

# 臺東縣第 63 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：可以「吃」的水—海藻酸鈉食用水球的假設與探究

關 鍵 詞：海藻酸鈉、鈣、食用水球

編 號：

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由臺東縣卑南國小統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

## 摘要

我們發現馬拉松選手競賽中拿起紙杯喝水後丟棄，不但浪費紙杯，還浪費水資源。我們查資料找到「海藻酸鈉」與鈣離子結合產生反應並形成「膜」，可包覆住裡面的液體。我們進行了實驗假設與實驗設計，分別是「濃度」、「pH 值」、「可承受重量」等實驗。

實驗後發現海藻酸鈉重量百分濃度並非濃度越高越容易成功。濃度 0.55% 及 0.6% 的食用水球成功率皆比濃度 0.7% 高。反應時間愈長，食用水球的成功率愈高，再加上海藻酸鈉飲品的 pH 值在 5-8.5 之間且含糖飲品會讓食用水球的成功率越高。

海藻酸鈉食用水球，在嚐過後討論其口感發現，飲用水食用水球濃稠、且味道重。與不同飲品食用水球海藻酸鈉的味道降低，且飲品的香氣更提升。可以推廣給更多人知道，不增加一次性的垃圾！

## 壹、研究動機

田徑隊同學參加一場馬拉松賽跑，競賽的過程中，我們觀察到選手會拿起紙杯喝水，因賽跑中來不及煞車而導致水杯裡的水噴濺出來、在喝完後直接將紙杯丟掉。以上這短短時間內，卻浪費了許多資源。如果有可以替代紙杯的物品，不需再用一個容器盛載水資源，便可以達到節省水資源且不會增加一次性的垃圾。

我們在閱讀相關文章後，認識了「食用水球」。它是透過海藻酸鈉與鈣離子反應後產生「膜」，將膜中的液體包覆，可以直接食用，且不再製造多餘的垃圾。我們想知道不同的海藻酸鈉重量百分濃度、不同的飲品（pH 值）...等等，是否都會影響「膜」的成形。我們設計了實驗來探討我們的疑問與假設。

## 貳、研究目的與假設

### 一、研究目的：

- （一）設計實驗並找出海藻酸鈉重量百分濃度適中、可成形且口感接近水溶液的比例。
- （二）設計實驗並探討可以讓食用水球穩定成形的飲品 pH 值
- （三）設計實驗並探討食用水球可承受的重量

### 二、研究假設：

- （一）假設海藻酸鈉重量百分濃度為 0.7%，能穩定成形且口感接近水。
- （二）假設 pH=3~pH=6 間的飲品，可讓食用水球穩定成形。
- （三）假設食用水球可承受的重量為 150g

## 參、文獻及資料整理

- 一、海藻酸鈉與鈣離子反應後所形成的晶球，會產生「膜」，液體則保留於其中。
- 二、當海藻酸鈉溶液放入鈣溶液中，鈣離子會取代海藻酸鈉上的鈉離子，再結合葡萄糖醛酸，形成離子架橋，手拉手的結構，使海藻酸鈉分子間的聯結性更強，並形成膜。
- 三、酸鹼值對海藻酸鈉影響大，海藻酸鈉所形成的膜，其黏性最安定的範圍落在 pH 值 6-9 之間。當 pH 值低於 3.5 時，溶解度降低，會阻礙晶球膠膜產生。
- 四、各種鈣離子化合物與海藻酸鈉溶液的反應速率不同，藉由使用不同種鈣離子化合物可以製造適當厚薄與硬度的晶球膠膜。
- 五、基本球化技術：將未成形的海藻酸鈉溶液滴進鈣離子溶液中，再透過與鈣離子連結形成「膜」。

## 肆、研究流程圖



## 伍、研究設備及器材

		
<p>製作海藻酸鈉與乳酸鈣溶液會使用到：海藻酸鈉、乳酸鈣、燒杯（250ml、500ml 和 1000ml）、電子秤、攪拌棒、藥勺、秤量紙、食用色素。</p>	<p>測量 pH 值時需要：pH 值廣用指試劑、試紙、滴管。</p>	
		
<p>製作食用水球會使用到： 培養皿（6cm）、溫度計、手套、塑膠容器、撈網、湯勺、攪拌棒、彎嘴澆花壺、滴管。</p>	<p>測量食用水球承受重量實驗：立方積木（1cm<sup>3</sup>）、培養皿與附蓋、電子秤。</p>	<p>其他：計時器、平板、廚房紙巾、抹布。</p>

## 陸、研究過程與方法

### 一、設計實驗探討。

實驗目的：設計實驗並找出海藻酸鈉重量百分濃度適中、可成形且口感接近水溶液的比例。

實驗說明：

#### (一) 蒐集到的資料顯示

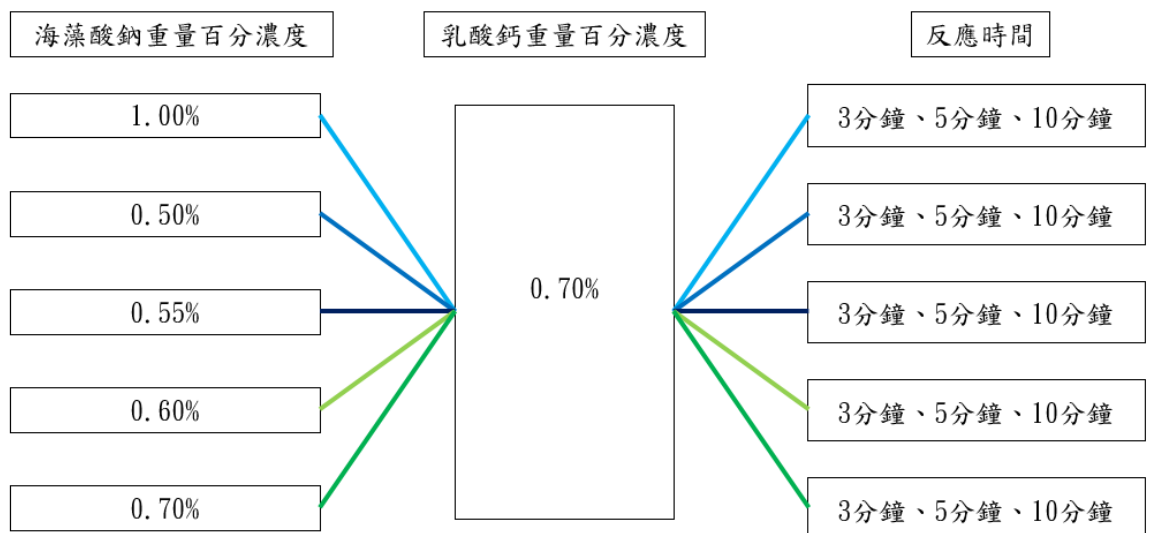
1. 海藻酸鈉重量百分濃度為 1% 能讓海藻酸鈉成形。
2. 海藻酸鈉與鈣離子產生反應的時間越久越容易成形、膜也會更厚。

因此我們想透過相同的液體，控制不同的海藻酸鈉比例和不同的反應時間，比較做出海藻酸鈉食用水球。

#### (二) 找出最適合做海藻酸鈉食用水球的比例實驗：

控制變因：乳酸鈣重量百分濃度、食用水球尺寸（約 30g）

操作變因：海藻酸鈉重量百分濃度、反應時間



(三) 實驗一以不同的海藻酸鈉重量百分濃度與重量百分濃度為 0.7% 的乳酸鈣進行實驗，並以實驗結果作為實驗二的控制變因。

## 二、設計實驗探討。

實驗目的：設計實驗並探討可以讓食用水球穩定成形的飲品 pH 值。

實驗說明：

我們發現 pH 值的不同，也會影響海藻酸鈉食用水球的成形，所以我們用不同的飲品測試，有：無糖豆漿、含糖豆漿、無糖紅茶、有糖紅茶、冬瓜茶、無糖四季青茶與紫色蔬果汁。

實驗步驟：

1. 清洗器材，保持手部乾淨。
2. 確認比例、量測需要的海藻酸鈉公克數、乳酸鈣公克數。
3. 測量不同飲品的 pH 值並記錄。
4. 將海藻酸鈉與乳酸鈣加入水/飲品並使用攪拌器攪拌直至溶質皆溶進溶劑中。
5. 測量混合後溶劑的溫度並記錄。
6. 確認培養皿的尺寸。
7. 測量未成形海藻酸鈉溶液的重量。
8. 準備計時與拍照紀錄。
9. 實驗成形後（撈起）拍照紀錄並測量重量。
10. 以清水沖洗鈣離子。
11. 重複實驗步驟。



圖 6-1

用試紙和 pH 值指試劑測量液體的 pH 值



圖 6-2

將測量好的海藻酸鈉粉末倒入液體



圖 6-3 實驗過程



圖 6-4 實驗過程

### 三、設計實驗探討。

實驗目的：設計實驗並探討食用水球可承受的重量。

實驗說明：

將實驗二中成形的海藻酸鈉食用水球放進 90mm 的培養皿上蓋，並以下蓋加積木測量承受重量。

實驗二中的無糖豆漿與紫色蔬果汁因未能成形無法實作此實驗。



圖 6-5  
實驗記錄



圖 6-6  
實驗記錄

## 柒、研究結果與討論

一、實驗一：設計實驗並找出海藻酸鈉重量百分濃度適中、可成形且口感接近水溶液的比例。

(一) 實驗結果：

表 7-1 不同海藻酸鈉重量百分濃度食用水球口感與觸感

海藻酸鈉重量百分濃度	口感	觸感
1%	最濃稠且不像水溶液。	膜厚度太厚，不容易破。
0.5%	最接近水溶液，也最不濃稠。	膜最薄，從乳酸鈣中撈起經常破掉，不易成形。
0.55%	比濃度 0.5 濃稠一些，較接近水溶液。	膜較薄，拿起時容易破掉。
0.6%	跟水比較起稍微有些濃稠。	膜厚度適中，可以容易拿取且不易破。
0.7%	比濃度 0.6 濃稠，與水溶液不太相近。	膜厚度較厚，可拿在手上把玩。



表 7-2 不同海藻酸鈉重量百分濃度食用水球成功率

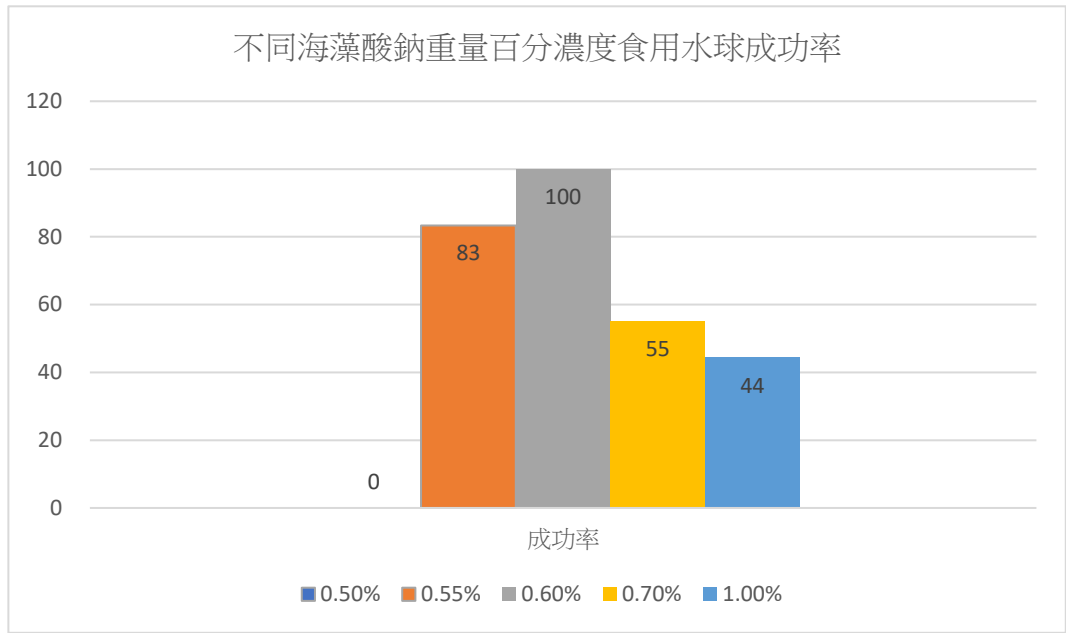
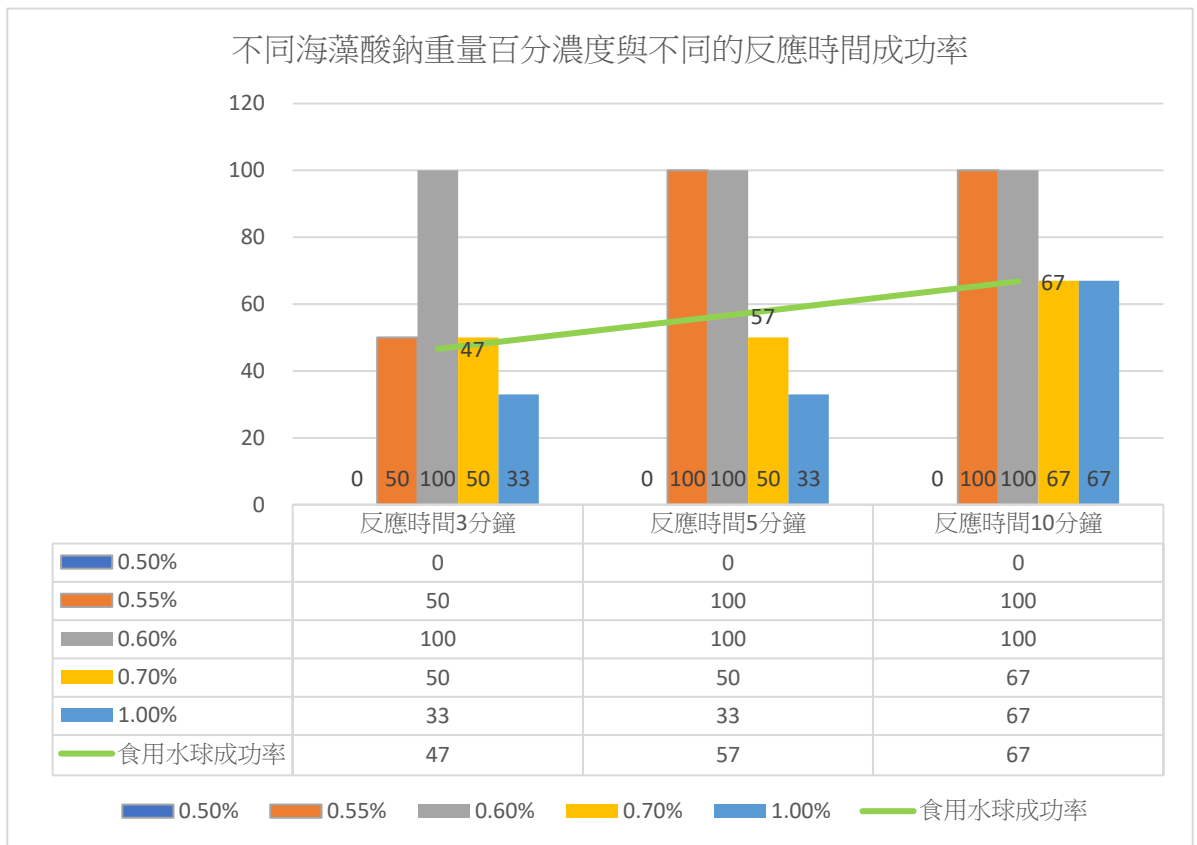


表 7-3 不同海藻酸鈉重量百分濃度與不同的反應時間成功率



### 實驗討論：

1. 文獻資料顯示，海藻酸鈉濃度 1% 的食用水球可容易成形，但實驗卻發現，濃度為 1% 的食用水球成功率為 44.33。而濃度 0.6% 的食用水球成功率為 100%。
2. 反應時間十分鐘成功率最高，而反應時間三分鐘成功率最低，所以實驗結果顯示反應時間越長，成功率越高。
3. 海藻酸鈉重量百分濃度 0.5% 的成功率為 0%，我們推測是因為海藻酸鈉濃度太低而導致。
4. 我們發現海藻酸鈉重量百分濃度 0.55% 的成功率比濃度 0.7% 高，所以實驗結果顯示並非濃度越高成功率則越高。
5. 海藻酸鈉重量百分濃度 0.6% 的成功率為 100%，所以我們選擇海藻酸鈉重量百分濃度 0.6% 為實驗二的控制變因
6. 海藻酸鈉濃度 0.5% 及濃度 0.55% 的食用水球，成形次數較濃度 0.6 少，雖口感最接近水溶液但因不容易形成食用水球。
7. 海藻酸鈉與乳酸鈣的反應時間的不同會影響水球的口感和觸感。反應時間愈長，膜的厚度愈厚，反應時間愈短，膜的厚度愈薄。
8. 濃度的不同會影響水球的口感以及觸感。濃度比例愈高，海藻酸鈉溶液就愈濃稠，膜也愈厚，但不一定會更容易成形；濃度比例愈低，海藻酸鈉溶液愈接近水溶液，膜也愈薄，也愈不容易成形。

### (二) 結論：

使用海藻酸鈉重量百分濃度 0.6% 所製作食用水球是最容易成形（100%）且口感及觸感最接近水溶液的比例，所以當作實驗二的控制變因。

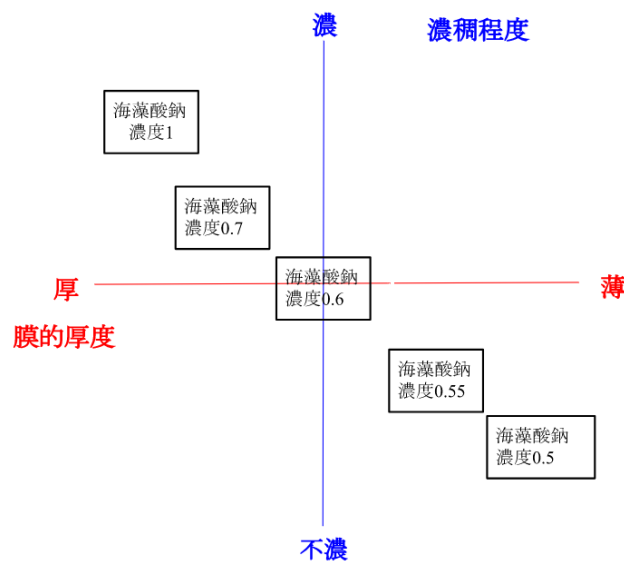


圖 7-1 實驗一結論討論

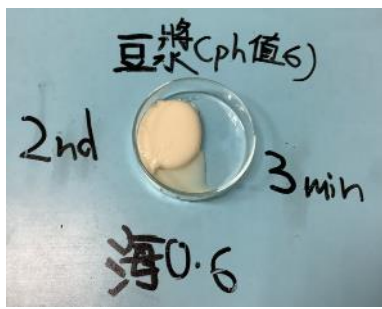
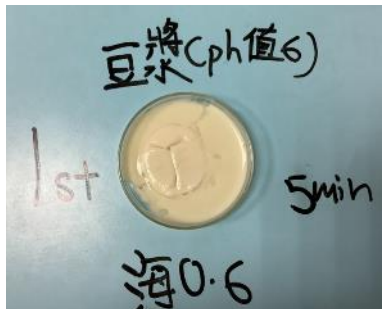
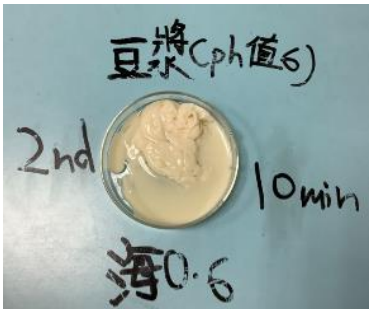
二、實驗二：設計實驗並探討可以讓食用水球穩定成形的飲品 pH 值。

(一) 實驗 2-1：無糖豆漿，pH 值=6

實驗結果：

反應時間	3-1	3-2	3-3	5-1	5-2	5-3	10-1	10-2	10-3
	3min	3min	3min	5min	5min	5min	10min	10min	10min
成功與否	×	×	×	×	×	×	×	×	×

		
---	--	---

實驗討論：

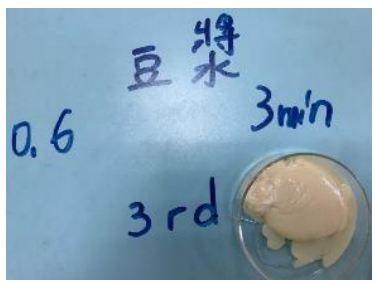
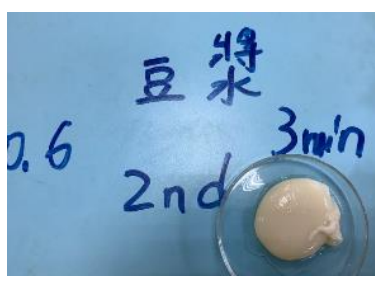
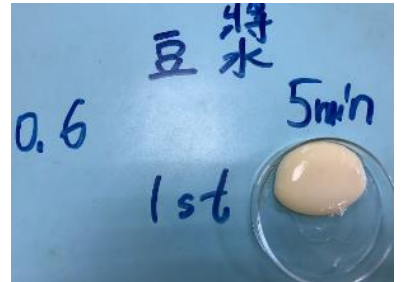
1. 實驗中，豆漿容易產生泡沫，我們推論這個實驗不易成形的原因在於泡沫會影響海藻酸鈉與乳酸鈣產生反應，故無法形成膜。所以之後的實驗我們就將海藻酸鈉液體調配好後，靜置幾小時後再進行實驗。
2. 不論反應時間 3 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，無糖豆漿膜都很薄，容易破掉，不容易拿起。
3. 無糖豆漿食用水球成功率為 0%。

(二) 實驗 2-2：含糖豆漿，pH 值=6

實驗結果：

反應時間	3-1	3-2	3-3	5-1	5-2	5-3	10-1	10-2	10-3
	3min	3min	3min	5min	5min	5min	10min	10min	10min
成功與否	×	○	×	○	×	○	○	×	×

		
---	--	---

實驗討論：

1. 經過實驗，我們發現含糖豆漿的成形比例比無糖豆漿（成功率 0%）還要高，我們推論或許是因為糖分会影響海藻酸鈉與鈣離子產生化學反應。
2. 雖然有糖豆漿的食用水球成形率高，但在沖洗鈣離子時破掉的佔了 75%，都將還是無法作為食用水球的飲品。
3. 含糖豆漿食用水球成功率為 44.45%。

(三) 實驗 2-3：無糖紅茶，pH 值=5

實驗結果：

反應時間	3-1	3-2	3-3	5-1	5-2	5-3	10-1	10-2	10-3
	3min	3min	3min	5min	5min	5min	10min	10min	10min
成功與否	×	×	×	×	○	○	○	×	○

實驗討論：

1. 無糖紅茶食用水球反應時間為 3 分鐘皆失敗，未成形。5 分鐘成功率 66.67%、10 分鐘成功率 66.67%。
2. 無糖紅茶食用水球成功率為 44.45%。

(四) 實驗 2-4：含糖紅茶，pH 值=5

實驗結果：

反應時間	3-1	3-2	3-3	5-1	5-2	5-3	10-1	10-2	10-3
	3min	3min	3min	5min	5min	5min	10min	10min	10min
成功與否	×	×	×	×	×	○	○	○	○

實驗討論：

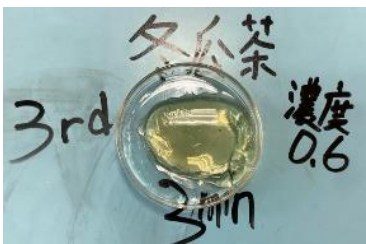


1. 含糖紅茶食用水球與無糖紅茶一樣，反應時間 3 分鐘成功率為 0%、5 分鐘成功率 33.34%、10 分鐘成功率 100%。
2. 含糖紅茶食用水球成功率為 44.45%。

(五) 實驗 2-5：冬瓜茶，pH 值=5

實驗結果：

反應時間	3-1	3-2	3-3	5-1	5-2	5-3	10-1	10-2	10-3
	3min	3min	3min	5min	5min	5min	10min	10min	10min
成功與否	×	○	○	○	○	○	○	×	○

		
---	--	---

實驗討論：

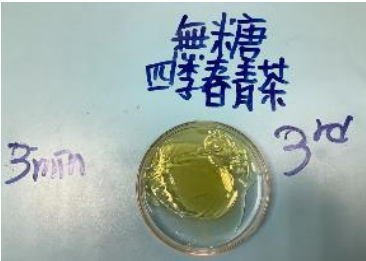
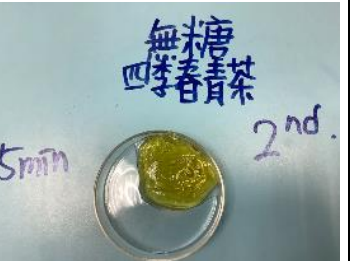
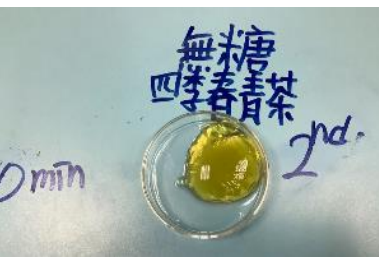
1. 冬瓜茶食用水球不論反應時間都有成功，3 分鐘成功率 66.67%、5 分鐘成功率 100%、10 分鐘成功率 66.67%。
2. 實驗 10-2 的水球撈起時有成功，但在拿取的過程中不小心捏破了。
3. 冬瓜茶食用水球成功率為 77.78%。

(六) 實驗 2-6：無糖四季春青茶，pH 值=5

實驗結果：

反應時間	3-1	3-2	3-3	5-1	5-2	5-3	10-1	10-2	10-3
	3min	3min	3min	5min	5min	5min	10min	10min	10min
成功與否	×	×	×	×	○	×	○	○	×

		
---	--	---

實驗討論：

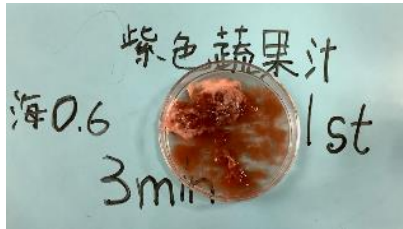


1. 無糖四季春青茶食用水球反應時間 3 分鐘成功率為 0%、5 分鐘成功率 33.34%、10 分鐘成功率 66.67%。
2. 無糖四季春青茶食用水球成功率為 33.33%。

(七) 實驗 2-7：紫色蔬果汁，pH 值=3

實驗結果：

反應時間	3-1 3min	5-1 5min	5-2 5min	10-1 10min	10-2 10min
成功與否	×	×	×	×	×

		
---	--	---

實驗討論：

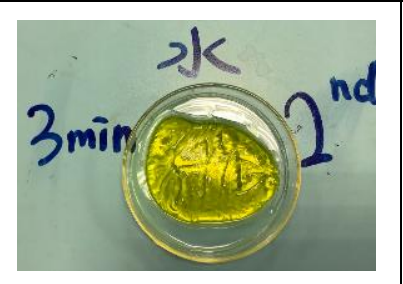
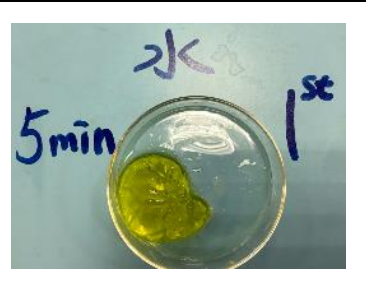

1. 在實驗中我們發現紫色蔬果汁食用水球無法成形，推論是因為 pH 值低於 3.5 導致無法行成膜。
2. 不論反應時間 3 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，紫色蔬果汁食用水球在乳酸鈣水中看起來就未成形。
3. 紫色蔬果汁食用水球成功率為 0%。

(八) 實驗 2-8：飲用水，pH 值=8.5

實驗結果：

反應時間	3-1 3min	3-2 3min	3-3 3min	5-1 5min	5-2 5min	5-3 5min	10-1 10min	10-2 10min	10-3 10min
成功與否	○	○	○	○	○	○	○	○	○

		
---	--	---

實驗討論：

1. 飲用水食用水球反應時間不論是 3 分鐘、5 分鐘或 10 分鐘成功率 100%。
2. 飲用水食用水球成功率為 100%。

(九) 結論：

表 7-4 不同飲品、不同反應時間成功率圖表

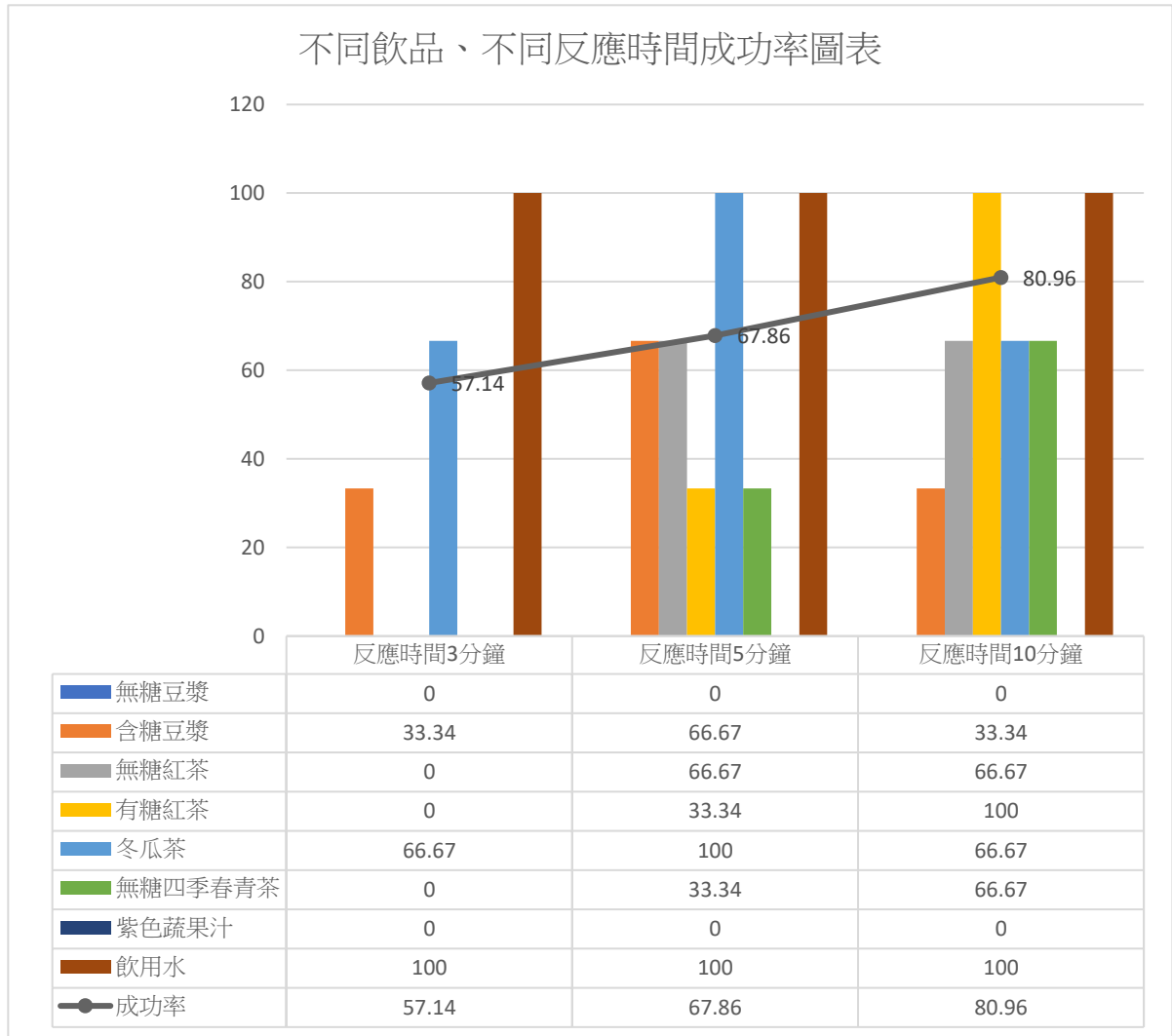
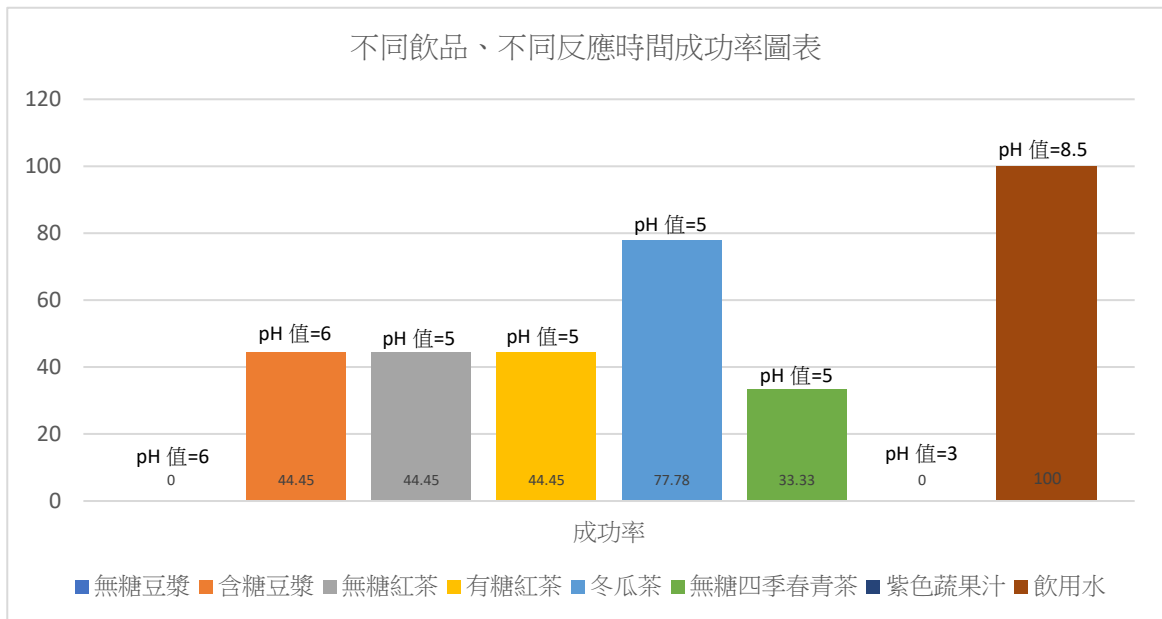


表 7-5 不同飲品成功率圖表



1. 紫色蔬果汁和無糖豆漿的成形比例是除了水之外飲品中最低的（0%），冬瓜茶的成形成功率是最高的（77.78%）。
2. 我們推論可能是因為冬瓜茶有糖份，而且 pH 值為 5，而其他的液體有些是無糖的，有些則是 pH 值低於 3.5，故成形率較低。
3. 我們從紫色蔬果汁的實驗和文獻中發現，如果 pH 值低於 3.5，故無法成形。
4. 實驗中發現泡沫會影響海藻酸鈉與乳酸鈣產生反應，故無法形成膜。
5. 含糖豆漿的成功率比無糖豆漿還要高。我們推論因為「糖份」的原因會影響海藻酸鈉與鈣離子的反應。此外，豆漿不論是否含糖，在攪拌的過程會產生泡沫導致實驗失敗，我們更改實驗流程，將混合好的豆漿靜置數小時，泡沫減少後再進行實驗。排除了泡沫的因素後，成功率依然很低。所以我們覺得豆漿不適合用來做為食用水球的飲品。
6. 紅茶不論是否含有糖份，成形成功率都相同。在這項飲品中，無法證實有無含糖會影響海藻酸鈉與鈣離子產生的反應。實驗中的反應時間 3 分鐘皆未能成形成功。

### 三、實驗三：設計實驗並探討食用水球可承受的重量。

實驗結果：

- (一) 實驗 2-1、2-7：無糖豆漿與紫色蔬果汁因未能成形無法實作此實驗。
- (二) 實驗 2-2：含糖豆漿

反應時間	3-2	5-1	5-3	10-1
	3min	5min	5min	10min
可承受重量	0g	0g	0g	0g

**實驗討論：**

1. 含糖豆漿食用水球在拿取的過程中都破掉。
2. 含糖豆漿食用水球無可承受重量。

- (三) 實驗 2-3：無糖紅茶

反應時間	5-2	5-3	10-1	10-3
	5min	5min	10min	10min
可承受重量	122g	58g	x	150g 以上

**實驗討論：**

1. 無糖紅茶食用水球 10-1 在拿取的過程中破掉，故無實驗三紀錄。
2. 反應時間 5 分鐘有成形的食球用水能承受 58 公克以上。
3. 反應時間 10 分鐘有成形的食球用水能承受 150 公克以上。



#### (四) 實驗 2-4：有糖紅茶

反應時間	5-3	10-1	10-2	10-3
	5min	10min	10min	10min
可承受重量	150g 以上	150g 以上	150g 以上	150g 以上

#### 實驗討論：

1. 在實驗中，有成形的水球都可以承受 150g 以上的重量。
2. 相較與無糖紅茶成形食用水球能承受的重量更重。

#### (五) 實驗 2-5：冬瓜茶

反應時間	3-2	3-3	5-1	5-2	5-3	10-1	10-3
	3min	3min	5min	5min	5min	10min	10min
可承受重量	150g 以上	150g 以上	78g	128g	150g 以上	150g 以上	x

#### 實驗討論：

1. 冬瓜茶食用水球 10-3 在拿取的過程中破掉，故無實驗三紀錄。
2. 實驗中，大部份有成形的水球可以承受 150 公克的重量。反應時間 3 分鐘有成形的食球用水都能承受 150 公克以上。5 分鐘有成形的食球用水能承受 78 公克以上。反應時間 10 分鐘有成形的食球用水能承受 150 公克以上。

#### (六) 實驗 2-6：無糖四季青茶

反應時間	5-2	10-1	10-2
	5min	10min	10min
可承受重量	77g	150g 以上	58g

#### 實驗討論：

1. 在實驗中有成形的食用水球皆可承受 58 公克以上的重量。
2. 食用水球在測試完承受重量的實驗後，用手拿起的過程皆直接破掉。我們認為無糖四季青茶食用水球的膜太薄。

(七) 實驗 2-7：飲用水

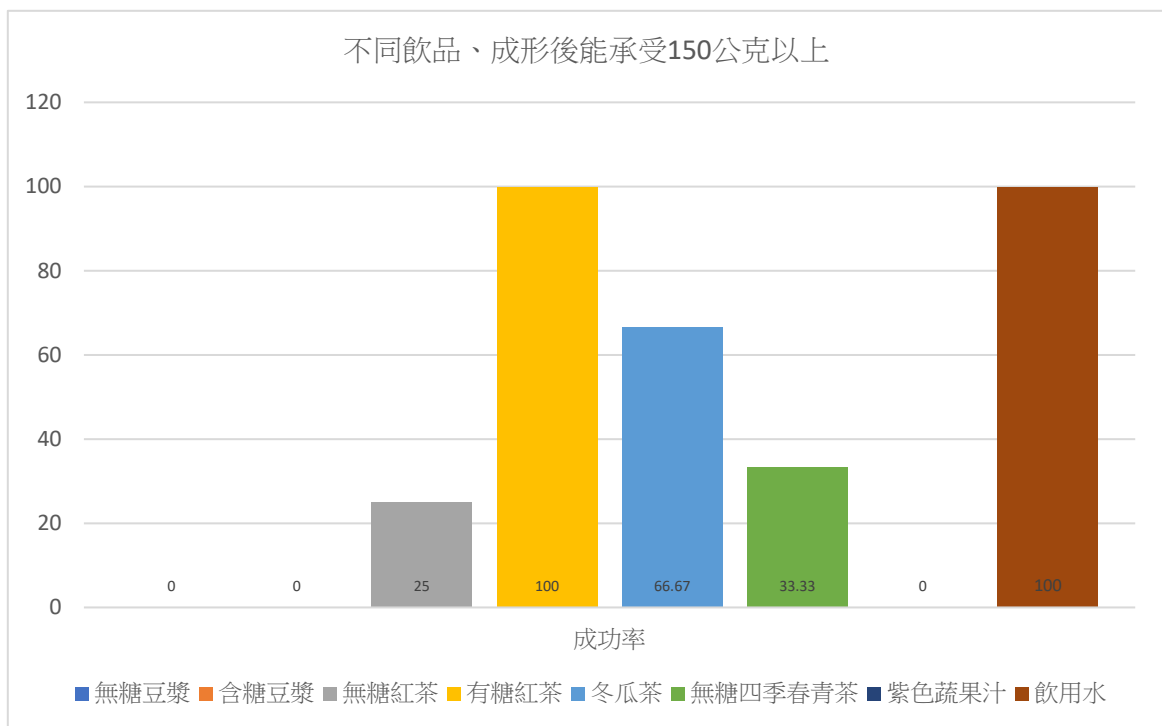
反應時間	3-1 3min	3-2 3min	3-3 3min	5-1 5min	5-2 5min	5-3 5min	10-1 10min	10-2 10min	10-3 10min
可承受重量	150g 以上	150g 以上	150g 以上	150g 以上	150g 以上	150g 以上	150g 以上	150g 以上	150g 以上

實驗討論：

在實驗中有成形的食用水球皆可承受 150 公克以上的重量。

(八) 結論：

表 7-6 不同飲品、成形後能承受 150 公克以上



1. 並非所有成功成形的食用水球都可以承受 150 公克以上的重量。
2. 食用水球「膜」的構成除了與反應時間相關，糖分有影響。由上表可發現，在有成形的食用水球有糖分的飲品可承受 150 公克以上的比例較高，都高於 66.67%；反之，無糖類飲品可承受 150 公克以上的比例則低於 33.33%。

## 捌、結論

- 一、假設：海藻酸鈉重量百分濃度為 0.7%，能穩定成形且口感接近水。  
結果：海藻酸鈉濃度為 0.6%，能穩定成形且口感接近水。  
說明：實驗一結果濃度 0.6%的飲用水成功率為 100%，且其他海藻酸鈉重量百分濃度成形成成功率未到 100%，所以選擇海藻酸鈉重量百分濃度 0.6%作為實驗二的控制變因。
- 二、假設：pH=3~pH=6 間的飲品，可讓食用水球穩定成形。  
結果：pH=3~pH=6 間的飲品，不一定能讓食用水球穩定成形。  
說明：無糖豆漿的 pH 值=6，但未能成形；紫色蔬果汁的 pH 值=3，也未能成形；且飲用水 pH 值=8.5，成形成成功率 100%。
- 三、假設：食用水球可承受的重量為 150g。  
結果：食用水球可承受的重量不一定到達 150g。  
說明：無糖四季春青茶食用水球可承受的重量皆未達到 150g。
- 四、反應時間愈長，食用水球的成功率愈高，再加上海藻酸鈉飲品的 pH 值在 5-8.5 之間且含糖飲品會讓食用水球的成功率越高。
- 五、我們發現海藻酸鈉重量百分濃度並非濃度越高越容易成功。在實驗中，濃度 0.55%及 0.6%的食用水球成功率皆比濃度 0.7%高。
- 六、海藻酸鈉重量百分比濃度 0.6%的飲用水食用水球成功率為 100%，我們嚐過以後，討論其口感發現，相較於純水，有些濃稠、且味道重。在加入不同口味的飲品後能讓海藻酸鈉的味道降低。同時發現飲品的香氣會大幅提升、更加美味。
- 七、食用水球「膜」的構成除了與反應時間相關，糖分有影響。由實驗發現，在有成形的食用水球有糖分的飲品可承受 150 公克以上的比例較高。

## 玖、參考資料及其他

- 一、令人驚奇的分子料理是這樣來的：食品科學中的晶球技術（上）  
<https://pansci.asia/archives/164992>
- 二、從炫技料理到可食用水球：食品科學中的晶球技術（下）  
<https://pansci.asia/archives/1650>
- 三、國立台中教育大學 NTCU 學教育與應用學系科學遊戲實驗室-化學粉圓與麵條  
<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-019.html>