溫度可以達到 $-17^{\circ}\text{C}$ 。
- 冷凍冰包完全融化(以20g 尿素+20ml 水)需1.5小時。
- 使用後尿素水溶液，可以蒸發後還原成尿素再利用。

##### 2. 功能性：

各種規格大小鋁箔平口袋

- 大型(13 x 21 cm)以上：適合當作肩部或者較大面積冰敷袋、冰枕、冰桶保冷劑。
- 中型(11x 19 cm)：冰敷、保冷劑、魚缸降溫
- 小型(9x 14 cm)：冰敷、退熱、消暑、手機降溫、撞傷緊急處理

##### 3. 環保性：

草本  
栽種施肥初期

木本  
施肥後兩周

木本  
施肥初期

木本  
施肥後葉子長大迅速

4. **低成本性：**自製環保冰包一個材料總成本約4.35元，若大量製作，一包尿素(500g/50元)可製成25包，加上其他原料才花費約110元。

## 陸、討論

將研究結果整理如下：

實驗	研究內容	研究結果	原因探討
1-1	未知冰包溶液成分	從沸點、溶點、密度、酸鹼性等基本化學性質分析，成分為一般水。	1. 在檢測出溶質為尿素，溶液為水之後，實測溫度並未如標示最低可達到 $3^{\circ}\text{C}$ 。
1-2	未知冰包溶質成分	利用酸鹼性、沸點、熔點、溶解量、顆粒外型，與硝酸銨和尿素化學特性進行比對分析，結果為尿素。	2. 吸熱反應在30秒後，水溫就不再降低，反而逐漸回升。
1-3	降溫成效	1. 原始的溶質：溶劑比例為1:1.1。 2. 30秒降溫至 $6.5^{\circ}\text{C}$ ，溫差 $16.5^{\circ}\text{C}$ ， $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 為20分鐘。 3. 內容物含量與密封性會影響溫度變化與降溫時間。	3. 等比例的尿素與水量調配，結果顯示影響降溫變化幅度不大。
2-1	鹽+冰實驗	鹽與冰的降溫效果以實驗1-3取相同比例配置可降溫至 $-21.3^{\circ}\text{C}$ ，但是若以鹽溶於水中則沒有此降溫效果。	1. 冰與鹽反應可以降溫至零下，但是冰會融化成水，最後呈現冰

2-2	硝酸銨+水	硝酸銨+水的吸熱反應快速60秒可降溫至 $4^{\circ}\text{C}$ 以下，硝酸銨量會影響降溫時間，本藥品列為管制不便取得。	水共存現象，此現象與尿素+水吸熱反應不同。
2-3	其他降溫實驗	從國中老師建議的幾種藥品測試，只有硝酸鉀具有較佳的降溫效果，但高低溫差遠不如硝酸銨+水與尿素+水。	2. 除了硝酸銨有明顯降溫效果，其他原料降溫效果均不佳。
3-1	降溫效果探討	以尿素為溶質，水為溶劑其最佳比例為1:1，水溫越低，尿素+水吸熱反應越差，水溫高則吸熱反應佳降溫效果明顯(以水溫 $40^{\circ}\text{C}$ 為例)，降溫效果明顯溫差變化大。	1. 水溫會影響尿素的降溫效果。 2. 尿素加中筋麵粉會呈現半透明膠狀，減緩尿素與水反應，延長保冷時間。
3-2	保冷時間延長	1. 粉狀：尿素添加1g中筋麵粉、低筋麵粉、太白粉之後，降溫 $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 時間可以達30分鐘，以太白粉和中筋麵粉效果最佳。 2. 非粉狀：保冷時間效果最佳為添加0.1g的陰離子凝集劑30分鐘，第二佳為水膠25分鐘，水晶寶實吸水慢、保冷時間不佳。	3. 太白粉加水溶液凝結成固態黏膠狀，卻也影響到尿素溶解，中筋麵粉則不會。 4. 陰離子可迅速吸水200倍，不能添加太多，會影響尿素反應。
4-1	最佳溶劑	5%中筋麵粉水20ml保冷效果最佳，太白粉水與漿糊次之，純膠水最差。	1. 中筋麵粉水保冷效果( $\leq 15^{\circ}\text{C}$ )可達40分鐘、漿糊水、太白粉水為25分鐘，與反應時凝結成膠狀有關。
4-2	自製環保冰包	第10代(尿素+水膠+中筋麵粉水)降溫幅度達 $15.2^{\circ}\text{C}$ ，保冷時間達40分鐘。	2. 經過不同材料反覆測試，尿素降溫主要原因在水量，在材料的搭配上要減少彼此互搶水分的情況才能持續反應。 3. 反應後的冰包雖不能再次反應，但其冷凍後的溫度比冰塊低許多，是很好的保冷劑。
4-3	環保特性	1. <b>重複性：</b> 可將冰包冷凍當保冷劑，溫度比冰塊低很多，起始溫度可以到 $-17^{\circ}\text{C}$ ，保冷效果佳，且室溫下冰完全融化要1.5小時。 2. <b>功能性：</b> 可製成不同大小，依照需求具有不同的使用功能，例如：消暑、冰敷、退熱、手機降溫、運動傷害緊急處理、小型魚缸降溫。 3. <b>環保性：</b> 其內容物均使用不污染材料，倒出後的材料可直接加水稀釋100倍，因為尿素可當葉肥。 4. <b>低成本性：</b> 製成材料取得容易，一個製作成本只要4.35元，一包尿素可以製成中型冰包25包。	4. 尿素本身為肥料之一，氮肥料中尿素的含氮量最高(46.4%)。

## 柒、結論

我們以科學的觀點研究，從基本降溫特性探討，到改良降溫情況與保冷時間，從溶質與溶劑的調配比例一一測試；再進一步製作出具有多功能、可重複使用、具環保特性和低成本的自製環保冰包，整理出以下研究重點：

- 單純以尿素+水測試降溫結果，不如市售標示溫度最低可達 $3^{\circ}\text{C}$ 。
- 保冷時間測試，約3分鐘後體感溫度就感覺上升，保冷時間大約10分鐘左右，並不如標示可達20分鐘。
- 實測降溫反應，約60秒內可以降到最低溫，之後溫度開始上升。
- 硝酸銨已列為管制藥品，雖然降溫效果最佳，但不列入研究考量。
- 陰離子凝集劑可以吸水達200倍，加入後保冷效果最佳，但其成分為聚丙烯酸鈉的化學原料，無法被微生物分解，常被使用在紙尿布中，已造成環境危害，故不考慮使用。
- 水晶寶實成分為丙烯酸樹脂，溶於水後具有毒性，故不採用。
- 水膠其成分為動物性明膠可當作增粘劑，會被微生物分解，可替代陰離子添加於尿素。
- 三種麵粉以中筋麵粉降溫保冷效果最高，推測是吸水性、彈性、延展性及黏性較為適中。
- 添加含量5%中筋麵粉水的降溫與保冷效果最佳，5%太白粉水雖有此效果，但尿素的溶解量遠低於中筋麵粉，兩者溶解量差15%。
- 在第10代自製環保冰包，可降溫達 $15.2^{\circ}\text{C}$ ，最低溫度可達 $7.8^{\circ}\text{C}$ ，體感溫度約 $5^{\circ}\text{C}$ ，保冷時間可以達到40分鐘( $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 以下)。
- 可依照需求製作出不同大小的環保冰包，具多功能性以方便各種需求，其中我們發現最有趣的應用是置放於過熱的手機或平板後方降溫，實測可在5分鐘內使過熱手機降溫 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。
- 使用過後的冰包，可以冰凍於冷凍庫重複使用，起始溫度遠低於冰塊(達 $-17^{\circ}\text{C}$ )，而且可以放入冰桶或者是攜帶式保溫袋中當成「保冷劑」使用，室溫下實測袋內冰完全融化需1.5小時。
- 尿素本身就常被利用來製成肥料，在土壤中不殘留任何有害物質；使用過後的環保冰包，可以加水稀釋100倍後，當作肥料澆灌植物，其結果如實驗證明，約兩周後可以促進植物葉子的生長。
- 自製環保冰包成本低廉，小型環保冰包製成一包成本只要4.35元，容易製作與保存。

## 捌、參考資料

- 吳佳惠 (1999)。冰箱帶著走—冰包的研究。中華民國第39屆中小學科學展覽會作品。
- 陳昶蓉、梅佳龍、梅珍鳳 (2011)。冰風暴—液態二氧化碳冰敷包。中華民國第51屆中小學科學展覽會作品。
- 0°C~魔冰包。取自(2016)。科學小玩意。  
<http://zfang.zipko.info/70.html>。