

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

082918

走塑入膜

學校名稱：臺中市北屯區新興國民小學

作者：	指導老師：
小六 李安石	詹聖惠
小六 黃子薰	高湘玉
小六 黃紹恩	
小六 郭于茹	
小六 何苡丞	
小六 吳苾以	

關鍵詞：走塑保鮮膜、海藻酸鈉、花青素

壹.摘要：

本研究探討以「海藻酸鈉」製作走塑保鮮膜的配方，運用物性檢測了解不同配方保鮮膜性質並與市售保鮮膜比較，以提出製作走塑保鮮膜的最佳方式，再以花青素的酸鹼呈色特性製作具標示功能的保鮮膜。研究發現：實驗組4號膜配方為2%海藻酸鈉以5%乳酸鈣成膜，再加上20%甘油及8%醋酸增加柔軟性，與對照組8號市售保鮮膜最相似。4號膜在物性檢測之比序分數優於其他保鮮膜，食物保鮮效果佳，包覆食物微波加熱時，不易脫落且保水性佳。鮮奶變酸實驗，添加花青素有顏色變化，可成為食物酸敗指標，市售保鮮膜則無此標示功能。4號膜配方為食品級成分，無食安及環保疑慮，功能與市售保鮮膜相似，價格低廉，每張20cmX14cm約 5 元，值得推廣以取代市售含塑保鮮膜。

貳.研究動機：

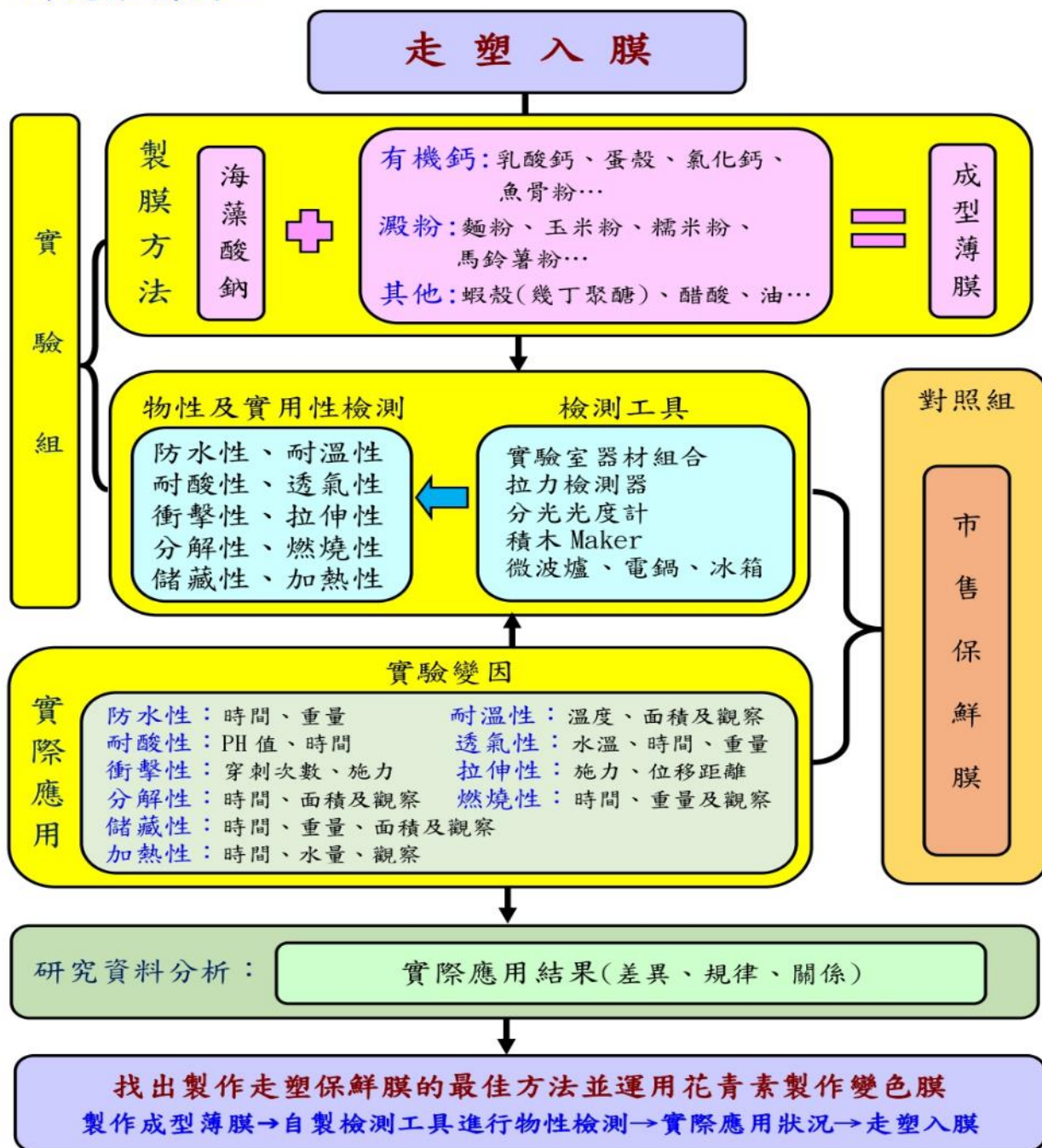
學校舉行全民科學日的時候，有人把水裝進自製的膜狀物內，不但可以直接喝水，摸起來也很柔軟舒壓。在家裡要準備微波冷藏食物時，媽媽叮嚀要把保鮮膜拿掉之後再加熱，避免產生毒素。所以，我想嘗試自製適合微波且無毒的膜狀物來保存食物，這樣既環保又方便，食用起來也更安心。而且自然課時，我們利用含有花青素的紫色高麗菜檢驗水溶液的酸鹼性，可以根據顏色變化來判斷。如果把自製膜狀物加入花青素，食物腐敗酸化之後，膜的顏色改變，就可以讓保鮮膜增加標示功能了！

另外，根據新聞報導，目前強調減塑的生物分解保鮮膜其實是在塑膠中添加氧化性塑膠，只會氧化碎裂，無法真正解決塑膠垃圾問題，甚至有造成更多生態危機的風險。歐盟也已在2019年通過法規，宣布將於2021年全面禁用。因此，我們參考文獻內容之後，試著使用各種不同的食材製膜，再找出最佳成膜配方，自製真正的生物可分解走塑保鮮膜，並且也運用花青素的酸鹼變色作用，讓保鮮膜透過顏色的變化，標示食物的保存狀況。

參.研究目的：

- 一、探討以「海藻酸鈉」製作走塑保鮮膜的配方
- 二、探討不同配方走塑保鮮膜的「物性」
 - (一) 探討不同配方走塑保鮮膜的防水性
 - (二) 探討不同配方走塑保鮮膜的耐溫性
 - (三) 探討不同配方走塑保鮮膜的耐酸性
 - (四) 探討不同配方走塑保鮮膜的透氣性
 - (五) 探討不同配方走塑保鮮膜的衝擊性
 - (六) 探討不同配方走塑保鮮膜的拉伸性
 - (七) 探討不同配方走塑保鮮膜的分解性
 - (八) 探討不同配方走塑保鮮膜的燃燒性
- 三、探討實際應用走塑保鮮膜的可行性
 - (一) 探討走塑保鮮膜包覆食物儲藏後對食物的影響
 - (二) 探討走塑保鮮膜包覆食物加熱後的影響
- 四、找出製作走塑保鮮膜的最佳方式
- 五、探討以花青素製作「變色走塑保鮮膜」的應用

研究架構圖：



肆.研究設備及器材：

海藻酸鈉、食用甘油、醋酸、蛋殼、玉米粉、糯米粉、麵粉、乳酸鈣、氯化鈣、魚骨粉、幾丁聚醣、蝶豆花、火龍果、紫色高麗菜、鮮奶、稀鹽酸、濃鹽酸、檸檬酸、市售保鮮膜、燕尾夾、Maker積木、電子秤、電子拉力秤、打火機、手機照相機、手機照度計、分光光度計、PH Meter、鑷子、培養皿(直徑8cm)、塑膠盒(20cmX14cm)、塑膠滴管、燒杯(50ml)(150ml)(250ml)、量筒(50ml)(10ml)、酒精燈、三腳架、石綿網、試管架、玻棒、試管、手提電腦、WORD及EXCEL軟體。



伍.研究過程、結果及討論：

文獻探討：

海藻酸鈉(Sodium Alginate)為多醣類，是天然的褐藻提取物，米白色粉狀，溶於水後具有一定的黏附性，有形成凝膠和成膜的特性，常作為食品中的增稠劑、穩定劑、乳化

劑等。黏稠的膠體要轉變成透明，堅韌、具有彈性的「熱不可逆膠體」，需要與二價以上金屬離子（鎂、鈣、鋇、鋇）產生交聯作用(Cross-linking)，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，也就是凝膠的形成。

花青素（anthocyanins）是一種常見的植物色素，自然界有超過 500 種不同的花青素。花青素與食品化學息息相關，通常花青素耐高溫，且在不同的酸鹼性之下，會轉變不同的結構，並呈現不同的顏色。

保鮮膜的材質除了 PE 之外，也常使用 PVDC(聚偏二氯乙烯)和 PVC(聚氯乙烯)。其中，PVDC 和 PVC 都含有氯，且在製作過程中需加入塑化劑和安定劑，遇熱會釋出有毒物質，對人體產生危害，回收率也非常低。PE 材質雖然可以透過「回收」再製成新產品，但保鮮膜使用過程易沾染油污，實際上難以回收。在大眾環保意識抬頭、塑膠污染問題備受關注的情況下，部分廠商開始著手研發新材質，希望製作出能夠被生物分解的保鮮膜。然而，這些市面上宣稱可以被生物分解的保鮮膜，其實是在常見塑膠(如 PE)中添加了像是：玉米澱粉、碳酸鈣或是自行研發的 d2w 分子等，這些氧化性塑膠(oxoplastics)添加物只能讓整塊塑膠快速「碎裂」成小塊，無法使塑膠真的被生物分解，塑膠仍會以碎屑或微粒的形式長久存在於自然界，無論是流入海洋造成汙染或被動物食用進入到食物鏈，都容易比一般塑膠垃圾產生更大的危害。再加上塑膠變得更容易碎裂後，其實增加了回收處理的難度。

減塑的議題已是全球共識，有關於減塑的研究很多，本研究團隊搜集相關文獻後，將與海藻酸鈉有關的製膜研究歸納統整如下表：

科展歷屆研究作品	製膜材料	研究結果
把新鮮包起來—非塑料環保薄膜之研發(參考文獻二)	海藻酸鈉、甘油、醋酸、氯化鈣	2%海藻酸鈉、2%甘油、1.5%醋酸、10%氯化鈣自製新型保鮮膜，包裝視覺效果、腐敗性及常溫儲存效果好
「鈣」一個「膜」法太空包(參考文獻三)	海藻酸鈉、蛋殼、醋酸	浸泡醋方式溶出碳酸鈣與海藻酸鈉結合，浸泡10至15分鐘效果最好
「混」是「膜」王—探討海藻酸鈉及澱粉混合薄膜特性(參考文獻四)	海藻酸鈉、澱粉、氯化鈣	澱粉多寡影響薄膜硬度及吸水率，海藻酸鈉多寡影響平整柔軟度，與氯化鈣交聯使薄膜厚度增加、面積縮小。
Ooho!「內」個「膜」法—凝膠薄膜性質之探討(參考文獻五)	海藻酸鈉 乳酸鈣	2%海藻酸鈉與5%乳酸鈣反應10分鐘可得平面薄膜，低溫烘乾薄膜性質變異小，可承受較大拉力
目不轉「晶」探討海藻酸鈉薄膜的形成與相關應用(參考文獻六)	海藻酸鈉、氯化鈣	海藻酸鈉溶液結合正二價離子效果最好，其中更以Ca ²⁺ 較為穩定
鹹「魚」翻身，「海」好沒「塑」—以廢棄魚骨與海藻酸鈉製成生物塑膠之探討(參考文獻七)	海藻酸鈉、馬鈴薯粉、醋、甘油、魚骨粉	生物塑膠有較大硬度，不易發霉。馬鈴薯粉60g、醋30g、甘油15g、海藻酸鈉6g、魚骨粉15g、水500g可做出耐重性佳的生物塑膠
好膜成雙—幾丁聚醣複合保鮮膜製作之探討(參考文獻八)	海藻酸鈉、甘油、幾丁聚醣、乳酸鈣	2%海藻酸鈉、2%幾丁聚醣、5%乳酸鈣，添加甘油增加拉力，可塑性及防水性，可製成保鮮膜

一、探討以「海藻酸鈉」製作走塑保鮮膜的配方

- 1.想法：我們想知道以海藻酸鈉食材為主要配方，再搭配其他不同的食材及比例，運用不同的製膜方法，是否可以製出與市售保鮮膜一樣功能的走塑保鮮膜。

2.方法：

(1)根據文獻內容將製膜材料及方法整理如表 1-1，並依此表開始製膜。

表 1-1 製膜編號、材料及方法

編號	製膜材料	製膜方法
1	海藻酸鈉 甘油 醋酸 氯化鈣	1.秤取 2 克海藻酸鈉於 100ml 開水中攪拌至完全溶解，配置成 2%海藻膠糊液 2.加入 5 克甘油、1.5 克醋酸，攪拌至完全溶解。 3.分別取 10ml、20ml、30ml、40ml 均勻倒於塑膠盒。 4.配置 10%氯化鈣水溶液，均勻微噴到海藻膠糊液 5.置於陽光下曬乾四小時，再置於室內晾乾，成膜乾燥後取出。
2	海藻酸鈉 蛋殼 醋	1.製作海藻酸鈉(2%)：秤取 2 克海藻酸鈉於 100ml 開水中攪拌至完全溶解。 2.製作蛋殼液：秤取 5 克打碎成粉末的蛋殼加入 100ml 的醋液。 3.以海藻酸鈉為基底，用湯匙放入一勺的蛋殼液 25 分鐘後觀察狀況 4.將拿起的成品放入內搓洗，將黏稠感清洗掉。 5.置於陽光下曬乾四小時，再置於室內晾乾至隔天，成膜乾燥後取出。
3	海藻酸鈉 澱粉 氯化鈣 甘油	1.分別取 3g 及 6g 玉米粉及糯米粉置於燒杯中 2.分別加入 2g 海藻酸鈉及 2g 甘油，加水至 100ml，.攪拌至完全溶解。 3.分取 10ml、20ml、30ml、40ml 溶液倒入塑膠盒，再緩緩倒入 10%氯化鈣溶液等待 20 分鐘成膜。 4.洗去薄膜上殘留的氯化鈣溶液後置於陽光下曬乾四小時，再置於室內自然乾燥後剝下。
4	海藻酸鈉 乳酸鈣	1.分別倒入 2%海藻酸鈉水溶液 10ml、20ml、30ml、40ml 於塑膠盒。 2.再取同等量 5%乳酸鈣水溶液分別沿著盒邊緣倒入，約 10 分鐘可成膜。 3.用水沖洗掉盒內殘留的反應液，置於陽光下曬乾四小時，再置於室內自然乾燥後剝下。
5	海藻酸鈉 氯化鈣	1.配置 2%海藻酸鈉溶液及 10%氯化鈣水溶液(1000ml)。 2.分別將海藻酸鈉溶液 10ml、20ml、30ml、40ml 倒入氯化鈣溶液中。 3.成膜置入水中清洗瀝乾，置於陽光下曬乾四小時，再置於室內自然乾燥後剝下。
6	海藻酸鈉 馬鈴薯粉、醋 甘油 魚骨粉	1.馬鈴薯粉 60g，醋 30g、甘油 15g、海藻酸鈉 6g、魚骨粉 15g、水 500ml 加入燒杯中，置於火源加熱攪拌，直到黏稠狀 2.分取 10ml、20ml、30ml、40ml 倒入塑膠盒，置於陽光下曬乾四小時，再置於室內自然乾燥後剝下。
7	海藻酸鈉 幾丁聚醣	1.分別取 2g 海藻酸鈉及甘油加入 100ml 開水—海藻酸鈉膜液 2.分別取 2g 幾丁聚醣及甘油加入 100ml 開水—幾丁聚醣液 3.分別取海藻酸鈉膜液及 5%乳酸鈣 10ml、20ml、30ml、40ml 於塑膠盒中，成膜後置於陽光下曬乾四小時。 4.分別倒入幾丁聚醣液 10ml、20ml、30ml、40ml 於塑膠盒中，成膜後置於陽光下曬乾四小時。再置於室內自然乾燥後剝下。

(2)以分光光度計測量膜的 625nm 吸光值，觀察膜外觀並記錄。

3.結果：

控制變因：製膜方法




操作變因：製膜溶液量(ml)、製膜材料

應變變因：外觀、波長 625nm 吸光值(abs)



表 1-2 製造走塑保鮮膜狀況(每編號製作 3 張之平均狀況)

製膜編號	製膜溶液量 (ml)	625nm 吸光值 (abs)	外觀	走塑膜成品
1	10	0.084	1.黏、濕、軟、四周糾結、中間平整、透明、很薄 2.與市售保鮮膜外觀相似	
	20	0.095		
	30	0.104		
	40	0.115		
2	10	0.093	1.滑、乾、硬、四周捲、中間不平整、透明、薄 2.與市售保鮮膜外觀相似	
	20	0.102		
	30	0.108		
	40	0.125		
3-1 (玉)3%	10	2.124	1.粗糙、乾、硬、四周捲、中間不平整、不透明、厚 2.與市售保鮮膜外觀不相符	
	20	2.128		
	30	2.144		
	40	2.183		
3-2 (玉)6%	10	2.129	1.粗糙、乾、硬、四周捲曲、中間不平整、不透明、厚 2.與市售保鮮膜外觀不相符	
	20	2.135		
	30	2.184		
	40	2.195		
3-3 (糯)3%	10	2.217	1.粗糙、乾、硬、四周捲、中間不平整且破損大、不透明、厚 2.與市售保鮮膜外觀不相符	
	20	2.305		
	30	2.342		
	40	2.369		
3-4 (糯)6%	10	2.232	1.粗糙、乾、硬、四周捲曲、中間不平整且破損大、不透明、厚 2.與市售保鮮膜外觀不相符	
	20	2.246		
	30	2.435		
	40	2.462		
4	10	0.052	1.滑、乾、硬、四周捲、中間不平整、透明、薄 2.與市售保鮮膜外觀相似	
	20	0.069		
	30	0.076		
	40	0.084		

製膜編號	製膜溶液量 (ml)	625nm 吸光值 (abs)	外觀	走塑膜成品
5	10	0.070	1.滑、乾、硬、四周及中間不平整、透明、薄 2 與市售保鮮膜外觀相似	
	20	0.079		
	30	0.109		
	40	0.125		
6	10	1.697	1.粗糙、濕、軟、四周不平整、中間破損、不透明、厚 2.與市售保鮮膜外觀不相符	
	20	1.726		
	30	1.795		
	40	1.824		
7	10	0.235	1.滑、乾、硬、四周捲、中間不平整、透明、薄 2 與市售保鮮膜外觀相似	
	20	0.264		
	30	0.318		
	40	0.340		
8	市售保鮮膜之波長 625nm 吸光值 0.050			

4.發現：

- (1)由表 1-2 發現以外觀而言，1 號膜最為平整，最接近市售保鮮膜，透明程度則是 1、2、4、5、7 號膜符合市售保鮮膜。1、6 號膜濕軟，其他膜則乾硬。相較之下，3、6 號膜較厚也較粗糙。
- (2) 由表 1-2 及圖 1-1 發現製膜溶液量越高，吸光值也越高。最接近市售保鮮膜的是 4 號膜，其次為 1 號膜及 5 號膜。

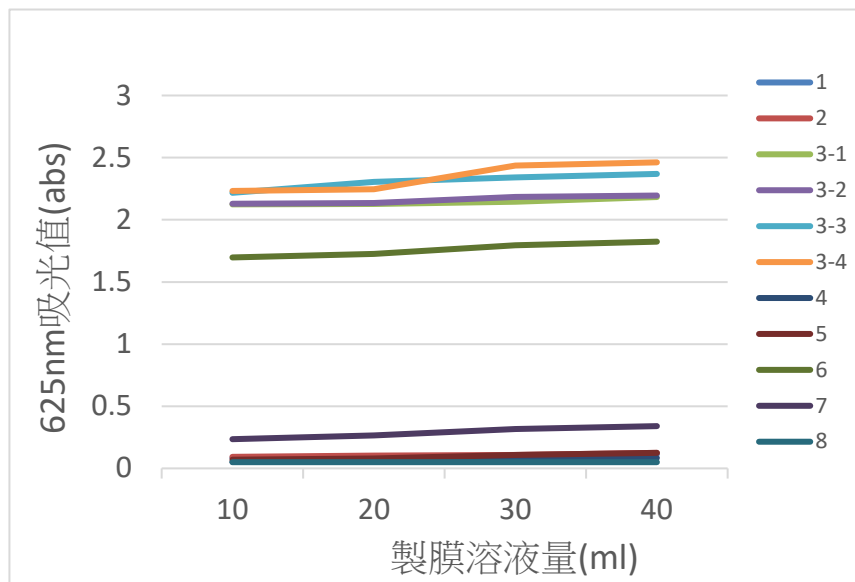


圖 1-1 製膜溶液量與波長 625nm 吸光值的關係

5.討論：

- (1)除了 1、6 號膜為濕軟外，其他膜都是乾硬，使用前需要泡水。
- (2)因為 3、6 號膜加入澱粉，所以較為粗糙且不透明。
- (3)因為製膜溶液量越高膜厚度越大，所以吸光值也越高。3、6 號膜則因為不透明，所以吸光值高。
- (4)因為 1 號膜最軟濕，成膜後的剝離較為困難，所以以最高製膜溶液量 40ml 來製膜。

- (5)因為製膜厚度太小的話，不易剝離，在拉膜時容易被破壞，所以 7 號膜以最高製膜溶液量 40ml 來製膜；3 號膜因較厚，且糯米膜容易破損，所以使用玉米粉 20ml 製膜；2、4、5 號膜則以 30ml 製膜較易剝離，厚度不至於太大；6 號膜因粗糙且厚，以最少量 10ml 來製膜。

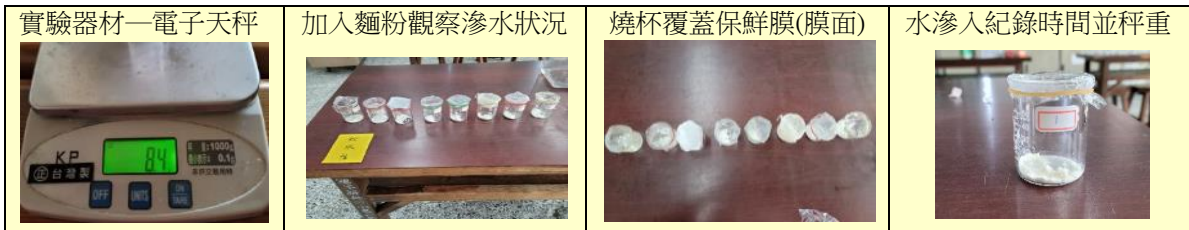
二、探討不同配方走塑保鮮膜的「物性」

(一) 探討不同配方走塑保鮮膜的防水性

1.想法：根據制定的製膜溶液量及製膜方法進行製膜之後，我們進行這些走塑保鮮膜的物性檢測，也跟市售保鮮膜進行比較。首先，我們想了解這些自製膜的防水性質，所以進行以下的研究。

2.方法：

- (1)取24個50ml燒杯以電子天平秤重記錄，分別加入1g麵粉秤重記錄，編號標示。
- (2)取 1~8 號膜各三張，2~7 號膜泡水沾濕 1 分鐘使其軟化，將膜上水分擦乾，放置 1 分鐘後，再以微下陷方式緊密包覆上述燒杯口。
- (3)以滴管各取 2ml 水分置於膜上，記錄時間。
- (4)進行觀察直至下方麵粉因膜上方水滴下而潮濕，記錄開始滲水的時間。
- (5)觀察滲水狀況並秤重記錄滲水量。



3.結果：

控制變因：麵粉 1g、2ml 水、泡水沾濕 1 分鐘擦乾放置 1 分鐘。
 操作變因：1~7 號自製走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜。
 應變變因：開始滲水時間(min)、滲水量(g/min)。

表2-1-1 保鮮膜防水狀況(重複三次平均值)

製膜編號	開始滲水時間(min)	滲水量(g/min)	滲水狀況
1	10	0.170	麵粉很濕 2ml 水全部流下，流速快
2	85	0.002	麵粉一些濕 2ml 水一部分流下，流速慢
3	105	0.003	麵粉一些濕 2ml 水一部分流下，流速慢
4	1590	0.00006	麵粉一滴水滴下，流速非常緩慢
5	1710	0.00002	麵粉一滴水滴下，流速非常緩慢
6	205	0.001	麵粉一點濕 2ml 水一點點流下，流速慢
7	1660	0.00002	麵粉一滴水滴下，流速非常緩慢
8	1800 (未滲水)	0.000	麵粉完全沒濕

4.發現：

(1)由表 2-1-1、圖 2-1-1 及圖 2-1-2 發現 1 號膜 10 分鐘之後就開始滲水，滲水量最高，每分鐘可達 0.17g，其次是 2、3、6 號膜，每分鐘 0.001~0.003g、再其次是 4、5 號膜，每分鐘 0.00002~0.00006g，市售保鮮膜則經過 1800 分鐘後仍未滲水。

(2)由表 2-1-1 發現 1 號膜開始滲水之後，膜破損狀況明顯，導致 2ml 水快速且全部流下，麵粉很濕。

(3)由表 2-1-1 發現 2~7 號膜開始滲水之後，膜破損狀況不明顯，流速緩慢，2ml 水只有部分流下，甚至只有一滴水流下，麵粉微濕。

(4)由圖 2-1-2 發現 1 號膜跟其他保鮮膜的滲水量差異很大，可達 100 倍~10000 倍。

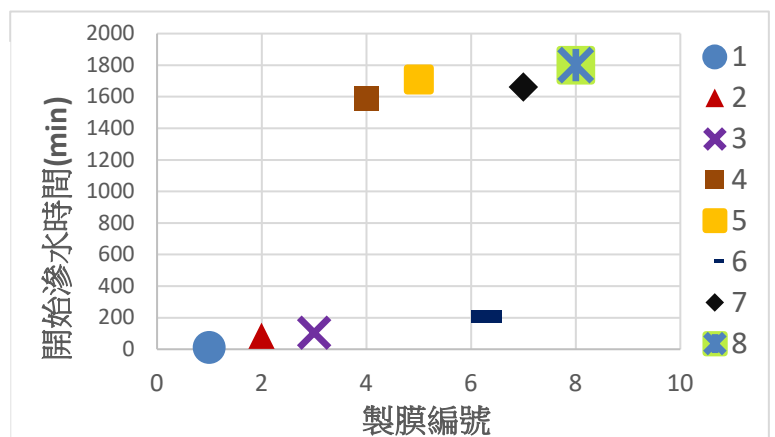


圖 2-1-1 保鮮膜開始滲水時間

5.討論：

- (1) 1 號膜由於非常薄，黏性大且含水分，所以防水性差，讓膜上的水全部滲入燒杯中，使麵粉受潮。
- (2) 市售保鮮膜為塑膠製品，所以經過 1800 分鐘(30 小時)，膜仍未被破壞，防水性佳。
- (3) 根據實驗結果，自製走塑保鮮膜的防水性：5、7 號膜 > 4 號膜 > 3 號膜 > 2 號膜 > 6 號膜 > 1 號膜。

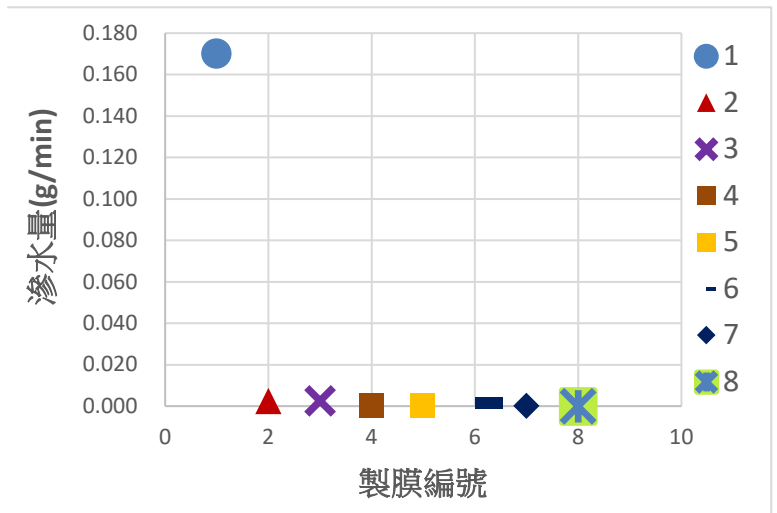


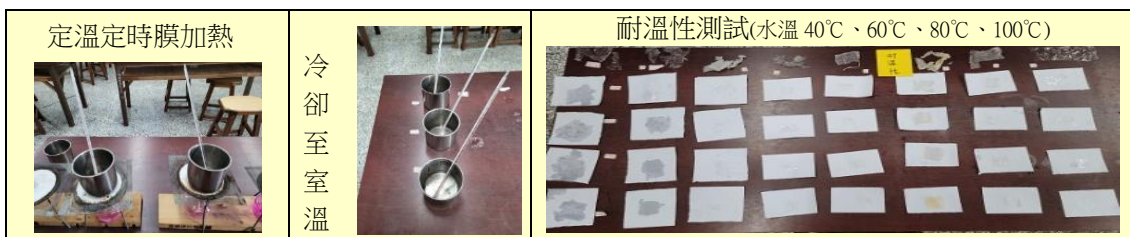
圖 2-1-2 保鮮膜的滲水量

(二) 探討不同配方走塑保鮮膜的耐溫性

1.想法：我們想了解走塑自製保鮮膜在不同水溫下被破壞的程度，所以進行以下研究

2.方法：

- (1) 除了1、8號膜之外，2~7號膜泡水沾濕1分鐘使其軟化，將膜上水分擦乾放置1分鐘
- (2) 剪取邊長各為 3 公分，面積 9cm² 的 1~8 號膜各三張。
- (3) 隔水加熱方式，將自製膜分置於水溫 40℃、60℃、80℃、100℃ 之 100ml 水中 10 分鐘。
- (4) 取出後冷卻至室溫，觀察自製膜狀況，量測邊長並計算面積。



3.結果：

控制變因：保鮮膜面積 9cm²、100ml 水、定溫加熱 10 分鐘、泡水沾濕 1 分鐘擦乾放置 1 分鐘。

操作變因：1~7 號自製走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜；水溫 40℃、60℃、80℃、100℃。

應變變因：保鮮膜面積(cm²)。

表 2-2-1 保鮮膜耐溫狀況

(外觀變化及面積變化率%重複三次平均值)

製膜編號	面積變化率%				外觀變化
	40℃	60℃	80℃	100℃	
1	169	117	101	12	40℃ 周邊捲曲稍破損。膜散開膨脹，內含水分
2	36	36	36	36	膜變大一點，內含水分
3	0	0	0	0	膜仍完整未有變化
4	0	0	0	0	膜仍完整未有變化
5	0	0	0	0	膜仍完整未有變化
6	78	78	78	78	膜變大一點，內含水分
7	0	0	0	0	膜仍完整未有變化
8	0	0	0	0	膜仍完整未有變化 100℃ 時明顯皺褶不平

4.發現：

- (1) 由表 2-2-1 發現 1 號膜在 40℃ 時有捲曲及破損，膜膨脹及散開。溫度升高時則沒有明顯破壞，且膨脹及散開狀況變小。1、2、6 號膜，膜內含水分。市售保鮮膜在 100℃ 明顯皺褶不平，其他保鮮膜則未有變化。
- (2) 由圖 2-2-1 發現在 8 張保鮮膜中，1 號膜的面積變化率最大。其次是 6 號膜，再其次是 2 號膜。
- (3) 1 號膜在 40℃ 時面積變化率最大，100℃ 時面積變化率最小。溫度越高，面積變化率越低。

5.討論：

- (1) 1、2、6 號膜由於含水分，所以泡入水中時，水分進入膜內產生膨脹並散開，導致膜面積變大。
- (2) 1 號膜在水溫 100°C 時，並未增加膨脹現象，反而讓狀況減少，表示此膜在溫度低時較易讓水分進入膜內，溫度高時則不易進入。
- (3) 市售保鮮膜為塑膠製品，所以加熱至 100°C 時，內部化學元素產生變化，造成外觀皺褶不平，但膜並未被破壞。
- (4) 根據實驗結果，自製走塑保鮮膜的耐溫性：3、4、5、7、8 號膜 > 2 號膜 > 6 號膜 > 1 號膜。

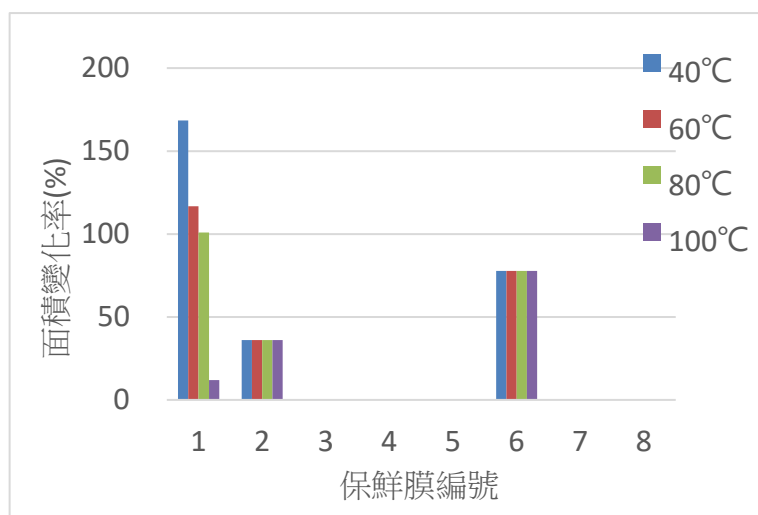


圖 2-2-1 保鮮膜的面積變化率(%)

(三) 探討不同配方走塑保鮮膜的耐酸性

1.想法：我們想了解這些走塑自製保鮮膜的耐酸性質，所以運用指示劑的酸鹼顏色變化原理進行以下的研究。

2.方法：

- (1) 取24個50ml燒杯，分別加入溴瑞香草藍指示劑 2ml。
- (2) 取 1~8 號膜各三張，2~7 號膜泡水沾濕 1 分鐘使其軟化，將膜上水分擦乾，放置 1 分鐘後，再以微下陷方式包覆上述燒杯口。
- (3) 以滴管吸取檸檬酸(PH=3.2)，在膜上滴入 20 滴，紀錄時間。
- (4) 進行觀察直至下方指示劑因膜上方的酸性液體滴下而產生顏色變化(藍→黃)，記錄開始變色的時間並觀察變色狀況。
- (5) 重複(1)~(2)步驟，以滴管吸取稀鹽酸(PH=1.3)，在膜上滴入 20 滴，紀錄時間。
- (6) 重複(4)步驟進行觀察記錄。
- (7) 重複(1)~(2)步驟，以滴管吸取濃鹽酸(PH<1)，在膜上滴入 5 滴，紀錄時間。
- (8) 重複(4)步驟進行觀察記錄



3.結果：

控制變因：2ml 溴瑞香草藍、20 滴檸檬酸、20 滴稀鹽酸、5 滴濃鹽酸、泡水沾濕 1 分鐘擦乾放置 1 分鐘。

操作變因：1~7 號自製走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜。

應變變因：開始變色時間(sec)。

4.發現：

- (1) 由表 2-3-1 發現 1~8 號膜上滴 20 滴檸檬酸經過 43200 秒皆未變色。稀鹽酸在 6340 秒時 6 號膜燒杯內的指示劑開始變橘紅色，2、3、4、5 號膜於 11200~13200 秒間陸續變色，1、7 號膜於 19400~22860 秒變色，8 號膜則經過 25200 秒仍未變色

表2-3-1 保鮮膜耐酸狀況
(顏色變化及開始變色時間(sec)重複三次平均值)

製膜編號	開始變色時間(sec)			顏色變化
	檸檬酸	稀鹽酸	濃鹽酸	
1	43200	19400	128	檸檬酸未變色、稀鹽酸：藍→棕、濃鹽酸：藍→黃
2	43200	11840	79	檸檬酸未變色、稀鹽酸：藍→棕、濃鹽酸：藍→黃
3	43200	13220	65	檸檬酸未變色、稀鹽酸：藍→橘、濃鹽酸：藍→黃
4	43200	11260	78	檸檬酸未變色、稀鹽酸：藍→棕、濃鹽酸：藍→黃
5	43200	12660	67	檸檬酸未變色、稀鹽酸：藍→橘、濃鹽酸：藍→黃
6	43200	6340	86	檸檬酸未變色、稀鹽酸：藍→橘、濃鹽酸：藍→黃
7	43200	22860	134	檸檬酸未變色、稀鹽酸：藍→棕、濃鹽酸：藍→黃
8	43200	25200	7200	檸檬酸未變色、稀鹽酸未變色、濃鹽酸：藍→棕

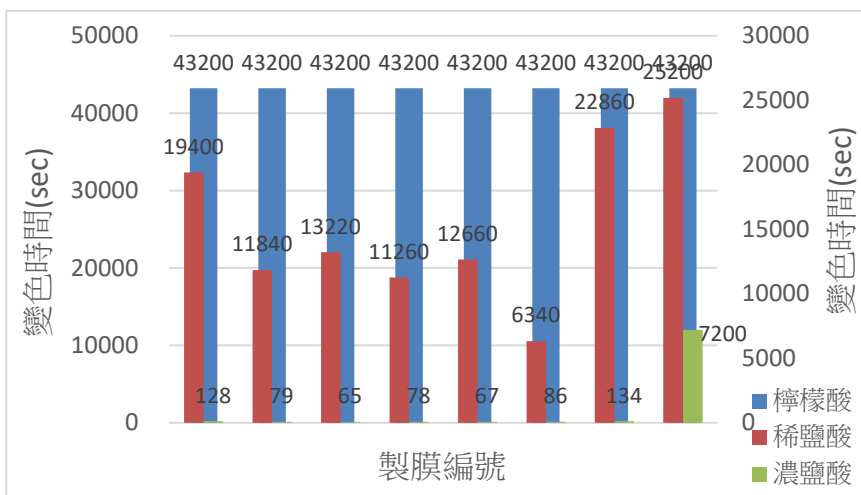


圖 2-3-1 保鮮膜開始變色時間

(2)由表 2-3-1 發現 3、5 號膜在滴 5 滴濃鹽酸後，經 65~67 秒即變黃色，78 秒後 4、2 號膜陸續變色，6 號膜 86 秒開始變色，經過 128 秒~134 秒 1、7 號膜變色，8 號膜直到 7200 秒才開始變色。

(3)由圖 2-3-1 發現檸檬酸觀察 43200 秒未變色，稀鹽酸變色時間介於 6300~23000 之間，8 號膜觀察 25200 秒未變色。濃鹽酸變色時間介於 65~135 秒之間，8 號膜於 7200 秒開始變色

5.討論：

(1)檸檬酸 PH 值大約是 3，無法破壞保鮮膜，所以經過 12 小時 (43200 秒)未能變色。稀鹽酸 PH 值大約是 1，因 6 號膜不夠緊實，所以率先於 6340 秒(約 2 小時)變色。8 號市售保鮮膜則是未能變色。稀鹽酸的變色為棕橘色。

(2)濃鹽酸 PH 值小於 1，大約 60 秒後陸續變色，市售保鮮膜則是經 7200 秒(2 小時)才變色，濃鹽酸的變色為黃色。

(3)根據濃鹽酸實驗結果，自製走塑保鮮膜的防酸性：7 號膜 > 1 號膜 > 6 號膜 > 2、4 號膜 > 3、5 號膜。

(四) 探討不同配方走塑保鮮膜的透氣性

1.想法：我們想了解這些自製膜覆蓋於冷水及熱水的透氣程度如何，所以進行以下的研究。

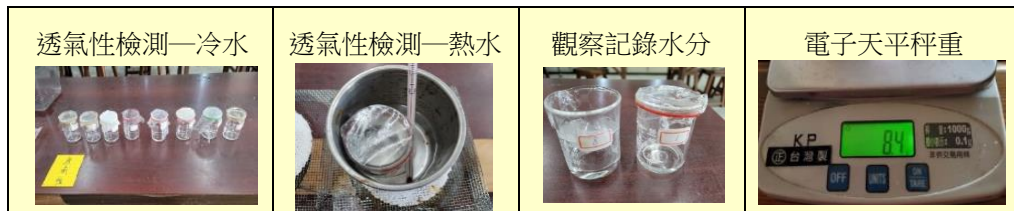
2.方法：

(1)取24個50ml燒杯，分別加入10ml水，取1~8號膜各三張，2~7號膜泡水沾濕1分鐘使其軟化，將膜上水分擦乾放置1分鐘後將1~8號膜緊密覆蓋燒杯口，並以橡皮筋綁緊，確實將保鮮膜包覆住燒杯口。以電子天平秤重記錄。

(2)靜置於室溫一段時間後分別進行秤重並記錄。

(3)重複(1)步驟。以隔水加熱方式，煮沸 30 分鐘。

(4)置於室溫冷卻 40 分鐘，秤重並記錄。



3.結果：

控制變因：50ml 燒杯、5ml 水、放置地點、水溫(煮沸約 95°C)、熱水反應時間 1.17hr、泡水沾濕 1 分鐘擦乾放置 1 分鐘。

操作變因：反應時間(冷水(hr)：10、20、30、40)、1~7 號自製走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜。

應變變因：重量(g)、透氣量(g/hr)。

表2-4-1 保鮮膜透氣前後重量差異(g)及透氣量(g/hr)
(重複三次平均值)

製膜編號	重量差異(10hr)	重量差異(20hr)	重量差異(30hr)	重量差異(40hr)	重量差異(熱水)	10hr透氣量(g/hr)	20hr透氣量(g/hr)	30hr透氣量(g/hr)	40hr透氣量(g/hr)	平均透氣量(g/hr)	熱水透氣量(g/hr)
1	0.13	0.70	0.93	1.63	4.27	0.01	0.03	0.03	0.04	0.03	3.65
2	0.10	0.53	0.73	1.33	4.20	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	3.59
3	0.10	0.57	0.77	1.33	3.70	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	3.16
4	0.10	0.73	0.97	1.57	3.60	0.01	0.04	0.03	0.04	0.03	3.08
5	0.10	0.57	0.87	1.23	5.30	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	4.53
6	0.10	0.73	0.97	1.43	2.33	0.01	0.04	0.03	0.04	0.03	1.99
7	0.10	0.67	1.03	1.47	5.57	0.01	0.03	0.03	0.04	0.03	4.76
8	0.10	0.20	0.20	0.23	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.85

4.發現：

- (1)由表 2-4-1 發現冷水透氣 40 小時前後重量差異最大的是 1 號膜 1.63g，透氣量 0.03g/hr；其次是 4 號膜，重量差異 1.57g，透氣量 0.03g/hr；重量差異最小的是 8 號市售保鮮膜，差異為 0.23g，透氣量 0.01g/hr。熱水透氣 1.17 小時前後重量差異最大的是 7 號膜，差異為 5.57，透氣量 4.76g/hr；其次為 5 號膜，差異為 5.30，透氣量 4.53g/hr；再其次是 1 號膜，差異 4.27g，透氣量 3.65g/hr。重量差異最小的是 8 號市售保鮮膜，差異為 1.00g，透氣量 0.85g/hr。
- (2)由圖 2-4-1 發現冷水透氣 10 小時重量差異不大，20~30 小時差異變大，40 小時差異更大，各保鮮膜的差異變化曲線一致。熱水透氣之 5、7 號膜重量差異幅度變大，6 號膜差異幅度變小。8 號市售保鮮膜冷熱水透氣前後的重量差異很小。
- (3)由圖 2-4-2 發現熱水透氣量明顯高於冷水透氣量，兩者間的差異介於 2.00g/hr~4.75g/hr。

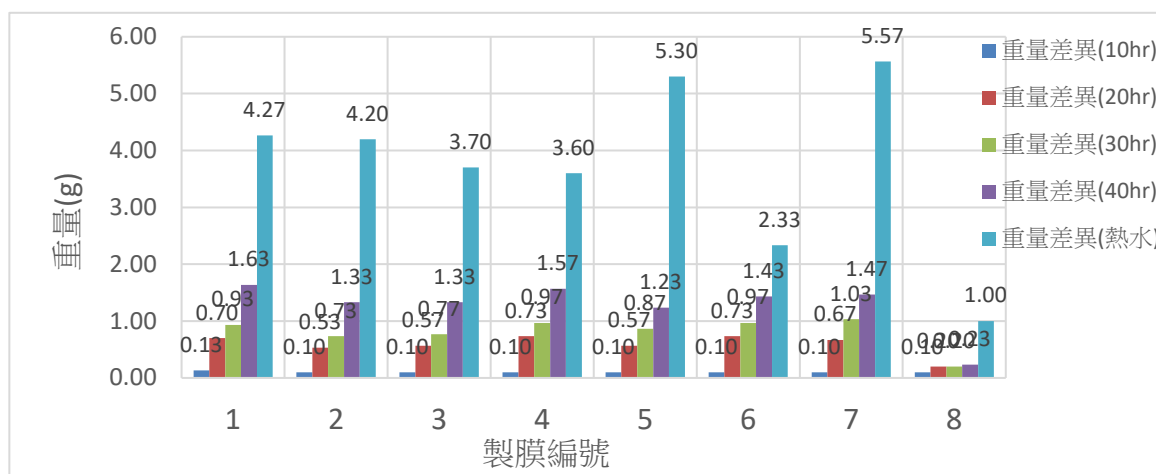


圖 2-4-1 保鮮膜透氣不同時間及冷熱水之前後重量差異

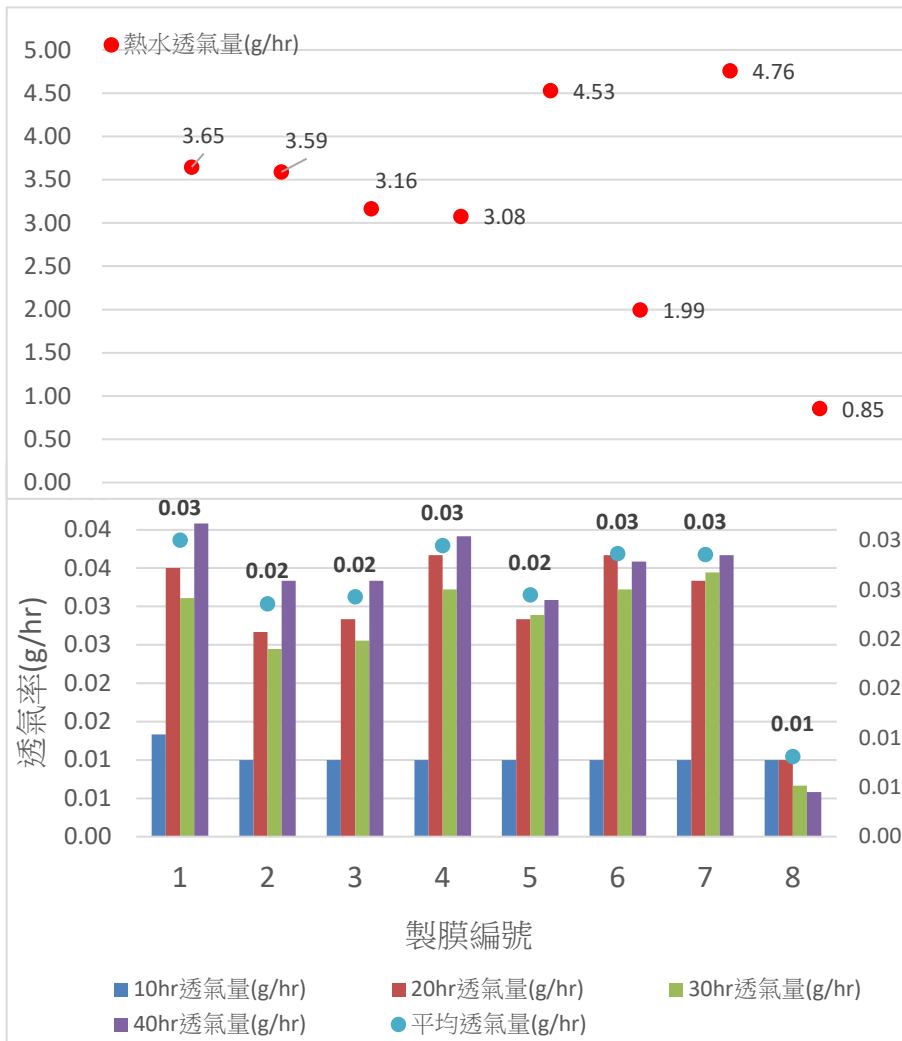


圖 2-4-2 保鮮膜透氣不同時間及冷熱水之透氣量(g/hr)

5.討論：

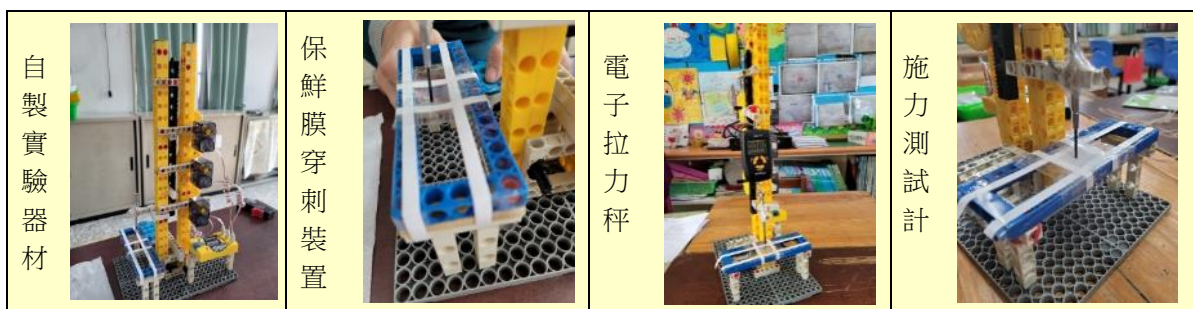
- (1) 1、4 號膜因為冷水透氣前後重量差異大，所以透氣性佳。
- (2) 8 號市售保鮮膜為塑膠製品，為求密封，所以透氣前後差異小，冷熱水的透氣性皆不佳。
- (3) 冷水透氣前 10 小時透氣量變化差異不大，20 小時後的變化差異變大，表示水分蒸發速度初期較為緩慢，之後隨著時間增加，蒸發速度有變快的趨勢。
- (4) 根據實驗結果，保鮮膜的冷水透氣性：1、4 號膜 > 6、7 號膜 > 2、3、5 號膜 > 8 號膜。熱水透氣性：7、5 號膜 > 1、2 號膜 > 3、4 號膜 > 6 號膜 > 8 號膜。熱水透氣性 > 冷水透氣性。二者透氣性差異關係為 85 倍~150 倍

(五) 探討不同配方走塑保鮮膜的衝擊性

1.想法：我們想知道這些保鮮膜經過堅硬物體穿刺的衝擊之後，導致破損的極限是多少，所以進行以下的研究。

2.方法：

- (1) 使用創課教室的積木自製穿刺檢測工具如下圖。
- (2) 取 1~8 號膜各三張，2~7 號膜泡水沾濕 1 分鐘使其軟化，將膜上水分擦乾，放置 1 分鐘後將保鮮膜置於上述檢測工具，開啟裝置讓堅硬物體以相同的施力進行穿刺，當保鮮膜被穿破時記錄次數。
- (3) 取 1~8 號膜各三張，2~7 號膜泡水沾濕 1 分鐘使其軟化，將膜上水分擦乾，放置 1 分鐘後將保鮮膜置於上述檢測工具，再將電子拉力秤掛於上述穿刺檢測工具，施力於電子拉力秤，直至保鮮膜被穿刺破損時記錄電子秤上的施力。



3.結果：

控制變因：穿刺檢測工具、電子拉力秤、泡水沾濕 1 分鐘擦乾放置 1 分鐘。

操作變因：1~7 號自製走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜。

應變變因：穿刺次數(次)、電子拉力秤施力(g)。

表2-5-1 保鮮膜穿刺衝擊性
穿刺次數及拉力秤施力
(重複三次平均值)

製膜編號	穿刺次數(次)	施力(g)
1	1.33	23.33
2	1.00	20.00
3	16.33	111.67
4	203.00	196.67
5	1791.67	1083.33
6	3.33	26.67
7	5.67	50.00
8	3.00	31.67

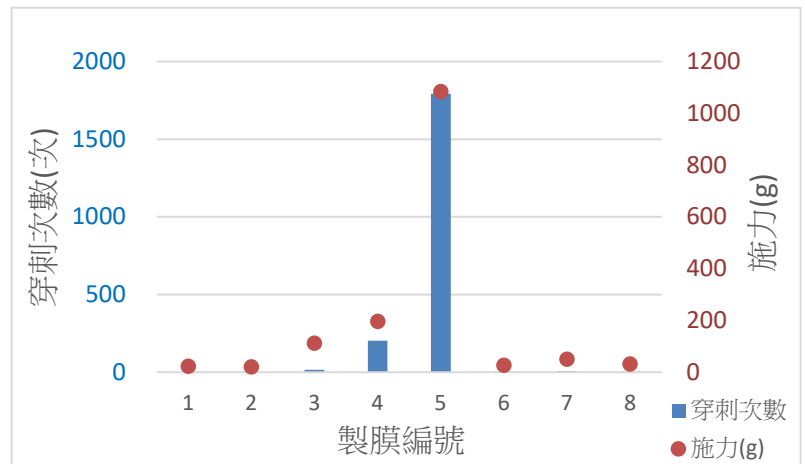


圖 2-5-1 保鮮膜衝擊性之穿刺次數及施力極限

4.發現：

- (1)由表 2-5-1 發現 5 號膜平均穿刺 1791.67 次，拉力秤施力 1083.33g 才將保鮮膜穿刺破壞。其次是 4 號膜，平均穿刺 203 次，拉力秤施力 196.67g 才將保鮮膜穿刺破壞。再其次是 3 號膜，平均穿刺 16.33 次，拉力秤施力 111.67g 才將保鮮膜穿刺破壞。2 號膜穿刺 1 次，施力 20g 就被穿刺破壞。8 號市售保鮮膜平均穿刺 3 次，拉力秤施力 31.67g 將保鮮膜穿刺破壞。
- (2)由圖 2-5-1 發現不管是穿刺次數檢測還是電子拉力秤施力，1~8 號膜以二種方式檢測所呈現的變化曲線一致。
- (3)由圖 2-5-1 發現 5 號膜的穿刺次數及拉力秤施力明顯高於其他保鮮膜，差異大。

5.討論：

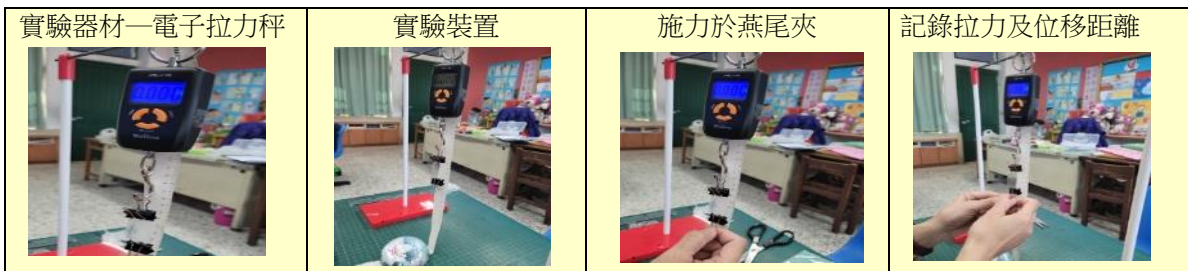
- (1) 5 號膜穿刺次數高達 1791.67 次，施力要 1083.33g 才能對此保鮮膜產生衝擊而穿刺破壞，跟其他保鮮膜比較差異很大，表示此保鮮膜可接受強大的穿刺衝擊。
- (2) 2 號膜僅能施力 20g，穿刺 1 次就破損，顯示此膜較為脆弱，韌性不佳。
- (3)保鮮膜的可穿刺衝擊性：5 號膜> 4 號膜>3 號膜>7 號膜>8、6、1 號膜>2 號膜。

(六) 探討不同配方走塑保鮮膜的拉伸性

1.想法：我們想知道拉破這些保鮮膜需要施多少力，藉以了解保鮮膜的可拉伸性質如何，所以進行以下的研究。

2.方法：

- (1)使用自然教室的實驗器材及電子秤拉力計自製拉伸檢測工具如下圖。
- (2)取 1~8 號膜各三張，2~7 號膜泡水沾濕 1 分鐘使其軟化，將膜上水分擦乾，放置 1 分鐘後，裁剪 5cm X 2cm 大小的保鮮膜，短邊二端夾上燕尾夾，固定夾於向膜內 1cm 處，保持未夾處為 3cm，置於上述檢測工具。
- (3)施力於下方燕尾夾，直至保鮮膜被拉破時記錄電子秤上的施力。



3.結果：

控制變因：拉伸檢測工具、電子拉力秤、泡水沾濕 1 分鐘擦乾放置 1 分鐘、5cm X 2cm 保鮮膜、短邊二端燕尾夾的位置。

操作變因：1~7 號自製走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜。

應變變因：位移距離(cm)、電子拉力秤施力(g)。

表2-6-1 保鮮膜拉伸性
位移距離、拉力及位移施力
(重複三次平均值)

製膜編號	位移距離 (cm)	電子秤拉力 (g)	位移施力 (g/cm)
1	1.33	365.00	273.75
2	1.33	60.00	45.00
3	2.67	420.00	157.50
4	2.83	640.00	225.88
5	2.17	1013.33	467.69
6	1.17	358.67	307.43
7	2.83	865.00	305.29
8	1.33	265.00	198.75

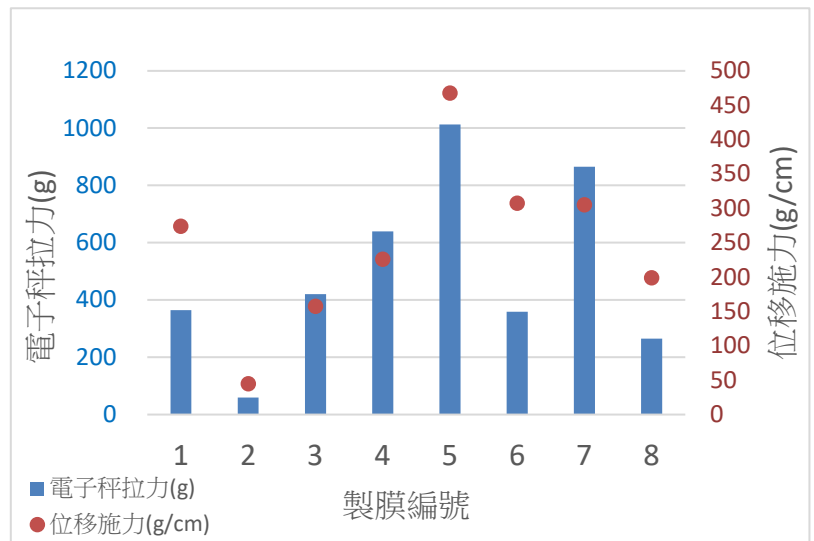


圖 2-6-1 保鮮膜拉伸性之電子秤拉力及位移施力

4.發現：

- (1)由表 2-6-1 及圖 2-6-1 發現以拉力來說，5 號膜電子秤拉力 1013.33g，位移施力 467.69g/cm，才將保鮮膜拉破。其次是 7 號膜，電子秤拉力 865g，位移施力 305.29g/cm，才將保鮮膜拉破。再其次是 4 號膜，平均拉力 640g，位移施力 225.88g/cm，才將保鮮膜拉破。2 號膜拉力 60g，位移施力 45g/cm，就被拉破。8 號市售保鮮膜平均拉力 265g，位移施力 198.75g/cm 時將保鮮膜拉破。
- (2)由表 2-6-1 發現拉伸之位移距離最長的是 7、4 號膜 2.83cm，其次為 3 號膜 2.67cm，再其次為 5 號膜 2.17cm，位移距離最小的是 6 號膜 1.17cm。
- (3)由圖 2-6-1 發現 1、2、5、6、8 號膜之拉力大，位移距離小，尤其以 6 號膜之差異最大；3、4、7 號膜之拉力大，位移距離大。

5.討論：

- (1) 5 號膜之電子秤拉力 1013.33g，位移施力 467.69g/cm，才能拉破此保鮮膜，但此膜位移距離 2.17 並非最長，表示此保鮮膜拉伸彈性不是最好，而因韌性強度較大所以不易拉破。
- (2) 7、4 號膜的拉伸位移距離 2.83 最長，但拉力及位移施力小於 5 號膜，顯示這張膜的拉伸彈性較佳，但韌性強度不足。

(3)6 號膜的位移距離 1.17cm 最短，表示此膜拉力彈性最差。

(4)保鮮膜的拉力：5 號膜> 7 號膜>4 號膜>3 號膜>1 號膜>6 號膜>8 號膜>2 號膜。

(5)保鮮膜的拉伸彈性：4、7 號膜>3 號膜>5 號膜>1、2、8 號膜>6 號膜。

(七) 探討不同配方走塑保鮮膜的分解性

1.想法：我們想了解保鮮膜在土壤中的分解狀況，所以從 1/29 開始進行以下研究。

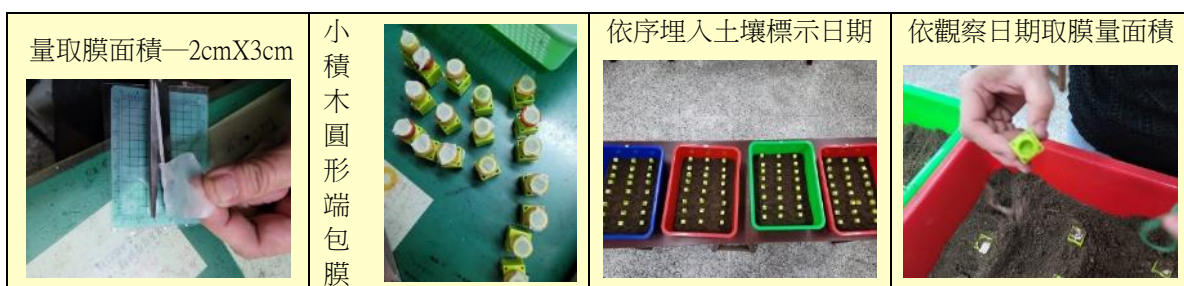
2.方法：

(1)將培養土倒入8個相同大小的方形塑膠盒，土壤深度固定。預計每三天觀察一次，塑膠盒上分別標示觀察實驗日期：2/1、2/4、2/7、2/10、2/13、2/16、2/19、2/22。

(2)取 1~8 號膜各三張(重複三次實驗)，2~7 號膜泡水沾濕 1 分鐘使其軟化，將膜上水分擦乾，放置 1 分鐘。分別量測剪取面積 2cmX3cm 的保鮮膜。

(3)取方形小積木，分別編號標示後，將保鮮膜緊密包覆於小積木之圓形端，並以橡皮筋綁緊，防止保鮮膜脫落，將覆蓋保鮮膜端朝下依序埋入土壤中。每一個方形塑膠盒每一排 1~8 號，共三排 24 個積木，噴灑固定水量於塑膠盒中

(4)依照塑膠盒上標示的觀察實驗日期，取出觀察、量測面積並記錄。再噴灑固定水量於未進行觀測的塑膠盒中。



3.結果：

控制變因：方型塑膠盒、方形小積木、2cmX3cm 保鮮膜、泡水沾濕 1 分鐘擦乾放置 1 分鐘、放置地點、噴灑水量、量測面積工具。

操作變因：1~7 號自製走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜。

應變變因：保鮮膜面積(cm²)、外觀變化。

表 2-7-1 保鮮膜分解性之膜面積變化率重複三次平均值及外觀變化

製膜編號	3天變化率(%)	6天變化率(%)	9天變化率(%)	12天變化率(%)	15天變化率(%)	18天變化率(%)	21天變化率(%)	24天變化率(%)	外觀變化
1	0	0	28	39	54	61	61	61	四周破損，潮濕，沾土多、膜黑
2	0	11	11	17	22	15	75	78	四周破損，乾燥，沾土少、膜稍黑
3	15	22	38	44	33	61	69	63	四周破損，乾燥，沾土少、膜稍黑
4	0	28	31	44	40	65	41	56	四周破損，乾燥，沾土少、膜稍黑
5	17	22	39	44	54	56	56	58	四周破損，乾燥，沾土少、膜稍黑
6	17	22	61	81	83	93	93	94	四周碎散，潮濕，沾土多、膜不成形
7	17	31	41	33	28	42	45	46	四周捲曲，乾燥，沾土少、膜稍黑
8	0	0	0	0	0	0	0	0	四周平整，乾燥不沾土，膜皺仍透明

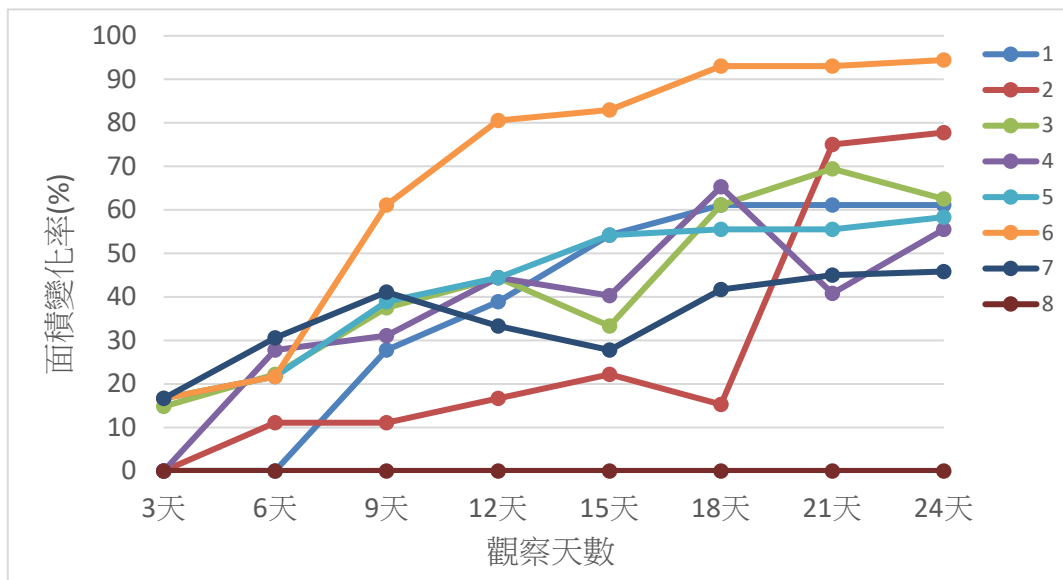


圖 2-7-1 保鮮膜觀察天數與膜面積變化率的關係

4.發現：

- (1)由表 2-7-1 及圖 2-7-1 發現，在 24 天觀察期中，6 號膜的膜面積變化率為 17%~94% 最高，其次是 2 號膜 0%~78%，再其次是 3 號膜 15%~63%，8 號膜面積變化率是 0%，沒有變化。
- (2)由表 2-7-1 發現，1~8 號膜中，只有 1、6 號膜潮濕，沾取土壤的狀況明顯，其他保鮮膜則乾燥且僅沾取少許土壤。6 號膜四周碎裂分散，膜已不成形；1~5 號膜四周破損，膜稍黑；7 號膜四周捲曲，膜稍黑；8 號膜只有變皺，不沾土，膜仍透明，變化小。
- (3)由圖 2-7-1 發現 1、3、4、5 號膜的膜面積變化率差異不大，介於 50%~70%之間，1、3、5、6、7 號膜埋入土壤 18 天後，面積變化率差異變小。

5.討論：

- (1)6 號膜因為潮濕，在土壤中分解狀況明顯，所以自第三天起面積已在變化(17%)，接下來的變化更是隨著日期增加，變化率更高，直到 24 天觀察期結束，變化率高達 94%已經不成膜。1 號膜雖然也是潮濕，但有黏性，分解較不明顯。
- (2)8 號膜為市售保鮮膜，屬塑膠製品，膜面積沒有變化，只是膜變皺一點，也沒有破損狀況，表示在土壤中無法分解。
- (3)因為 1、3、5、6、7 號膜埋入土壤 18 天後，面積變化率差異變小，其他保鮮膜也在掩埋後期產生相同狀況，表示保鮮膜在土壤中的分解由初期的快速分解，直到後期(約 15~20 天)時，逐漸緩慢分解。
- (4)保鮮膜分解性：6 號膜> 2 號膜> 3 號膜> 1 號膜> 5 號膜> 4 號膜> 7 號膜> 8 號膜。

(八) 探討不同配方走塑保鮮膜的燃燒性

1.想法：我們想知道燃燒這些保鮮膜之後的殘留物及燃燒時間有什麼差異，藉以了解保鮮膜的燃燒性質，所以進行以下的研究。

2.方法：

- (1)使用自然教室的實驗器材進行燃燒性質檢測如下圖。
- (2)取 1~8 號膜各三張(重複三次實驗)，2~7 號膜泡水沾濕 1 分鐘使其軟化，將膜上水分擦乾，放置 1 分鐘後，裁剪 3cm X 2cm 大小的保鮮膜放在鋁盤上。稱重並記錄。

- (3)將燃燒要用的酒精燈放在鋁盤上，以便於接收燃燒後的殘留物。
- (4)依編號順序用鑷子夾取保鮮膜，置於酒精燈上，開始燃燒時，按下手機計時器開始計時，直至燃燒完全後，紀錄燃燒時間。鋁盤冷卻至室溫後，稱重並記錄。



3.結果：

- 控制變因：保鮮膜面積(3cm X 2cm)、泡水沾濕 1 分鐘擦乾放置 1 分鐘。
- 操作變因：1~7 號自製走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜。
- 應變變因：重量差異(g)、燃燒時間(sec)。

表2-8-1 保鮮膜燃燒性之重量差異、燃燒時間
(重複三次平均值)

製膜編號	重量差異(g)	燃燒時間(sec)
1	0.00	37.68
2	0.00	95.65
3	0.07	63.29
4	0.07	82.25
5	0.10	118.46
6	0.27	238.18
7	0.03	112.45
8	0.00	15.39

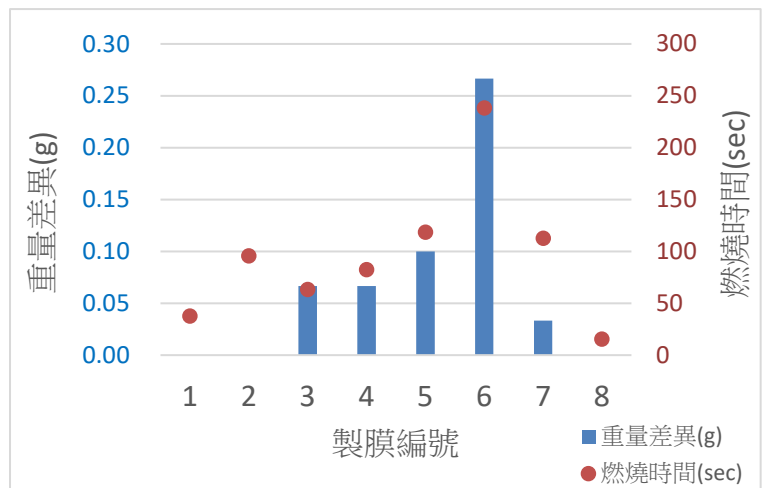


圖 2-8-1 保鮮膜燃燒性之重量差異及燃燒時間

4.發現：

- (1)由表 2-8-1 及圖 2-8-1 發現，6 號膜的燃燒時間 238.18sec 最長，其次是 5 號膜 118.46sec，再其次是 2 號膜 95.65sec 及 4 號膜 82.25sec，燃燒時間最短的是 8 號膜 15.39sec。
- (2)由表 2-8-1 及圖 2-8-1 發現，燃燒前後秤重差異最大的是 6 號膜 0.27g，其次是 5 號膜 0.10g，再其次是 3 號膜及 4 號膜 0.07g，沒有差異的是 1、2、8 號膜。
- (3)由圖 2-8-1 發現 1~8 號膜燃燒前後的重量差異長條圖之長短，與燃燒時間折線圖的變化曲線多數符合。
- (4)外觀變化發現 8 號膜燃燒之後迅速捲曲成一小黑顆粒，與其他 1~7 號膜燒成灰渣不同。3 號膜的灰渣顏色較淺，2 號膜的灰渣較細。

5.討論：

- (1)6 號膜燃燒時間最長，燃燒前後的重量差異也最大。此膜除海藻酸鈉外，以馬鈴薯粉及魚骨粉為配方，其中內含澱粉及有機鈣，燃燒過程較長，灰渣量也多。

- (2) 8 號膜為市售保鮮膜，屬塑膠製品，燃燒後以捲縮方式形成一團，而不是燒成灰渣，其他自製走塑保鮮膜，則是如同一般燃燒碳化成灰渣。
- (3) 1、2、8 號膜燃燒前後的重量沒有差異，因為這些膜燃燒後殘留物較少，殘留物的顆粒也較細小。
- (4) 保鮮膜的燃燒性質：除了市售保鮮膜之外，其他自製走塑保鮮膜皆以灰渣方式殘留，市售保鮮膜的燃燒時間最短，延燒性強。

三、探討實際應用走塑保鮮膜的可行性

(一) 探討走塑保鮮膜包覆食物儲藏後對食物的影響

想法：我們想實際運用自製的走塑保鮮膜包覆食物儲藏，並與市售保鮮膜及不使用保鮮膜進行比較，以觀察食物的變化來了解保鮮膜對於食物的影響。

A. 室溫儲藏性

1. 方法：

- (1) 切取吐司 1cmX1cmX0.5cm 裝入圓型塑膠小瓶(27瓶)。切取蘋果 1cmX1cmX0.5cm 裝入圓型塑膠小瓶(27瓶)。切取菠菜葉 1cmX4cm 及 1cmX3cm 裝入圓型塑膠小瓶(27瓶)。
- (2) 每種食物取 1~8 號膜各三張(重複三次實驗)，2~7 號膜泡水沾濕 1 分鐘使其軟化，將膜上水分擦乾，放置 1 分鐘後，裁剪成可以包覆塑膠瓶口大小的保鮮膜。
- (3) 分別將保鮮膜覆蓋於圓形塑膠瓶口(24 瓶)，綁上橡皮筋確保緊密包覆。另 3 個塑膠瓶不覆蓋。稱重並記錄。
- (4) 置於室溫，每天固定時間地點進行稱重、觀察及記錄。
- (5) 觀察記錄期：2/9~2/24 共計 15 天




2. 結果：

控制變因：吐司及蘋果 1cmX1cmX0.5cm、菠菜葉 1cmX4cm 及 1cmX3cm、圓形塑膠小瓶、膜泡水沾濕 1 分鐘擦乾放置 1 分鐘、觀察時間地點、冰箱。

操作變因：1~7 號自製走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜、放置地點(室溫)

應變變因：重量差異(g)、體積(cm³)、外觀變化。

表 3-1-1 保鮮膜包覆食物室溫儲藏前後之重量差異及形變率(重複三次平均值)

製膜編號	吐司		蘋果		菠菜		外觀變化
	重量差異(g)	形變率(%)	重量差異(g)	形變率(%)	重量差異(g)	形變率(%)	
1	0.13	53	0.37	93	0.23	31	 <p>吐司：2/10 第 2 天起逐漸乾燥且變硬，8 號膜的吐司 2/14 第 6 天開始發霉。</p> <p>蘋果：2/10 第 2 天起表皮呈淺褐色，2/12 第 4 天後顏色變深，2/14 第 6 天顏色更深(深褐色)且發霉也更小了！</p> <p>菠菜：2/10 第二天起葉片逐漸乾燥並捲曲，2/13 第 5 天乾燥狀況明顯，8 號膜的葉片還有水分，只是葉片變黃，其他的葉片則是相當乾燥。</p>
2	0.27	0	0.47	92	0.47	46	
3	0.23	0	0.27	92	0.90	58	
4	0.23	0	0.43	94	0.33	38	
5	0.17	40	0.53	89	0.27	32	
6	0.27	0	0.47	92	0.40	50	
7	0.23	47	0.67	94	0.30	15	
8	0.17	0	0.00	87	0.10	35	
未包覆	0.10	0	0.37	93	0.30	60	

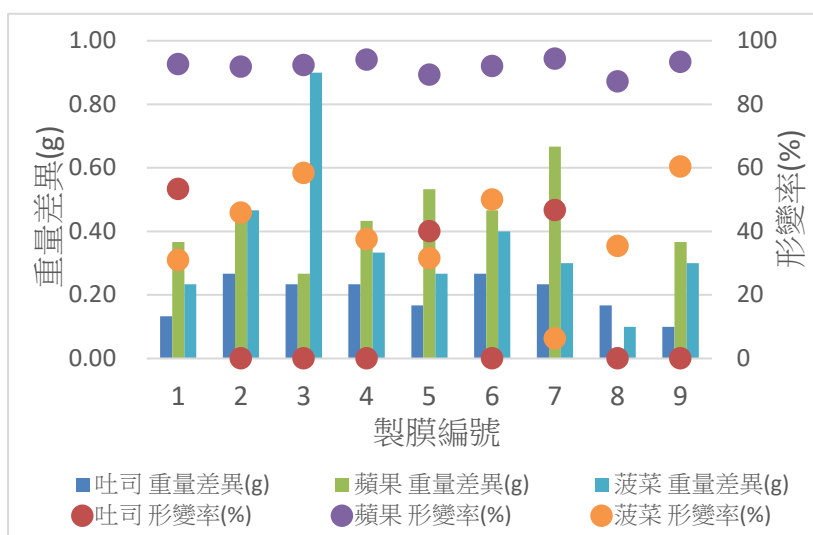


圖 3-1-1 保鮮膜包覆食物室溫儲藏對食物的影響

(3)由表 3-1-1 及圖 3-1-1 發現保鮮膜包覆及未包覆的菠菜很乾燥且捲曲，8 號膜的菠菜還有水分，葉片變黃。儲藏前後重量差異為 0.1~0.9。1~8 號膜及未包覆的菠菜產生形變，形變率介於 15~60%之間。

(4)由圖 3-1-1 發現包覆蘋果的形變率最高，其次為菠菜，吐司最低。以保鮮膜而言，1 號膜包覆吐司儲藏前後的重量差異大，7 號膜包覆蘋果的重量差異大，3 號膜包覆菠菜的重量差異大。8 號膜包覆三種食物儲藏前後的重量差異小。

4.討論(室溫儲藏性)：

(1)三種食物以 1~7 號膜包覆及未包覆時，變乾硬，蘋果有些彈性，以 8 號膜包覆則因水分不易散失，吐司有發霉現象，蘋果濕軟發霉，菠菜發黃含水分。

(2)根據研究目的二、(四)透氣性檢測，1、7、3 號膜的透氣性佳，所以包覆吐司、蘋果、菠菜儲藏前後的重量差異大。8 號膜的透氣性差，所以包覆食物儲藏前後的重量差異小。

- (3)三種食物中，蘋果的形變率最高，其次為菠菜，吐司最低。因為蘋果含水率>菠菜>吐司，推測食物水分越多，因儲藏過程水分的散失，造成體積或面積的變化較大，而吐司因為水分最少，散失狀況不明顯，所以形變率最低。
- (4)因為 8 號市售保鮮膜包覆吐司儲藏於室溫有發霉現象，其他自製走塑保鮮膜包覆的吐司沒有發霉，所以，儲藏在室溫的食物，不適合使用市售保鮮膜。

B.冷藏儲藏性

1.方法：

- (1)參照A.1.(1)(2)(3)步驟，置於冰箱冷藏室，每天固定時間地點取出半小時後進行稱重、觀察及記錄。
- (2)觀察記錄期：2/9~2/24 共計 15 天


2.結果：

控制變因：吐司及蘋果 1cmX1cmX0.5cm、菠菜葉 1cmX4cm 及 1cmX3cm、圓塑膠小瓶、膜泡水沾濕 1 分鐘擦乾放置 1 分鐘、觀察時間地點、冰箱

操作變因：1~7 號自製走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜、放置地點(冰箱)

應變變因：重量差異(g)、體積(cm³)、外觀變化。

表 3-1-2 保鮮膜包覆食物冷藏儲藏前後之重量差異及形變率(重複三次平均值)

製膜編號	吐司		蘋果		菠菜		外觀變化
	重量差異(g)	形變率(%)	重量差異(g)	形變率(%)	重量差異(g)	形變率(%)	
1	0.20	0	0.37	87	0.23	38	 <p>吐司：2/11 第 3 天起逐漸乾燥且變硬。2、3、7 號膜開始變小。</p> <p>蘋果：2/11 第 3 天起表皮呈淺褐色，2/12 第 4 天後顏色稍深，除了 4、6、7、8 號膜包覆之蘋果之外，其他都開始變小，4、6、7、8 號膜包覆之蘋果在 2/17 第 9 天開始變小。</p> <p>菠菜：2/11 第 3 天起葉片逐漸乾燥並捲曲，2/13 第 5 天乾燥狀況明顯，8 號膜的葉片還有水分，乾燥狀況不明顯。</p>
2	0.23	53	0.47	90	0.27	33	
3	0.07	60	0.33	88	0.23	39	
4	0.23	20	0.67	30	0.43	42	
5	0.03	40	0.43	92	0.40	33	
6	0.43	20	0.50	91	0.67	65	
7	0.27	63	0.53	71	0.47	56	
8	0.10	68	0.03	36	0.10	35	
未包覆	0.20	0	0.27	89	0.23	35	

3.發現(冷藏儲藏性)：

- (1)由表 3-1-2 及圖 3-1-2 發現 1~8 號保鮮膜包覆及未包覆的吐司乾燥。儲藏前後重量差異為 0.07~0.45。1 號膜及未包覆吐司未產生形變，形變率介於 0~70%之間。
- (2)由表 3-1-2 及圖 3-1-2 發現保鮮膜包覆及未包覆的蘋果有點乾僅周圍變褐色，8 號膜的蘋果水分較多。儲藏前後重量差異為 0.03~0.7。1~8 號膜及未包覆的蘋果產生形變，形變率介於 30~95%之間。

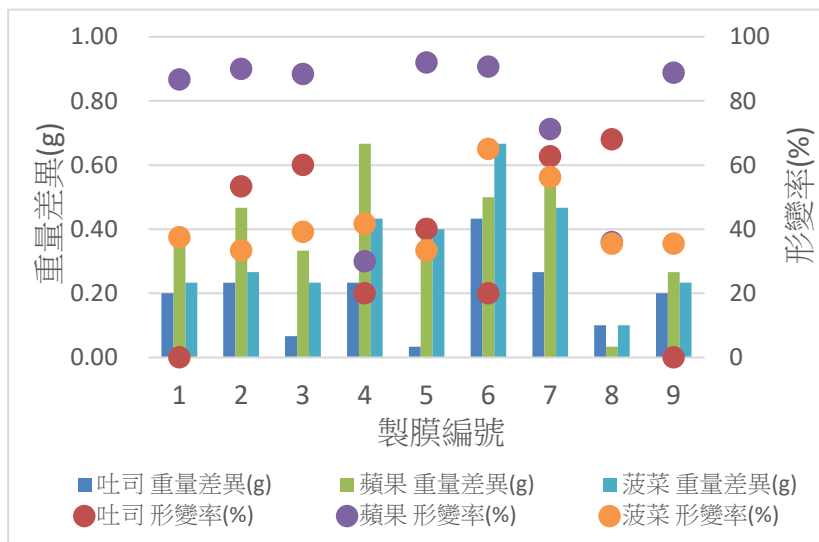


圖 3-1-2 保鮮膜包覆食物冷藏儲藏對食物的影響

(3)由圖 3-1-2 發現包覆蘋果的形變率最高，其次為吐司，菠菜最低。以保鮮膜而言，6 號膜包覆吐司及菠菜儲藏前後的重量差異大，4 號膜包覆蘋果的重量差異大。8 號膜包覆蘋果及菠菜儲藏前後的重量差異小。5 號膜包覆吐司儲藏前後的重量差異小。

4.討論(冷藏儲藏性)：

- (1)三種食物以 1~7 號膜包覆及未包覆時，變乾硬，但蘋果還有一些水分，菠菜雖乾但顏色保持鮮綠，8 號膜包覆則因水分不易散失，水分含量比較高。
- (2)根據研究目的二、(四)透氣性檢測，4、6 號膜的冷水透氣性佳，所以包覆吐司、蘋果、菠菜儲藏前後的重量差異大。8 號膜的透氣性差，所以包覆蘋果、菠菜儲藏前後的重量差異小。5 號膜的冷水透氣性也不佳，所以包覆吐司儲藏前後的重量差異小。
- (3)三種食物中，蘋果的形變率最高。因為蘋果含水率最高，推測食物水分越多，雖然儲藏過程在溼度高的冰箱，但仍有水分的散失，造成體積或面積的變化較大。
- (4)1~7 號自製走塑保鮮膜與 8 號市售保鮮膜包覆食物及未包覆保鮮膜之食物儲藏於冰箱冷藏室，除了 8 號市售保鮮膜對於食物水分保存較佳，其他保鮮效果差異不大

(二) 探討走塑保鮮膜包覆食物加熱後的影響

1.想法：我們想知道使用保鮮膜包覆食物用微波爐及電鍋加熱之後，保鮮膜及食物的變化狀況，以便於了解保鮮膜使用在加熱設備的實用性。

2.方法：

- (1)分取15ml水置於8個小杯子中。
- (2)取 1~8 號膜，2~7 號膜泡水沾濕 1 分鐘使其軟化，將膜上水分擦乾，放置 1 分鐘後，裁剪成可以包覆小杯子瓶口大小的保鮮膜。
- (3)將保鮮膜分別緊密包覆於(1)之小杯子瓶口。置於微波爐中加熱固定時間後進行觀察及測量紀錄。
- (4)重複(1)~ (3)步驟三次取平均值。
- (5)分取 30ml 水置於 8 個小杯子中。重複(2)步驟並將保鮮膜分別緊密包覆於(1)之小杯子瓶口。置於電鍋中加熱 10 分鐘後進行觀察及測量紀錄，重複以上步驟三次後取平均值。

3.結果：

控制變因：15ml 水、小杯子、膜泡水沾濕 1 分鐘擦乾放置 1 分鐘、微波爐、電鍋、電鍋加熱 10min、微波爐加熱輸出選擇「強」約 1500 瓦。

操作變因：1~7 號自製走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜、微波爐加熱時間（30sec~780sec，間隔 30sec）。

應變變因：外觀變化、剩餘水量（ml）。



表 3-2-1 微波爐加熱後之外觀變化及剩餘水量(重複三次平均值)

製膜編號	剩餘水量平均值(ml)	外觀變化
1	9.33	加熱 30sec 內膜凝結水珠，600sec 膜面軟且脫落
2	14.67	加熱 30sec 內膜凝結水珠，780sec 膜完整緊密
3	9.67	加熱 30sec 內膜凝結水珠，60sec 膜面軟及杯緣外硬，300sec 膜面鼓起，450sec 膜面及杯緣外硬，600sec 膜面硬且脫落
4	14.33	加熱 30sec 內膜凝結水珠，60sec 膜面軟外硬，180sec 膜內凹陷，450sec 膜無凹陷，780sec 膜完整緊密
5	9.33	加熱 30sec 內膜凝結水珠，60sec 膜面軟外硬，180sec 膜內凹陷，540sec 膜剝離 600sec 膜面硬且脫落
6	2.33	加熱 30sec 內膜凝結水珠，90sec 膜內縮，150sec 產生塌陷，有空隙
7	8.67	150sec 杯緣外變硬，780sec 膜完整緊密
8	15.00	90sec 內膜凝結水珠，120sec 膜內凹陷，210sec 凝結水珠增加，360sec 膜無凹陷，600sec 膜凹陷，780sec 膜完整緊密

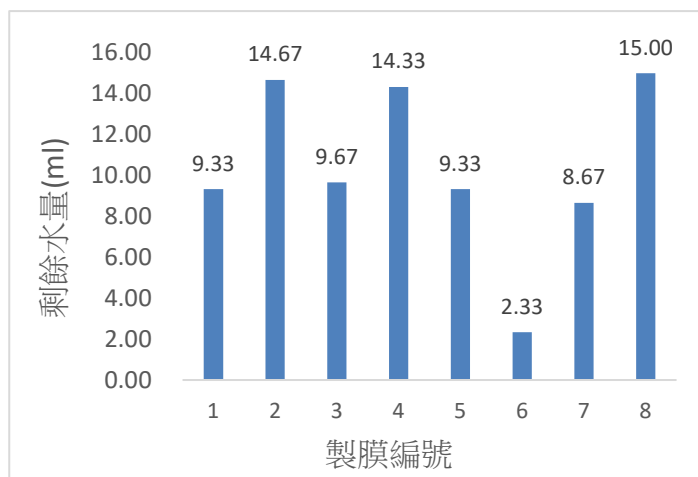


圖 3-2-1 保鲜膜包覆食物微波爐加熱對食物水分的影響

4.發現：

(1)由圖 3-2-1 發現微波爐加熱 780sec(13 分鐘)之後，8 號膜杯內剩餘水量最多，仍為 15ml。其次為 2 號膜 14.67ml，再其次為 4 號膜 14.33ml。剩餘水量最低的是 6 號膜。

(2)由表 3-2-1 發現 2、4、7、8 號膜微波爐加熱 780sec(13 分鐘)之後，膜仍完整緊密包覆。1、3、5 號膜加熱 600sec(10 分鐘)之後，膜剝離脫落。6 號膜加熱 150sec(2.5 分鐘)後即破洞及塌陷。

(3)由表 3-2-1 發現 6 號膜微波爐加熱 90sec(1.5 分鐘)之後，膜內縮。8 號膜加熱 120sec(2 分鐘)之後，膜內凹陷。4、5 號膜加熱 180sec(3 分鐘)之後，膜內凹陷。

(4)由表 3-2-2 發現 1、2、3、4、8 號膜電鍋加熱 10 分鐘之後，膜軟且完整緊密包覆。5、6、7 號膜加熱 10 分鐘之後，膜破且硬。

5.討論：

- (1) 2、4、7、8 號膜微波爐加熱 780sec(13 分鐘)之後，膜仍完整緊密包覆。其中 2、4、8 號膜剩餘水量 14~15ml 與原加入水量 15ml 接近，水分保持狀況佳。
- (2) 8 號膜微波爐加熱 120 sec(2 分鐘)之後，膜即產生內縮凹陷狀況，讓膜因加熱產生之毒素有機會接觸食物，進而因食入影響健康。
- (3) 微波爐加熱實用性：2 號膜 > 4 號膜 > 7 號膜 > 8 號膜；電鍋加熱實用性：1、2、3、4、8 號膜 > 5、6、7 號膜。

表 3-2-2 電鍋加熱後之外觀變化
(重複三次觀察狀況)

製膜編號	外觀變化
1	膜封完整且軟
2	膜封完整且軟
3	膜封完整且軟
4	膜封完整且軟
5	膜破且硬
6	膜破且軟
7	膜破且硬
8	膜封完整且軟

四、找出製作走塑保鮮膜的最佳方式

A、歸納分析前述結果

- (一)想法：根據以上實驗結果，我們已經了解走塑保鮮膜的製作方式及這些保鮮膜各項物性檢測及實際應用可行性結果。我們想根據這些結果找出製作走塑保鮮膜的最佳方式。所以進行以下歸納整理分析。
- (二)方法：將 1~7 號不同配方走塑保鮮膜與 8 號市售保鮮膜進行膜性、「物性」檢測及「可行性」分析。
- (三)結果發現與討論：

1. 1~7 號走塑保鮮膜與 8 號市售保鮮膜之膜性比序分數：

製膜編號	1	2	3	4	5	6	7
膜性							
透明度	1	1	6	1	1	6	1
軟硬度	1	3	3	3	3	2	3
吸光值	3	2	6	1	3	5	4
比序分數	5	6	15	5	7	13	8

4 號膜的吸光值與 8 號市售保鮮膜的吸光值最接近，透明度優，但乾燥後會變硬，使用前可泡水變軟。1 號膜很軟與 8 號市售保鮮膜最接近，透明度優，吸光值則稍高於 4 號膜。綜合而言，4 號膜及 1 號膜與 8 號市售保鮮膜的差異最小。將透明度、軟硬度及吸光值依優劣順序進行排序，再計算總值，總值越低表示越優。結果顯示最優前三名為 1、4、2 號膜。

2. 1~7 號不同配方走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜的「物性」分析比序分數：

製膜編號	1	2	3	4	5	6	7	8
物性								
防水性	8	6	5	4	1	7	1	1
耐溫性	8	6	1	1	1	7	1	1
耐酸性	3	5	8	8	8	4	1	1
透氣性(冷水)	1	5	5	1	5	2	2	8
透氣性(熱水)	3	3	4	4	1	7	1	8
衝擊性	5	8	3	2	1	5	4	5
拉伸性(拉力)	5	8	4	3	1	6	2	7
拉伸性(彈性)	5	5	2	1	4	8	1	5
分解性	4	2	3	6	5	1	7	8
燃燒性	1	1	1	1	1	1	1	8
比序分數	43	49	36	31	28	48	21	52

將物性檢測項目分別依優劣順序進行排序，再計算總值，總值越低表示越優。結果顯示最優前三名為 7、5、4 號膜。

3. 1~7 號走塑保鮮膜及 8 號市售保鮮膜的「可行性」分析：

實際可行性
包覆食物室溫儲藏性： ①1~7 號膜：吐司、菠菜乾硬，蘋果有些彈性。 ②8 號膜：吐司有發霉現象，蘋果濕軟發霉，菠菜發黃含水分。 ③形變率：蘋果 > 菠菜 > 吐司。 ④1、7、3 號膜的透氣性佳，所以包覆吐司、蘋果、菠菜儲藏前後的重量差異大。8 號膜的透氣性差，所以包覆食物儲藏前後的重量差異小。
包覆食物冷藏儲藏性： ①1~7 號膜：食物變乾硬，但蘋果還有一些水分，菠菜雖乾但顏色保持鮮綠。 ②8 號膜：水分含量比較高。形變率：蘋果 > 菠菜 > 吐司。 ③4、6 號膜的冷水透氣性佳，所以包覆吐司、蘋果、菠菜儲藏前後的重量差異大。8 號膜的透氣性差，所以包覆蘋果、菠菜儲藏前後的重量差異小。5 號膜的冷水透氣性也不佳，所以包覆吐司儲藏前後的重量差異小。
包覆食物微波爐加熱性： ①2 號膜 > 4 號膜 > 7 號膜 > 8 號膜，2、4、8 號膜水分保持狀況佳。 ②8 號膜加熱 120 sec(2 分鐘)之後，膜即產生內縮凹陷狀況，讓膜因加熱產生之毒素有機會接觸食物，進而因食入影響健康。
包覆食物電鍋加熱性： 1、2、3、4、8 號膜 > 5、6、7 號膜。

以包覆食物室溫及冷藏之儲藏性而言，1~7 號膜對於食物保鮮效果差異不大，但 4 號膜在蘋果冷藏時，保持水分的效果較佳。包覆食物微波爐加熱時，2、4 號膜較不易脫落，水分保持狀況佳，電鍋加熱時則是 1、2、3、4 號膜較不易脫落。

綜合以上結果，自製 4 號走塑保鮮膜品質接近市售保鮮膜，物性檢測狀況亦佳，對於食物的保存有效果。但是它乾燥後會變硬，須泡水變軟，造成使用不便。

B、4 號自製走塑保鮮膜改良版實驗

(一)想法：因為 4 號自製走塑保鮮膜不夠柔軟使用不便，所以我們參考比較柔軟的 1、6 號膜發現他們都有加入醋酸和甘油，因此我們嘗試加入不同比例的醋酸和甘油製膜，並分別進行物性檢測之拉伸性實驗，希望找出讓保鮮膜更柔軟的配方。接著再進行其他項物性檢測及可行性的實驗，以確定此改良版配方可實際運用在食物的保鮮。

(二)方法：

- 1.秤取 2 克海藻酸鈉於 100ml 開水中攪拌至完全溶解，配置成 2%海藻膠糊液。重複此步驟製作八杯。
- 2.其中四杯分別加入 5ml 甘油+2ml 醋酸、10ml 甘油+4ml 醋酸、15ml 甘油+6ml 醋酸、20ml 甘油+8ml 醋酸，攪拌至完全溶解。
- 3.其他四杯分別加入 5ml 沙拉油 +2ml 醋酸、10ml 沙拉油+4ml 醋酸、15ml 沙拉油+6ml 醋酸、20ml 沙拉油+8ml 醋酸，攪拌至完全溶解。
- 4.分別取 30ml 均勻倒於塑膠盒。再取同等量 5%乳酸鈣水溶液分別沿著盒邊緣倒入，約 10 分鐘可成膜。用水沖洗掉盒內殘留的反應液，置於陽光下曬乾四小時，再置於室內自然乾燥後剝下。(每種配方重複此步驟三次，製成 24 片膜)
- 5.進行物性檢測之拉伸性實驗，找出柔軟度佳的配方。
- 6.以最佳配方製膜，進行各項物性檢測及可行性實驗(重複此步驟三次)。

(三)結果發現與討論：

控制變因：2%海藻酸鈉溶液、5%乳酸鈣水溶液、20cmX14cm 塑膠盒、10 分鐘成膜 4 小時曬乾。

操作變因：5ml 甘油+2ml 醋酸、10ml 甘油+4ml 醋酸、15ml 甘油+6ml 醋酸、20ml 甘油+8ml 醋酸、5ml 沙拉油 +2ml 醋酸、10ml 沙拉油+4ml 醋

酸、15ml 沙拉油+6ml 醋酸、20ml 沙拉油+8ml 醋酸。
應變變因：拉伸性(位移距離(cm)、位移施力(g/cm))

甘油+醋酸

表 4-1 自製走塑保鮮膜(4 號膜)原始版與改良版配方之拉伸性比較表(重複三次平均值)



版本	配方		比較項目數據		
	油 (ml)	醋酸 (ml)	位移距離 (cm)	位移施力 (g/cm)	
改良版	沙拉油	5	2	2.77	225.90
		10	4	2.93	213.30
		15	6	3.60	176.02
		20	8	3.77	167.79
	甘油	5	2	2.90	218.74
		10	4	3.13	196.28
		15	6	3.50	173.90
		20	8	3.93	154.07
原始版	0	0	2.83	225.88	

- 1.由表 4-1 發現沙拉油的拉伸性(位移距離與位移施力)<甘油的拉伸性。且甘油的透明度較佳，沙拉油膜為白色。
- 2.由表 4-1 發現 4 號膜加入 8%醋酸及 20%甘油之位移距離 3.93cm 位移施力 154.07，拉伸力最強。
- 3.由表 4-1 發現改良版的位移距離 3.93cm>原始版的 2.83cm，拉伸性強。
- 4.由表 4-2 發現改良版與原始版的物性檢測及可行性實驗除拉伸性變大之外，差異不大。

表 4-2 自製走塑保鮮膜(4 號膜)原始版與改良版性質比較表(重複三次平均值)

性質		比較項目	4 號膜 (原始版)	4 號膜+甘油+醋酸 (改良版)
物性	防水	滲水量(g/min)	0.00006	0.00006
	耐溫	面積變化率(%)	0%(40°C 60°C 80°C 100°C)	0%(40°C 60°C 80°C 100°C)
	耐酸	變色時間(sec)	檸檬酸 12hr 稀鹽酸 3hr 濃鹽酸 78sec	檸檬酸 12hr 稀鹽酸 3hr 濃鹽酸 82sec
	透氣	冷水透氣量(g/hr)	0.03	0.03
		熱水透氣量(g/hr)	3.08	3.03
	衝擊	施力(g)	196.67	195
		穿刺次數(次)	203	200.33
	拉伸	位移距離(cm)	2.83	3.93
		位移施力(g/cm)	225.88	154.07
分解	24 天變化率(%)	56	62	
燃燒	燃燒時間(sec)	82.25	78.45	
可行性	儲藏	形變率(%)	94(蘋果室溫) 30(蘋果冷藏)	96(蘋果室溫) 28(蘋果冷藏)
	加熱	外觀變化	微波爐(水分消失 4.4%， 13min 膜完整緊密) 電鍋(膜封完整且軟)	微波爐(水分消失 4.2%， 13min 膜完整緊密) 電鍋(膜封完整且軟)

由以上結果得知：自製 4 號走塑保鮮膜(改良版)品質接近市售保鮮膜，物性檢測及可行性亦佳，對於食物的保存有效果。因此接下來我們用此改良版新配方進行花青素研究。

五、探討以花青素製作「變色走塑保鮮膜」的應用

1.想法：了解自製保鮮膜的方法之後，我們思考著若是可以增加保鮮膜的標示功能，就可以幫助家裡的長輩知道哪些食物已經冰太久不能吃了。因此，我們製作 4 號走塑保鮮膜，加上可食性的植物甜菜紅素火龍果和花青素蝶豆花及紫色高麗菜做為標示添加物，製作「變色走塑保鮮膜」。

2.方法：

- (1)自製 4 號走塑保鮮膜：2%海藻酸鈉 + 5% 乳酸鈣 + 20%甘油 + 8%醋酸
- (2)製作三種不同海藻酸鈉膜的標示添加物：
A⁺ 標示添加物：50 g 搗碎的火龍果 + 1 g 小蘇打粉, 100 ml 水
B⁺ 標示添加物：10 g 搗碎的蝶豆花 + 1 g 小蘇打粉, 100 ml 水
C⁺ 標示添加物：50 g 搗碎的紫色高麗菜 + 1 g 小蘇打粉, 100 ml 水
- (3)進行花青素和甜菜紅素顏色變化的酸鹼試管試驗，確認在試管中這些植物花青素和甜菜紅素皆對酸鹼變化有明顯的顏色改變。
- (4)取 4 號走塑保鮮膜配方 10ml 及 A⁺、B⁺、C⁺ 標示添加物各 8ml，均勻分布置於培養皿中。重複以上步驟三次，製作含有標示添加物之無毒走塑保鮮膜。
實驗成模組合如下：

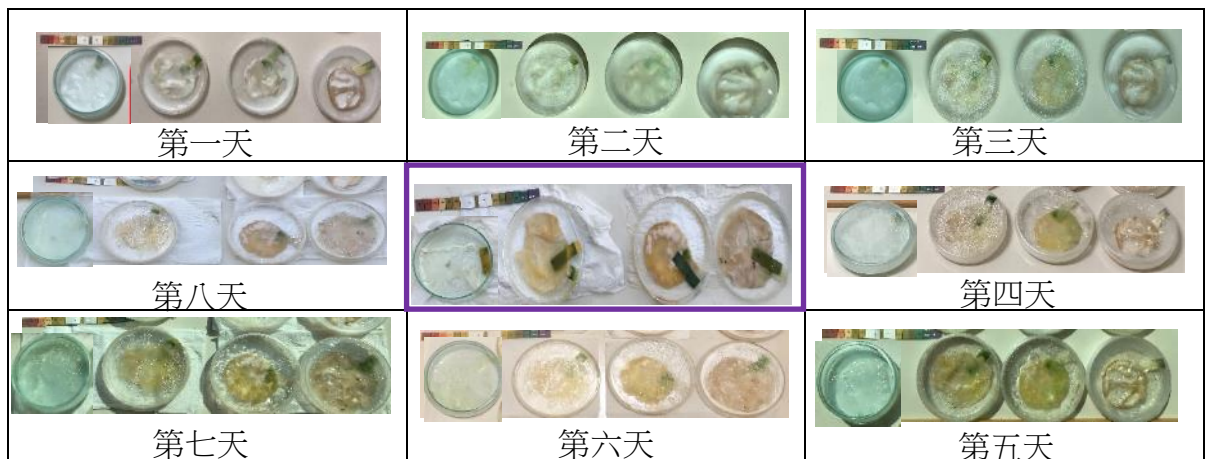
4 號膜配方+A ⁺ 標示添加物	4 號膜配方+B ⁺ 標示添加物	4 號膜配方+C ⁺ 標示添加物
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

- (5)置於陽光下曬乾四小時，再置於室內自然乾燥後成膜，接著進行膜的變色實驗。
- (6)首先在培養皿中倒入 5 ml 新鮮牛奶，並開始每天記錄走塑保鮮膜顏色變化及其牛奶在室溫下酸化情況。

3.結果：



表 5—1 含標示添加物之走塑保鮮膜添加鮮奶之變色情況(重複三次觀察狀況)



圖片左→右：對照組市售保鮮膜、實驗組 A⁺ 標示添加物、B⁺ 標示添加物及 C⁺ 標示添加物

4.發現：

- (1)第一天置入通用酸鹼試紙，試紙顏色變深，膜上的牛奶溶液顯示微鹼性 pH 約為 10。
- (2)由表 5-1 發現第二、三天鮮奶覆蓋保鮮膜，第四、五天鮮奶變少，保鮮膜開始顯露，4 號膜+ A⁺、B⁺、C⁺ 標示添加物之顏色變深。
- (3)由表 5-1 發現第六、七天鮮奶變更少，保鮮膜顯露。4 號膜+ A⁺、B⁺、C⁺ 標示添加物之顏色改變了。
- (4)由表 5-1 發現第八天 4 號膜+ A⁺ 標示添加物、B⁺ 標示添加物及 C⁺ 標示添加物呈現不同的顏色變化。置入通用酸鹼試紙，試紙色呈現淺色。
- (5)由表 5-1 發現對照組之市售保鮮膜在八天觀察期中無變色。

5.討論：

- (1)觀察期第一天，置入通用酸鹼試紙，試紙顏色變深，膜上的牛奶溶液顯示微鹼性 pH 約 10。而含有標示添加物的海藻酸鈉無毒保鮮膜在乾燥後，原本的 A⁺ 標示添加物中火龍果的甜菜紅素已經由鮮明的桃紅色褪色至接近透明無色，表示內含植物色素已有些微變化。B⁺標示添加物中的蝶豆花膜呈現綠色，C⁺標示添加物中的紫色高麗菜膜呈現藍色。
- (2)觀察期第四、五天，4 號膜+ 三種標示添加物之顏色開始變化。表示鮮奶已有酸化現象，保鮮膜內之添加物—花青素已有酸鹼呈色反應。
- (3)觀察期第六、七天，膜色變化穩定。
- (4)觀察期第八天，置入通用酸鹼試紙，試紙色呈現淺色，顯示鮮奶酸化情況明顯。4 號膜+ 三種標示添加物呈現不同的顏色變化。表示因為鮮奶酸化，膜內標示添加物產生酸鹼呈色反應而有明顯變色。
- (5)對照組之市售保鮮膜在八天觀察期中無變色，表示此保鮮膜無標示功能。

陸.結論：

研究一 探討以「海藻酸鈉」製作走塑保鮮膜的配方

- 一、以外觀而言，1 號膜最為平整，最接近市售保鮮膜，透明程度則是 1、2、4、5、7 號膜符合市售保鮮膜。1、6 號膜濕軟，其他膜則乾硬。
- 二、製膜溶液量越高，吸光值也越高。3 號膜的吸光值最高，其次為 6 號膜，最接近市售保鮮膜的是 4 號膜，其次為 1 號膜及 5 號膜。
- 三、1 號膜：2%海藻酸鈉 + 1.5%醋酸 + 5%甘油 (10%氯化鈣鈣化成膜)
2 號膜：2%海藻酸鈉 + 5g 蛋殼粉 + 100g 醋酸
3 號膜：2%海藻酸鈉 + 3%玉米粉 + 2%甘油 (10%氯化鈣鈣化成膜)
4 號膜：2%海藻酸鈉 + 5% 乳酸鈣
5 號膜：2%海藻酸鈉 + 10% 氯化鈣
6 號膜：1.2%海藻酸鈉 + 12% 馬鈴薯粉 + 6%醋酸+3%甘油+3%魚骨粉
7 號膜：(2%海藻酸鈉 + 2g 甘油)+5%乳酸鈣+(2%幾丁聚醣+ 2g 甘油)

研究二 探討不同配方走塑保鮮膜的「物性」

- 一、在『探討不同配方走塑保鮮膜的防水性』實驗中，得知：
 - (一) 1 號膜由於非常薄，黏性大且含水分，所以防水性差，膜上的水全部滲出，使麵粉受潮。8 號市售保鮮膜為塑膠製品，經過 1800 分鐘(30 小時)，膜仍未被破壞，防水性佳。
 - (二) 保鮮膜的防水性：5、7 號膜 > 4 號膜 > 3 號膜 > 2 號膜 > 6 號膜 > 1 號膜。
- 二、在『探討不同配方走塑保鮮膜的耐溫性』實驗中，得知：
 - (一) 1、2、6 號膜由於含水分，泡入水中時，水分進入膜內產生膨脹並散開，導致膜面積變大。在水溫 100℃時，並未增加膨脹現象，反而讓狀況減少，表示此膜在溫度低時較易讓水分進入膜內，溫度高時則不易進入。
 - (二) 保鮮膜的耐溫性：3、4、5、7、8 號膜 > 2 號膜 > 6 號膜 > 1 號膜。
- 三、在『探討不同配方走塑保鮮膜的耐酸性』實驗中，得知：
 - (一)檸檬酸 PH 值大約是 3，無法破壞保鮮膜，經過 12 小時(43200 秒)未能變色。稀鹽酸 PH 值大約是 1，因 6 號膜不夠緊實，所以率先於 6340 秒(約 2 小時)變為棕橘色，8 號市售保鮮膜未能變色。

(二)濃鹽酸 PH 值小於 1，大約 60 秒後陸續變色，市售保鮮膜則是經 7200 秒(2 小時)才變為黃色。

(三)根據濃鹽酸實驗結果，保鮮膜的耐酸性：7 號膜 > 1 號膜 > 6 號膜 > 2、4 號膜 > 3、5 號膜。

四、在『探討不同配方走塑保鮮膜的透氣性』實驗中，得知：

(一)冷水透氣前 30 小時透氣量變化差異不大，50 小時的變化差異變大，表示水分蒸發速度初期較為緩慢穩定，之後隨著時間增加，蒸發速度有變快的趨勢。

(二)保鮮膜的冷水透氣性：1、4 號膜 > 6、7 號膜 > 2、3、5 號膜 > 8 號膜。熱水透氣性：7、5 號膜 > 1、2 號膜 > 3、4 號膜 > 6 號膜 > 8 號膜。熱水透氣性 > 冷水透氣性，二者透氣性差異關係為 85 倍~150 倍。

五、在『探討不同配方走塑保鮮膜的衝擊性』實驗中，得知：

(一)5 號膜穿刺次數平均高達 1791.67 次，施力要 10833.33g 才能對保鮮膜產生衝擊而穿刺破壞，跟其他保鮮膜比較差異很大，表示此保鮮膜可接受強大的穿刺衝擊。

(二)2 號膜僅能施力 20g，穿刺 1 次就破損，顯示此膜較為脆弱，韌性不佳。

(三)保鮮膜的可穿刺衝擊性：5 號膜 > 4 號膜 > 3 號膜 > 7 號膜 > 8、6、1 號膜 > 2 號膜。

六、在『探討不同配方走塑保鮮膜的拉伸性』實驗中，得知：

(一)5 號膜之電子秤拉力 1013.33g，位移施力 467.69g/cm，才能拉破此保鮮膜，但此膜位移距離 2.17 並非最長，表示此保鮮膜拉伸彈性不是最好，而因韌性強度較大所以不易拉破。

(二)7、4 號膜的拉伸位移距離 2.83 最長，但拉力及位移拉力小於 5 號膜，顯示這張膜的拉伸彈性較佳，但韌性強度不足。

(三)6 號膜的位移距離 1.17cm 最短，表示此膜拉力彈性最差。

(四)保鮮膜的拉力：5 號膜 > 7 號膜 > 4 號膜 > 3 號膜 > 1 號膜 > 6 號膜 > 8 號膜 > 2 號膜。

(五)保鮮膜的拉伸彈性：4、7 號膜 > 3 號膜 > 5 號膜 > 1、2、8 號膜 > 6 號膜。

七、在『探討不同配方走塑保鮮膜的分解性』實驗中，得知：

(一)6 號膜因為潮濕，在土壤中分解狀況明顯，自第三天起面積已在變化(17%)，接下來的變化隨著日期增加，變化率更高，直到 24 天觀察期結束，變化率高達 94%已經不成膜。1 號膜雖然也是潮濕，但有黏性，分解較不明顯。

(二)8 號膜為市售保鮮膜，屬塑膠製品，膜面積沒有變化，只是膜變皺一點，也沒有破損狀況，表示在土壤中無法分解。

(三)因為 1、3、5、6、7 號膜埋入土壤 18 天後，面積變化率差異變小，其他保鮮膜也在掩埋後期產生相同狀況，表示保鮮膜在土壤中的分解由初期的快速分解，直到後期(約 15~20 天)時，逐漸緩慢分解。

(四)保鮮膜分解性：6 號膜 > 2 號膜 > 3 號膜 > 1 號膜 > 5 號膜 > 4 號膜 > 7 號膜 > 8 號膜。

八、在『探討不同配方走塑保鮮膜的燃燒性』實驗中，得知：

(一)6 號膜燃燒時間最長，灰渣量也最多。1、2、8 號膜燃燒後殘留物較少，殘留物的顆粒也較細小。

(二)8 號膜為市售保鮮膜，屬塑膠製品，燃燒時間最短，延燒性強。燃燒後以捲縮方式形成一團，而不是燒成灰渣，其他自製走塑保鮮膜，則是如同一般燃燒碳化成灰渣。

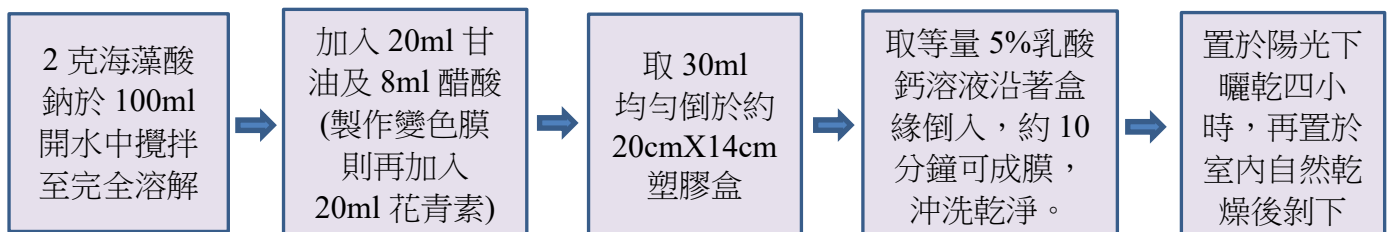
研究三 探討實際應用走塑保鮮膜的可行性

一、在『探討走塑保鮮膜包覆食物儲藏後對食物的影響』實驗中，得知：

- (一)三種食物以 1~7 號膜包覆及未包覆時，變乾硬，蘋果有些彈性，以 8 號膜包覆則因水分不易散失，吐司有發霉現象，蘋果濕軟發霉，菠菜發黃含水分。儲藏在室溫的食物，不適合使用市售保鮮膜。
- (二)三種食物中，蘋果的形變率最高，因為蘋果含水率>菠菜>吐司，推測食物水分越多，因儲藏過程水分的散失，造成體積或面積的變化較大，而吐司因為水分最少，散失狀況不明顯，所以形變率最低。
- (三) 1~7 號自製走塑保鮮膜與 8 號市售保鮮膜包覆食物及未包覆保鮮膜之食物儲藏於冰箱冷藏室，除了 8 號市售保鮮膜對於食物水分的保存較佳，其他保鮮效果差異不大。
- 二、在『探討走塑保鮮膜包覆食物加熱後的影響』實驗中，得知：
- (一) 2、4、7、8 號膜微波爐加熱 780sec(13 分鐘)之後，膜仍完整緊密包覆。其中 2、4、8 號膜剩餘水量 14~15ml 與原加入水量 15ml 接近，水分保持狀況佳。
- (二) 8 號膜微波爐加熱 120 sec(2 分鐘)之後，膜即產生內縮凹陷狀況，讓膜因加熱產生之毒素有機會接觸食物，進而因食入影響健康。
- (三)微波爐加熱實用性：2號膜> 4號膜> 7號膜> 8號膜；電鍋加熱實用性：1、2、3、4、8號膜> 5、6、7號膜。

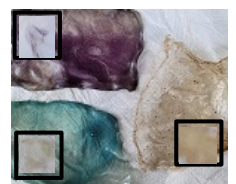
研究四 找出製作走塑保鮮膜的最佳方式

- 一、從前面研究不同配方走塑保鮮膜的「物性」結果，及實際應用走塑保鮮膜的可行性結果，以比序分數進行分析，找到自製 4 號走塑保鮮膜品質接近市售保鮮膜，物性檢測狀況及可行性亦佳，對於食物的保存有效果。
- 二、4 號走塑保鮮膜乾燥後會變硬，須泡水變軟，會造成使用的不便。進一步實驗發現 4 號膜加入 8%醋酸及 20%甘油，除了膜變軟之外其拉伸性更大，檢測物性和可行性，與原本 4 號膜的差異不大。
- 三、綜合以上結果，自製 4 號走塑保鮮膜(改良版)品質接近市售保鮮膜，物性檢測狀況及可行性亦佳，對於食物保存有效果。經估算其成本價格低廉，每張 20cmX14cm 約 5 元，值得推廣以取代市售含塑保鮮膜。保鮮膜的製作方式說明如下：



研究五 探討以花青素製作「變色走塑保鮮膜」的應用

- 一、4 號膜+ A⁺、B⁺、C⁺三種標示添加物之變色走塑保鮮膜加入鮮奶經過八天之後顏色改變了，分別呈現褐色、橘(褐)色及紫紅色。
- 二、因為鮮奶已有酸化現象，保鮮膜內之添加物—花青素有酸鹼呈色反應，保鮮膜因而變色，可以成為食物酸敗情況的指標，而市售保鮮膜在八天觀察期中無變色，表示此保鮮膜無標示功能。



柒.未來展望：

本研究運用食材製作走塑保鮮膜，結合分光光度計及自製檢測工具進行「物性」檢測，並實際包覆食物儲藏於室溫及冰箱，藉以了解實際運用的可行性。將保鮮膜加入花青素可以製成變色走塑保鮮膜，這個無毒保鮮膜配方不但可以提供我們一個健康、無毒、環保、安全的食物保鮮方案，也可提供我們日常生活中食物酸敗情況的指標，讓我們所愛的家人們都可以吃得更安全健康。一般民眾可以自己在家 DIY，取代目前含有塑料的保鮮膜，這樣的減塑保鮮膜是值得推廣的。

捌.參考資料：

- 一、南一自然和生活科技學習領域國小課程研發中心（2018）。國小自然和生活科技五年級。水溶液的性質。台南：南一書局企業股份有限公司。
- 二、第 60 屆中小學科展作品(2020)。把新鮮包起來- 非塑料環保薄膜之研發。民 109 年 10 月 12 日，取自台灣網路科教館 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=84&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=4&sid=16568>
- 三、全國高級中等學校專業群科 109 年專題及創意製作競賽。「鈣」一個「膜」法太空包。民 109 年 10 月 12 日，取自 <https://vtedu.mt.ntnu.edu.tw/nss/fgcc/freeze/5a9759adef37531ea27bf1b0/LZT2yA94658/5ff2d90713f7d407da655dc5>。
- 四、第 59 屆中小學科展作品(2019)。「混」是「膜」王—探討海藻酸鈉及澱粉混合薄膜特性。民 107 年 11 月 1 日，取自台灣網路科教館 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=65&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=2&sid=15754>。
- 五、第 58 屆中小學科展作品(2018)。Ooho!「內」個「膜」法—凝膠薄膜性質之探討。民 109 年 10 月 22 日，取自台灣網路科教館 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=12948&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=15215>
- 六、第 56 屆中小學科展作品(2016)。目不轉「晶」探討海藻酸鈉薄膜的形成與相關應用。民 109 年 10 月 12 日，取自台灣網路科教館 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=12947&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=30&sid=12997&print=1>
- 七、第 59 屆中小學科展作品(2019)。鹹「魚」翻身，「海」好沒「塑」以廢棄魚骨與海藻酸鈉製成生物塑膠之探討。民 109 年 10 月 12 日，取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=83&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=7&sid=15838>
- 八、第 60 屆中小學科展作品(2020)。好膜成雙—幾丁聚醣複合保鮮膜製作之探討！(2020)。民 109 年 10 月 21 日，取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-030215.pdf?570>
- 九、台灣搖籃到搖籃平台(2020)。咦！真的有可以分解的密封袋或保鮮膜嗎？民 109 年 10 月 21 日，取自 https://www.c2cplatform.tw/info_detail.php?cID=13&Key=316
- 十、PanSci 泛科學(2019)。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）民 109 年 10 月 21 日，取自 <https://pansci.asia/archives/164992>

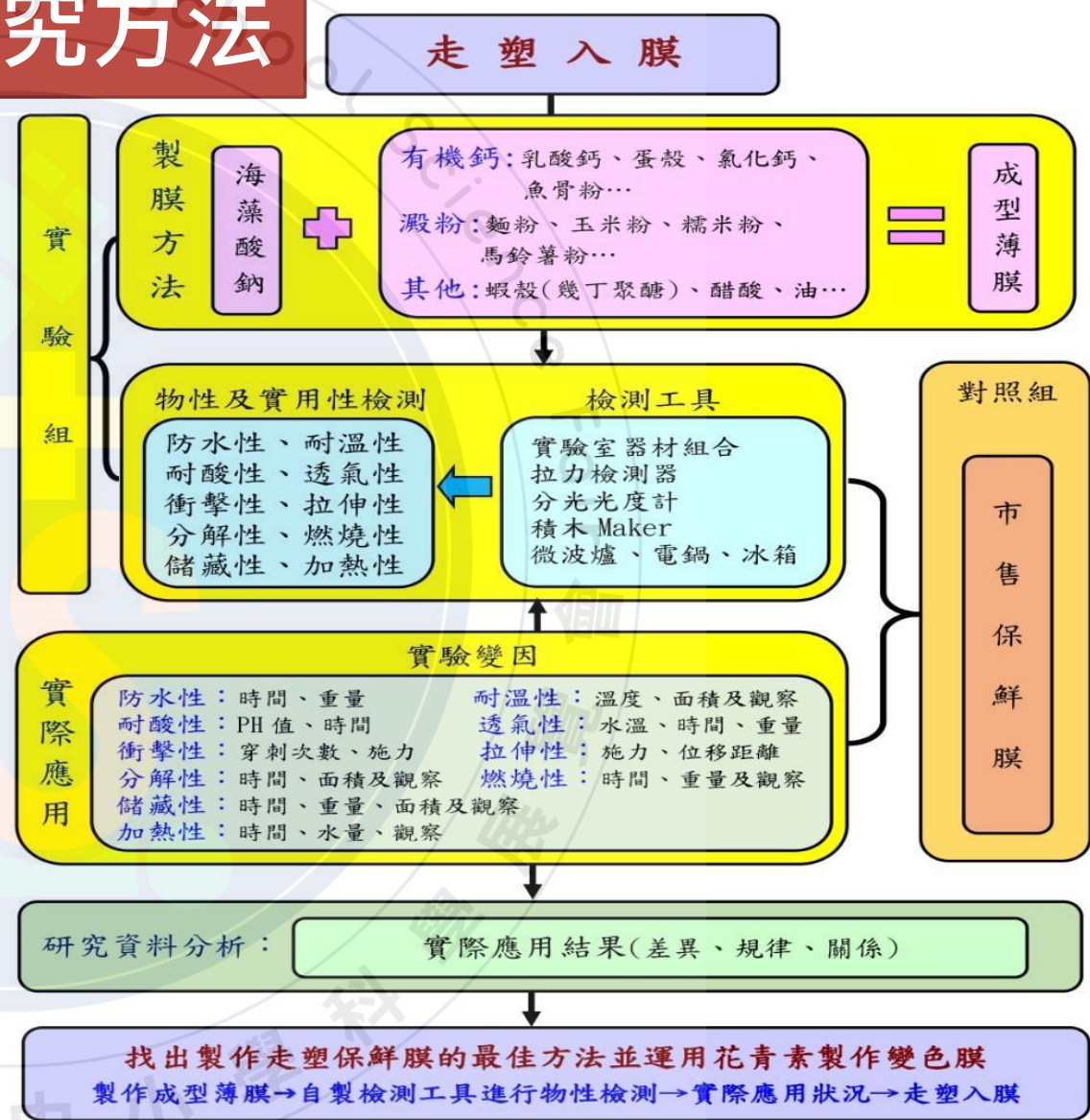
【評語】 082918

本作品符合當前減塑議題，以海藻酸鈉製膜於歷屆科展作品也均有探討過，創新度稍顯不足，實驗設計之各項變因建議可針對主題與目的再聚焦，不宜過多。

作品簡報

文獻探討、研究架構及研究方法

科展歷屆研究作品	製膜材料
把新鮮包起來—非塑料環保薄膜之研發(參考文獻二)	海藻酸鈉、甘油、醋酸、氯化鈣
「鈣」一個「膜」法太空包(參考文獻三)	海藻酸鈉、蛋殼、醋酸
「混」是「膜」王—探討海藻酸鈉及澱粉混合薄膜特性(參考文獻四)	海藻酸鈉、澱粉、氯化鈣
Ooho!「內」個「膜」法—凝膠薄膜性質之探討(參考文獻五)	海藻酸鈉、乳酸鈣
目不轉「晶」探討海藻酸鈉薄膜的形成與相關應用(參考文獻六)	海藻酸鈉、氯化鈣
鹹「魚」翻身,「海」好沒「塑」~以廢棄魚骨與海藻酸鈉製成生物塑膠之探討(參考文獻七)	海藻酸鈉、馬鈴薯粉、醋、甘油、魚骨粉
好膜成雙—幾丁聚醣複合保鮮膜製作之探討(參考文獻八)	海藻酸鈉、甘油、幾丁聚醣、乳酸鈣



研究結果(一) 製作走塑保鮮膜配方

表 1-2 製造走塑保鮮膜狀況(每編號製作 3 張之平均狀況)

製膜編號	製膜溶液量 (ml)	625nm 吸光值 (abs)	外觀	走塑膜成品
1	10	0.084	1.黏、濕、軟、四周糾結、中間平整、透明、很薄 2.與市售保鮮膜外觀相似	
	20	0.095		
	30	0.104		
	40	0.115		
2	10	0.093	1.滑、乾、硬、四周捲、中間不平整、透明、薄 2.與市售保鮮膜外觀相似	
	20	0.102		
	30	0.108		
	40	0.125		
3-1 (玉)3%	10	2.124	1.粗糙、乾、硬、四周捲、中間不平整、不透明、厚 2.與市售保鮮膜外觀不相符	
	20	2.128		
	30	2.144		
	40	2.183		
3-2 (玉)6%	10	2.129	1.粗糙、乾、硬、四周捲曲、中間不平整、不透明、厚 2.與市售保鮮膜外觀不相符	
	20	2.135		
	30	2.184		
	40	2.195		
3-3 (糯)3%	10	2.217	1.粗糙、乾、硬、四周捲、中間不平整且破損大、不透明、厚 2.與市售保鮮膜外觀不相符	
	20	2.305		
	30	2.342		
	40	2.369		
3-4 (糯)6%	10	2.232	1.粗糙、乾、硬、四周捲曲、中間不平整且破損大、不透明、厚 2.與市售保鮮膜外觀不相符	
	20	2.246		
	30	2.435		
	40	2.462		
4	10	0.052	1.滑、乾、硬、四周捲、中間不平整、透明、薄 2.與市售保鮮膜外觀相似	
	20	0.069		
	30	0.076		
	40	0.084		

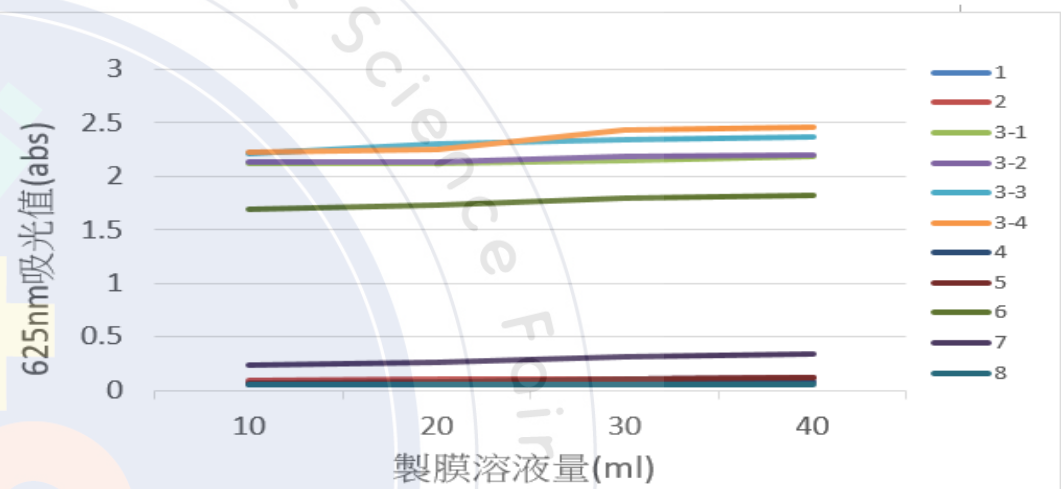


圖 1-1 製膜溶液量與波長 625nm 吸光值的關係

5	10	0.070	1.滑、乾、硬、四周及中間不平整、透明、薄 2.與市售保鮮膜外觀相似	
	20	0.079		
	30	0.109		
	40	0.125		
6	10	1.697	1.粗糙、濕、軟、四周不平整、中間破損、不透明、厚 2.與市售保鮮膜外觀不符	
	20	1.726		
	30	1.795		
	40	1.824		
7	10	0.235	1.滑、乾、硬、四周捲、中間不平整、透明、薄 2.與市售保鮮膜外觀相似	
	20	0.264		
	30	0.318		
	40	0.340		
8	市售保鮮膜之波長 625nm 吸光值 0.050			

研究結果(二)物性檢測

2-1
防水性

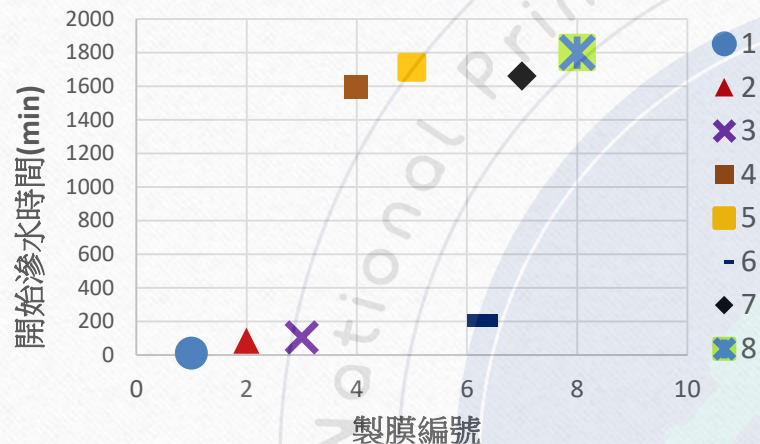


圖2-1-1 保鮮膜開始滲水時間

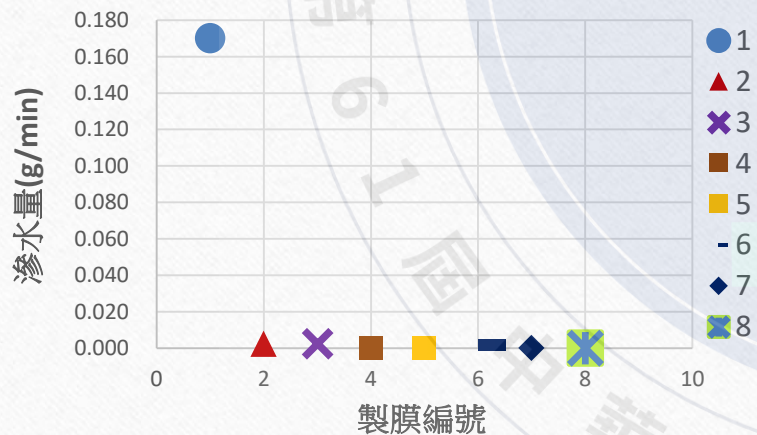


圖2-1-2 保鮮膜的滲水量

面積變化率(%)

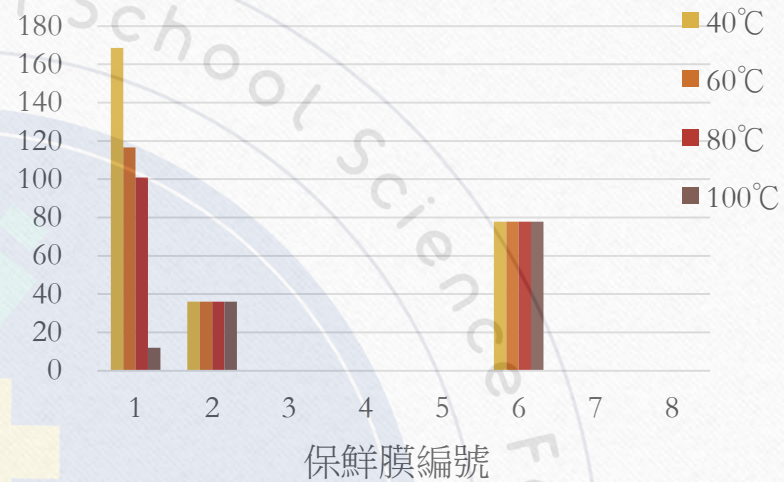


圖2-2-1 保鮮膜的面積變化率(%)

變色時間(sec)

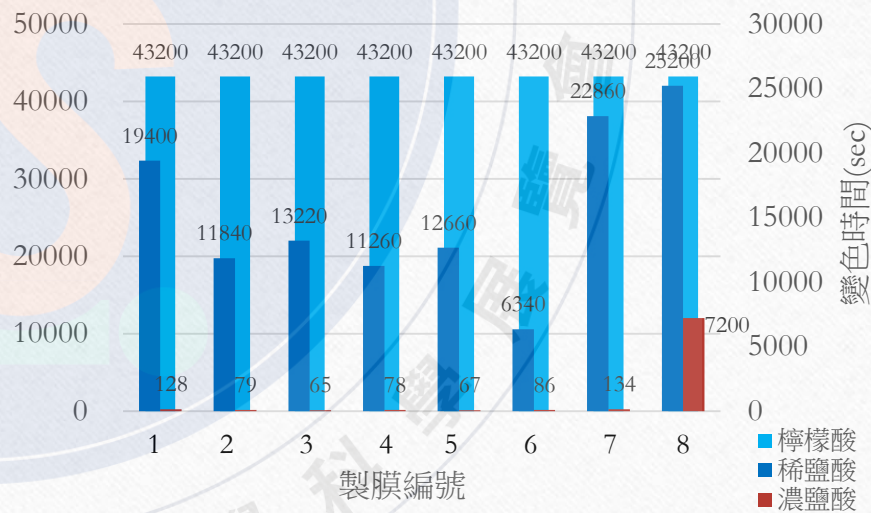


圖2-3-1 保鮮膜開始變色時間

2-2
耐溫性

2-3
耐酸性

研究結果(二)－物性檢測

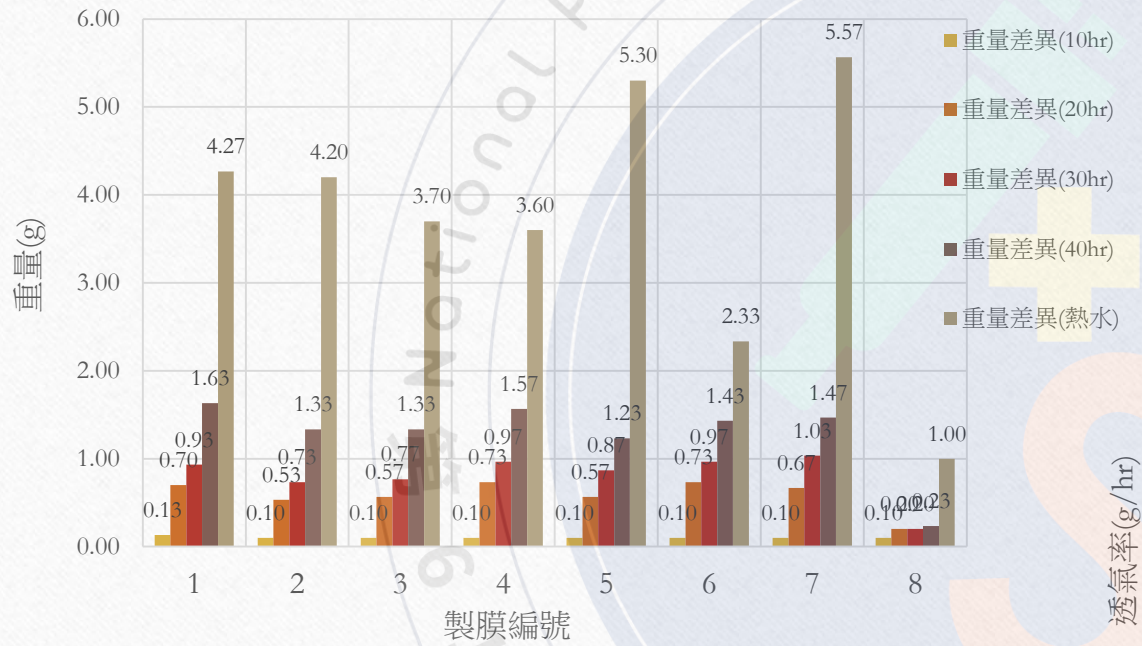


圖 2-4-1 保鮮膜透氣不同時間及冷熱水之前後重量差異

2-4 透氣性

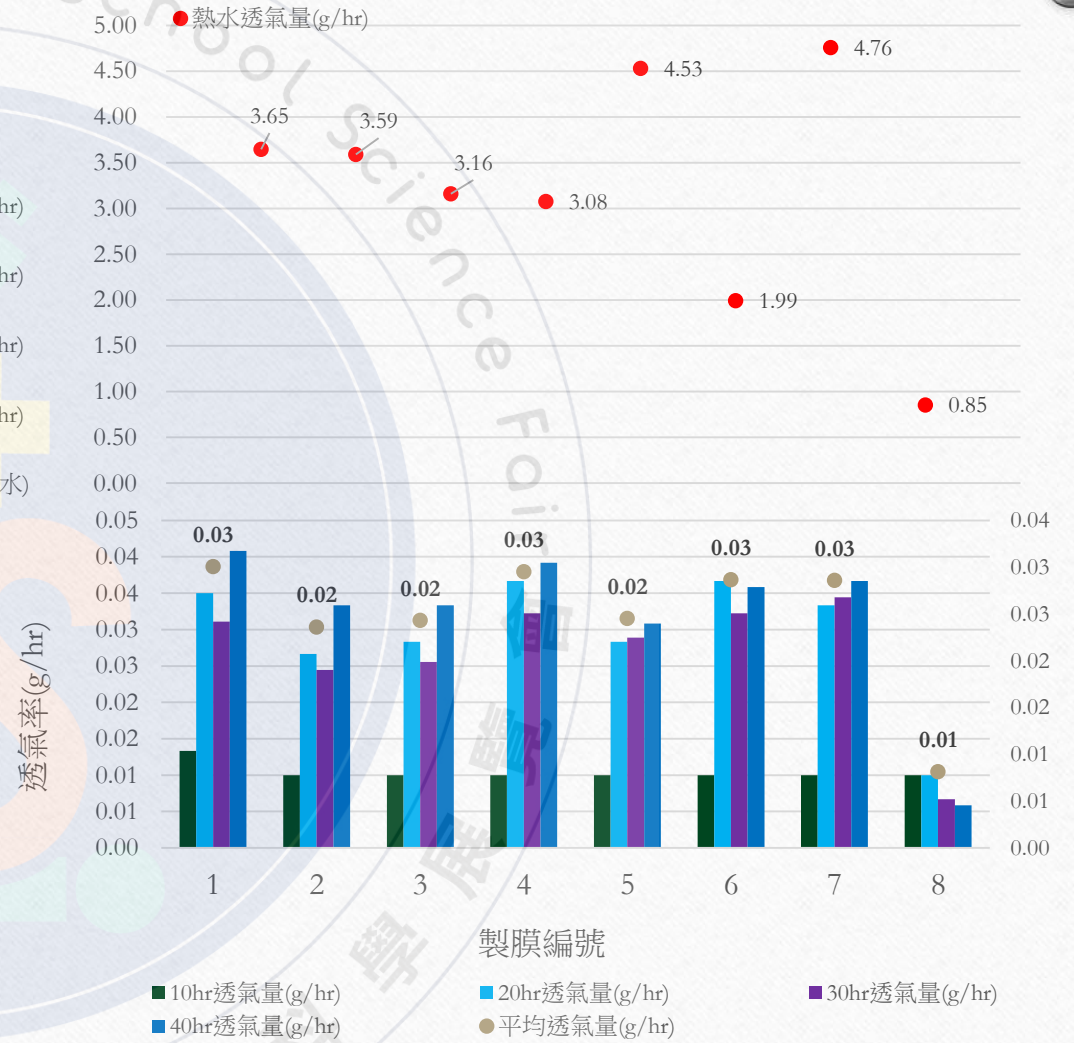


圖 2-4-2 保鮮膜透氣不同時間及冷熱水之透氣量(g/hr)

研究結果(二)－物性檢測

2-5
衝擊性

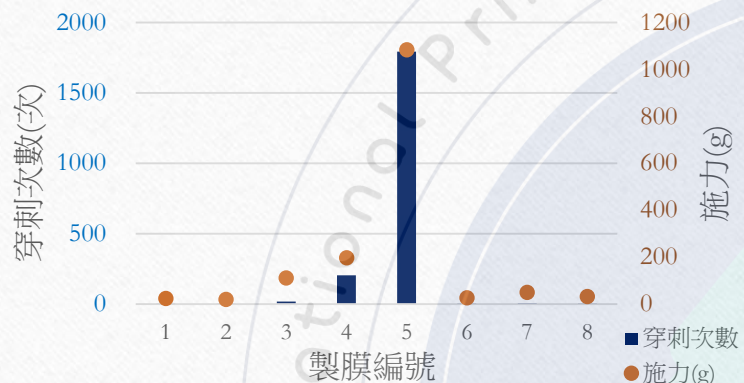


圖2-5-1保鮮膜衝擊性之穿刺次數及施力極限

2-6
拉伸性

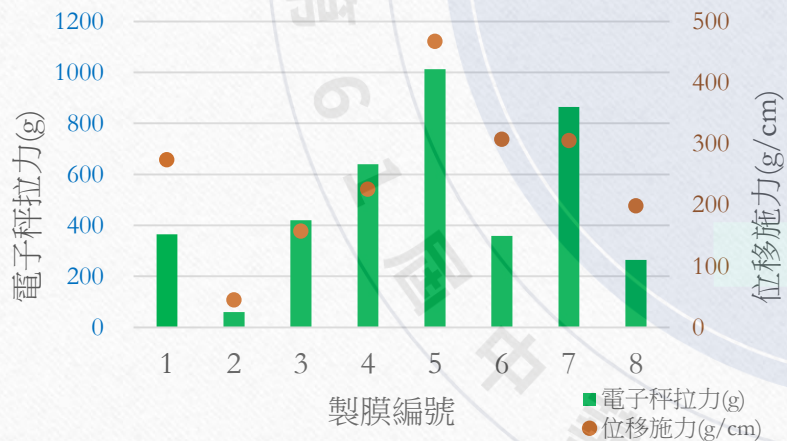


圖2-6-1保鮮膜拉伸性之電子秤拉力及位移施力

2-7
分解性

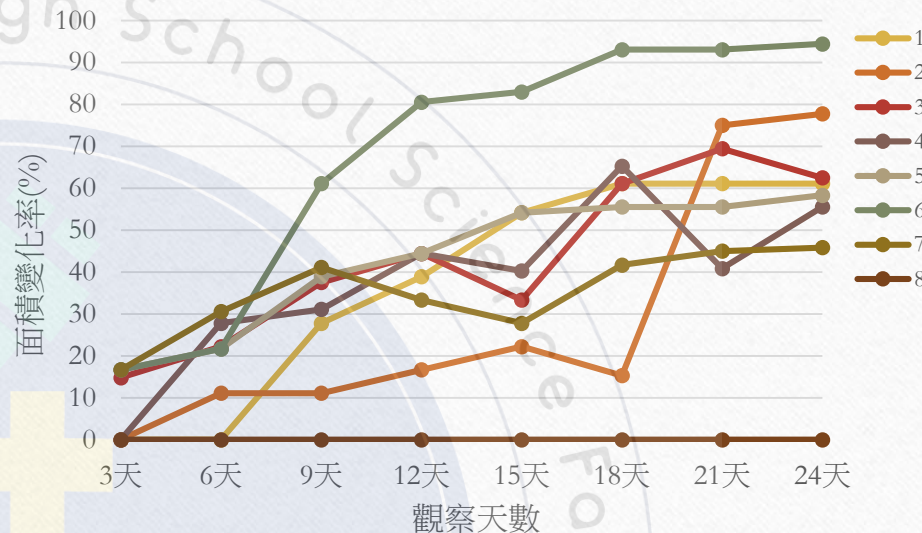


圖2-7-1保鮮膜觀察天數與膜面積變化率的關係

2-8
燃燒性

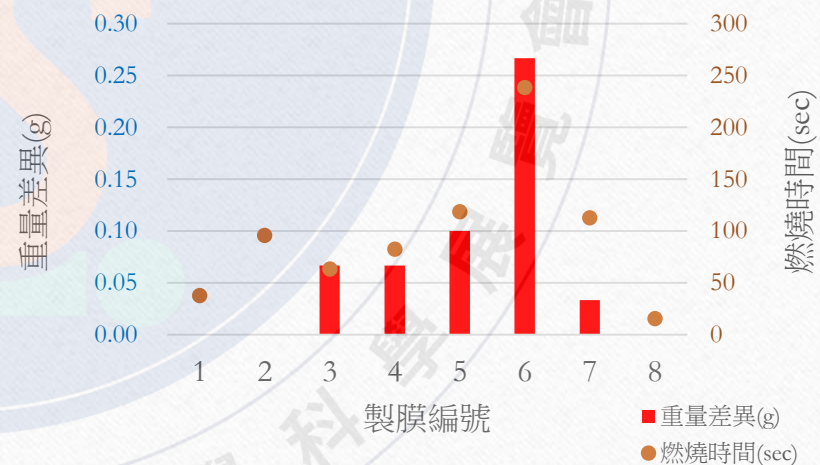



圖2-8-1保鮮膜燃燒性之重量差異及燃燒時間

研究結果(三)－應用可行性

表 3-1-1 保鮮膜包覆食物室溫儲藏前後之重量差異及形變率(重複三次平均值)

製膜編號	吐司		蘋果		菠菜		外觀變化
	重量差異(g)	形變率(%)	重量差異(g)	形變率(%)	重量差異(g)	形變率(%)	
1	0.13	53	0.37	93	0.23	31	 <p>吐司: 2/10 第 2 天起逐漸乾燥且變硬, 8 號膜的吐司 2/14 第 6 天開始發霉。</p> <p>蘋果: 2/10 第 2 天起表皮呈淺褐色, 2/12 第 4 天後顏色變深, 2/14 第 6 天顏色更深(深褐色)發霉更小了!</p> <p>菠菜: 2/10 第二天起葉片逐漸乾燥並捲曲, 2/13 第 5 天乾燥狀況明顯, 8 號膜的葉片還有水分, 只是葉片變黃, 其他的葉片則是相當乾燥。</p>
2	0.27	0	0.47	92	0.47	46	
3	0.23	0	0.27	92	0.90	58	
4	0.23	0	0.43	94	0.33	38	
5	0.17	40	0.53	89	0.27	32	
6	0.27	0	0.47	92	0.40	50	
7	0.23	47	0.67	94	0.30	15	
8	0.17	0	0.00	87	0.10	35	
未包覆	0.10	0	0.37	93	0.30	60	

3-1-1 儲藏性－室溫

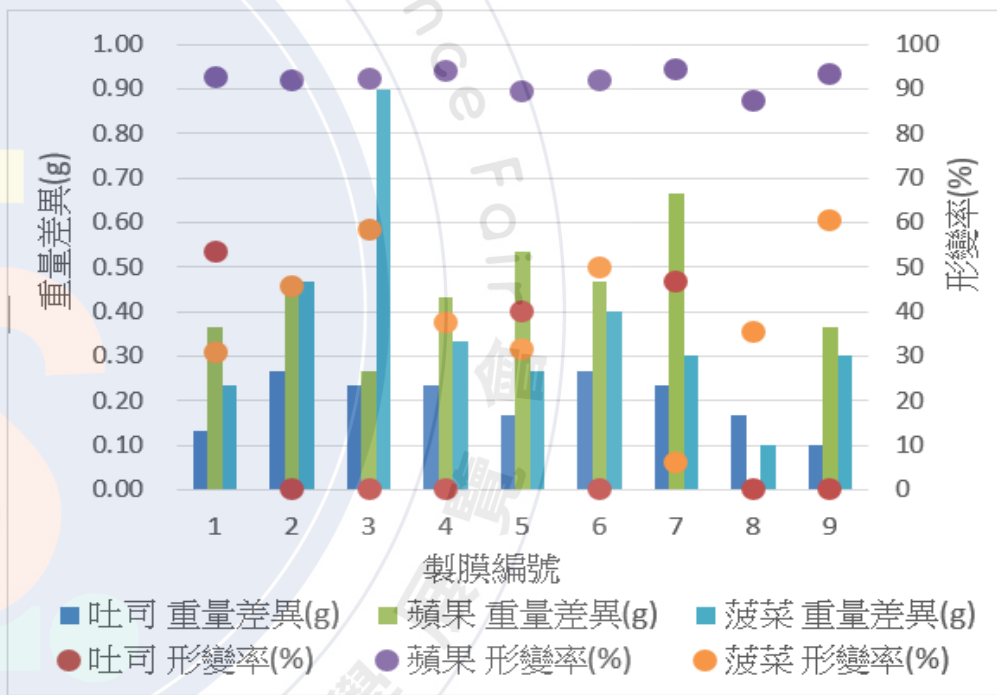


圖 3-1-1 保鮮膜包覆食物室溫儲藏對食物的影響

研究結果(三)－應用可行性

表 3-1-2 保鮮膜包覆食物冷藏儲藏前後之重量差異及形變率(重複三次平均值)

製膜編號	吐司		蘋果		菠菜		外觀變化
	重量差異(g)	形變率(%)	重量差異(g)	形變率(%)	重量差異(g)	形變率(%)	
1	0.20	0	0.37	87	0.23	38	 <p>吐司：2/11 第 3 天起逐漸乾燥且變硬。2、3、7 號膜開始變小。 蘋果：2/11 第 3 天起表皮呈淺褐色，2/12 第 4 天後顏色稍深，除了 4、6、7、8 號膜包覆之蘋果之外，其他都開始變小，4、6、7、8 號膜包覆之蘋果在 2/17 第 9 天開始變小。 菠菜：2/11 第 3 天起葉片逐漸乾燥並捲曲，2/13 第 5 天乾燥狀況明顯，8 號膜的葉片還有水分，乾燥狀況不明顯。</p>
2	0.23	53	0.47	90	0.27	33	
3	0.07	60	0.33	88	0.23	39	
4	0.23	20	0.67	30	0.43	42	
5	0.03	40	0.43	92	0.40	33	
6	0.43	20	0.50	91	0.67	65	
7	0.27	63	0.53	71	0.47	56	
8	0.10	68	0.03	36	0.10	35	
未包覆	0.20	0	0.27	89	0.23	35	

3-1-2 儲藏性－冷藏

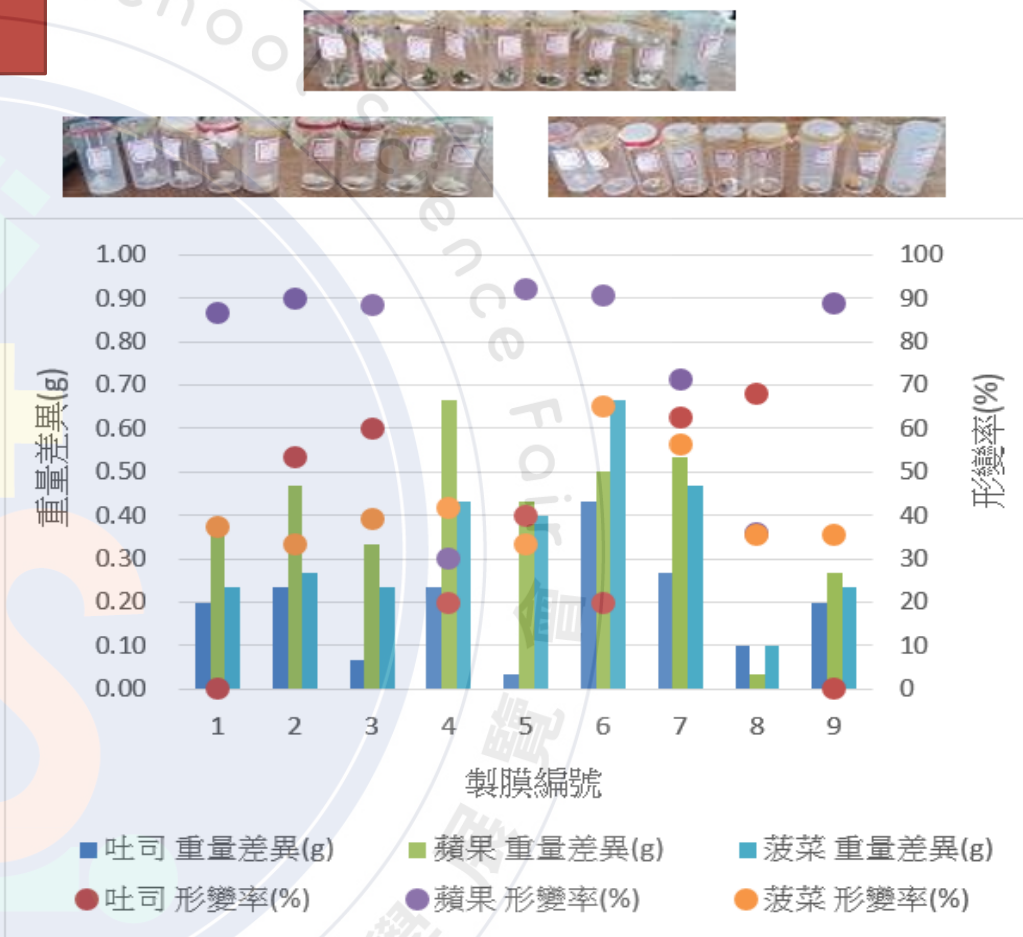
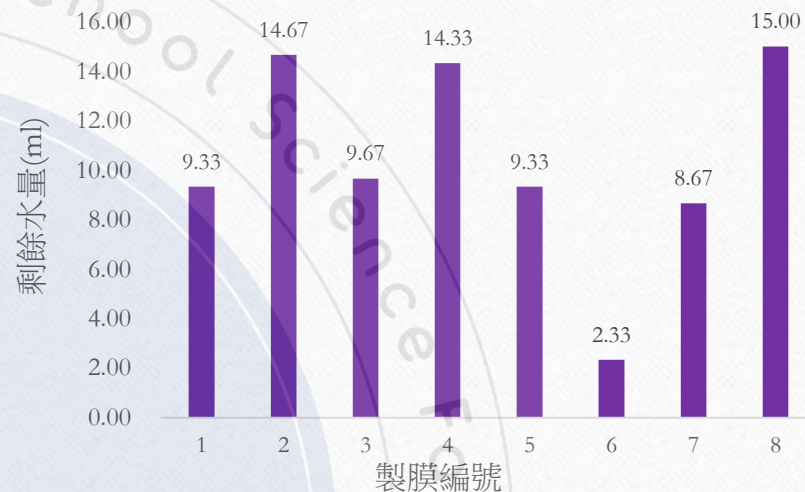


圖 3-1-2 保鮮膜包覆食物冷藏儲藏對食物的影響

研究結果(三)－應用可行性

表 3-2-1微波爐加熱後之外觀變化及剩餘水量(重複三次平均值)

製膜編號	剩餘水量平均值 (ml)	外觀變化
1	9.33	加熱30sec內膜凝結水珠，600sec膜面軟且脫落
2	14.67	加熱30sec內膜凝結水珠，780sec膜完整緊密
3	9.67	加熱30sec內膜凝結水珠，60sec膜面軟及杯緣外硬，300sec膜面鼓起，450sec膜面及杯緣外硬，600sec膜面硬且脫落
4	14.33	加熱30sec內膜凝結水珠，60sec膜面軟外硬，180sec膜內凹陷，450sec膜無凹陷，780sec膜完整緊密
5	9.33	加熱30sec內膜凝結水珠，60sec膜面軟外硬，180sec膜內凹陷，540sec膜剝離600sec膜面硬且脫落
6	2.33	加熱30sec內膜凝結水珠，90sec膜內縮，150sec產生塌陷，有空隙
7	8.67	150sec杯緣外變硬，780sec膜完整緊密
8	15.00	90sec內膜凝結水珠，120sec膜內凹陷，210sec凝結水珠增加360sec膜無凹陷，600sec膜凹陷，780sec膜完整緊密



3-2-1
加熱性—微波爐

圖3-2-1保鮮膜包覆食物微波爐加熱對食物水分的影響

表 3-2-2電鍋加熱後之外觀變化(重複三次觀察狀況)

製膜編號	外觀變化
1	膜封完整且軟
2	膜封完整且軟
3	膜封完整且軟
4	膜封完整且軟
5	膜破且硬
6	膜破且軟
7	膜破且硬
8	膜封完整且軟

3-2-2
加熱性—電鍋

研究結果(四)－製作走塑保鮮膜的最佳方式

膜性及物性比序分數

製膜編號	1	2	3	4	5	6	7
膜性							
透明度	1	1	6	1	1	6	1
軟硬度	1	3	3	3	3	2	3
吸光值	3	2	6	1	3	5	4
比序分數	5	6	15	5	7	13	8

實際可行性

包覆食物室溫及冷藏之**儲藏性**：1~7號膜對於食物的保鮮效果差異不大，但4號膜在蘋果冷藏時，保持水分的效果較佳。包覆食物**微波爐加熱性**：2、4號膜較不易脫落，水分保持狀況佳。**電鍋加熱性**：1、2號膜較不易脫落。

製膜編號	1	2	3	4	5	6	7	8
物性								
防水性	8	6	5	4	1	7	1	1
耐溫性	8	6	1	1	1	7	1	1
耐酸性	3	5	8	8	8	4	1	1
透氣性(冷水)	1	5	5	1	5	2	2	8
透氣性(熱水)	3	3	4	4	1	7	1	8
衝擊性	5	8	3	2	1	5	4	5
拉伸性(拉力)	5	8	4	3	1	6	2	7
拉伸性(彈性)	5	5	2	1	4	8	1	5
分解性	4	2	3	6	5	1	7	8
燃燒性	1	1	1	1	1	1	1	8
比序分數	43	49	36	31	28	48	21	52

綜合以上結果，自製4號走塑保鮮膜品質接近市售保鮮膜，物性檢測狀況亦佳，對於食物的保存及加熱有效果。

4號自製走塑保鮮膜改良版實驗

甘油+醋酸



表 4-1 自製走塑保鮮膜(4號膜)原始版與改良版配方之拉伸性比較表(重複三次平均值)

版本	配方		比較項目數據		
	油 (ml)	醋酸 (ml)	位移距離 (cm)	位移施力 (g/cm)	
改良版	沙拉油	5	2	2.77	225.90
		10	4	2.93	213.30
		15	6	3.60	176.02
		20	8	3.77	167.79
	甘油	5	2	2.90	218.74
		10	4	3.13	196.28
		15	6	3.50	173.90
		20	8	3.93	154.07
原始版	0	0	2.83	225.88	

表 4-2 自製走塑保鮮膜(4號膜)原始版與改良版性質比較表(重複三次平均值)

性質	比較項目	4號膜(原始版)	4號膜+甘油+醋酸(改良版)	
		物性		
防水	滲水量(g/min)	0.00006	0.00006	
耐溫	面積變化率(%)	0%(40℃ 60℃ 80℃ 100℃)	0%(40℃ 60℃ 80℃ 100℃)	
耐酸	變色時間(sec)	檸檬酸 12hr 稀鹽酸 3hr 濃鹽酸 78sec	檸檬酸 12hr 稀鹽酸 3hr 濃鹽酸 82sec	
透氣	冷水透氣量(g/hr)	0.03	0.03	
	熱水透氣量(g/hr)	3.08	3.03	
衝擊	施力(g)	196.67	195	
	穿刺次數(次)	203	200.33	
拉伸	位移距離(cm)	2.83	3.93	
	位移施力(g/cm)	225.88	154.07	
分解	24天變化率(%)	56	62	
燃燒	燃燒時間(sec)	82.25	78.45	
可行性	儲藏	形變率(%)	94(蘋果室溫) 30(蘋果冷藏)	96(蘋果室溫) 28(蘋果冷藏)
	加熱	外觀變化	微波爐(水分消失 4.4%， 13min 膜完整緊密) 電鍋(膜封完整且軟)	微波爐(水分消失 4.2%， 13min 膜完整緊密) 電鍋(膜封完整且軟)

研究結果(五)－花青素製作變色走塑保鮮膜

綜合以上結果，自製4號走塑保鮮膜(改良版)品質接近市售保鮮膜，物性檢測狀況亦佳，對於食物的保存有效果。經估算其成本價格低廉，每張20cmX14cm約5元，值得推廣以取代市售含塑保鮮膜。

保鮮膜的製作方式：

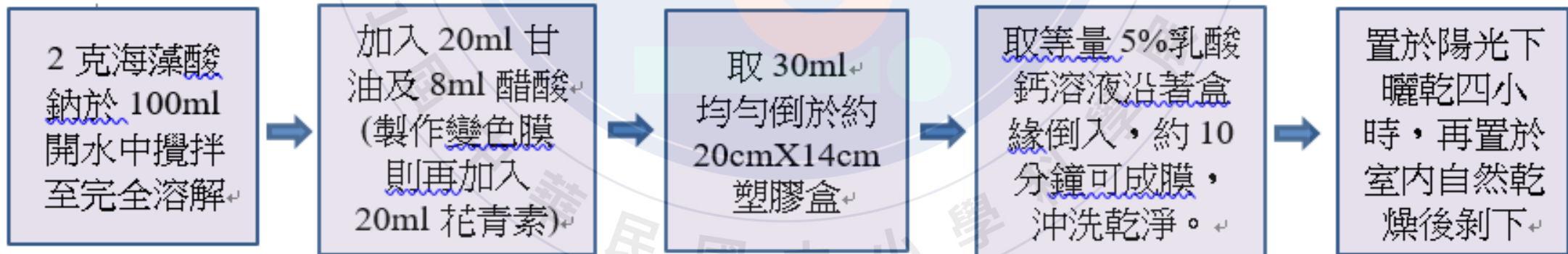
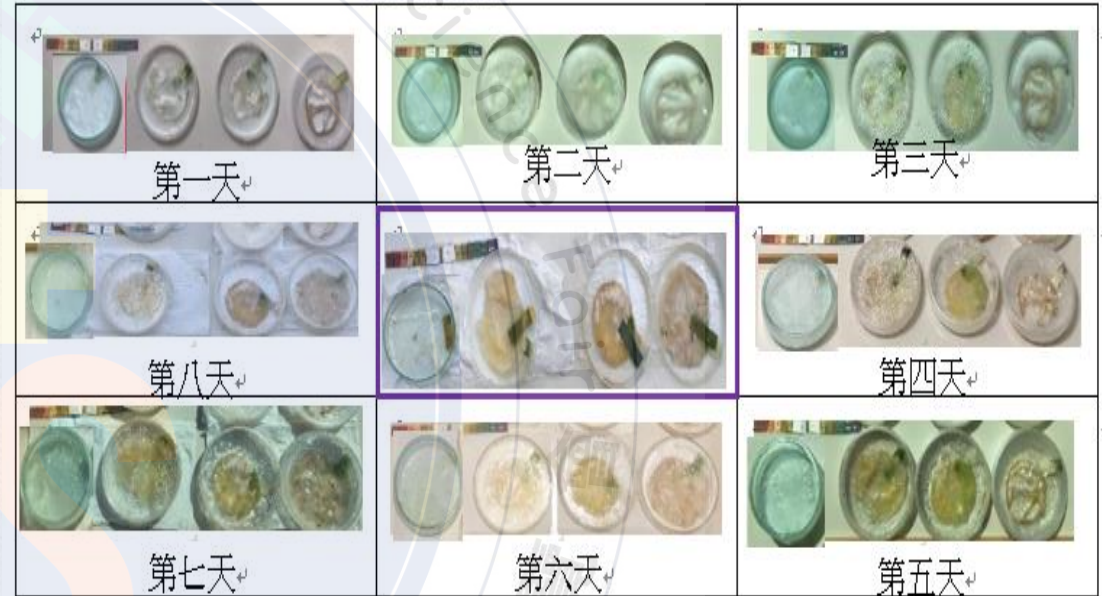


表 5-1 含標示添加物之走塑保鮮膜添加鮮奶之變色情況(重複三次觀察狀況)



結論



1. 運用食材「**海藻酸鈉**」「**乳酸鈣**」可製作走塑保鮮膜，進行「**膜性**」「**物性**」檢測，並實際運用於儲藏及加熱食物，**效果良好，具可行性**。
2. 將**甘油及醋酸**加入走塑保鮮膜中，**增加柔軟度**可獲得跟市售保鮮膜更為接近的膜性。
3. 將膜加入**花青素**可以製成**變色走塑保鮮膜**，不但可以提供我們一個健康無毒、環保、安全的食物保鮮方案，也可**提供我們日常生活中食物酸敗情況的指標**，讓我們所愛的家人們都可以吃得更安全健康。
4. 一般民眾可以**自己在家DIY**，運用食材製作走塑保鮮膜，**取代目前含有塑料的保鮮膜**，這樣的減塑保鮮膜是值得推廣的。

