

# 【2021 科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 高中 ( 職 ) 組 成果報告表單

題目名稱：涼爽一夏—以田口實驗設計法最佳化爆冰包

### 一、摘要：

將爆冰包敲一下，其中的水袋會破裂而使溫度下降，我們於本研究中探討影響其溫度下降的原理與變因，並研發出效果比市售爆冰包更加優良的自製爆冰包。研究過程中使用了田口實驗設計法，藉由直交表實驗，得出了四個因子(水、尿素、檸檬酸、聚丙烯酸鈉的質量)都以水準三為最佳水準。在實驗過程中，發現檸檬酸與尿素發生觸變反應，並利用再加水溶解剩餘的藥品，可得到更好的降溫效果，我們針對此細節進一步探討，例如改變加水量、研究加聚丙烯酸鈉的影響等，再加以設計爆冰包的包裝方式，使爆冰包功效提升。由實驗結果得知，我們改良的爆冰包能於 25°C 下維持 1 小時 25 分 40 秒，在金錢成本相同的條件下，比市售的爆冰包的持續時間 1 小時 6 分 37 秒多 28%。

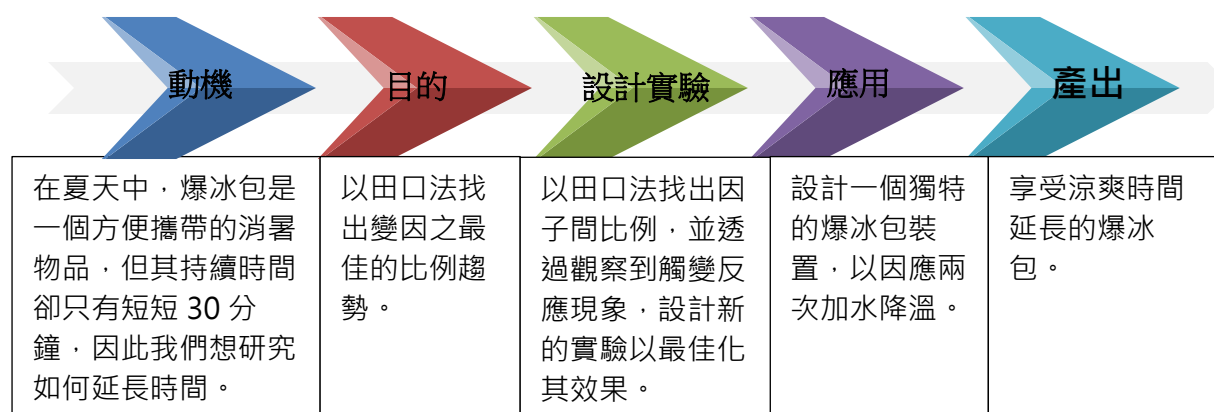
### 二、探究題目與動機

在炎熱的夏日，爆冰包能讓你清涼一夏，但它卻只能使用約 30 分鐘就會失去功能了，而且只能使用一次，所以我們開始研究爆冰包，希望能夠改良成份，並設計適合的包裝方式，使其效能優化。我們希望研究出來的爆冰包的效果可以比市售的好，成本更低，因此我們參考了商業界常使用的「田口法」(Taguchi Method) 作為實驗設計的方法，因為使用田口法可以將 81 次的實驗簡化成 9 次，達到降低研究成本和時間。

### 三、探究目的與假設

1. 尿素溶於水會吸熱，故作為爆冰包的主要成份；檸檬酸因觸變反應會使溶液增稠，達到延長時間的效果；聚丙烯酸鈉可迅速吸收水成為凝膠聚合物，不容易脫水，增加保冷性。本研究將研究藥品的比例與交互作用，得到較佳的研究結果。
2. 我們選用四種操縱變因的質量(尿素、檸檬酸、聚丙烯酸鈉、蒸餾水)，以田口法搭配直交表來設計實驗，得到最佳實驗結果的變因組合，作為爆冰包在設計包裝與內容物的參考。
3. 設計改良爆冰包內部包裝，並將最佳化成分置入其中作為我們自製的最佳化爆冰包。

### 四、探究方法與驗證步驟



## 壹、實驗步驟

### 1. 使用田口法找出最佳因子的水準

步驟一：先秤每個實驗所需要的材料

步驟二：放入烘箱使藥品升溫至 31°C

步驟三：在烘箱內(恆溫用)將水與藥品攪拌，用 PASCO 溫度計之 SPARKvue 應用程式，記錄溫度變化

步驟四：直到溶液回溫到 25°C 時結束實驗

### 2. 調整加水次數與時間點(步驟一到步驟四如 1. 所示)

步驟五：依實驗需求分為一次再加水或分次再加水

步驟六：再等到溶液回溫到 25°C 時結束實驗

## 貳、研究結果與討論

本實驗選用田口實驗設計法，是一種低成本、高效益、節省時間的品質工程實驗設計方法。它利用簡易的直交表設計、變異數分析、品質損失分析(S/N 比)、交互作用分析，以極少量的實驗次數進行分析，找到每個因子的相互關係，藉此做出一個高品質、低成本的產品，是目前許多企業作為產品開發的實驗設計法。我們使用 S/N 比來做資料分析，利用實驗數據算出各因子間的交互作用及對實驗結果影響的趨勢。

分析方式分為(1)望大-品質特性越大越好

(2)望小-品質特性越小越好

我們希望研究爆冰包的溫度是越低越好，使用望小分析，

公式為  $S/N = -10 \cdot \log(\Sigma Y^2/n)$ ，其中 Y 是實驗結果的數據、n 是實驗次數。

持續時間是越久越好，使用望大分析

公式為  $S/N = -10 \cdot \log(\Sigma (1/Y^2)/n)$ ，其中 Y 是實驗結果的數據、n 是實驗次數。

算完後取 S/N 值最大為最佳值。

表一：各因子的水準設計

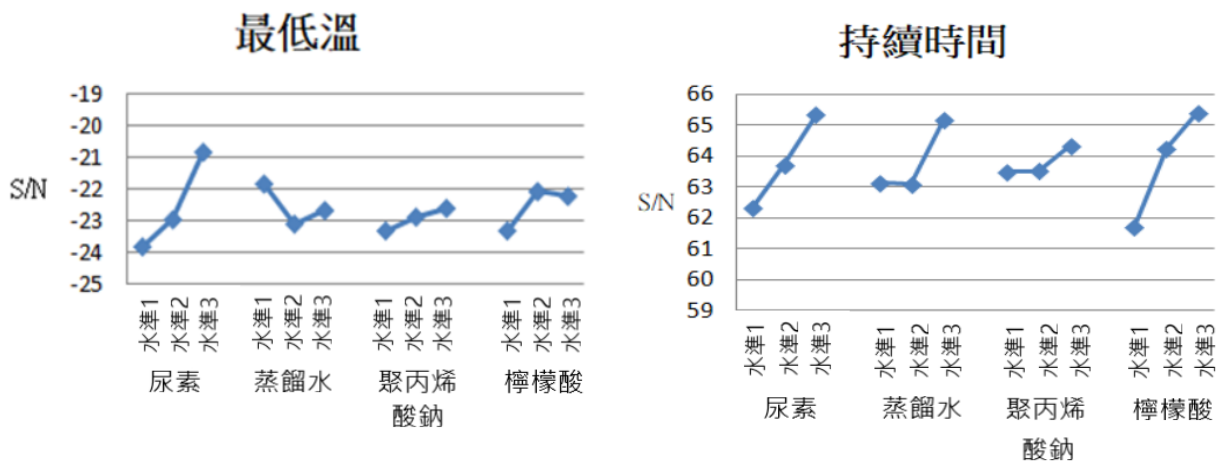
因子	尿素(g)	蒸餾水(g)	聚丙烯酸鈉(g)	檸檬酸(g)
水準 1	10	20	0	0
水準 2	20	30	1	20
水準 3	30	40	2	40

一、實驗一：尿素、檸檬酸、聚丙烯酸鈉、蒸餾水的質量對降低溫度及持續時間的影響。應用田口法所設計的直交表來進行實驗，共 9 組實驗。

表二：實驗一直交表

L9 直交表	尿素(g)	蒸餾水(g)	聚丙烯酸鈉(g)	檸檬酸(g)	最低溫度(°C)	持續時間(秒)
實驗 1	10	20	0	0	14.9	924
實驗 2	10	30	1	20	16.3	1231
實驗 3	10	40	2	40	15.3	1958
實驗 4	20	20	1	40	13	1659
實驗 5	20	30	2	0	16.5	1188
實驗 6	20	40	0	20	12.9	1828
實驗 7	30	20	2	20	9.7	1922
實驗 8	30	30	0	40	10.8	1982
實驗 9	30	40	1	0	12.7	1651

(一)實驗結果



圖一：實驗一結果的因子反應圖

(二)實驗討論

因子反應圖為一種可以最直接看出實驗結果的圖，在 S/N 比為最大值時是該因子的最佳水準。由圖一中可看出，折線在各個因子在水準 3 時是最大值，得知 S/N 比在四個因子中都以水準 3 為最佳。

二、實驗二：各個因子水準 3 與市售的比較。

我們藉實驗一發現各因子在水準 3 最佳，因此將與市售的爆冰包比較。

表三：實驗二實驗材料

	尿素(g)	蒸餾水(g)	聚丙烯酸鈉(g)	檸檬酸(g)
因子水準 3	水準 3(30)	水準 3(40)	水準 3(2)	水準 3(40)
市售材料	80	70	0	0

(一)實驗結果：

表四：實驗二結果

	最低溫	持續時間
因子水準 3	10.7°C	41 分 29 秒
市售	8.1°C	1 小時 6 分 37 秒

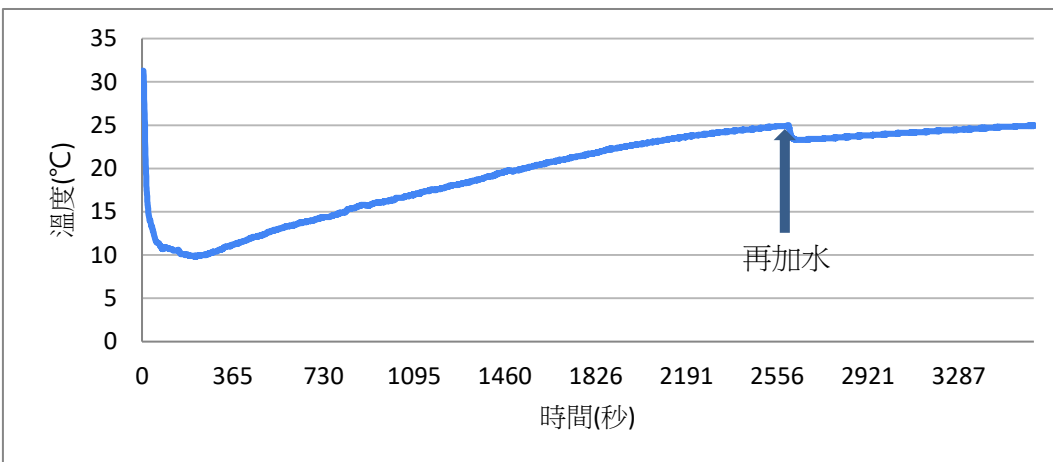
(二)實驗討論：

使用全部水準 3 做出的效果比市售的差，因此我們會透過實驗二過程中發現的觸變反應現象來進一步優化我們的爆冰包。

三、實驗三：檢驗發生觸變反應是否可再加水使其降溫。

由參考資料三得知有加入檸檬酸與尿素會產生觸變反應，溶液呈白色混濁尚未溶解完的狀態，藉此猜測再加水可使溫度再降低，而設計實驗三。

(一)實驗材料：尿素、檸檬酸、蒸餾水為水準 3



圖二:實驗三結果

四、實驗四：分次加水與一次加水的差別

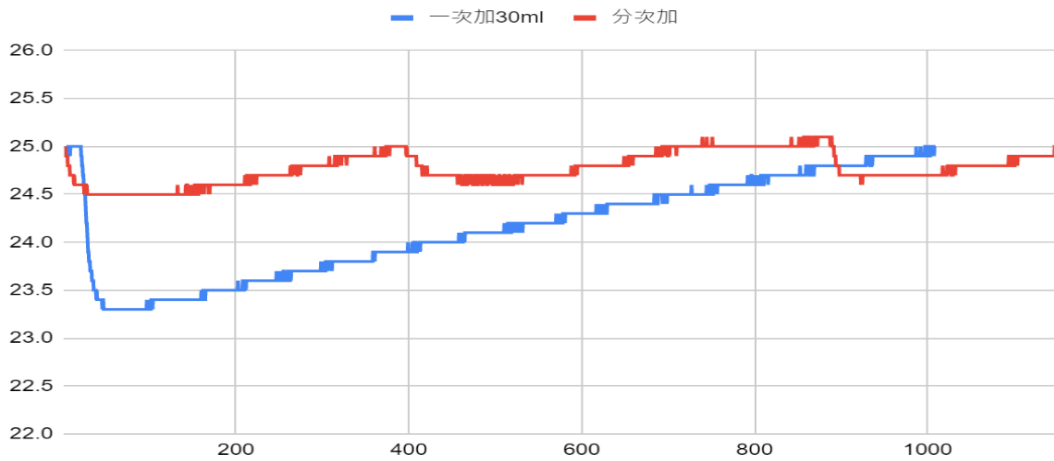
為了尋找之後應用在鋁袋中水袋的配置的數量與方法，我們在實驗四中研究了再加水的方法，分別為溫度回到 25°C 時，分次加水即先加水再達 25°C 再加水 10ml，重複加三次。一次加 27°C 水即為一次加水 30ml。

(持續時間皆由再加水後開始記錄)。

表五:實驗四實驗材料

	尿素(g)	蒸餾水(g)	聚丙烯酸鈉(g)	檸檬酸(g)
分次加水	水準 3(30)	水準 3(40)	水準 1(0)	水準 3(40)
一次加水	水準 3(30)	水準 3(40)	水準 1(0)	水準 3(40)

(一) 實驗結果：



圖三：實驗四結果

(二) 實驗討論：

實驗後發現，可能是因為剩餘的藥品比較多(觀察溶液在燒杯中較混濁)，持續時間不因一次加、分次加改變，而一次加水的溫度可以下降比較多，所以我們最後決定，在第一次回到 25°C 時一次加水進去。

五、實驗五：市售材料與改良版材料比較

將以上結果用於改良版最佳化爆冰包材料，並計算出我們這些藥品的成本為 18.6 元(尿素 0.18 元/g、檸檬酸 0.22 元/g)與市售的 80 克尿素成本同樣為 18.6 元，做一個成本相同但內容物不同的比較。

(一) 實驗材料

表四：實驗五實驗材料

	尿素(g)	蒸餾水(g)	聚丙烯(g)	檸檬酸(g)
改良版	水準三(30)	水準三(40)	水準一(0)	水準三(40)
市售版	80	70	0	0

(二) 實驗結果

表五：實驗五實驗結果

	最低溫	持續時間
改良版	9.6°C	1 小時 25 分 40 秒
市售版	8.1°C	1 小時 6 分 37 秒

(三) 實驗討論

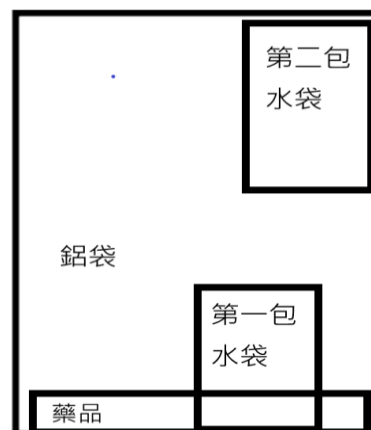
透過此實驗我們證明了，我們最佳化改良的爆冰包是比市售爆冰包多 28% 的持續時間。

## 五、結論與生活應用

將以上實驗的結果總結後，得到了最佳化爆冰包的材料，為了配合加兩次水設計了獨特的爆冰包裝裝置，將藥品先放入鋁袋中，再將第一包水袋置於藥品上方，最後再將第二包水袋開口貼齊於鋁袋封口處進行封口，使第二包水袋得以與第一包水袋分開，這麼做也可在使用途中依然固定著位置，以免在要壓破第二包水袋時找不到，更可降低在使用時不小心壓破另一水袋的機率。



圖四：用封口機封口



圖五：爆冰包平面圖

## 參考資料

資料一：全國科學探究競賽-這樣教我就懂(2017)，鹽類溶於水降溫好壞。2020/07/13 取自：

<https://ssur.cc/825Xd>

資料二：陳憶玟、張雯茹(2017)，清涼一夏—保冷劑與急凍包的探討，2017 小論文作品。2020/07/20 取自：

<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/03/2017030618511287.pdf>

資料三：吳嘉玲、黃雅婷(2017)，極凍想法、保冷方程式，2017 小論文作品。

2020/07/20 取自：

<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/11/2017111420473304.pdf>

資料四：溫佩鏘、莊雅茹、蒙侑辰(2016)，乍暖？還寒！冷熱自明。

2020/07/27 取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/030208.pdf>

資料五：高橋信(2014)，世界第一簡單實驗設計，138-144。臺北市：世茂出版社。

資料六：Dale Hsieh(2011)，田口法實驗設計介紹。2020/07/06 取自：

<https://www.slideshare.net/DaleHsieh1/ss-61533659>