

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 環境學科

第三名

052605

把新鮮包起來-非塑料環保薄膜之研發

學校名稱：國立民雄高級農工職業學校

作者： 職二 林國琰 職二 蔡乙綾 職二 莊凱堯	指導老師： 陳秋庭 王俊雄
---	-----------------------------

關鍵詞：保鮮膜、塑化劑、海藻酸鹽

壹、摘要

本研究採用海藻膠糊液製作出薄膜，得知甘油、醋酸是關鍵成分，可控制糊液的流動性或軟硬度，以2%海藻膠糊液，添加2%甘油、1.5%醋酸之配方比例來製作薄膜，本研究稱之「自製新型保鮮膜」，藉由不透明度、穿刺強度、抗拉強度、拉伸長度等物性測試，驗證「自製新型保鮮膜」初步具有商品化之水準。在實際應用上，「自製新型保鮮膜」包裝功能特性、包裝視覺效果甚佳，並具備優良的冷藏保鮮效果，而且不用擔心因保鮮膜接觸油脂、蒸煮或微波加熱處理所衍生的食安問題。「自製新型保鮮膜」之水活性值遠小於0.6，因此，常溫下具有相當好的貯藏性。最後，經3週掩埋測試，證明「自製新型保鮮膜」之腐敗性甚佳，是一種對環境十分友善的環保材質。

貳、研究動機與目的

一、研究動機

- (一) 目前人類使用塑膠十分氾濫，其中超市賣場等各大零售通路，充斥著許多過度包裝的商品，製造著大量的塑膠垃圾，**超市減塑**運動正在全球各地啟動，臺灣環保署也已經啟動限塑政策。國外超市賣場近年來，也興起一陣「裸賣」風，但食材缺乏包裝，既不保鮮，也可能因雙手接觸或灰塵而影響食品安全與衛生，尤其目前正值防疫非常時期，「裸賣」食材恐怕會有安全與衛生上的疑慮。若想要同時兼顧環保限塑與安全衛生，恐怕是一大難題，如圖1所示。⁽²⁾
- (二) 衛生福利部食品藥物管理署所公告「應標示之食品器具、食品容器或包裝品項」，規定，產品材質如屬聚氯乙烯(PVC)或聚偏二氯乙烯(PVDC)，應註明使用於高油脂食品及高溫時，勿與食品直接接觸或等同意義之警語。因此，使用PVC或PVDC這類保鮮膜接觸油脂食材，或蒸煮微波加熱處理，恐怕會有食品安全上之疑慮，如圖2所示。⁽⁴⁾⁽¹⁶⁾



圖1. 環保限塑與安全衛生之抉擇 ⁽²⁾



圖2. 保鮮膜接觸油脂或加熱有食安疑慮 ⁽⁴⁾⁽¹⁶⁾

二、研究目的

- (一) 希望研發出全新的製作流程，建立一套全新的成型模式來製作保鮮膜。
- (三) 希望解決保鮮膜因接觸油脂或加熱處理，溶出塑化劑或有毒物質之食安疑慮。
- (三) 希望研發出一種真正可以「分解」，對生態環境極為友善的新型環保薄膜。

參、研究過程與方法

一、文獻回顧

(一) 保鮮膜⁽⁷⁾⁽¹¹⁾⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾

由成功大學相關研究顯示，便利商店之微波加熱食品中的塑化劑，可能經由食品外包裝、保鮮膜之塑膠包材或容器滲出而污染食物。以 PVC 保鮮膜包覆油質較多的食物時，即使不加熱，溶出的 DEHP 含量竟高於歐盟每人每天每公斤可容忍的攝取量，食品本身之油脂含量，可能為影響 DEHP 遷移之因素之一。塑膠包材或容器在微波、蒸煮、加熱、盛裝油脂含量較高的食物時，會有溶出塑化劑污染食物之風險。到底該如何避免塑化劑之污染呢？最好的方法就是不要用塑膠袋、塑膠容器、塑膠膜盛裝熱食或微波加熱，不要用保鮮膜進行微波或蒸煮，也不要用來包裝油性食物。由於 PVC 是含氯物質，遇熱燃燒後會釋放有毒的戴奧辛，對人體健康、生態環境危害甚大。由於媒體許多相關報導，逐漸建立消費者正確觀念，市面上 PE 保鮮膜已逐步取代 PVC 保鮮膜，因此，環保署未來將會分階段逐步禁用 PVC 保鮮膜。但陽明大學相關研究顯示，PE 塑膠膜加熱還是會有塑化劑溶出，總之，塑膠材質經過長時間加熱，就會有塑化劑溶出之食安疑慮。

(二) 塑化劑(plasticizer)⁽⁶⁾⁽¹³⁾⁽¹⁸⁾

純的塑膠因可塑性不足，不容易製成塑膠產品，通常須加入塑化劑改良其機械或加工特性。PVC 是 5 大泛用塑膠 (PE、PVC、PP、PS、ABS) 中唯一的含氯塑膠，PVC 如果沒有添加塑化劑，其質地較硬，所以通常會添加塑化劑增加其柔軟度。DEHP (Di(2-ethylhexyl) phthalate)，中文名是鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯，屬於塑化劑中鄰苯二甲酸酯類的一種。在製作塑膠時，若加入 DEHP 塑化劑可以讓產品變柔軟。而在可食膜系統中常用的塑化劑有單糖、雙糖、寡糖、多元醇(如甘油、山梨糖醇、甘油酯衍生物)、脂質和其衍生物。由於多元醇的可食用膜加工性和靈活性，而被廣泛使用，其中甘油是最常用的塑化劑。

(三) 海藻酸鹽⁽³⁾⁽¹⁰⁾⁽¹²⁾

海藻酸鹽(alginate)是由 D-甘露糖醛酸(D-mannuronic acid)及 L-古羅糖醛酸(L-guluronic acid)鍵結而成之線性高分子多醣類聚合物，如圖 3A 所示。經過二價陽離子金屬陽離子進行交聯反應，使海藻酸鹽轉變成不易溶於水的蛋盒(egg-box)凝膠結構，如圖 3B 所示。

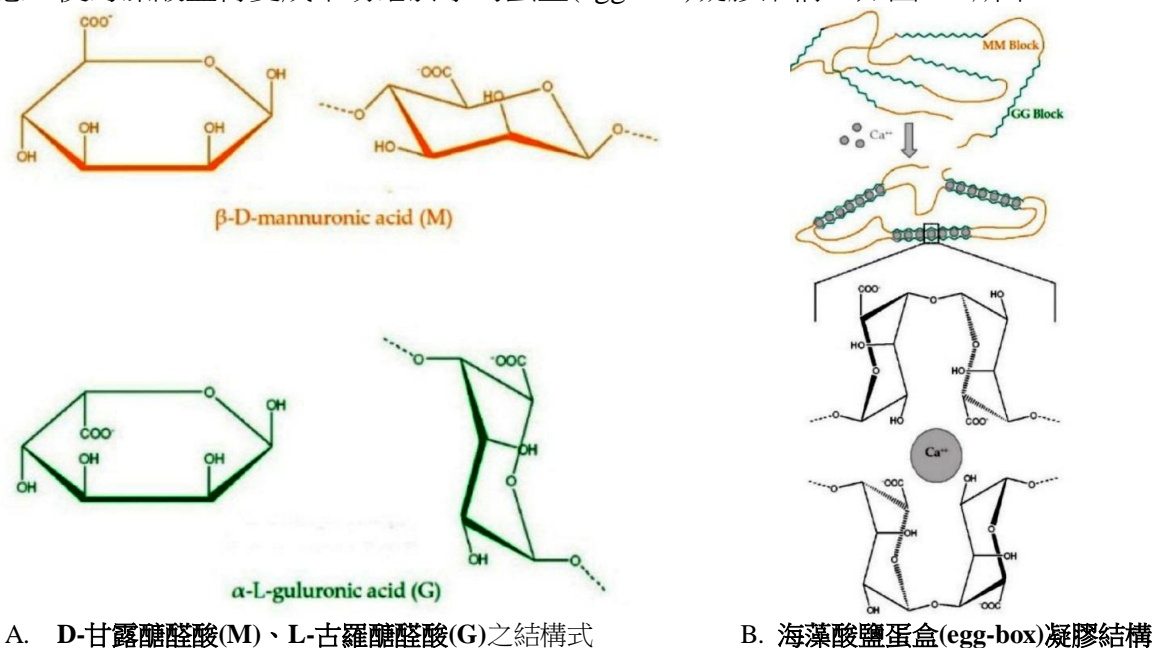
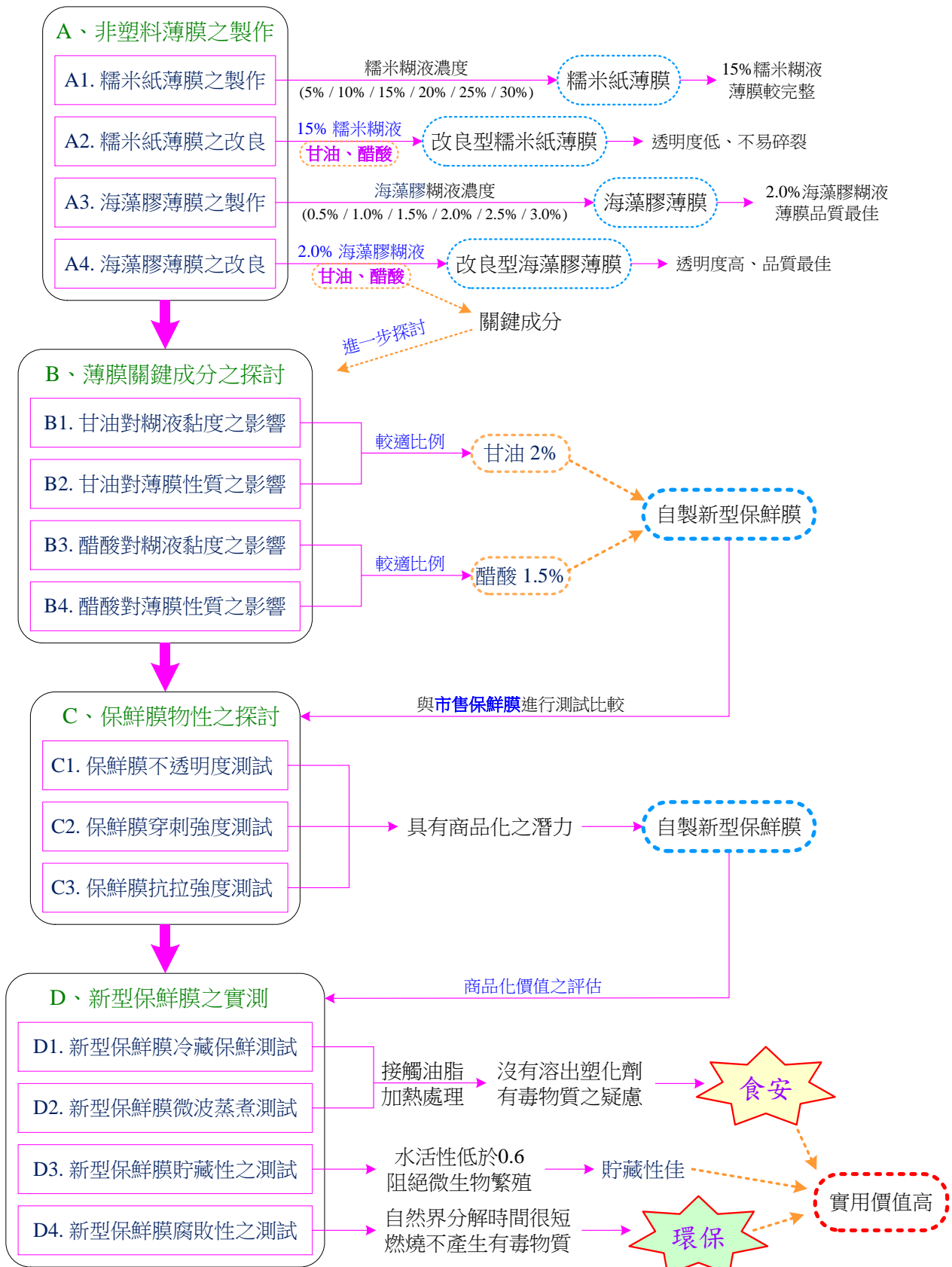


圖 3. 海藻酸鹽中單體單元的結構式與蛋盒模型示意圖⁽³⁾

二、研究架構



三、設備與材料

(一)設備:



電子天平
GR-120 (Japan)



電子秤
Jin Yuan JYK-6000 (Taiwan)



磁石加熱攪拌器
CORNING PC-420D (USA)



水活性分析儀
AquaLab lite (USA)



微波爐
NN-ST342 (Japan)



噴槍BRUSH
BD-134 (Taiwan)



空氣壓縮機HORSE
JF-RU06 (Taiwan)



電鍋
TATUNG (Taiwan)



單眼相機
NIKON D700 (Taiwan)



推拉力計
Lutron FG-5005 (Taiwan)



均質機
HM-0025 (Taiwan)



黏度計
BROOKFIELD DV-E (USA)



分光光度計
HITACHI U-1900 (Japan)



CNC 雕洗機
Bonta Diffraction (Taiwan)



真空包裝機
FUSERJOY (Taiwan)



熱風乾燥機
SUN CHION (Taiwan)

(二) 材料:

1. 糯米粉 (屏東農產股份有限公司)
2. 海藻酸鹽 (鑫隴興業有限公司)
3. 氯化鈣 (Choneye Pure Chemicals, Taiwan)
4. 甘油 (Choneye Pure Chemicals, Taiwan)
5. 冰醋酸 (Miani Chem, Taiwan)

四、研究方法

A、非塑料薄膜之製作

【實驗 A1】糯米紙薄膜之製作

前言：「糯米紙」是一種傳統非塑料薄膜，是一種兼具可食性、環保性的傳統包裝薄膜，本實驗希望能藉由糯米紙之製作過程，初步瞭解此種傳統的糯米紙薄膜之特性。



步驟：

1. 實驗變因：糯米糊液濃度（5%、10%、15%、20%、25%、30%）。
2. 參考相關研究⁽⁵⁾之方法，分別秤取5、10、15、20、25、30克糯米粉，加入100ml的冷水中攪拌均勻，配製成5%、10%、15%、20%、25%、30%的糯米糊液。
3. 將糯米糊液以電磁攪拌加熱至沸騰。
4. 趁熱將糯米糊液均勻塗抹於不鏽鋼平板上(固定1mm高度抹平糊液)，如右圖所示。
5. 放入熱風乾燥機中進行乾燥（設定溫度：50°C，乾燥時間：4小時）。
6. 乾燥後取出冷卻至室溫，觀察並拍攝「糯米紙薄膜」。



結果：

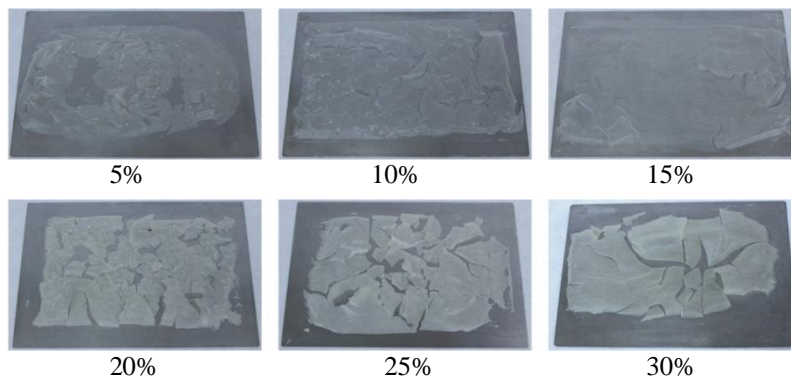


圖4. 以不同糯米糊液濃度所製作的糯米紙薄膜（未脫模裁切前）

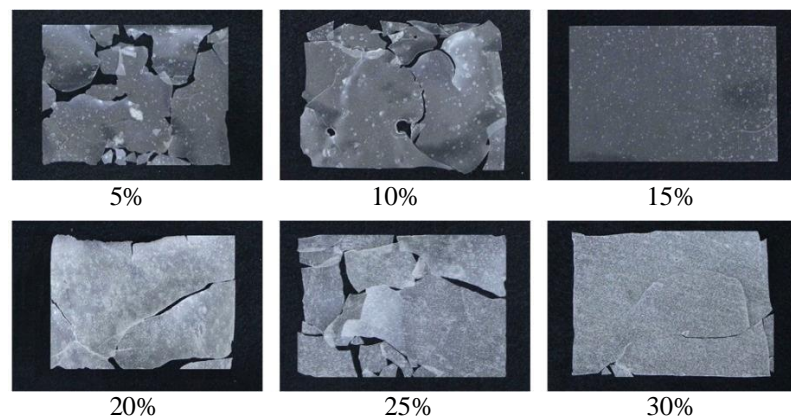


圖5. 以不同糯米糊液濃度所製作的糯米紙薄膜（脫模裁切後）

1. 由圖4顯示，以糯米糊液所製作的糯米紙薄膜(未脫模裁切前)，無論是糊液濃度高低，各種

糯米紙薄膜之質地都偏硬偏脆，極易碎裂，其中以15%糯米糊液所製作的糯米紙薄膜，碎裂情形較輕微，薄膜外觀較完整。

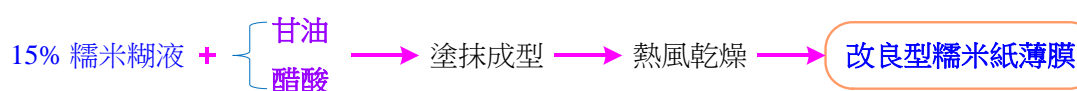
2. 由圖5顯示，以糯米糊液所製作的糯米紙薄膜(脫模裁切後)，無論是糊液濃度高低，各種糯米紙薄膜裁切過程極易碎裂，只有15%糯米糊液所製作的糯米紙薄膜，脫模裁切後薄膜之外觀較完整。
3. 隨著糯米糊液濃度遞增；糯米紙薄膜之厚度、不透明度會隨之遞增。

討論：

1. 本研究考量糯米紙薄膜之硬度、厚度、不透明度、可裁切性，擬採用15%的糯米糊液，繼續進行後續的實驗探討。
2. 由本實驗發現，單純以糯米粉為原料，所製成的糯米紙薄膜，因質地偏硬偏脆，容易碎裂，不易裁切，實用價值不高。由相關研究⁽⁵⁾得知，市面上採用的糯米紙薄膜，通常會以食品添加物來改良薄膜之性質，使糯米紙薄膜具有商品化價值。

【實驗 A2】糯米紙薄膜之改良

前言：本實驗擬參考簡易生質塑膠(bioplastics)之製法⁽¹⁾，以糯米粉為主原料，添甘油、醋酸來改良糯米紙薄膜之特性，希望能提升薄膜之強度，裁切時不易碎裂，使糯米紙薄膜更具實用價值。



步驟：

1. 參考簡易生質塑膠⁽¹⁾之製法，分別秤取15克糯米粉，加入100ml的冷水中攪拌均勻，配製成15%的糯米糊液。
2. 將糯米糊液以電磁攪拌加熱至沸騰。
3. 接著在糯米糊液中，加入5克甘油、0.275克醋酸，攪拌3分鐘。
4. 趁熱將糯米糊液均勻塗抹於不鏽鋼平板上(固定1mm高度抹平糊液)。
5. 放入熱風乾燥機中進行乾燥(設定溫度：50°C，乾燥時間：4小時)。
6. 乾燥後取出冷卻至室溫，觀察並拍攝「改良型糯米紙薄膜」。

結果：

1. 由圖6A顯示，單純以15%糯米糊液所製作的糯米紙薄膜，質地偏硬偏脆，裁切後薄膜外觀雖然可維持完整，但較易碎裂。
2. 由圖6B顯示，添加甘油、醋酸的糯米糊液所製作的糯米紙薄膜，質地偏軟，具可撓性，裁切後薄膜外觀可維持完整，較不易碎裂。



A. 糯米紙薄膜

B. 改良型糯米紙薄膜

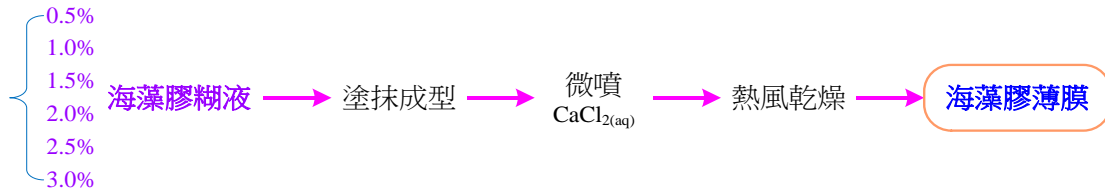
圖6. 糯米紙薄膜改良前後外觀之差異(脫模裁切後)

討論：

1. 我們所參考簡易生質塑膠之製法，是以玉米粉為主原料，添加甘油、醋酸來製作生質塑膠膜。本實驗則是以糯米粉取代玉米粉，添加甘油、醋酸所製作的「改良型糯米紙薄膜」，質地偏軟，具可撓性，裁切後外觀完整，不易碎裂，確實可提升商品價值。
2. 無論是單純「糯米紙薄膜」，或「改良型糯米紙薄膜」，薄膜表面存留明顯氣泡，影響薄膜外觀甚鉅，此一缺點，參考相關資料⁽⁹⁾得知，可利用抽真空處理達到消除氣泡之目的。

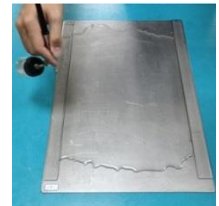
【實驗 A3】海藻膠薄膜之製作

前言：本實驗參考可食性吸管⁽⁹⁾之原料，擬以海藻膠取代糯米粉為原料，探討製作海藻膠薄膜之可行性。



步驟：

1. 實驗變因：海藻膠糊液濃度（0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%）。
2. 參考相關研究⁽⁹⁾之方法，分別秤取0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0克海藻酸鈉，加入100ml的冷水中，以均質機攪拌10分鐘（設定轉速：8000rpm），配製不同濃度的海藻膠糊液。
3. 將均質攪拌後的海藻膠糊液均勻塗抹於不鏽鋼平板上（固定1mm高度抹平糊液）。
4. 配製10%的氯化鈣水溶液，均勻微噴到海藻膠糊液表面(如右圖所示)。
5. 放入熱風乾燥機中進行乾燥（設定溫度：50°C，乾燥時間：4小時）。
6. 乾燥後取出冷卻至室溫，觀察並拍攝「海藻膠薄膜」。



結果：

1. 由圖7顯示，以海藻膠糊液所製作的海藻膠薄膜(未脫模裁切前)，無論是糊液濃度高低，各種海藻膠薄膜之質地稍偏硬，其強度比糯米紙薄膜好，薄膜外觀較完整，但增加一些外力，仍會出現碎裂。
2. 由圖8顯示，以不同海藻膠糊液濃度所製作的海藻膠薄膜(脫模裁切後)，與糯米紙薄膜相比，其透明度較好，質地稍偏硬，裁切後薄膜外觀可維持完整。隨著海藻膠濃度遞增；海藻膠薄膜之厚度、強度會隨之遞增。

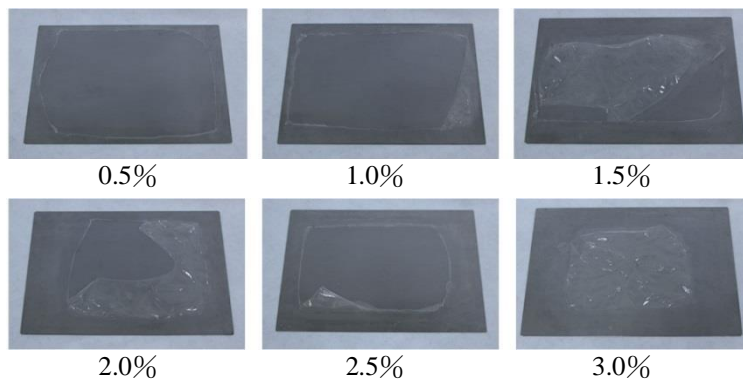


圖7. 以不同海藻膠糊液濃度所製作的海藻膠薄膜（未脫模裁切前）

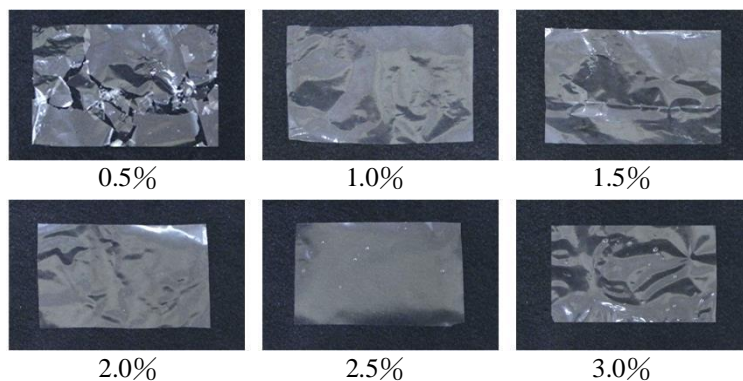


圖8. 以不同海藻膠糊液濃度所製作的海藻膠薄膜（脫模裁切後）

討論：

1. 本研究考量海藻膠薄膜之硬度、厚度，擬採用2%的海藻膠糊液，繼續進行後續的實驗探討。
2. 由本實驗發現，單純以海藻膠為原料，所製成的海藻膠薄膜，增加適當外力，仍易出現碎裂，因此，還有改進空間。
3. 使用海藻膠製作成薄膜，在製作海藻膠薄膜過程中，當海藻酸鈉接觸到鈣離子後，就會立即產生收縮現象，為了克服這個難題，我們嘗試過許多種製作薄膜的方法。本研究最後發現，採用不鏽鋼平板，提供薄膜適當之附著力，搭配微噴技術提供適量鈣離子，達到防止薄膜急速凝膠收縮、控制薄膜凝膠厚度之目的。
4. 本實驗研發出新的製作流程，建立一套全新的成型模式來製作薄膜：
 - (1) 將海藻酸鈉糊液塗抹於不鏽鋼平板上，以增高墊固定 1mm 高度抹平糊液，如圖 9A 所示。
 - (2) 將 10% 的氯化鈣水溶液，均勻微噴到海藻酸鈉糊液表面，如圖 9B 所示。
 - (3) 海藻酸鈉糊液與鈣離子反應，轉變成海藻酸鈣固態凝膠，如圖 9C 所示。
 - (4) 進行熱風乾燥，使海藻酸鈣固態凝膠形成薄膜，如圖 9D 所示。
 - (5) 熱風乾燥後，靜置冷卻，進行脫模，得到海藻膠薄膜成品，如圖 9E 所示。

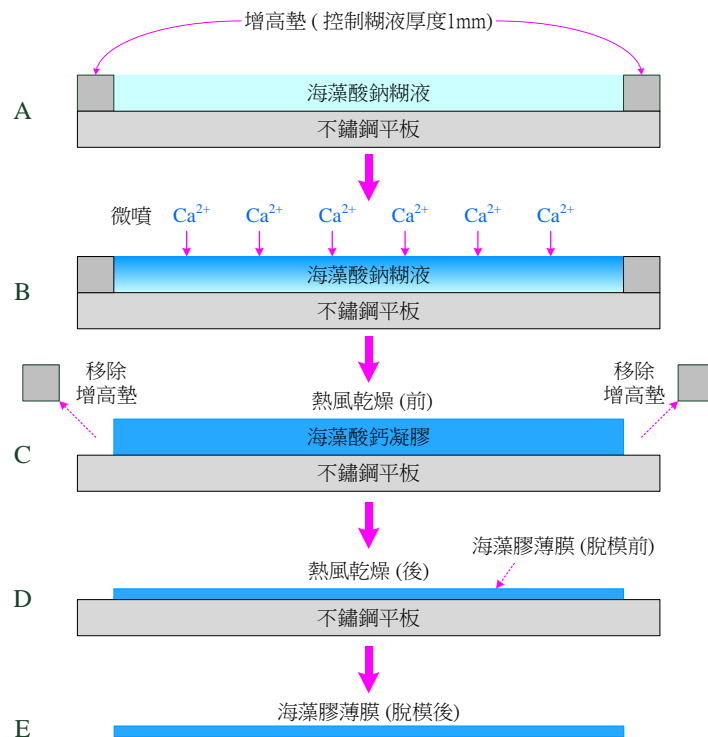


圖 9. 海藻膠薄膜之製作流程

【實驗 A4】海藻膠薄膜之改良

前言：本實驗以海藻膠為主原料，添加甘油、醋酸來改良海藻膠薄膜之特性，希望能提升薄膜之透明度、拉伸強度、可撓性，使海藻膠薄膜更具實用價值。

2.0% 海藻膠糊液 + $\begin{cases} \text{甘油} \\ \text{醋酸} \end{cases}$ → 塗抹成型 → 微噴 $\text{CaCl}_{2(\text{aq})}$ → 熱風乾燥 → 改良型海藻膠薄膜

步驟：

1. 分別秤取2.0克海藻酸鈉，以均質機攪拌10分鐘（設定轉速：8000rpm），配製成2%的海藻膠糊液。
2. 在海藻膠糊液中加入5克甘油、0.275克醋酸，以均質機攪拌3分鐘（設定轉速：8000rpm）。

- 將均質攪拌後的海藻膠糊液，均勻塗抹於不鏽鋼平板上（固定1mm高度抹平糊液）。
- 配製10%的氯化鈣水溶液，均勻微噴到海藻膠糊液表面。
- 放入熱風乾燥機中進行乾燥（設定溫度：50°C，乾燥時間：4小時）。
- 乾燥後取出冷卻至室溫，觀察並拍攝「改良型海藻膠薄膜」。

結果：

- 由圖10A顯示，單純以2.0%海藻膠糊液所製作的海藻膠薄膜，透明性較差，質地稍微偏硬，可撓性尚可，裁切後薄膜外觀可維持完整。
- 由圖10B顯示，添加甘油、醋酸的海藻膠糊液所製作的「改良型海藻膠薄膜」，透明性較佳，質地明顯偏軟，可撓性較佳，裁切後薄膜外觀相當完整。

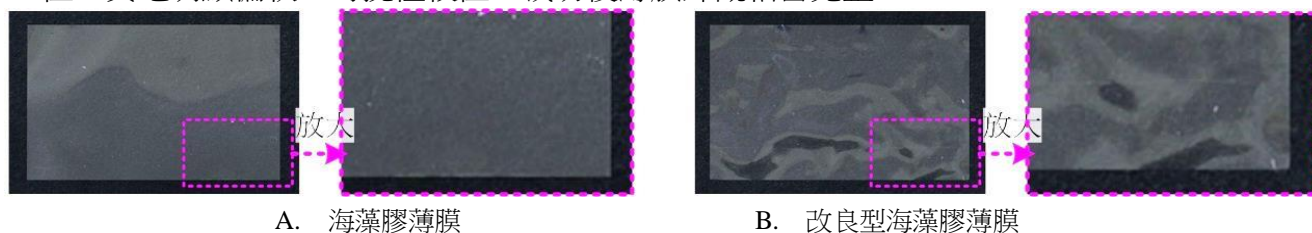


圖10. 海藻膠薄膜改良前後外觀之差異 (脫模裁切後)

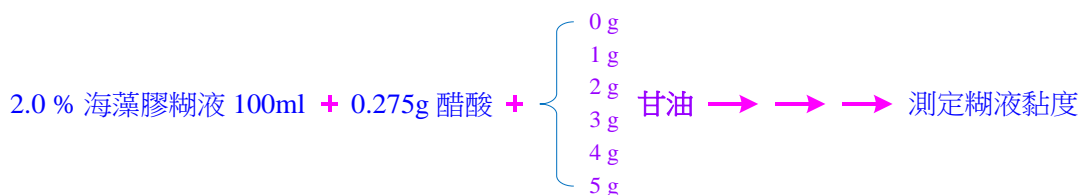
討論：

- 由實驗結果顯示，「改良型海藻膠薄膜」具有很好的可撓性、拉伸性，而且薄膜之透明度、黏度近似市售保鮮膜，具有實際應用之價值。
- 「改良型海藻膠薄膜」是以海藻膠為主原料，添加甘油、醋酸所製作而成，薄膜之特性得到更好的改良，所添加的「**甘油、醋酸**」是關鍵成分。

B、薄膜關鍵成分之探討

【實驗 B1】甘油對糊液黏度之影響

前言：本實驗擬在醋酸添加量固定之條件下，改變甘油添加量，希望進一步瞭解甘油對海藻膠糊液黏度之影響。



步驟：

- 實驗變因：甘油添加量（0g、1g、2g、3g、4g、5g）。
- 秤取2.0克海藻酸鈉，加入100ml的冷水中，以均質機攪拌10分鐘（設定轉速：8000rpm），分別配製成2%的海藻膠糊液(六個樣品)。
- 在六個樣品中，改變甘油之添加量（0g、1g、2g、3g、4g、5g），而醋酸添加量固定在0.275g，分別以均質機攪拌3分鐘（設定轉速：8000rpm），配製成六種海藻膠糊液。
- 分別秤取六種海藻膠糊液各3克，置於壓克力平板上，觀察比較並拍攝其外觀。
- 另使用黏度計測定糊液黏度，記錄六種樣品糊液之黏度值，如右圖所示。
- 利用Excel、xlstat軟體統計分析數據⁽⁸⁾，判別六個樣品糊液之黏度是否有顯著差異(信賴水準95%)，並利用SigmaPlot軟體進行繪圖。



結果：

1. 不同甘油添加量的海藻膠糊液之外觀，如圖11所示，在肉眼觀察下，各種樣品糊液都含有許多微小氣泡，在外觀上沒有很明顯差異。

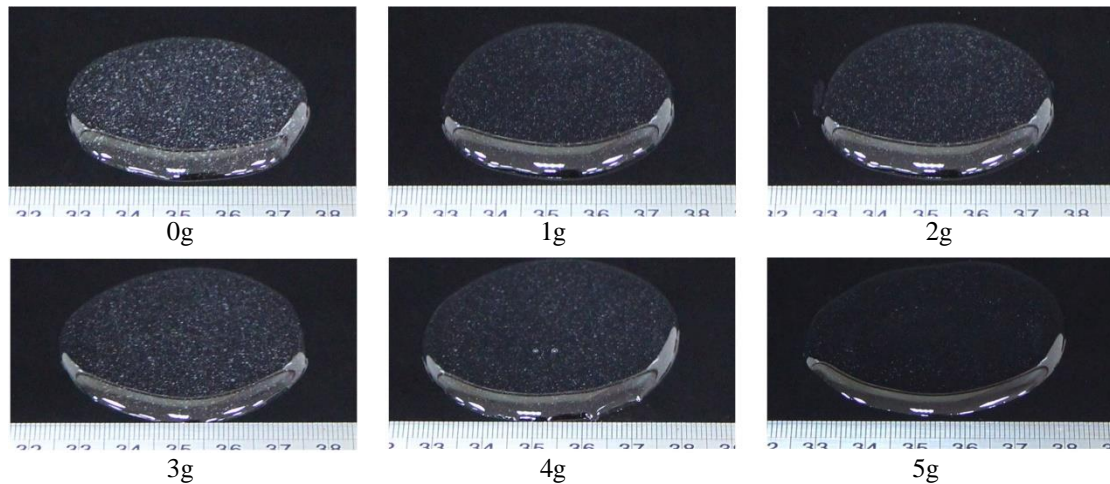


圖11. 不同甘油添加量對糊液外觀之影響

2. 由表1、圖12顯示，隨著甘油添加量遞增，海藻膠糊液黏度呈現些微遞減之趨勢。六種樣品糊液之黏度值，經統計分析得知甘油添加1g、2g二者之黏度，沒有顯著差異(信賴水準95%)；其餘各樣品之黏度，彼此間都有顯著差異(信賴水準95%)。

表1. 不同甘油添加量對糊液黏度之影響

甘油	黏度 (cP)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
0 g	3098	3123	3083	3101 ^a	16
1 g	3055	3034	3042	3044 ^b	9
2 g	3032	3035	3026	3031 ^b	4
3 g	3028	2999	2958	2995 ^c	29
4 g	2899	2891	2876	2889 ^d	10
5 g	2724	2706	2708	2713 ^e	8

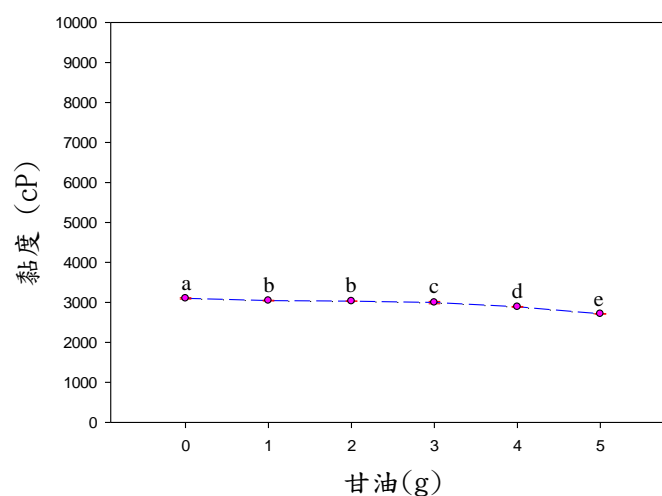


圖12. 不同甘油添加量對糊液黏度之影響

討論：

1. 由本實驗得知，在肉眼觀察下，六種樣品糊液之外觀沒有很明顯差異，但隨著甘油添加量遞增，糊液黏度呈現些微遞減之趨勢。
2. 在本實驗中六種樣品糊液之黏度，為什麼會隨著甘油添加量之遞增，而呈現些微遞減之趨勢？我們搜尋相關文獻⁽⁶⁾得到合理佐證，因甘油在可食膜系統中，可視為一種塑化劑，我們可以利用甘油來調整糊液的流動性或軟硬度，進而改變薄膜之物理特性。

【實驗 B2】甘油對薄膜性質之影響

前言：本實驗擬在醋酸添加量固定之條件下，改變甘油添加量，希望進一步瞭解甘油對海藻膠薄膜性質之影響。

2.0 % 海藻膠糊液 100ml + 0.275g 醋酸 + $\left\{ \begin{array}{l} 0\text{ g} \\ 1\text{ g} \\ 2\text{ g} \\ 3\text{ g} \\ 4\text{ g} \\ 5\text{ g} \end{array} \right.$ 甘油 $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$ 比較薄膜之差異

步驟：

1. 實驗變因：甘油添加量（0g、1g、2g、3g、4g、5g）。
2. 秤取2.0克海藻酸鈉，加入100ml的冷水中，以均質機攪拌10分鐘（設定轉速：8000rpm），分別配製成2%的海藻膠糊液(六個樣品)。
3. 在六個樣品中，改變甘油之添加量（0g、1g、2g、3g、4g、5g），而醋酸添加量固定在0.275g，分別以均質機攪拌3分鐘（設定轉速：8000rpm），配製成六種海藻膠糊液。
4. 六種海藻膠糊液分別進行抽真空處理，消除糊液中的氣泡。
5. 將六種海藻膠糊液，分別均勻塗抹於不鏽鋼平板上（固定1mm高度抹平糊液）。
6. 配製10%的氯化鈣水溶液，均勻微噴到海藻膠糊液表面。
7. 放入熱風乾燥機中進行乾燥（設定溫度：50°C，乾燥時間：4小時）。
8. 乾燥後取出冷卻至室溫，觀察比較並拍攝六種薄膜之差異。

結果：

1. 由圖13顯示，若完全沒有添加甘油(0g)時，經熱風乾燥後，薄膜完全不會平整的附著在不鏽鋼平板上；若甘油添加1g、2g、3g、4g、5g時，薄膜都會平整的附著在不鏽鋼平板上。
2. 脫模裁切後的薄膜，如圖14所示，若完全沒有添加甘油(0g)時，薄膜的透明性、可撓性、拉伸性明顯較差，但其質地偏硬偏脆，較易因外力增加導致碎裂。若甘油添加1g、2g、3g、4g、5g時，隨著甘油添加量遞增；薄膜之透明性、拉伸性、柔軟性也隨著遞增，但薄膜之強度卻呈現遞減之趨勢。

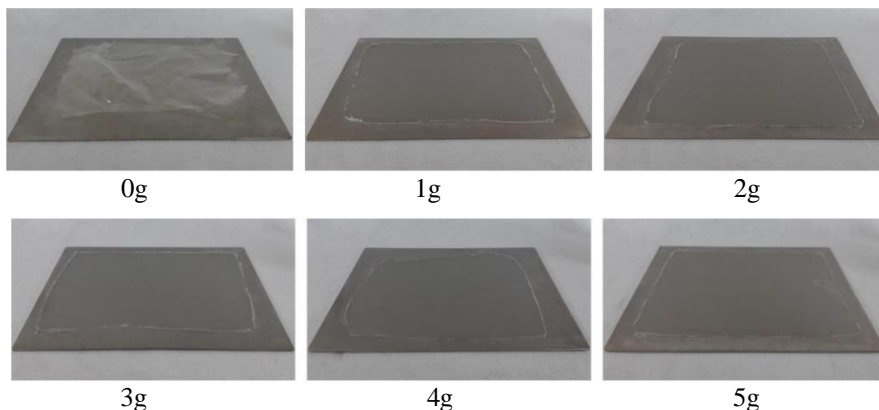


圖13. 不同甘油添加量對薄膜外觀之影響 (未脫膜裁切前)

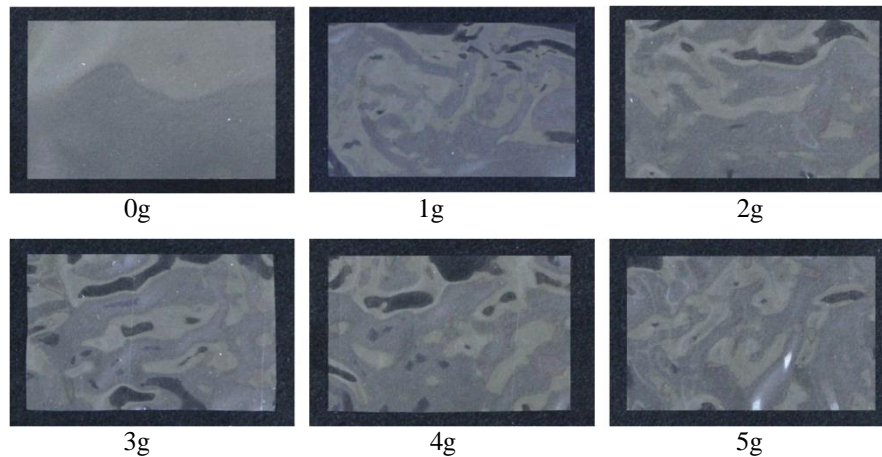


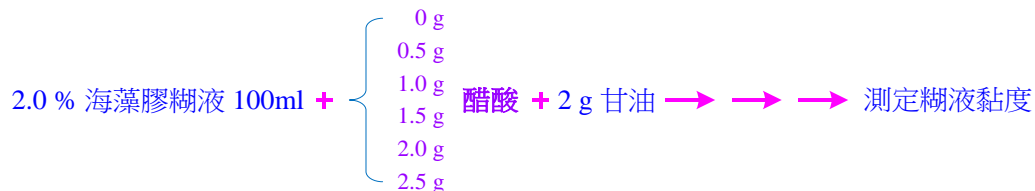
圖14. 不同甘油添加量對薄膜外觀之影響 (脫膜裁切後)

討論：

1. 由本實驗發現，若只有添加醋酸，沒有添加甘油所製作的薄膜，其外觀、軟硬度、拉伸性等特性，很明顯與其他有添加甘油所製作的薄膜完全不同。因此，證明甘油是影響可塑性之重要關鍵。
2. 雖然添加甘油，可使薄膜的透明性、拉伸性、柔軟性增加。但隨著甘油添加量遞增，薄膜之質地也逐漸變得較柔軟，薄膜之強度、厚度也同時逐漸降低，而甘油添加4 g、5g時，薄膜表面會出現些微油膩感。本實驗的結論是，甘油添加2g是較佳比例，因此，在本研究之後的實驗中，甘油添加量固定採用2g(亦即2%甘油)。

【實驗 B3】醋酸對糊液黏度之影響

前言：本實驗擬在甘油添加量固定之條件下，改變醋酸添加量，希望進一步瞭解醋酸對海藻膠糊液黏度之影響。



步驟：

1. 實驗變因：醋酸添加量 (0g、0.5g、1.0g、1.5g、2.0g、2.5g)。
2. 秤取2.0克海藻酸鈉，加入100ml的冷水中，以均質機攪拌10分鐘 (設定轉速：8000rpm)，分別配製成2%的海藻膠糊液(六個樣品)。
3. 在甘油添加量固定2.0克之條件下，改變醋酸添加量 (0g、0.5g、1.0g、1.5g、2.0g、2.5g)，以均質機攪拌3分鐘 (設定轉速：8000rpm)，配製成六種海藻膠糊液。
4. 分別秤取六種海藻膠糊液各3克，置於壓克力平板上，觀察比較並拍攝其外觀之差異。
5. 另使用黏度計測定糊液之黏度，記錄六種樣品糊液之黏度值。
6. 利用Excel、xlstat軟體統計分析數據，判別六個樣品糊液之黏度是否有顯著差異(信賴水準95%)，並利用SigmaPlot軟體進行繪圖。

結果：

1. 不同醋酸添加量的糊液外觀，如圖15所示，在肉眼觀察下，添加醋酸0g、0.5g、1.0g糊液外觀沒有明顯差異；添加醋酸1.5g時，糊液之微小氣泡明顯增多；添加醋酸2.0g時，糊液之微小氣泡更多，糊液之黏稠性明顯提高；當添加醋酸2.5g時，海藻膠糊液之小氣泡更明顯，而且黏稠性大幅提高，甚至呈現凝膠現象。

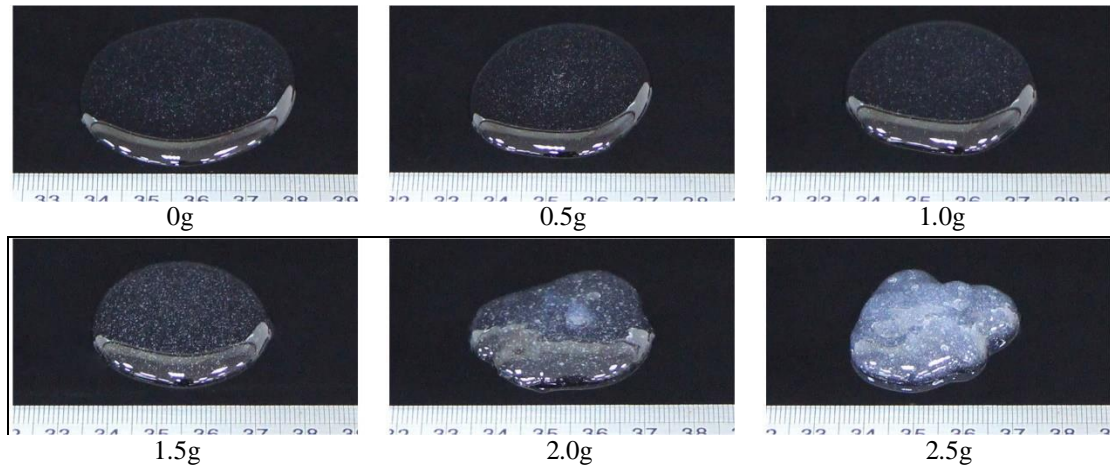


圖15. 不同醋酸添加量對海藻膠糊液外觀之影響

2. 由表2、圖16顯示，隨著醋酸添加量（0g、0.5g、1.0g、1.5g）遞增，海藻膠糊液黏度呈現微幅遞增之趨勢；當添加醋酸2.0g時，海藻膠糊液之黏度明顯提高；當添加醋酸2.5g時，海藻膠糊液之黏度則大幅提高。

表2. 不同醋酸添加量對海藻膠糊液黏度之影響

醋酸	黏度(cP)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
0 g	2874	2901	2897	2891 ^d	12
0.5 g	2911	2952	2946	2936 ^d	18
1.0 g	3114	3066	3108	3096 ^c	21
1.5 g	3137	3107	3119	3121 ^c	12
2.0 g	4498	4374	4446	4439 ^b	51
2.5 g	9037	8720	9037	8931 ^a	149

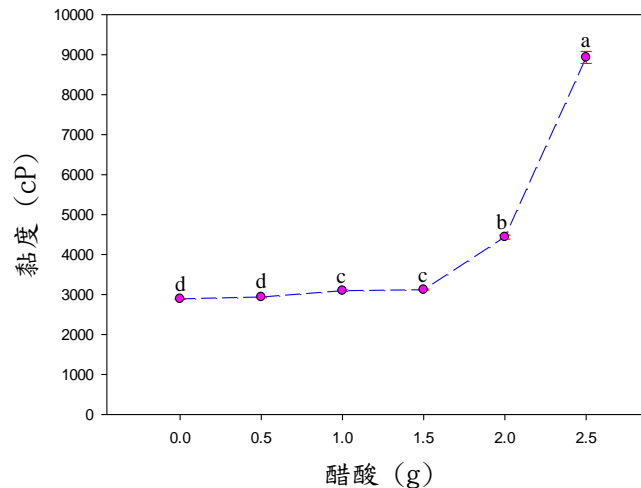


圖 16. 不同醋酸添加量對海藻膠糊液黏度之影響

3. 六種樣品糊液之黏度值，經統計分析得知醋酸添加0g、0.5g二者之黏度沒有顯著差異（信賴水準95%）；醋酸添加1.0g、1.5g二者之黏度沒有顯著差異（信賴水準95%）；但醋酸添加1.5g、2.0g、2.5g三者之黏度則呈現顯著差異（信賴水準95%）。

討論：

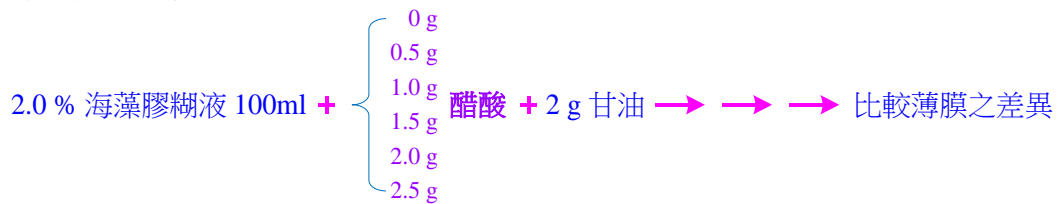
1. 由本實驗得知，當醋酸添加量達到2.0g以上，海藻膠糊液之黏度明顯提高；當添加醋酸2.5g時，海藻膠糊液之黏度則大幅提高，這表示醋酸添加量達到某臨界值之後，對海藻膠糊液

之黏度影響極大。

- 當醋酸達2.0g時，因糊液黏度明顯提高，導致糊液中所包覆得氣泡也逐漸增多，當添加醋酸達2.5g時，糊液之黏度則大幅提高，出現近似凝膠現象，糊液中所包覆的氣泡，更不易以抽真空方式去除。
- 由【實驗B1】與本實驗證明，甘油與醋酸這兩種關鍵成分，都會影響糊液之黏度，尤其是醋酸的添加量，對糊液黏度之影響更加顯著。因此，藉由調整甘油與醋酸之添加比例，可有效控制糊液的流動性或軟硬度。

【實驗 B4】醋酸對薄膜性質之影響

前言：本實驗擬在甘油添加量固定之條件下，改變醋酸添加量，希望進一步瞭解醋酸對海藻膠薄膜性質之影響。



步驟：

- 實驗變因：醋酸添加量（0g、0.5g、1.0g、1.5g、2.0g、2.5g）。
- 秤取2.0克海藻酸鈉，加入100ml的冷水中，以均質機攪拌10分鐘（設定轉速：8000rpm），分別配製成2%的海藻膠糊液（六個樣品）。
- 在甘油添加量固定2.0克之條件下，改變醋酸添加量（0g、0.5g、1.0g、1.5g、2.0g、2.5g），以均質機攪拌3分鐘（設定轉速：8000rpm），配製成六種海藻膠糊液。
- 六種海藻膠糊液分別進行抽真空處理，消除糊液中的氣泡。
- 將六種海藻膠糊液，分別均勻塗抹於不鏽鋼平板上（固定1mm高度抹平糊液）。
- 配製10%的氯化鈣水溶液，均勻微噴到海藻膠糊液表面。
- 放入熱風乾燥機中進行乾燥（設定溫度：50°C，乾燥時間：4小時）。
- 乾燥後取出冷卻至室溫，觀察比較並拍攝六種薄膜之差異。

結果：

- 由圖17顯示，添加醋酸0g、0.5g、1.0g、1.5g的糊液，經熱風乾燥後，薄膜會平整的附著在不鏽鋼平板上；添加醋酸2.0g、2.5g的糊液，經熱風乾燥後，薄膜收縮較明顯，附著性較低，導致薄膜無法全面平整的附著在不鏽鋼平板上。
- 脫模裁切後的薄膜，如圖18所示，若完全沒有添加醋酸(0g)時，與【實驗B2】中的六種薄膜相較之下，同樣具有良好的透明性、可撓性、拉伸性，但其質地比較柔軟，強度也較低。若醋酸添加0.5g、1.0g、1.5g、2.0g、2.5g時，隨著醋酸添加量遞增；薄膜之拉伸性、柔軟性也隨著遞減，但薄膜之強度卻呈現遞增之趨勢。

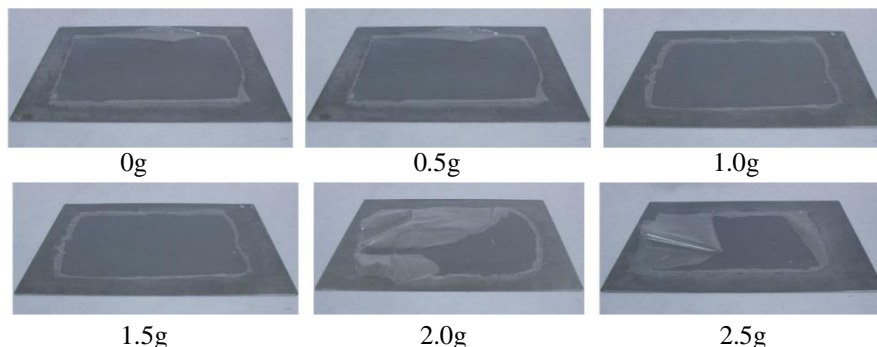


圖17. 不同醋酸添加量對薄膜外觀之影響（未脫模裁切前）

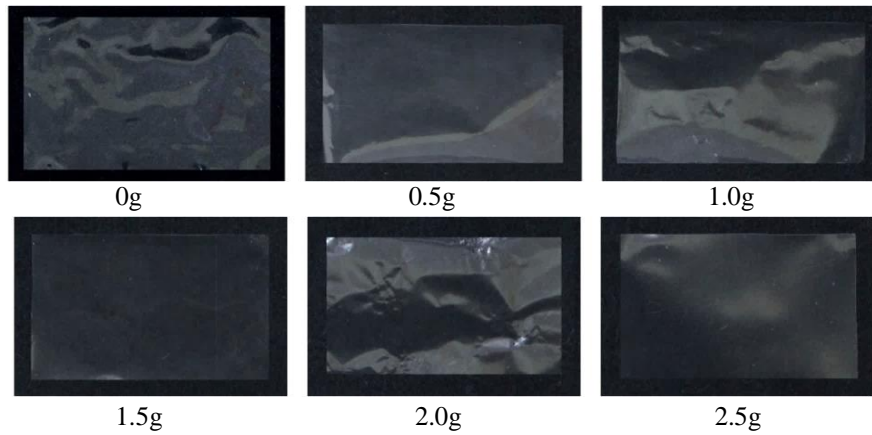


圖18. 不同醋酸添加量對薄膜外觀之影響 (脫模裁切後)

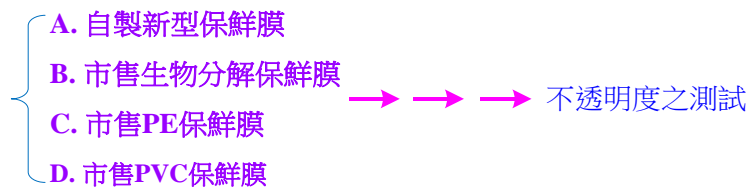
討論：

1. 由本實驗發現，若只有添加甘油，沒有添加醋酸(0g)所製作的薄膜，其透明性、柔軟性、拉伸性較佳，與其他有添加醋酸(0.5g、1.0g、1.5g、2.0g、2.5g)所製作的薄膜特性明顯不同。
2. 彙整【實驗B2】、【實驗B4】之實驗結果，本研究之後的實驗中，決定採用2%的海藻膠糊液100ml，添加甘油2g(甘油2%)、醋酸1.5g(醋酸1.5%)之配方比例來製作薄膜，採用此配方所製作之薄膜，其透明性、黏性、柔軟性、拉伸性等性質，與市售保鮮膜較相似，具備保鮮用薄膜之實用性，本研究定義此薄膜為「自製新型保鮮膜」。

C、保鮮膜物性之探討

【實驗 C1】保鮮膜不透明度之測試

前言：本實驗將其薄膜進行不透明度測試，並比對市售保鮮膜差異，探討其特性能否具備實用價值。



步驟：

1. 實驗變因：A.自製新型保鮮膜、B.市售生物分解保鮮膜、C.市售PE保鮮膜、D.市售PVC保鮮膜。
對照組：海藻膠薄膜。
2. 參考中興大學之測試方法⁽⁶⁾，分別將自製新型保鮮膜、市售生物分解保鮮膜、市售 PE 保鮮膜、市售 PVC 保鮮膜、海藻膠薄膜等五種樣品，切成 10 mm×30 mm 的矩形，置入樣品槽中，以分光光度計(U-1900, Hitachi Instruments Inc.,Tokyo, Japan) 進行吸光值測試。
3. 分光光度計之波長掃描設定為 400-800 nm，計算掃描波長範圍的積分面積，結果以 AU·nm 表示，每組樣品側三重複取平均值。
4. 不透明度(AU·nm) = Σ (吸光值 × 掃描波長)
5. 利用Excel、xlstat軟體統計分析數據，判別各樣品之不透明度是否有顯著差異(信賴水準95%)，並利用SigmaPlot軟體進行繪圖。

結果：

1. 由表3、圖19顯示，海藻膠薄膜(對照組)之不透明度109.06 (AU*nm)最高，表示透明性最差。
2. 生物分解保鮮膜、PE保鮮膜、PVC保鮮膜等三種市售商品，其不透明度依序為29.81、33.15、28.56 (AU*nm)，其不透明度較低，代表透明性較佳。

3. 經統計分析得知，三種市售保鮮膜之不透明度，沒有顯著差異(信賴水準95%)；自製新型保鮮膜、市售保鮮膜、海藻膠薄膜(對照組)三類樣品之不透明度，彼此間則有顯著差異(信賴水準95%)。

表3. 各種保鮮膜之不透明度

保鮮膜	不透明度 (AU*nm)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
A.自製新型保鮮膜	59.65	59.08	59.20	59.31 ^b	0.30
B.市售生物分解保鮮膜	26.40	26.40	36.62	29.81 ^c	5.90
C.市售PE保鮮膜	36.46	34.80	28.20	33.15 ^c	4.37
D.市售PVC保鮮膜	32.87	26.40	26.40	28.56 ^c	3.73
E.海藻膠薄膜(對照組)	109.49	108.93	108.75	109.06 ^a	0.39

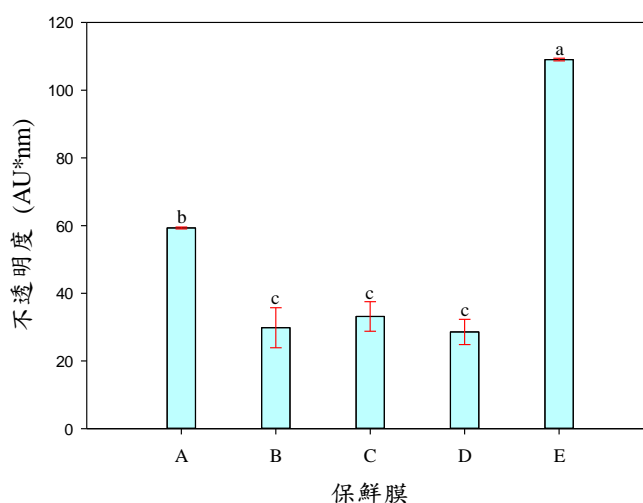


圖 19. 各種保鮮膜之不透明度

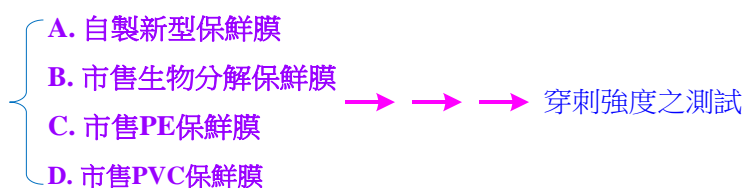
(※ A:自製新型保鮮膜、B:市售生物分解保鮮膜、C:市售PE保鮮膜、D:市售PVC保鮮膜、E:海藻膠薄膜(對照組))

討論：

1. 不透明度檢測數值越低，代表透明度愈佳。因為海藻膠薄膜(對照組)未添加甘油，所以薄膜不透明度明顯最高，亦即透明度最差。
2. 「自製新型保鮮膜」不透明度檢測數值，雖然高於三種市售保鮮膜商品，但僅以肉眼觀察，其透明度仍然很好，本研究「自製新型保鮮膜」其透明性已初步達到商品化之水準了。

【實驗 C2】保鮮膜穿刺強度之測試

前言：本實驗依 CNS 之檢測標準，擬將各種保鮮膜進行穿刺強度測試，評估自製新型保鮮膜之強度是否具備實用價值。



步驟：

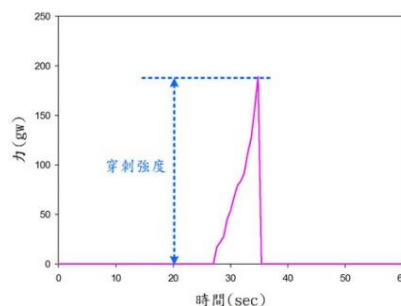
1. 實驗變因：A.自製新型保鮮膜、B.市售生物分解保鮮膜、C.市售PE保鮮膜、D.市售PVC保鮮膜。
2. 採中華民國國家標準(CNS 10481, Z5131)檢測法⁽¹⁵⁾，進行保鮮膜樣品穿刺強度之檢測。

3. 自製物性測定儀：將推拉力計安裝在 CNC 雕銑機 Z 軸移動的方向上（可精準控制上下動作，精密度 $\pm 0.01\text{mm}$ ）。撰寫控制 Z 軸移動的程式，使推拉力計能在 Z 軸方向上下精準移動。推拉力計連接到電腦，將受力的數據資料傳輸到電腦中，如圖 20A 所示。
4. 將樣品裁切適合尺寸，置於不鏽鋼板上，並以夾具均勻施力固定，推拉力計連接到電腦，安裝測定針(直徑 1mm 的球形探頭)，設定 0.8mm/秒之速度穿刺，執行控制程式，對樣品垂直進行穿刺(圖 20-B、C)。



圖20. 以自製物性測定儀(CNC+推拉力計)進行穿刺試驗

5. 測試期間隨著時間變化，推拉力計同時產生力的變化，透過電腦擷取「時間-力」變化之數據。將測試得到「時間-力」變化圖形，進行數據分析後，得到測定針穿透薄膜時之最大應力值(波峰數值)，即為「穿刺強度」，如右圖所示。
6. 利用Excel、xlstat軟體統計分析數據，判別各樣品之穿刺強度是否有顯著差異(信賴水準95%)，並利用SigmaPlot軟體進行繪圖。



結果：

1. 採用我們自製的物性測定儀，進行各種保鮮膜穿刺強度測試，實際測試過程之連續影像，如圖 21 所示。

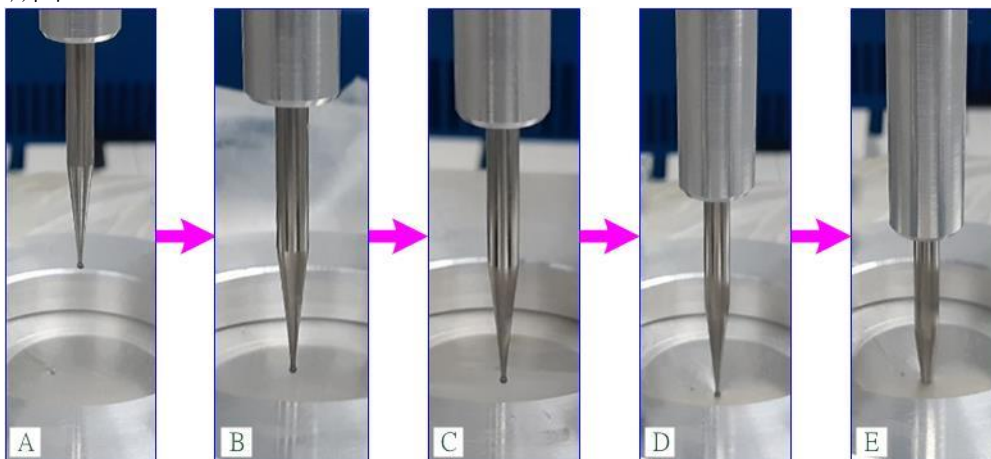


圖 21. 穿刺強度測試過程之連續影像

2. 藉由自製物性測定儀所測得之時間與力之關係圖，如圖 22 所示，我們初步得知，自製新型保鮮膜、市售 PVC 保鮮膜二者之波峰(最大應力值)較高；而市售生物分解保鮮膜、市售 PE 保鮮膜二者之最大應力值較低。
3. 由表 4、圖 23 顯示，自製新型保鮮膜、市售 PVC 保鮮膜二者之穿刺強度較大；而市售生物分解保鮮膜、市售 PE 保鮮膜二者之穿刺強度較小。
4. 經統計分析得知，自製新型保鮮膜、市售 PVC 保鮮膜二者之穿刺強度，並沒有顯著差異(信賴水準 95%)；而市售生物分解保鮮膜、市售 PE 保鮮膜二者之穿刺強度，也沒有顯著差異(信賴水準 95%)。

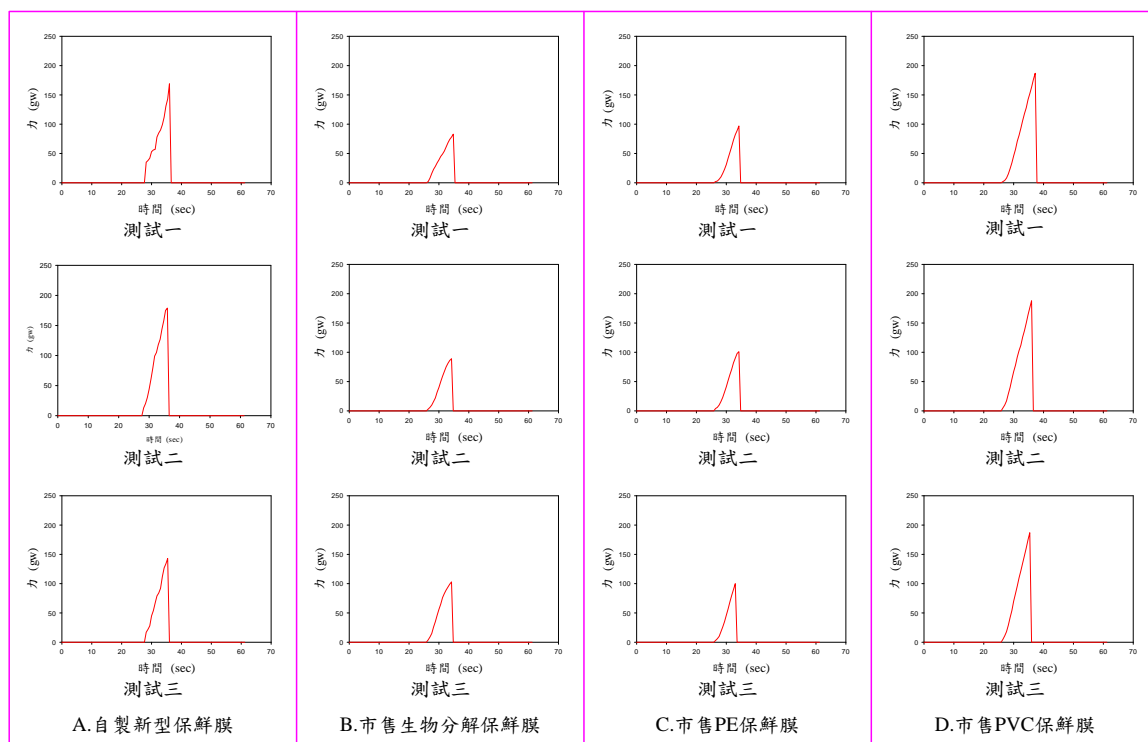


圖22. 各種保鲜膜穿刺強度之測試 (時間與力之關係圖)

(※ A:自製新型保鲜膜、B:市售生物分解保鲜膜、C:市售PE保鲜膜、D:市售PVC保鲜膜)

表 4. 各種保鲜膜穿刺強度之測試

保鲜膜	力 (gw)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
A.自製新型保鲜膜	137	169	179	161 ^a	21.94
B.市售生物分解保鲜膜	103	83	89	91 ^b	10.26
C.市售PE 保鲜膜	97	101	100	99 ^b	2.08
D.市售PVC 保鲜膜	187	188	187	187 ^a	0.58

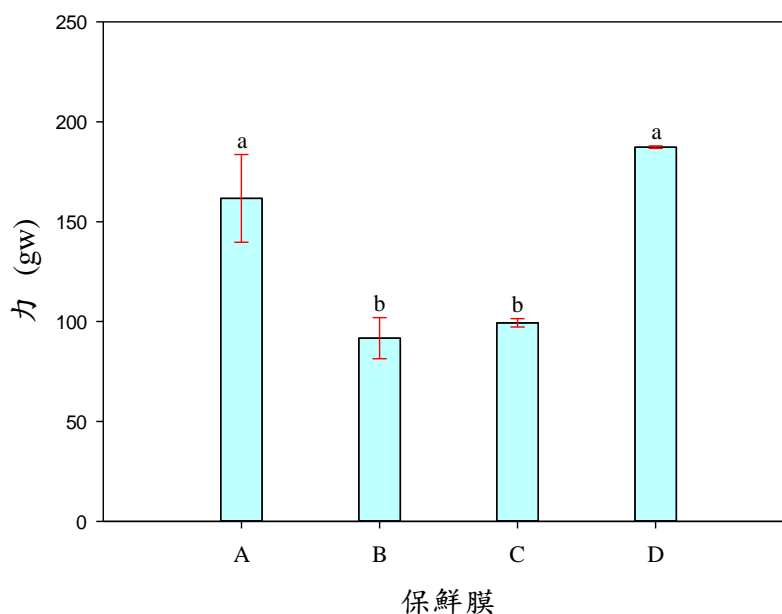


圖23. 各種保鲜膜穿刺強度之測試

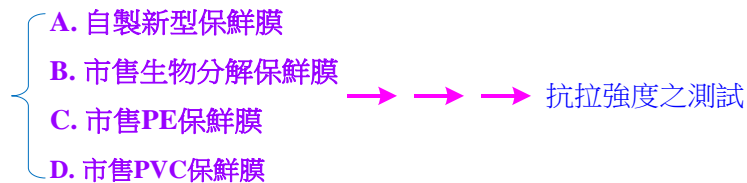
討論：

1. 聚氯乙烯(PVC)是 5 大泛用塑膠(PE、PVC、PP、PS、ABS)中唯一的含氯塑膠，PVC 如果沒有添加塑化劑，其質地較硬，因此添加塑化劑改變其柔軟度。但 **PVC 保鮮膜含塑化劑，黏性雖好，微波或包裝食物時卻容易溶出，焚化時可能產生戴奧辛**。環保署曾擬訂公布禁止 PVC 及 PVDC 保鮮膜製造、輸入，並禁止零售販賣之草案。⁽¹⁸⁾
2. 目前市面上最普遍的保鮮膜是 PE 保鮮膜，而「自製新型保鮮膜」之穿刺強度明顯高於市售 PE 保鮮膜，經統計分析得知二者之穿刺強度，確實有顯著差異(信賴水準 95%)，這表示「自製新型保鮮膜」之強度已達到商品之水準。

【實驗 C3】保鮮膜抗拉強度之測試

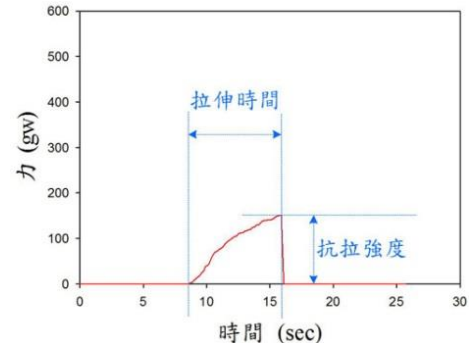
前言：

本實驗依 CNS 之檢測標準，擬將各種保鮮膜進行抗拉強度測試，評估自製新型保鮮膜之強度是否具備實用價值。



步驟：

1. 實驗變因：A.自製新型保鮮膜、B.市售生物分解保鮮膜、C.市售PE保鮮膜、D.市售PVC保鮮膜。
2. 採中華民國國家標準(CNS 10481, Z5131)檢測法⁽¹⁵⁾，進行保鮮膜樣品抗拉強度之檢測。
3. 將樣品裁切適合尺寸，固定於夾具之間進行抗拉強度測試(圖 24-A)。
4. 推拉力計連接到電腦，夾具初始距離 50mm，**拉伸速度**設定 200(mm/分鐘)向上(圖 24-B、C、D)，執行控制程式啟動測試，施加抗拉應力，直到樣品斷裂(圖 24-E)。
5. 測試期間隨著時間變化，推拉力計同時產生力的變化，透過電腦擷取「時間-力」變化之數據，抗拉應力最大值(波峰數值)，即為「**抗拉強度**」，另計算保鮮膜樣品之**拉伸長度=拉伸速度×拉伸時間**，如右圖所示。
6. 利用Excel、xlstat軟體統計分析數據，判別各樣品之「**抗拉強度**」、「**拉伸長度**」是否有顯著差異(信賴水準95%)，並利用SigmaPlot軟體進行繪圖。



結果：

1. 採用我們自製的物性測定儀，進行各種保鮮膜樣品抗拉強度測試，實際測試過程之連續影像，如圖 21 所示。

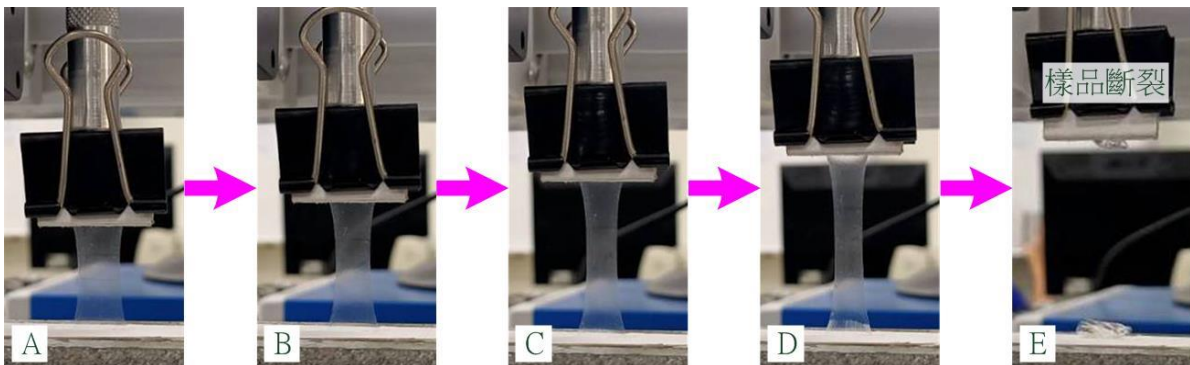


圖 24. 抗拉強度測試過程之連續影像

2. 藉由自製物性測定儀所測得之時間與力之關係圖，如圖 25 所示，我們初步得知，波峰高度(最大應力值)，由大而小依序為：市售 PVC 保鮮膜、市售生物分解保鮮膜、市售 PE 保鮮膜、自製新型保鮮膜。

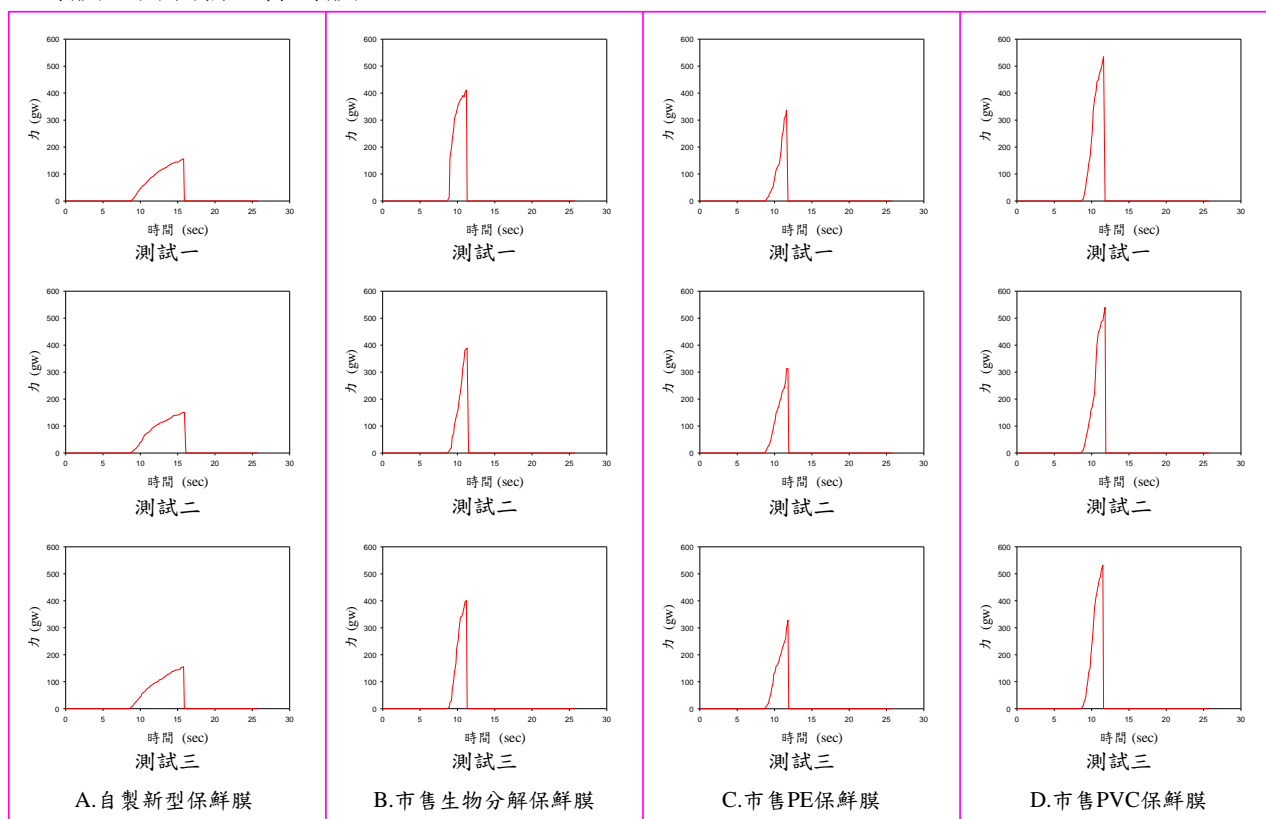


圖 25. 各種保鮮膜抗拉強度測試

(※ A:自製新型保鮮膜、B:市售生物分解保鮮膜、C:市售PE保鮮膜、D:市售PVC保鮮膜)

3. 由表 5、圖 26 顯示，市售 PVC 保鮮膜之抗拉強度最大；而自製新型保鮮膜之抗拉強度最小。經統計分析得知，自製新型保鮮膜、市售生物分解保鮮膜、市售 PE 保鮮膜、市售 PVC 保鮮膜等之抗拉強度，都有顯著差異(信賴水準 95%)。
4. 由表 6、圖 27 顯示，經統計分析得知，自製新型保鮮膜、市售生物分解保鮮膜、市售 PE 保鮮膜、市售 PVC 保鮮膜等之拉伸長度，都沒有顯著差異(信賴水準 95%)。

表 5. 各種保鮮膜之抗拉強度

保鮮膜	力 (gw)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
A.自製新型保鮮膜	156	151	155	154 ^d	3
B.市售生物分解保鮮膜	412	390	401	401 ^b	11
C.市售 PE 保鮮膜	337	314	328	326 ^c	12
D.市售 PVC 保鮮膜	535	540	532	536 ^a	4

表 6. 各種保鮮膜之拉伸長度

保鮮膜	長度 (mm)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
A.自製新型保鮮膜	29.67	33.67	31.16	31.50 ^a	2.02
B.市售生物分解保鮮膜	29.67	23.67	25.67	26.33 ^a	3.06
C.市售 PE 保鮮膜	19.67	19.67	24.00	21.11 ^a	2.50
D.市售 PVC 保鮮膜	21.67	26.33	45.33	31.11 ^a	12.54

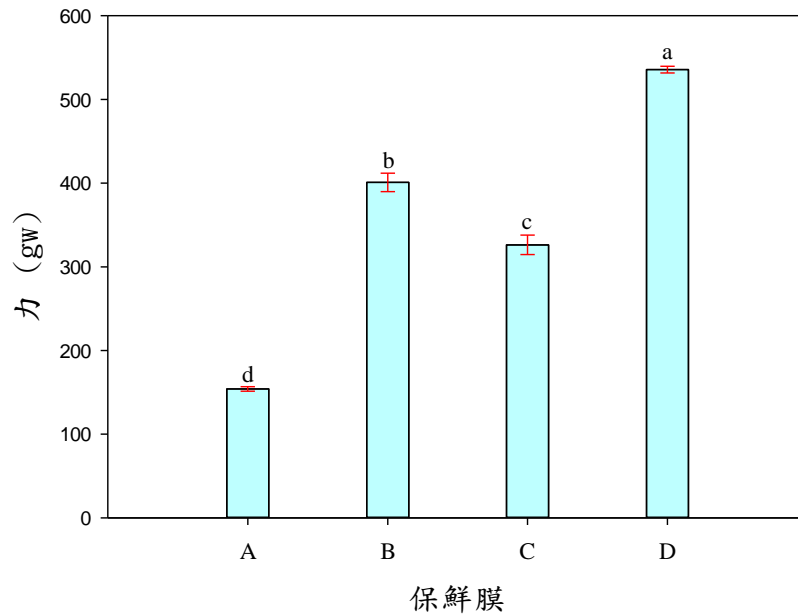


圖 26. 各種保鲜膜之抗拉強度

(※ A:自製新型保鲜膜、B:市售生物分解保鲜膜、C:市售PE保鲜膜、D:市售PVC保鲜膜)

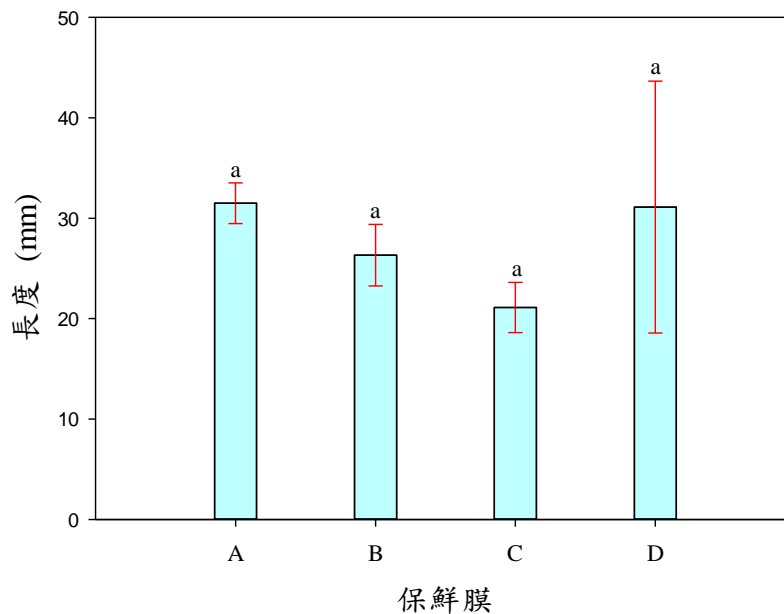


圖 27. 各種保鲜膜之拉伸長度

(※ A:自製新型保鲜膜、B:市售生物分解保鲜膜、C:市售PE保鲜膜、D:市售PVC保鲜膜)

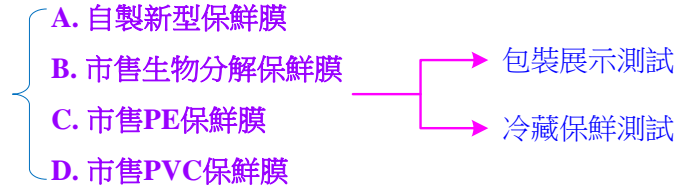
討論：

1. 由本實驗證明，市售 PVC 保鲜膜之抗拉強度最佳，但由環境保護署毒物及化學物質局所發布資料得知，PVC 保鲜膜具有較不容易破、黏性較好、透明度佳等優勢，所以大賣場中販售的生鮮蔬果或肉類，通常使用 PVC 保鲜膜來包裝。雖然 PVC 有諸多優勢，但是考量食品安全、環保議題，禁用 PVC 保鲜膜仍是未來的趨勢⁽¹⁸⁾。
2. 由本實驗結果得知，「自製新型保鲜膜」與三種市售保鲜膜之拉伸長度相近，經統計分析得知四者之拉伸長度並沒有顯著差異(信賴水準 95%)，這表示「自製新型保鲜膜」之拉伸長度也具備商品化之水準。

D、新型保鮮膜之實測

【實驗 D1】新型保鮮膜冷藏保鮮之測試

前言：以保鮮膜包裝蔬果食材，主要目的是為了防止水分散失，確保蔬果維持在新鮮狀態；若未包裝「裸賣」，則蔬果食材恐有衛生安全之隱憂。因此，本實驗擬以各種保鮮膜包裝蔬果，進行視覺差異及冷藏保鮮之實際測試。



步驟：

1. 實驗變因：A.自製新型保鮮膜、B.市售生物分解保鮮膜、C.市售PE保鮮膜、D.市售PVC保鮮膜。
2. 包裝展示測試：將新鮮蔬果平均分配至容器內，分別以自製新型保鮮膜、市售生物分解保鮮膜、市售PE保鮮膜、市售PVC保鮮膜進行包裝展示測試，觀察拍攝其包裝展示效果，並進行視覺差異之比較。
3. 冷藏保鮮測試：選用新鮮蔬菜平均分配至容器內，分別以自製新型保鮮膜、市售生物分解保鮮膜、市售PE保鮮膜、市售PVC保鮮膜包覆容器，並以未包覆保鮮膜作為對照組，將樣品置入冰箱室中冷藏24小時，觀察拍攝其冷藏前後蔬菜外觀之變化。

結果：

1. 包裝展示測試：以「自製新型保鮮膜」包裝新鮮蔬果，肉眼觀察市售生物分解保鮮膜、市售PE保鮮膜、市售PVC保鮮膜包裝，視覺效果相似，使用肉眼難以分辨其差異。

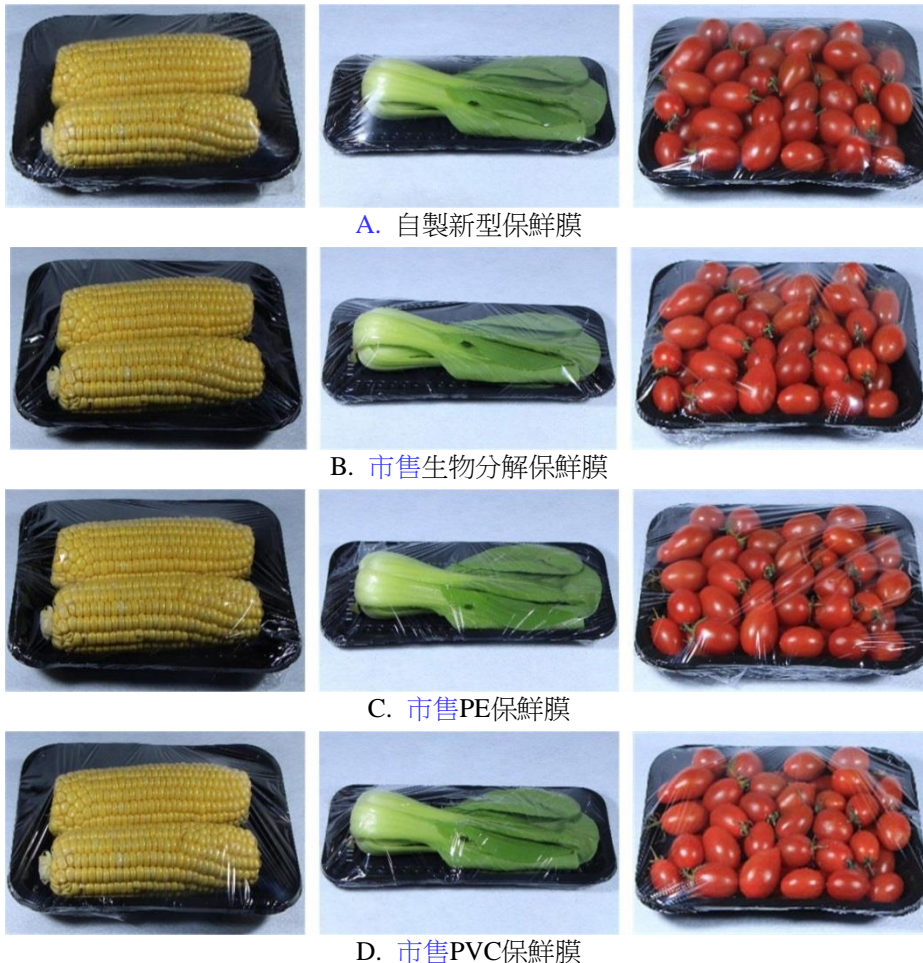


圖 28. 各種保鮮膜包裝展示測試

2. **冷藏保鮮測試**：蔬菜樣品經24小時冷藏之後，未包覆保鮮膜的蔬菜，葉片明顯萎縮，但「自製新型保鮮膜」或各種市售保鮮膜包覆蔬菜，葉片沒有萎縮現象，冷藏保鮮效果令人滿意。

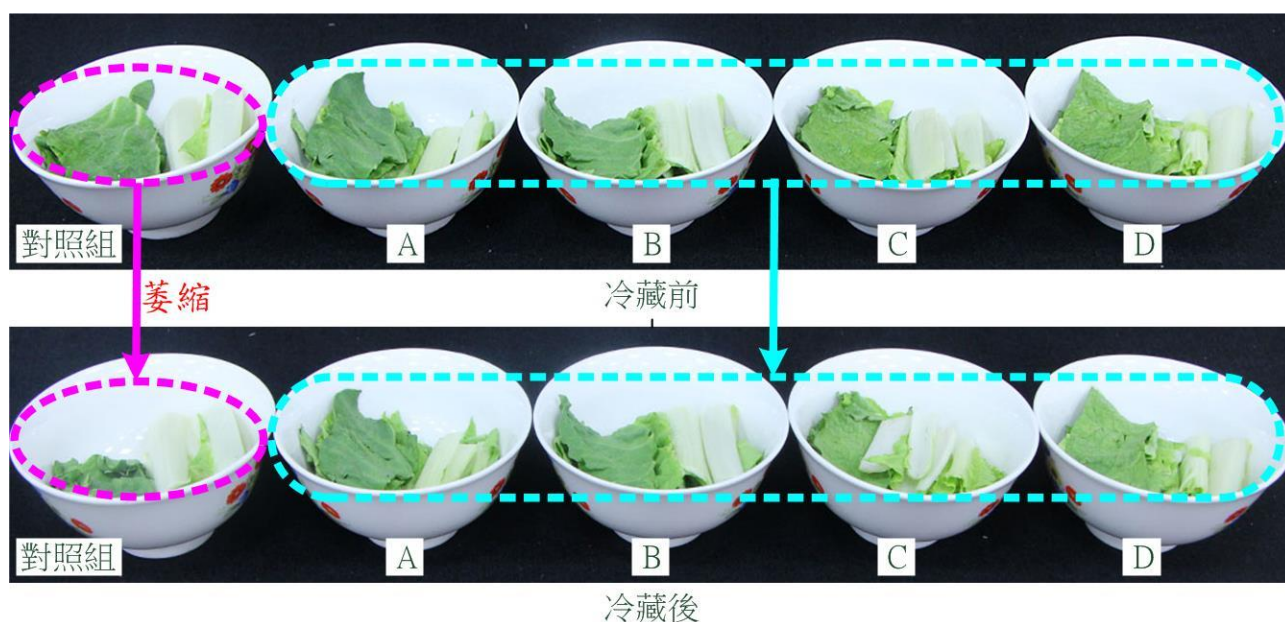


圖 29. 各種保鮮膜冷藏保鮮測試

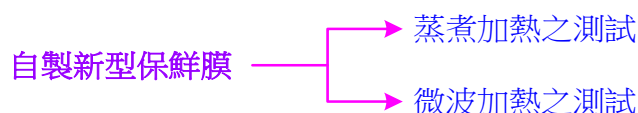
(※ A:自製新型保鮮膜、B:市售生物分解保鮮膜、C:市售PE保鮮膜、D:市售PVC保鮮膜)

討論：

1. 在實際包裝應用上，「自製新型保鮮膜」與各種市售保鮮膜極相似，同樣具備食材包裝的功能，其包裝視覺效果甚佳，使用肉眼難以分辨其差異。
2. 本實驗使用「自製新型保鮮膜」、各種市售保鮮膜進行冷藏保鮮測試，包覆蔬菜經24小時低溫冷藏後，證明「自製新型保鮮膜」與各種市售保鮮膜一樣，呈現令人滿意的冷藏保鮮效果。

【實驗 D2】新型保鮮膜微波蒸煮之測試

前言：食品中的塑化劑可能會經由食品外包裝、保鮮膜之塑膠包材或容器滲出而污染食物；在微波、蒸煮、加熱、盛裝油脂含量較高的食物時，更易滲出污染食物。因此，本實驗擬使用「自製新型保鮮膜」進行微波蒸煮加熱測試，驗證是否具備微波蒸煮加熱之實用價值。



步驟：

1. **蒸煮加熱測試**：將預備蒸煮加熱的肉品至容器內，以「自製新型保鮮膜」緊密包覆於容器上，利用電鍋進行蒸煮加熱，外鍋加一杯水按下開關蒸煮，電鍋跳到保溫時，將樣品取出觀察「自製新型保鮮膜」之變化情形。
2. **微波加熱測試**：準備好預備超商便當，以「自製新型保鮮膜」緊密包覆於便當容器上，利用微波爐進行加熱，開始加熱3分鐘後，將樣品取出觀察「自製新型保鮮膜」之變化情形。

結果：

1. 「自製新型保鮮膜」蒸煮加熱後，外觀相當完整(圖30)。



蒸煮加熱前 電鍋蒸煮加熱 蒸煮加熱後

圖30. 以「自製新型保鮮膜」包覆於容器上利用電鍋蒸煮加熱測試

2. 「自製新型保鮮膜」微波加熱後，外觀相當完整(圖31)。



微波加熱前 微波加熱中 微波加熱後

圖31. 以「自製新型保鮮膜」包覆於容器上進行微波加熱測試

討論：

1. 無論是蒸煮加熱、微波加熱處理食材，「自製新型保鮮膜」所具備的抗拉強度與拉伸長度，足以承受因加熱產生的高溫與壓力，經加熱處理後薄膜維持完整。
2. 市售保鮮膜都是採用塑料成份製作而成，最大缺點就是擔心保鮮膜因接觸油脂、加熱處理過程產生食安疑慮問題。本研究的「自製新型保鮮膜」，最大亮點就是完全沒有塑料成份，用來包裝蔬果、肉類、微波食品...等食材，完全沒有食安疑慮。

【實驗 D3】新型保鮮膜貯藏性之測試

前言：本實驗擬針對「自製新型保鮮膜」進行水分含量、水活性之測試，希望能初步評估「自製新型保鮮膜」是否具備良好的貯藏性。



步驟：

1. 實驗變因：乾燥後時間(1小時、1天、1週)。
2. 採用經濟部標準檢驗局中華民國國家標準(CNS5033 N6114)食品中水分檢驗方法-常壓乾燥法。
3. 將秤量瓶洗淨乾燥制恆重，精確秤取2克重樣品置於稱量瓶中，放在110°C烘箱中乾燥2小時後，取出乾燥器中放冷、秤量，直至恆量為止。
4. 計算水分含量：

$$\text{水分(\%)} = \frac{(b - c)}{(b - a)} \times 100\%$$

a：稱量瓶之重量(g)

b：稱量瓶加檢體之重量(g)

c：稱量瓶加檢體乾燥制恆量之重量(g)

結果：

1. 由表7、圖32顯示，隨著新型保鮮膜乾燥後放置時間遞增；新型保鮮膜之水分含量呈現遞減之趨勢。

表 7. 新型保鮮膜之水分含量變化情形

保鮮膜	水分含量 (%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
乾燥後 1 小時	28.73	28.56	29.12	28.80 ^a	0.23
乾燥後 1 天	27.81	26.81	25.83	26.82 ^b	0.81
乾燥後 1 週	19.97	20.22	20.95	20.38 ^c	0.41

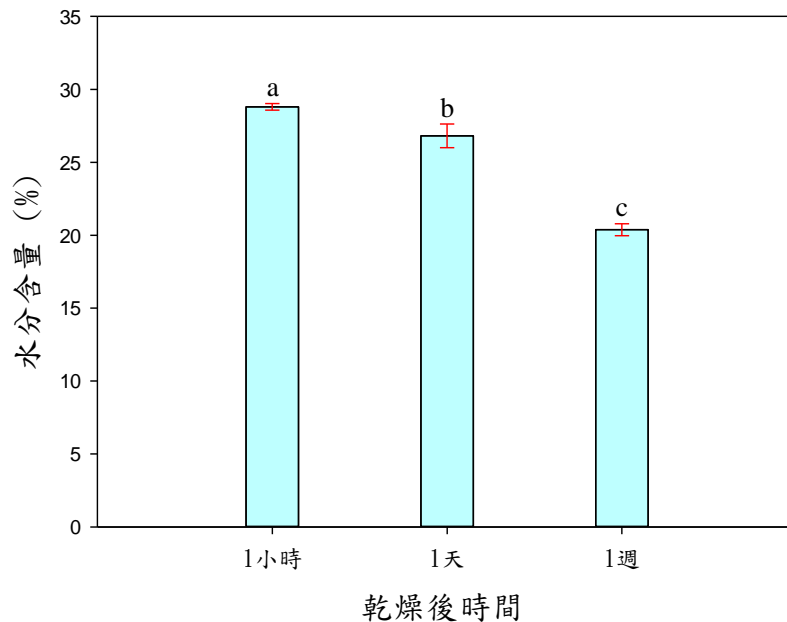


圖 32. 新型保鮮膜之水分含量變化情形

2. 由表8、圖33顯示，隨著新型保鮮膜乾燥後放置時間遞增；新型保鮮膜之水活性呈現遞減之趨勢。

表 8. 新型保鮮膜之水活性變化情形

保鮮膜	水活性				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
A.乾燥後 1 小時	0.532	0.534	0.529	0.532 ^a	0.002
B.乾燥後 1 天	0.508	0.506	0.502	0.505 ^b	0.002
C.乾燥後 1 週	0.459	0.463	0.462	0.461 ^c	0.002

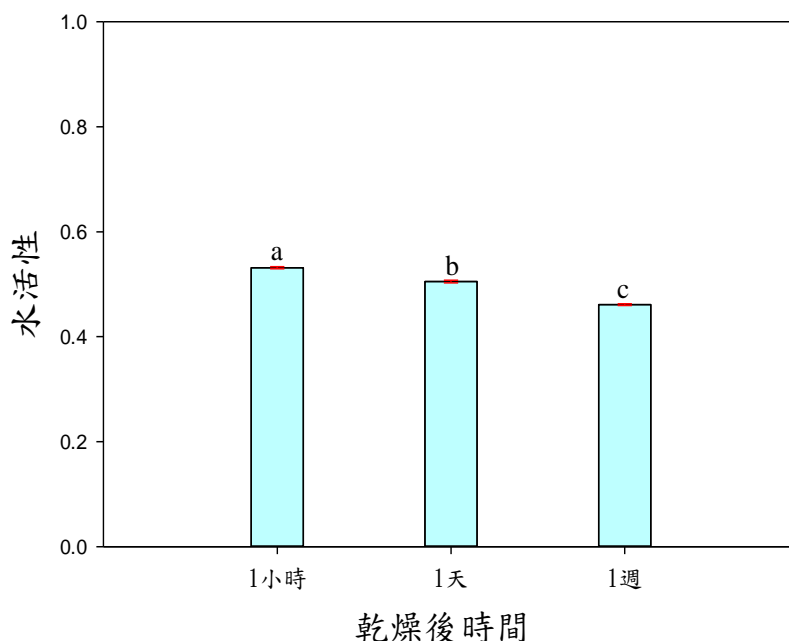


圖 33. 新型保鮮膜之水活性變化情形

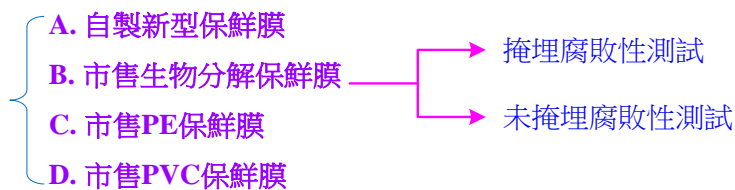
討論：

1. 新型保鮮膜乾燥後1小時之水分含量為28.80%、水活性為0.532；乾燥後放置1週之水分含量為20.38%、水活性為0.461，水活性值都遠小於0.6，隨著新型保鮮膜乾燥後放置時間遞增，水分含量、水活性並沒有呈現遞增之趨勢，反而呈現遞減之趨勢，如此現象，有利於提升其貯藏性。
2. 由相關資料⁽⁹⁾佐證，水活性小於0.6可以阻絕各種微生物生長，因此，「新型保鮮膜」具有相當好的貯藏性。

【實驗 D4】新型保鮮膜腐敗性之測試

前言：

本實驗擬將「自製新型保鮮膜」與市售生物分解保鮮膜、PE 保鮮膜、PVC 保鮮膜進行腐敗性測試比較，希望能驗證「自製新型保鮮膜」是一種更環保、更易腐敗分解的保鮮膜。



步驟：

1. 實驗變因：A.自製新型保鮮膜、B.市售生物分解保鮮膜、C.市售PE保鮮膜、D.市售PVC保鮮膜。
2. 將自製新型保鮮膜、市售生物分解保鮮膜、市售PE保鮮膜、市售PVC保鮮膜，分為掩埋腐敗性測試、未掩埋腐敗性測試等二組樣品，進行保鮮膜腐敗性測試。
3. (1) **掩埋腐敗性測試**：四種保鮮膜以土壤覆蓋掩埋，經 3 週掩埋測試後，觀察並拍攝腐敗分解變化情形。
(2) **未掩埋腐敗性測試**：四種保鮮膜平鋪在土壤地面上，未覆蓋土壤掩埋，每天觀察並拍攝暴露在空氣中腐敗分解變化情形。

結果：

1. **掩埋腐敗性測試**：市售生物分解保鮮膜、市售PE保鮮膜、市售PVC保鮮膜等三者皆有些微破損，但外觀大致完整，腐敗現象並不明顯；而「自製新型保鮮膜」則無法以肉眼辨識出保鮮膜殘跡，如圖34所示。

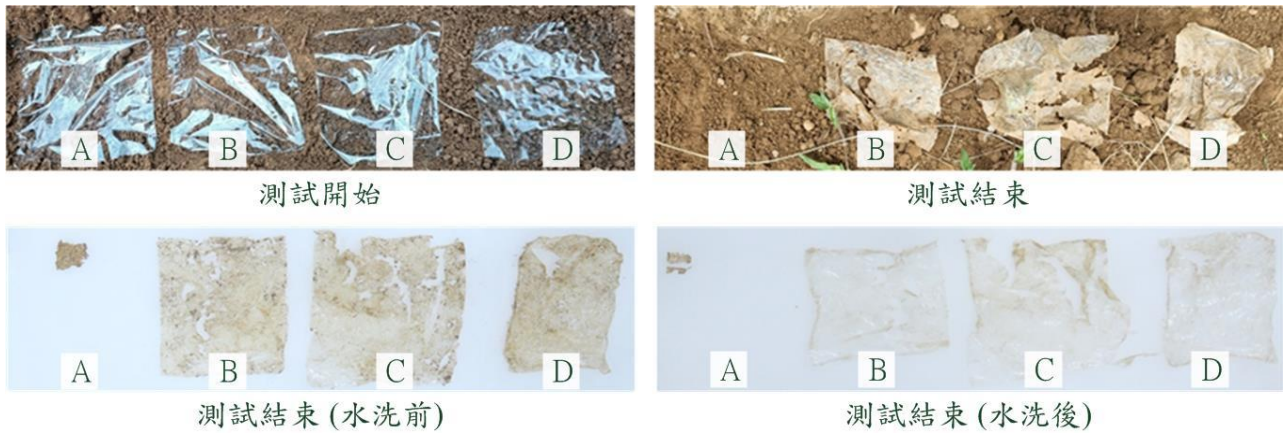


圖 34. 各種保鲜膜腐敗性測試之變化情形 (掩埋組)

(※ A:自製新型保鲜膜、B:市售生物分解保鲜膜、C:市售PE保鲜膜、D:市售PVC保鲜膜)

2. **未掩埋腐敗性測試：**市售生物分解保鲜膜、市售PE保鲜膜、市售PVC保鲜膜等三者皆有些微破損，但外觀大致完整，腐敗現象並不明顯；而「自製新型保鲜膜」僅殘存少許保鲜膜腐敗碎片，如圖35所示。

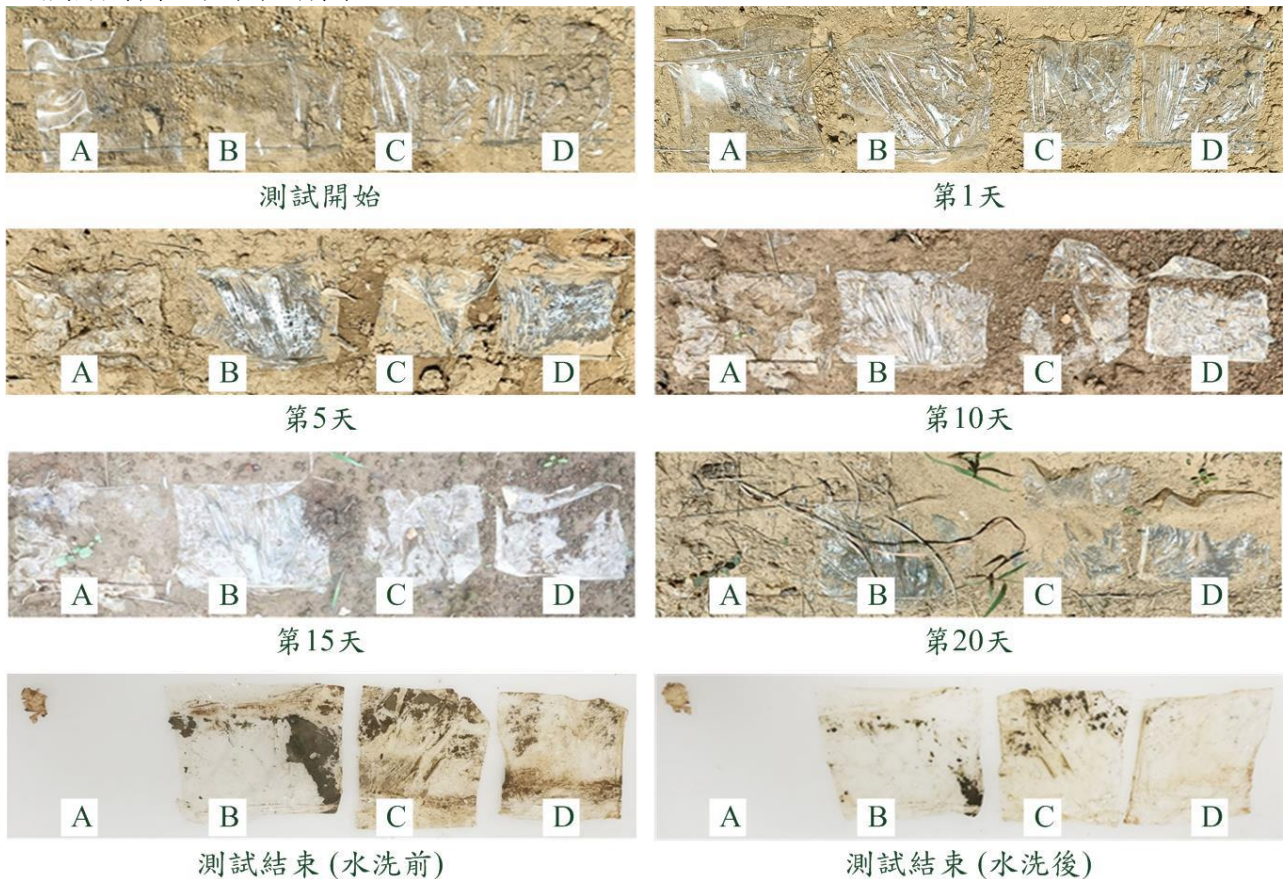


圖 35. 各種保鲜膜腐敗性測試之變化情形 (未掩埋組)

(※ A:自製新型保鲜膜、B:市售生物分解保鲜膜、C:市售PE保鲜膜、D:市售PVC保鲜膜)

討論：

1. 本實驗經3週掩埋測試，證明「自製新型保鲜膜」之腐敗性甚佳，其環保特性遠優於市售三種商品(生物分解保鲜膜、PE保鲜膜、PVC保鲜膜)，是一種對環境十分友善的環保材質。
2. 本研究所採用的生物分解保鲜膜，主要材質是低密度PE，並添加分解粒子。但經3週掩埋測試後，其腐敗性並不理想，許多標榜可分解塑膠認證之產品，其實需要在高溫高濕環境下，才可能在90天內分解完畢。
3. 市面上許多商品標榜「生物可分解」的塑膠袋，主要材質通常都是PE，其實並非真正「分

解」，只是「裂解」成塑膠微粒，反而造成生態環境之危害。更可怕的是，塑膠微粒可能經由食物鏈，層層進入大型生物體，最後進到人體中，所以逐步實施禁塑政策，已經是全球未來的環保潮流。

肆、研究結論

一、實驗結論

A、非塑料薄膜之製作

【實驗 A1】糯米紙薄膜之製作

無論是糊液濃度高低，各種糯米紙薄膜在裁切過程中，極易碎裂，只有15%糯米糊液所製作的糯米紙薄膜，脫模裁切後外觀較為完整。

【實驗 A2】糯米紙薄膜之改良

添加甘油、醋酸所製作的改良型糯米紙薄膜，質地較軟，具可撓性，裁切後外觀完整，不易碎裂，確實可提升商品價值。

【實驗 A3】海藻膠薄膜之製作

成功研發出全新的製作流程：採用不鏽鋼平板，提供薄膜適當之附著力，搭配微噴技術提供適量鈣離子，達到防止薄膜急速凝膠收縮、控制薄膜凝膠厚度之目的，建立一套全新的成型模式來製作保鮮膜。

由本實驗證明，採用2%的海藻膠糊液，所製作的海藻膠薄膜，與糯米紙薄膜相比，其透明度較好，質地稍偏硬，裁切後薄膜可維持完整外觀，但增加適當外力，仍易出現碎裂，因此，還有改良空間。

【實驗 A4】海藻膠薄膜之改良

「改良型海藻膠薄膜」是以海藻膠為主原料，添加甘油、醋酸所製作而成，薄膜之特性得到更好的改良，所添加的「甘油、醋酸」是關鍵成分。「改良型海藻膠薄膜」具有很好的可撓性、拉伸性，而且薄膜之透明度、黏度近似市售保鮮膜，具有實際應用之價值。

B、薄膜關鍵成分之探討

【實驗 B1】甘油對糊液黏度之影響

以肉眼觀察各種樣品糊液之外觀，並沒有明顯差異，但隨著甘油添加量遞增，糊液黏度呈現些微遞減之趨勢。由本實驗證明，甘油可視為一種塑化劑，我們可以利用甘油來調整糊液的流動性或軟硬度，進而改變薄膜之物理特性。

【實驗 B2】甘油對薄膜性質之影響

由本實驗證明，甘油是影響可塑性之重要關鍵，添加甘油，可使薄膜的透明性、拉伸性、柔軟性增加。但隨著甘油添加量遞增，薄膜之質地也逐漸變得較柔軟，薄膜之強度、厚度也同時逐漸降低。由本實驗得知，添加2%甘油是較適比例。

【實驗 B3】醋酸對糊液黏度之影響

隨著醋酸添加量遞增，海藻膠糊液黏度呈現微幅遞增之趨勢；當醋酸添加量達到某臨界值之後，對海藻膠糊液之黏度影響極大。甘油與醋酸這兩種關鍵成分，都會影響糊液之黏度，尤其是醋酸的添加量，對糊液黏度之影響更加顯著。因此，藉由調整甘油與醋酸之添加比例，可有效控制糊液的流動性或軟硬度。

【實驗 B4】醋酸對薄膜性質之影響

以2%的海藻膠糊液100ml，添加甘油2g、醋酸1.5g之配方比例來製作薄膜，採用此配方所

製作之薄膜，其透明性、黏性、柔軟性、拉伸性等性質，與市售保鮮膜較相似，已具有保鮮膜之實用性，本研究定義此薄膜為「自製新型保鮮膜」。

C、保鮮膜物性之探討

【實驗 C1】保鮮膜不透明度之測試

「自製新型保鮮膜」不透明度檢測數值，雖然高於三種市售保鮮膜商品，但僅以肉眼觀察，「自製新型保鮮膜」其透明度仍然很好，已初步達到商品化之水準。

【實驗 C2】保鮮膜穿刺強度之測試

「自製新型保鮮膜」、市售 PVC 保鮮膜二者之穿刺強度較大；而市售生物分解保鮮膜、市售 PE 保鮮膜二者之穿刺強度較小。「自製新型保鮮膜」之強度更優於市面上最常見的 PE 保鮮膜。

【實驗 C3】保鮮膜抗拉強度之測試

市售 PVC 保鮮膜之抗拉強度最大；而自製新型保鮮膜之抗拉強度較小。「自製新型保鮮膜」與三種市售保鮮膜之拉伸長度相近，這表示「自製新型保鮮膜」拉伸性、拉伸長度已具有商品化之水準。

D、新型保鮮膜之實測

【實驗 D1】新型保鮮膜冷藏保鮮之測試

在實際包裝應用上，「自製新型保鮮膜」與各種市售保鮮膜極相似，同樣具備食材包裝的功能，其包裝視覺效果甚佳，使用肉眼難以分辨其差異。本實驗使用「自製新型保鮮膜」、各種市售保鮮膜進行冷藏保鮮測試，包覆蔬菜經24小時低溫冷藏後，證明「自製新型保鮮膜」與各種市售保鮮膜一樣，呈現令人滿意的冷藏保鮮效果。

【實驗 D2】新型保鮮膜微波蒸煮之測試

「自製新型保鮮膜」最大亮點就是完全沒有塑料成份，無論是蒸煮、微波加熱處理食材，其抗拉強度、拉伸長度，都足以承受因加熱產生的高溫與壓力。因「自製新型保鮮膜」不用擔心接觸油脂、加熱處理過程所產生之食安疑慮，可以十分安心的使用。

【實驗 D3】新型保鮮膜貯藏性之測試

隨著「自製新型保鮮膜」乾燥後放置時間遞增，水分含量、水活性並沒有呈現遞增之趨勢，反而呈現遞減之趨勢，如此現象，有利於提升其貯藏性。因水活性小於0.6可以阻絕各種微生物生長，所以「自製新型保鮮膜」具有相當好的貯藏性。

【實驗 D4】新型保鮮膜腐敗性之測試

本實驗經3週掩埋測試，證明「自製新型保鮮膜」之腐敗性甚佳，其環保特性遠優於市售三種商品(生物分解保鮮膜、PE保鮮膜、PVC保鮮膜)，是一種對環境十分友善的環保材質。

二、具體貢獻

- (一) 本研究成功研發出全新的製作流程，建立一套全新的成型模式來製作保鮮膜。
- (二) 本研究研發的「自製新型保鮮膜」，可以解決保鮮膜因接觸油脂或加熱處理，溶出塑化劑或有毒物質之食安疑慮。
- (三) 本研究研發的「自製新型保鮮膜」，是一種真正可以「分解」，對生態環境極為友善的新型環保薄膜。

伍、參考資料

1. Aonomus (2011) 。Chemistry Corner – Bioplastics 。 youtube 網站。
(<https://www.youtube.com/watch?v=L4wSPTxE9w8>)
2. Greenpeace 綠色和平 (2019)。超市要減塑，具體該做的 5 件事。
(<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/4396/>)
3. Senturk Parreidt, T.; Müller, K.; Schmid, M. (2018). Alginate-Based Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications. *Foods* 2018, 7, 170.
4. TVBS NEWS (2017)。保鮮膜覆蓋食物易溶出塑化劑吃下肚。youtube 網站。
(<https://www.youtube.com/watch?v=89LeYUqj56k>)
5. 方奕、邱翔澤、林俊維、李奕德、陳信叡 (2012)。神奇的糯米紙。中華民國第52屆中小學科學展覽會優勝作品。
6. 方柏翔(2015)。不同界面活性劑對糖質克弗爾多醣/小麥澱粉 可食膜物理性質的影響。國立中興大學 食品暨應用生物科技學系碩士學位論文。
7. 吳冠良 (2019)。市售加工食品中鄰苯二甲酸酯濃度調查與國人暴露風險評估研究。國立成功大學環境醫學研究所碩士學位論文。
8. 呂秀英(2011)。正確使用統計圖表呈現處理間比較台灣農業研究。台灣農業研究 60 (1) : p61– 71。
9. 林以真、林穎詩、張凱越 (2019)。擋不住的「吸」飲力—新型吸管之研發。中華民國第59屆中小學科學展覽會優勝作品。
10. 施韋慈、江伯源(2014)。以玉米澱粉與海藻酸鈉混合模式評估糊化及品質特性。農林學報 63(3): 163-173。
11. 陳佳飛 (2002)。食品容器及包裝用塑膠材質之塑化劑溶出研究。國立陽明大學環境衛生研究所碩士學位論文。
12. 黃玉鈴、蔡豐富、張修銘、王文良、江伯源 (2012)。海藻酸—"鈣鹽"—微膠囊成型性及粒子品質比較。農林學報，第 61 卷，第 02 期，185-202。
13. 黃柏菁、陳重羽、郭育良、李俊璋 (2010)。鄰苯二甲酸酯國人暴露及其健康效應。台灣醫學，14卷2期，P169– 180。
14. 經濟部標準檢驗局 (1984)。食品中水分之檢驗方法。中華民國國家標準(CNS5033 N6114)。
15. 經濟部標準檢驗局 (2011)。食品包裝用塑膠薄膜通則。中華民國國家標準(CNS 10481, Z5131)。
16. 衛生福利部 (2016)。食品器具、食品容器或包裝標示相關規定。衛生福利部公告，部授食字第1041304938號。
17. 環境保護署毒物及化學物質局 綜合規劃組 (2000)。PE保鮮膜可取代PVC 業者：努力改良。持久性有機污染物(POPs)資訊網站。
(<https://topic.epa.gov.tw/pops/cp-366-1499-CC74B-2.html>)
18. 環境保護署毒物及化學物質局 綜合規劃組 (2000)。戴奧辛之源 環署擬禁用PVC保鮮膜。持久性有機污染物(POPs)資訊網站。取自
(<https://topic.epa.gov.tw/pops/cp-68-1338-55173-2.html>)
19. 魏珮芯、吳建緯、王滋頌 (2016)。彩虹晶球 -鳳梨珍珠之研發。中華民國第56屆中小學科學展覽會優勝作品。

【評語】 052605

1. 本研究具有創新性，研究架構合理明確，與資源循環概念，有助於提升資源效益與環境保護的目的，整體研究品質佳，報告書內容架構完整，研究設計明確，工作內容清晰。
2. 作品以 2% 海藻膠糊液，添加 2% 甘油、1.5% 醋酸來製作「自製新型保鮮膜」，藉由不透明度、穿刺強度、抗拉強度、拉伸長度等物性測試，驗證其實際應用價值。
3. 應說明薄膜乾燥脫水後的均質狀況，厚度，是否有量化數據？是否有可重複使用的功能，應評估及對環境影響的改善成效？
4. 可加強了解以天然海藻糊液製造保鮮膜之相關原理與其未來在大量製造過程中可能遇到的問題，實驗設計考慮之因子周全，建議研究結果可再使用統計方法進行分析，討論部分佳建議可以再加強研究結果與文獻之討論比較。

摘要

本研究採用海藻膠糊液製作出薄膜，得知甘油、醋酸是關鍵成分，可控制糊液的流動性或軟硬度，2%海藻膠糊液，添加2%甘油、1.5%醋酸之配方比例來製作薄膜，本研究稱之「自製新型保鮮膜」，藉由不透明度、穿刺強度、抗拉強度、拉伸長度等物性測試，驗證「自製新型保鮮膜」初步具有商品化之水準。在實際應用上，「自製新型保鮮膜」包裝功能特性、包裝視覺效果甚佳，並具備優良的冷藏保鮮效果，而且不用擔心因保鮮膜接觸油脂、蒸煮或微波加熱處理所衍生的食安問題。「自製新型保鮮膜」之水活性值遠小於0.6，因此，常溫下具有相當好的貯藏性。最後，經3週掩埋測試，證明「自製新型保鮮膜」之腐敗性甚佳，是一種對環境十分友善的環保材質。

研究動機

- 目前人類使用塑膠十分氾濫，其中超市賣場等各大零售通路，充斥著許多過度包裝的商品，製造著大量的塑膠垃圾，超市減塑運動正在全球各地啟動，臺灣環保署也已經啟動限塑政策。國外超市賣場近年來，也興起一陣「裸賣」風，但食材缺乏包裝，既不保鮮，也可能因雙手接觸或灰塵而影響食品安全與衛生，尤其目前正值防疫非常時期，「裸賣」食材恐怕會有安全與衛生上的疑慮。若想要同時兼顧環保限塑與安全衛生，恐怕是一大難題，如圖1所示。
- 衛生福利部食品藥物管理署所公告「應標示之食品器具、食品容器或包裝品項」規定，產品材質如屬聚氯乙烯(PVC)或聚偏二氯乙烯(PVDC)，應註明使用於高油脂食品及高溫時，勿與食品直接接觸或等同意義之警語。因此，使用PVC或PVDC這類保鮮膜接觸油脂食材，或蒸煮微波加熱處理，恐怕會有食品安全上之疑慮，如圖2所示。



圖1. 環保限塑與安全衛生之抉擇

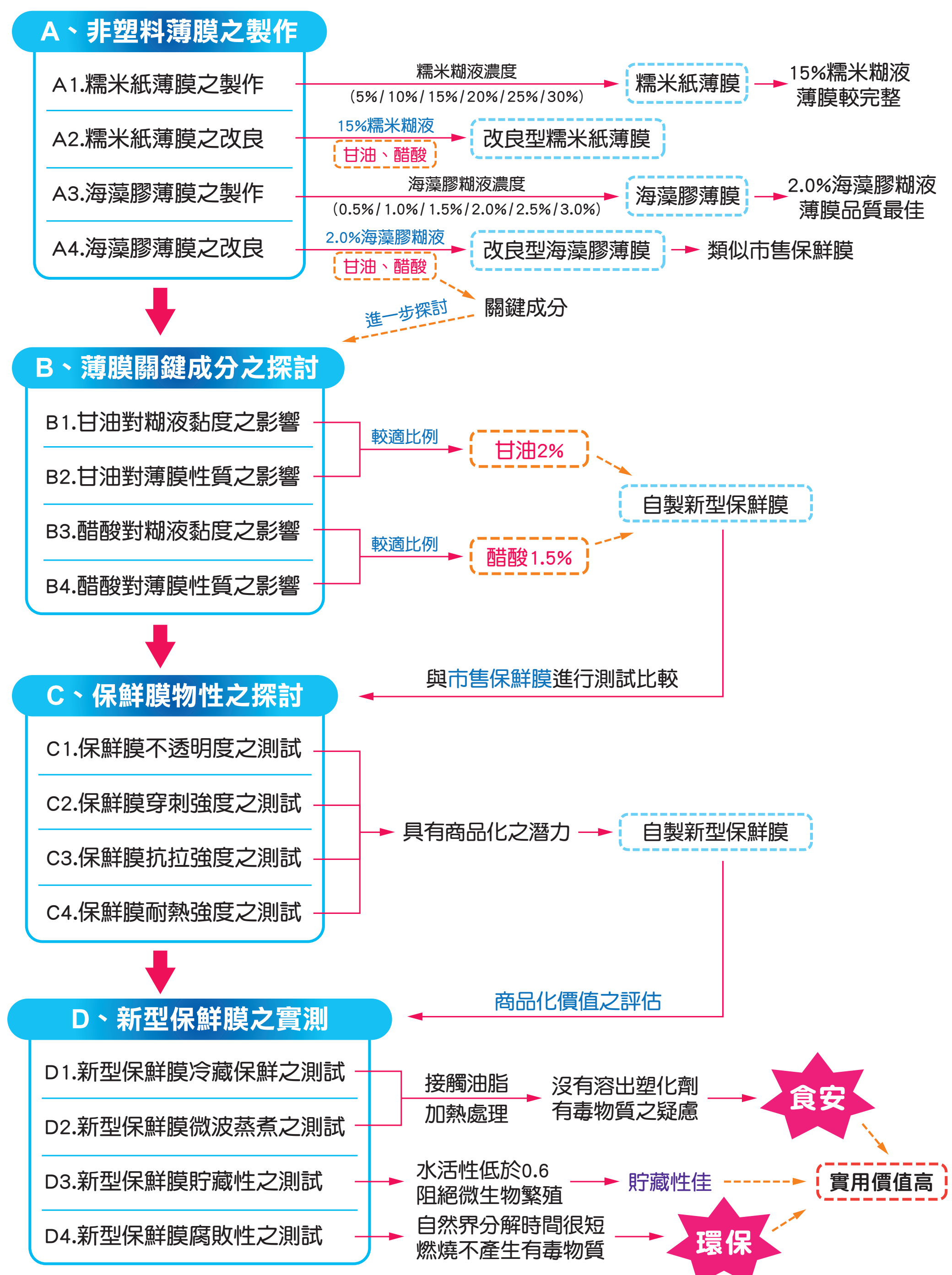


圖2. 保鮮膜接觸油脂或加熱有食安疑慮

研究目的

- 希望研發出全新的製作流程，建立一套全新的成型模式來製作保鮮膜。
- 希望解決保鮮膜因接觸油脂或加熱處理，溶出塑化劑或有毒物質之食安疑慮。
- 希望研發出一種真正可以「分解」，對生態環境極為友善的新型環保薄膜。

研究架構



研究方法

A、非塑料薄膜之製作

【實驗A1】糯米紙薄膜之製作

- 本實驗希望能藉由糯米紙之製作過程，初步瞭解此種傳統的糯米紙薄膜之特性。

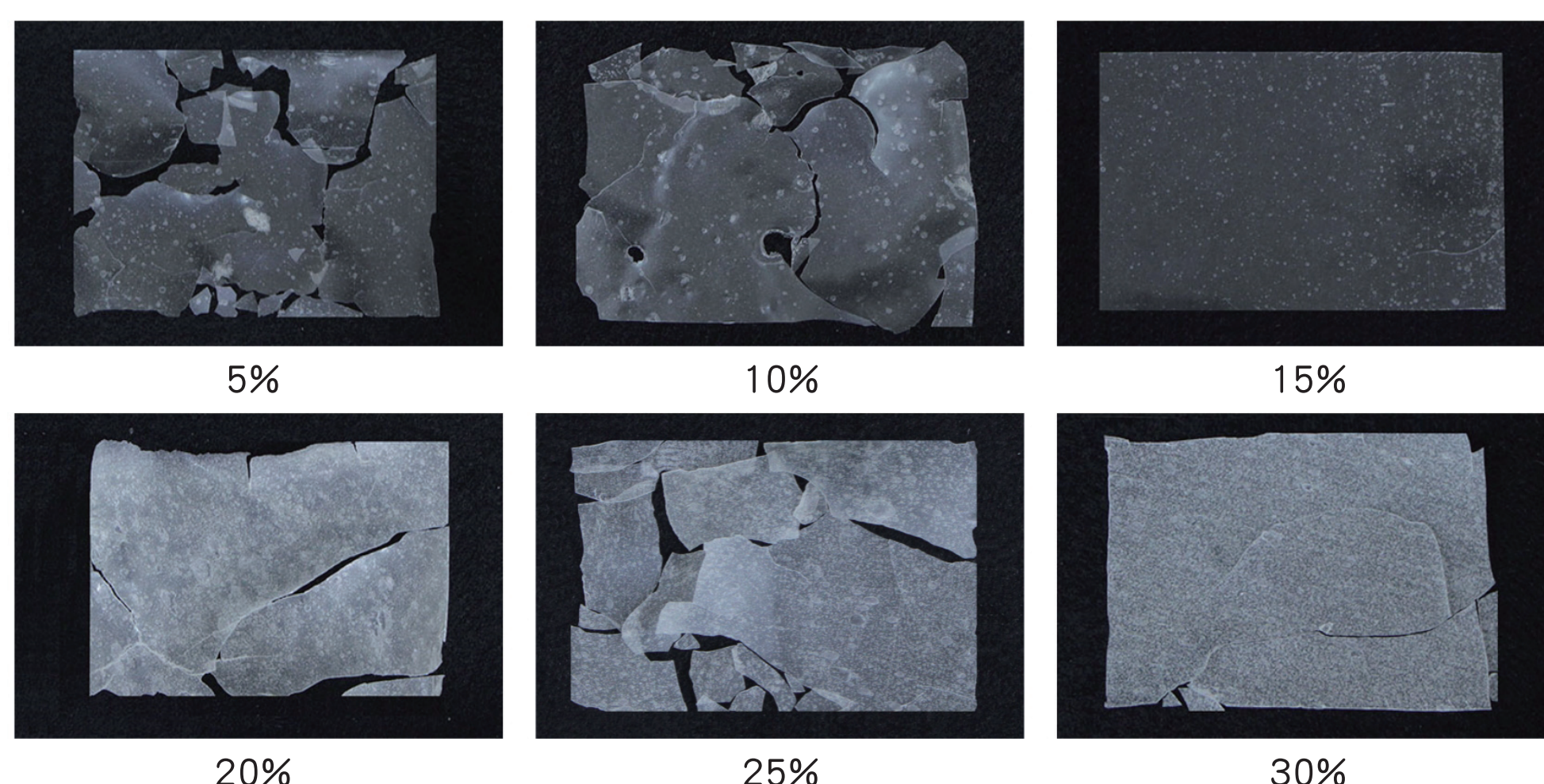


圖3. 以不同糯米糊液濃度所製作的糯米紙薄膜 (脫模裁切後)

- 由圖3顯示，各種糯米紙薄膜裁切過程極易碎裂，只有15%糯米糊液所製作的糯米紙薄膜，脫模裁切後薄膜之外觀較完整。

【實驗A2】糯米紙薄膜之改良

- 本實驗參考簡易生質塑膠(bioplastics)之製法，以糯米粉為主原料，添甘油、醋酸來改良糯米紙薄膜之特性，希望能提升實用價值。

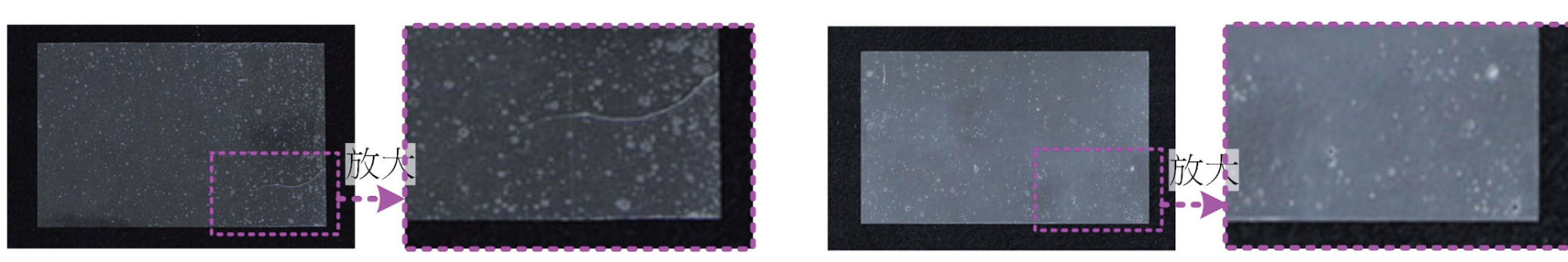


圖4. 糯米紙薄膜改良前後外觀之差異 (脫模裁切後)

- 由實驗得知，添加甘油、醋酸所製作的「改良型糯米紙薄膜」，質地偏軟，具可撓性，裁切後外觀完整，不易碎裂，確實可提升商品價值。

【實驗A3】海藻膠薄膜之製作

- 本實驗參考可食性吸管之原料，以海藻膠取代糯米粉為原料，探討製作海藻膠薄膜之可行性。

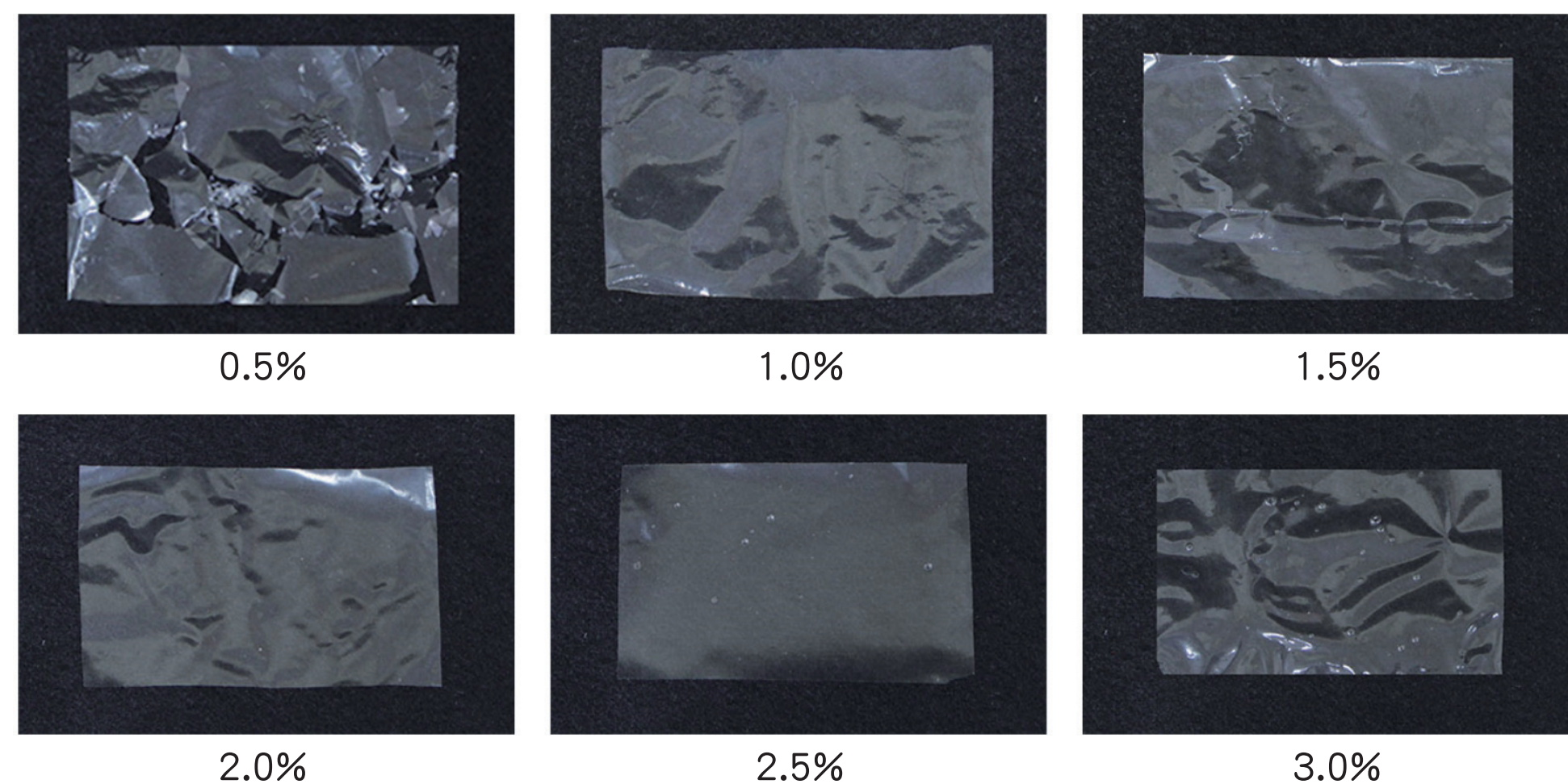


圖5. 以不同海藻膠糊液濃度所製作的海藻膠薄膜 (脫模裁切後)

- 由本實驗發現，單純以海藻膠2.0%為原料，所製成的海藻膠薄膜，增加適當外力，仍易出現碎裂，因此，還有改進空間。
- 使用海藻膠製成薄膜，在製作過程中，當海藻酸鈉接觸到鈣離子後，就會立即產生收縮現象，為了克服這個難題，我們採用新的製作流程。

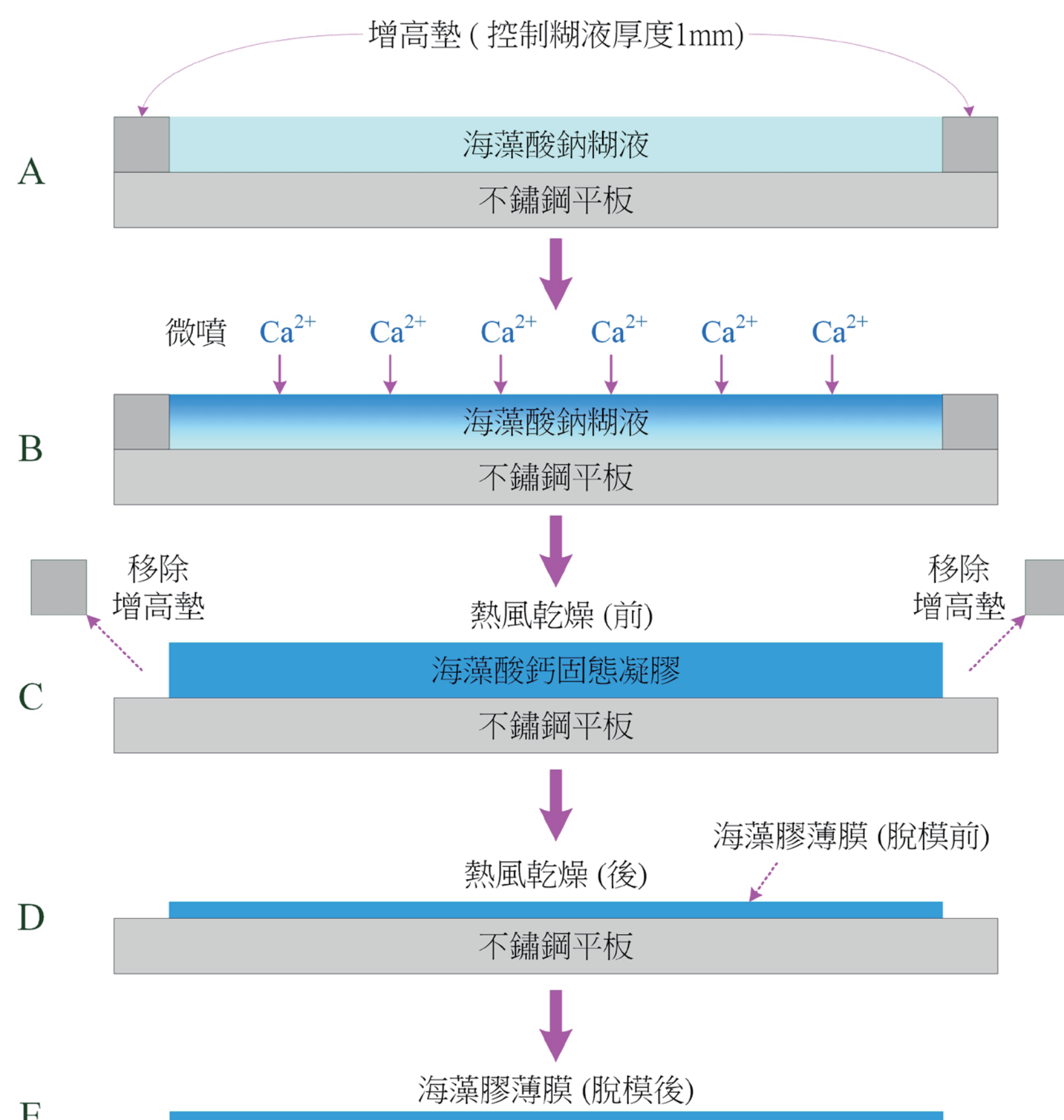


圖6. 海藻膠薄膜之製作流程

【實驗A4】海藻膠薄膜之改良

- 本實驗以海藻膠為主原料，添加甘油、醋酸來改良薄膜特性，希望能提升實用價值。

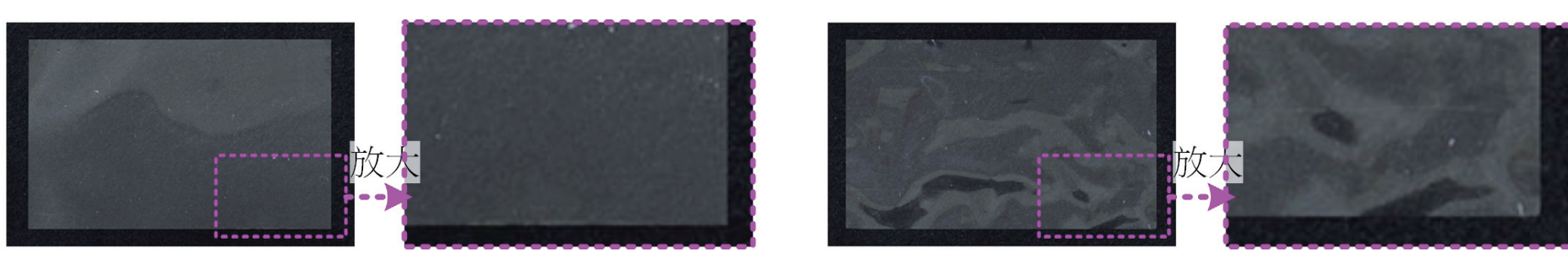


圖7. 海藻膠薄膜改良前後外觀之差異 (脫模裁切後)

- 由實驗結果顯示，「改良型海藻膠薄膜」具有很好的可撓性、拉伸性，而且薄膜之透明度、黏度近似市售保鮮膜，具有實際應用之價值。
- 「改良型海藻膠薄膜」是以海藻膠為主原料，添加甘油、醋酸所製作而成，薄膜之特性得到更好的改良，所添加的「甘油、醋酸」是關鍵成分。

B、薄膜關鍵成分之探討

【實驗B1】甘油對糊液黏度之影響

- 不同甘油添加量的海藻膠糊液之外觀，如圖8所示，在肉眼觀察下，各種樣品糊液都含有許多微小氣泡，在外觀上沒有很明顯差異。

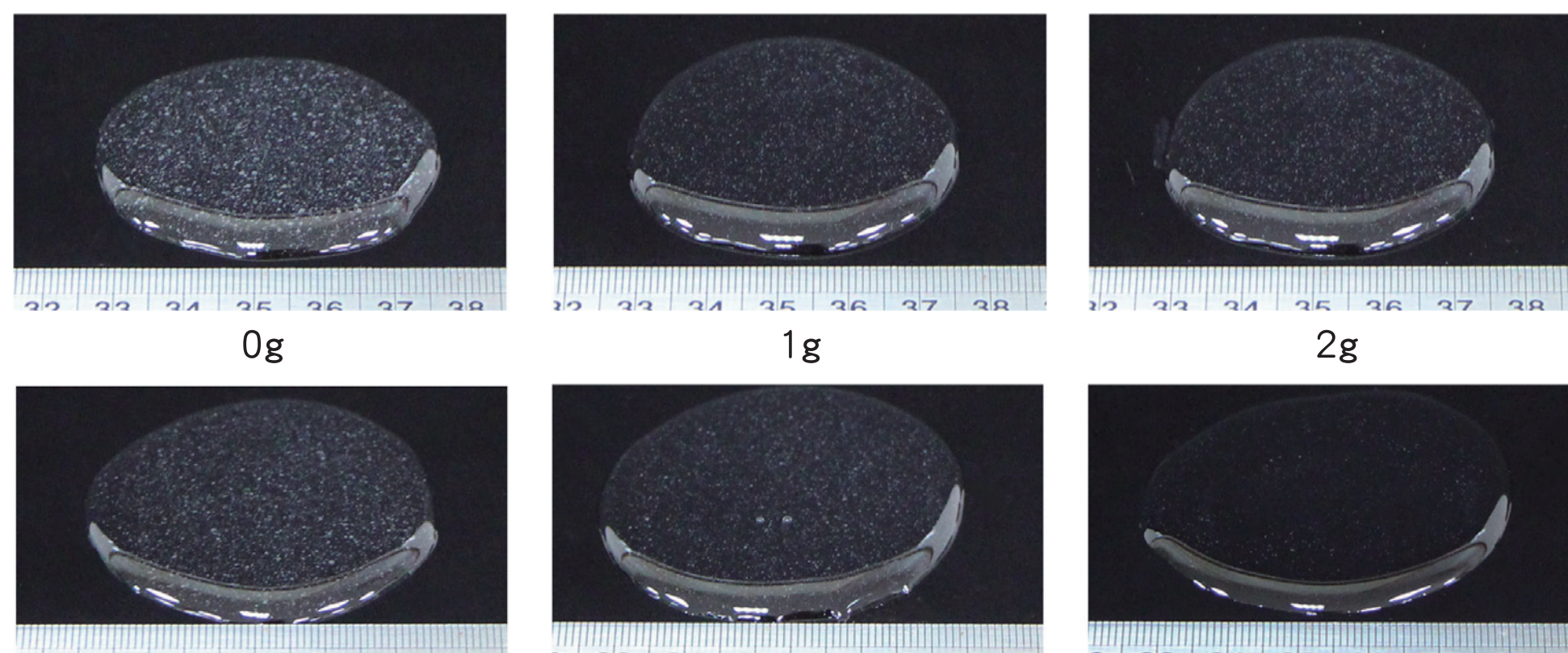


圖8. 不同甘油添加量對糊液外觀之影響

表1. 不同甘油添加量對海藻膠糊液黏度之影響

甘油	黏度 (cP)			平均值	標準差
	測試一	測試二	測試三		
0g	3098	3123	3083	3101 ^a	16
1g	3055	3034	3042	3044 ^b	9
2g	3032	3035	3026	3031 ^b	4
3g	3028	2999	2958	2995 ^c	29
4g	2899	2891	2876	2889 ^d	10
5g	2724	2706	2708	2713 ^e	8

圖9. 不同甘油添加量對糊液黏度之影響

2.在本實驗中六種樣品糊液之黏度，為什麼會隨著甘油添加量之遞增，而呈現些微遞減之趨勢？我們搜尋相關文獻，得到合理佐證，因甘油在可食膜系統中，可視為一種塑化劑，我們可以利用甘油來調整糊液的流動性或軟硬度，進而改變薄膜之物理特性。

【實驗B2】甘油對薄膜性質之影響

1.實驗結果，如圖10所示，若完全沒有添加甘油時，其質地偏硬偏脆，較易碎裂。若甘油添加時，隨著添加量遞增；薄膜之透明性、拉伸性、柔軟性也隨著遞增，但薄膜之強度卻呈現遞減之趨勢。

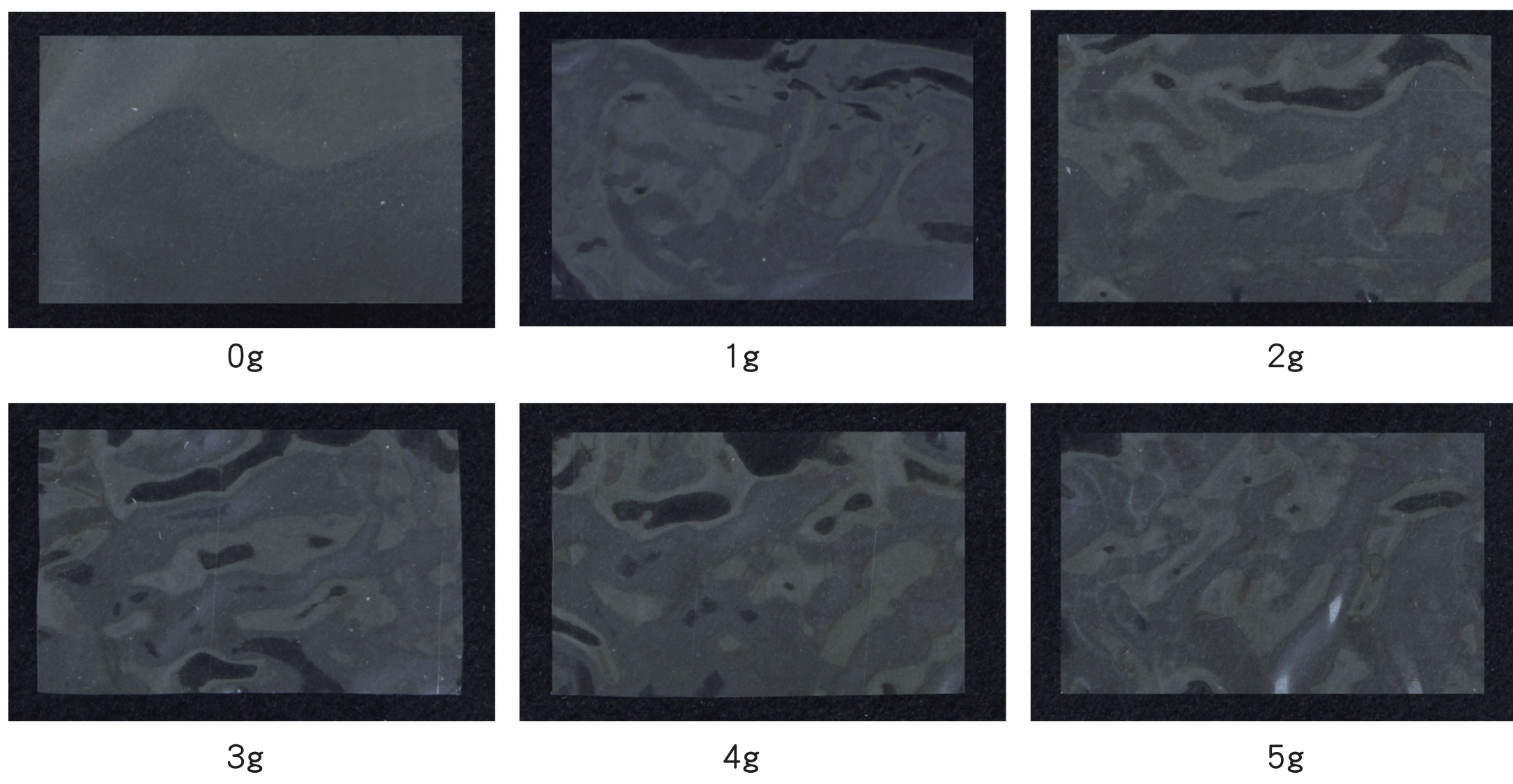


圖10. 不同甘油添加量對薄膜外觀之影響

2.由本實驗發現，隨著甘油添加量遞增，薄膜之質地也逐漸變得較柔軟，薄膜之強度、厚度也同時逐漸降低。本實驗的結論是，甘油添加2g是較佳比例，因此，我們將甘油的量固定為2g(2%)。

【實驗B3】醋酸對糊液黏度之影響

1.實驗結果，如圖11所示，以肉眼觀察，添加醋酸1.0g以下時糊液外觀無明顯差異；添加醋酸1.5g以上時，氣泡明顯增多；當添加量2.5g時，糊液氣泡更明顯，且黏稠性大幅提高，甚至呈凝膠現象。

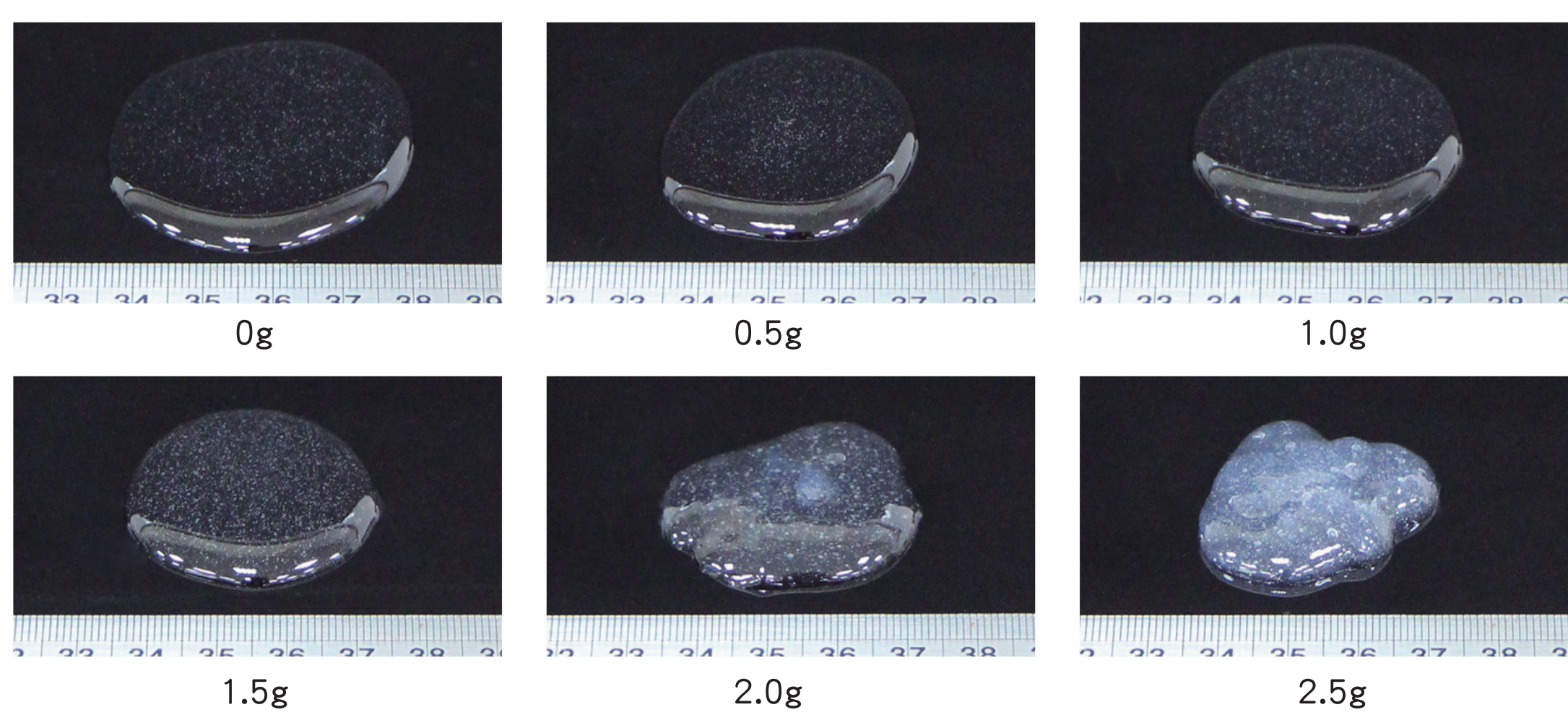


圖11. 不同醋酸添加量對海藻膠糊液外觀之影響

表2. 不同醋酸添加量對海藻膠糊液黏度之影響

醋酸	黏度(cP)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
0 g	2874	2901	2897	2891 ^d	12
0.5 g	2911	2952	2946	2936 ^d	18
1.0 g	3114	3066	3108	3096 ^c	21
1.5 g	3137	3107	3119	3121 ^c	12
2.0 g	4498	4374	4446	4439 ^b	51
2.5 g	9037	8720	9037	8931 ^a	149

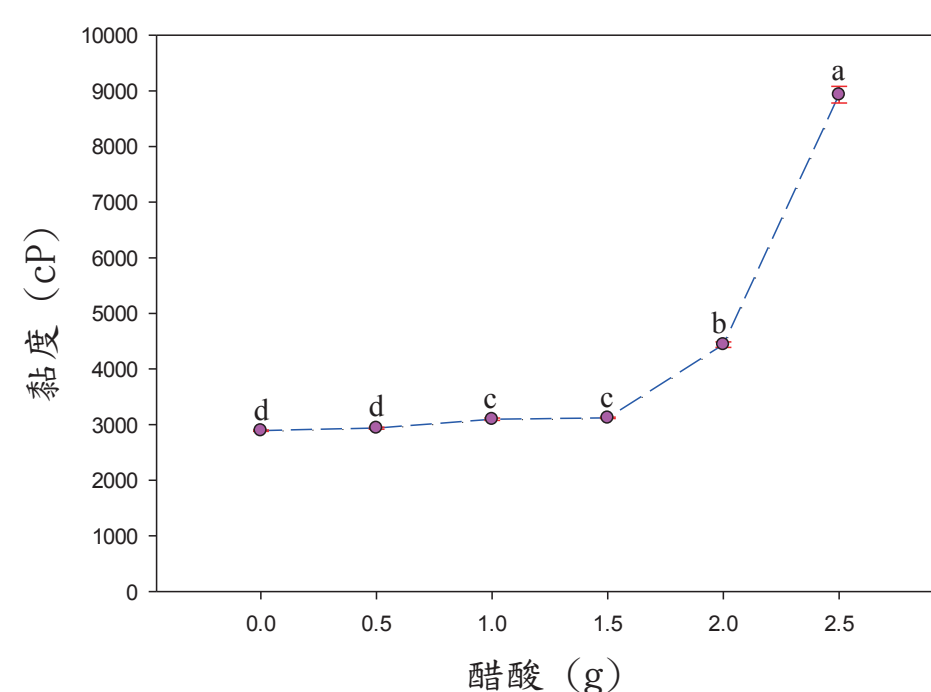


圖12. 不同醋酸添加量對海藻膠糊液黏度之影響

2.由【實驗B1】與本實驗證明，甘油與醋酸這兩種關鍵成分，都會影響糊液之黏度，尤其是醋酸對糊液黏度之影響更加顯著。因此，藉由調整甘油與醋酸之添加比例，可有效控制糊液的特性。

【實驗B4】醋酸對薄膜性質之影響

1.實驗結果，如圖13所示，若完全沒有添加醋酸時，與【實驗B2】中的薄膜相較之下，同樣具有良好的透明性、可撓性、拉伸性，但其質地比較柔軟，強度也較低。若添加醋酸時，隨著醋酸添加量遞增；薄膜之拉伸性、柔軟性也隨著遞減，但薄膜之強度卻呈現遞增之趨勢。

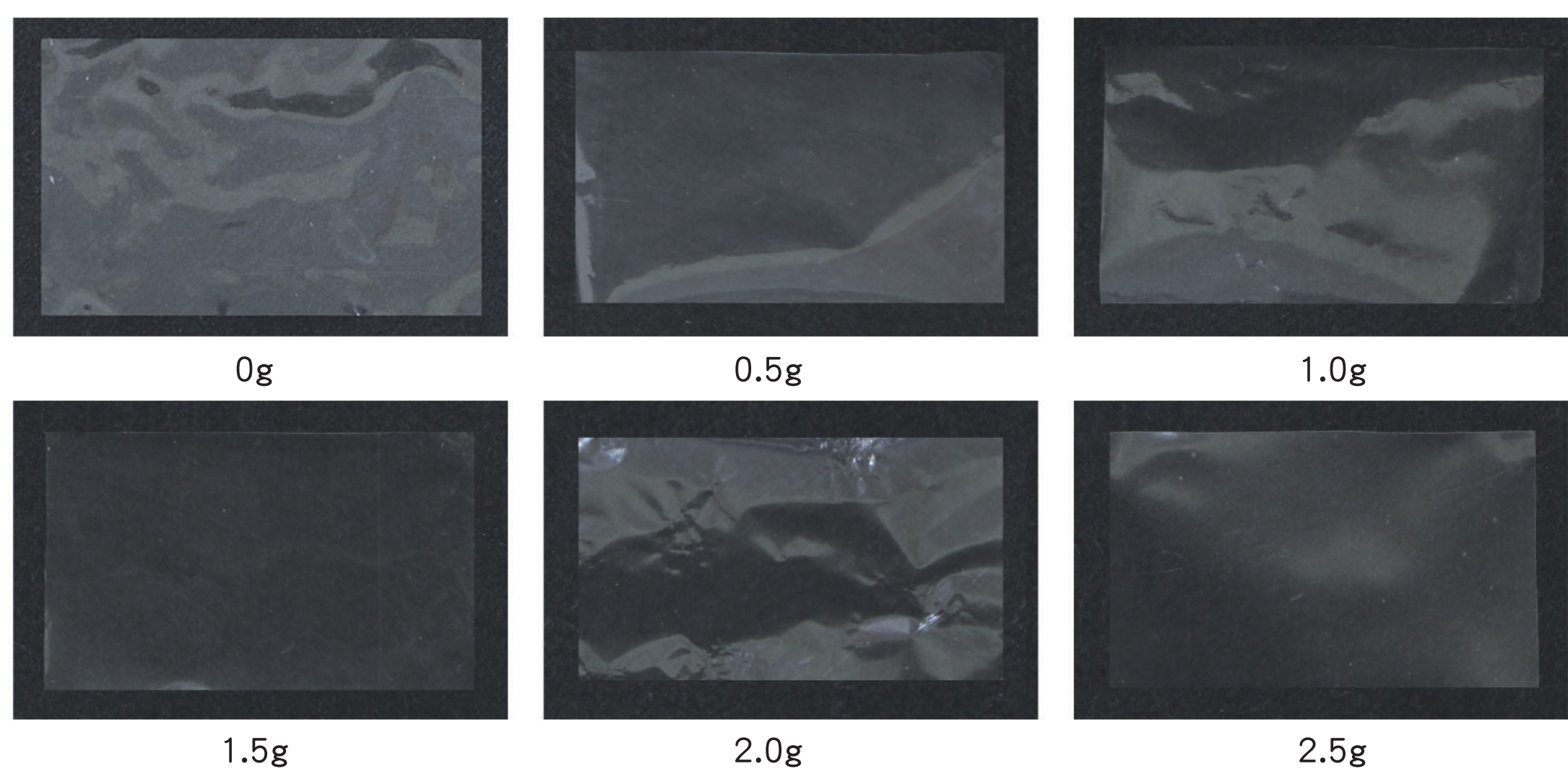


圖13. 不同醋酸添加量對薄膜外觀之影響

2.彙整【實驗B2、B4】之實驗結果，本研究之後的實驗中，決定採用2%的海藻膠糊液100ml，添加甘油2g(2%)、醋酸1.5g(1.5%)之配方比例來製作薄膜，採用此配方所製作之薄膜，其性質與市售保鮮膜較相似，具備保鮮用薄膜之實用性，本研究定義此薄膜為「自製新型保鮮膜」。

C、保鮮膜物性之探討

【實驗C1】保鮮膜不透明度之測試

1.本實驗將其「自製新型保鮮膜」進行不透明度測試，並比對市售保鮮膜差異，探討其特性能否具備實用價值。

表3. 各種保鮮膜之不透明度

保鮮膜	不透明度 (AU*nm)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
A.自製新型保鮮膜	59.65	59.08	59.20	59.31 ^b	0.30
B.市售生物分解保鮮膜	26.40	26.40	36.62	29.81 ^c	5.90
C.市售PE保鮮膜	36.46	34.80	28.20	33.15 ^c	4.37
D.市售PVC保鮮膜	32.87	26.40	26.40	28.56 ^c	3.73
E.海藻膠薄膜(對照組)	109.49	108.93	108.75	109.06 ^a	0.39

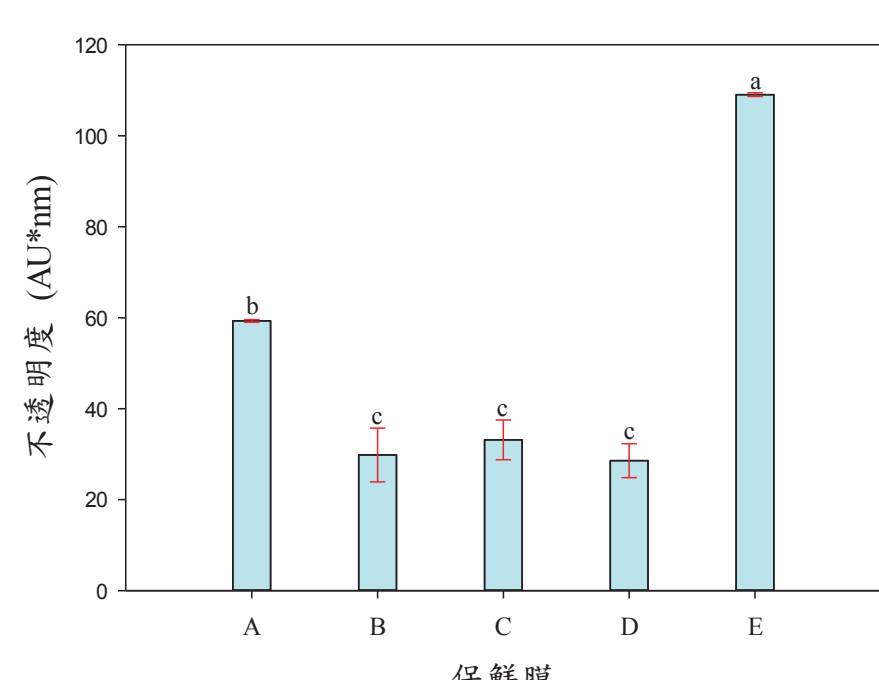


圖14. 各種保鮮膜之不透明度

2.不透明度檢測數值越低，代表透明度愈佳。因為海藻膠薄膜(對照組)未添加甘油，所以薄膜不透明度明顯最高，亦即透明度最差，如圖14所示。

3.「自製新型保鮮膜」不透明度檢測數值，雖然高於三種市售保鮮膜商品，但僅以肉眼觀察，其透明度仍然很好，本研究「自製新型保鮮膜」其透明性已初步達到商品化之水準了。

【實驗C2】保鮮膜穿刺強度之測試

1.本實驗依CNS之檢測標準，採用自製的物性測定儀，進行各種保鮮膜穿刺測試，實際測試過程之連續影像，如圖16所示。推拉力計連接到電腦，將受力的數據資料傳輸到電腦中，如圖15A所示。將樣品裁切適合尺寸，以夾具均勻施力固定，安裝測定針(直徑1mm的球形探頭)，設定0.8mm/秒之速度穿刺，執行控制程式，對樣品垂直進行穿刺(圖15-B、C)。



圖15. 以自製物性測定儀(CNC+推拉力計)進行穿刺試驗

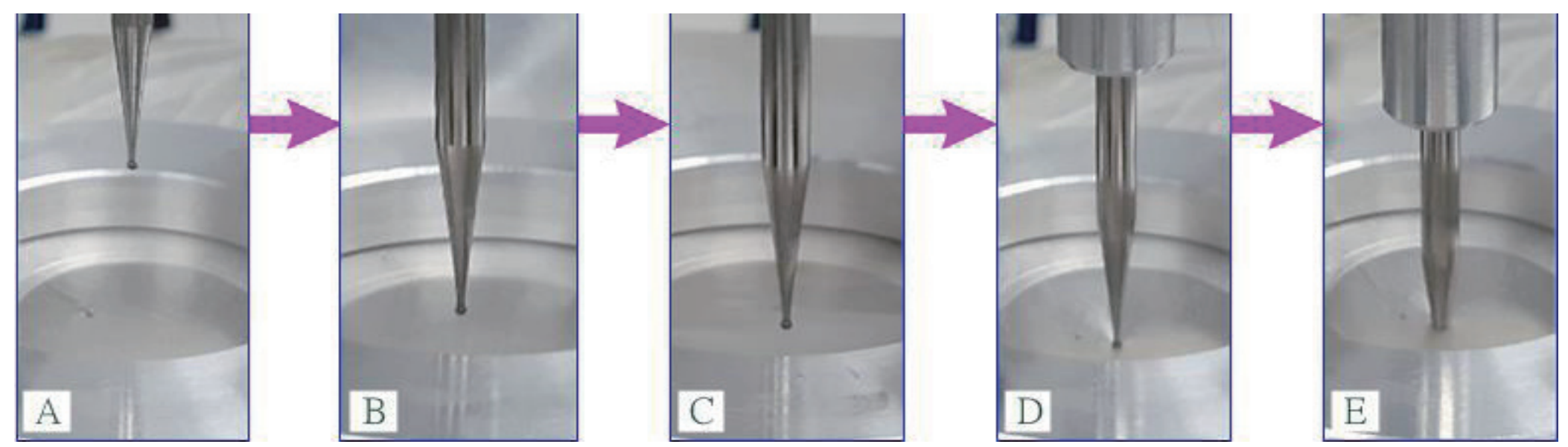


圖16. 穿刺強度測試過程之連續影像

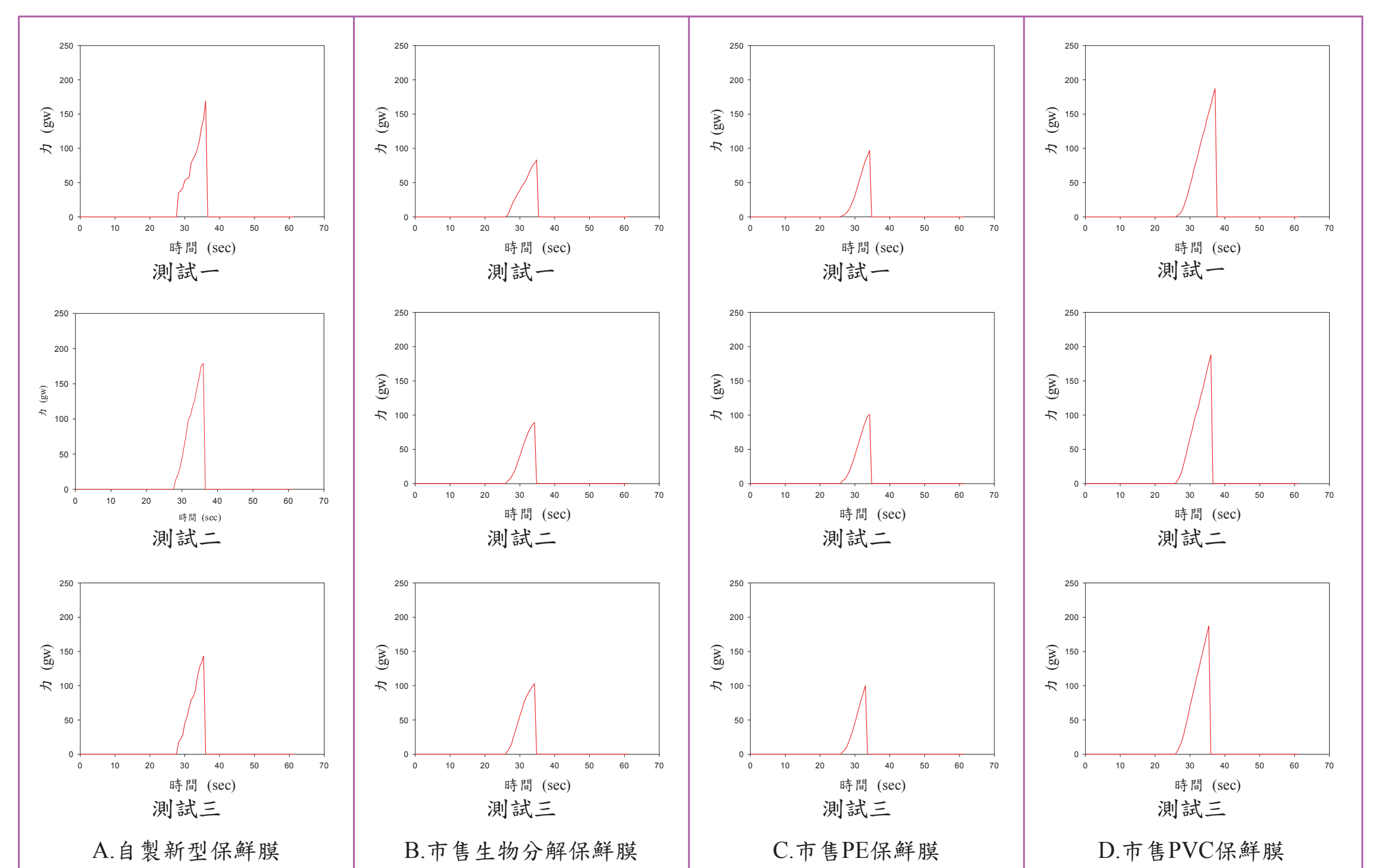


圖17. 各種保鮮膜穿刺強度之測試(時間與力之關係圖)

2.藉由自製物性測定儀所測得之時間與力之關係圖，我們初步得知，自製新型保鮮膜、市售PVC保鮮膜二者之波峰(最大應力值)較高；而市售生物分解保鮮膜、市售PE保鮮膜二者之最大應力值較低，如圖17所示。

3.經統計分析得知，自製新型保鮮膜、市售PVC保鮮膜二者之穿刺強度，並沒有顯著差異(信賴水準95%)；而市售生物分解保鮮膜、市售PE保鮮膜二者之穿刺強度，也沒有顯著差異(信賴水準95%)，如圖18所示。

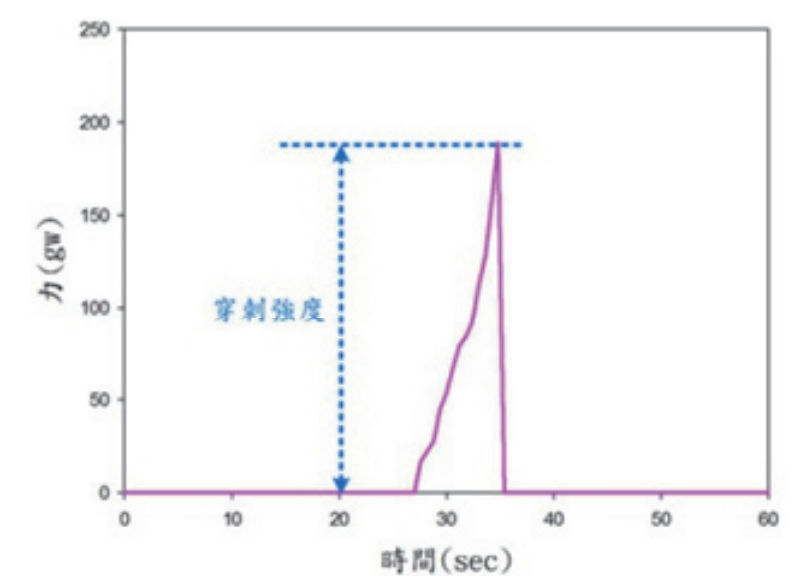


表4. 各種保鮮膜穿刺強度之測試

保鮮膜	力(gw)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
A.自製新型保鮮膜	137	169	179	161.67 ^a	21.94
B.市售生物分解保鮮膜	103	83	89	91.67 ^b	10.26
C.市售PE保鮮膜	97	101	100	99.33 ^b	2.08
D.市售PVC保鮮膜	187	188	187	187.33 ^a	0.58

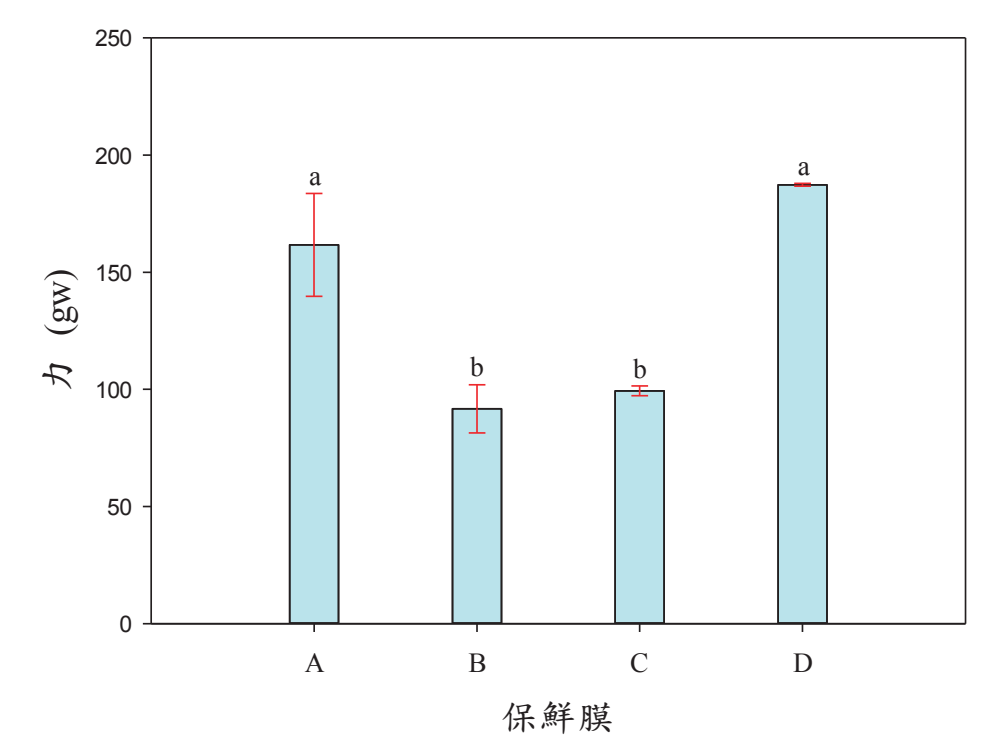


圖18. 各種保鮮膜穿刺強度之測試

【實驗C3】保鮮膜抗拉強度之測試

1.本實驗依CNS之檢測標準，採用自製的物性測定儀，進行各種保鮮膜樣品之抗拉測試，實際測試過程之連續影像，如圖19所示。

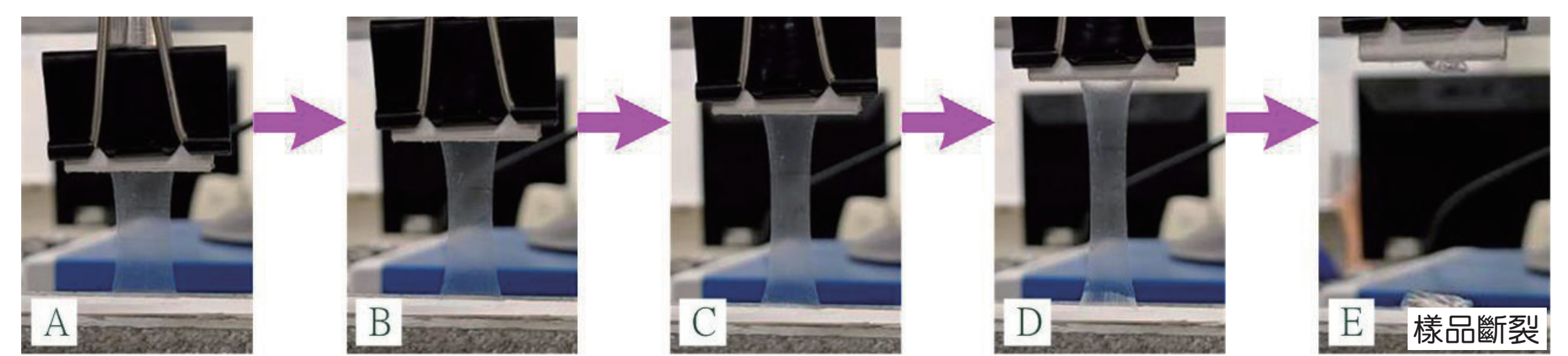


圖19. 抗拉強度測試過程之連續影像

2.由自製物性測定儀所測得之時間與力之關係圖，我們初步得知，波峰高度(最大應力值)，由大而小依序為：市售PVC保鮮膜、市售生物分解保鮮膜、市售PE保鮮膜、自製新型保鮮膜，如圖20所示。

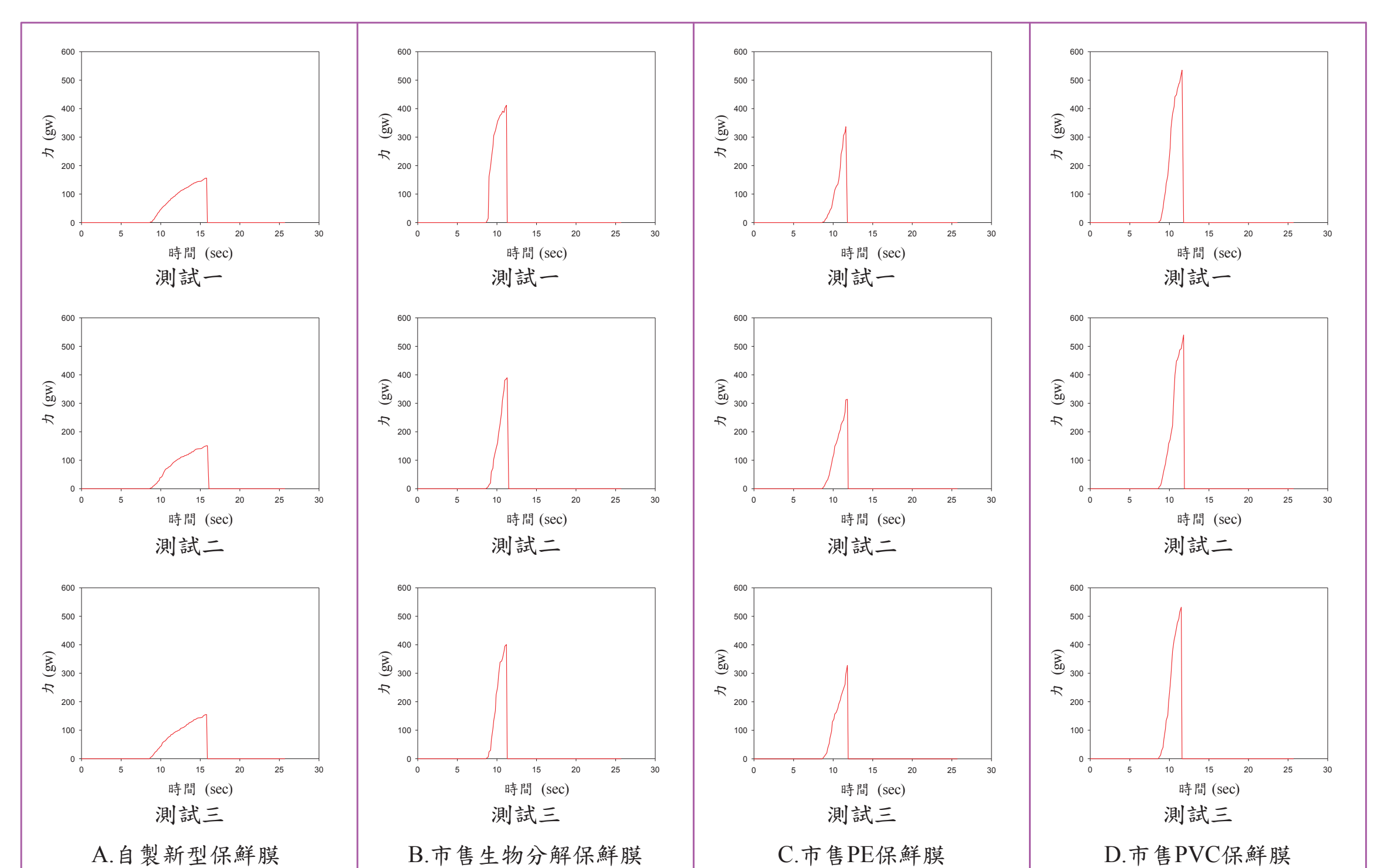


圖20. 各種保鮮膜抗拉強度測試

表5. 各種保鮮膜之抗拉強度

保鮮膜	力 (gw)				標準差
	測試一	測試二	測試三	平均值	
A. 自製新型保鮮膜	156	151	155	154 ^d	3
B. 市售生物分解保鮮膜	412	390	401	401 ^b	11
C. 市售 PE 保鮮膜	337	314	328	326 ^c	12
D. 市售 PVC 保鮮膜	535	540	532	535 ^a	4

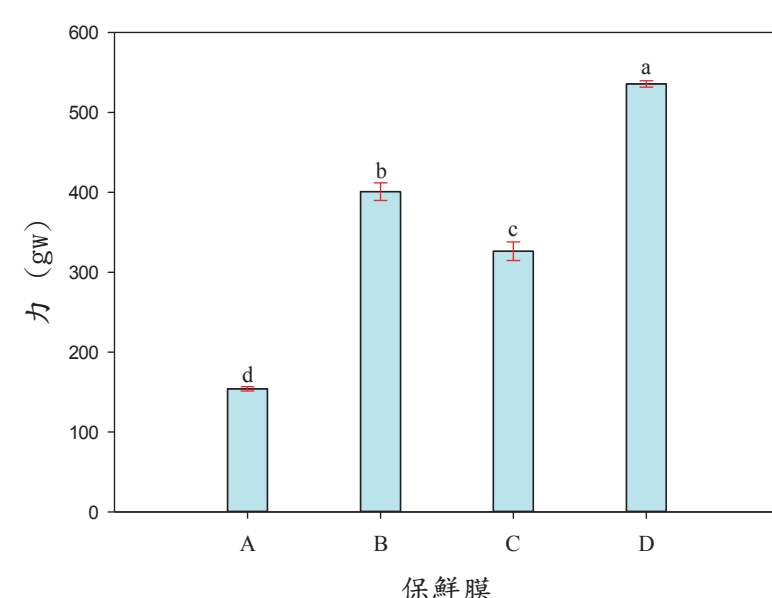


圖21. 各種保鮮膜之抗拉強度

表6. 各種保鮮膜之拉伸長度

保鮮膜	長度 (mm)				標準差
	測試一	測試二	測試三	平均值	
A. 自製新型保鮮膜	29.67	33.67	31.16	31.50 ^a	2.02
B. 市售生物分解保鮮膜	29.67	23.67	25.67	26.33 ^a	3.06
C. 市售 PE 保鮮膜	19.67	19.67	24.00	21.11 ^a	2.50
D. 市售 PVC 保鮮膜	21.67	26.33	45.33	31.11 ^a	12.54

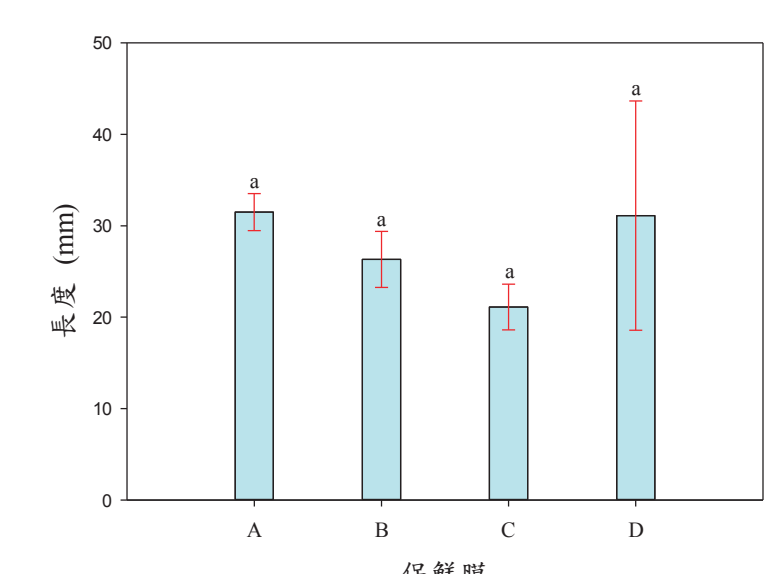


圖22. 各種保鮮膜之拉伸長度

【實驗C4】保鮮膜耐熱強度之測試

1. 本實驗依(CNS2446 S1027)之檢測標準，將自製新型保鮮膜進行耐熱強度測試，並以未加熱的保鮮膜作為對照組，觀察不同溫度下保鮮膜的變化。實驗結果，以肉眼觀察，在不同溫度下保鮮膜的外觀皆為完整，但隨著溫度遞增，保鮮膜的色澤也隨之遞增，尤其130°C的新型保鮮膜最為明顯。(對照組：未加熱的自製新型保鮮膜)

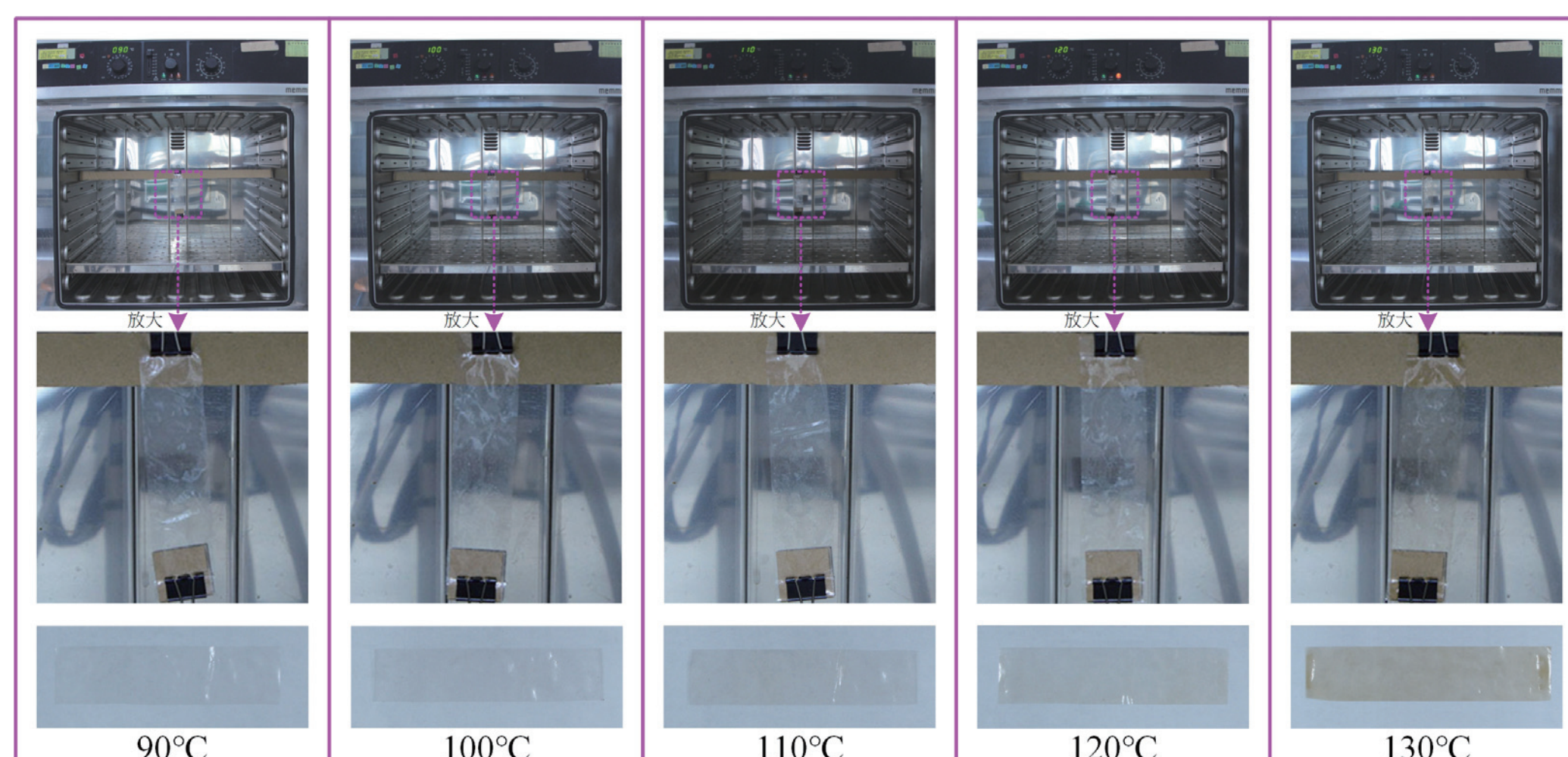


圖23. 自製新型保鮮膜耐熱強度測試

(A:對照組、B:90°C、C:100°C、D:110°C、E:120°C、F:130°C)

2. 用色差計測量加熱後保鮮膜之L、a、b值，進而以標準白板為比較基準(L=100, a=0, b=0)計算出色差值。由表7、圖24顯示，對照組與90°C的保鮮膜經統計分析後，並沒有顯著差異，而當溫度上升至100°C以上的新型保鮮膜皆有顯著差異。

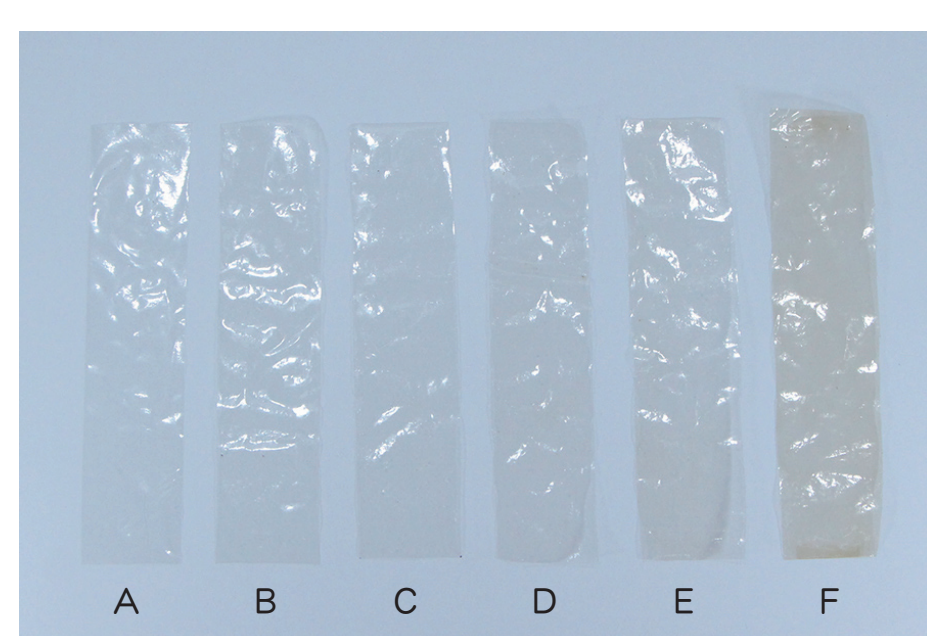


圖24. 溫度對新型保鮮膜色澤變化

表7. 不同溫度對保鮮膜色差值之影響

樣品	色差值(ΔEab)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
A:對照組	0.59	0.67	0.81	0.69 ^e	0.11
B:90°C	0.75	0.96	0.69	0.80 ^e	0.14
C:100°C	1.86	1.94	2.07	1.96 ^d	0.11
D:110°C	3.90	3.96	4.26	4.04 ^c	0.19
E:120°C	5.79	5.98	6.54	6.10 ^b	0.39
F:130°C	10.03	10.96	11.11	10.70 ^a	0.59

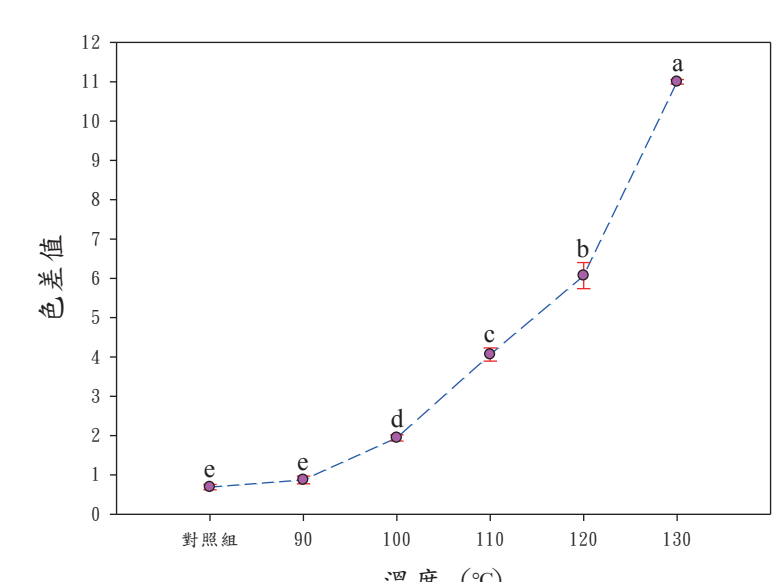


圖25. 溫度對新型保鮮膜色澤變化情形

D、新型保鮮膜之實測

【實驗D1】新型保鮮膜冷藏保鮮之測試

1. 包裝展示測試：以「自製新型保鮮膜」包裝新鮮蔬果，肉眼觀察市售生物分解保鮮膜、市售PE保鮮膜、市售PVC保鮮膜包裝，視覺效果相似，使用肉眼難以分辨其差異，如圖26所示。



圖26. 各種保鮮膜包裝展示測試

2. 冷藏保鮮測試：蔬菜樣品經24小時冷藏之後，未包覆保鮮膜的蔬菜，葉片明顯萎縮，但「自製新型保鮮膜」或各種市售保鮮膜包覆蔬菜，葉片沒有萎縮現象，冷藏保鮮效果令人滿意。

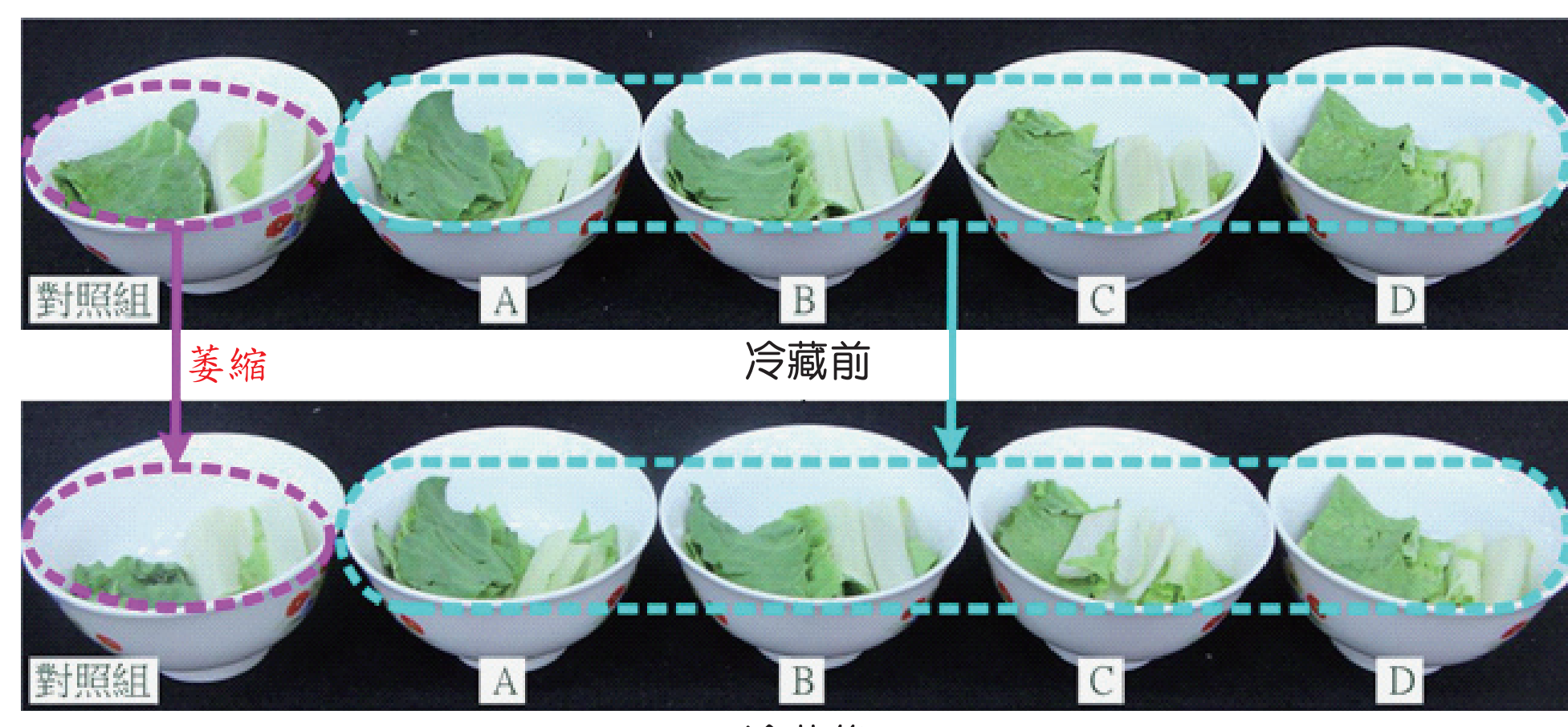


圖27. 各種保鮮膜冷藏保鮮測試

A:自製新型保鮮膜 B:市售生物分解保鮮膜 C:市售PE保鮮膜 D:市售PVC保鮮膜

【實驗D2】新型保鮮膜微波蒸煮之測試

1. 「自製新型保鮮膜」蒸煮加熱後，外觀相當完整，如圖28所示。
2. 「自製新型保鮮膜」微波加熱後，外觀相當完整，如圖29所示。



圖28 以「自製新型保鮮膜」包覆於容器上利用電鍋蒸煮加熱測試

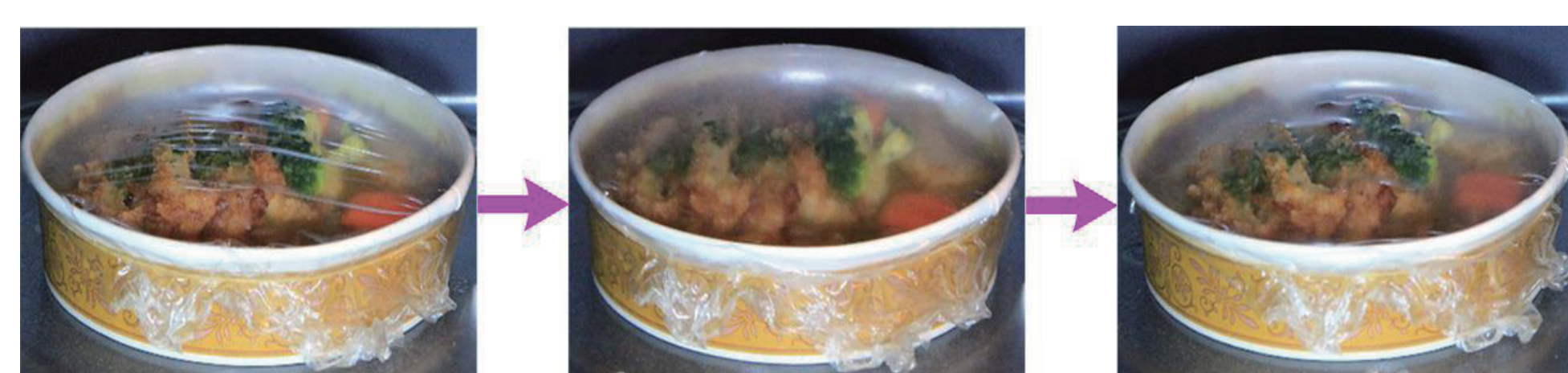


圖29. 以「自製新型保鮮膜」包覆於容器上進行微波加熱測試

【實驗D3】新型保鮮膜貯藏性之測試

1. 新型保鮮膜乾燥後放置1小時之水分含量為28.80%；乾燥後放置1天之水分含量為26.82%；乾燥後放置1週之水分含量為20.38%

表8. 新型保鮮膜之水分含量變化情形

保鮮膜	水分含量(%)				標準差
	測試一	測試二	測試三	平均值	
A. 乾燥後1小時	28.73	28.56	29.12	28.80 ^a	0.23
B. 乾燥後1天	27.81	26.81	25.83	26.82 ^b	0.81
C. 乾燥後1週	19.97	20.22	20.95	20.38 ^c	0.41

$$\text{水分}(\%) = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100\%$$

- a: 稱量瓶之重量(g)
- b: 稱量瓶加檢體之重量(g)
- c: 稱量瓶加檢體乾燥恆量之重量(g)

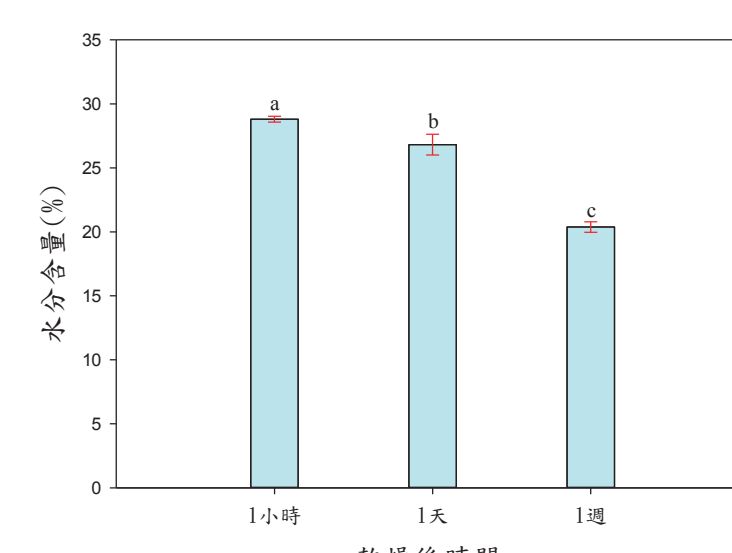


圖30. 新型保鮮膜之水分含量變化情形

2. 新型保鮮膜乾燥後放置1小時之水活性為0.532；乾燥後放置1天之水活性為0.505，乾燥後放置1週之水活性為0.461，水活性值都遠小於0.6。

表9. 新型保鮮膜之水活性變化情形

保鮮膜	水活性				標準差
	測試一	測試二	測試三	平均值	
A. 乾燥後1小時	0.532	0.534	0.529	0.532 ^a	0.002
B. 乾燥後1天	0.508	0.506	0.502	0.505 ^b	0.002
C. 乾燥後1週	0.459	0.463	0.462	0.461 ^c	0.002

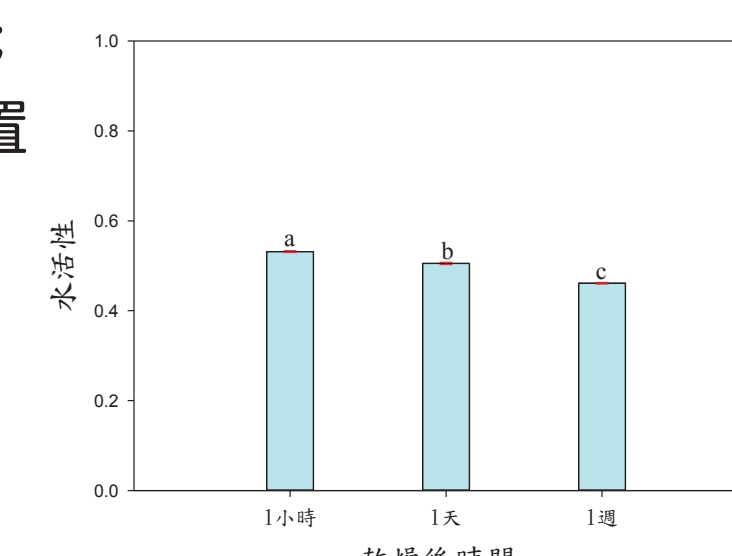


圖31. 新型保鮮膜之水活性變化情形

【實驗D4】新型保鮮膜腐敗性之測試

1. 掩埋腐敗性測試：市售三者皆有些微破損，但外觀大致完整，腐敗現象並不明顯；而「自製新型保鮮膜」則無法以肉眼辨識出保鮮膜殘跡，如圖32所示。

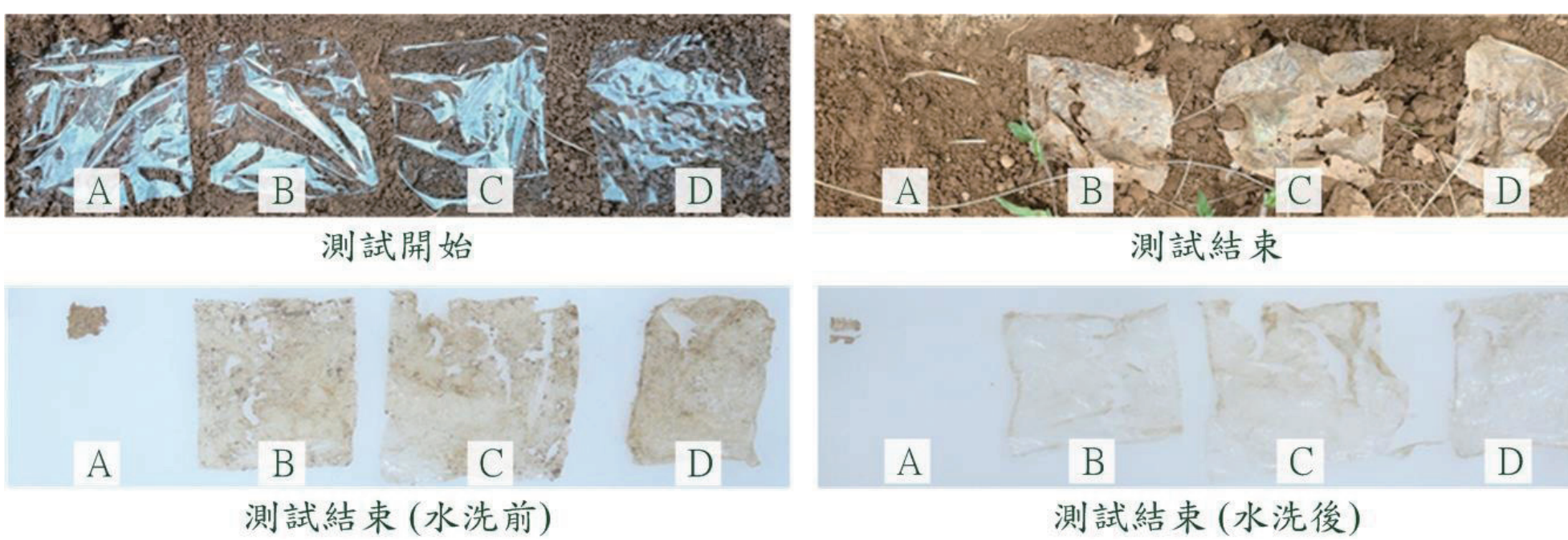


圖32. 各種保鮮膜腐敗性測試之變化情形(掩埋組)

A:自製新型保鮮膜 B:市售生物分解保鮮膜 C:市售PE保鮮膜 D:市售PVC保鮮膜

2. 未掩埋腐敗性測試：市售三者皆有些微破損，但外觀大致完整，腐敗現象並不明顯；而「自製新型保鮮膜」僅殘存少許保鮮膜腐敗碎片，如圖33所示。

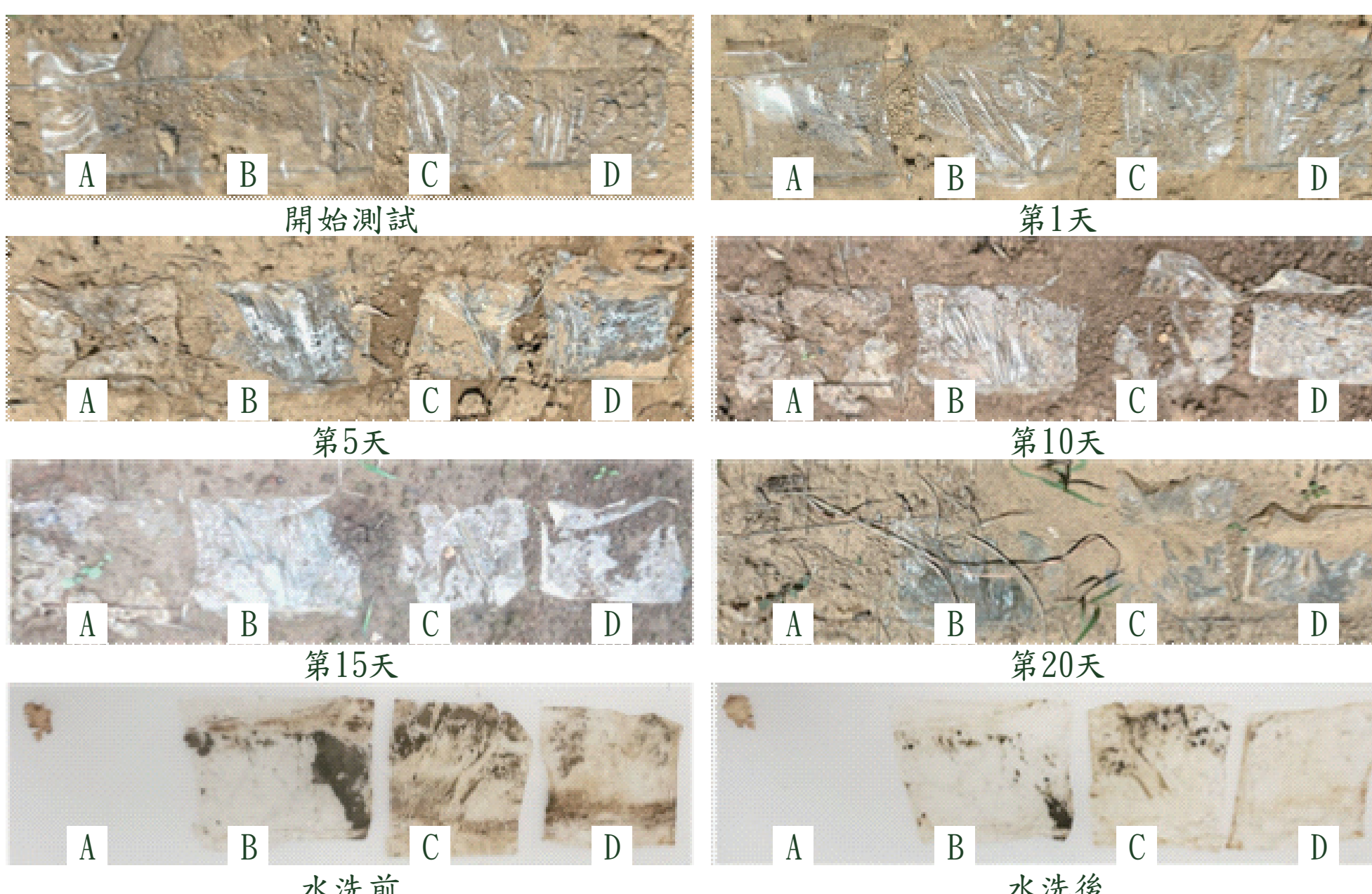


圖33. 各種保鮮膜腐敗性測試之變化情形(未掩埋組)

A:自製新型保鮮膜 B:市售生物分解保鮮膜 C:市售PE保鮮膜 D:市售PVC保鮮膜

具體貢獻

- (一) 本研究成功研發出全新的製作流程，建立一套全新的成型模式來製作保鮮膜。
- (二) 本研究研發的「自製新型保鮮膜」，可以解決保鮮膜因接觸油脂或加熱處理，溶出塑化劑或有毒物質之食安疑慮。
- (三) 本研究研發的「自製新型保鮮膜」，是一種真正可以「分解」，對生態環境極為友善的新型環保薄膜。