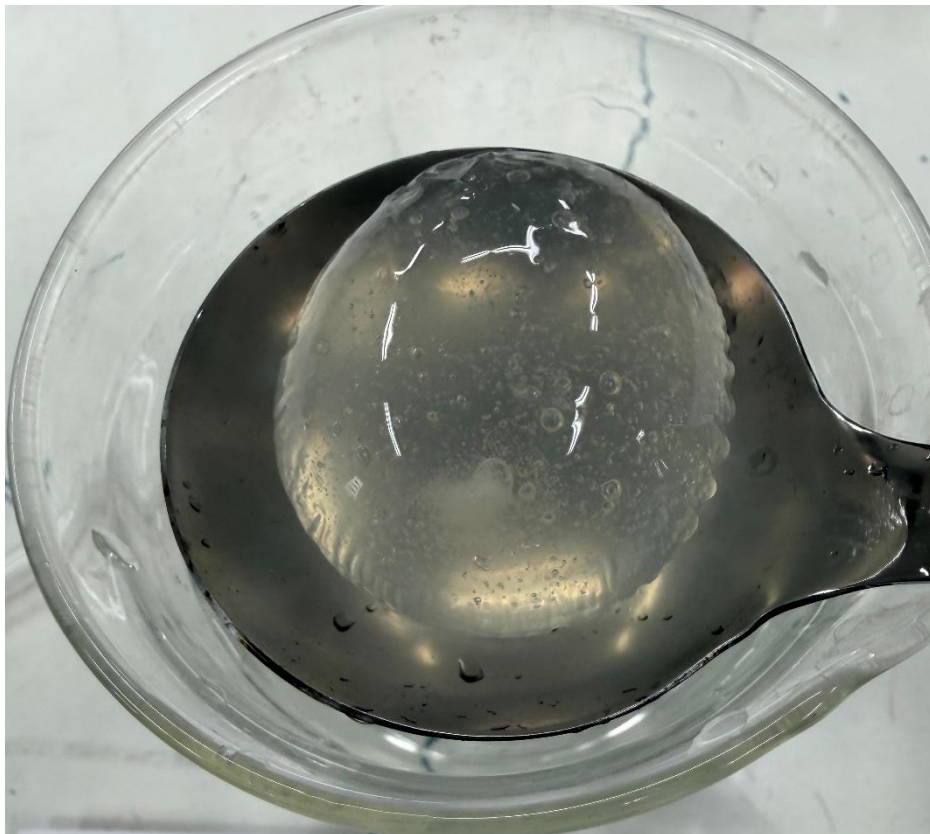


「球」個環保！

~探究自製水膠囊成膜的最佳比例與耐力程度



研究者:林亮宇

指導老師:吳妮真

第一章 緒論

第一節 研究動機

學校及政府都積極的推動環保減塑活動，也讓我意識到塑膠對海洋的嚴重汙染，促使我想要了解更多關於海洋汙染的報導。其中我發現寶特瓶的傷害最大，所以我上網查可以取代寶特瓶的物品時，發現「Ooho」這個產品，它是利用海藻酸鈉和氯化鈣溶液產生的化學反應，做出一層薄薄的環保膜來包裹飲用水，外表看起來就像一顆顆透明的大水球。

我想透過這次的研究探討海藻酸鈉和氯化鈣的濃度要怎麼調整，才能做出最不容易破、且口感最完美的膠囊。我希望藉由這次的實驗結果，一起為減塑盡一份心力，也希望能創造出那種「咬下一口就爆水」的驚奇體驗，讓環保變成一件既酷炫又好玩的事情！

第二節 研究目的

- 一、 了解水膠囊的製作方式與步驟。
- 二、 透過實驗找出不同製作方法的水膠囊之最佳濃度比例。
- 三、 比較不同濃度比例水膠囊的 pH 值、TDS 總溶解固體量。
- 四、 透過實驗比較不同製作方法水膠囊之耐用性，包含耐重力、耐拉力、耐摔力及耐穿刺力。
- 五、 將不同酸鹼值的飲料加入水膠囊，測試膠囊的承裝狀態並試喝。

第三節 研究問題

1. 不同製作方式的水膠囊有哪些差異？
2. 海藻酸鈉和氯化鈣的最佳濃度比例為何？
3. 不同製作方式的水膠囊在水質測試中有哪些差異？
4. 不同製作方式的水膠囊在耐重力、耐拉力、耐摔力及耐穿刺力中有哪些差異？
5. 將不同酸鹼值的飲料加入水膠囊測試膠囊的承裝狀態，試喝後跟原本的飲料有哪些差異？

第四節 名詞解釋

壹、海藻酸鈉

海藻酸鈉是一種從褐藻中提取的天然多醣，廣泛用作食品工業的增稠劑、穩定劑、乳化劑和凝膠劑。它易溶於冷水和熱水，形成黏稠的膠體溶液，並可與多價金屬離子作用形成凝膠。海藻酸鈉無毒且可食用，在冰淇淋、沙拉醬、果凍和麵包等食品中應用廣泛，也可在紡織、印染和造紙等行業中使用。

貳、氯化鈣(可食用)

氯化鈣是一種無機化合物，常呈白色結晶固體，具有極強的吸濕性，易溶於水。它被廣泛應用於多種工業和日常用途，例如作除濕劑、冷凍劑、路面融雪劑、乾燥劑以及在食品工業中作為固化劑或添加劑。

參、總溶解固體量（英文簡稱「TDS」）

是指水中溶解的所有無機物（如鈣、鎂、鈉）和有機物的總量，通常以毫克/升（mg/L）或 ppm 表示。TDS 值越高，表示水中含有的溶解性物質越多、雜質越多；它能反映水的礦化程度與純淨度。雖然 TDS 值越高不一定代表水質越差，但過高的數值可能會影響飲用水的口感，因此許多國家和地區都有訂定相關的水質標準。

依據環境部公布之「飲用水水質標準」規定，臺灣 TDS 最高現
值為 500 mg/L。臺北自來水事業處 114 年度更新之資料，並於官方
網站揭露，臺灣自來水事業處實測、臺灣、美國及日本等地的 TDS
數據如下表 1-1 各國家 TDS 標準統整表

表 1-1 各國家 TDS 標準統整表

水質項目 (Parameters)	臺北水 質現況	臺灣 (2022)	美國 (2018)	日本 (2022)	歐盟 (2020)	WHO (2022)
總溶解固體量 (TDS)	61	≤500	500*5	≤500	無明確 限值	無明確 限值

第二章 文獻探討

第一節 水膠囊介紹

壹、 水膠囊的介紹

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 Ooho「水球」膠囊，見下圖 2-1 Ooho「水球」膠囊。Ooho「水球」膠囊圓潤的外型，所以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，使用褐藻提取物製作，具有強韌、靈活且具生物分解性的特點，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。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。



圖 2-1 Ooho「水球」膠囊

貳、 水膠囊的製作方法

水膠囊的形成主要是透過海藻酸鈉與鈣離子的交聯反應，目前水膠囊主要分為兩種製作方法，第一種為新型水膠囊，第二種為冰式水膠囊。這兩種方法皆可製作出單層膜及雙層膜的水膠囊，詳細製作內容及單、雙層膜的做法介紹如下。

一、 新型水膠囊

新型水膠囊製作方式僅用純水、氯化鈣及海藻酸鈉溶液即可製作出晶球膠囊，而新型雙層水膠囊在製作過程中，將單層水膠囊與海藻酸鈉溶液及氯化鈣產生第二次的交聯作用，所以多增加一層薄膜，摸起來較有厚實感。

新型水膠囊相較於冰式水膠囊製作上差異，不需要提前準備純水冰塊及氯化鈣冰塊，所以製作時間上較短。

(一) 新型單層水膠囊

● 製作步驟：

1. 製作原始晶球:利用海藻酸鈉與氯化鈣交聯反應，製作出一顆完整的膠體晶球。
2. 內容物抽換:將晶球戳破取出晶球內原有的海藻酸鈉溶液。
3. 填充與封口:在空心的晶球中灌入純水，最後將戳洞處淋上海藻酸鈉溶液，並放入氯化鈣中進行封膜處理，即完成新型

單層水膠囊。

(二) 新型雙層水膠囊

● 製作步驟：

1. 完成上述「新型單層水膠囊」的所有步驟。
2. 將新型單層水膠囊成品再次淋上一層海藻酸鈉溶液。
3. 放入氯化鈣溶液中進行反應，形成第二層防護膜。

二、冰式水膠囊

冰式水膠囊製作特色不需要直接灌水到薄膜中，因為冰塊會直接在薄膜中融化變成水，所以少了灌水這個步驟。冰式的製作方法需要提前準備純水冰塊及氯化鈣冰塊，所以製作時間上較長。

(一) 冰式單層水膠囊

● 製作步驟：

1. 製作氯化鈣冰塊：將氯化鈣溶液倒入選定的球型模具中進行冷凍，製成球型氯化鈣冰塊。
2. 二次模具定型：將氯化鈣冰塊取出，放入另一個尺寸稍大（預留製作膠膜的空間）的球型模具，在模具中倒入海藻酸鈉溶液，確保溶液完整包覆冰塊。
3. 靜置與融化：靜置約一天，等待氯化鈣冰塊融化，並與外層的海藻酸鈉進行交聯反應，即可完成冰式單層水膠囊。

(二) 冰式雙層水膠囊

● 製作步驟:

1. 完成上述「冰式單層水膠囊」的所有步驟。
2. 置入大型模具:準備一個尺寸更大的球型模具，將已完成的「冰式單層水膠囊」放入其中。
3. 填充與包覆:先在模具中倒入第二層海藻酸鈉溶液進行包覆，隨後再加入氯化鈣溶液。
4. 完成雙層結構:待兩者反應完全後，即可獲得具有雙層膠膜構造的冰式雙層水膠囊。

參、 新型水膠囊與冰式水膠囊之差異說明

冰式水膠囊的製作特色為不需要直接灌水到薄膜中，而是在薄膜中放入結冰的純水，因為冰塊會直接在薄膜中融化變成水，所以少了灌水這個步驟。

冰式水膠囊的膠囊成形率相較於新型水膠囊較高，主要原因在於新型水膠囊為了灌水需要戳破薄膜，在戳破過程中無法控制力道，以致薄膜破裂。但冰式水膠囊不須此步驟，因此降低薄膜破裂的風險。

而新型水膠囊相較於冰式水膠囊在製作上因為不需要提前準備純水冰塊及氯化鈣冰塊，所以製作時間較短。

第二節 水膠囊相關研究

以下相關研究是我從臺灣網路科教館中以關鍵字水膠囊、海藻酸鈉、氯化鈣等詞，搜尋科展作品檢索中整理；見下表 2-1 環保水膠囊相關研究整理表。

表 2-1 環保水膠囊相關研究整理表

研究名稱/ 科展屆數	研究目的與重點摘要	重要發現與參考價值
吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測 / 第 56 屆	<p>探討單層無瓶水製作方式（傳統純水結冰法）及保存、各項性質檢測。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 海藻酸鈉水溶液濃度以 0.5%~2% 為佳。 2. 海藻酸鈉濃度超過 2% 會過於濃稠，不易製作。 3. 氯化鈣至少 1%；乳酸鈣至少 2%。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 製作無瓶水的原料比例：0.5%-2%海藻酸鈉搭配 1%氯化鈣較易成功。 2. 海藻酸鈉濃度若超過 2%，溶液會過於濃稠不易製作。 3. 有效保存方式為浸泡於水中並放置冰箱冷藏
「混」是「膜」王—探討海藻酸鈉及澱粉混和薄膜的特性 / 第 59 屆	<p>探討海藻酸鈉中加入不同澱粉（玉米、糯米、麵粉）製成混和薄膜的特性，並製成吸水墊。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 海藻酸鈉在持續攪拌、水溫較高下溶解較快；常溫靜置最慢但最乾淨透明；水溫越高（如 80°C）配置的海藻酸鈉溶液黏度越大。 2. 加入澱粉粉末有助於海藻酸鈉的溶解。 3. 海藻酸鈉薄膜（交聯後）厚度較厚、面積縮小、有變形捲曲，且十分親水（水滴快速暈開/吸收）但不溶解。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海藻酸鈉溶液的製備方法（常溫靜置/加熱攪拌）對黏度和透明度的影響。 2. 添加澱粉粉末有助於加速海藻酸鈉的溶解。

研究名稱/ 科展屆數	研究目的與重點摘要	重要發現與參考價值
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 /第 61 屆	<p>探討以「含鈣冰塊」成膜的雙層膜水膠囊製作法，並找出最佳保存條件及水質變化。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 雙層膜水膠囊比單層膜堅硬。理想濃度：0.5%~3.0%海藻酸鈉配上 0.8%、1.0%氯化鈣。 2. 最佳製作步驟：飲用水加 1.0% 氯化鈣冰塊 泡入 1.0% 海藻酸鈉溶液 2 分鐘再泡回 1.0% 氯化鈣溶液 5 分鐘。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 製作雙層膜水膠囊的配方與步驟：使用氯化鈣冰塊作核心，以達到高含水量。 2. 雙層膜比單層膜更堅硬。 3. 證實雙層膜的耐重、耐拉與耐摔力皆優於單層膜。
凡事「球」一個「圓」-環保洗衣球之研究 /第 61 屆	<p>探討海藻酸鈉濃度對洗衣球膜厚度之影響。製作環保洗衣膠球，尋找能讓外膜最堅固的製作條件與環境。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 海藻酸鈉濃度在 2.5% 時，球膜厚度最厚、包覆能力最佳。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海藻酸鈉濃度在 2.5% 時，薄膜最為堅固。 2. 製作海藻酸鈉溶液與氯化鈣溶液的基礎方法。
「囊囊」上口-新型水膠囊之研發 /第 63 屆	<p>探究新型水膠囊（中空/雙層膜）最佳化之成膜條件；突破傳統冰式水膠囊限制，首創「先製膜再裝水」的新型真雙層膜技術，並開發創意形體。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 3.0 %、4.0 % 海藻酸鈉溶液較圓、不易變形。 2. 透明度：海藻酸鈉濃度越低（1.0%~3.0%）越清澈。 3. 氯化鈣溶液濃度越高（3.0%、4.0 %）鹹味越重；低濃度（1.0%、2.0 %）接近無味。 <p>最佳製作濃度：3.0 % 海藻酸鈉配上 1.0 % 氯化鈣溶液。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 囊膜的塑形、透明度、立體性、口感、厚度等評比方式。 2. 最佳製作濃度：3.0 % 海藻酸鈉配上 1.0 % 氯化鈣溶液。 3. 理想濃度範圍：1.0 % ~ 4.0 % 海藻酸鈉配上 1.0 %、2.0 %氯化鈣。

第三章 研究方法

第一節 研究架構

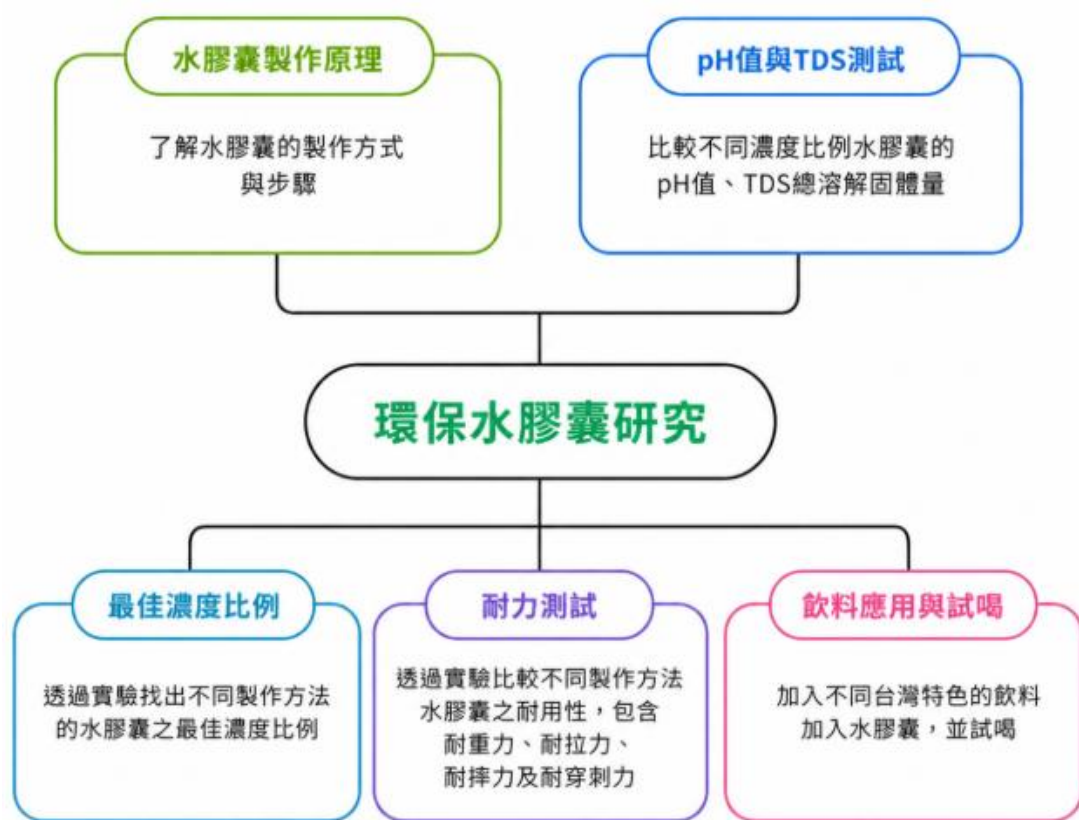


圖 3-1 研究架構圖

第二節 研究流程

1. 了解水膠囊的原理及製作方式。
2. 製作不同製作方式的環保水膠囊。
3. 比較不同製作方式水膠囊的最佳濃度比例。
4. 比較不同製作方式水膠囊的水質測試結果。
5. 測試最佳濃度比例水膠囊的耐重、耐拉、耐壓與耐穿刺力。
6. 以最佳濃度比例水膠囊加入不同的酸鹼度液體

第三節 研究設備及器材

壹、 研究設備與器材

我將這次實驗所用到的器材與工具整理到下表 3-1 研究設備與器材表。

表 3-1 研究設備與器材表。

 <p>海藻酸鈉</p>	 <p>氯化鈣</p>	 <p>電子秤</p>	 <p>燒杯</p>
 <p>直徑 2.5 公分 圓形冰塊盒</p>	 <p>直徑 3.5 公分 圓形冰塊盒</p>	 <p>直徑 4.5 公分 圓形冰塊盒</p>	 <p>直徑 5.5 公分 圓形冰塊盒</p>
 <p>攪拌棒</p>	 <p>滴管</p>	 <p>針筒</p>	 <p>彈簧秤</p>
 <p>木夾子</p>	 <p>TDS 總溶解固體量 測試筆</p>	 <p>pH 測試筆、buffer 酸鹼值 PH 校正液</p>	

第四節 實驗設計

壹、 四種不同類型水膠囊的最佳濃度比例

此實驗主要想找出冰式單層膜、冰式雙層膜、新型單層膜及新型雙層膜四種不同類型水膠囊的最佳濃度比例。

實驗一：冰式單層膜水膠囊

此實驗主要目的為製作冰式單層膜水膠囊，並透過不同的溶液濃度比例的製作，找出水膠囊的最佳調配比例與製作方法，濃度比例分別為 0.5% 的海藻酸鈉加上 0.5% 氯化鈣、0.5% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、0.5% 的海藻酸鈉和 2% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉和 0.5% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉加上 2% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 0.5% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 2% 氯化鈣，製作流程可見下表 3-2 冰式單層膜水膠囊製作流程表。

● 實驗步驟：

1. 先製作純水冰塊並調配不同比例的氯化鈣水溶液及海藻酸鈉水溶液。
2. 將純水冰塊放入較大的模具(直徑 3.5 公分)中，把不同比例的氯化鈣水溶液倒入冰塊模具中，放回冷凍庫製作不同比例的氯化鈣冰塊。

3. 取出氯化鈣冰塊放入直徑 4.5 公分的模具中，倒入不同比例的海藻酸鈉水溶液。
4. 在常溫下靜置直到氯化鈣冰塊融化後與海藻酸鈉水溶液產生交聯作用，即可製成不同比例的冰式單層膜水膠囊。

表 3-2 冰式單層膜水膠囊製作流程表

			
1. 將純水冰塊放入模具，倒入氯化鈣水溶液。	2. 製作出不同比例的氯化鈣冰塊。	3. 氯化鈣冰塊放入模具中，倒入海藻酸鈉水溶液。	4. 氯化鈣冰塊融化後製成冰式單層膜水膠囊。

實驗二：冰式雙層膜水膠囊

此實驗主要目的為製作冰式雙層膜水膠囊，並透過不同溶液濃度比例的製作，找出水膠囊的最佳調配比例與製作方法，濃度比例分別為 0.5% 的海藻酸鈉加上 0.5% 氯化鈣、0.5% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、0.5% 的海藻酸鈉和 2% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉和 0.5% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉加上 2% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 0.5% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 2% 氯化鈣。

● 實驗步驟：

1. 先製作出不同濃度比例的冰式單層膜水膠囊。

2. 將不同濃度比例的冰式單層膜水膠囊放入直徑 5.5 公分的模具中，倒入不同比例的海藻酸鈉水溶液。
3. 澆淋不同比例的氯化鈣水溶液，讓氯化鈣水溶液與海藻酸鈉水溶液產生交聯作用，即可製成不同比例的冰式雙層膜水膠囊。

實驗三：新型單層膜水膠囊





此實驗主要目的為製作新型單層膜水膠囊，並透過不同的溶液濃度比例的製作，找出水膠囊的最佳調配比例與製作方法，濃度比例分別為 0.5% 的海藻酸鈉加上 0.5% 氯化鈣、0.5% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、0.5% 的海藻酸鈉和 2% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉和 0.5% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉加上 2% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 0.5% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 2% 氯化鈣，實驗製作流程見下表 3-3 新型單層膜水膠囊製作流程表。

● 實驗步驟：

1. 先調配出不同比例的海藻酸鈉水溶液及氯化鈣水溶液。
2. 將不同比例的海藻酸鈉水溶液分別倒入湯匙中。
3. 將裝有海藻酸鈉水溶液的湯匙放入不同比例的氯化鈣水溶液中，靜置 20 分鐘直到膠囊成型。

4. 將不同比例的膠囊用滴管戳洞，擠出膠囊內液態的海藻酸鈉水溶液，形成中空的膠囊薄膜。
5. 用裝有純水的針筒擠入不同比例的膠囊薄膜中。
6. 在膠囊薄膜缺口上澆淋不同比例的海藻酸鈉水溶液。
7. 將膠囊放入不同比例的氯化鈣水溶液中，靜置 5 分鐘即形成不同比例的新型單層膜水膠囊。

表 3-3 新型單層膜水膠囊製作流程表

 <p>1. 將海藻酸鈉水溶液倒入湯匙中。</p>	 <p>2. 放入氯化鈣水溶液中，靜置 20 分鐘。</p>	 <p>3. 用滴管戳洞，擠出內容物形成中空的膠囊薄膜。</p>
 <p>4. 將純水擠入膠囊薄膜。</p>	 <p>5. 在缺口上澆淋海藻酸鈉水溶液。</p>	 <p>6. 放入氯化鈣水溶液中，靜置 5 分鐘後撈出。</p>

實驗四：新型雙層膜水膠囊

此實驗主要目的為製作新型雙層膜水膠囊，並透過不同的溶液濃度比例的製作，找出水膠囊的最佳調配比例與製作方法，濃度比例分別為 0.5% 的海藻酸鈉加上 0.5% 氯化鈣、0.5% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、0.5% 的海藻酸鈉和 2% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉和 0.5% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉加上 2% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 0.5% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 2% 氯化鈣。

● 實驗步驟：

1. 先製作出不同濃度比例的新型單層膜水膠囊。
2. 將不同濃度比例的新型單層膜水膠囊放入直徑 5.5 公分的模具中，倒入不同比例的海藻酸鈉水溶液。
3. 澆淋不同比例的氯化鈣水溶液，讓氯化鈣水溶液與海藻酸鈉水溶液產生交聯作用，即可製成不同比例的新型雙層膜水膠囊。

貳、 四種不同類型水膠囊的水質測試

此實驗主要想了解不同濃度比例的冰式單層膜水膠囊、冰式雙層膜水膠囊、新型單層膜水膠囊及新型雙層膜水膠囊在 pH 測試及 TDS 檢測中是否有所變化，此四種水膠囊的濃度比例分別為 0.5% 的海藻酸鈉加上 0.5% 氯化鈣、0.5% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、0.5% 的海藻酸鈉和 2% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉和 0.5% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、1% 的海藻酸鈉加上 2% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 0.5% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 1% 氯化鈣、2% 的海藻酸鈉和 2% 氯化鈣。

● 實驗步驟：

1. 依序將不同比例的冰式單層膜水膠囊、冰式雙層膜水膠囊、新型單層膜水膠囊及新型雙層膜水膠囊用滴管戳洞，將膠囊內的水擠入兩個不同容器內。
2. 將 TDS 檢測筆的探頭放入其中一個容器內，待數據穩定後讀取數值並記錄。
3. 將 pH 測試筆的探頭放入另一個容器內，待數據穩定後讀取數值並記錄。

參、 水膠囊的耐力測試

此實驗中使用冰式單層膜水膠囊及新型單層膜水膠囊實驗中的最佳濃度比例，因為在實際製作過程中發現雙層膜水膠囊中的雙層結構，雖然能提供更好的保護，但口感不佳；而且單層膜水膠囊已有一定的耐力，所以在此實驗中僅以之前實驗結果最好的 2%海藻酸鈉加上 2%氯化鈣製成的冰式單層膜水膠囊及新型單層膜水膠囊進行耐重力、耐拉力、耐摔力及耐穿刺力四種實驗。

實驗一：耐重力

本實驗在測試水膠囊在受壓情況下的最大承重能力，並比較「冰式單層膜」與「新型單層膜」水膠囊的耐力差異。

● 實驗步驟：

1. 準備兩種水膠囊（2%海藻酸鈉 + 2%氯化鈣製成的「冰式單層膜」與「新型單層膜」），並觀察外觀是否完整。
2. 將一顆待測水膠囊輕輕放置於水平桌面上的培養皿中央，確保位置穩固不會滑動。
3. 架設加壓平台：將另一個空的培養皿平放在水膠囊上方，再將空燒杯垂直放置於培養皿的正中心，利用培養皿增加受力面積，確保燒杯能平衡地壓在水膠囊上。

4. 穩定加水加壓:緩慢且連續地將水注入燒杯中。注意注入過程要儘量輕柔，避免水的衝擊力造成水膠囊提早破裂。
5. 緩慢且連續地將水注入燒杯中。注意注入過程要儘量輕柔，避免水的衝擊力造成水膠囊提早破裂。
6. 使用電子秤測量「燒杯內的水」的總重量，並記錄下該數值。
7. 每一種水膠囊重複上述步驟5次，取其平均值，以減少實驗誤差並提高結果的準確性。

實驗二：耐拉力

本實驗在測量水膠囊在受力拉扯時所能承受的極限拉力值(gw)，並比較「冰式單層膜」與「新型單層膜」水膠囊的耐力差異。

● 實驗步驟:

1. 準備測量工具準備好彈簧秤、專用的木夾，以及待測的兩種水膠囊(2%海藻酸鈉 + 2%氯化鈣製成的「冰式單層膜」與「新型單層膜」)，並觀察外觀是否完整。
2. 夾取並固定樣本:使用木夾輕輕夾住水膠囊一側的膜衣。注意夾取的位置要避開缺口，且夾力要適中，避免木夾直接將膜衣夾斷。

3. 彈簧秤的掛勾牢固地扣在木夾的環扣上，確保彈簧秤、夾子與水膠囊連成一線，以便受力平均。
4. 執行緩慢拉伸一手固定水膠囊的底端，另一手緩慢且穩定地向上拉動彈簧秤。
5. 觀察並捕捉數值在拉伸過程中，雙眼緊盯彈簧秤的數值變化。觀察水膠囊膜衣被拉長、變形的情況，直到膜衣破裂的那一瞬間。
6. 記錄最大拉力值：記下水膠囊破裂前瞬間所顯示的最大數值，並標註單位為 gw（克重）。
7. 每一種水膠囊重複上述步驟 5 次，取其平均值，以減少實驗誤差並提高結果的準確性。

實驗三：耐摔力

本實驗透過不斷增加水膠囊墜落的高度，來測試水膠囊「破裂時的高度」，並比較「冰式單層膜」與「新型單層膜」水膠囊的耐力差異。

● 實驗步驟：

1. 在實驗牆面上固定一把長尺（如 100 公分長尺），確保尺面垂直於地面，以便精確測量投放高度。

2. 將培養皿放在長尺正下方的投放區，作為水膠囊降落的平台。
3. 從高度 20 公分開始進行測試，將水膠囊的底端對齊尺標高度。
4. 垂直投放：手輕輕放開，讓水膠囊呈「自由落體」狀態垂直掉落至培養皿中。注意投放時不可施加向下的推力。
5. 觀察水膠囊是否有破裂或滲水：
 - 若未破裂：將高度增加（每次增加 10 公分），重複投放動作。
 - 若已破裂：立即停止實驗並進行紀錄。
6. 每一種水膠囊重複上述步驟 5 次，取其平均值，以減少實驗誤差並提高結果的準確性。

實驗四：耐穿刺力

本實驗在模擬水膠囊在運送或存放過程中，遇到尖銳物品時的保護能力，並找出其受穿刺破裂的極限高度。

● 實驗步驟：

1. 架設高度測量尺：在竹籤後方架設長尺，確保長尺的 0 公分處精確對齊竹籤的尖端位置。

2. 將水膠囊拿至竹籤正上方，使水膠囊中心與竹籤尖端處於同一條垂直線上。
3. 起始高度投放:從一公分的高度開始，輕輕放開水膠囊，使其垂直降落撞擊竹籤尖端。
4. 觀察水膠囊膜衣是否被竹籤刺穿導致漏水。
 - 若未破裂：將高度向上提升（每次增加 1 公分），重複實驗。
 - 若已破裂：立即停止加高，記錄該高度。
5. 每一種水膠囊重複上述步驟 5 次，取其平均值，以減少實驗誤差並提高結果的準確性。

肆、 盛裝不同酸鹼度的飲料

這種先製膜再裝內容物的方式，可以應用在裝取生活物品層面，取代更多塑膠包裝，達到環保減塑目標。因此本實驗嘗試運用水膠囊的製作原理，將原本承裝的水替代為不同酸鹼值的飲料來測試是否能夠成功以及酸鹼度是否會因為外層膠囊膜原因有所變化，並記錄味道與口感上的差異。

實驗步驟(新型)

1. 先調配出 2%的海藻酸鈉水溶液及 2%氯化鈣水溶液。
2. 將 2%的海藻酸鈉水溶液倒入湯匙中。

3. 將裝有海藻酸鈉水溶液的湯匙放入 2%氯化鈣水溶液中，靜置 20 分鐘直到膠囊成型。
4. 將製作好的膠囊用滴管戳洞，擠出膠囊內液態的海藻酸鈉水溶液，形成中空的膠囊薄膜。
5. 分別將針筒內裝有不同的飲料(酸梅湯、冬瓜茶及養樂多)擠入中空的膠囊薄膜中。
6. 在膠囊薄膜缺口上澆淋 2%的海藻酸鈉水溶液。
7. 依序將膠囊放入 2%的氯化鈣水溶液中，靜置 5 分鐘即形成盛裝不同飲料的新型單層膜膠囊球。

實驗步驟(冰式)

1. 製作不同飲料液體冰塊
2. 接著用氯化鈣液體去包覆不同飲料液體冰塊再放入冷凍，形成氯化鈣冰塊
3. 再將氯化鈣冰塊放入海藻酸鈉即完成。

第四章 研究結果與分析

第一節 實驗結果

壹、 四種不同類型水膠囊的最佳濃度比例

一、 冰式單層膜水膠囊

此實驗主要目的為製作冰式單層膜水膠囊，並透過不同溶液濃度比例的製作，找出冰式單層膜水膠囊的最佳調配比例與製作方法，實驗結果與紀錄見下表 4-1 冰式單層膜水膠囊濃度比例實驗紀錄表。

表 4-1 冰式單層膜水膠囊濃度比例實驗紀錄表。

海藻酸鈉 氯化鈣	0.5%			1%			2%		
	0.5%	○	○	○	○	○	○	○	○
1%	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2%	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○:成功 △:成型但膜太薄因此破裂 ×:失敗(破掉)

根據實驗結果中發現不同的濃度比例都能夠製作出完整的冰式單層膜水膠囊，因為冰式的製作方法成功率本來就比較高，而其中 2% 的海藻酸鈉和 2% 氯化鈣的比例成品最完整，膜的厚度最厚，摸起來也最為圓潤。

二、冰式雙層膜水膠囊

此實驗主要目的為製作冰式雙層膜水膠囊，並透過不同溶液濃度比例的製作，找出冰式雙層膜水膠囊的最佳調配比例與製作方法，實驗結果與紀錄見下表 4-2 冰式雙層膜水膠囊濃度比例紀錄表。

表 4-2 冰式雙層膜水膠囊濃度比例實驗紀錄表。

海藻酸鈉 氯化鈣	0.5%			1%			2%		
	0.5%	×	×	×	×	×	×	×	×
1%	×	×	×	×	△	×	×	×	×
2%	×	×	×	△	△	△	○	○	○

○:成功 △:成型但膜太薄因此破裂 ×:失敗(破掉)

根據實驗結果中發現 2%海藻酸鈉+2%氯化鈣比例的成品最完整，膜的厚度最厚，摸起來也最為圓潤，1%海藻酸鈉+2%氯化鈣雖然有成型，但膜太薄容易破裂所以不建議使用此比例。

三、新型單層膜水膠囊

此實驗主要目的為製作新型單層膜水膠囊，並透過不同的溶液濃度比例的製作，找出新型單層膜水膠囊的最佳調配比例與製作方法，實驗結果與紀錄見下表 4-3 新型單層膜水膠囊最佳濃度比例紀錄表。

表 4-3 新型單層膜水膠囊濃度比例實驗紀錄表

海藻 酸鈉 氯化鈣	0.5%			1%			2%		
	0.5%	△	×	×	×	△	△	×	×
1%	△	△	△	△	△	△	△	△	△
2%	×	×	×	×	△	△	○	○	○

○:成功 △:成型但膜太薄因此破裂 ×:失敗(破掉)

根據實驗結果中發現 2%海藻酸鈉+2%氯化鈣成品最完整，膜的厚度最厚，摸起來也最為圓潤，而 0.5%、1%、2%海藻酸鈉+1%氯化鈣成品雖然有成型，但膜太薄容易破裂，所以不建議使用此比例。

四、新型雙層膜水膠囊

此實驗主要目的為製作新型雙層膜水膠囊，並透過不同的溶液濃度比例的製作，找出新型雙層膜水膠囊的最佳調配比例與製作方法，實驗結果與紀錄見下表 4-4 新型雙層膜水膠囊最佳濃度比例紀錄表。

表 4-4 新型雙層膜水膠囊濃度比例實驗紀錄表

海藻 酸鈉 氯化鈣	0.5%			1%			2%		
	0.5%	×	×	×	△	×	△	×	×
1%	○	△	△	△	△	○	○	△	×
2%	×	×	×	×	×	△	○	○	○

○:成功 △:成型但膜太薄因此破裂 ×:失敗(破掉)

根據實驗結果中發現 2%海藻酸鈉+2%氯化鈣成品最完整，膜的厚度最厚，摸起來也最為圓潤，而 0.5%、1%、2%海藻酸鈉+1%氯化鈣雖然有部分成品成型，但膜太薄因此破裂，所以不建議使用。

貳、 水質測試

此實驗主要想了解不同濃度比例的冰式單層膜水膠囊、冰式雙層膜水膠囊、新型單層膜水膠囊及新型雙層膜水膠囊在 pH 測試及 TDS 檢測中是否有所變化。實驗結果與紀錄見下表 4-5 冰式水膠囊水質紀錄表及表 4-6 新型水膠囊水質比例紀錄表。

表 4-5 冰式水膠囊水質比例實驗紀錄表

海藻酸鈉 +氯化鈣比例	冰式單層膜 Ph 值	冰式單層膜 TDS 值	冰式雙層膜 Ph 值	冰式雙層膜 TDS 值
0.5%+0.5%	8.3	1430 mg/L	製作失敗所以 無紀錄	製作失敗所以 無紀錄
0.5%+1%	8.3	1480 mg/L	製作失敗所以 無紀錄	製作失敗所以 無紀錄
0.5%+2%	8.1	509 mg/L	製作失敗所以 無紀錄	製作失敗所以 無紀錄
1%+0.5%	8.4	3020 mg/L	製作失敗所以 無紀錄	製作失敗所以 無紀錄
1%+1%	8.3	3800 mg/L	製作失敗所以 無紀錄	製作失敗所以 無紀錄
1%+2%	8.5	3820 mg/L	製作失敗所以 無紀錄	製作失敗所以 無紀錄
2%+0.5%	8	2970 mg/L	6.7	9370 mg/L
2%+1%	7.9	3820 mg/L	6.8	1140 mg/L
2%+2%	7.8	1430 mg/L	6.9	3220 mg/L

由上面表 4-5 的結果可以發現冰式單層膜 0.5%海藻酸鈉+2%氯化鈣的 TDS 值最接近可以喝的水，其他水膠囊的水嚴重超標。而在 pH 值的檢測結果皆符合國家飲用水標準 6.0-8.5 之間。

表 4-6 新型水膠囊水質比例實驗紀錄表

海藻酸鈉 +氯化鈣比例	新型單層膜 Ph 值	新型單層膜 TDS 值	新型雙層膜 Ph 值	新型雙層膜 TDS 值
0.5%+0.5%	7.5	1270 mg/L	7.6	1300 mg/L
0.5%+1%	7.7	535 mg/L	7.5	1260 mg/L
0.5%+2%	製作失敗所以無紀錄	製作失敗所以無紀錄	製作失敗所以無紀錄	製作失敗所以無紀錄
1%+0.5%	7.7	1030 mg/L	7.4	1430 mg/L
1%+1%	7.8	1310 mg/L	6.8	1240 mg/L
1%+2%	7.9	1600 mg/L	6.9	1400 mg/L
2%+0.5%	製作失敗所以無紀錄	製作失敗所以無紀錄	製作失敗所以無紀錄	製作失敗所以無紀錄
2%+1%	7.9	1260 mg/L	7.8	1470 mg/L
2%+2%	7.7	3840 mg/L	6.7	1500 mg/L

上面表 4-6 的結果可以發現 0.5%海藻酸鈉+1%氯化鈣的的 TDS 值最接近可以喝的水，其他水膠囊的水嚴重超標。而在 pH 值的檢測結果皆符合國家飲用水標準 6.0-8.5 之間。

參、 耐力測試結果

一、 耐拉力

本實驗在測量水膠囊在受力拉扯時所能承受的極限拉力值(gw)，並以之前實驗結果最好的 2%海藻酸鈉加上 2%氯化鈣之比例，比較「冰式單層膜」與「新型單層膜」水膠囊的耐力差異。實驗結果與紀錄見下表 4-7 耐拉力實驗紀錄表。

表 4-7 耐拉力實驗紀錄表

類別 \ 顆數	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆	平均	標準差
新型單層 2%+2%	500 gw	350 gw	400 gw	340 gw	500 gw	418 gw	70 gw
冰式單層 2%+2%	250 gw	350 gw	300 gw	250 gw	300 gw	290 gw	42 gw

由上表 4-7 耐拉力實驗紀錄表可以發現新型單層膜水膠囊的耐拉力大於冰式單層膜。

二、 耐重力

本實驗在測試水膠囊在受壓情況下的最大承重能力，並比較並以之前實驗結果最好的 2%海藻酸鈉加上 2%氯化鈣之比例，比較「冰式單層膜」與「新型單層膜」水膠囊的耐重力差異。實驗結果與紀錄見下表 4-8 耐重力實驗紀錄表。

表 4-8 耐重力實驗紀錄表

類別 \ 顆數	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆	平均值	標準差
新型單層 2%+2%	300 g	300 g	300 g	300 g	300 g	300 g	0 g
冰式單層 2%+2%	100 g	100 g	100 g	100 g	175 g	115 g	33.5 g

由上表 4-8 耐重力實驗紀錄表可以發現新型單層膜水膠囊的耐重力大於冰式單層膜水膠囊。

三、耐摔力

本實驗透過不斷增加水膠囊墜落的高度，來測試水膠囊「破裂時的高度」，並以之前實驗結果最好的 2%海藻酸鈉加上 2%氯化鈣之比例，比較「冰式單層膜」與「新型單層膜」水膠囊的耐摔力差異。實驗結果與紀錄見下表 4-9 耐摔力實驗紀錄表。

表 4-9 耐摔力實驗紀錄表

類別 \ 顆數	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆	平均值	標準差
新型單層 2%+2%	40 cm	120 cm	70 cm	60 cm	90 cm	80 cm	30.5cm
冰式單層 2%+2%	50 cm	40 cm	40 cm	50 cm	60 cm	48 cm	8.4 cm

由上表 4-9 耐摔力實驗紀錄表可以發現新型單層膜水膠囊的耐摔力大於冰式單層膜水膠囊。

四、耐穿刺力

本實驗在模擬水膠囊在運送或存放過程中，遇到尖銳物品時的保護能力，並找出其受穿刺破裂的極限高度。實驗結果與紀錄見下表 4-10 耐穿刺力實驗紀錄表。

表 4-10 耐穿刺力實驗紀錄表

類別 \ 顆數	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆	平均值	標準差
新型單層 2%+2%	2 cm	1 cm	1 cm	1 cm	6 cm	2.2 cm	2.2 cm
冰式單層 2%+2%	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm	0 cm

由上表 4-10 耐穿刺力實驗紀錄表可以發現新型單層膜水膠囊的耐穿刺力大於冰式單層膜水膠囊。

肆、盛裝不同酸鹼度的飲料

本實驗透過盛裝不同酸鹼度的飲料，來測試水膠囊可承裝液體的差異；根據之前實驗結果最好的 2%海藻酸鈉加上 2%氯化鈣之製作比例，比較「冰式單層膜」與「新型單層膜」水膠囊承裝不同酸鹼度的飲料之差異。實驗結果與紀錄見下表 4-11 不同酸鹼度飲料實驗紀錄表(新型)和表 4-12 不同酸鹼度飲料實驗紀錄表(冰式)

表 4-11 不同酸鹼度飲料實驗紀錄表(新型)

酸梅湯			
酸鹼值(pH)：3.4			
原汁味道：酸酸甜甜的口感，喝起來有梅子味			
測試組 測試項目	第一類	第二類	第三類
晶球是否成功	× (刺穿時破裂)	○	○
酸鹼值(pH)	×	3.9	3.3
味道評價 貼近原汁以★表示 最高五顆星	×	跟原本的酸梅湯喝起來並無差別。梅子味還是存在。 ★★★★★	跟原本的酸梅湯喝起來，甜度比較甜。梅子味還是存在。 ★★★★★
冬瓜茶			
酸鹼值(pH)：6			
原汁味道：喝起來甜甜的，很順口，不會有沙沙的感覺只有冬瓜的味道。			
測試組 測試項目	第一類	第二類	第三類
晶球是否成功	○	○	○
酸鹼值(pH)	6.4	6.7	6.8
味道評價 貼近原汁以★表示 最高五顆星	會有一點酸酸鹹鹹，又帶甜甜的味道沙沙黏黏的 ★★	和原本冬瓜茶一樣，只是變淡了一點點，然後到後面會有一股後勁，就是強烈的海藻味 ★★★	原本的冬瓜茶再淡一點點的味，有如加了一點點白開水 ★★★★

養樂多			
酸鹼值(pH)：3.9 原汁味道：甜甜的，是三種測試飲料最甜的。			
測試組 測試項目	第一顆	第二顆	第三顆
晶球是否成功	× (刺穿時破裂)	○	○
酸鹼值(pH)	×	3.7	3.5
味道評價 貼近原汁以★表示 最高五顆星	×	比起原本養樂多味道較淡，但比原本的酸梅湯還要甜。 ★★★★	喝起來苦苦鹹鹹的。推估是在實驗過程中，有滲到氯化鈣，因此導致味道上改變。 ★★

由上表 4-11 可以發現新型單層膜水膠囊可以承裝比較多不同酸鹼度液體。

表 4-12 不同酸鹼度飲料實驗紀錄表(冰式)

酸梅湯			
酸鹼值(pH)：3.4 原汁味道：酸酸甜甜的口感，喝起來有梅子味			
測試組 測試項目	第一顆	第二顆	第三顆
晶球是否成功	×	×	×
酸鹼值(pH)	×	×	×
味道評價 貼近原汁以★表示 最高五顆星	×	×	×

冬瓜茶			
酸鹼值(pH)：6			
原汁味道：喝起來甜甜的，很順口，不會有沙沙的感覺只有冬瓜的味道。			
測試組 測試項目	第一類	第二類	第三類
晶球是否成功	×	×	×
酸鹼值(pH)	×	×	×
味道評價 貼近原汁以★表示 最高五顆星	×	×	×
養樂多			
酸鹼值(pH)：3.9			
原汁味道：甜甜的，是三種測試飲料最甜的。			
測試組 測試項目	第一類	第二類	第三類
晶球是否成功	×	×	×
酸鹼值(pH)	×	×	×
味道評價 貼近原汁以★表示 最高五顆星	×	×	×

由上表 4-12 可以發現冰式單層膜水膠囊均沒有成形的晶球，推估無法承裝比較多不同酸鹼度液體

第五章 結論與建議

第一節 結論

壹、 結論

在水膠囊型態實驗裡，我研究「冰式」與「新型」單層與雙層膜的製作方式，發現冰式水膠囊在製作過程中，因為不需要像新型那樣手動戳破薄膜灌水，大大降低了薄膜破裂的機率，因此擁有更高的成形率。相對而言，新型水膠囊雖然在製作效率上較快（省去了準備冰塊的時間），但操作難度較高。

在濃度比例與耐力實驗中，我從實驗結果發現海藻酸鈉濃度介於 1.0% 至 2.0% 之間，配合 1.0% 或 2.0% 的氯化鈣，是成膜最理想的範圍。透過各項物理壓力測試發現，新型單層膜結構在耐重、耐拉、耐摔及耐穿刺力的表現上，毫無疑問地優於冰式單層膜。

至於水質，氯化鈣的濃度是影響 TDS 的關鍵。實驗結果顯示，氯化鈣濃度越高，TDS 數值隨之攀升，而依據臺灣目前飲用水水質標準規定的 TDS 值需小於 500 mg/L，氯化鈣的濃度可能會使 TDS 攀升，可能不適合當飲用水。

本實驗比較「新型」與「冰式」單層膜水膠囊的承裝能力。結果顯示，新型單層膜（2%海藻酸鈉與 2%氯化鈣）穩定性較高，能成

功承裝酸梅湯、冬瓜茶及養樂多等不同酸鹼值的液體；反觀冰式單層膜則易受酸鹼度影響導致膠囊破裂。新型單層膜在液體相容性與成型穩定性上，明顯優於冰式單層膜。

貳、 研究發現

當我在準備氯化鈣溶液時，我將氯化鈣倒進燒杯時，發現氯化鈣在空氣中會慢慢發熱，接著我倒入常溫水並開始攪拌後，又再次發現氯化鈣開始溶於水時，發熱的情況會更加劇，手觸碰燒杯杯體，明顯可以感受到與原本常溫水的溫度差異。我自己初步推測，氯化鈣與水分子反應時，會有發熱效應，同時我在環境部化學物質管理署網站上所查找到的資料內容，就說明氯化鈣是一種由氯(Cl)和鈣(Ca)兩個元素構成的天然無機鹽類。常溫常壓下，為無色或白色的結晶固體，有粉狀、片狀和塊狀等外觀，具極強的吸濕能力，能夠快速吸收周圍環境的水分。另外，它易溶於水，與水反應時會釋放熱量，因此屬於放熱反應。

參、 建議

最後，我想給大家的建議，如果你也想動手做做看，我建議海藻酸鈉可以用 2.0% 搭配 2.0% 的氯化鈣，這樣較可能可以成功做出水膠囊，且外觀較漂亮。如果你想要帶出門玩，記得要做「新型」水膠囊的版本才不容易在路上破掉喔！

心得

這次做這個關於「環保水膠囊」的獨立研究，真的讓我學到了很多！一開始我只是在網路上看到那個透明、像大水球一樣的Ooho，覺得它超級酷，沒想到自己動手做起來其實有很多學問。

最讓我覺得神奇的是，原來把海藻酸鈉跟氯化鈣這兩種東西加在一起，就會產生化學反應，變成一層薄薄的膜把水包住。我在實驗過程中嘗試好多種不同的比例，有時候海藻酸鈉太少，水球就軟趴趴的；有時候氯化鈣太多，薄膜會太厚！最後我發現，用 1.0% 的氯化鈣做出來的水球最透明。在做實驗的過程中，我也遇到了不少困難。像是「新型水膠囊」雖然做起來很快，但要把薄膜戳破灌水又不讓它漏掉，真的超級難，我失敗了很多次！相比之下，把水凍成冰塊的「冰式法」雖然要等冰塊結凍比較慢，但成功率高多了，看著水球一顆顆成型，心裡真的很有成就感。

做完這個研究後，我覺得環保其實可以變得很科學、很有趣。雖然現在的水膠囊還沒辦法完全取代寶特瓶，但如果以後大家都改用這種「咬一口就爆水」的小水球，一定可以減少很多塑膠垃圾。希望我的實驗結果，以後真的能幫到地球，讓環保變成一件既酷炫又好玩的事！

參考資料

壹、 網路資料

1. 各國 TDS 標準-臺灣自來水事業處網站：
<https://www.water.gov.taipei/cp.aspx?n=B96B3009F7951CD4>
2. 廖哲立、隋典融、陳俊豪，民國 105 年，吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測，第 56 屆全國中小學科展作品。
(<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=12947&sid=13234>)
3. 洪子森、陳冠霖、王宥筑、施語安、蕭立宇，民國 112 年，「囊囊」上口-新型水膠囊之研發，第 63 屆全國中小學科展作品。
(<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=19961&sid=20132>)
4. 蔡沛穎、周宥妍、邢皓，民國 110 年，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，第 61 屆全國中小學科展作品。
(<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=17228&sid=19079>)
5. 范晏瑄、張芸綺、吳書安，民國 110 年，凡事「球」一個「圓」-環保洗衣球之研究，第 61 屆全國中小學科展作品。
(<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=17228&sid=19001>)
6. 除濕防霉小幫手-氯化鈣
<https://topic.moenv.gov.tw/chemiknowledgemap/cp-710-10973-85768-5.html#:~:text=%E5%8F%A6%E5%A4%96%EF%BC%8C%E5%AE%83%E6%98%93%E6%BA%B6%E6%96%BC,%E7%94%9A%E8%87%B3%E5%BC%95%E7%99%BC%E8%83%83%E8%85%B8%E9%81%93%E6%BD%B0%E7%98%8D%E3%80%82>

貳、 圖片來源

1. Ooho「水球」膠囊：<https://www.seinsights.asia/article/3542>