

新竹市第三十九屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：化學組

組 別：國中組

作品名稱：解不開的「膜」咒？海藻酸鈉薄膜之探討及應用

關 鍵 詞：海藻酸鈉、環保、薄膜

編號：

摘要

本實驗主要探討海藻酸鈉及乳酸鈣製成的薄膜之性質與應用。由實驗結果可發現 1:150 的海藻酸鈉溶液做出來的薄膜風乾後最平整，但遇熱水後容易吸水膨脹。相反的，1:200 的薄膜做出來較不平滑，但遇熱水時能維持原本的樣貌。將製作好且風乾的薄膜放置在泥土中，在自然的情況下，約一個月就會有逐漸分解的現象。此外，在酸性及中性環境中，薄膜不易分解或產生變化，但若浸泡在鹼性溶液中，則容易分解，成為液體。

在應用方面，薄膜不適合作為需承受水份重量的容器之內層，易有滲水的情形發生。經過反覆實驗及探究，我們發現將多層薄膜完全包覆紙張作為防水層，具有相當良好的效果。

壹、動機

近年來環保意識高漲，地球的暖化情況也越來越不佳，而罪魁禍首之一的就是 - 塑膠。剛好我們看到了由英國大學生所發明的 Ooho，不僅可以有效減少塑膠的使用，更能在短時間內被環境所分解。我們也想到，平常在外出用餐時常常有紙製的餐盒，但餐盒內有一層塑膠膜，不易被分解。於是，我們想到，為何不用 Ooho 的薄膜代替呢？

貳、研究目的

- 一、探討不同比例的海藻酸鈉溶液是否對薄膜效能有任何影響
- 二、探討不同比例薄膜的耐熱程度
- 三、探討薄膜和塑膠在土壤裡的分解狀況
- 四、探討不同酸鹼值對薄膜的影響
- 五、海藻酸鈉薄膜作為塑膠淋膜之應用
- 六、探討海藻酸鈉吸管之效能

參、研究設備與器材

一、設備與器材

(一) 耗材

海藻酸鈉	乳酸鈣	氯化氫(鹽酸)	氫氧化鈉
白紙	食用色素	保鮮膜(PE)	塑膠盒(PVC)

(二) 器材

量筒(25、100mL)	燒杯	玻棒	托盤
培養皿	碼表	塑膠滴管	鑷子
電子加熱爐	電子天平	電子溫度計	pH 計

二、溶液的配置

(一) 調配 1:150 海藻酸鈉溶液

1. 取 2 克海藻酸鈉和 300 克水倒入燒杯中
2. 放置在電子加熱爐上加熱直到溶質完全溶解
3. 放入冷水中靜置降溫以利製作薄膜

(二) 調配 1:200 海藻酸鈉溶液

1. 取 1.5 克海藻酸鈉和 300 克水倒入燒杯中
2. 放置在電子加熱爐上加熱直到溶質完全溶解
3. 放入冷水中靜置降溫以利製作薄膜

(三) 調配 1:100 氯化鈣溶液

1. 取 3 克氯化鈣和 300 克溫水倒入燒杯中
2. 攪拌直到溶質完全溶解

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

(一) 海藻酸鈉

海藻酸鈉為一種線性不分支的高分子聚合物，單體包含有 D-甘露糖醛酸 (D-mannuronic acid, M) 以 β -(1→4) 鍵結，和 L-古羅糖醛酸 (L-guluronic acid, G) 以 α -(1→4) 鍵結。M 和 G 單元會以 M-M, G-G 或 M-G 的組合方式通過糖苷鍵相連成為嵌段共聚體。M/G 比例會隨著原料種類、季節和產區有所不同，這些不同會導致褐藻膠的產率和黏度有所差異，使用高 G 型海藻酸鈉製備的凝膠，較硬脆、熱穩定性好；高 M 型的海藻酸鈉凝膠，硬度差但是較有彈性。

海藻酸鈉分子鏈上，含有大量的羧基 (-COO-)，溶於水後具有一定的黏附性，因此有較高的黏度海藻酸鈉水溶液，常作為食品中的增稠劑、穩定劑、乳化劑等。

(二) 乳酸鈣

乳酸鈣是由乳酸菌和鈣質結合而成的化合物，元素鈣含量為 13%，為無味的白色顆粒或粉末，通常會添加到各種食品中，以增強食物的風味或延長其保存期限。乳酸鈣有時也會被加入一些藥物或營養品中，用來補充人們體內不足的鈣質。

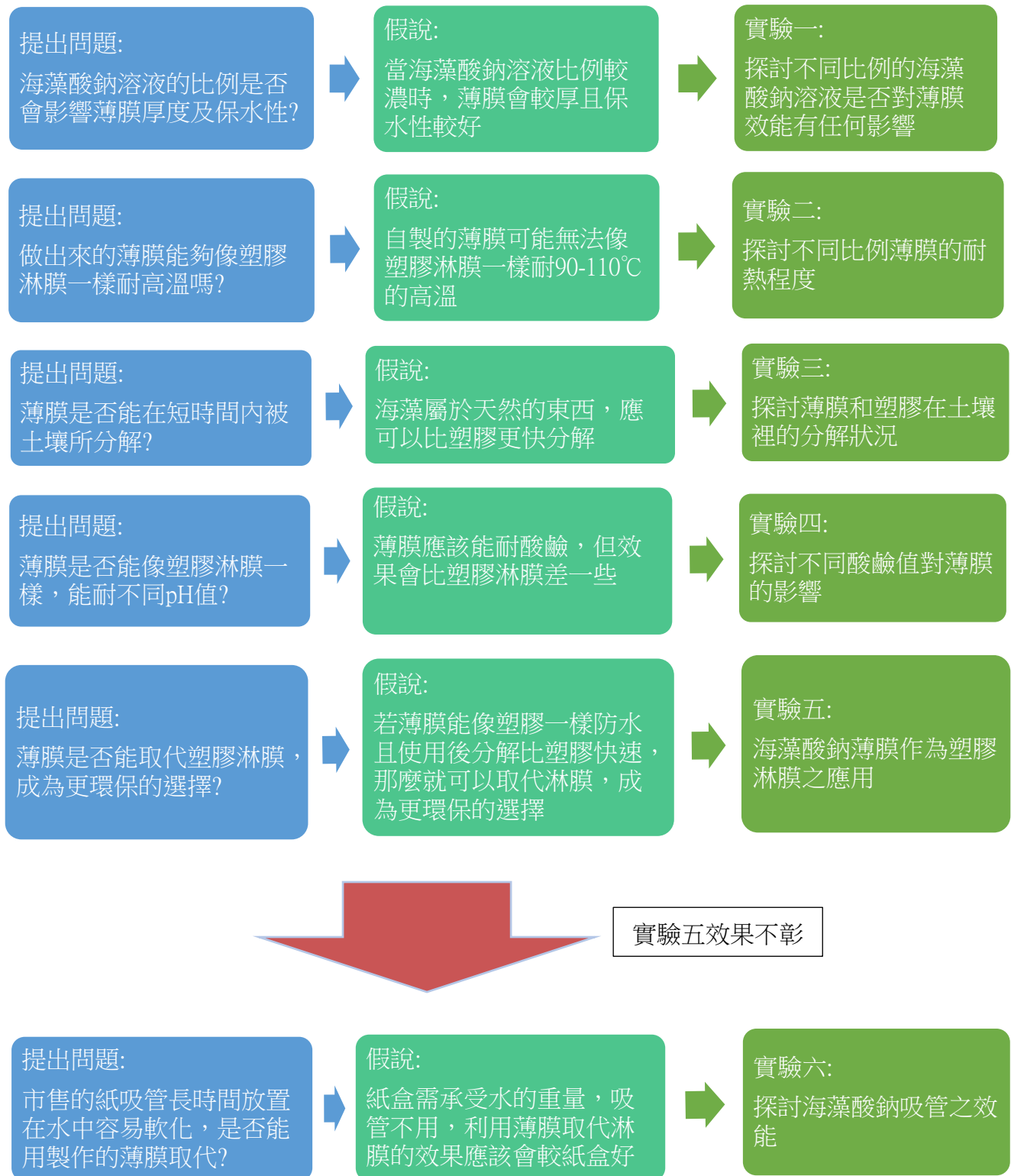
(三) Ooho 可食用水球

可食用水球是指由藻類植物的凝膠製成的類似球體的水容器。這種可再生包裝是由 Skipping Rocks Lab 創建的，目的是為代替一次性塑料瓶而提供更加「環境友善」的替代品。

屬性	一次性塑料瓶	可食用水球
材料	聚氯乙烯或聚對苯二甲酸乙二酯	由棕藻提取出的海藻酸鈉和氯化鈣/乳酸鈣混合合成
分解	自然環境中需要上百年	4-6 周

圖 4-1 環保水球與一次性塑膠瓶之比較表
資料來源:維基百科

二、研究過程



二、研究方法

實驗一: 探討不同比例的海藻酸鈉溶液是否對薄膜效能有任何影響

(第一組:1:150 海藻酸鈉溶液)

1. 取 300 克水及 2 克海藻酸鈉調配成 1:150 海藻酸鈉溶液。
2. 溶液冷卻後倒入托盤內並加入食用色素，以利觀察。
3. 另取 3 克氯化鈣和 300 克溫水調配成 1:100 氯化鈣溶液。
4. 倒入托盤內使薄膜成形，五分鐘過後將氯化鈣溶液倒除避免薄膜增厚。
5. 將成形的薄膜裁切成 2x2 的大小放置在培養皿內，觀察其情況並記錄。
6. 放置在通風櫥內乾燥，一星期後觀察並紀錄。

(第二組:1:200 海藻酸鈉溶液)

1. 取 300 克水及 1.5 克海藻酸鈉調配成 1:200 海藻酸鈉溶液。
2. 溶液冷卻後倒入托盤內並加入食用色素，以利觀察。
3. 另取 3 克氯化鈣和 300 克溫水調配成 1:100 氯化鈣溶液。
4. 倒入托盤內使薄膜成形，五分鐘過後將氯化鈣溶液倒除避免薄膜增厚。
5. 將成形的薄膜裁切成 2x2 的大小放置在培養皿內，觀察其情況並記錄。
6. 放置在通風櫥內乾燥，一星期後觀察並紀錄。

實驗二: 探討不同比例薄膜的耐熱程度

1. 重複實驗一製作薄膜的步驟，做出兩片 1:150 和 1:200 的海藻酸鈉薄膜。
2. 放置在通風櫥內乾燥，一星期後將薄膜切成 2x2 的正方形。
3. 兩片薄膜分別放入 30、50、70、90°C 的水中五分鐘，觀察其情況並記錄。

實驗三: 探討薄膜和塑膠在土壤裡的分解狀況

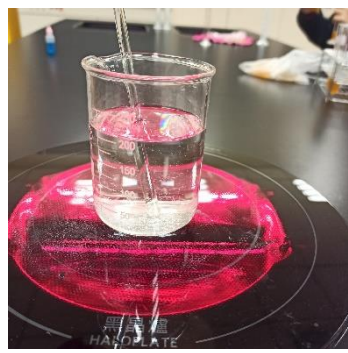

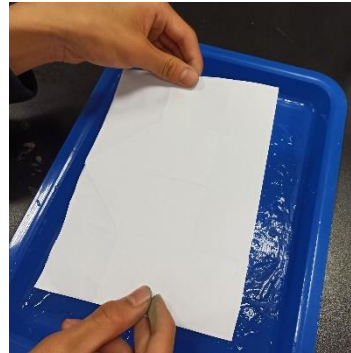
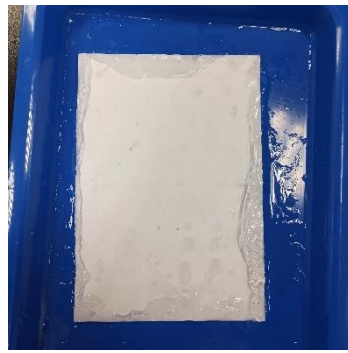

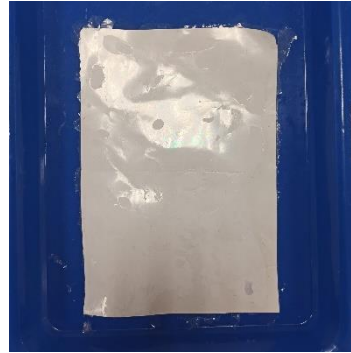
1. 重複實驗一製作薄膜的步驟，做出 1:150 海藻酸鈉薄膜。
2. 放置在通風櫥內乾燥，一星期後將薄膜切成 2x2 的正方形。
3. 撕下保鮮膜(材質為聚乙烯，PE)，切成 2x2 的正方形。
4. 將塑膠盒(材質為聚氯乙烯，PVC)同樣裁切成 2x2 的正方形。
5. 薄膜、塑膠盒、保鮮膜分別放入三個容器內，用泥土覆蓋。
6. 將容器放置在戶外，每七天澆一次水，模擬自然環境。觀察並記錄一個月。

實驗四: 探討不同酸鹼值對薄膜的影響

1. 重複實驗一製作薄膜的步驟，做出 1:150 的海藻酸鈉薄膜。
2. 放置在通風櫥內乾燥，一星期後將薄膜切成 2x2 的正方形。
3. 調製氯化氫溶液及氫氧化鈉溶液，pH 值分別為 1~9。
4. 將不同 pH 值的氯化氫溶液及氫氧化鈉溶液分別滴到裁切好的薄膜上，觀察其反應情況並記錄。

實驗五:

1. 重複實驗一製作薄膜的步驟，做出 1:150 的海藻酸鈉薄膜(圖 4-2、4-3)。
2. 將白紙裁切成適當的大小。
3. 將白紙蓋在薄膜上，並將多餘的薄膜向後包(圖 4-4、4-5)。
4. 將紙與薄膜翻面後靜置在通風櫥內一星期(圖 4-6、4-7)。
5. 乾燥後折成紙盒並裝水，測試能放置多久。

		
調配溶液(圖 4-2)	製作薄膜(圖 4-3)	放上紙張(圖 4-4)
		
將薄膜向後包(圖 4-5)	將紙與薄膜翻面(圖 4-6)	乾燥後的紙張(圖 4-7)

實驗六: 探討海藻酸鈉吸管之效能

(第一組:海藻酸鈉薄膜製作成的吸管)

1. 重複實驗一製作薄膜的步驟，做出 1:150 的海藻酸鈉薄膜。
2. 將海藻酸鈉薄膜包覆在玻棒上，放置在通風櫥內風乾兩週。
3. 風乾確定成形後，取下製作好的吸管，放到水中觀察其情形。

(第二組: 包覆海藻酸鈉薄膜的紙吸管)

1. 重複實驗一製作薄膜的步驟，做出 1:150 的海藻酸鈉薄膜。
2. 重複實驗五的步驟，製作出已包覆薄膜的紙張。
3. 重複此實驗的步驟一、二，作出第二層薄膜。
4. 將紙張風乾靜置兩個星期。
5. 將紙張纏繞在玻棒上，以確保每隻吸管口徑相同。
6. 固定後黏著，放到水中觀察其情形。

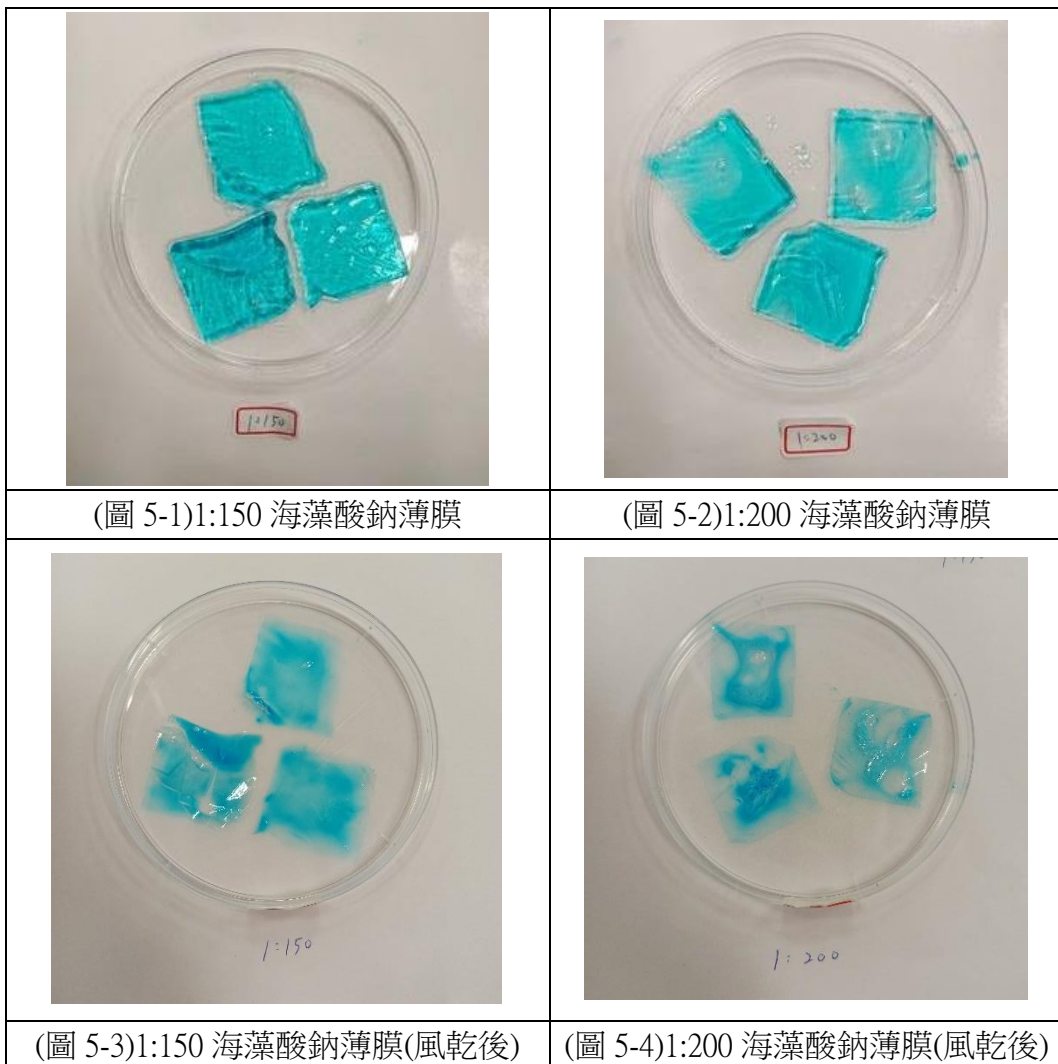
(第三組: 改良後包覆海藻酸鈉薄膜的紙吸管)

1. 重複實驗一製作薄膜的步驟，做出 1:150 的海藻酸鈉薄膜。
2. 重複實驗五的步驟，製作出已包覆薄膜的紙張。
3. 重複此實驗的步驟一、二，作出第二層薄膜。
4. 將紙張風乾靜置兩個星期。
5. 將紙張翻面，重複此實驗的步驟一至四，使紙張完全被薄膜包覆。
6. 將乾燥好的紙張纏繞在玻棒上，以確保每隻吸管口徑相同。
7. 固定後黏著，放到水中觀察其情形。

伍、研究結果

一、探討不同比例的海藻酸鈉溶液是否對薄膜效能有任何影響

由圖 5-1 及 5-2 可以明顯看到，兩種比例的海藻酸鈉做出來的薄膜沒有太大的差異。但經過一個星期的風乾後，由色素分佈的情形可以看到 1:150 的海藻酸鈉薄膜明顯的比 1:200 的海藻酸鈉薄膜更加平滑，也較沒有萎縮的情形。



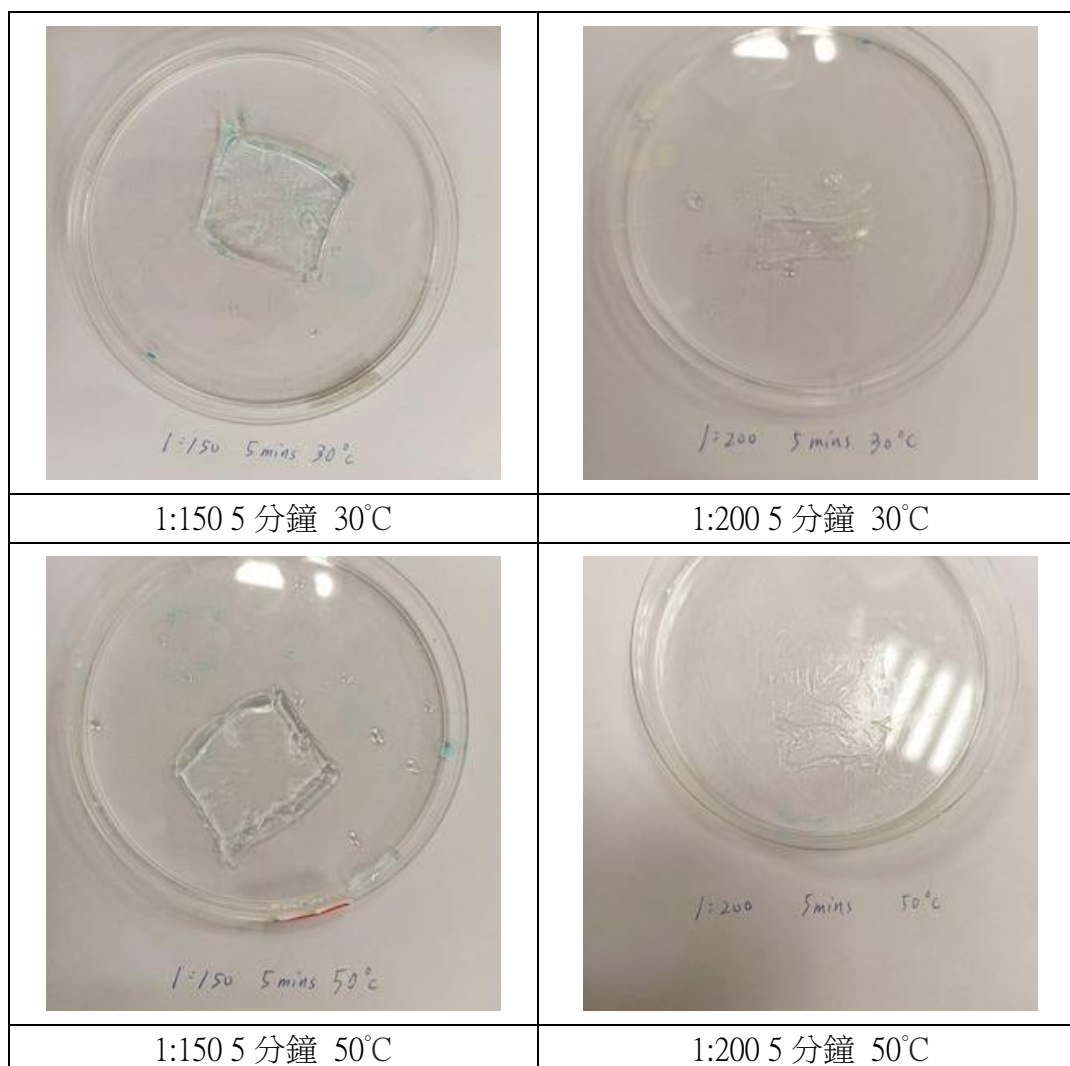
實驗二: 探討不同比例薄膜的耐熱程度

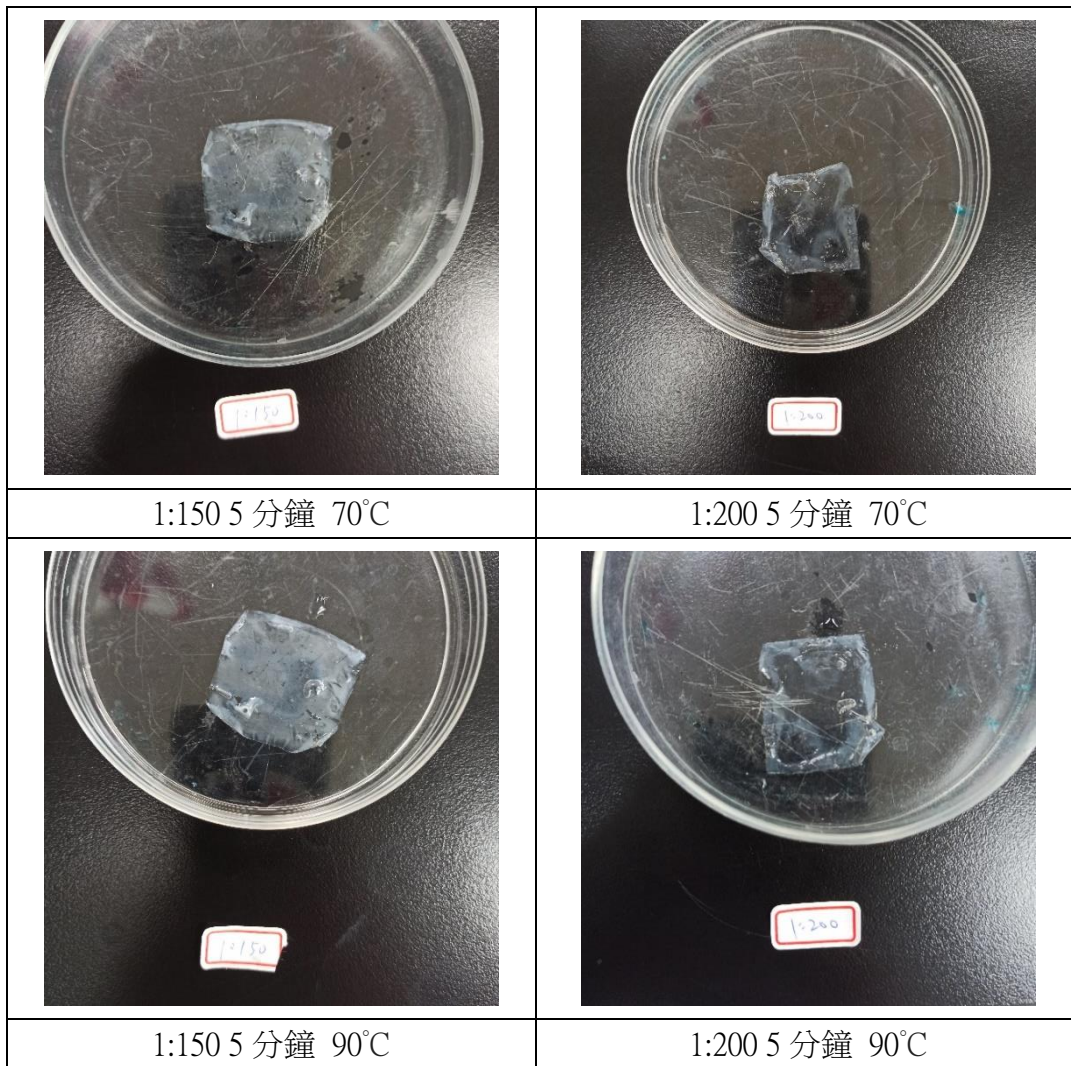
由以下的實驗圖片可以看到，當放入 30°C 的水中五分鐘後，薄膜呈現透明狀，然而水為淡藍色的。經過觀察，我們推測是因為我們在製作過程中加入的水性食用色素已溶於水。

放入 50°C 的水中沒有明顯變化，但可以觀察到 1:150 的海藻酸鈉薄膜吸附了較多的水分後變厚，而 1:200 的海藻酸鈉薄膜呈現較薄、內部較乾燥的狀態。

到了 70°C 後，兩片薄膜都呈現了些微白色混濁的狀況，但整體薄膜的情況沒有太大的改變。

放置在 90°C 的水取出後，可以發現薄膜變得比放入 70°C 的水中更混濁，且 1:150 的薄膜明顯比 1:200 的薄膜混濁許多；1:150 的薄膜整片呈現半透明白色的狀況，但 1:200 的薄膜只有邊緣呈現半透明白色。





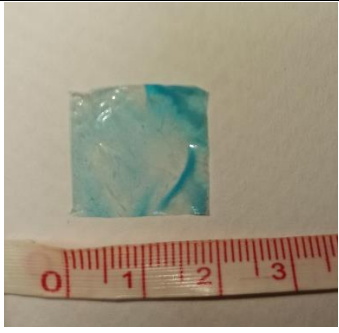














三、探討薄膜和塑膠在土壤裡的分解狀況

將三種材質(薄膜、保鮮膜和塑膠片)的 2x2 正方形薄片放入泥土中一星期可以發現，色素已被溶出，薄膜的角落及邊有凹陷、腐蝕的狀況，代表正在逐漸分解，而保鮮膜和塑膠片則沒有任何反應或轉變。

兩個星期後，薄膜已有一個地方碎裂，且可觀察到有些微萎縮。保鮮膜和塑膠片依舊沒有任何分解的情形或轉變。

放置三星期後，可以觀察到薄膜已經萎縮的非常嚴重，用鑷子夾起時，可以發現是乾燥、酥脆的。然而，保鮮膜及塑膠片沒有任何變化。

到了四星期，薄膜碎裂成了兩半，代表隨著時間過去，已慢慢分解。保鮮膜和塑膠片則沒有任何反應。

		
裁切好的薄膜	裁切好的保鮮膜(PE)	裁切好的塑膠片(PVC)
		
薄膜 放入一星期	保鮮膜 放入一星期	塑膠片 放入一星期
		
薄膜 放入兩星期	保鮮膜 放入兩星期	塑膠片 放入兩星期
		
薄膜 放入三星期	保鮮膜 放入三星期	塑膠片 放入三星期
		
薄膜 放入四星期	保鮮膜 放入四星期	塑膠片 放入四星期

四、探討不同酸鹼值對薄膜的影響

(第一組:鹽酸溶液)

將海藻酸鈉薄膜放入 pH=1 的氯化氫溶液中後，一開始沒有任何反應，但隨著時間過去，薄膜中的色素逐漸溶出。放置一小時後，薄膜完好，沒有萎縮或溶解的現象。12 小時後，薄膜在鹽酸溶液中依舊完好，但薄膜吸收些微水分變得較軟，且溶出的色素轉變為黃色。

將薄膜放置在 pH=5 的鹽酸溶液中，剛放置時沒有反應，放置一小時後也沒有任何的變化，但有色素溶出。十二小時後，薄膜有些微萎縮的情形，且氯化氫溶液已乾涸。

(第二組:氫氧化鈉溶液)

將薄膜放入 pH=13 的氫氧化鈉溶液之中，剛放入無任何反應，但隨著時間過去，薄膜被慢慢腐蝕。僅僅經過十分鐘，海藻酸鈉薄膜已被完全分解，並成為液態的黏稠膠狀，無法用鑷子夾起觀察。

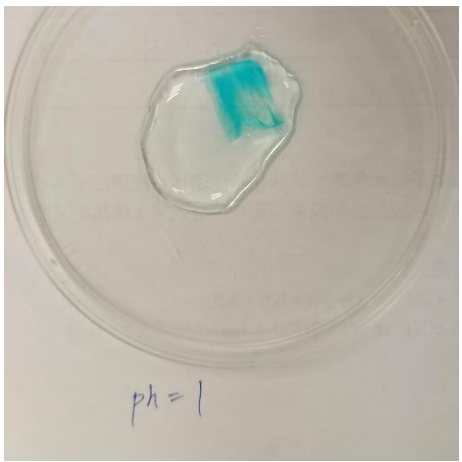
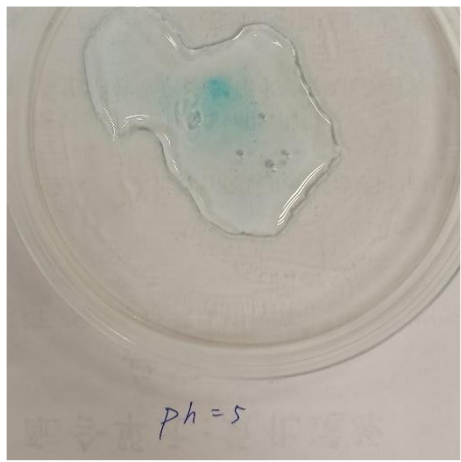
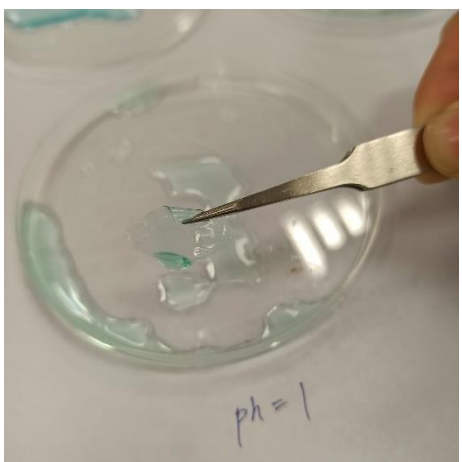
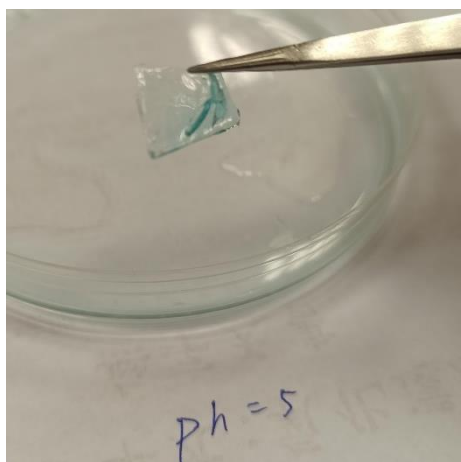
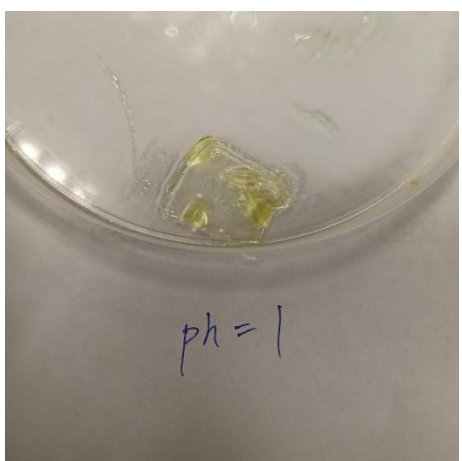
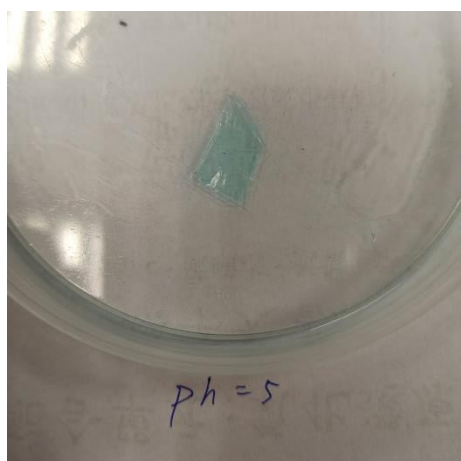
當薄膜在 pH=12 的氫氧化鈉溶液中，五分鐘後，薄膜的表面變得混濁。經過十五分鐘，薄膜吸水變大且軟化。經過 2 小時後，有逐漸分解、變為液體的情形。而到了三小時時，薄膜已成為黏稠的膠狀。十二小時後，薄膜已完全分解，並和氫氧化鈉溶液融為一體。

薄膜在 pH=11 的環境中，一小時後會有逐漸軟化膨脹的現象。放置三小時後，薄膜有逐漸分解的情形。到了十二小時後，薄膜已分解，但沒有完全成為液體，依舊可以用鑷子夾起。


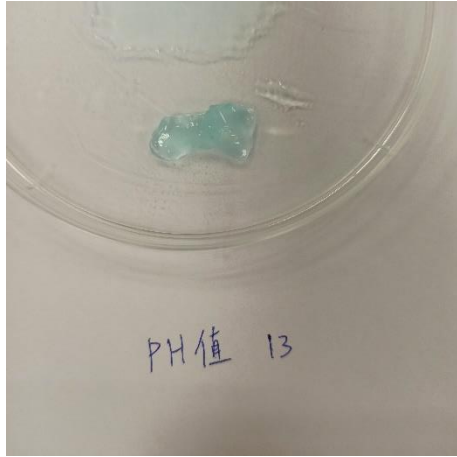
在 pH=10 和 pH=9 的弱鹼環境中，我們觀察到薄膜在剛放入、一小時後、三小時後及十二小時後都沒有分解的情形，也沒有軟化或膨脹的現象。

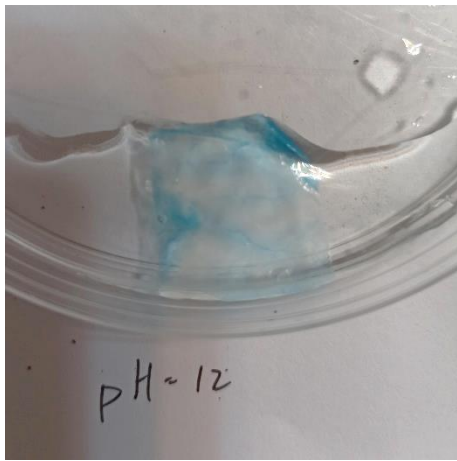
結合實驗二的研究結果，可以統整出 1:150 薄膜具有耐酸性及吸水後會膨脹的特性。當薄膜進入胃中時，不會被胃酸所分解及被人體吸收，且膨脹會令人有飽足感，具有製作成減肥食品之潛力。

(第一組:鹽酸溶液)

 <p>A petri dish containing a small, square, blue gelatin cube. The gelatin is mostly intact. Handwritten text below the dish reads "ph = 1".</p>	 <p>A petri dish containing a small, square, blue gelatin cube. The gelatin is mostly intact. Handwritten text below the dish reads "ph = 5".</p>
<p>pH=1 剛放入</p>	<p>pH=5 剛放入</p>
 <p>A petri dish containing a small, square, blue gelatin cube. A pair of tweezers is lifting the cube, which is beginning to break apart. Handwritten text below the dish reads "ph = 1".</p>	 <p>A petri dish containing a small, square, blue gelatin cube. A pair of tweezers is lifting the cube, which is beginning to break apart. Handwritten text below the dish reads "ph = 5".</p>
<p>pH=1 放置一小時</p>	<p>pH=5 放置一小時</p>
 <p>A petri dish containing a small, square, blue gelatin cube. The cube is significantly broken apart and has turned a yellowish color. Handwritten text below the dish reads "ph = 1".</p>	 <p>A petri dish containing a small, square, blue gelatin cube. The cube is mostly intact and still blue. Handwritten text below the dish reads "ph = 5".</p>
<p>pH=1 放置十二小時</p>	<p>pH=5 放置十二小時</p>

(第二組:氫氧化鈉溶液)

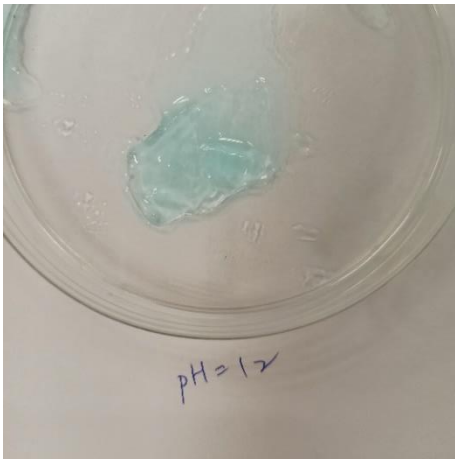
 <p>PH值 13</p>	 <p>PH值 13</p>
<p>pH=13 剛放入</p>	<p>pH=13 放置 10 分鐘</p>



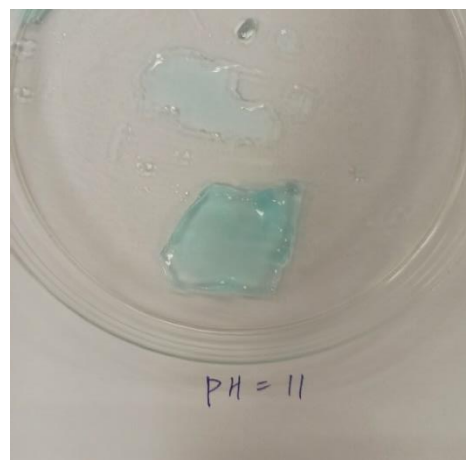
pH=12 剛放入



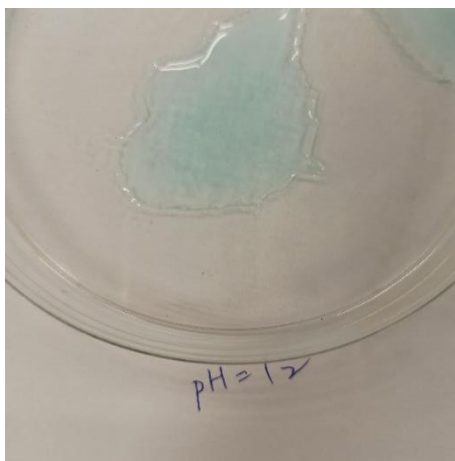
pH=11 剛放入



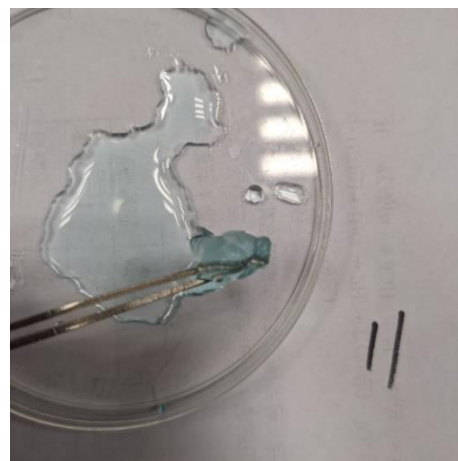
pH=12 放置一小時



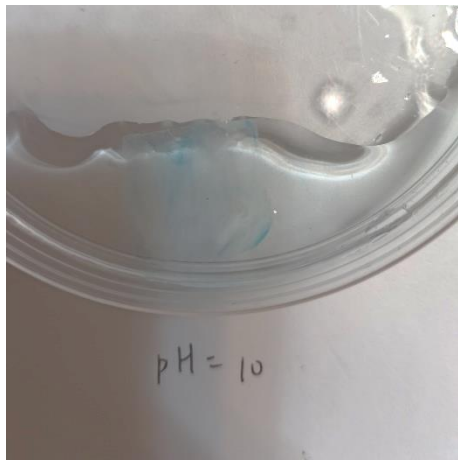
pH=11 放置一小時



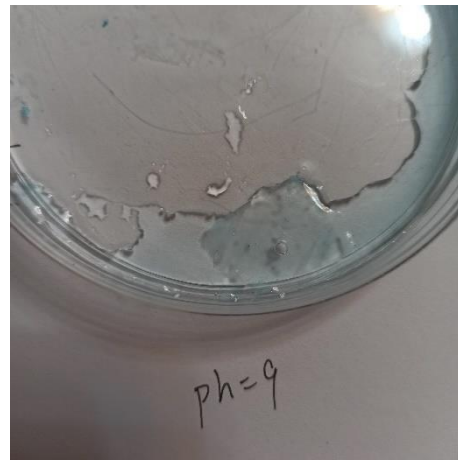
pH=12 放置十二小時



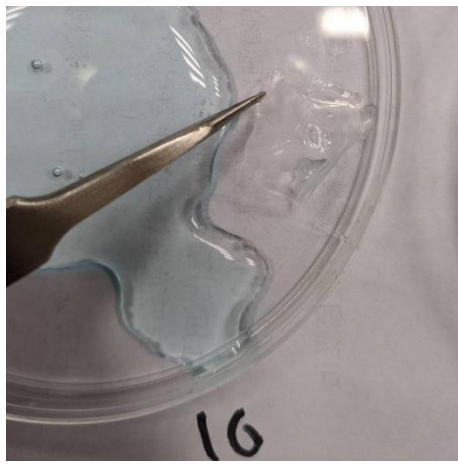
pH=11 放置十二小時



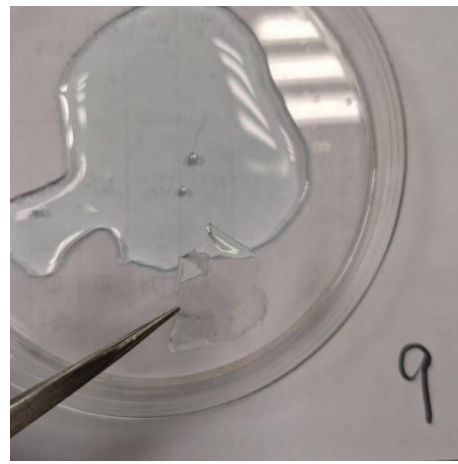
pH=10 剛放入



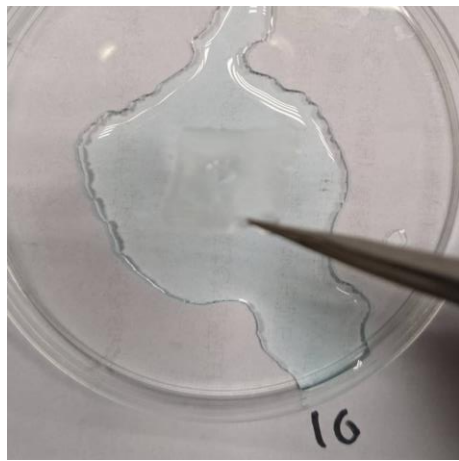
pH=9 剛放入



pH=10 放置一小時



pH=9 放置一小時



pH=10 放置十二小時



pH=9 放置十二小時

五、海藻酸鈉薄膜作為塑膠淋膜之應用

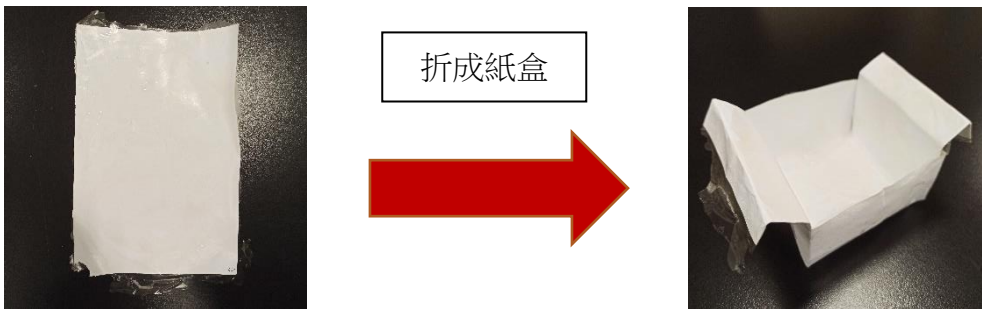
分別在實驗組(有包覆薄膜)紙盒及對照組(普通影印白紙)紙盒內倒入水後:

一分鐘過後，對照組及實驗組都沒有任何水分滲透的現象。

經過兩分鐘，對照組（無包膜）的紙盒角落出現顏色變深的狀況，代表水分已逐漸滲透。相反的，實驗組（有包膜）則沒有任何的變化。

放置三分鐘後，對照組的盒子已經有水滲出，無法再承裝水。而有包覆薄膜的盒子也有水分逐漸滲透的現象，但水分還沒溢出，依舊可以使用。

到了四分鐘，無包覆薄膜的紙盒已完全濕透；實驗組的盒子角落也濕透，有水分流出，無法再使用。



實驗組 1min	實驗組 2min	實驗組 3min	實驗組 4min
對照組 1min	對照組 2min	對照組 3min	對照組 4min

六、探討海藻酸鈉吸管之效能

(第一組:海藻酸鈉薄膜製作成的吸管)

經過實驗後，我們發現單用薄膜製成的吸管成型狀況不佳。薄膜完全乾燥後，會附著在玻棒上；若強制取下，薄膜會破裂，無法作為環保吸管。

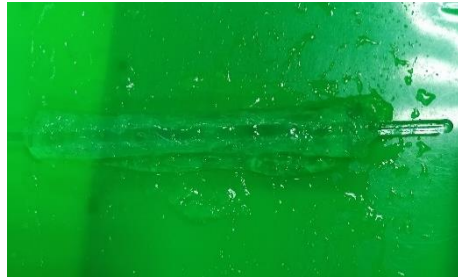


圖 6-5 包覆在玻棒上之尚未風乾的海藻酸鈉薄膜吸管

(第二組: 包覆海藻酸鈉薄膜的紙吸管)

經過我們多次嘗試，我們發現將第一層薄膜完全風乾後，再製作、疊上第二層薄膜擁有最好的效果。從圖中可以看到，有包覆薄膜的紙吸管在外觀上與一般的紙吸管無異。

然而，當我們放入水中時，卻發現紙張依舊會接觸到水分。放置約 15 分鐘時，吸管已經軟化，但有包覆薄膜的面卻完全沒有潮濕的現象。

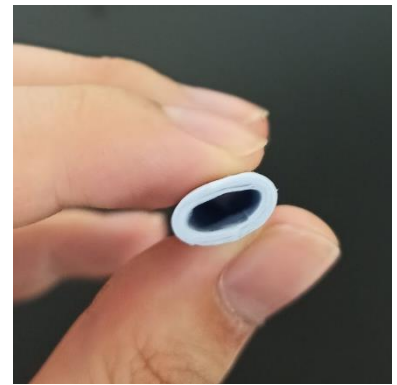
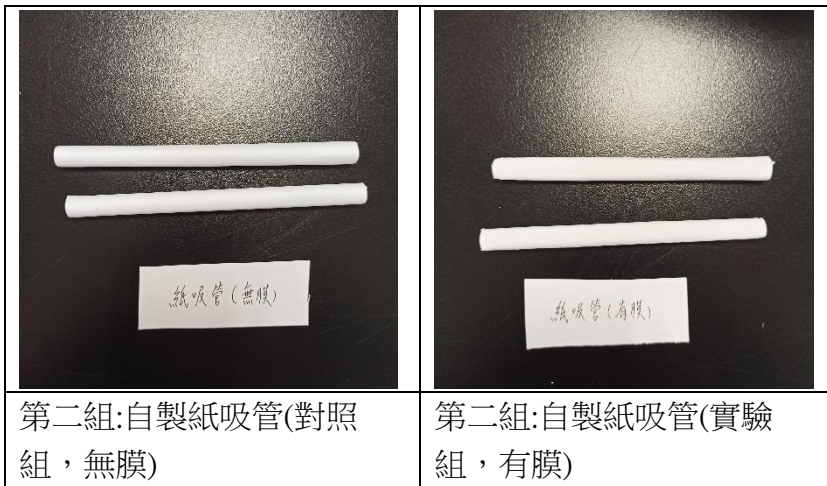


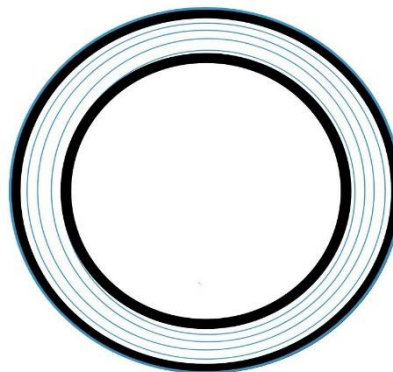
圖 5-6 可看到第二組的實驗組泡水後已軟化

(第三組: 改良後包覆海藻酸鈉薄膜的紙吸管)

經過改良後，我們決定結合前面兩組遇到的困難，將紙張整個用薄膜完全包覆，只將紙張作為支撐的支架，確保紙張完全和水分阻隔。經過測試之後，我們發現放置在水中的效果好了許多，能夠靜置到 30 分鐘才有逐漸軟化的情形。實驗證明，將薄膜作為紙吸管的內層防水膜是可行的。



圖 6-6 第三組薄膜吸管之成品局部



■ 吸管管壁

■ 薄膜

圖 6-7 自製薄膜紙
吸管之示意剖面圖

陸、討論

一、探討不同比例的海藻酸鈉溶液是否對薄膜效能有任何影響

1:150 和 1:200 的海藻酸鈉溶液做成的薄膜在一開始剛完成時沒有明顯的差別，但放置一星期後，1:200 海藻酸鈉溶液製成的薄膜有明顯萎縮的狀況，且表面出現坑洞不平整。相反地，1:150 的海藻酸鈉薄膜萎縮的情形較不嚴重，且觀察薄膜表面的色素分布可以發現此薄膜較平滑(圖 3-1)。

考慮到我們接下來的實驗須將薄膜黏著在紙上以製作環保容器，我們決定使用 1:150 的薄膜來取代免洗餐具中的塑膠淋膜，以確保能夠完全服貼，有效地取代塑膠淋膜。

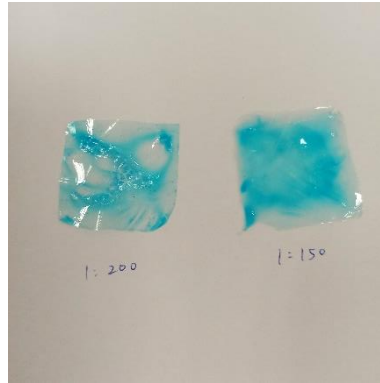


圖 6-1 薄膜比較圖

實驗二: 探討不同比例薄膜的耐熱程度

經過實驗後可以看見，1:150 和 1:200 都能夠承受到高達 90°C 的溫度，但達到 70°C 時薄膜會呈現混濁、半透明，但對於薄膜本身的韌性沒有任何影響。單以此實驗來說，1:200 的薄膜的效果較好。原因是在 50°C 時，1:150 的薄膜已有吸水膨脹的情形，而 1:200 的薄膜則依舊呈現原本的狀態；到達 70°C 及 90°C 時，1:150 的薄膜整片都呈現混濁，但 1:200 的薄膜只有邊緣產生這樣的情況。

整體來說，1:150 和 1:200 的海藻酸鈉薄膜都可以耐到 90°C 以上的高溫，因此取代免洗餐具內的塑膠淋膜在耐熱方面上是沒有問題的。

實驗三: 探討薄膜和塑膠在土壤裡的分解狀況

從實驗中可以發現，J 薄膜經過約莫四週後就有分解的情形，而兩種塑膠(PVC、PE)都沒有任何分解的情形。

由此可推測，若海藻酸鈉薄膜能順利取代容器內的塑膠淋膜，則具有能被環境分解之特性，在便利生活的同時，兼具環保之效能。

實驗四:探討不同酸鹼值對薄膜的影響

觀察實驗結果後可以發現，海藻酸鈉薄膜在酸性溶液內不易分解、變質，但在鹼性，pH 值約 11-13 的環境中極易分解。

根據我們國二理化課學到的內容，我們推測是因為本來鈣離子(Ca^{2+})取代海藻酸鈉羧基上的鈉離子(Na^+)，形成海藻酸鈉薄膜(圖 4-1)；加入鹼性溶液時，鈣離子(Ca^{2+})易轉而和氫氧根離子(OH^-)結合，因此薄膜就分解了(圖 4-2)。這樣也意謂著若使用海藻酸鈉薄膜取代容器中的塑膠淋膜，則此容器能承裝偏酸性(如：碳酸飲料、檸檬汁、果汁等)及中性(如：飲用水)的飲品，但無法承裝鹼性(如：咖啡)的飲品。

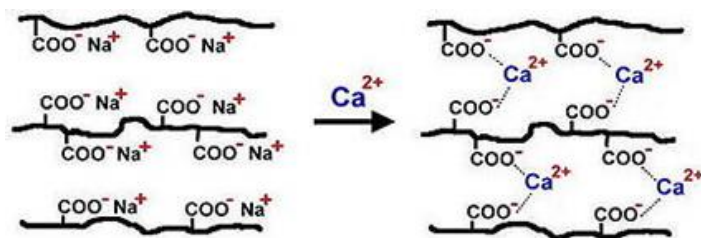


圖 6-2 海藻酸鈉薄膜形成原理

資料來源: 國立台中教育大學 科學教育與應用學系 科學遊戲實驗室
<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-019.htm>

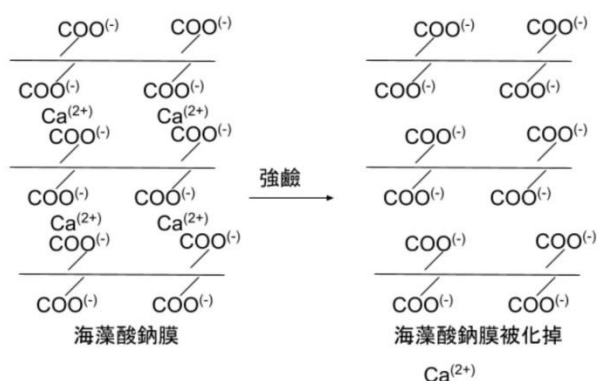


圖 6-3 薄膜分解之示意圖

實驗五:海藻酸鈉薄膜作為塑膠淋膜之應用

經過實驗後可以發現，有包覆薄膜的紙盒較無包覆薄膜的紙盒更有耐水性，但只比對照組增長了一分鐘。我們推測是因為容器需承受水份重量且薄膜過薄，加上海藻酸鈉薄膜乾燥後依舊會些微地吸水，因此導致被包覆的紙張濕透，而這也反映了實驗二的探究結果。

這次失敗的經驗讓我們想到了另一個應用，也就是為響應環保，現在的店家都不主動提供塑膠吸管，而供應的紙吸管在長時間泡水後容易軟化。剛好吸管的應用解決了兩個我們遇到的問題，分別是水份重量及薄膜太薄。吸管不需承受水份重量且較紙盒小，且我們決定包覆兩層薄膜以增強耐水性。

實驗六: 探討海藻酸鈉吸管之效能

經過多次的反覆實驗及改良，我們發現自製薄膜吸管經改良後，可以耐水的時間逐漸增加，效果最好的為第三組的改良吸管。

現在我們做的吸管能夠放置至 30 分鐘，若以後能繼續研發改良，延長至約兩小時，即能達到環保且不影響生活的目標，具有成為紙吸管及塑膠吸管替代品的潛力。

柒、結論

- 一、單以海藻酸鈉溶液的比例來說，1:150 的水溶液較 1:200 的水溶液更好，做出的薄膜比較平整、光滑，且曬乾後較沒有萎縮的情形。
- 二、1:150 和 1:200 的海藻酸鈉薄膜都可耐到 90°C 的高溫，但 1:150 的薄膜會些微的吸水膨脹，且兩種薄膜到 70°C 時都會變的混濁、呈現半透明白色。
- 三、海藻酸鈉製成的薄膜在一個月內就有逐漸分解的情形，相較塑膠淋膜更有環保效能。
- 四、海藻酸鈉薄膜在酸性及中性的環境中保存良好，在強鹼溶液中短時間內就可以被分解，因此作為淋膜替代品時不適合承裝鹼性的食品或飲料。
- 五、因薄膜乾燥後依舊會些微的吸收水分後膨脹，且在酸性溶液中不容易被分解，代表進入人體後不易被吸收，具製成減肥食品之潛力。
- 六、因紙盒需承受水份重量且薄膜薄，海藻酸鈉薄膜製成塑膠淋膜替代品時易有滲水的情況發生。但若製作多層並完全包覆紙張，具有良好的防水效果。

捌、參考文獻及其他

- 一、詹現璞&吳廣輝(2011)。海藻酸鈉的特性及其在食品中的應用。
- 二、自然科學 2 下。台北市:康軒文教事業。
- 三、Ooho!「內」個「膜」法—凝膠薄膜性質之探討。高中化學科。全國中小學科展第 58 屆作品。
- 四、擋不住的「吸」飲力—新型吸管之研發。高中環境學科。全國中小學科展第 59 屆作品。
- 五、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）。泛科學 PanSci(2019)。 <https://pansci.asia/archives/164992>
- 六、海藻酸-維基百科，自由的百科全書。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E8%97%BB%E9%85%B8>
- 七、Calcium Lactate- From Wikipedia, the free encyclopedia
https://en.wikipedia.org/wiki/Calcium_lactate
- 八、可食用水球-維基百科，自由的百科全書。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%AF%E9%A3%9F%E7%94%A8%E6%B0%B4%E7%90%83%E6%B5%B7%E8%97%BB%E9%85%B8%E9%92%99%E5%87%9D%E8%83%B6>
- 九、NCTU 科學遊戲實驗室。<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-019.html>