

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

第三名

080221

探囊取水—探討雙層膜水膠囊的製作方法、保存方法與各項測試

學校名稱：臺北市大安區仁愛國民小學

作者： 小六 蔡沛穎 小六 周宥妍 小六 邢 皓	指導老師： 陳芬芳
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：海藻酸鈉、交聯作用、水膠囊

摘要

本研究針對製作水膠囊的方法做測試，突破 Ooho 的作法，**建立最佳雙層膜水膠囊的製作模式**，並歸納出**製作雙層膜水膠囊的理想濃度為 0.5~3.0%的海藻酸鈉水溶液與 0.8%、1.0%的氯化鈣水溶液**組合。如果**浸泡在 0.2%氯化鈣水溶液中並冷藏來保存 10 天**，水分的流失率只有 6.8%，且不易破裂。至於耐力測試，以 1.0%的海藻酸鈉水溶液所製造出的**雙層膜水膠囊在耐重力 478.2 gw、耐拉力 212 gw 及耐摔力 16.8 cm 測試中表現最佳**。**囊膜分解觀察結果**，囊膜面積經過 30 天，在空氣中**可分解至僅剩 3.7%**，**既不占空間又環保**。至於水質測試，**雙層膜水膠囊水的 pH 值、總硬度、TDS 測試都符合飲用水質標準**，大眾可以安心食用。最後飲料膠囊的成功開發，更可以提高大眾接受度，達到環保減塑目標。

壹、研究動機

在校園中，老師一再強調塑膠瓶對地球已造成危害（用埋的則需要 450 年的時間才得以分解），老師也一直教導我們要減塑愛地球（康軒教科書六下第三單元生物與環境），然而在**人類登入火星時代的來臨**（臺灣網路科教館）「減塑愛火星」似乎也是必要的，想到這讓我對減少瓶裝水的研究產生了很大的興趣。

當我們在網路上看到關於「Ooho」的新聞，這種水球是由英國三名大學生所發明的喝水新方法。他們**利用海藻酸鈉與鈣離子交聯作用產生薄膜，如同寶特瓶的包裝概念**，可以整顆吞下，一點垃圾都沒有。可是經過了幾年的時間（吃我一顆水球、一命 OOHOO 呼-薄膜厚度的探討等研究），**因為含水量不多、攜帶不易、衛生疑慮與有點腥味**（環保水球-Ooho、探討塑膠與 Ooho 的新出現），只有在倫敦半馬馬拉松實際應用過，**仍未看到此產品在臺灣上市**，所以我們就投入了雙層膜水膠囊的研究，**探討保護力更好的膜層，水含量保存更多更久的方法，確認合格的水質及開發飲料膠囊**，希望讓產品得以量產推廣，好為地球或以後登上火星時盡一份心力。

貳、研究目的

為了提高水膠囊的**含水量、可攜帶性、解除衛生疑慮與增加實用性**，我們著力在**雙層膜水膠囊的製作、保存、安全性檢驗與開發新口味**，因此本研究目的有六點如下：

- 一、探討含水量高的雙層膜水膠囊製作方法
- 二、研究雙層膜水膠囊的保存方法與保存期間的水質變化

- 三、探討不同濃度組合雙層膜水膠囊的耐重力、耐拉力與耐摔力
- 四、研究雙層膜水膠囊囊膜的分解比較
- 五、探討不同濃度組合的雙層膜水膠囊水質測試
- 六、研究飲料膠囊的製作方式

參、文獻探討

一、Ooho（可以吃的水）如右圖

英國有 3 位學生 (Rodrigo García González、Pierre Paslier 和 Guillaume Couche) 他們製作了 100% 無污染、環保且可以吃的「水球」 Ooho。圓潤的外型、不少人看到成品後發出的讚嘆聲，再加上法文中 O (eau) 具有水的含意，因此將之命名為 Ooho。由於它的成分可供食用，因此可直接



將整顆球放進口中。若對外膜有衛生疑慮，也可選擇撕下外膜再飲用。由於這種外膜環保無害，具備生物可分解性，即便將之隨意丟棄，它也會在 4~6 週內自然分解，不會對環境造成威脅。

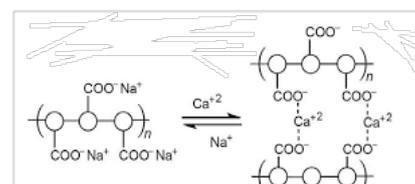
二、海藻酸鈉(Alginic acid) 如右圖

海藻酸鈉為天然多醣體且具有微溶於水的特性，通常都是將海藻酸鈉經過二價陽離子的鈣、鋇、鋇等金屬陽離子進行反應，使海藻酸鈉轉變成不易溶於水的緻密膠體結構，其合成製品更加有穩定性、溶解性、黏性和安全性，其外觀為白色和淡黃色粉末，幾乎無臭、無毒、無味。



三、交聯作用(Cross-linking) 如右圖

當海藻酸鈉水溶液浸置在氯化鈣水溶液中，二價陽離子鈣離子會取代鈉離子，成為海藻酸鈣，並且抓住海藻酸鈉分子之間的羧酸離子，使得分子間的聯結性更強，此交聯作用使分子更為固定而形成薄膜。

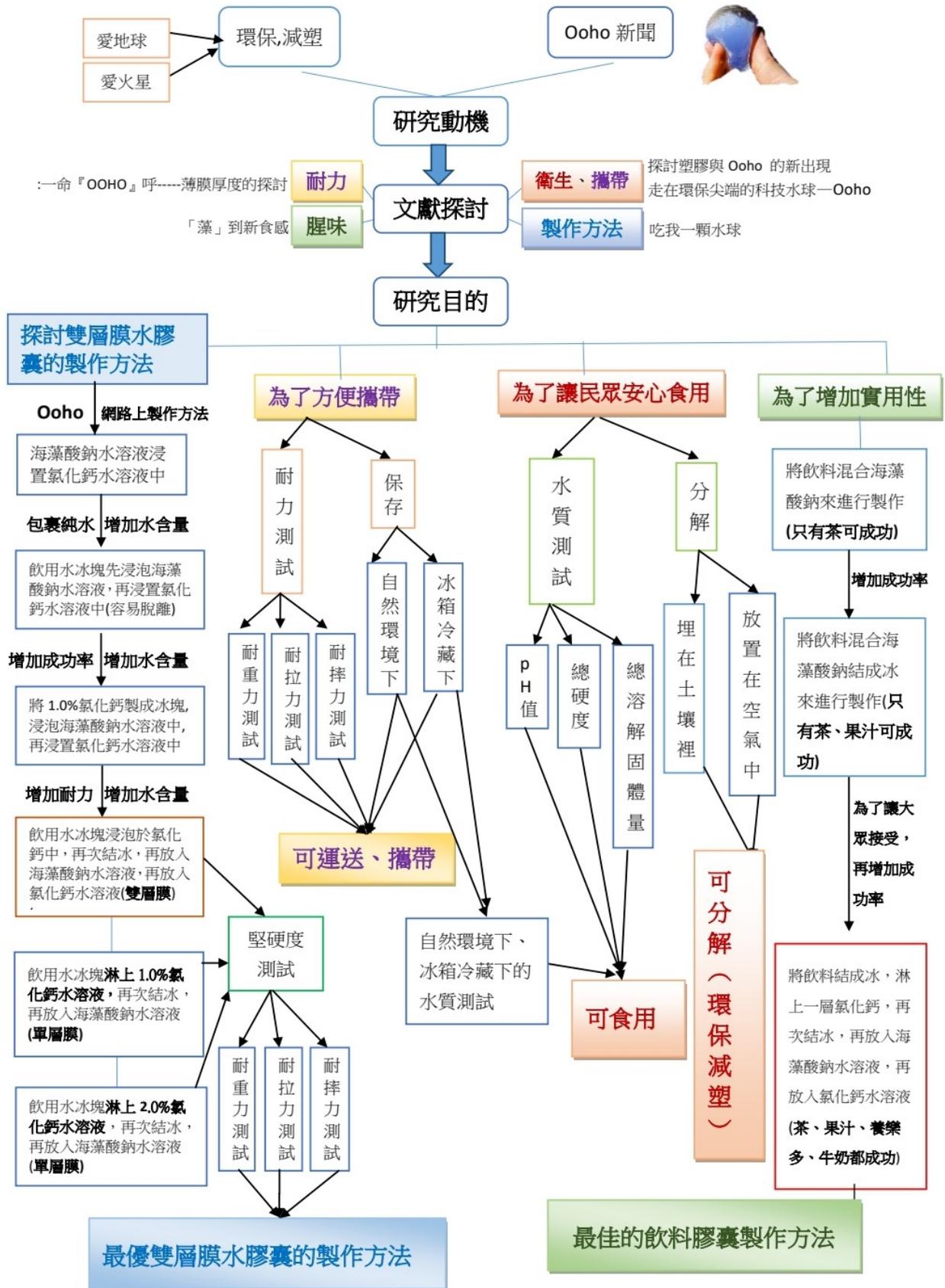


資料來源：NTCU 科學遊戲 Lab

四、總溶解固體量(Total Dissolved Solids)

總溶解固體量簡稱 TDS，單位為 (mg/L)，用以表示溶解於水中物質的總含量，包括碳酸氫根離子、氯鹽、硫酸鹽、鉀、鈉、鈣、鎂，是檢測水質的方法之一，TDS 值越大，代表水中含有的雜質越多。依據「飲用水水質標準」第三條總溶解固體量不得超過 500ppm，為水質適飲性的標準。純水的 TDS 為 0，RO 水為 10~20ppm，50ppm 以下可以生飲。

肆、架構圖



伍、研究設備及器材

器材：燒杯、器皿、攪拌棒、湯勺、碼錶、電子秤、牙籤、尺、鐵盤、冰箱、廣用試紙、砝碼、彈簧秤、木夾、製冰盒、試管、肥皂、pH 值測試筆、TBS 總硬度測試劑、TDS 總溶解固體量測試筆

材料：海藻酸鈉、氯化鈣、飲用水、柳橙汁、牛奶、綠茶、養樂多

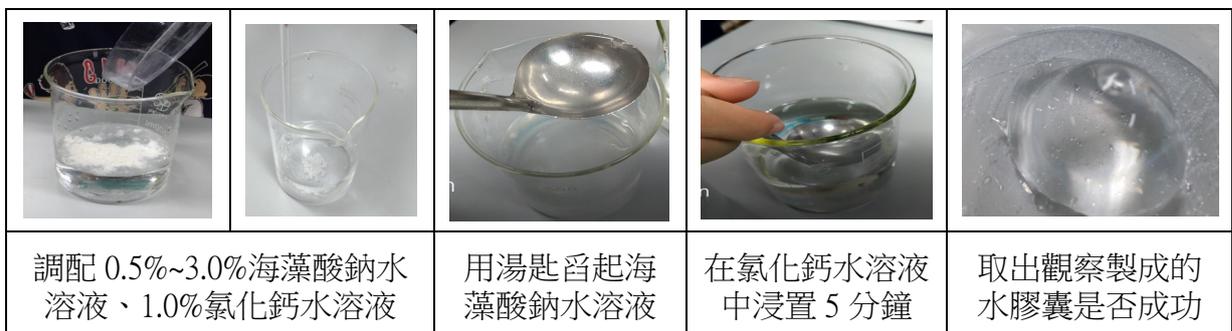
陸、研究方法與過程

一、探討含水量高的雙層膜水膠囊製作方法

為了製造出含水量高、可攜帶的水膠囊，我們先學習 Ooho 的作法（一），成功後，嘗試製作純水的水膠囊（二），此方法成功率低，所以我們反向操作，將 1.0%氯化鈣水溶液製成冰塊放置海藻酸鈉水溶液中的方式製作水膠囊（三），結果相當成功，因此我們改良為飲用水加氯化鈣水溶液冰塊，澆淋海藻酸鈉水溶液 2 分鐘後，再浸置氯化鈣水溶液中 5 分鐘的雙層膜水膠囊製作方式。此方法成功機率高且符合含水量高的目標，接著我們進一步將此雙層膜水膠囊跟單層膜水膠囊做堅硬度的測試比較，結果雙層膜水膠囊勝出（四），故之後的各項檢測就多以此方式製作的雙層膜水膠囊來做測試。最後我們多方嘗試了各種不同濃度的海藻酸鈉與氯化鈣水溶液組合來製作水膠囊，成功的找出了製作雙層膜水膠囊的理想濃度（五）。

（一）Ooho 的作法-海藻酸鈉水溶液直接浸置氯化鈣水溶液中

- 1.分別調配 0.5%、1.0%、2.0%、3.0%海藻酸鈉水溶液和 1.0%氯化鈣水溶液各 400 mL。
- 2.利用湯匙舀起海藻酸鈉水溶液 40 mL，浸置在 1.0%氯化鈣水溶液 400 mL 中，5 分鐘後取出。（製作流程如圖一）



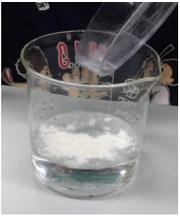
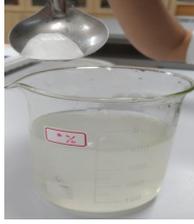
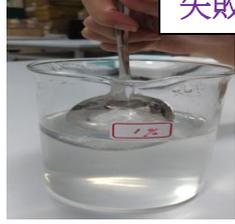
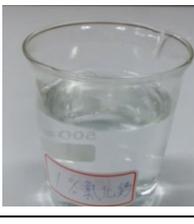
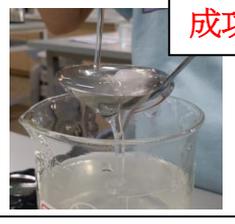
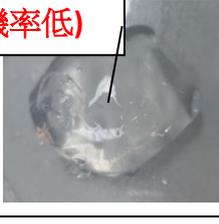
圖一：Ooho 的作法流程圖

（二）冰塊(飲用水)先浸泡海藻酸鈉水溶液，再浸置氯化鈣水溶液中

- 1.將飲用水倒入製冰盒中（每格約 40 mL），放入冰箱冷凍成冰塊。

2.分別調配 1.0%、2.0%、3.0%海藻酸鈉水溶液和 1.0%氯化鈣水溶液各 400 mL。

3.先將冰塊放入海藻酸鈉水溶液 400 mL 中，並用湯匙反覆澆淋 2 分鐘，再撈起浸置於 1.0%氯化鈣水溶液 400 mL 中 5 分鐘。（製作流程如圖二）

				
調配 1.0%海藻酸鈉水溶液及 1.0%氯化鈣水溶液		冰塊放入海藻酸鈉水溶液中澆淋 2 分鐘	放入氯化鈣水溶液中浸置 5 分鐘	觀察製成的水膠囊是否成功
				
調配.2.0%、3.0%的海藻酸鈉水溶液及 1.0%的氯化鈣水溶液		包裹住冰塊後浸置氯化鈣水溶液中 5 分鐘後，觀察製成的水膠囊是否成功		

圖二：用冰塊(飲用水)製作水膠囊的流程圖

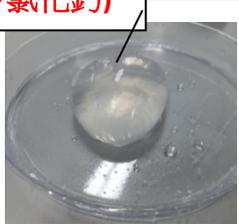
(三)製成氯化鈣冰塊，浸泡海藻酸鈉水溶液中，再浸置氯化鈣水溶液中

1.將 1.0%氯化鈣水溶液製成冰塊，每塊約 40 mL。

2.把冰好的 1.0%氯化鈣冰塊浸泡在 1.0%海藻酸鈉水溶液 400 mL 中，並澆淋 2 分鐘，即可**形成第一層膜**。

3.再浸置氯化鈣水溶液 400 mL 中 5 分鐘，可**形成第二層膜(解決衛生問題)**。

(製作流程如圖三)

			
製作氯化鈣冰塊，再將氯化鈣冰塊浸泡在海藻酸鈉水溶液中澆淋 2 分鐘		再浸置氯化鈣水溶液中 5 分鐘後，觀察製成的水膠囊是否成功	

圖三：用氯化鈣冰塊製作水膠囊的流程圖

(四)雙層膜水膠囊的製作方法

1.將飲用水倒入製冰盒中（每格約 40 mL），再放入冰箱冷凍成冰塊。

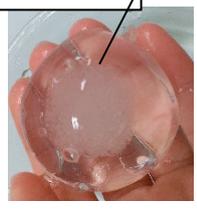
2.將冷凍好的飲用水冰塊淋上一層 1.0%氯化鈣水溶液（每格約 10 mL），再放回冰

箱冷凍結成冰塊。

3.調配 1.0%的海藻酸鈉水溶液 400 mL、1.0%的氯化鈣水溶液 400 mL。

4.將飲用水加氯化鈣冰塊，放入調配好的海藻酸鈉水溶液 400 mL 中，澆淋 2 分鐘，即可**形成第一層膜**。

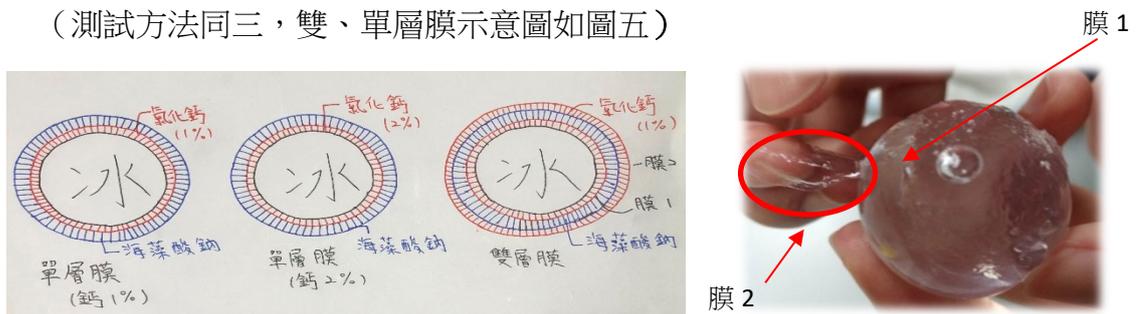
5.再浸置 1.0%氯化鈣水溶液中 5 分鐘後取出，泡進水中等待冰完全融化，可**形成第二層膜(解決衛生問題)**。（製作流程如圖四）

				
飲用水冰塊淋上氯化鈣水溶液再次結冰	調配 1.0%海藻酸鈉及 1.0%氯化鈣水溶液	飲用水加氯化鈣冰塊放入 1.0%海藻酸鈉水溶液中 2 分鐘	再浸置 1.0%氯化鈣水溶液中 5 分鐘	取出觀察製成的水膠囊是否成功

圖四：雙層膜水膠囊的製作流程圖

6.依此方法製作的雙層膜水膠囊與單層膜水膠囊的堅硬度比較。

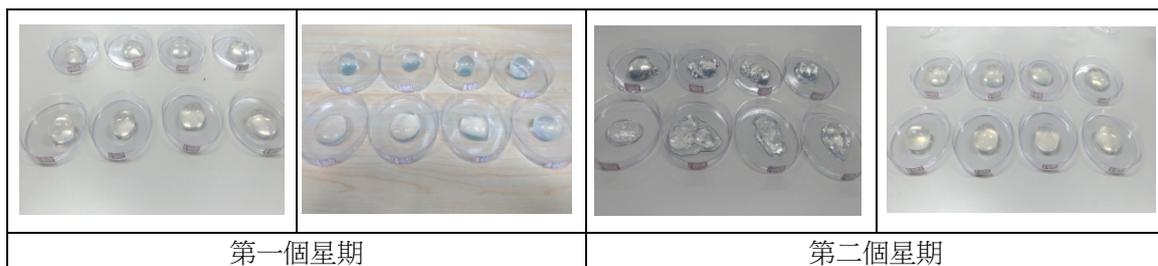
（測試方法同三，雙、單層膜示意圖如圖五）



圖五：雙層膜與單層膜水膠囊的示意圖

(五)不同濃度的水溶液組合，所製作水膠囊的比較

製作步驟與（四）相同，但改變海藻酸鈉水溶液的濃度分別為 0.5%、1.0%、2.0%、2.5%、3.0%、4.0%，改變氯化鈣水溶液的濃度分別為 0.5%、0.8%、1.0%、2.0%，以**比較不同濃度水溶液組合，找出理想的製造雙層膜水膠囊比例**。（兩星期的比較如圖六）



圖六：不同濃度水膠囊兩星期的比較圖

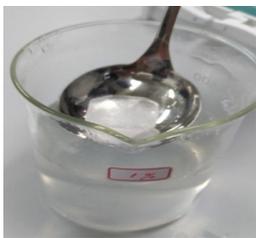
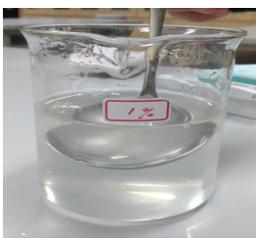
二、研究雙層膜水膠囊的保存方法與保存期間的水質變化

為了提高食用水膠囊的方便攜帶性，我們研究雙層膜水膠囊的保存方式。我們**製作水膠囊的步驟與一之(四)相同**，製作出雙層膜水膠囊共 80 顆。在自然環境下，分別放置在空杯、飲用水、0.2%、0.5%及 1.0%的氯化鈣水溶液中。在冰箱冷藏下，則分別放置在飲用水、0.2%及 0.5%氯化鈣水溶液中，**每 12 小時記錄其重量變化**。為了進一步了解保存期間水膠囊水質狀況，我們也同步記錄其酸鹼值、總硬度、總溶解固體量的變化。

(一)自然環境下，浸泡在不同水溶液的水膠囊重量比較

- 1.先製作飲用水加氯化鈣冰塊，每顆約 40 mL。
- 2.調配 1.0%海藻酸鈉水溶液、0.2%、0.5%、1.0%的氯化鈣水溶液各 400 mL。
- 3.把冰好的飲用水加氯化鈣冰塊放入 1.0%海藻酸鈉水溶液 400 mL 中，並不斷澆淋 2 分鐘，再浸置 1.0%氯化鈣水溶液 400 mL 中 5 分鐘。
- 4.把做好的水膠囊，**各個分裝到空杯子、飲用水、0.2%、0.5%及 1.0%的氯化鈣水溶液 100 mL 中**。
- 5.**每 12 小時觀察其變化，總共 240 小時**（原始數據記錄於實驗記錄本）。

（流程如圖七）

		
將製作好的飲用水加氯化鈣冰塊放入 1.0%海藻酸鈉水溶液中澆淋 2 分鐘	再浸置 1.0%氯化鈣水溶液中 5 分鐘	取出後， 各個分裝到空杯子、飲用水、0.2%、0.5%、1.0%的氯化鈣水溶液中

圖七：自然環境下保存方法的流程圖

(二)冰箱冷藏下，浸泡在不同水溶液的水膠囊重量比較

- 1.先製作飲用水加氯化鈣水溶液冰塊，每顆約 40 mL。
- 2.調配 1.0%海藻酸鈉水溶液、0.2%、0.5%的氯化鈣水溶液各 400 mL。
- 3.把冰好的飲用水加氯化鈣冰塊放入 1.0%海藻酸鈉水溶液 400 mL 中，並不斷澆淋 2 分鐘（**形成第一層膜**），再浸置氯化鈣水溶液 400 mL 中 5 分鐘（**形成第二層膜**）。
- 4.將做好的水膠囊，各個**分別裝到飲用水、0.2%及 0.5%氯化鈣水溶液 100 mL 中**。

5.把杯子放入**冰箱冷藏**。

6.每 12 小時觀察其變化，總共 240 小時（**原始數據記錄於實驗記錄本**）。

（流程如圖八）

		
將製作好的飲用水加氯化鈣冰塊放在 1.0%海藻酸鈉水溶液中並澆淋 2分鐘	再浸置 1.0%氯化鈣水溶液中 5分鐘	取出後， 各個分裝到飲用水、0.2% 0.5%的氯化鈣水溶液中 後，再放入 冰箱冷藏 ，每 12 小時觀察並做記錄

圖八：冰箱冷藏下保存方法的流程圖

(三)保存期間水膠囊水的水質檢測比較

為使大眾能安心食用，**水膠囊保存期間的水質是否符合飲用水水質標準，更顯重要**，因此我們將放在自然環境下及冰箱冷藏下的水膠囊，每天各測量 5 顆，觀察其 pH 值、總硬度及總溶解固體量的變化。（測試方法同五，流程如圖九）

		
pH 測試筆測量酸鹼值	TBS 測試劑測量總硬度	TDS 測試筆測量總溶解固體量

圖九：保存期間水膠囊水的水質檢測流程圖

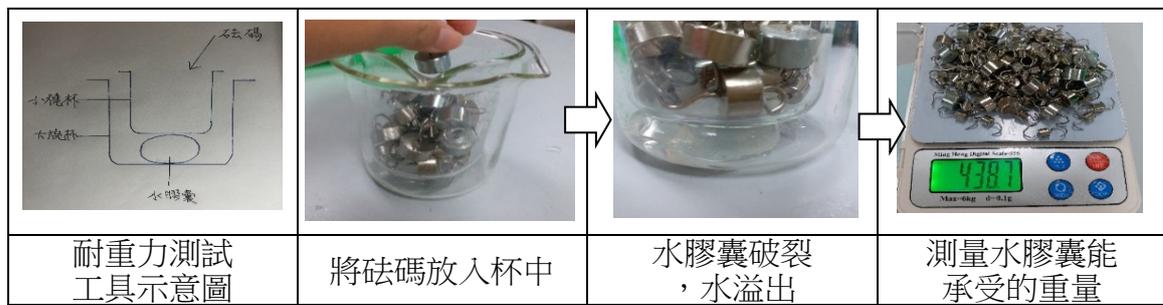
三、探討不同濃度組合雙層膜水膠囊的耐重力、耐拉力與耐摔力

製備海藻酸鈉水溶液濃度 0.5%、1.0%、2.0%、3.0%，配上氯化鈣水溶液濃度 0.8%、1.0%，共 8 組不同濃度組合的雙層膜水膠囊，每組 5 顆，比較出耐重力、耐拉力與耐摔力的最佳濃度組合，做為日後量產水膠囊的推薦。

(一)耐重力測試

自製測量工具，準備兩個大小不同的燒杯（175 mL、100 mL），將水膠囊放入大燒杯中，再將小燒杯放入水膠囊上，然後放置砝碼來測試水膠囊能承受的重量。

（流程如圖十）



圖十：耐重力測試流程圖

(二)耐拉力測試

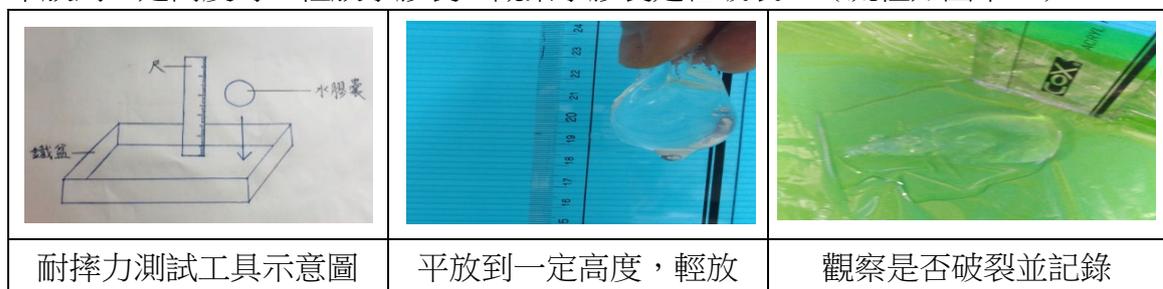
用兩個木夾夾住水膠囊兩邊，將彈簧秤勾住木夾，一邊不動，另一邊往外拉，來測試水膠囊所能承受的耐拉力。（流程如圖十一）



圖十一：耐拉力測試流程圖

(三)耐摔力測試

利用高度不同的自由落體掉落在盤子來測試水膠囊可承受耐摔程度的比較，即平放到一定高度時，輕放水膠囊，觀察水膠囊是否破裂。（流程如圖十二）



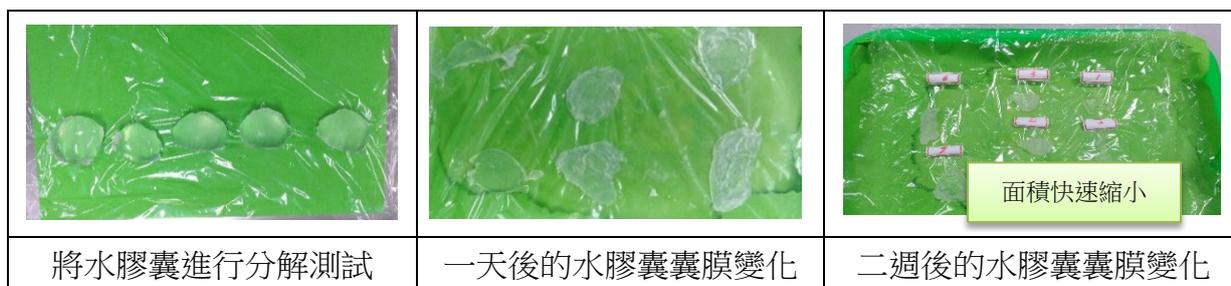
圖十二：耐摔力測試流程圖

四、研究雙層膜水膠囊囊膜的分解比較

網路說水膠囊膜環保無害，具有生物可分解性，即使直接丟棄，它也會在 4~6 週內自然分解，我們研究動機之一就是用水膠囊膜取代塑膠瓶包裝以友善環境，因此我們做了水膠囊囊膜分解的比較。

(一)放在空氣中水膠囊囊膜的分解觀察

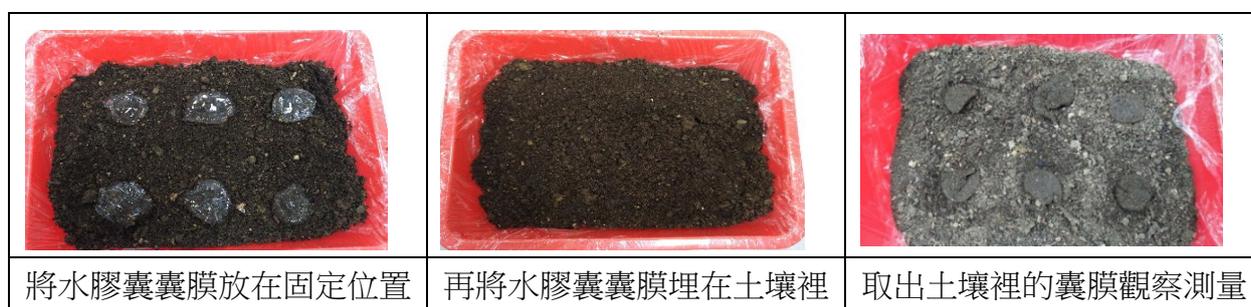
製備步驟與一之（四）相同，將 1.0%海藻酸鈉水溶液配上 1.0%氯化鈣水溶液所製成的雙層膜水膠囊囊膜 6 個，分別靜置於空氣中(放教室一隅)，並每天固定時間觀察囊膜的變化及記錄其長、寬及厚度變化，總計 30 天。（觀察比較圖如圖十三）



圖十三：放在空氣中水膠囊囊膜的觀察比較圖

(二)埋在土壤裡水膠囊囊膜的分解觀察

同(一)，將 1.0%海藻酸鈉水溶液、1.0%氯化鈣水溶液所製成的雙層膜水膠囊囊膜，分別靜置於土壤裡(放教室一隅)，並每天固定時間觀察 6 個囊膜的變化及記錄其長、寬及厚度，總計 30 天。(流程如圖十四)



圖十四：放在土壤裡水膠囊囊膜的觀察流程圖

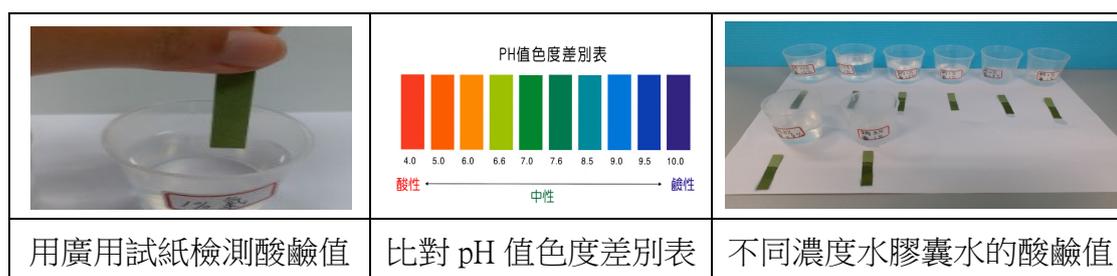
五、探討不同濃度組合的雙層膜水膠囊水質測試

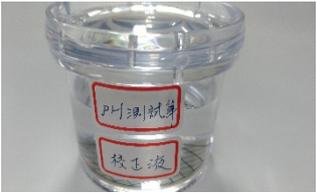
要使大眾能安心的食用水膠囊，水質是否符合飲用水水質標準是一大關鍵，因此我們做了各濃度的水膠囊水水質測試。製備水膠囊的步驟與一之(四)相同，但改變海藻酸鈉水溶液的濃度分別為 0.5%、1.0%、2.0%、3.0%，改變氯化鈣水溶液的濃度分別為 0.8%、1.0%，以比較不同濃度水溶液組合所製成的水膠囊水，其 pH 值、總硬度及總溶解固體量是否符合飲用水水質標準。

(一)酸鹼值測試

- 1.分別取出不同濃度水溶液組合所製成的水膠囊水各 5 mL。
- 2 利用廣用試紙來判定其酸鹼值的範圍，並用 pH 測試筆多次檢驗以再次確認。

(流程如圖十五)

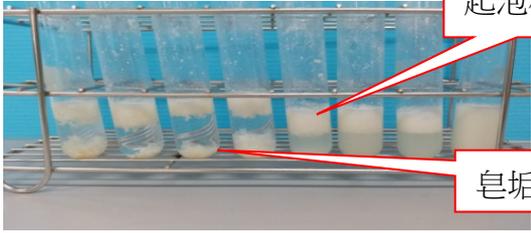
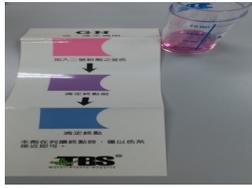


		
用 pH 測試筆再次檢測	使用 pH 測試筆校正液	不同濃度水膠囊水的測試

圖十五：利用廣用試紙、pH 值測試筆來測試水膠囊水的流程圖

(二)總硬度測試(TBS)

我們利用肥皂屑、TBS 總硬度測試劑來檢測水質，因為當肥皂遇到鈣、鎂、鐵、硬水時，肥皂就會難以起泡，容易形成皂垢，而降低肥皂洗淨的效果，此時使用 TBS 總硬度測試劑，也會需要較多的滴劑，我們就可從中得知水的軟硬度。（流程如圖十六）

			
分別放入 0.1g 的肥皂屑並搖晃 30 下	觀察及記錄水膠囊水起泡及皂垢情形		
			
TBS 總硬度測試劑	加第 1、2 劑搖勻	持續滴第 3 劑	變成藍色後記錄滴數

圖十六：總硬度測試流程圖

(三)總溶解固體量測試(TDS)

- 1.依據「飲用水水質標準」針對飲用水、包裝水有規定其最大值为 500 ppm。
 - 2.我們利用 TDS 水質檢測筆來檢驗不同濃度水膠囊水的總溶解固體量(ppm)。
- (流程圖如圖十七)

		
製作各濃度的水膠囊	總溶解固體量測試筆	測量水中總溶解固體量

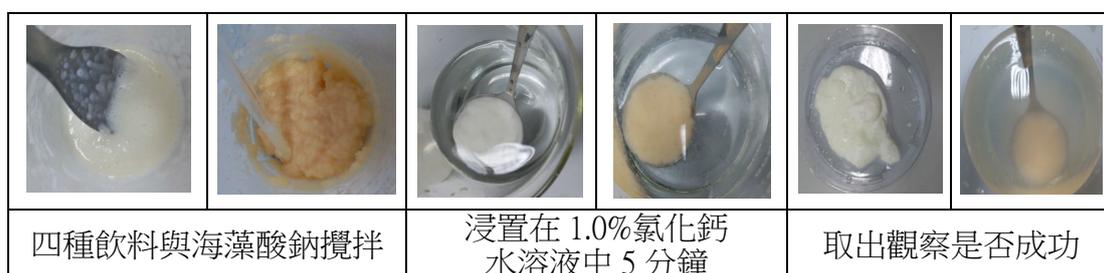
圖十七：總溶解固體量測試流程圖

六、研究飲料膠囊的製作方式

為了增加水膠囊的應用性及普及性，讓社會大眾接受、喜愛，我們用了茶、果汁、養樂多、牛奶四種飲料、測試了三種製造水膠囊的方法，嘗試開發出最佳的飲料膠囊製作方法。

(一)將飲料與海藻酸鈉攪拌（「藻」到新食感）

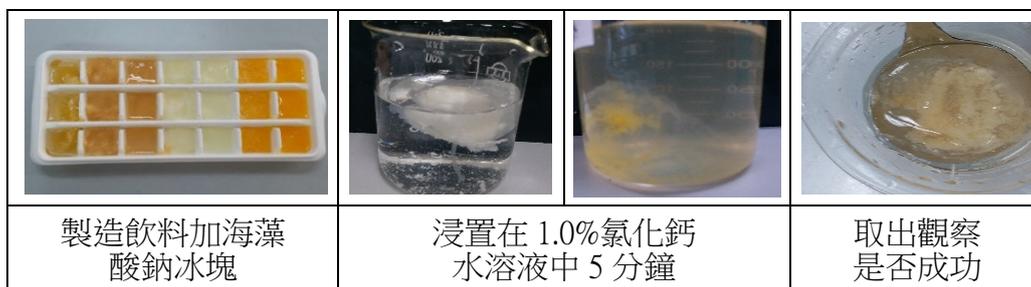
- 1.調配 1.0%氯化鈣水溶液 400 mL。
- 2.用飲料 99 mL 攪拌海藻酸鈉 1g，調成 1.0%飲料加海藻酸鈉溶液。
- 3.用湯匙舀起「飲料加海藻酸鈉溶液」40 mL，放入 1.0%氯化鈣水溶液中，並等待 5 分鐘。（單層膜）
- 4.撈出並觀察是否成功。（流程如圖十八）



圖十八：「將飲料與海藻酸鈉攪拌」製成飲料膠囊的流程圖

(二)將飲料攪拌海藻酸鈉溶液製成冰塊

- 1.把不同飲料加入海藻酸鈉，製成不同種類的「飲料加海藻酸鈉溶液」各 100 mL 並分別冷凍成一塊塊約 40 mL 的冰塊。
- 2.調配 1.0%氯化鈣水溶液 400 mL。
- 3.取出冰好的「飲料加海藻酸鈉冰塊」放入 1.0%氯化鈣水溶液 400 mL 中，浸置 5 分鐘。（單層膜）
- 4.撈出並觀察是否成功。（流程如圖十九）



圖十九：「將飲料攪拌海藻酸鈉溶液製成冰塊」製成飲料膠囊的流程圖

(三)將飲料製成冰塊，再裹上一層氯化鈣水溶液

- 1.把不同的飲料冷凍成冰塊，每塊 40 mL。
- 2.調配 1.0%氯化鈣、1.0%海藻酸鈉水溶液，各 400 mL。

- 3.將每格冰好的飲料冰塊裹上一層 1.0%氯化鈣水溶液 10 mL，再次冷凍結成冰塊。
- 4.把冰好的「飲料加氯化鈣冰塊」放入 1.0%海藻酸鈉水溶液 400 mL 中，並澆淋 2 分鐘。（形成第一層膜）
- 5.再浸置 1.0%氯化鈣水溶液 400 mL 中 5 分鐘。（形成第二層膜）
- 6.撈出來觀察是否成功。（雙層膜飲料膠囊製作流程如圖二十）

			
將飲料結成冰塊	裹上氯化鈣水溶液並再次結冰	放入海藻酸鈉水溶液中澆淋 2 分鐘	
			
再放入氯化鈣水溶液中浸置 5 分鐘		取出觀察是否成功	

圖二十：雙層膜飲料膠囊製作流程圖

柒、研究結果與討論

一、探討含水量高的雙層膜水膠囊製作方法

(一) Ooho 的作法-海藻酸鈉水溶液直接浸置氯化鈣水溶液中

- 1.研究發現這個方法不可行，雖然可以製作出水膠囊形態，但裡面含水量太少，多是海藻酸鈉水溶液(一層膜)。
- 2.保存期限也很短，幾天後水就蒸發不見了，只留下塑膠片一樣的膠狀物，因此這個方法不適用。

(二)冰塊(飲用水)先浸泡海藻酸鈉水溶液，再浸置氯化鈣水溶液中

- 1.將飲用水冰塊放入 1.0%海藻酸鈉水溶液中，很難形成膜，一撈起來冰塊就脫離。
- 2.將冰塊放在湯匙上，用 2.0%、3.0%的海藻酸鈉水溶液包裹，再放入 1.0%氯化鈣水溶液中，一開始看似成功，但是有些等冰塊一融化就又跟膜脫離了，這個方法雖然符合我們製作純水水膠囊的目標，但成功率只有 20%，因此這方法也不可行。

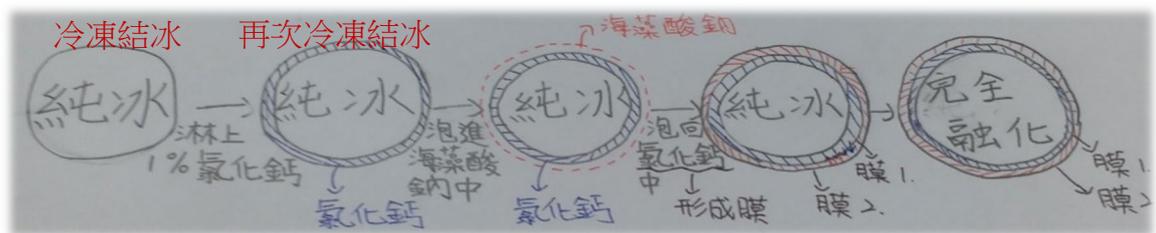
(三)製成氯化鈣冰塊，浸泡海藻酸鈉水溶液中，再浸置氯化鈣水溶液中

- 1.這方法很容易製作出水膠囊，但用 1.0%氯化鈣水溶液做成的冰塊，融化後裡面的水都是氯化鈣水溶液。

2.這方法也不可行，因為水中含鈣離子量太高，有違我們想要以純水為主的理想。

(四) 雙層膜水膠囊的製作方法

- 1.研究發現所有形狀的冰塊都可以製成水膠囊，但有稜有角的冰塊常因澆淋不均勻而使得囊膜脫離，所以我們選擇以球形或梯形冰塊製作，較易成功。
- 2.製作水膠囊過程，我們發現如果讓冰塊在海藻酸鈉水溶液裡完全融化，囊膜會變得很厚；當薄膜形成時，就馬上撈起，就容易有破洞，因此發現飲用水加 1.0% 氯化鈣冰塊放在 1.0% 海藻酸鈉水溶液 2 分鐘，再浸置於 1.0% 氯化鈣水溶液 5 分鐘，再撈起並浸置純水中等待冰塊完全融化，這種定時定量方法的成功率非常高，可達 95% 以上。（雙層膜水膠囊的製作模式如圖二十一）



圖二十一：雙層膜水膠囊的製作模式圖

3. 堅硬度測試

(1) 實驗數據如表一：

表一：雙層膜與單層膜水膠囊的堅硬度比較表（採五次平均值）

數值 種類 項目	雙層膜	單層膜 A	單層膜 B	比較
耐重力 gw	478.2	271.1	202.4	雙層膜 > 單層膜 A > 單層膜 B
耐拉力 gw	212.0	164.0	60.0	雙層膜 > 單層膜 A > 單層膜 B
耐摔力 cm	16.8	14.2	10.6	雙層膜 > 單層膜 A > 單層膜 B

雙層膜：飲用水加 1.0% 氯化鈣冰塊 + 1.0% 海藻酸鈉 + 1.0% 氯化鈣

單層膜 A：飲用水加 2.0% 氯化鈣冰塊 + 1.0% 海藻酸鈉

單層膜 B：飲用水加 1.0% 氯化鈣冰塊 + 1.0% 海藻酸鈉

(2) 從表一可歸納出，無論是耐重力、耐拉力或是耐摔力的測試，實驗結果都顯示我們所製造雙層膜水膠囊的堅硬度都比單層膜水膠囊的優。

(五) 不同濃度的水溶液組合，所製作水膠囊的比較

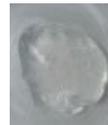
1. 實驗數據如表二、表三：

表二：不同濃度的水溶液組合，所製作水膠囊的比較表之一

(表中的×：無法成形；△：不易成形；○：可以成功製作雙層膜水膠囊)

氯化鈣濃度	0.5%氯化鈣		0.8%氯化鈣		1.0%氯化鈣		2.0%氯化鈣	
海藻酸鈉 浸置時間	5 分鐘	10 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	5 分鐘	10 分鐘
0.5%	×	△	○	○	○	○	○	○
1.0%	△	△	○	○	○	○	○	○
2.0%	△	△	○	○	○	○	○	○
2.5%	○	○	○	○	○	○	○	○
3.0%	○	○	○	○	○	○	○	○
4.0%	○	○	○	○	○	○	○	○

表三：不同濃度的水溶液組合，所製作水膠囊的比較表之二

海藻酸鈉濃度	0.5%		1.0%		2.0%		3.0%	
氯化鈣	0.8%	1.0%	0.8%	1.0%	0.8%	1.0%	0.8%	1.0%
水球外觀								
透明度	非常高	非常高	佳	佳	不足	不透明	不透明	不透明
雙層膜	超級薄 彈指可破	超級薄	膜很薄	膜薄	膜微厚	膜稍厚	膜厚	膜很厚
表面	沒有 凸起物	沒有 凸起物	沒有 凸起物	飽滿 有彈性	有 凸起物	有 凸起物	有 凸起物	有 凸起物

2.根據表二、表三可歸納出，製作雙層膜水膠囊的理想濃度比例為：

- (1) 海藻酸鈉水溶液濃度以 0.5%~3.0%之間最理想。(4.0%以上非常難攪拌)
- (2) 氯化鈣水溶液濃度以 0.8%以上才有機會製作出成功的雙層膜水膠囊。
- (3) 因此我們選擇容易製作雙層膜水膠囊成功的八種濃度組合(海藻酸鈉 0.5%、1.0%、2.0%、3.0%配上氯化鈣 0.8%、1.0%)，作為後續各項實驗的測試。
- (4) 1.0%海藻酸鈉配上 1.0%氯化鈣所製成水膠囊，不但透明度佳、膜層薄，而且表面飽滿有彈性，是外型最佳的雙層膜水膠囊比例。

二、研究雙層膜水膠囊的保存方法與保存期間的水質變化

(一)自然狀態下，浸泡在不同水溶液的水膠囊重量比較

1.實驗數據如表四、表五(原始表格在實驗記錄本，此只取 24 小時做表)

表四：自然環境下放置空氣中與泡在不同濃度氯化鈣水溶液的觀察記錄表（單位：gw）

數 值 小 時	水膠囊放在空氣中					水膠囊泡在水裡				
	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆
0	43.5	45.4	43.0	44.0	45.3	43.0	42.0	43.0	45.5	43.4
24	38.6	40.6	38.3	39.4	40.2	41.7	40.8	41.9	44.2	42.2
48	36.7	38.9	36.5	37.6	38.5	41.5	40.6	41.7	43.9	41.9
72	36.2	37.9	36.0	37.0	37.8	41.4	40.4	41.5	43.6	41.7
96	35.8	37.5	35.8	36.5	37.4	41.1	40.1	41.2	43.2	破裂
120	35.4	36.9	35.4	35.9	36.8	40.9	39.1	40.9	43.0	
144	34.9	36.3	破裂	35.4	36.3	破裂	39.0	40.8	43.0	
168	34.4	35.6		34.7	35.8		38.9	40.6	42.9	
192	34.0	35.1		34.1	35.2		38.9	40.6	42.7	
216	33.4	34.5		33.6	34.5		38.8	40.5	42.6	
240	32.9	34.0		33.0	33.6		38.8	40.5	42.6	

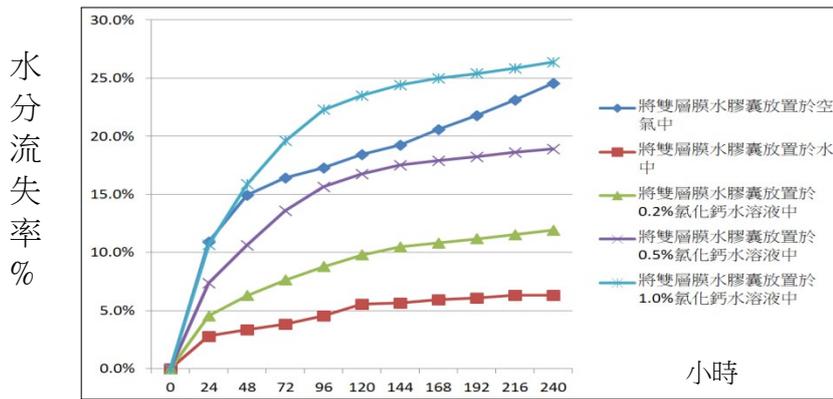
表五：自然環境下泡在不同濃度氯化鈣溶液的觀察記錄表（單位：gw）

數 值 小 時	水膠囊放在 0.2%氯化鈣					水膠囊放在 0.5%氯化鈣					水膠囊放在 1.0%氯化鈣				
	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆
0	43.5	44.9	42.1	44.1	43.0	43.9	42.7	45.0	43.0	44.7	45.0	44.3	45.0	44.8	43.5
24	41.6	42.8	40.2	42.0	41.1	40.8	39.6	41.6	39.8	41.3	40.4	39.7	40.2	40.1	38.5
48	40.9	42.0	39.4	41.3	40.3	39.3	38.3	40.2	38.4	39.8	38.1	37.5	37.9	37.8	36.0
72	40.4	41.3	38.9	40.6	39.8	38.1	37.0	38.9	37.1	38.4	36.4	35.8	36.3	36.2	34.3
96	39.8	40.8	38.5	40.0	39.4	37.1	36.1	38.0	36.3	37.5	35.1	34.5	35.1	35.0	33.3
120	39.3	40.4	38.1	39.5	39.0	36.6	35.7	37.5	35.9	36.9	34.5	33.9	34.7	34.5	32.7
144	39.0	40.0	37.9	39.2	38.7	36.2	35.3	37.2	35.6	36.6	34.1	33.5	34.3	34.1	32.3
168	38.9	39.9	37.8	39.0	38.5	36.0	35.1	37.0	35.5	36.4	33.8	33.2	34.0	33.9	32.1
192	38.7	39.7	37.6	38.9	38.4	35.8	34.9	36.9	35.4	36.3	33.6	33.1	33.8	33.7	31.9
216	38.5	39.6	37.5	38.7	38.2	35.7	34.7	36.7	35.2	36.2	33.4	32.9	33.6	33.5	31.7
240	38.3	39.4	37.4	38.6	38.0	35.6	34.6	36.5	35.0	36.1	33.2	32.8	33.4	33.3	31.2

2.將表四、表五的數據整理成百分比的水分流失率如表六、做圖得圖二十二：

表六：自然環境下不同方式保存水膠囊的水分流失率比較表（30天）

浸泡溶液	飲用水	氯化鈣水溶液			空氣中
		0.2%	0.5%	1.0%	
流失比例	6.3%	11.9%	18.9%	26.4%	24.6%



圖二十二：自然環境下不同方式保存水膠囊的水分流失率比較圖

3.從表四、表五、表六、圖二十二可歸納出：

- (1) 水膠囊浸泡在水中重量流失得最慢（吃我一顆水球），可能是水膠囊膜層內外的水分子維持平衡，減少了滲透作用的緣故，可是會有破裂情形發生。
- (2) 將水膠囊放置在空氣中，經過一段時間裡面的水溶液就會開始滲出，推論是囊膜表面乾燥產生裂縫，所以水跑出來了。
- (3) 將水膠囊浸置在 0.2% 的氯化鈣水溶液中，這個方法是流失量第二少的，有可能是因為外部有鈣離子和海藻酸鈉形成交聯作用，使得水膠囊膜越來越厚，讓水分不容易滲透出來。這個方法可以減少水膠囊破裂的情形。
- (4) 將水膠囊浸置在 0.5% 氯化鈣水溶液中保存的水膠囊，膜皮較（1）（2）（3）的硬，且水分流失量也較多，至於置於 1.0% 氯化鈣水溶液中的，囊膜很厚很硬，推論也是交聯作用較多的緣故。
- (5) 水膠囊水分流失率最多的是泡在 1.0% 氯化鈣水溶液中的，流失率有 26.4%，第二多的是放在空氣中的流失率有 24.6%，因此我們僅以泡在水中、0.2% 氯化鈣與 0.5% 氯化鈣水溶液中的方式，做冰箱冷藏保存的實驗。

(二) 冰箱冷藏下，浸泡在不同水溶液的水膠囊重量比較

1.實驗數據如表七（原始表格在實驗記錄本，此只取 24 小時做表）

表七：冰箱冷藏下不同方式保存水膠囊的水分流失重量記錄表（單位：gw）

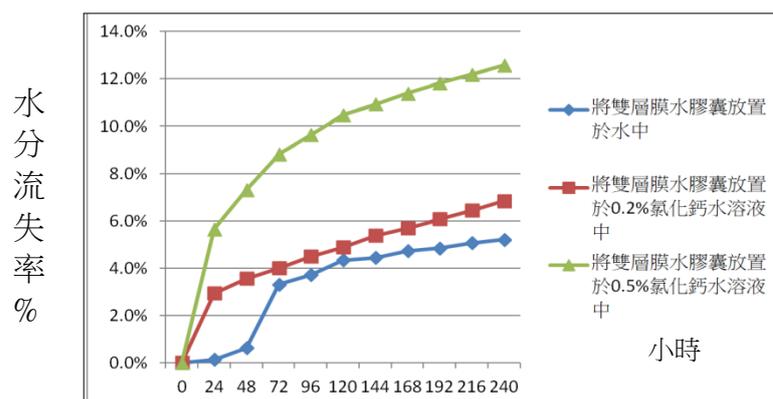
數顆 值數 小時	水膠囊放在水裡					水膠囊放在 0.2% 氯化鈣					水膠囊放在 0.5% 氯化鈣				
	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆
0	44.8	44.6	44.3	44.7	44.9	45.2	45.1	45.0	45.1	44.9	44.6	44.7	44.8	44.5	44.6
24	44.7	44.6	44.2	44.7	44.8	43.9	43.7	43.6	43.8	43.7	42.0	42.2	42.3	42.0	42.1

48	44.5	44.5	44.0	44.4	44.5	43.6	43.4	43.4	43.5	43.4	41.2	41.5	41.6	41.3	41.3
72	43.4	43.2	42.9	43.1	43.3	43.4	43.2	43.2	43.3	43.2	40.8	40.0	40.9	40.9	40.9
96	43.2	43.0	42.8	42.9	43.1	43.1	43.0	43.0	43.1	43.0	40.4	39.7	40.5	40.5	40.6
120	43.0	42.7	42.5	42.7	破裂	43.0	42.8	42.8	42.9	42.8	40.1	39.3	40.2	40.1	40.1
144	43.0	42.6	42.5	42.6		42.9	42.6	42.5	42.7	42.5	39.9	39.2	40.0	39.9	39.8
168	42.9	42.5	42.4	42.4		42.8	42.5	42.3	42.6	42.3	39.7	38.9	39.8	39.7	39.7
192	42.8	42.4	42.3	破裂		42.6	42.4	42.1	42.4	42.1	39.5	38.7	39.6	39.5	39.5
216	42.7	42.3	42.2			42.4	42.3	42.0	42.2	41.9	39.3	38.6	39.5	39.3	39.3
240	42.7	42.2	42.1			42.3	42.1	41.8	42.0	41.7	39.1	38.4	39.4	39.1	39.1

2.將表七的數據整理成百分比的流失率如表八、做圖得圖二十三：

表八：冰箱冷藏下不同方式保存水膠囊的水分流失率比較表

浸泡溶液	飲用水	氯化鈣水溶液	
		0.2%	0.5%
流失比例	5.2%	6.8%	12.6%



圖二十三：冰箱冷藏下不同方式保存水膠囊的水分流失率比較圖

3.從表七、表八、圖二十三可歸納出：

- (1) 由圖表可以看出，在冰箱冷藏下的保存方式由優到劣，為泡在飲用水、0.2%氯化鈣水溶液、0.5%氯化鈣水溶液，而且保存在飲用水與 0.2%氯化鈣水溶液中的水分流失率很相近（5.2%比 6.8%）。
- (2) 經實驗觀察到，除了泡在飲用水中的以外，前 24 小時水膠囊的重量下降幅度較大，而之後的趨勢趨於平緩，如前述(一)之 3，也是滲透作用的結果。
- (3) 0.2%氯化鈣水溶液因為放置在冰箱的關係，下降的趨勢比在常溫下的緩慢，可以推論，在冷藏下的保存效果較佳。
- (4) 0.5%的氯化鈣水溶液，泡久了會和海藻酸鈉水溶液產生過多的交聯作用，因此膜就變得越來越厚，到最後也是會龜裂而破損。

(三)保存期間水膠囊水的水質檢測比較

1.實驗數據如表九、表十：

表九：自然環境保存下水膠囊水水質變化記錄表

數值 項目 \ 天數	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	第八天	第九天	第十天
pH 值	7.2	7.2	7.2	6.8	6.7	6.5	6.3	6.1	5.9	5.6
TBS 總硬度 測試(滴數)	10.5	14.3	18.1	22.5	26.5	30.9	33.9	36.5	39.7	42.5
TDS 總溶固 體量(mg/L)	80	101	122	162	230	298	344	367	370	397

表十：冰箱冷藏保存下水膠囊水水質變化記錄表

數值 項目 \ 天數	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	第八天	第九天	第十天
pH 值	7.2	7.2	7.1	7.0	6.8	6.7	6.5	6.4	6.2	5.9
TBS 總硬度 測試(滴數)	10.4	13.7	14.9	19.8	23.8	25.8	27.0	30.1	32.0	35.4
TDS 總溶固 體量(mg/L)	75	99	120	152	185	206	234	258	290	316

2.從表九、表十可歸納出：

- (1) 不管是自然環境下還是冰箱冷藏，泡在 0.2%的氯化鈣水溶液中的水膠囊水，其 pH 值、TBS 總硬度測試、TDS 總溶解固體量，**都有逐漸變差的趨勢，因此如果水膠囊上市，建議大家要盡早食用。**
- (2) 冰箱冷藏保存下水膠囊水的 pH 值在前 9 天、TBS 總硬度在前 3 天、TDS 總溶解固體量在前 10 天，都在飲用水水質標準範圍內；相較自然環境保存下水膠囊水的 pH 值在前 8 天、TBS 總硬度在前 2 天、TDS 總溶解固體量在前 10 天才在標準範圍內，**顯示冷藏方式有助於水膠囊的保存。也推論出雙層膜水膠囊最好在 3 天內食用完畢。**

三、探討不同濃度組合雙層膜水膠囊的耐重力、耐拉力與耐摔力

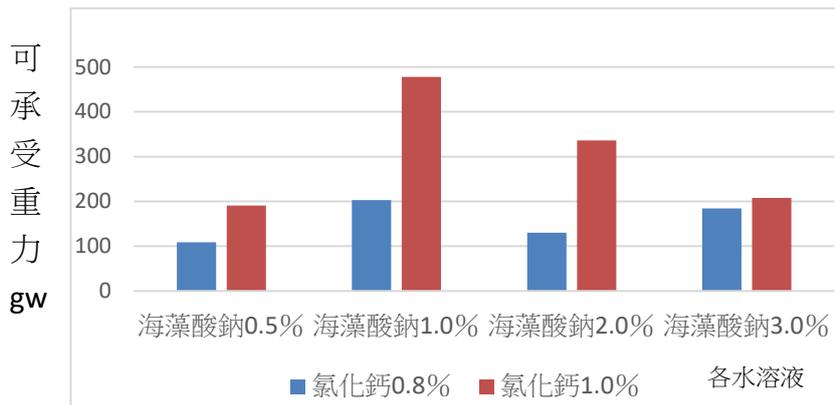
(一)耐重力測試

1.實驗數據如表十一：

表十一：耐重力測試記錄表（單位：gw）

數 次 數	水 溶 液	0.5%海藻酸鈉		1.0%海藻酸鈉		2.0%海藻酸鈉		3.0%海藻酸鈉	
		0.8% 氯化鈣	1.0% 氯化鈣	0.8% 氯化鈣	1.0% 氯化鈣	0.8% 氯化鈣	1.0% 氯化鈣	0.8% 氯化鈣	1.0% 氯化鈣
第一次		106.2	180.0	208.9	479.0	129.2	337.6	181.7	219.9
第二次		110.1	193.5	195.5	488.8	130.5	335.1	185.6	195.7
第三次		109.9	200.0	210.0	467.2	130.3	336.9	187.4	209.7
第四次		106.7	190.0	195.8	467.0	129.9	337.2	180.0	208.3
第五次		111.8	190.1	205.3	488.8	131.7	333.4	187.3	206.3
平均值		108.9	190.7	203.1	478.2	130.3	336.0	184.4	207.9
標準差		2.39	7.23	7.02	10.86	0.91	1.75	3.37	8.64

2.將表十一的數據做圖，得圖二十四：



圖二十四：耐重力測試圖

3.從表十一、圖二十四可歸納出：

(1) 各濃度水膠囊的耐重力比較如下：

1.0%氯化鈣	1.0%海藻酸鈉水溶液>2.0%海藻酸鈉水溶液>3.0%海藻酸鈉水溶液>0.5%海藻酸鈉水溶液
0.8%氯化鈣	1.0%海藻酸鈉水溶液>2.0%海藻酸鈉水溶液>3.0%海藻酸鈉水溶液>0.5%海藻酸鈉水溶液

(2) 經過測試過後發現 1.0%海藻酸鈉水溶液比其他濃度的海藻酸鈉水溶液所製成的雙層膜水膠囊耐壓程度較好，平均耐重力為 478.2 gw 是同濃度單層膜（吃我一顆水球）的兩倍以上，而 0.5%海藻酸鈉水溶液所製成的水膠囊較容易破裂。

(3) 實驗發現，當雙層膜水膠囊泡在 1.0%氯化鈣水溶液超過 5 分鐘時，耐重力會

超過 500 克以上，超過測量工具的極限，所以本研究是以泡在 1.0%氯化鈣水溶液 3 分鐘的雙層膜水膠囊為耐重力測試。

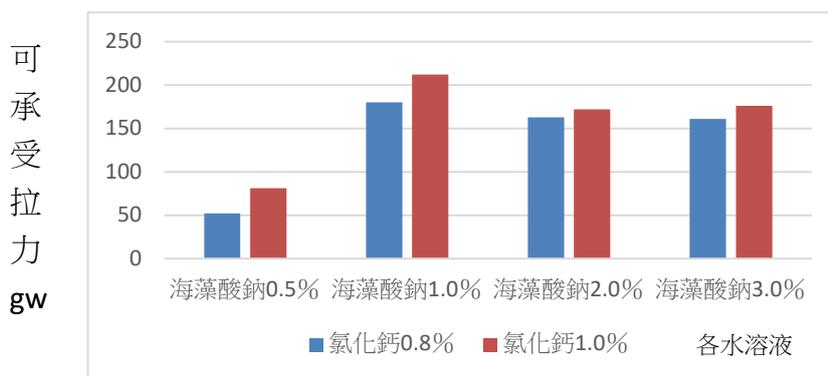
(二)耐拉力測試

1.實驗數據如表十二：

表十二：耐拉力測試記錄表（單位：gw）

數 次 數	水 溶 液	0.5%海藻酸鈉		1.0%海藻酸鈉		2.0%海藻酸鈉		3.0%海藻酸鈉	
		0.8% 氯化鈣	1% 氯化鈣	0.8% 氯化鈣	1.0% 氯化鈣	0.8% 氯化鈣	1.0% 氯化鈣	0.8% 氯化鈣	1.0% 氯化鈣
第一次		60	80	180	205	170	180	155	170
第二次		50	75	175	220	160	165	170	180
第三次		55	90	190	210	155	170	165	185
第四次		45	80	170	200	170	165	160	170
第五次		50	80	185	225	160	180	155	175
平均值		52	81	180	212	163	172	161	176
標準差		5.70	5.47	7.90	10.36	6.70	7.58	6.51	6.51

2.將表十二的數據做圖，得圖二十五：



圖二十五：耐拉力測試圖

3.從表十二、圖二十五可歸納出：

(1) 各濃度水膠囊的耐拉力比較如下：

1.0%氯化鈣	1.0%海藻酸鈉水溶液>2.0%海藻酸鈉水溶液>3.0%海藻酸鈉水溶液>0.5%海藻酸鈉水溶液
0.8%氯化鈣	1.0%海藻酸鈉水溶液>2.0%海藻酸鈉水溶液>3.0%海藻酸鈉水溶液>0.5%海藻酸鈉水溶液

(2) 1.0%海藻酸鈉水溶液與 1.0%氯化鈣水溶液所製成的雙層膜水膠囊薄膜較有彈性，也相對比較堅固，平均耐拉力為 212 gw 是同濃度單層膜（吃我一顆水

球)的兩倍以上,也比其他濃度製成的雙層膜水膠囊耐拉力更好。

(3) 當雙層膜水膠囊泡在 1.0%氯化鈣水溶液超過 5 分鐘時,耐拉力會超過彈簧秤 300 克以上都不破,超過測量工具的極限,所以本研究是以泡在 1.0%氯化鈣水溶液 3 分鐘的雙層膜水膠囊為耐拉力測試。

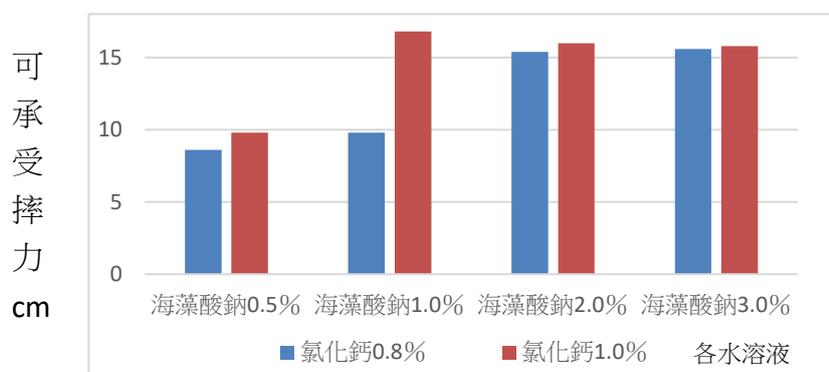
(三)耐摔力測試

1.實驗數據如表十三：

表十三：耐摔力測試記錄表（單位：cm）

數 值 次 數	0.5%海藻酸鈉		1.0%海藻酸鈉		2.0%海藻酸鈉		3.0%海藻酸鈉	
	0.8% 氯化鈣	1.0% 氯化鈣	0.8% 氯化鈣	1.0% 氯化鈣	0.8% 氯化鈣	1.0% 氯化鈣	0.8% 氯化鈣	1.0% 氯化鈣
第一次	9	9	10	16	15	17	14	14
第二次	7	10	9	17	16	15	16	15
第三次	8	9	9	18	15	17	15	16
第四次	9	11	11	16	15	15	17	17
第五次	10	9	10	17	16	16	16	17
平均值	8.6	9.8	9.8	16.8	15.4	16	15.6	15.8
標準差	1.14	0.89	0.83	0.83	0.54	1.00	1.14	1.30

2.將表十三的數據做圖,得圖二十六：



圖二十六：耐摔力測試圖

3.從表十三、圖二十六可歸納出：

(1) 各濃度水膠囊的耐摔力比較如下：

1.0%氯化鈣	1.0%海藻酸鈉水溶液>2.0%海藻酸鈉水溶液>3.0%海藻酸鈉水溶液>0.5%海藻酸鈉水溶液
0.8%氯化鈣	1.0%海藻酸鈉水溶液>2.0%海藻酸鈉水溶液>3.0%海藻酸鈉水溶液>0.5%海藻酸鈉水溶液

(2) 不管泡在 1.0% 氯化鈣水溶液 3 分鐘或 5 分鐘，水膠囊的耐摔力普遍都不高。

四、研究雙層膜水膠囊囊膜的分解比較

(一) 實驗數據如表十四、表十五：

表十四：放在空氣中水膠囊囊膜的分解觀察記錄表(單位：cm)

(原始數據記錄於實驗記錄本)，此擇每 3 天的記錄

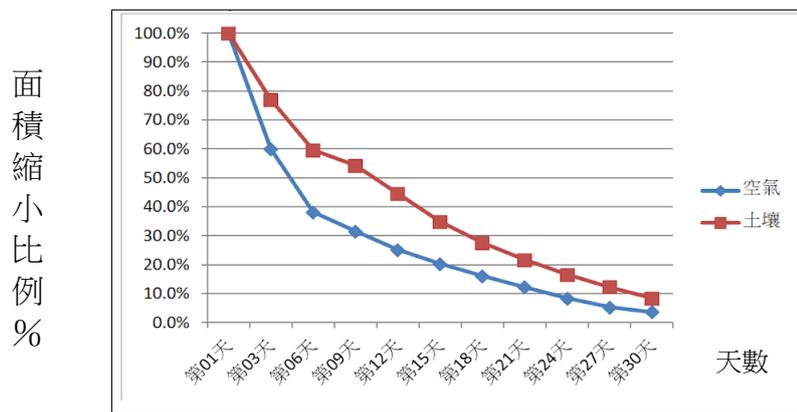
數 值 天 數	第一顆		第二顆		第三顆		第四顆		第五顆		第六顆	
	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬
第 01 天	5.5	3.3	5.3	3.5	5.5	3.2	5.1	3.5	5.3	3.4	5.5	3.2
第 03 天	4.6	2.4	4.2	2.7	4.7	2.1	4.2	2.6	4.3	2.5	4.7	2.3
第 06 天	3.8	1.8	3.4	2.1	4.0	1.7	3.6	1.8	3.8	1.9	4.0	1.7
第 09 天	3.4	1.7	3.1	2.0	3.6	1.6	3.3	1.6	3.6	1.6	3.6	1.5
第 12 天	3.0	1.6	2.7	1.8	3.4	1.4	2.9	1.4	3.3	1.4	3.2	1.3
第 15 天	2.6	1.4	2.4	1.5	3.1	1.3	2.5	1.3	3.0	1.3	3.0	1.2
第 18 天	2.1	1.2	2.0	1.3	2.7	1.3	2.0	1.3	2.8	1.1	2.8	1.1
第 21 天	1.8	1.0	1.8	1.0	2.4	1.1	1.7	1.1	2.5	1.0	2.6	1.0
第 24 天	1.5	0.9	1.5	0.9	2.1	0.8	1.4	0.9	2.3	0.8	2.1	0.8
第 27 天	1.4	0.7	1.3	0.7	1.8	0.6	1.2	0.7	1.9	0.5	1.8	0.6
第 30 天	1.2	0.6	1.2	0.6	1.6	0.5	1.0	0.5	1.5	0.4	1.5	0.4

表十五：放在土壤裡水膠囊囊膜的分解觀察記錄表

(原始數據記錄於實驗記錄本)，此擇每 3 天的記錄

數 值 天 數	第一顆		第二顆		第三顆		第四顆		第五顆		第六顆	
	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬
第 01 天	5.5	3.4	5.4	3.3	5.5	3.0	5.3	3.2	5.2	3.5	5.3	3.3
第 03 天	5.0	2.9	5.0	2.9	4.9	2.6	4.8	2.7	4.6	3.0	4.8	2.7
第 06 天	4.3	2.4	4.4	2.6	4.5	2.3	4.2	2.5	4.0	2.6	4.2	2.4
第 09 天	4.2	2.3	4.2	2.5	4.2	2.3	4.0	2.5	3.8	2.4	3.9	2.2
第 12 天	3.9	2.0	4.0	2.2	3.9	2.1	3.8	2.2	3.7	2.0	3.7	1.8
第 15 天	3.6	1.7	3.5	1.8	3.5	1.7	3.4	1.9	3.3	1.8	3.4	1.8
第 18 天	3.3	1.6	3.2	1.4	3.0	1.5	3.2	1.7	3.0	1.6	3.1	1.5
第 21 天	3.0	1.5	2.9	1.2	2.6	1.3	2.7	1.5	2.8	1.4	2.8	1.3
第 24 天	2.7	1.3	2.7	1.0	2.3	1.1	2.4	1.3	2.5	1.2	2.5	1.1
第 27 天	2.3	1.0	2.3	0.8	2.1	1.0	2.1	1.1	2.1	1.0	2.3	0.9
第 30 天	2.0	0.8	2.0	0.7	1.9	0.8	1.8	0.8	1.9	0.8	2.0	0.7

(二) 將表十四、表十五的數據做圖，得圖二十七：



圖二十七：水膠囊膜的分解觀察比較圖

(三)從表十四、表十五、圖二十七可歸納出：

- 1.放在空氣中分解的水膠囊膜經過一個月的時間後，長、寬幾乎都在 2cm 以下，面積縮小的速度比較快；而埋在土裡的水膠囊膜經過將近一個月後，可能因為受土壤裡的濕氣影響的緣故，面積縮小速度相對較慢。
- 2.不管放在空氣中或土壤裡的水膠囊膜經過 7~9 天後膜厚度就低於 0.1cm 以下，但可能土壤裡濕氣較飽足之故，土壤裡的水膠囊膜比空氣中的水膠囊膜慢個幾天。

五、探討不同濃度組合的雙層膜水膠囊水質測試

(一)酸鹼值測試

1.實驗數據如表十六：

表十六：pH 值測試記錄表

水 測 溶 量 液	0.5%海藻酸鈉		1.0%海藻酸鈉		2.0%海藻酸鈉		3.0%海藻酸鈉		飲 用 水	自 來 水
	0.8%氫 化鈣	1.0%氫 化鈣	0.8%氫 化鈣	1.0%氫 化鈣	0.8%氫 化鈣	1.0%氫 化鈣	0.8%氫 化鈣	1.0%氫 化鈣		
試紙										
第一次	7.7	7.4	7.6	7.3	6.6	6.4	6.5	6.0	6.8	7.2
第二次	7.6	7.4	7.4	7.4	6.7	6.2	6.3	6.2	6.7	7.2
第三次	7.5	7.3	7.4	7.2	6.5	6.3	6.4	6.0	6.9	7.4
第四次	7.6	7.4	7.4	7.1	6.5	6.4	6.4	6.1	6.8	7.3
第五次	7.5	7.4	7.3	7.2	6.5	6.1	6.3	6.1	6.8	7.4
平均值	7.58	7.38	7.42	7.24	6.56	6.28	6.40	6.08	6.80	7.30
標準差	0.068	0.040	0.098	0.102	0.080	0.103	0.109	0.074	0.063	0.089

2.從表十六可歸納出：

- (1) 依據臺灣自來水公司「飲用水水質標準」之 pH 值的含量為 6.0~8.5。經過多次測試後，我們所測試的各種水質都符合其範圍。
- (2) 經多次測試後，學校的飲水機水 pH 值約 6.8 屬弱酸性；學校水龍頭的水 pH 值約 7.3 屬弱鹼性。
- (3) 實驗發現 0.5%、1.0% 的海藻酸鈉水溶液與氯化鈣水溶液所製造出水膠囊水均偏弱鹼性；2.0%、3.0% 海藻酸鈉水溶液與氯化鈣水溶液所製造出的水膠囊水均偏弱酸性，當海藻酸鈉水溶液的濃度愈高，所製造出的水膠囊水也相對偏弱酸性。

(二)總硬度測試(TBS)

1.實驗數據如表十七：

表十七：總硬度測試記錄表

水 溶 液 測 量	0.5% 海藻酸鈉		1.0% 海藻酸鈉		2.0% 海藻酸鈉		3.0% 海藻酸鈉		飲 用 水	自 來 水
	0.8% 氯化 鈣	1.0% 氯化 鈣	0.8% 氯化 鈣	1.0% 氯化 鈣	0.8% 氯化 鈣	1.0% 氯化 鈣	0.8% 氯化 鈣	1.0% 氯化 鈣		
起泡程度	少	少	少	少	多	多	多	多	很多	很多
第一次滴數	16	14	12	11	5	3	4	3	1	3
第二次滴數	15	13	12	11	6	3	4	2	1	3
第三次滴數	16	14	13	10	6	3	4	3	1	3
第四次滴數	16	14	13	10	6	4	5	3	1	3
第五次滴數	16	13	12	10	6	4	4	2	1	3
平均值	15.8	13.6	12.4	10.4	5.8	3.4	4.2	2.6	1.0	3.0
標準差	0.45	0.55	0.55	0.55	0.45	0.55	0.45	0.55	0.00	0.00
平均總硬度 (ppm)	281.2	242.0	200.7	185.1	103.0	60.5	74.7	46.2	17.8	53.4
1 滴數表示 GH(總硬度)為 17.8ppm										

2.從表十七可歸納出：

- (1) 水中的鈣、鎂、碳酸鈣的含量越多，水就越硬。依據臺灣自來水公司的「飲用水水質標準」總硬度的最大限值是 300ppm。經過測試後，發現各種水溶液都符合標準內。
- (2) 藉由肥皂的起泡程度來判別水質的軟硬程度，我們發現海藻酸鈉水溶液濃度越低的水膠囊水，起泡程度少，皂垢多；海藻酸鈉水溶液濃度越高的水膠囊

水，則起泡程度多，皂垢少。

(三)總溶解固體量測試(TDS)

1.實驗數據如表十八：

表十八：總溶解固體量測試記錄表

水 溶 液 測 量	0.5%海藻酸鈉		1.0%海藻酸鈉		2.0%海藻酸鈉		3.0%海藻酸鈉		飲 用 水	自 來 水
	0.8%氯 化鈣	1.0%氯 化鈣	0.8%氯 化鈣	1.0%氯 化鈣	0.8%氯 化鈣	1.0%氯 化鈣	0.8%氯 化鈣	1.0%氯 化鈣		
第一次	171	155	100	75	60	43	29	20	10	66
第二次	170	156	102	74	60	42	30	21	11	65
第三次	169	154	101	76	60	44	30	20	10	66
第四次	171	156	102	74	59	43	28	21	9	67
第五次	170	155	101	74	60	43	29	20	10	65
平均值	170.2	155.2	101.2	74.6	59.8	43.0	29.2	20.4	10.0	65.8
標準差	0.84	0.84	0.84	0.89	0.45	0.71	0.84	0.55	0.71	0.84

2.從表十八可歸納出：

- (1) 我們所測試的各種濃度的雙層膜水膠囊水質都符合「飲用水水質標準」總溶解固體量的最大限值 500 mg/L 規定內。
- (2) 經過多次的測量後，濃度越高的海藻酸鈉水溶液總溶解固體量越小，而海藻酸鈉水溶液濃度越小的總溶解固體量就越大，代表水中含有的雜質就越多。

六、研究飲料膠囊的製作方式

(一)將飲料與海藻酸鈉攪拌

1.實驗結果如表十九：

表十九：「將飲料溶液與海藻酸鈉攪拌」的製作方法記錄表

口味	結果	可能的原因
茶	<u>光滑、透明、沒有凸起物</u>	<u>茶和水相似都容易和海藻酸鈉粉融合，所以較容易製作成功。</u>
柳橙汁	有許多凸起物	柳橙汁中有些果肉，使在攪拌時難以混和，而導致外觀有些凸起物。
養樂多	放到氯化鈣水溶液中會馬上散掉	養樂多因為有含乳酸鈣的成分，所以在和海藻酸鈉粉混合時，和牛奶一樣，會形成小碎塊，而導致放到氯化鈣水溶液中會馬上散掉。

牛奶	放到氯化鈣水溶液中會馬上散掉	牛奶本身就有含鈣，所以攪拌海藻酸鈉粉時，就會形成一塊塊的碎屑。
----	----------------	---------------------------------

(二)將飲料攪拌海藻酸鈉溶液製成冰塊

1.實驗結果如表二十：

表二十：「將飲料攪拌海藻酸鈉溶液製成冰塊」的製作方法記錄表

口味	結果	可能的原因
茶	光滑、透明、無凸起物	茶沒有和氯化鈣相似的成分，所以製作起來就和水一樣，較容易製作成功。
柳橙汁	光滑、無凸起物	當柳橙汁加海藻酸鈉製成冰塊時， <u>因為果汁、果肉在還沒融化時不易散出，所以比第一個方法還容易製作成功。</u>
養樂多	放到氯化鈣水溶液中會馬上散掉	養樂多因為有含乳酸鈣的成分，所以在和海藻酸鈉混合時，會形成小碎塊， <u>就如同冰沙一樣，而不是冰塊。</u>
牛奶	放到氯化鈣水溶液中會馬上散掉	牛奶本身就有含鈣，所以要溶入海藻酸鈉時，就會形成一塊塊的碎屑， <u>冰起來後在放入氯化鈣水溶液時，就會立即散掉。</u>

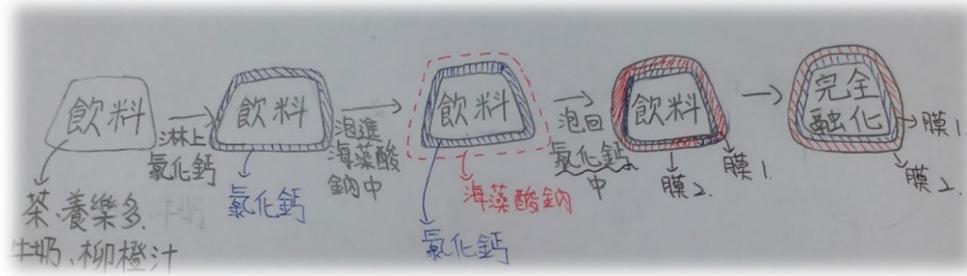
(三)將飲料製成冰塊，再裹上一層氯化鈣水溶液

1.實驗結果如表二十一：

表二十一：「將飲料製成冰塊，再裹上一層氯化鈣水溶液」的製作方法記錄表

口味	結果	可能的原因
茶	光滑、無凸起物	茶沒有和氯化鈣水溶液相似的成分，所以製作起來就和水一樣，較容易製作成功。
柳橙汁	光滑、無凸起物	當柳橙汁冰成冰塊時，因為果汁、果肉在還沒融化時不易散出， <u>再加上裹上了一層氯化鈣水溶液，更增加了一層的防護，所以很容易成功。</u>
養樂多	光滑、無凸起物	當養樂多冰在裹上一層氯化鈣水溶液時， <u>因為多了一層的氯化鈣水溶液，所以就使養樂多不會因為海藻酸鈉而結塊，就較能成功。</u>
牛奶	光滑、無凸起物	<u>牛奶冰成冰再裹上氯化鈣水溶液時</u> ，不會因為海藻酸鈉的緣故而形成小碎塊，所以 <u>就可以把牛奶完整的包覆在裡面。</u>

2. 歸納出飲料膠囊最佳的製作方式如圖三十二：

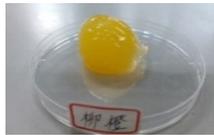
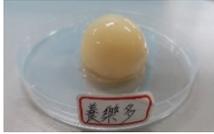


圖三十二：最佳雙層膜飲料膠囊製作過程圖

3. 從表十九、二十、二十一整理歸納如表二十二：

表二十二：製作飲料膠囊的方法比較表

(表中的×：無法成形；△：不易成形；○：可以成功製作雙層膜飲料膠囊)

方法 材 料	攪拌海藻酸鈉再 做成飲料膠囊	攪拌海藻酸鈉並製成 冰塊再做成飲料膠囊	製成飲料加氯化鈣冰 塊再做成飲料膠囊
茶	 ○ 可以成形	 ○ 可以成形	 ○ 可以成形
柳橙汁	 △ 不易成形	 ○ 可以成形	 ○ 可以成形
養樂多	 × 無法成形	 × 無法成形	 ○ 可以成形
牛奶	 × 無法成形	 × 無法成形	 ○ 可以成形

捌、結論

一、經不斷的測試，我們發現製作雙層膜水膠囊最佳配方及定時定量的步驟：(理想濃度為 0.5%~3.0%海藻酸鈉水溶液配上 0.8%、1.0%氯化鈣水溶液。最佳製作雙層膜水膠囊的步驟為飲用水加 1.0%氯化鈣水溶液冰塊，泡入 1.0%海藻酸鈉水溶液 2 分鐘，再泡回 1.0%氯化鈣水溶液 5 分鐘)。還發現我們首創的雙層膜水膠囊比一般的單層膜水膠囊堅硬。

二、保存實驗結果中可以得知，有效保存雙層膜水膠囊的做法是泡在 0.2%氯化鈣水溶液中並放置冰箱冷藏，保存 10 天，水分的流失率只有 6.8%。它不像泡在水中容易破裂，也不像泡在 0.5%或 1.0%氯化鈣水溶液中會使膜越來越厚，而失去水分，更不像放在空氣中，水分流失得如此之快。而且放置在冰箱比放在自然環境下較不會破裂，所以建議以後若有需要保存水膠囊，可以採此方法

三、關於我們製備的水膠囊物理性質測試，綜合整理如下表：（5 次平均值）

數 值 項 目	0.5%海藻酸鈉		1.0%海藻酸鈉		2.0%海藻酸鈉		3.0%海藻酸鈉	
	0.8%	1.0%	0.8%	1.0%	0.8%	1.0%	0.8%	1.0%
	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣
耐重力 gw	108.9	190.7	203.1	478.2	130.3	336.0	184.4	207.9
耐拉力 gw	52	81	180	212	163	172	161	176
耐摔力 cm	8.6	9.8	9.8	16.8	15.4	16.0	15.6	15.8

由上表發現，1.0%海藻酸鈉和 1.0%氯化鈣水溶液所製成的水膠囊可承受的耐重力、拉力和耐摔力都是最好的。其所製作的囊膜也有彈性，不會太厚或太薄，是不同濃度的水膠囊中最成功的濃度，在未來若水膠囊可普及在世，這個濃度所製成的雙層膜水膠囊較容易攜帶，不易破裂。

四、經水膠囊膜分解觀察比較發現，並未若參考資料所言 4 至 6 週就完全分解，但我們所製成的雙層膜水膠囊囊膜（取 6 個為樣本），經 30 天，在空氣中，囊膜面積分解至剩 3.7%；經 30 天，在土壤中，囊膜面積分解至剩 8.4%。顯示囊膜面積都快速縮小且為天然材質，對環境無害。

五、關於我們製備的水膠囊水質性質測試，綜合整理如下表：（5 次平均值）

數 值 項 目	0.5%海藻酸鈉		1.0%海藻酸鈉		2.0%海藻酸鈉		3.0%海藻酸鈉	
	0.8%	1.0%	0.8%	1.0%	0.8%	1.0%	0.8%	1.0%
	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣	氯化鈣
pH 值	7.6	7.4	7.4	7.2	6.6	6.3	6.4	6.1
TBS 總硬度 測試(滴數)	15.8	13.6	12.4	10.4	5.8	3.4	4.2	2.6
TDS 總溶解 固體量(mg/L)	170.2	155.2	101.2	74.6	59.8	43.0	29.2	20.4

由上表研究發現，雙層膜水膠囊的水質不管是酸鹼值、總硬度及總溶解固體量都符合飲用水水質標準，表示雙層膜水膠囊是大眾可以安心食用的。

六、水膠囊的材料本身就有些腥味，所以如果能用飲料來把味道去除，這樣較美味也符合大家的期待，定能增加應用性、推廣性；如果利用澆淋過氯化鈣水溶液的飲料冰塊，泡入1.0%海藻酸鈉水溶液 2 分鐘，再浸置 1.0%氯化鈣水溶液中 5 分鐘的製作方式，就可以取代塑膠瓶，達到我們要減塑、環保的目標。

七、未來，雙層膜水膠囊說不定可以成為登陸火星的好配備，不但可以生飲，整顆吞下又有飽足感，更重要的是膜不佔空間又好分解，不會危害火星的自然環境。

玖、參考文獻資料

- 1.自然與生活科技六下，康軒出版社，2020。
- 2.倫敦馬拉松上的海藻球「Ooho!」，目標是替代所有塑料製品。2021 年 2 月 5 日取自 <https://kknews.cc/zh-tw/other/n664a83.html>
- 3.取代水瓶、番茄醬包的生質包裝——「Notpla」不只可堆肥，還可吞下肚。2021 年 2 月 5 日取自 <https://www.seinsights.asia/article/3290/3270/6869>
- 4.「藻」到新食感。2021 年 2 月 5 日取自 http://sciexplore2019.colife.org.tw/vote_content.aspx?guid=107ff238-cc96-4676-bab7-f9ef3e0487bb&type=pop&group=6
- 5.吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測。2021 年 2 月 5 日取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=12947&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=7&sid=13234>
- 6.一命 OOHOO 呼-薄膜厚度的探討。2021 年 2 月 5 日取自 <http://sciexplore2019.colife.org.tw/Upload/3e020297-ce54-41f5-8126-7181c568d9af-20190425115517768.pdf>
- 7.走在環保尖端的科技水球—Ooho。2021 年 2 月 5 日取自 <https://www.shs.edu.tw/works/essay/2016/11/2016110920364586.pdf>
- 8.探討塑膠與 Ooho 的新出現。2021 年 2 月 5 日取自 <https://www.shs.edu.tw/works/essay/2015/11/2015111422264647.pdf>
- 9.火星探究的新任務：人類登陸火星的超前部署。臺灣網路科教館。2021 年 2 月 5 日取自 <https://www.ntsec.edu.tw/LiveSupply-Content.aspx?cat=6842&a=6829&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&lsid=16266>
10. 什麼！你還在用寶特瓶？／可食用水球「Ooho」即將量產。2021 年 2 月 5 日取自 <https://npost.tw/archives/35924>

【評語】 080221

主題好玩有趣，具有生活化與實用的特性。水膠囊主要提供飲用，實驗操作將球浸置氯化鈣水溶液中使生成雙層膜水球，水球膜強度增加，但內部的水為氯化鈣硬水，不宜飲用，要想辦法改善。另外，測量液體容量宜用精準的工具，使用湯匙或製冰盒粗估量測，誤差容易過大。

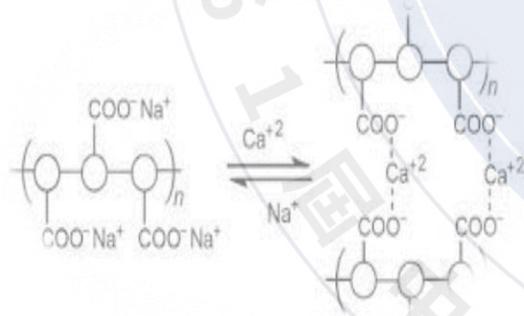
針對作品內容提供以下建議：

1. 文獻探討與參考資料的來源與內容要多元，歷年科展及期刊論文都須加以陳述與條列。
2. 自製量測器材是好做法，但應經過認證，器材也應標明規格型號。
3. 變因探究的設計應說明清楚完整。

作品簡報



探囊取水—探討雙層膜水膠囊的製作方法、 保存方法與各項測試



科 別：化學

組 別：國小

前言

1.研究動機:

- ◎ 「Ooho」的新聞
- ◎ 減塑愛地球
- ◎ 此產品仍未在臺灣上市

2.研究目的:

提高含水量 探討**雙層膜水膠囊**的製作方法

方便攜帶性 研究雙層膜水膠囊的**保存方法**與保存期間的水質變化
探討不同濃度雙層膜水膠囊的**耐重力、耐拉力與耐摔力**

環保減塑 研究雙層膜水膠囊**囊膜的分解**比較

安心食用 探討不同濃度組合的雙層膜水膠囊**水質測試**

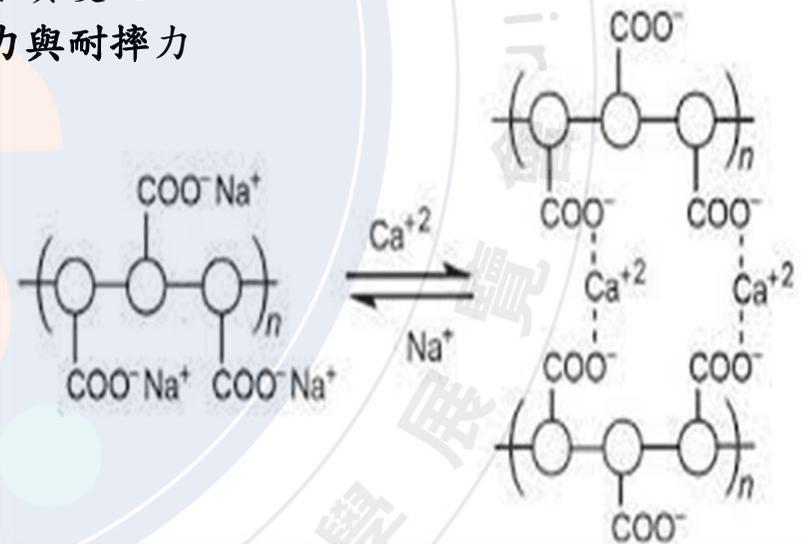
增加實用性 研究**飲料膠囊**的製作方式

3.文獻探討：**交聯作用**

氯化鈣的 Ca^{2+} （二價陽離子）會取代海藻酸鈉的

Na^+ ，

成為海藻酸鈣並形成一層薄膜。



交聯作用示意圖

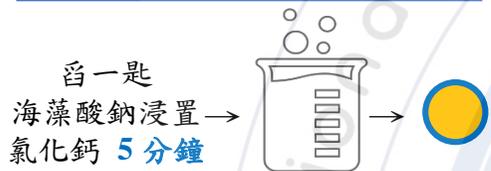
資料來源：NTCU 科學遊戲 Lab

研究方法

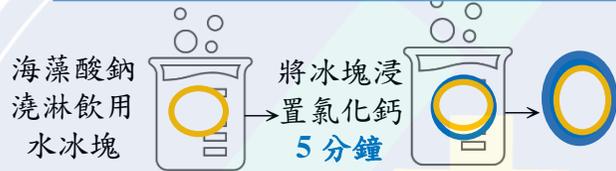
提高含水量

探討雙層膜水膠囊的製作方法

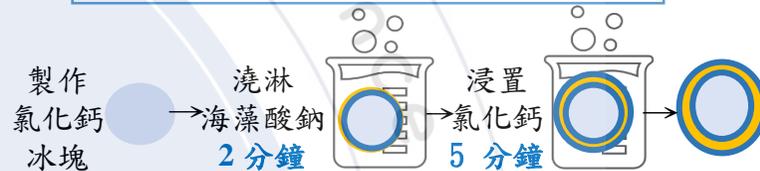
1. Ooho 的作法



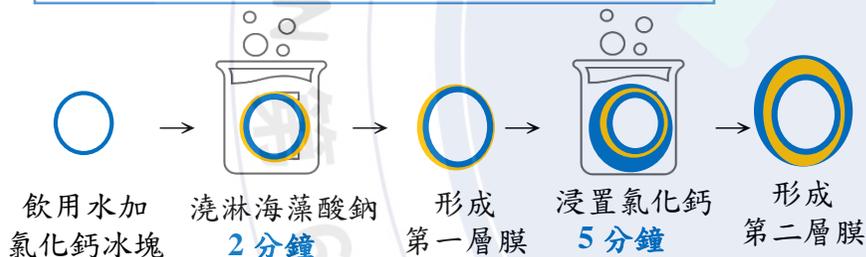
2. 飲用水冰塊的作法



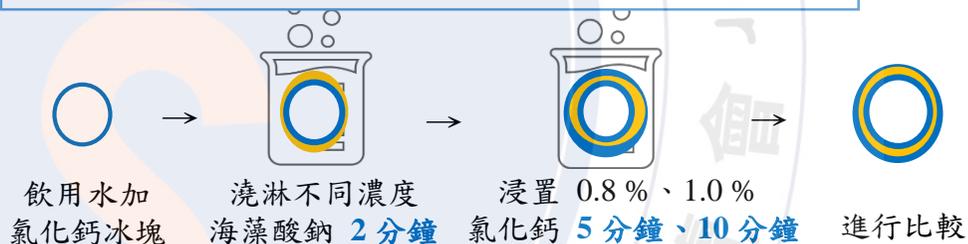
3. 氯化鈣冰塊的作法



4. 雙層膜水膠囊的製作方法

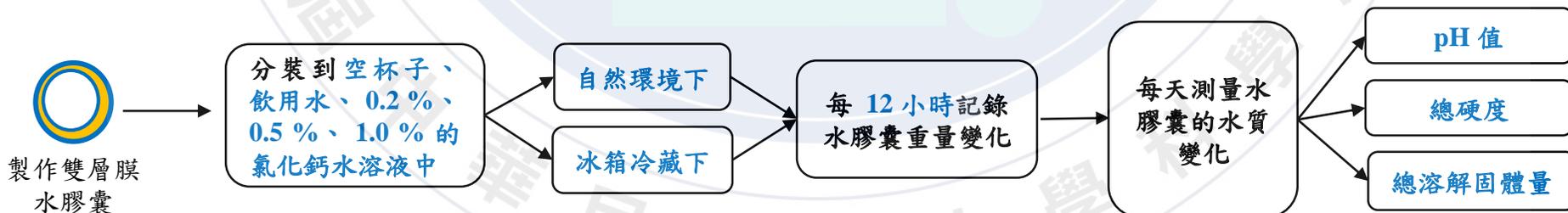


5. 不同濃度雙層膜水膠囊的比較



方便攜帶性

研究雙層膜水膠囊的保存方法與保存期間的水質變化

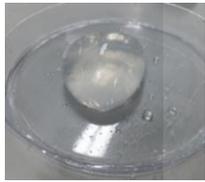


研究結果與討論

提高含水量

探討雙層膜水膠囊的製作方法

方法1. Ooho 的作法



海藻酸鈉 →
氯化鈣

缺點:含水量少

方法2. 提高含水量



冰塊 → 海藻酸鈉
→ 氯化鈣

缺點:膜包不住冰

方法3. 提高成功率

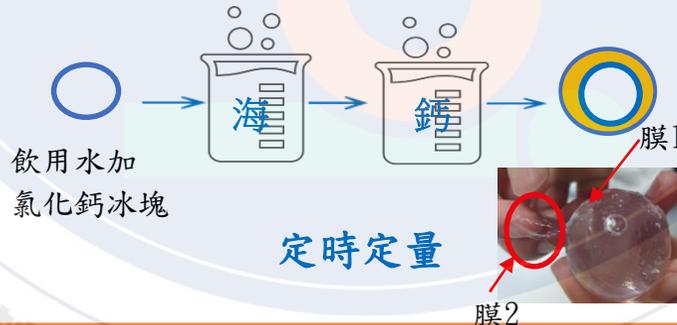


氯化鈣冰塊 → 海
藻酸鈉 → 氯化鈣

缺點:多氯化鈣



方法4. 首創雙層膜水膠囊的製作方法



方法5. 找出雙層膜水膠囊的 理想濃度:

海藻酸鈉 0.5 % ~ 3.0 % 間最好
氯化鈣 0.8 % 以上較能成功

最佳濃度:

1.0 % 海藻酸鈉配
上 1.0 % 氯化鈣



✓ 雙層膜與單層膜水膠囊的 堅硬度比較:

耐重力、耐拉力、耐摔力

雙層膜 > 單層膜 A > 單層膜 B

研究結果與討論

方便攜帶性

研究雙層膜水膠囊的保存方法與保存期間的水質變化

保存方法

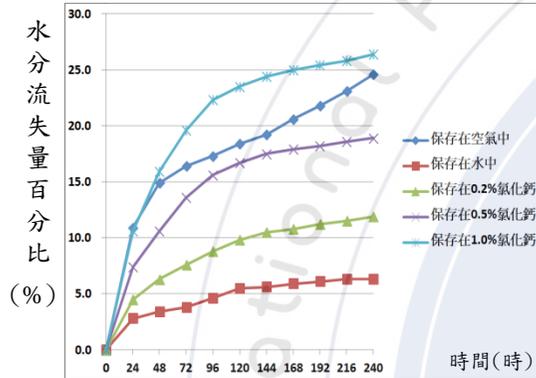


圖1：自然環境下不同方式保存水膠囊的水分流失率比較圖

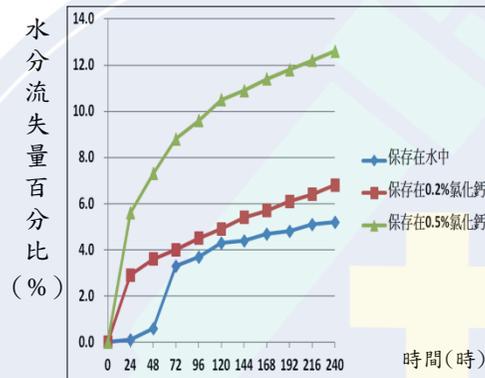


圖2：冰箱冷藏下不同方式保存水膠囊的水分流失率比較圖

- ✓ 保存在水中
水分流失率最少 (冰箱冷藏 5.2%)
容易破裂。
- ✓ 保存在 0.2% 氯化鈣中 
水分流失率第二少 (冰箱冷藏 6.8%)
不容易破裂。
- ✓ 保存效果
冰箱冷藏優於自然環境。



保存期間水質變化

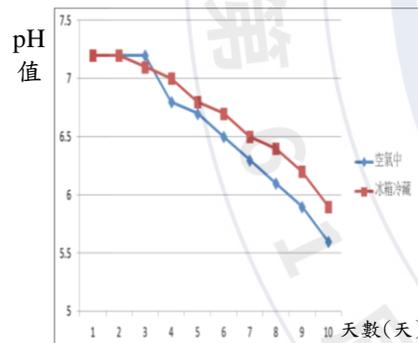


圖3：水膠囊水在不同環境下pH值的變化圖

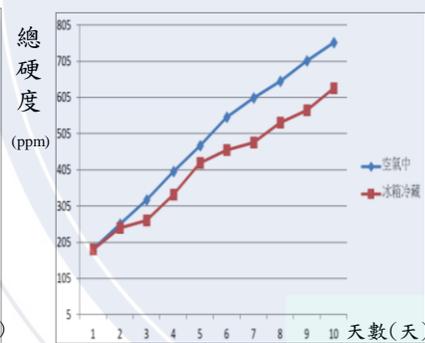


圖4：水膠囊水在不同環境下總硬度的變化圖

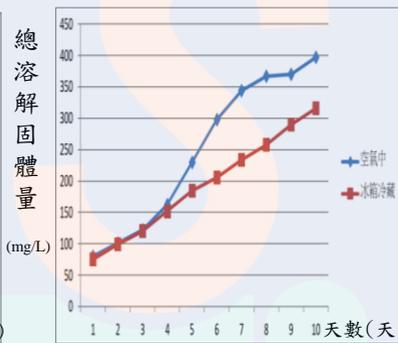


圖5：水膠囊水在不同環境下總溶解固體量的變化圖

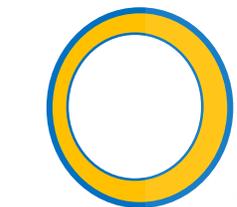
- ✓ 冷藏保存 10 天的水膠囊水
 - pH值：9 天內
 - TBS：3 天內
 - TDS：10 天內
 } 符合水質標準
- ✓ 每項測試在不含防腐劑下，水質逐漸變差。
- ✓ 冷藏方式有助於水質保持。

最佳保存方法：浸泡在 0.2% 氯化鈣水溶液中並冷藏 建議盡早食用完畢

研究方法

方便攜帶性

探討不同濃度雙層膜水膠囊的耐重力、耐拉力與耐摔力

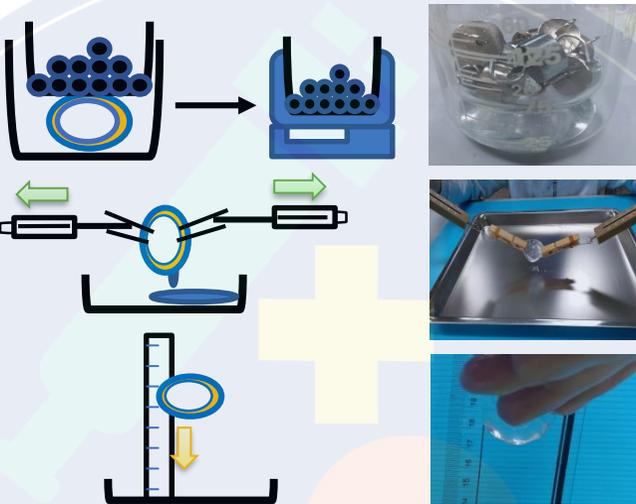


製作雙層膜水膠囊

耐重力

耐拉力

耐摔力



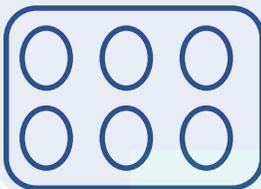
破裂後記錄水膠囊
所能承受的耐力

環保減塑

研究雙層膜水膠囊囊膜的分解比較



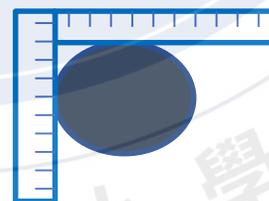
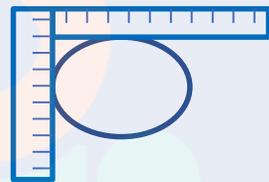
製作雙層膜水膠囊



放在空氣中



埋在土壤裡



每天固定記錄囊膜
面積及厚度的變化

研究結果與討論

方便攜帶性

探討不同濃度雙層膜水膠囊的耐重力、耐拉力與耐摔力

耐重力

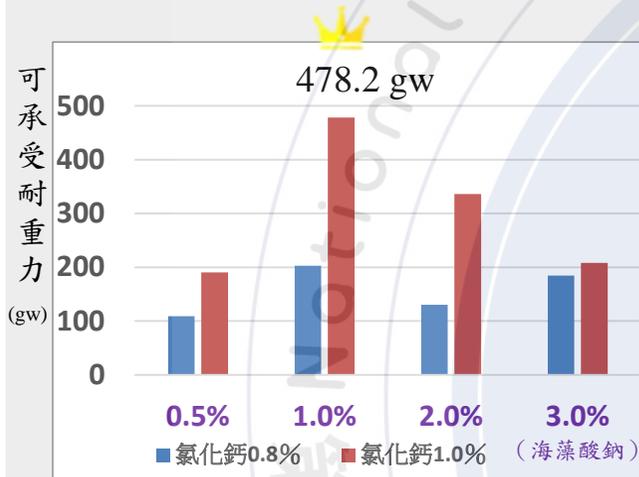


圖6：不同濃度雙層膜水膠囊的耐重力實驗結果

1.0 % 海藻酸鈉、1.0 % 氯化鈣製得產物，其耐重力最佳，可達單層膜的 **2倍** 耐重力。

耐拉力

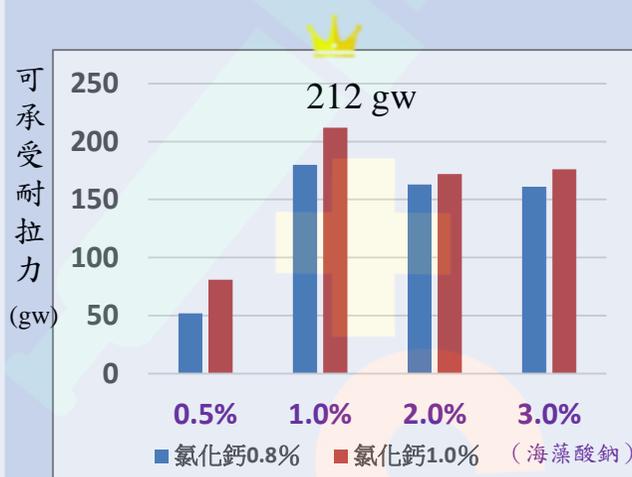


圖7：不同濃度雙層膜水膠囊的耐拉力實驗結果

1.0 % 海藻酸鈉、1.0 % 氯化鈣製得產物，其耐拉力最佳，可達單層膜的 **2倍** 耐拉力。

耐摔力



圖8：不同濃度雙層膜水膠囊的耐摔力實驗結果

1.0 % 海藻酸鈉、1.0 % 氯化鈣製得產物，其耐摔力最佳，比單層膜的耐摔力要好。

- ✓ 1. 實驗結果：雙層膜水膠囊的耐重力、耐拉力與耐摔力的大小順序主要受海藻酸鈉溶液濃度影響，順序為：**1.0 % > 2.0 % > 3.0 % > 0.5 %**（海藻酸鈉水溶液）
- 2. 以**1.0 % 海藻酸鈉、1.0 % 氯化鈣**水溶液製得雙層膜水膠囊的耐重力、耐拉力與耐摔力**最好**。

研究結果與討論

環保減塑

研究雙層膜水膠囊囊膜的分解比較

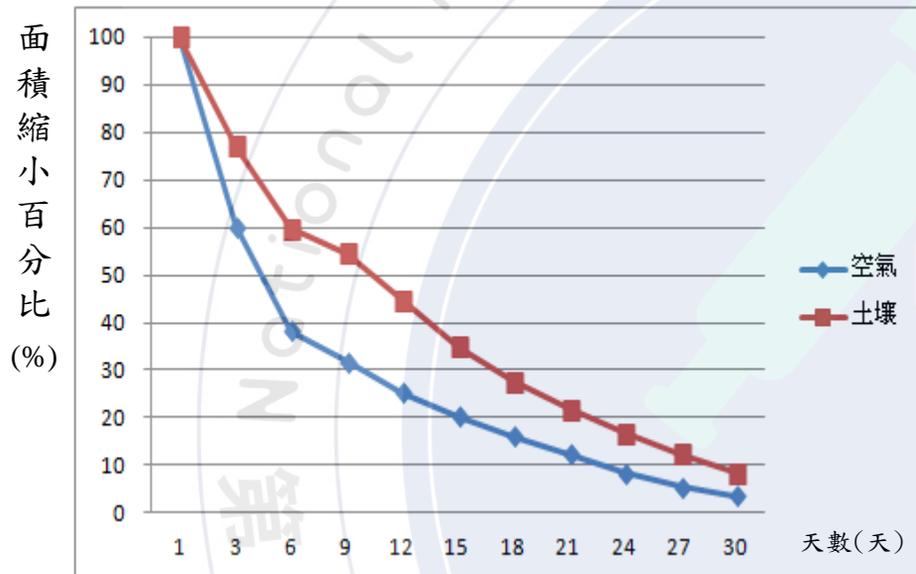


圖9：水膠囊囊膜的分解觀察比較圖



空氣中



土壤裡

放在空氣中分解

埋在土壤裡分解

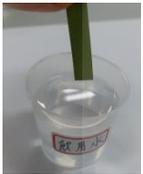
- ✓ 囊膜面積分解經過 30 天
放在**空氣中**-面積縮小至剩 **3.7 %**
埋在**土壤中**-面積縮小至剩 **8.4 %**
- ✓ 埋在土壤裡的水膠囊囊膜
面積縮小速度較空氣中**慢**
(可能因為受土壤裡的溼氣影響緣故)
- ✓ 水膠囊囊膜**面積快速縮小**
既不**占空間**又**環保**
可以達到**減塑愛地球**的目標

研究方法

安心食用

探討不同濃度的雙層膜水膠囊水質測試

1. 酸鹼值測試



廣用試紙

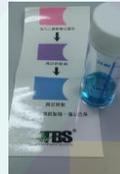


pH測試筆

2. 總硬度測試(TBS)



TBS總硬度測試劑



肥皂檢測

3. 總溶解固體量測試(TDS)



TDS總溶解固體量測試筆

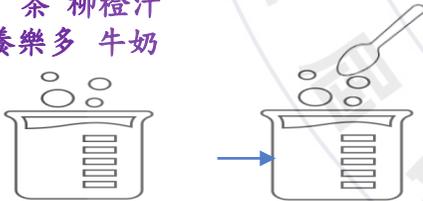


增加實用性

研究飲料膠囊的製作方式

1. 將飲料與海藻酸鈉攪拌方法

茶 柳橙汁
養樂多 牛奶

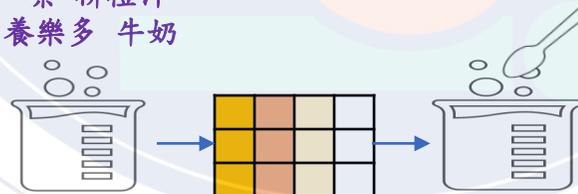


四種飲料與
海藻酸鈉攪拌

浸置在 1.0 %
氯化鈣 5 分鐘

2. 將飲料攪拌海藻酸鈉溶液製成冰塊方法

茶 柳橙汁
養樂多 牛奶



四種飲料與
海藻酸鈉攪拌

製冰

浸置在 1.0 %
氯化鈣 5 分鐘

3. 將飲料製成冰塊，再裹上一層氯化鈣水溶液方法

茶 柳橙汁
養樂多 牛奶



果汁加
氯化鈣冰

海藻酸鈉
澆淋 2 分鐘

浸置在 1.0 %
氯化鈣 5 分鐘

研究結果與討論

安心食用

探討不同濃度的雙層膜水膠囊水質測試

酸鹼值

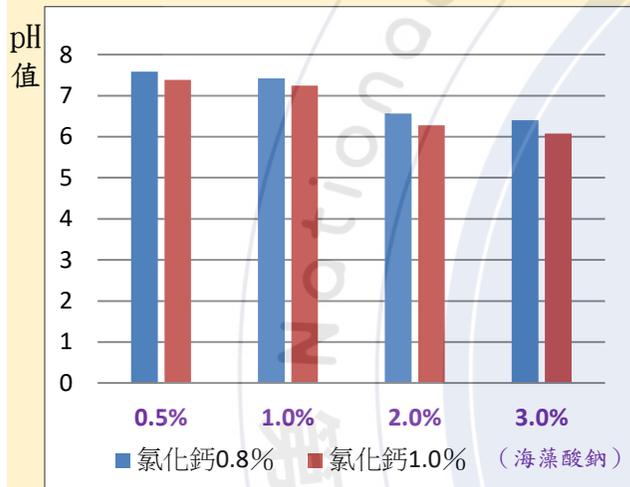


圖10：不同濃度雙層膜水膠囊的 pH 值實驗結果

pH 值皆介於 **6.1 ~ 7.6** 之間，符合「飲用水水質標準」。

總硬度

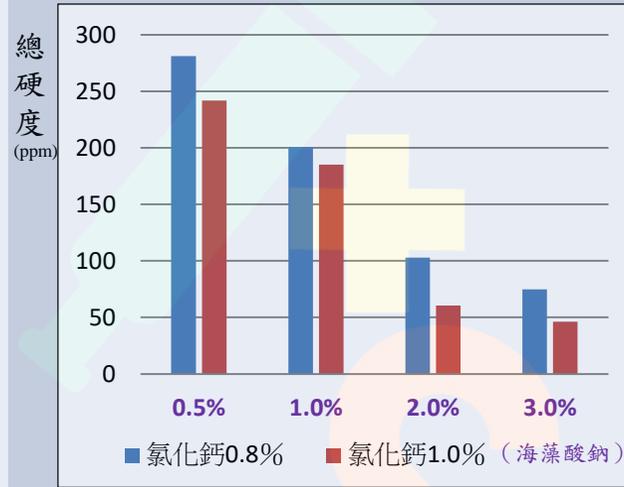


圖11：不同濃度雙層膜水膠囊的總硬度實驗結果

總硬度皆介於 **46.3 ~ 281.2** ppm，符合「飲用水水質標準」。

總溶解固體量

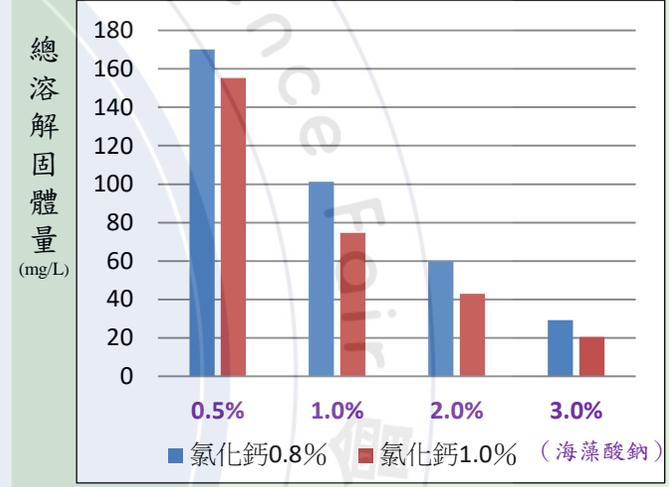


圖12：不同濃度雙層膜水膠囊的總溶解固體量實驗結果

總溶解固體量皆介於 **20.4 ~ 170.2** mg/L，符合「飲用水水質標準」。

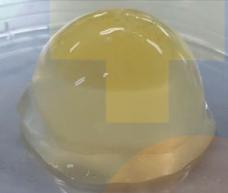
- ✓ 可以安心食用：雙層膜水膠囊的水質不管是**酸鹼值**、**總硬度**及**總溶解固體量**都符合飲用水水質標準。
- ✓ 當海藻酸鈉水溶液的濃度愈高，所製造出的水膠囊水也相對偏弱酸性、起泡程度多、皂垢少、總溶解固體量**越小**。

研究結果與討論

增加實用性

研究飲料膠囊的製作方式

表一：製作飲料膠囊的方法比較表

方 材 法 料	攪拌海藻酸鈉再 做成飲料膠囊	攪拌海藻酸鈉並 製成冰塊再做成 飲料膠囊	製成飲料加氯化 鈣冰塊再做成飲 料膠囊
茶	 可以成形	 可以成形	 可以成形
果汁	 不易成形	 可以成形	 可以成形
養樂多	 不能成形	 不能成形	 可以成形
牛奶	 不能成形	 不能成形	 可以成形



- ✓ 飲料攪拌海藻酸鈉方法：
只有茶成形
- ✓ 飲料攪拌海藻酸鈉冰塊方法：
只有茶、果汁可成形
- ✓ 飲料加氯化鈣冰塊方法：
茶、果汁、養樂多、牛奶皆成功
- ✓ 飲料膠囊開發可以**增加應用性**、
推廣性，取代塑膠瓶，**達到**我們
要**減塑**、**環保**的目標。

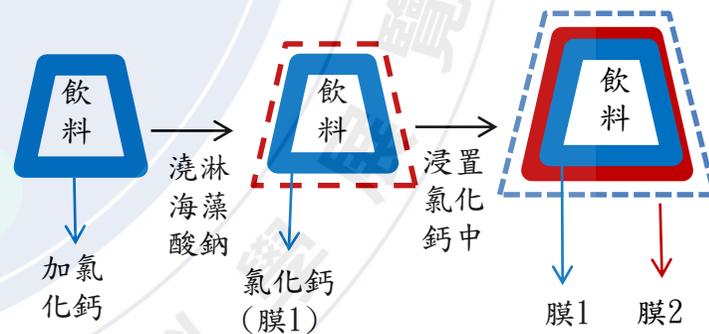


圖13:最佳雙層膜飲料膠囊製作過程圖

結論

首創雙層膜水膠囊

製
方
法

最佳配方：0.5% ~ 3.0% 海藻酸鈉、0.8%、1.0% 氯化鈣水溶液。
最佳製程：飲用水加 1.0% 氯化鈣冰塊→澆淋 1.0% 海藻酸鈉水溶液
2分鐘→浸置 1.0% 氯化鈣水溶液 5分鐘。

含
量
高

保
存
測
試

最佳保存方法：浸在 0.2% 氯化鈣溶液中、冷藏，10天水分流失率 6.8%。

方
便
攜

耐
力
測
試

最佳耐力配方：1.0% 海藻酸鈉、1.0% 氯化鈣水溶液濃度。

方
便
攜

分
解
測
試

囊膜面積快速縮小：在空氣中，囊膜面積 30 天分解至剩 3.7%。

環
保
減
塑

水
質
測
試

符合飲用水水質標準：酸鹼值、總硬度及總溶解固體量皆符合。

安
心
用

飲
料
膠
囊

符合大眾期待：成功開發雙層膜飲料膠囊製法，增加美味，提升普及性。

實
用
性
佳

達到減塑環保的目標

未來-替代奶精球等塑膠包膜

參考資料

- 1.自然與生活科技六下，康軒出版社，2020年。
- 2.吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測。
- 3.倫敦馬拉松上的海藻球「Ooho!」，目標是替代所有塑料製品。