

裝訂線

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學

組 別：國小組

作品名稱：水晶球的「膜」法 - 探討晶球化技術的特性及應用

關鍵詞：交連作用、正及反向晶球化作用、高分子聚合物

裝訂線

編號：A3032

裝訂線

摘要

本實驗在了解，改變不同比例濃度、浸泡時間、滴入方法和反向晶球的影響，我們分別做了，濃度對珍珠厚度的影響、時間對珍珠厚度的影響、滴法對珍珠形狀的影響、反向晶球化實驗和雙層晶球實驗，之後我們從反向晶球化實驗和雙層晶球實驗兩實驗中，因為做出來的形狀不如理想的完整，所以又另外做了，冰塊正向晶球實驗和冰塊反向晶球實驗，冰塊溶化後的溶液與可和海藻酸鈉或乳酸鈣反映，那麼球體就會較為完整，但為了讓分子珍珠的薄膜有更多作用，之後我們以分子珍珠的膜為主，做了薄膜的製作實驗和乾燥後的薄膜與透水性，在薄膜製作的實驗中，為了單獨做出薄膜，所以將乳酸鈣用噴霧的方式來加入，後來發現做好的薄膜具有不透水性，但希望其更接近塑膠的材質，於是我們決定將其烘乾，有了更成功的作品，但想更深入了解，便利用其他物質取代乳酸鈣或海藻酸鈉看看能否成功。

目錄

壹、研究動機	P.1
貳、研究目的	P.1
參、研究設備及器材	P.2
肆、研究過程或方法	P.4
伍、研究結果	P.13
陸、討論	P.28
柒、結論	P.29
捌、參考資料及其他	P.30

壹、研究動機

最近我們看到了一個影片，是利用分子料理中的晶球化作用來製作特殊的飲料。當時，心中有個疑問，分子料理到底是什麼？

於是我們開始閱讀有關分子珍珠的書籍，並且上網觀看相關影片，想進行更深入的了解。這時，我們才發現分子料理並不是像字面上的一樣複雜，輕易就能做出讓人驚豔的料理。我們就越看越有興趣，所以開始著手進行實驗，期待透過不同的原料調配出創新的分子珍珠。

貳、研究目的

一、探討並改變分子珍珠的製作方式

（一）正、反向晶球化的優點

（二）試著將水溶液製成冰塊來製作珍珠的影響

二、研究不同比例對珍珠厚度的影響

三、探討不同浸泡時間對珍珠厚度的影響

四、嘗試各種的滴法，觀察對形狀的影響

五、製作出薄膜，並研究它的各種性質

（一）薄膜的滲透

（二）乾燥後的薄膜

（三）薄膜的分解

六、試著用其他溶液來製作珍珠

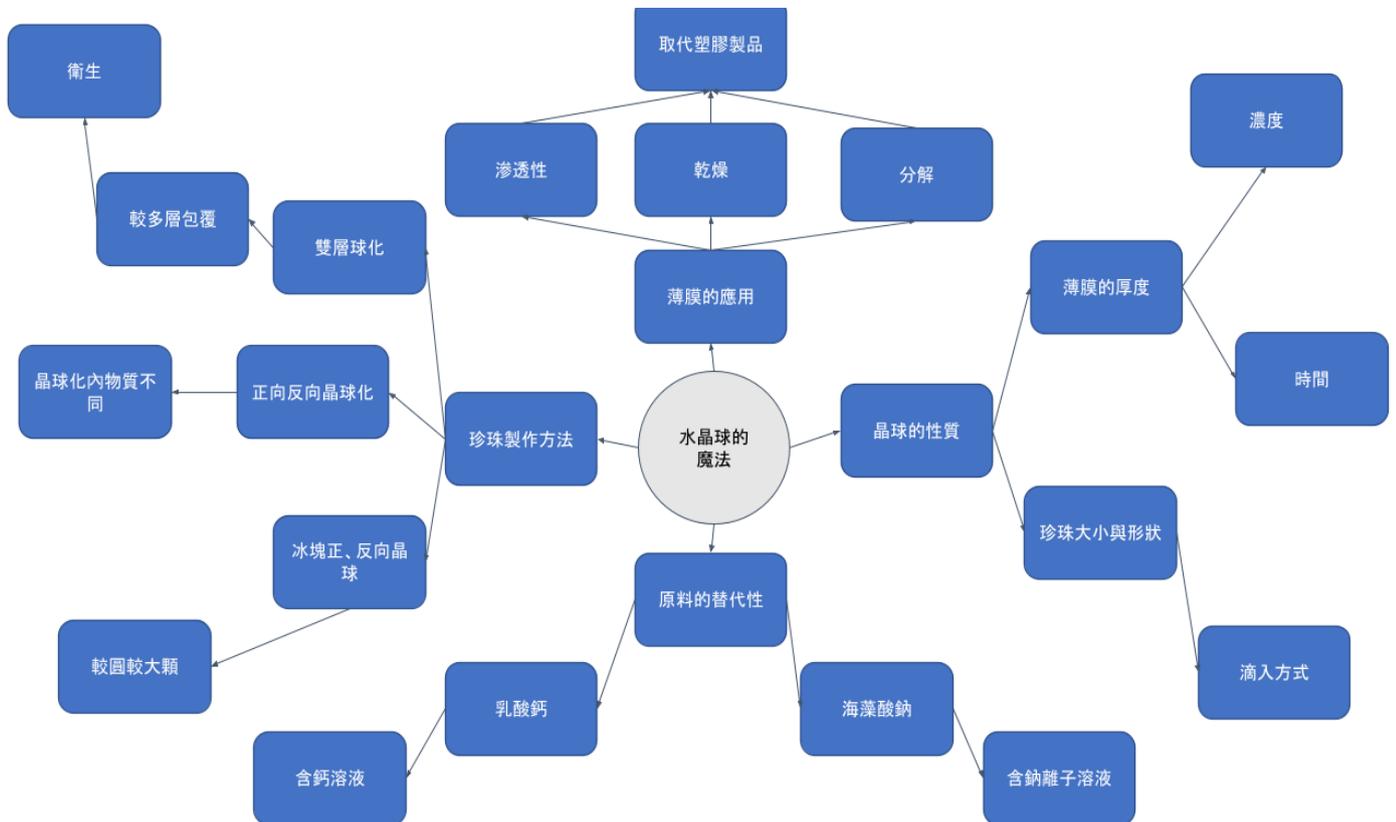
參、研究設備及器材

圖片			
名稱	滴管	燒杯	攪拌器
用途	滴入適量的溶液	調配溶液	混合溶液 粉狀物溶於水中
圖片			
名稱	電子秤	計時器	濾網
用途	計算重量	管理浸泡時間	攔截反應完的 分子珍珠
圖片			
名稱	鐵鍋	海藻酸鈉&乳酸鈣	漂白水
用途	清洗分子珍珠	基本材料	實驗中取代海藻酸鈉的溶液
圖片			
名稱	牛奶	小蘇打	食鹽
用途	實驗中取代乳酸鈣的溶液	實驗中取代海藻酸鈉的溶液	實驗中取代海藻酸鈉的溶液

圖 片			
名 稱	粉筆	吹風機	製冰盒
用 途	實驗中取代乳酸鈣的溶液	乾燥薄膜	製作海藻酸鈉溶液和乳酸鈣水溶液冰塊

肆、研究過程或方法

一、實驗架構圖



二、參考文獻

1.原料介紹

(1).海藻酸鈉

海藻酸鈉是來源於海帶、裙帶菜、巨藻等褐藻的細胞壁的一種天然多糖，由甘露糖醛酸（M）和古羅糖醛酸（G）隨機組合而成。它由英國科學家 E.C.Stanford 在 1881 年首次發現，1929 年在美國實現規模化生產，隨後很多已開發國家都開始生產海藻酸鈉，現在全球年產海藻酸鈉 5 萬噸以上，中國的產量是最大的，約占全球總量的 1/3。海藻酸鈉具有增稠、懸浮、乳化、保水、吸附等諸多性能，在食品、醫藥、化妝品、環保、農業等領域應用廣

泛，是全球產能最大的褐藻提取物，是海洋生物行業重要的材料基礎。海藻酸鈉也具有很多健康功效。海藻酸鈉是一種可以食用而又不被人體消化吸收的天然大分子多糖，是可溶性膳食纖維；它在胃腸道里具有吸水性、陽離子交換、凝膠、吸附等性能，具有多種保健功效。比如可以增加飽腹感，吸除油脂，健康減肥。加快胃腸蠕動，清除排毒，防治便秘。吸附排出重金屬（鉛、鎘、放射性元素等）。吸附排出膽固醇，調節血脂血壓水平。

(2).乳酸鈣

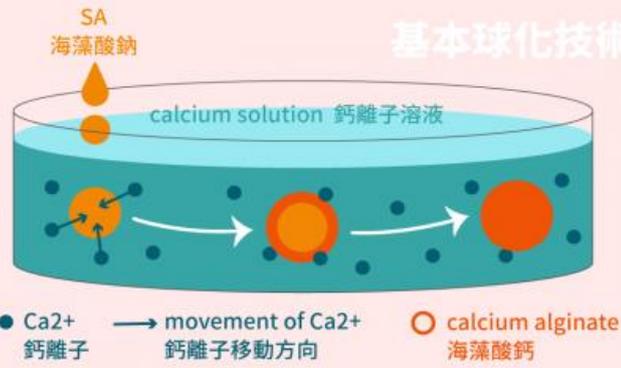
乳酸鈣是一種乳白色，幾乎無味的食品添加劑，源於乳酸，是細胞在低氧條件下嘗試產生能量時自然產生的化合物。它是通過用碳酸鈣或氫氧化鈣中和乳酸而生產的，最常用於穩定，增稠，調味，堅硬或發酵食品。乳酸鈣也可以添加到鈣補充劑或用於治療胃酸倒流，骨質流失，甲狀旁腺功能低下或某些肌肉疾病的藥物中。也可以將其添加到動物飼料中或用於處理水以使其適合人類食用。儘管其名稱相似，但乳酸鈣不含乳糖。因此，對乳糖不耐症的人來說是安全的。

2.原理

交連作用

當海藻酸鈉溶液滴入乳化的鈣溶液中，鈣離子會取代海藻酸鈉羧基上的鈉離子 (Na^+)，再結合另一醣醛酸分子上的羧基，形成離子架橋，這樣手拉手的結構，使海藻酸鈉分子間的聯結性更強，形成一個三度空間的網狀組織結構，像蛋盒一樣，也就是凝膠的形成，並可將內容物包裹於凝膠結構中，形成半透膜，於特定環境下將內容物釋出。

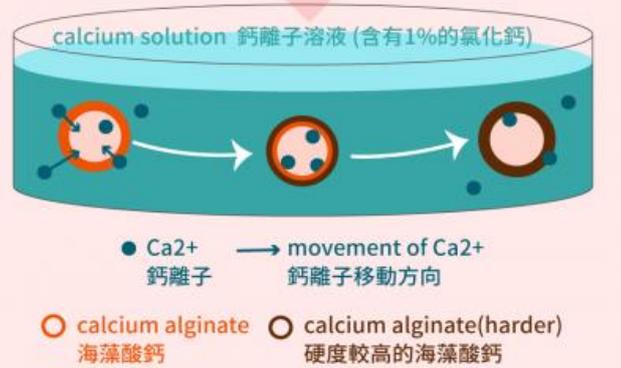
基本球化技術



反轉球化技術



二次凝膠球化技術



三、歷屆科展作品比較

(一) 鈣多晶球-----探討海藻酸鈉與鈣液交聯作用形成的晶球所具有的特性與應用

缺點: 進行反向晶球實驗時，海藻酸鈉和氯化鈣的溶液只有一種比例，因此無法斷定出反向無法製作出晶球；若有調整比例，也沒有將數據放上報告中

改善: 進行多種比例的實驗，進而推斷出最佳的比例

(二) 「膜」法亮晶「巾」----探討涼感巾，與自製半透膜涼感巾的差異

缺點: 此隊是一次倒入溶液來製作膜，會造成溶液混合不平均。

改善: 因此我們均使用噴霧器製作，讓作用面積達到一致。

(三) 吃我一顆水球-----探討無瓶水製造方式和性質檢測

缺點: 該隊將冰塊泡進海藻酸鈉水溶液，再泡進氯化鈣水溶液中，來形成薄膜，但因為冰塊處於融化狀態，因此海藻酸鈉水溶液會不容易沾染上去，增加實驗失敗的機率。

改善: 乳酸鈣水溶液無色無味，因此直接將乳酸鈣水溶液冰塊浸泡於海藻酸鈉水溶液就可以達到實驗效果了。

四、實驗步驟

(一) 研究時間對珍珠厚度的影響

1. 乳酸鈣以 2.4:100 的濃度溶入 500 毫升的水
2. 海藻酸鈉以 1.25:100 的濃度溶入 200 毫升的水
3. 將海藻酸鈉靜置，去除氣泡
4. 用滴管吸取 2 毫升海藻酸鈉溶液滴入乳酸鈣溶液
5. 分別浸泡 5、10、15、20、25 分鐘

6. 剖開珍珠，測量厚度

(二) 研究濃度對厚度的影響

1. 乳酸鈣以以上方法分別製作出比例為 1.6:100、4:100、3.2:100 三種濃度，溶入 500 毫升的水中，以設計不同濃度對厚度之影響。
2. 海藻酸鈉以以上方法分別製作出比例為 0.25:100、0.5:100、0.75:100 三種濃度，溶入 200 毫升的水中，以設計不同濃度對厚度之影響。
3. 將海藻酸鈉靜置，去除氣泡。
4. 將海藻酸鈉的 3 杯溶液分別滴入不同的乳酸鈣溶液中浸泡 10 分鐘。
5. 剖開珍珠，測量厚度。

(三) 滴法對形狀的影響

1. 一次將全數滴入

- (1) 乳酸鈣以 2.4:100 溶入 500 毫升的水
- (2) 海藻酸鈉以 1.25:100 溶入 200 毫升的水
- (3) 將海藻酸鈉靜置，去除氣泡
- (4) 吸取 2 毫升全部滴入乳酸鈣水溶液中
- (5) 與一次一滴對照形狀

2. 一次一滴，滴入水中

- (1) 乳酸鈣以 2.4:100 溶入 500 毫升的水
- (2) 海藻酸鈉以 1.25:100 溶入 200 毫升的水
- (3) 將海藻酸鈉靜置，去除氣泡
- (4) 吸取 2 毫升一次一滴入乳酸鈣水溶液中
- (5) 與一次將全數滴入對照形狀

(四) 反向晶球化實驗

1. 乳酸鈣以以上方法分別製作出比例為 3.2:100 濃度，溶入 200 毫升的水中。
2. 海藻酸鈉以以上方法分別製作出比例為 0.75:100 的濃度，溶入 200 毫升的水中。
3. 將海藻酸鈉靜置，去除氣泡。

4. 將乳酸鈣滴入海藻酸鈉溶液中。浸泡 10 分鐘剖開珍珠，測量厚度和(實驗二 相同比例相同時間之結果)作比較。

(五) 雙層晶球實驗

1. 海藻酸鈉以 1:100，乳酸鈣 2.5:100 溶入水中
2. 浸泡：對照組將海藻酸鈉溶液滴入乳酸鈣溶液中浸泡 15 分鐘。

實驗組將海藻酸鈉溶液滴入乳酸鈣溶液中浸泡 5 分鐘，再放入海藻酸鈉溶液中並順迅速撈起，外層附著海藻酸鈉溶液，再放回乳酸鈣溶液中浸泡 5 分鐘，重複三次。

3. 將兩顆分別剖開並記錄模的數量及厚度

(六) 冰塊正向晶球實驗

1. 乳酸鈣以以上方法製作出比例為 2.4:100 的濃度，溶入 200 毫升的水中。
2. 海藻酸鈉以以上方法分別製作出比例為 0.25:100 的溶液，溶入 200 毫升的水中。
3. 將海藻酸鈉靜置，去除氣泡。
4. 將海藻酸鈉倒入製冰盒並放入冷凍庫中，直到完全結凍。
5. 取出將其放入乳酸鈣溶液中
6. 浸泡 15 分鐘
7. 剖開珍珠，測量厚度及完整度
8. 和(實驗七、二)做比較

(七) 冰塊反向晶球實驗

1. 乳酸鈣以以上方法分別製作出比例為 2.4:100 濃度，溶入 200 毫升的水中。
2. 海藻酸鈉以以上方法分別製作出比例為
3. 0.25:100，溶入 200 毫升的水中。
4. 將乳酸鈣靜置，去除氣泡。
5. 將乳酸鈣溶液倒入製冰盒並放入冷凍庫中，直到完全結凍。
6. 取出將其放入海藻酸鈉溶液中

7. 浸泡 15 分鐘
8. 剖開珍珠，測量厚度及完整度
9. 和(實驗六、二)做比較

(八) 薄膜的製作

1. 乳酸鈣以以上方法製作出比例為 2.4:100，溶入 200 毫升的水中。
海藻酸鈉以以上方法分別製作出比例為 0.5:100，溶入 200 毫升的水中。
2. 將海藻酸鈉靜置，去除氣泡。
3. 將海藻酸鈉溶液均勻地倒入淺盤中。
4. 將乳酸鈣均勻地用噴霧器噴灑於海藻酸鈉溶液表面
5. 靜置 6 分鐘
6. 將薄膜周圍多餘的溶液瀝乾

(九) 乾燥後的薄膜與透水性

1. 接續上一個實驗，將薄膜用吹風機吹至完全乾燥
2. 測量潮溼與乾燥後的薄膜透水性

(十) 薄膜的分解

1. 將乾燥與潮溼的兩片薄膜放在花圃裡
2. 觀察薄膜分解的情形

(十一) 使用其他溶液代替乳酸鈣

1. 牛奶

- (1)依上方步驟製作出濃度為 0.5:100 的海藻酸鈉水溶液
- (2)將海藻酸鈉水溶液滴入牛奶裡(正向)
- (3)將牛奶滴入海藻酸鈉水溶液裡(反向)

(4)觀察是否有薄膜，並跟(實驗一)比較

2.粉筆灰水

(1)依上方步驟製作出濃度為 0.5:100 的海藻酸鈉水溶液

(2)將海藻酸鈉水溶液滴入粉筆灰水裡(正向)

(3)將粉筆灰水滴入海藻酸鈉水溶液裡(反向)

(4)觀察是否有薄膜，並跟(實驗一)比較

(十二) 使用其他溶液取代海藻酸鈉

1.漂白水溶液

(1)依上方步驟製作出濃度為 2.4:100 的乳酸鈣水溶液

(2)將乳酸鈣水溶液滴入漂白水溶液裡(正向)

(3)將乳酸鈣水溶液滴入漂白水溶液裡(反向)

(4)觀察是否有薄膜，並跟(實驗一)比較

2.食鹽水溶液

(1)依上方步驟製作出濃度為 2.4:100 的乳酸鈣水溶液

(2)將乳酸鈣水溶液滴入食鹽水溶液裡(正向)

(3)將乳酸鈣水溶液滴入食鹽水溶液裡(反向)

(4)觀察是否有薄膜，並跟(實驗一)比較

3.小蘇打水溶液

(1)依上方步驟製作出濃度為 2.4:100 的乳酸鈣水溶液

(2)將乳酸鈣水溶液滴入小蘇打水溶液裡(正向)

(3)將乳酸水溶液滴入小蘇打水溶液裡(反向)

(4)觀察是否有薄膜，並跟(實驗一)比較

伍、研究結果

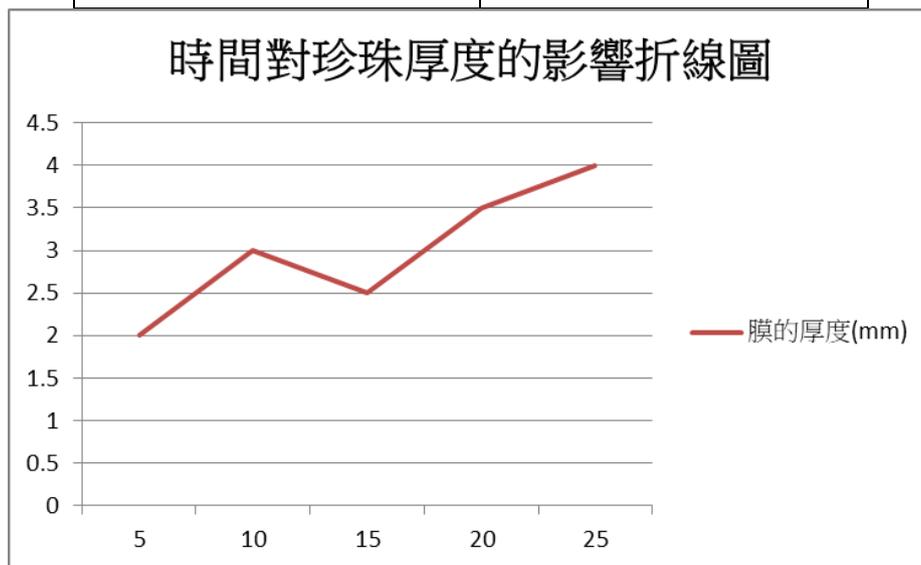
一、實驗一：研究時間對珍珠厚度的影響

(一) 實驗目的：浸泡時間對珍珠厚度的影響實驗。

(二) 控制變因：乳酸鈣和海藻酸鈉水溶液濃度、滴入方式、珍珠大小

(三) 實驗記錄:

(四) 浸泡時間 (min)	厚度(mm)
5	2
10	3
15	2.5
20	3.5
25	4



(五) 小結

1. 浸泡時間 5-15 分鐘內，以浸泡十分鐘後度表現最佳。
2. 浸泡時間 15-25 分鐘，珍珠浸泡時間越長，珍珠厚度越厚。

二、實驗二：濃度對厚度的影響。

(一) 操作變因：乳酸鈣和海藻酸鈉水溶液濃度

(二) 控制變因：滴入方式、珍珠大小、浸泡時間

(三) 實驗記錄：

1. 1.6 公克的乳酸鈣將海藻酸鈉和乳酸鈣分別溶入 100ml 的水中

實驗 次數	濃度 珍珠厚度	海藻酸鈉(公克)		
		0.5 公克	0.625 公克	0.75 公克
1		0.1	0.1	0.15
2		0.15	0.15	0.1
3		0.1	0.1	0.1
4		0.05	0.1	0.15
5		0.15	0.15	0.1
6		0.1	0.15	0.15
7		0.05	0.1	0.15
8		0.15	0.05	0.1
9		0.1	0.15	0.1
10		0.1	0.1	0.15
平均 (cm)		0.105	0.115	0.125

2. 2.4 公克的乳酸鈣將海藻酸鈉和乳酸鈣分別溶入 100ml 的水中

濃度 珍珠厚度		海藻酸鈉(公克)		
		0.5 公克	0.625 公克	0.75 公克
實驗次數				
1		0.1	0.1	0.2
2		0.1	0.1	0.1
3		0.1	0.15	0.15
4		0.15	0.2	0.1
5		0.15	0.1	0.15
6		0.1	0.15	0.2
7		0.1	0.1	0.1
8		0.15	0.15	0.15
9		0.1	0.1	0.1
10		0.1	0.15	0.15
平均 cm		0.115	0.13	0.14

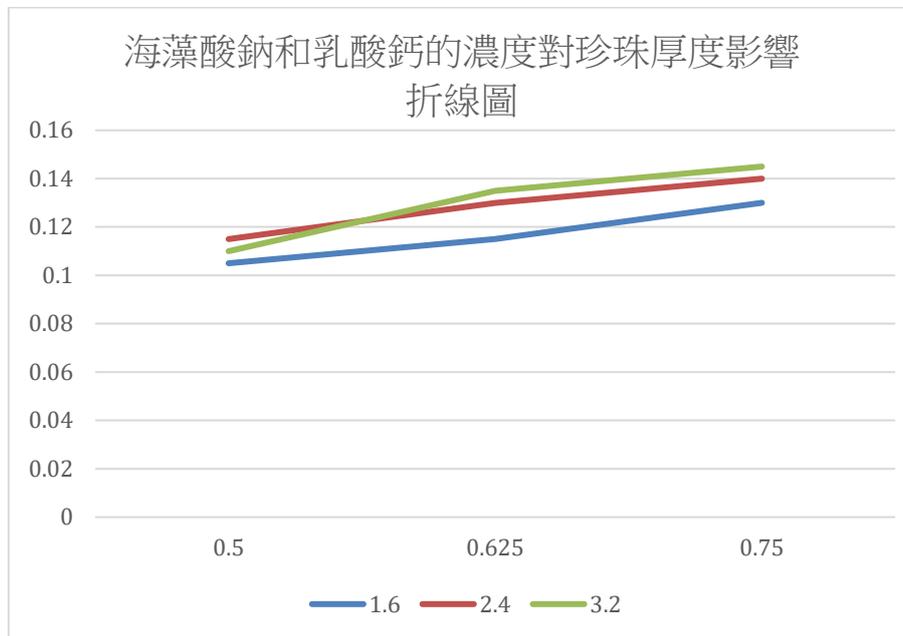
3. 3.2 公克的乳酸鈣將海藻酸鈉和乳酸鈣分別溶入 100ml 的水中

濃度 珍珠厚度		海藻酸鈉 (公克)		
		0.5 公克	0.625 公克	0.75 公克
實驗次數				
1		0.15	0.2	0.2
2		0.1	0.2	0.1
3		0.1	0.1	0.1
4		0.1	0.15	0.15
5		0.1	0.2	0.15
6		0.05	0.1	0.1
7		0.1	0.15	0.2
8		0.15	0.1	0.1
9		0.1	0.05	0.15
10		0.15	0.1	0.2

平均 cm	0.11	0.135	0.145
-------	------	-------	-------

4. 統計珍珠厚度之平均值將海藻酸鈉和乳酸鈣分別溶入 100ml 的水中

海藻酸鈉 g \ 乳酸鈣 g	0.5	0.625	0.75
1.6	0.105	0.115	0.13
2.4	0.115	0.13	0.14
3.2	0.11	0.135	0.145



(四) 小結

1. 海藻酸鈉 0.75 克加上乳酸鈣 3.2 克製造出珍珠膜 0.145 為最厚。
2. 海藻酸鈉 0.75 克加上乳酸鈣 2.4 克製造出珍珠膜 0.145 為第二厚。
3. 海藻酸鈉 0.625 克加上乳酸鈣 3.2 克製造出珍珠膜 0.145 為第三厚。

三、實驗三：滴法對形狀的影響

(一) 操作變因：滴入式

(二) 控制變因：珍珠大小、浸泡時間、鈣和海藻酸鈉水溶液濃度

(三) 實驗記錄

1. 一次將全數滴入

	
高處：外型較細長	低處：外形不規則
	
水面：一坨狀物體	水中：水滴狀外形

2. 一次一滴，滴入水中

	
高處：圓型	低處：接近圓型
	
水面：水滴狀	水中：類似葡萄串

(四) 小結

1. 一次將全數滴入時在高處 5 公分滴入形狀呈現細長型，在低處 2 公分滴入形狀呈現不規則形。
2. 一次將全數滴入時在水面滴入形狀成一坨狀物體，在水中滴入形狀呈現水滴狀外形。
3. 一次一滴，滴入水中時在高處 5 公分滴入形狀呈現圓型，在低處 2 公分滴入形狀接近圓形。

4. 一次一滴，在水面滴入時形狀呈現數滴狀，在水中滴入形狀類似葡萄串。

四、實驗四：反向晶球化實驗

(一) 操作變因：將乳酸鈣滴入海藻酸鈉水溶液

(二) 控制變因：滴入方式、珍珠大小、浸泡時間

(三) 實驗記錄



上圖: 將乳酸鈣滴入海藻酸鈉

實驗 次數	正、反向	反向	正向
	珍珠厚度		
1		0.175	0.2
2		0.15	0.1
3		0.175	0.1
4		0.175	0.15
5		0.15	0.15
6		0.15	0.1
7		0.125	0.2
8		0.15	0.1
9		0.15	0.15
10		0.175	0.2
	平均 cm	0.1575	0.145

(四) 小結

1. 實驗結果和正向晶球相同，但球內容物不同。
2. 平均反向較正向的薄膜厚。

五、實驗五：雙層晶球實驗

(一) 操作變因：其中一顆反覆浸泡二種溶液

(二) 控制變因：乳酸鈣和海藻酸鈉水溶液濃度 滴入方式 珍珠大小浸泡時間

(三) 實驗記錄

	對照組 共 1 層		實驗組 共 3 層
第一層	第一層	第二層	第三層
厚度:1mm	厚度:1mm	厚度:1mm	厚度:1mm
總厚度:1mm	總厚度:3mm		

(四) 小結

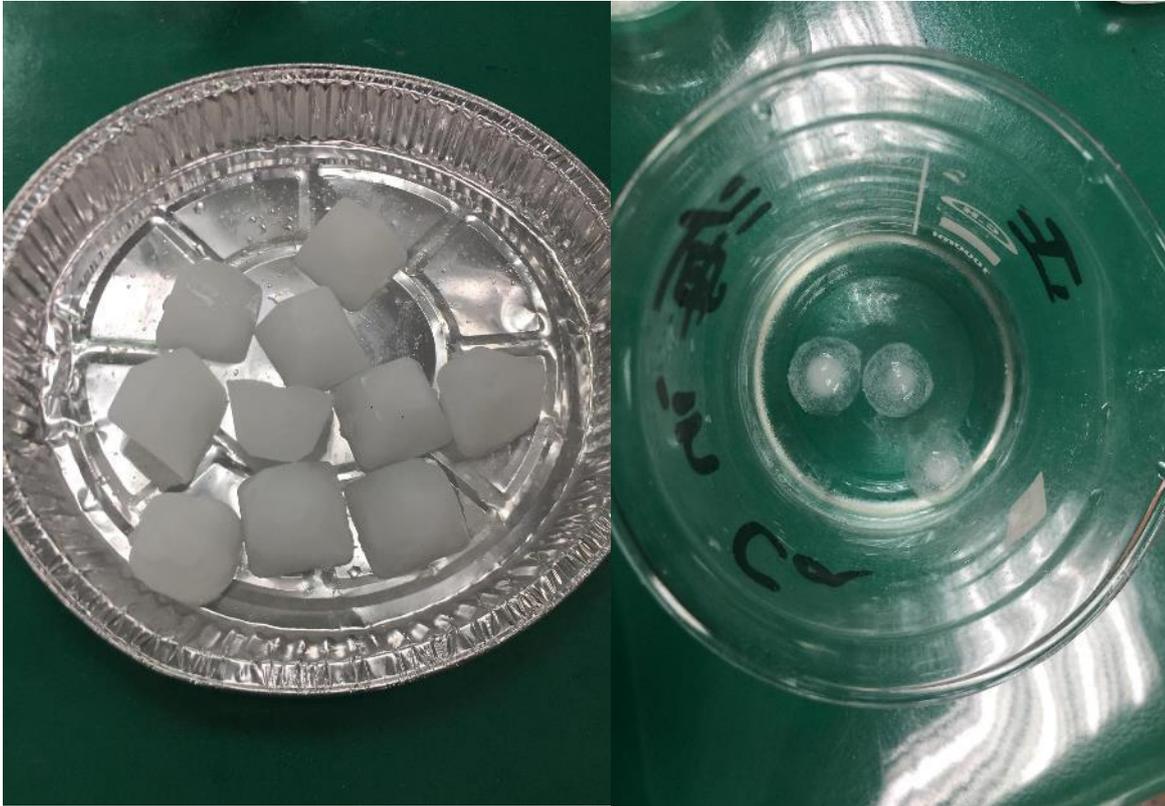
1. 使用雙層球化技術可增加分子珍珠外層薄膜的數量來保持球內的衛生。

六、實驗六：冰塊正向晶球實驗

(一) 操作變因：海藻酸鈉浸泡在乳酸鈣中的時間

(二) 控制變因：放入方式、海藻酸鈉溶液冰塊大小、海藻酸鈉及乳酸鈣的濃度

(三) 實驗記錄



結凍後的海藻酸鈉(左圖)

冰塊正向晶球(右圖)

(四) 小結

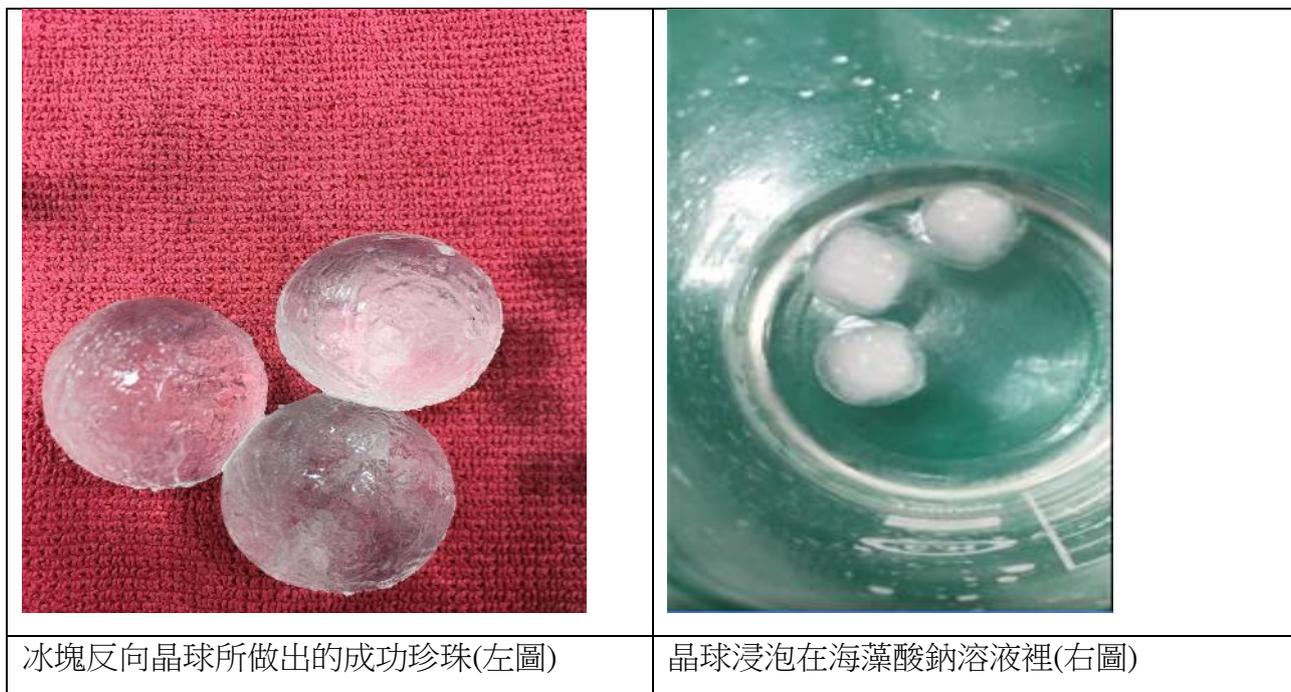
- 1.用冰塊的方式做起來有較為完整的圓和完整包覆的膜
- 2.因冰塊有氣孔，所以膜上會呈現粗糙的質地，並且珍珠裡會有氣泡

七、實驗七：冰塊反向晶球實驗

(一) 操作變因：乳酸鈣浸泡在海藻酸鈉中的時間

(二) 控制變因：放入方式、海藻酸鈉溶液冰塊大小、海藻酸鈉及乳酸鈣的濃度

(三) 實驗記錄



(四) 小結

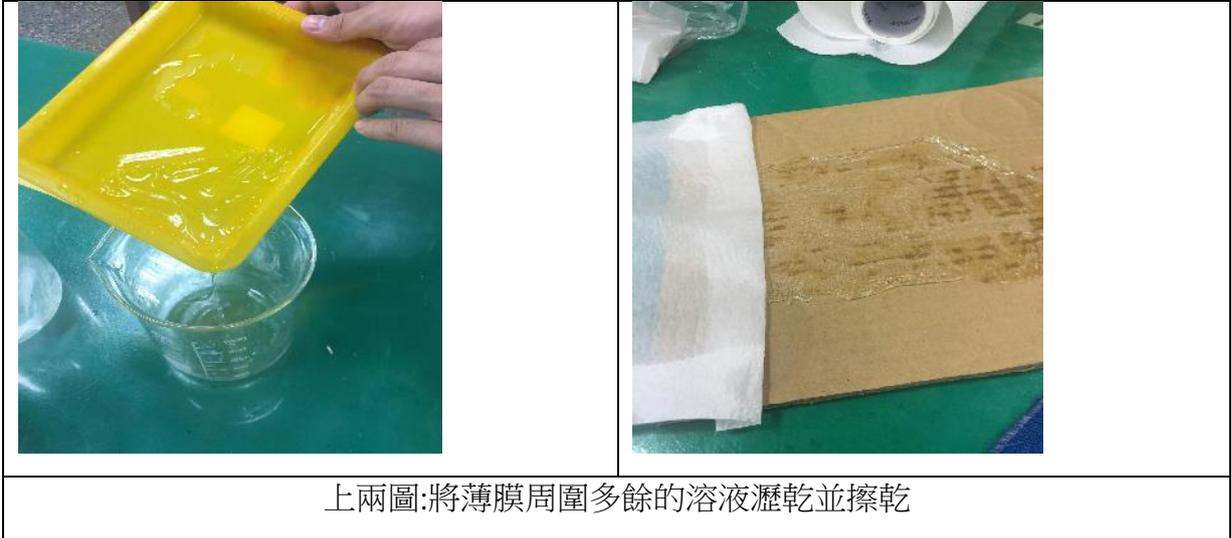
1. 冰塊反向晶球所做出的珍珠非常完整，我們認為是實驗裡做得最好的成品
2. 珍珠裡的内容物也跟正向實驗的相反
3. 晶球裡的乳酸鈣水溶液無色無味，可直接食用，較海藻酸鈉接受度較高。

八、實驗八：薄膜的製作

(一) 操作變因：製作珍珠方式

(二) 控制變因：乳酸鈣和海藻酸鈉濃度、浸泡時間

(三) 實驗記錄



小結：

1. 製作薄膜時務必將乳酸鈣噴灑均勻，讓每一面都均勻季泡到乳酸鈣，浸泡到完全凝結。
2. 在瀝乾水分時務必小心，避免破掉。

九、實驗九：乾燥後的膜與透水性

(一) 操作變因：是否乾燥

(二) 控制變因：乳酸鈣和海藻酸鈉濃度、浸泡時間

(三) 實驗記錄：



將薄膜用吹風機吹至完全乾燥(左圖)



會形成類似塑膠袋的物質(右圖)



(左圖)將薄膜覆蓋在量杯上



乾燥後的膜和未乾燥的膜進行滲透性的比較，未乾燥的膜和已乾燥的膜皆不透水(右圖)

(四) 小結論

1. 乾燥後雖然能做出類似塑膠的物質，但是該物質不具有彈性。
2. 未乾燥的膜和已乾燥的膜皆不透水。
3. 在瀝乾水分及吹乾時務必小心，避免破掉，吹乾時避免溫度過高以免產生皺摺。

十、實驗十:膜的分解

(一) 操作變因：是否乾燥

(二) 控制變因：乳酸鈣和海藻酸鈉濃度、放置時間、放置地點

(三) 實驗記錄：



(左圖)我們意外做出來發霉的珍珠薄膜。



膜
有
稍
微
變
色

(四) 小結：

1. 我們因為實驗時間不足，因此等不到薄膜完全分解，圖中的膜只有稍微變色而已。

十一、實驗十一:利用其他物質取代乳酸鈣

(一) 操作變因：取代乳酸鈣的溶液

(二) 控制變因：滴入方法、海藻酸鈉的濃度

(三) 實驗記錄

圖片紀錄		
水溶液名稱	粉筆灰溶液	牛奶溶液
正向	無法形成	形成薄膜，不成球狀
反向	無法形成	形成薄膜，不成球狀

(四) 小結

1. 實驗溶液中，只有牛奶可以替代乳酸鈣。
2. 因此我們判斷原因是因為粉筆灰只是融化在水中，並沒有所謂的融解，因此無法進行交連作用。

十二、實驗十二:利用其他物質取代海藻酸鈉

(一) 操作變因：取代海藻酸鈉的溶液

(二) 控制變因：滴入方法、乳酸鈣水濃度

(三) 實驗記錄

<p>圖片紀錄</p>			
<p>水溶液名稱</p>	<p>漂白水溶液</p>	<p>食鹽水溶液</p>	<p>小蘇打水溶液</p>
<p>正向</p>	<p>無法形成</p>	<p>無法形成</p>	<p>無法形成</p>
<p>反向</p>	<p>無法形成</p>	<p>無法形成</p>	<p>無法形成</p>

(四) 小結

1. 實驗的溶液中，三種溶液皆無法代替海藻酸鈉。
2. 推測可能是實驗失敗，或是溶液的比例沒調好，會造成此結果。

陸、討論

- 一、在實驗的過程中，我們發現有些網路上的影片乳酸鈣濃度太稀，海藻酸鈉的濃度太濃因此我們經過多次測驗有重新調整過濃度。
- 二、在時間實驗(實驗一)時，實驗的結果的數值有明顯的落差。因此推測是實驗次數太少以導致平均值不準確。
- 三、在一開始時，常因一不注意就將器材重複使用在不同的溶液中，改變到了實驗的準確性，因此我們只好全部重新制作溶液，浪費了許多時間。
- 四、在(實驗一、二)時，使用湯匙製作珍珠的結果不如預期，最後討論後改為使用滴管一次滴入來製作大顆的珍珠。
- 五、實驗初期，我們原本使用果汁來製作，但結果一直不如預期。因果汁的內容物可能會影響到實驗變應，因此改用水來製作實驗將對結果影響降至最低。
- 六、我們認為分子珍珠這項技術發展可期，它可以取代普通的包裝水外層的塑膠包裝，將使用後容易造成環境的污染降至零，也可以拿來製作食物包裝袋、保鮮膜、塑膠袋.....等等塑膠產品，並且有可分解、價格便宜等許多優點。接下來只要掌握到大量量產製成，並加推廣，無塑的世界就指日可待了。

柒、結論

一、 探討並改變分子珍珠的製作方式

(一) 反向晶球的實驗結果與正向晶球相同，但吃起來不會像正向晶球化一樣有黏稠感，是製作分子珍珠最好的方法。

(二) 使用雙層晶球化技術，讓珍珠反覆浸泡兩種溶液，製作出多層的薄膜來確保晶球內的品質。

(三) 冰塊反向晶球是所有實驗裡面完整度最好的，因為冰塊反向晶球化所以吃起來不會向正向晶球一樣有黏稠感。

二、 海藻酸鈉溶液的濃度越濃，珍珠所形成膜的厚度越厚；

乳酸鈣溶液的濃度越濃，珍珠所形成膜的厚度越厚。

三、 海藻酸鈉溶液浸泡在乳酸鈣溶液的時間越久，珍珠膜的厚度就會越厚；浸泡時間越短，珍珠膜的厚度就會越薄。

四、 滴法對形狀的影響

(一) 一次全數滴完時高度越高越接近細長型，越接近水面形狀越接近不規則型；一次一滴滴入時越高處滴呈現圓型，越接近水面形狀接近圓形。

(二) 一次全數滴完時在水面滴成一坨狀物體，在水中滴入形狀呈現水滴狀外形；一次一滴滴入時在水面滴入呈現數滴狀，在水中滴入形狀類似葡萄串。

五、 製作出薄膜，並研究它的各種性質

(一) 未乾燥的薄膜有不透水性，可用來製作保鮮膜。

(二) 乾燥後的薄膜質地跟塑膠相似，一樣具有不透水性，但不具有彈性。

(三) 珍珠的薄膜在無人影響之下再大約五天時會長出黴菌，慢慢地分解掉。

六、 試著用其他溶液來製作珍珠

(一) 實驗溶液中，只有牛奶可以替代乳酸鈣，因此我們判斷原因是因為粉筆灰只是融化在水中，並沒有所謂的融解，因此無法進行交連作用。

(二) 實驗的溶液中，三種溶液皆無法代替海藻酸鈉，推測可能是實驗失敗，或是溶液的比例沒調好，會造成此結果。

捌、參考資料及其他

網站:

1. notpla 公司(2021 年 2 月 3 日)網址:<https://www.notpla.com>
2. 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）(2021 年 2 月 3 日)
網址:<https://pansci.asia/archives/164992>
3. 從炫技料理到可食用水球：食品科學中的晶球技術（下）(2021 年 2 月 3 日)
網址:<https://pansci.asia/archives/165006>
4. 奶茶裡的爆爆珠居然是分子料理！來看製作過程(2021 年 2 月 3 日)
網址:https://www.luow.com/dc_tw/201184366
5. 權威解讀：全面解答海藻酸鈉究竟是什麼(2021 年 2 月 3 日)
網址:<https://kknews.cc/news/mmexy6g.html>
6. healthline 網站(2021 年 2 月 3 日) 網址:<https://www.healthline.com/search?q1=Calcium%20lactate>

影片:

1. 用天然蔬果做爆漿珍珠，爆爆珠在口中炸開的美味真的太驚艷啦！爆漿珍珠做法大公開！
(2021 年 1 月 30 日)
網址:https://www.youtube.com/watch?v=tuDK4EbBC_s&feature=youtu.be(2021 年 1 月 30 日)
2. 家中自製巨型爆漿分子料理【LIS 實驗室】(2021 年 1 月 30 日)
網址:<https://www.youtube.com/watch?v=dQ9QIHdQqI>
3. 吃不飽？味道奇怪？分子料理原來是這個意(2021 年 1 月 30 日)
網址:https://www.youtube.com/watch?v=h_LEgQjHz5s

其他科展作品:

1. 鈣多晶球
網址:<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-080204.pdf>
2. 這"膜"厲害~探討海藻酸鈉水球保存及包覆的種種特性~
網址:<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-030202.pdf>
3. Ooho! 「內」個「膜」法—凝膠薄膜性質之探討
網址:<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-050207.pdf>
4. 吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測
網址:<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080201.pdf>