

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科(三)

佳作

083005

芭樂新時尚~新型水果套袋之研發

學校名稱： 嘉義市西區世賢國民小學

作者：	指導老師：
小六 鄭惟瞳	湯千慧
小六 林鉅承	王郁菁
小六 陳宥恩	
小四 謝喬歲	

關鍵詞： 水果套袋、交聯反應、環保減塑

編

芭樂新時尚~新型水果套袋之研發

摘要

現有的塑膠與紙套袋對環境造成負擔，因此利用海藻酸鈉與乳酸鈣的交聯作用，在低成本紗布上成膜，以製作新型態的水果套袋。研究結果：

1. 製程為先沾海藻酸鈉糊液，再沾乳酸鈣水溶液。
2. 不同基底材料會影響套袋的縮小率、耐受性與透氣性。套袋要具透氣性需減少乳酸鈣反應時間，想增加吸水性則要在海藻酸鈉浸泡時間久一點。
3. 實地應用於芭樂園採收率達 96%，只加醋酸的細紗布套袋效果最佳，具有厚度低(0.24mm)、水分散失快(6 小時內降低 92% 的水分)，透氣性佳(水氣穿透率 91%)等特性，在製作時須注意總面積有 51% 的縮小率。
4. 未來發展：設計防果蠅、防螞蟻、防曬功能，以及多型態的套袋設計（如三角立體設計、觀察口設計等），讓其更適合實際應用。

壹、前言

一、研究動機

科學探究社團實驗中，不小心將實驗溶液滴到我的衣服上，經過洗衣機清洗、手揉搓，依然頑固不已，一開始我很懊惱，但老師跟我說：「這個現象很有趣，可以應用在什麼地方嗎？」於是仔細觀察周遭環境，發現外公果園裡的水果套袋，使用後常到處丟棄、很不環保，因此嘗試開發新型水果套袋，希望能提供農民更好的選擇。

★ 與課程相關：【四上 物質變變變】【五上 植物世界面面觀】【六下 我們只有一個地球】。



採收後滿地廢棄的水果套袋



丟在麻布袋裡無法焚燒的廢棄套袋

圖 1：芭樂園現況

二、研究目的

研究一、市面上水果套袋的種類與使用情形

研究 1-1：查詢水果套袋相關資料並至果園進行訪談

研究二、新型水果套袋製程之探討

研究 2-1：水果套袋成膜測試

研究 2-2：水果套袋基底材料與膜接合情形探討

研究 2-3：水果套袋基底材料測試

研究三、探討水果套袋成品的測量方式

研究四、探討水果套袋成膜的特性

研究 4-1：水果套袋不同添加物測試

研究 4-2：水果套袋不同停留時間測試

研究五、探討水果套袋的回收方式

研究六、探討水果套袋實際應用於芭樂成長的情形

三、研究架構

果園裡的套袋使用後常到處丟棄、很不環保



文獻資料探討

1. 高經濟價值水果大量使用水果套袋，以環保材質取代塑膠製品有其重要性。
2. 進行資料查詢與實地訪談果農，了解不同水果對套袋的需求為何。

設計、自製【水果套袋製成之方法】

1. 溶液成膜的過程中與布料結合
2. 製作出「低成本、高透氣度」的套袋
3. 水果套袋成膜流程測試
4. 水果套袋基底材料測試
5. 水果套袋不同添加物測試
6. 水果套袋不同停留時間測試



不同添加物

甘油 醋酸 醋酸甘油

海藻酸鈉/乳酸鈣 浸泡時間

0.5 分 1 分鐘 1.5 分 2 分鐘

制定水果套袋成品測量的項目

1. 縮小率：依布料特性測量縮水方向與比例，提供製袋參考。
2. 耐受性：以壓摺、拉扯方式，確認表面成膜是否有破裂。
3. 透氣性：以煙餅燃燒後，觀察煙霧從紗布中流出的情形。
4. 防水性：以浸泡實驗和露天實驗，觀察成品吸水後的重量變化。



水果套袋【實際應用於芭樂園】成長情形

1.尺寸 2.顏色 3.表面狀況

圖 2：研究架構

四、文獻探討

(一)套袋

套袋主要目的為預防病、蟲及鳥害，其次為減少果實擦傷、裂果、曬傷 及降低農藥污染，並可促進果實發育及提升外觀品質。套袋的口訣為「一撐二套三收四綁」，先將套袋撐開，然後一個果實一個套袋，將果實置於袋的中間部位，袋口平叉於果柄，收緊袋口，用鐵絲綁緊後即完成套袋作業。(江淑雯.盧柏松，2011)

(二) 海藻酸鈉交聯作用

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。黏性最安定的範圍落在 pH 值 6-9 之間。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（即鎂、鈣、鋯、鋇）產生交聯作用 (Cross-linking)。當海藻酸鈉溶液滴入氯化鈣溶液中，鈣離子會取代海藻酸鈉羧基上的鈉離子 (Na+)，再結合另一醣醛酸分子上的羧基，形成離子架橋，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，並可將內容物包裹於凝膠結構中，形成半透膜。(泛科學，2019)基於上述的特性，運用海藻酸鈉與鈣交聯作用後的半透膜，附著在布料上，能產生韌度，並保留部分的通透性，或許能讓水果的成長更健康。

(三) 環保囊膜相關之研究

近幾年來，有關環保囊膜的研究數量不斷增加中，可見在生活中以環保材質取代塑膠製品有其重要性。我們搜尋有關環保製模的文獻中，用海藻酸鈉和鈣離子交聯作用製作環保囊膜的研究佔多數，主因是成膜後較平整、穩定性高，且掩埋土中容易分解，以下是我們整理出的比較表(下表 1)，以作為後續研究的參考：

編號	題目	內容摘要
1.	不是魔法!用紙中 「膜」法創造風 華絕「袋」— 以 海藻酸鈉薄膜混 合自製環保袋	<ul style="list-style-type: none">● 在海藻酸鈉溶液中混入紙漿，能有效增加其載重能力。● 鹼性物質會造成自製薄膜結構弱化，以致載重能力變差；溫度對於薄膜載重能力無顯著影響；接觸的油量越多薄膜亦呈現弱化的趨勢。● 自製薄膜在埋入土壤 5 天後多能看見部分結構分解情形，若環境趨向鹼性，分解效率將會越佳。
2.	「泡膜」雲起 「膜」登寶 「澱」—澱粉起 泡、成膜性質的 探討及應用	<ul style="list-style-type: none">● 此研究旨在透過一系列的實驗，觀察各種澱粉在不同濃度下的起泡情形並探討澱粉成膜的原理及應用。● 此實驗成功地在實驗中發現了由於支鏈澱粉的重新規則的排列，澱粉會成膜，且韌性高。
3.	目不轉「晶」— 探討海藻酸鈉薄	<ul style="list-style-type: none">● 不同的溶液和不同的離液面高度，每一種晶球的直徑都會不同，但是重量卻不會相差太多。

	膜的形成與其相關應用	<ul style="list-style-type: none"> 乾燥後晶球再泡水一天後，所呈現的海藻酸鈉晶球，已經跟原本的晶球不同，無法回復原本的型態。 最佳的溫度條件為 20~30°C，但若要使晶球硬度最佳化，晶球浸泡在離子溶液中 90 分鐘以上最好。
4.	Ooho!「內」個「膜」法—凝膠薄膜性質之探討	<ul style="list-style-type: none"> 此研究將過去做成水球狀海藻酸鈉和乳酸鈣反應所製成之晶球改製成平面薄膜，並做一系列探討。 由此實驗結果可得知，以 2% 所配製海藻酸鈉水溶液與 5% 乳酸鈣水溶液反應 10 分鐘，即可得表面較為平整一致之平面塑膜。 選用低溫烘乾對薄膜性質變異較小，因此可承受較大的拉力。
5.	把新鮮包起來-非塑料環保薄膜之研發	<ul style="list-style-type: none"> 以 2% 海藻膠糊液，添加 2% 甘油、1.5% 醋酸製作薄膜，並進行穿刺強度、抗拉強度、拉伸長度等物性測試。 經三週掩埋測試，證明此膜之腐敗性甚佳，是一種對環境十分友善的環保材質
6.	可分解水果套袋開發 實現農業資材環境友善	<ul style="list-style-type: none"> 為改善塑膠套袋所衍生之環境問題，公司共同合作開發具抑菌功能之生物，分解水果套袋。 以生物可分解材料搭配多酚研發可商業化量產之吹袋製程技術，進行種植環境監測與果實生長條件最佳化研究測試。

貳、研究設備及器材

一、實驗材料：

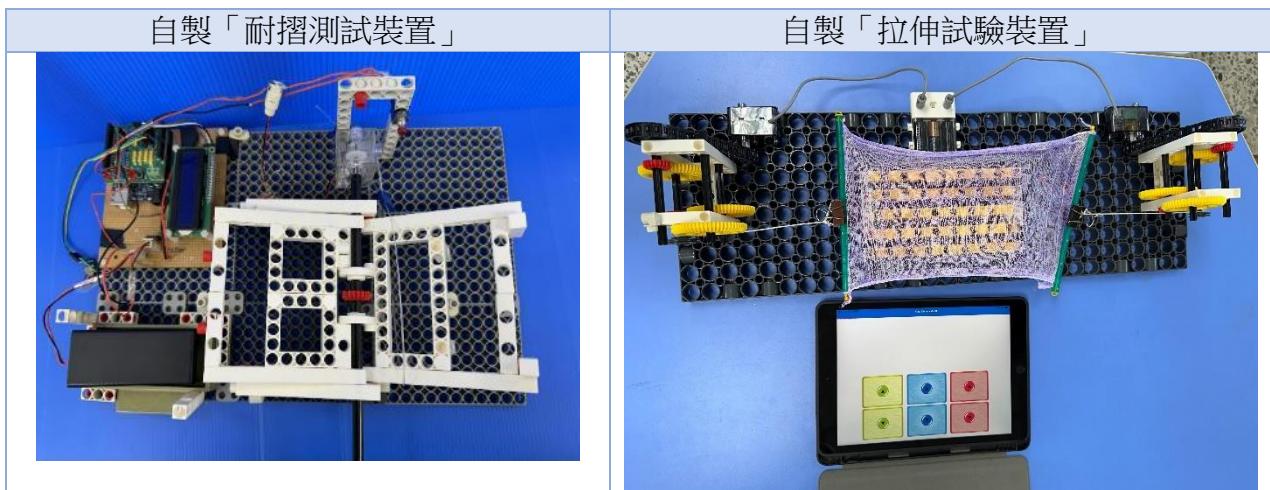
海藻酸鈉、乳酸鈣、純水、醋(4.5%)、小蘇打粉、甘油、藍色墨水、粗紗布(彈性繩帶)、中紗布(不織布)、細紗布(醫療用紗布)、胚布(6N~16N)、胚布(1~5)、溴瑞香草藍 BTB 試液。

粗紗布(彈性繩帶)	中紗布(不織布)	細紗布(醫療用紗布)
聚酯纖維、彈性纖維	聚酯纖維、縲縈	棉
剪裁為 10cm x 20cm	剪裁為 20cm x 20cm	剪裁為 20cm x 20cm



二、實驗器材與工具：

- 自製「耐摺測試裝置」：智高積木、40 倍馬達盒、齒輪組、直流馬達、arduino uno(含擴充板組、16x2 lcd 顯示器、可變電阻、電池盒、釣魚線、長尾夾)。
- 自製「拉伸試驗裝置」：智高積木、齒輪組、28 倍開關馬達盒、電池盒、鍊條、特多龍線、Gigo 智能藍芽控制器。



3. 磁懸浮攪拌器、電子式游標卡尺、電子秤 0.01-500g、燒杯、量筒、攪拌棒、碼表、淺盤、不鏽鋼網架、智高積木、束線帶、木夾、煙餅、鐵蓋、打火機、自製暗箱。
4. 數位顯微鏡 BRESSER touch screen microscope(112x-1120x)、手機顯微鏡 μ Handy Hi-Mag Pro 調節式高倍鏡組。
5. 電腦、平板、軟體：Image J、Colorimeter、 μ Handy、Gigo Commander II、慢速攝影。

參、研究過程與方法

研究一、市面上水果套袋的種類與使用情形。

研究 1-1：查詢水果套袋相關資料並至果園進行訪談。

【前言】

臺灣環境高溫多雨，因此在種植期間需要做許多病蟲害的防治。水果套袋是其中的一種低成本又具有經濟效益的方式，農民在種植經濟果樹時為了確保品質，通常都會進行大量的套袋，因此研發對環境友善的水果套袋，有其必要性。水果套袋的選擇，會根據不同水果的需求來決定，主要考慮防蟲、防曬、透氣性、保溫性等因素，以確保水果的生長品質。

【果園訪談】

2024 年 11 月到外公的果園實地觀察並進行訪談，整理出以下重點：

1. 不同水果會用不同的套袋，例如：番石榴(俗稱芭樂)怕被樹枝刮傷，會用保麗龍網袋包著。火龍果怕曬傷，會用黑色的尼龍網袋包著。
2. 如果怕果蠅和螞蟻爬進去，就會用紙袋或塑膠袋包著。
3. 通常在 50 元硬幣大小的時候，就會開始套上袋子。
4. 下方會打一個小洞，讓凝結的水氣滴下來。



圖 3：芭樂園實地拍攝示意圖

【相關資料】

水果套袋大致分為紙製和 PE (塑料薄膜) 材料製成，市面上多數是袋狀和網狀，根據不同的水果，所設計的套袋尺寸和規格也不盡相同。我們查詢與整理農業知識入口網相關資料，及江淑雯.盧柏松(2011)套袋對臍橙果實之影響網頁資料，整理水果套袋需求表(下表 2)：

水果	套袋材質	顏色
蘋果	牛皮紙、雙層紙袋	內黑外黃、內紅外黃
梨	牛皮紙、無紡布	白色或黃色
葡萄	牛皮紙、塑膠袋	黃色或透明
芒果	雙層紙袋、塑膠袋	內黑外黃、內紅外黃
番石榴	保麗龍網狀袋、塑膠袋	透明或白色
香蕉	雙層袋 (防曬)	內黑外白
荔枝	塑膠袋 (防水)	透明或微黃
柑橘類	無紡布、塑膠袋	透明或白色
火龍果	尼龍網袋	黑色

圖 3-1：市面上常見的水果套袋(舉隅)

【討論】：

經過查詢資料和實地踏查，我們才發現水果套袋有這麼多的種類與注意事項，考量到尼龍網袋和塑膠袋無法回收或焚燒，加上有果園的親友可以讓我們進行測試，因此小組決定先以種植「番石榴(芭樂)」的套袋為研究主軸。

研究二、新型水果套袋製程之探討。

研究 2-1：水果套袋成膜測試。

【實驗說明】

直接將交聯作用後的液體成膜，烘乾時間久、且成本較高，失敗率高。因此我們想在溶液成膜的過程中與布料結合，製作出「低成本、高透氣度」的套袋。我們根據參考文獻使用最低成膜濃度比例 2% 海藻酸鈉糊液、1% 乳酸鈣，進行水果套袋成膜試驗。

我們先以文獻中的滴管及噴霧器的方式，但都會形成塊狀，無法平整的交聯成膜。最後想到以布料平鋪於淺盤，再移動至另一盤溶液的方式，終於成功踏出第一步！

【糊液調製方式】

1. 調製「海藻酸鈉糊液」，重量比例為
1g 水 : 50g 海藻酸鈉。
2. 調製「乳酸鈣水溶液」，重量比例為
1g 水 : 100g 乳酸鈣。

【實驗步驟】

1. 分別將「海藻酸鈉糊液」、「乳酸鈣水溶液」倒入不同的淺盤中。
2. 為方便觀察成膜的情形，在海藻酸鈉糊液中添加藍色墨水。
3. 將粗紗布放入「海藻酸鈉糊液」1分鐘，確保兩面都沾到糊液。
4. 將泡過海藻酸鈉糊液的紗布移至「乳酸鈣水溶液」1分鐘，確保每個部分都沾到溶液。
5. 將成膜後的紗布移置不鏽鋼網架上自然晾乾。
6. 改變紗布種類，調整為中紗布與細紗布，重複步驟 3~5。
7. 調整步驟 3~4 的順序，將紗布先浸入「乳酸鈣水溶液」再移至「海藻酸鈉水溶液」。

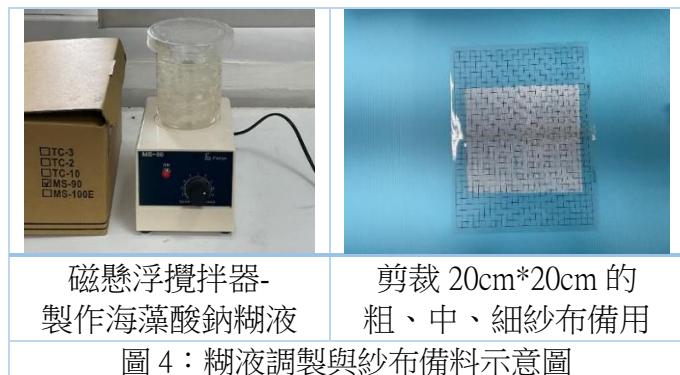


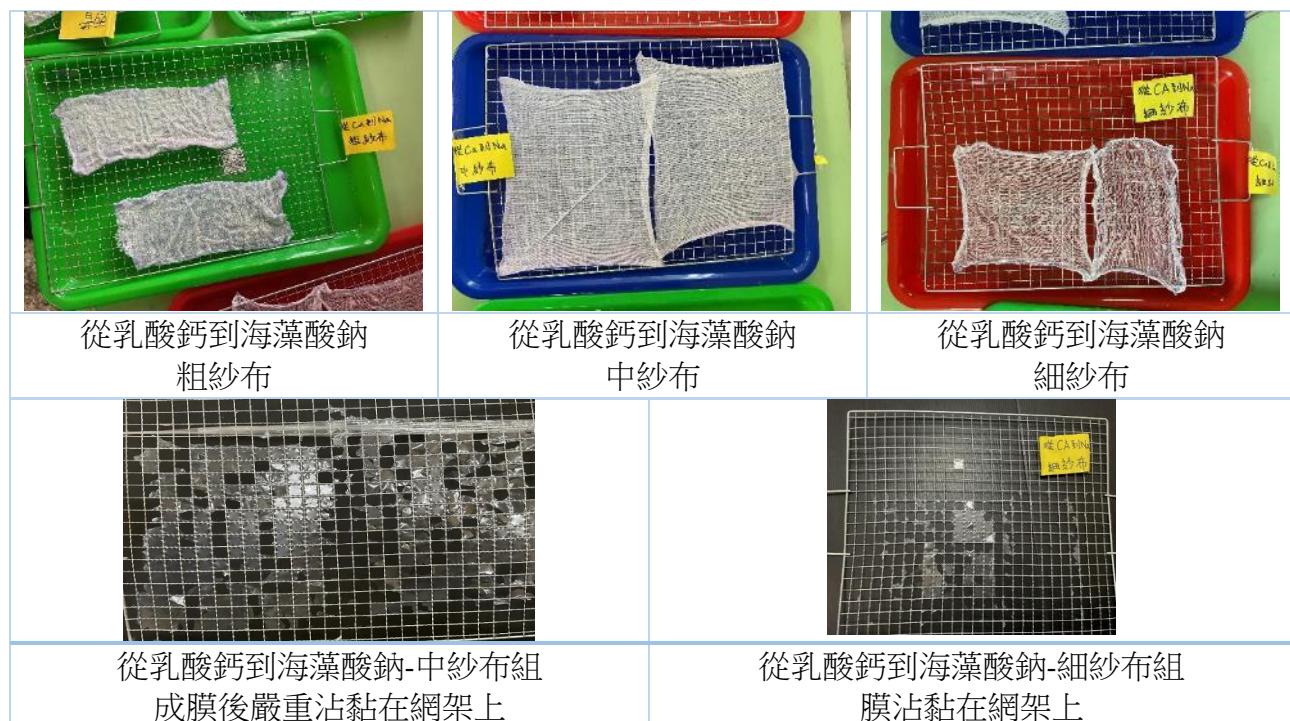
圖 4：糊液調製與紗布備料示意圖



圖 4-1：新型水果套袋成膜實驗流程圖

【研究結果】

(一) 從乳酸鈣到海藻酸鈉實驗結果



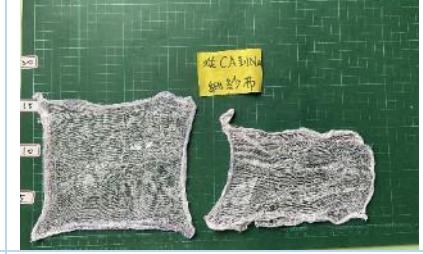
		
從乳酸鈣到海藻酸鈉 粗紗布表面成膜較多	從乳酸鈣到海藻酸鈉 中紗布幾乎沒有成膜	從乳酸鈣到海藻酸鈉 細紗布表面坑坑洞洞的

圖 4-2：從乳酸鈣到海藻酸鈉實驗過程圖

【研究發現】

- 先浸入「乳酸鈣水溶液」再移至「海藻酸鈉糊液」的膜會黏在不鏽鋼網架上，不可行!
- 改變浸泡順序，先沾取「海藻酸鈉糊液」，後沾取「乳酸鈣水溶液」的方法，可行!
- 成膜後的紗布表面摸起來平滑、有點脆脆的感覺。

研究 2-2：水果套袋基底材料與膜接合情形探討。

【實驗說明】

為了確認成膜與布料接合的情形，我們參訪織品文物館與布料行，學習相關知識，並嘗試用顯微鏡觀察紗線的粗細與孔隙大小。



圖 4-3：用放大鏡觀察布料組織

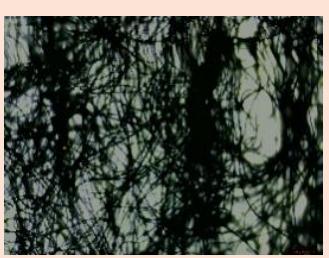
【實驗步驟】：

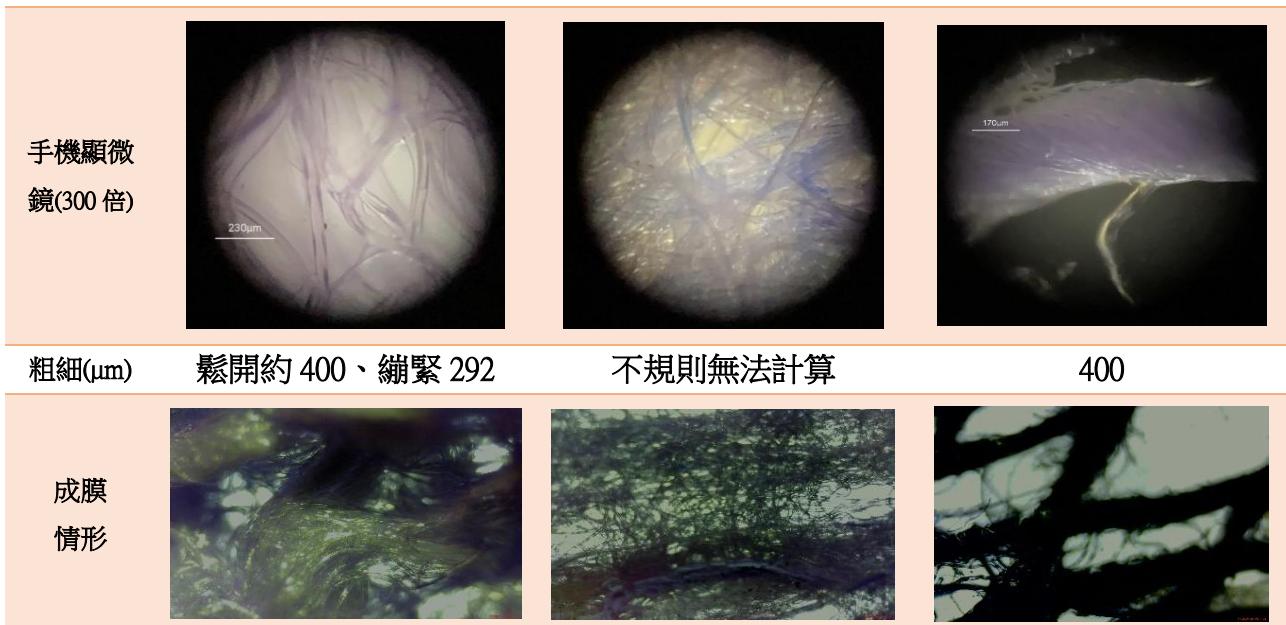
- 在顯微鏡下方放上刻度尺，觀察並點數 1mm 範圍內的孔隙。
- 用手機顯微鏡之比例尺做線條粗細的細部確認。

【研究結果】：

- 粗紗布自然鬆開時與細紗布孔隙 0.2~0.25mm 大小相近，繃緊時則孔隙變大。
- 粗紗布鬆開時與細紗布的纖線 400 μm 相近，但繃緊時則變成 292 μm 。
- 中紗布布料纖維不規則，無法觀察到明顯的線條。
- 根據色素深淺觀察，紗線上滲入與覆蓋較多的膜，兩個紗線之間的孔隙，也是有膜覆蓋與接合。

表 3 不同基底材料與膜接合情形一覽表

種類	粗紗布	中紗布	細紗布
顯微鏡 (112 倍)			
孔隙(mm)	鬆開 0.25、繃緊 0.5	不規則無法計算	0.2



研究 2-3：水果套袋基底材料測試。

【實驗說明】

確認膜能順利與布料結合後，我們尋找可以當作基底的材料進行測試。基於環保的想法，我們選擇成本低廉的紗布、彈性繩帶進行測試。

【實驗步驟】：

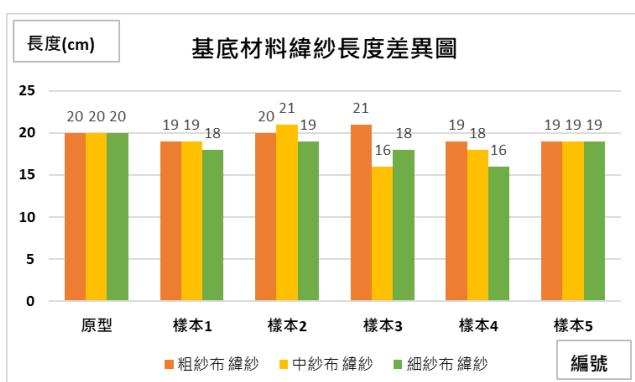
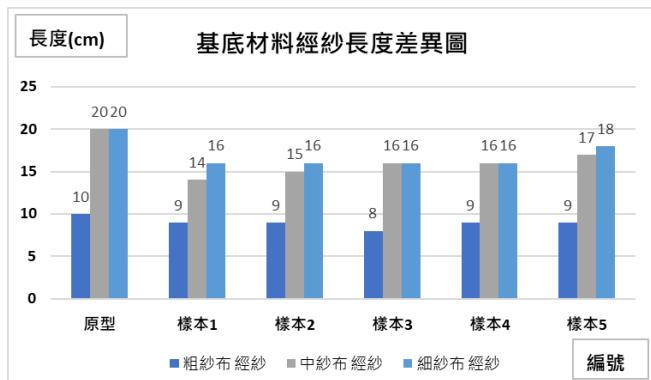
- 同研究 2-1 的實驗步驟。
- 分別將步驟 2 的基底材料改為不織布(中紗布)20*20cm、彈性紗布(粗紗布)20*10cm，觀察成膜情形。

【研究結果】：

- 各組紗布經紗縮小率較高。
- 中紗布和細紗布總面積縮小比率較高。

表 4 不同基底材料測試一覽表(單位:cm)

編號	類型	粗紗布		中紗布		細紗布	
		經紗	緯紗	經紗	緯紗	經紗	緯紗
原型	10	20	20	20	20	20	20
樣本1	9	19	14	19	16	18	
樣本2	9	20	15	21	16	19	
樣本3	8	21	16	16	16	18	
樣本4	9	19	16	18	16	16	
樣本5	9	19	17	19	18	19	
平均	8.8	19.6	15.6	18.6	16.4	18	
縮小率	-12%	-2%	-22%	-7%	-18%	-10%	
總面積縮 小率	-13.76%		-27.46%		-26.20%		



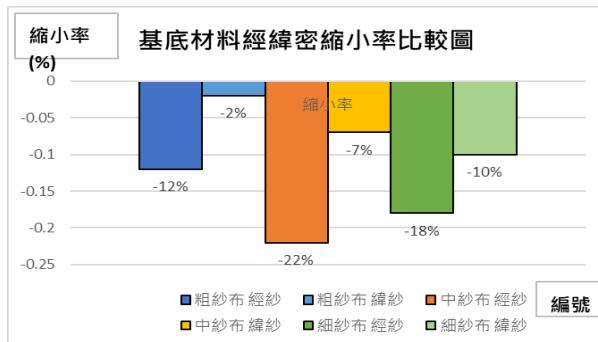


圖 4-4~4-6 不同基底材料經緯密縮小率比較圖

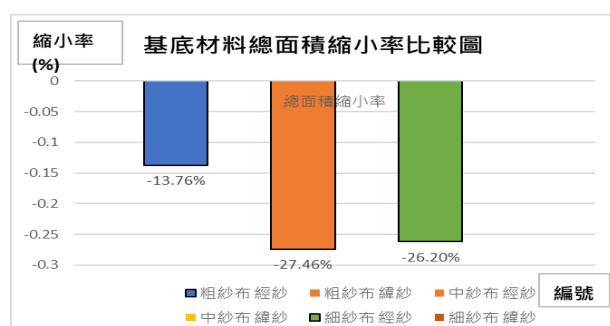


圖 4-7 不同基底材料總面積縮小率比較圖

【討論】

從實驗發現，中紗布(不織布材質)、細紗布(滅菌紗布)容易受到晾曬時重心拉扯而變長，因此在製作與晾曬套袋時，應盡量平舖。因此後續實驗改為用不鏽鋼網架平鋪的方式晾乾。三種材質中，細紗布為棉製品，成分相較天然一些。[製作水果套袋因為長期掛在樹上，受到重心拉扯易變形，建議以經紗方向朝上下吊掛，可減少變形的情況。](#)

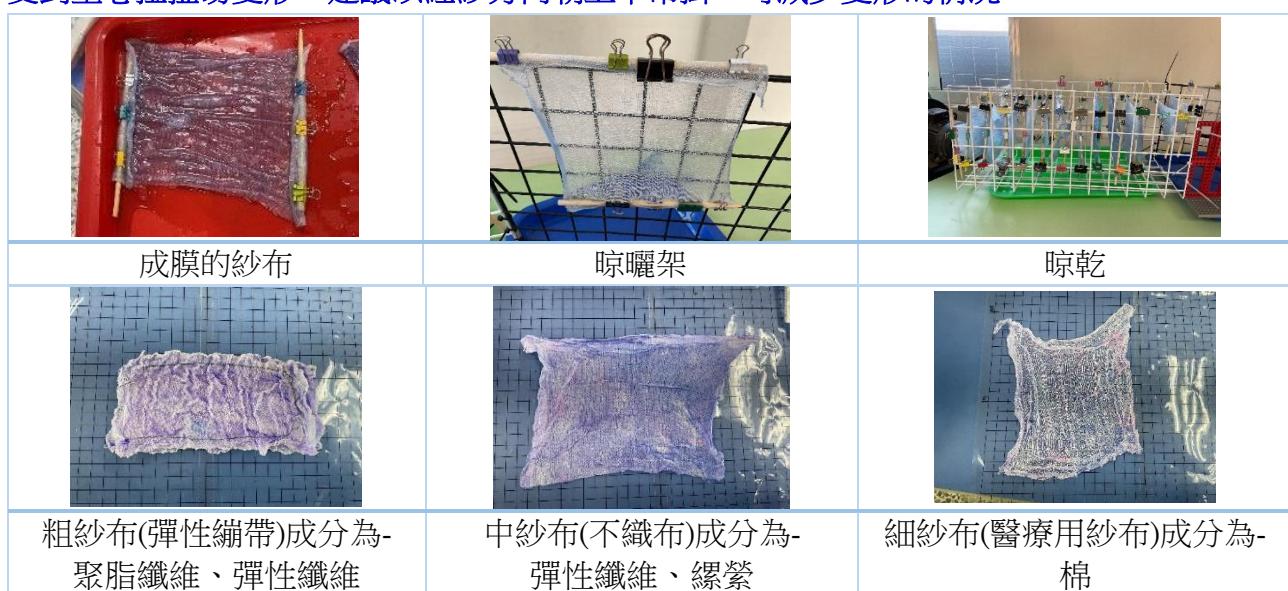


圖 4-8：新型水果套袋基底材料實驗過程圖

研究三、探討水果套袋成品的測量方式。

【實驗說明】

通用性的水果套袋需具備的特性為「水果成長空間、保護性、透氣性、防水性」，基於此，我們分別將成品進行測試，以了解成效。

【實驗步驟】：

一、縮小率測量步驟(尺寸改變)

1. 測量尚未沾取溶液的紗布大小。
2. 辨識經紗(縱向紗線)、緯紗(橫向紗線)。
3. 進行實驗，將成膜後的紗布移至不鏽鋼網架上自然晾乾一週。
4. 測量乾燥後的長(經紗-縱向)、寬(緯紗-橫向)，記錄於實驗紀錄冊上。

5. 輸入 excel 檔案計算總面積改變的差異。

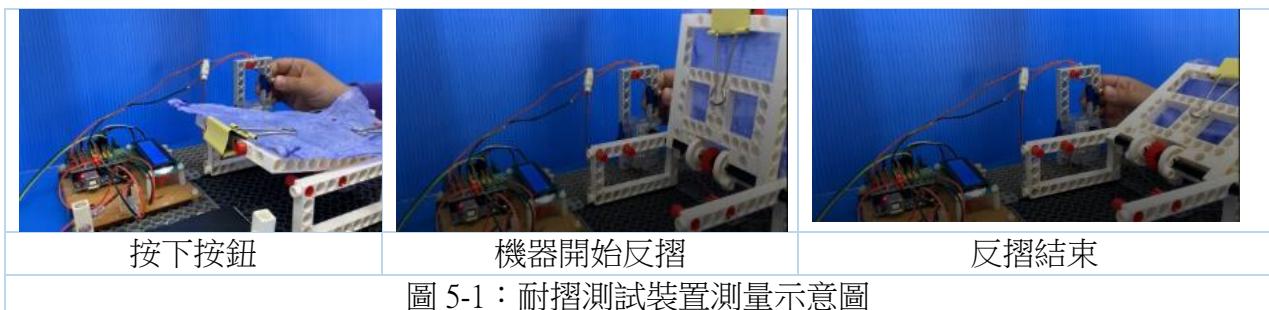
$$\text{縮小率} = [(\text{乾燥面積} - \text{原面積}) / \text{原面積}] * 100\%$$



二、耐受性測量步驟(摺壓/拉扯)

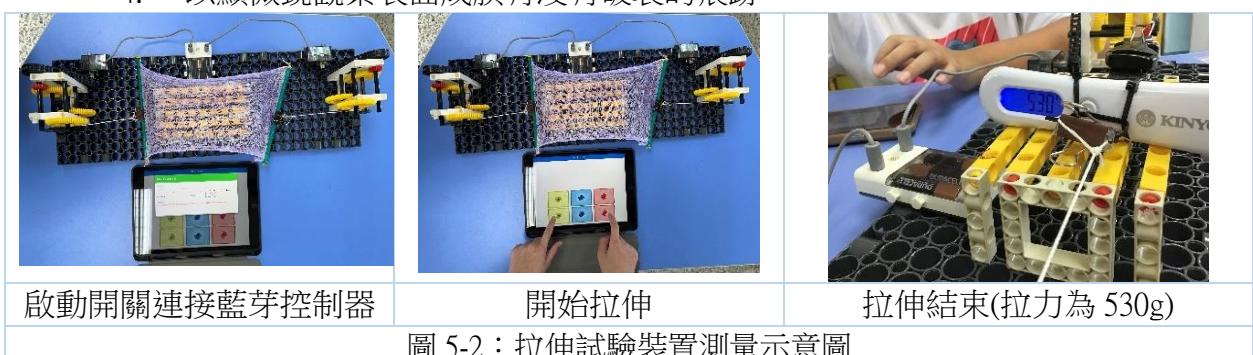
(一) 自製「耐摺測試裝置」：

1. 以智高積木組裝機構，接上齒輪盒與 arduino uno 面板，從函式庫下載程式並修改參數，透過電阻控制馬達的轉速(3~254)，數值愈大代表電流愈大，直流馬達轉速就愈快。按下啟動鍵，以馬達帶動齒輪轉動，可以控制反覆壓褶的力量。
2. 以自製壓摺機反覆壓褶 10 次，以顯微鏡觀察表面成膜有沒有破裂的痕跡。



(二) 自製「拉伸試驗裝置」：

1. 以智高積木組裝機構，接上齒輪盒帶動外部連桿轉動，將二條棉線末端各自綁上長尾夾。
2. 待測布料緯紗方向兩端夾上封口夾使受力平均，再以長尾夾夾住封口夾。
3. 開啟電源，連接藍芽控制器，連桿轉動捲起棉線，直至緊繃持續 20 秒。
4. 以顯微鏡觀察表面成膜有沒有破裂的痕跡。



三、透氣性測量步驟

(一)煙霧穿透性

1. 取 1000mL 燒杯，底部放入鐵蓋，上方放置 5g 煙餅。
2. 以長柄打火機點燃煙餅，上方覆蓋成膜後的紗布。
3. 在暗箱中錄影至煙餅燃燒完畢。
4. 以錄影回放，觀察煙霧從紗布中流出的情形。

		
使用軟管點火器點燃煙餅	拍攝煙霧從紗布流出情況	持續至煙餅燃燒完畢

圖 5-3：煙霧穿透性測量示意圖

(二)水氣穿透性

1. 取 300mL 燒杯，加入 200mL 热水，上方以熱熔膠將紗布黏合。
2. 將氯化亞鈷試紙烘乾，以點膠固定在上蓋。
3. 蓋上圓筒隔絕外部空氣，計時 30 秒。
4. 以 Image J 測量變色面積，輸入 Excel 檔計算變色比率。

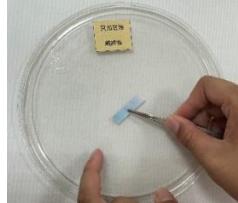
			
固定氯化亞鈷試紙 覆蓋在熱水杯與 膜裝置的上方	開蓋放入觀察箱，並以 平板再觀察孔拍攝試紙	以 Image J 測量變色面 積，並計算比率	

圖 5-4：水氣穿透性測量示意圖

四、防水性(水分散失比率)測試

(一)浸泡實驗

1. 將成膜乾燥的紗布於電子秤上秤重。
2. 將紗布放入水中浸泡 5 分鐘後，取出瀝乾 10 秒，測量重量。
3. 於晾曬架上靜置 6 小時後秤重，持續 72 小時。
4. 輸入 excel 檔案計算總重量改變的差異。

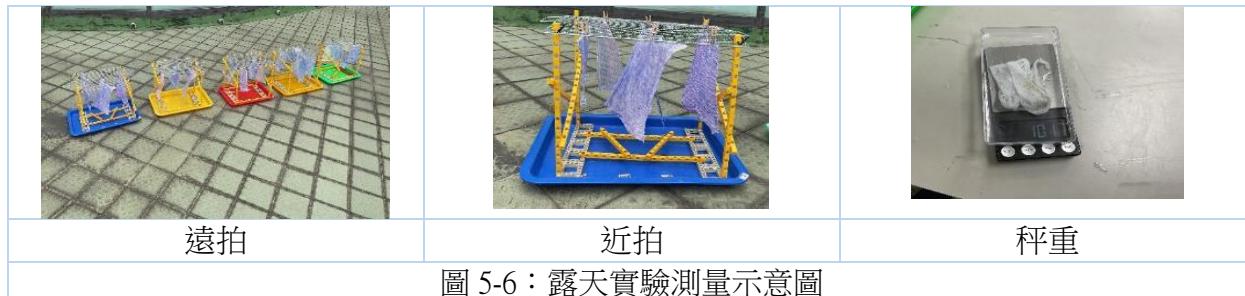
$$\text{吸水率} = [(\text{浸水後重量} - \text{原重量}) / \text{原重量}] * 100\%$$

		
將成品浸泡於水中	在通風處進行晾晒	每隔一段時間秤重

圖 5-5：浸泡實驗測量示意圖

(二) 露天實驗

1. 將成膜乾燥的紗布於電子秤上秤重。
2. 以小木夾夾在晾曬架上，於露天陽台上靜置 7 天。



研究四、探討水果套袋成膜的特性。

研究 4-1：水果套袋不同添加物測試。

【糊液調製方式】

1. 調製「海藻酸鈉糊液」，重量比例為 1g 海藻酸鈉 : 50g 水。
2. 調製「乳酸鈣水溶液」，重量比例為 1g 乳酸鈣 : 100g 水。
3. 調製「甘油糊液」，重量比例為 1g 甘油 : 50g 海藻酸鈉糊液。
4. 調製「醋酸糊液」，重量比例為 1.5g 醋酸 : 100g 海藻酸鈉糊液。
5. 調製「甘油醋酸糊液」，重量比例為 1g 甘油糊液 : 1g 醋酸糊液。

【實驗步驟】

1. 分別將「海藻酸鈉糊液」、「乳酸鈣水溶液」倒入不同的淺盤中。
2. 為方便觀察成膜的情形，在海藻酸鈉糊液中添加藍色墨水。
3. 將粗紗布放入「海藻酸鈉糊液」1 分鐘，確保兩面都沾到糊液。
4. 將泡過海藻酸鈉糊液的紗布移至「乳酸鈣水溶液」1 分鐘，確保每個部分都沾到溶液。
5. 將成膜後的紗布移置不鏽鋼網架上自然晾乾。
6. 改變紗布種類，調整為中紗布與細紗布，重複步驟 3~5。
7. 改變「海藻酸鈉糊液」添加物，調整為「甘油糊液」、「醋酸糊液」與「甘油醋酸糊液」、重複步驟 3~6。

【研究結果一(一)縮小率】：

1. 加了甘油、醋酸甘油後，粗紗布、中紗布的緯紗，竟然放大了！
2. 加了甘油、醋酸甘油後，中紗布的總面積變大。
3. 粗紗布和中紗布共同的材質是「聚脂纖維」，與甘油作用後的變化需要進一步確認。

表 5 不同添加物-經緯密縮小率一覽表(單位:%)

添加物 類型	粗紗布		中紗布		細紗布	
	經紗	緯紗	經紗	緯紗	經紗	緯紗
原配方	-10%	-5%	-15%	-5%	-20%	-10%
只加甘油	-20%	10%	-10%	15%	-30%	-20%
只加醋酸	-20%	-8%	-20%	25%	-30%	-30%
醋酸甘油	-15%	5%	-5%	15%	-35%	-10%

表 5-1 總面積縮小率(單位:%)

添加物 類型	粗紗布	中紗布	細紗布
原配方	-15%	-19%	-28%
只加甘油	-12%	4%	-44%
只加醋酸	-26%	0%	-51%
醋酸甘油	-11%	9%	-42%

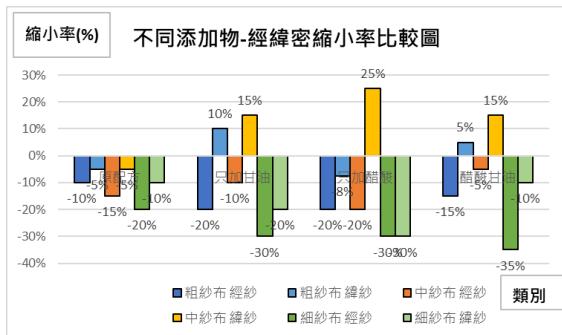


圖 6 不同添加物-經緯密縮小率比較圖

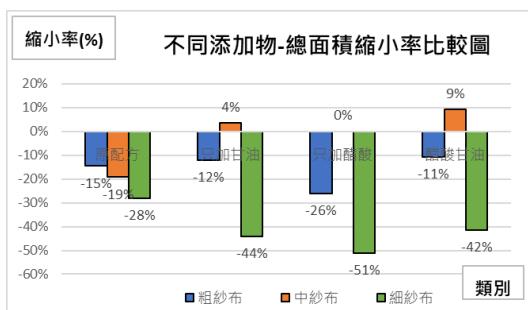


圖 6-1 不同添加物-總面積縮小率比較圖

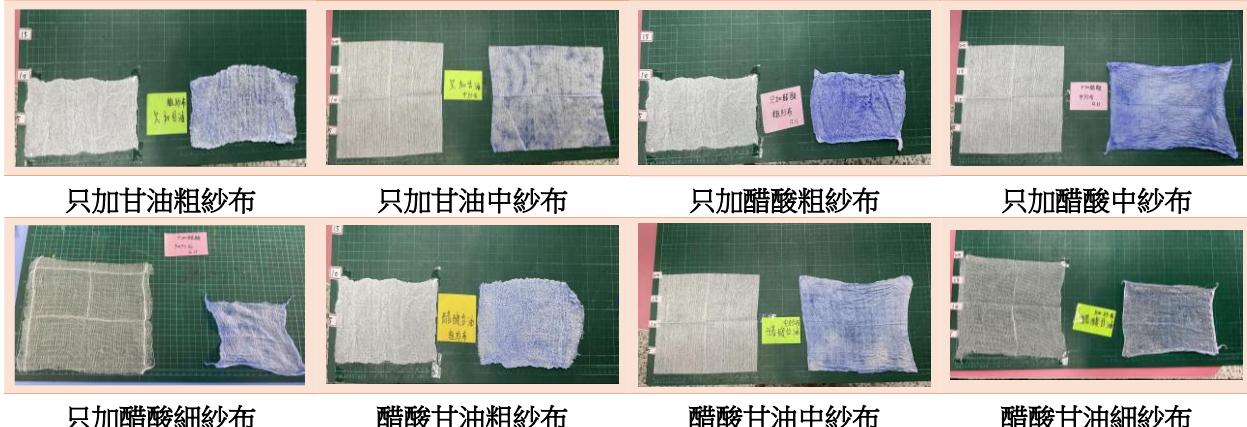


圖 6-2 不同添加物-縮小率實物圖(舉隅)

【研究結果一(二)耐受性】：

1. 使用自製「耐摺測試裝置」反覆壓摺，只能稍微留下摺痕，但沒有破裂。
2. 使用自製「拉伸試驗裝置」，由於是平均受力，沒有任何膜破裂。
3. 三種布在未上膜之前，往緯紗拉都容易鬆開或掉線，中紗布(不織布)甚至整張變形。
4. 中紗布成膜後，在拉伸過程，用手指或尖銳物去戳，就容易整張布破裂。
5. 粗紗布和細紗布成膜後，往緯紗方向拉，會拉出孔隙，但沒有膜掉落。
6. 用手機顯微鏡觀察線段之間的膜，粗紗布、中紗布有細線，細紗布則少線、甚至無線。

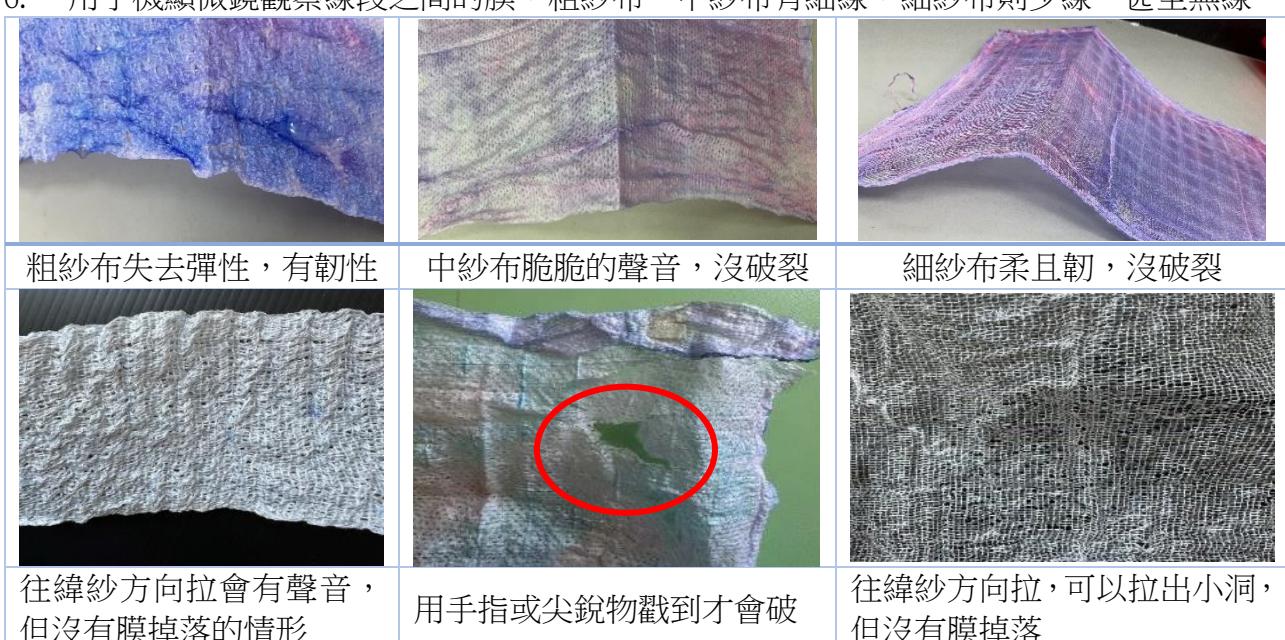


圖 6-3 不同添加物-套袋的耐受性測試示意圖

【研究結果一(三)透氣性—煙霧穿透性】：

- 我們想了解成膜後的透氣效果，因此我們採用煙霧穿透的方式進行透氣性檢驗。
- 根據錄影結果，擷取煙霧最多的時候進行截圖。
- 加了醋酸、醋酸甘油後的透氣性比較差。
- 加了甘油的透氣性提升，與總面積變大是否有關聯，令人感到好奇！

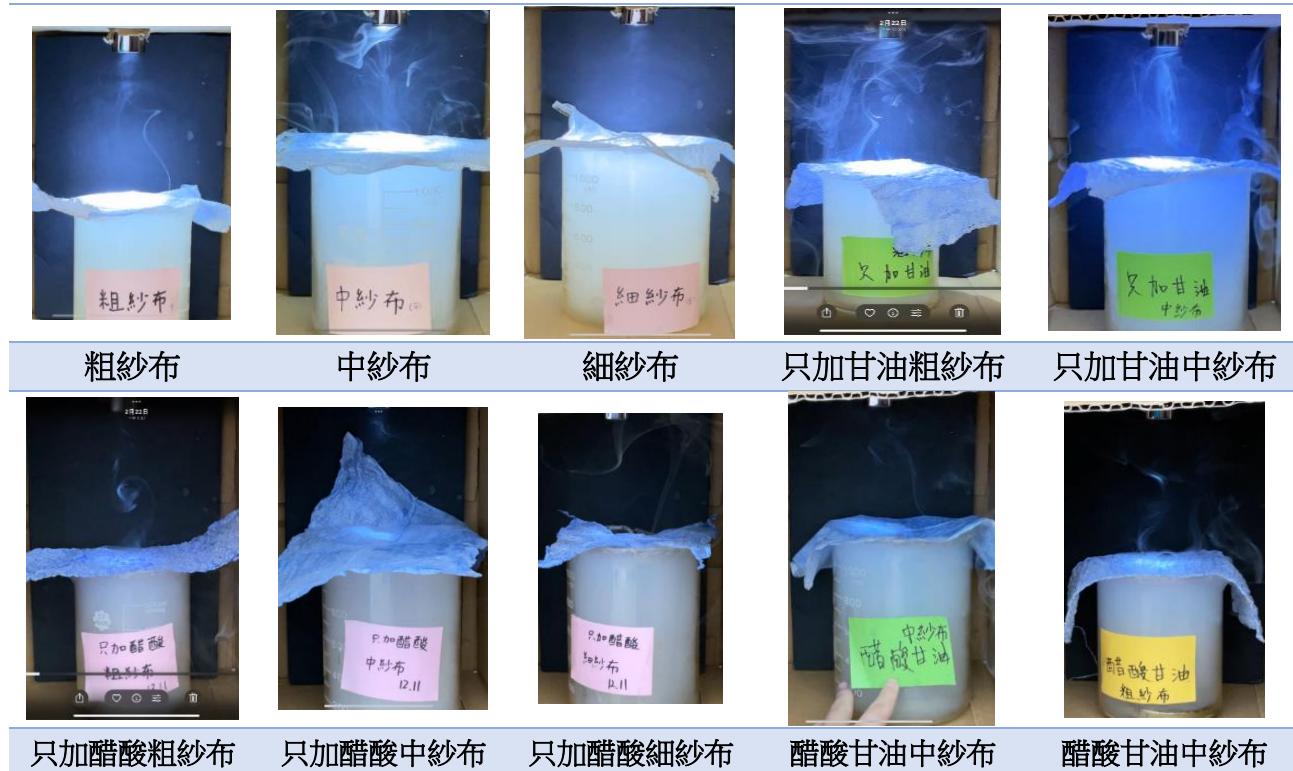


圖 6-4 不同添加物-透氣性

【研究結果一(三)透氣性—水氣穿透性】：

- 由於煙霧穿透的方式不容易量化，我們運用氯化亞鈷試紙確認這個半透膜是否能讓水分子通過。
- 原配方成膜後，粗紗布的透氣性稍微降低。
- 只加醋酸的透氣性降低，推測是醋酸讓成膜的固著度提升，變得更緊密。
- 只加甘油透氣性提升，紗布摸起來柔軟，推測布料的結構變鬆散了。

表 5-2 不同添加物-透氣性一覽表(單位:%)

類型 添加物	原型	原配 方	只加 甘油	只加 醋酸	醋酸 甘油
粗紗布	93%	90%	95%	89%	87%
中紗布	92%	92%	95%	88%	84%
細紗布	91%	91%	96%	91%	83%

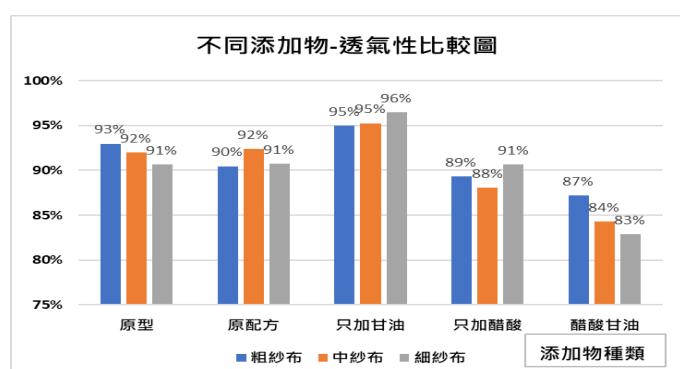


圖 6-5 不同添加物-透氣性比較圖

【研究結果一(四)防水性】：

1. 中紗布添加甘油，比其他布料更油。
2. 原配方在 24 小時後，重量變化最少。
3. **原配方+甘油的情況下，各組紗布減輕比率為 12%~52%，推測有部分物質已經溶出。**
4. 原配方+醋酸，24 小時後粗、中紗布重量有稍微減少，細紗布減少 39%較多。
5. 原配方+醋酸甘油，24 小時後重量減輕 25%~44%，推測是受到甘油的影響。

表 5-3 原配方-吸水率一覽表(單位:g)

原配方(g)	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	2.68	3.16	1.73
吸水	18.13	57.18	10.43
6小時後	4.13	28.01	2.5
24小時後	2.53	3.18	1.68
48小時後	2.53	3.15	1.66

表 5-4 原配方-水分散失比率一覽表(單位:%)

原配方	粗紗布	中紗布	細紗布
吸水	576%	1709%	503%
6小時後	54%	786%	45%
24小時後	-6%	1%	-3%
48小時後	-6%	0%	-4%

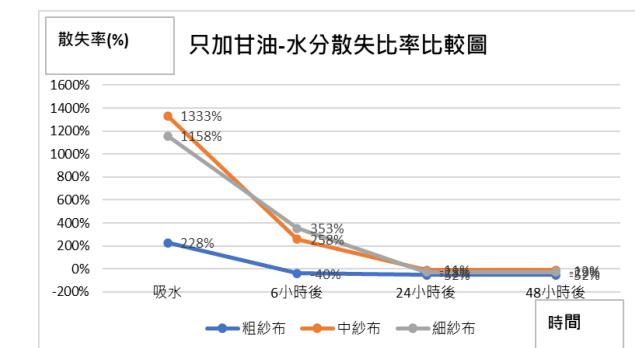
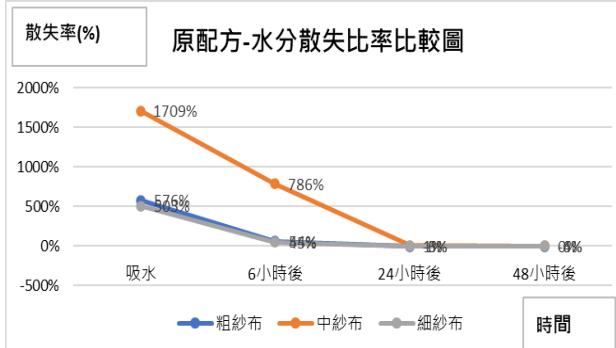


表 5-5 只加甘油-吸水率一覽表(單位:g)

只加甘油(g)	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	5.61	2.93	2.95
吸水	18.39	41.98	37.1
6小時後	3.37	10.48	13.36
24小時後	2.7	2.61	2.11
48小時後	2.68	2.59	2.08

表 5-7 只加醋酸-吸水率一覽表(單位:g)

只加醋酸(g)	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	2.99	3.33	2.48
吸水	22.68	41.54	17.07
6小時後	6.23	15.55	3.52
24小時後	2.9	3.07	1.6
48小時後	2.9	3.04	1.51

表 5-6 只加甘油-水分散失比率一覽表(單位:%)

只加甘油	粗紗布	中紗布	細紗布
吸水	228%	1333%	1158%
6小時後	-40%	258%	353%
24小時後	-52%	-11%	-28%
48小時後	-52%	-12%	-29%

表 5-8 只加醋酸-水分散失比率一覽表(單位:%)

只加醋酸	粗紗布	中紗布	細紗布
吸水	659%	1147%	588%
6小時後	108%	367%	42%
24小時後	-3%	-8%	-35%
48小時後	-3%	-9%	-39%

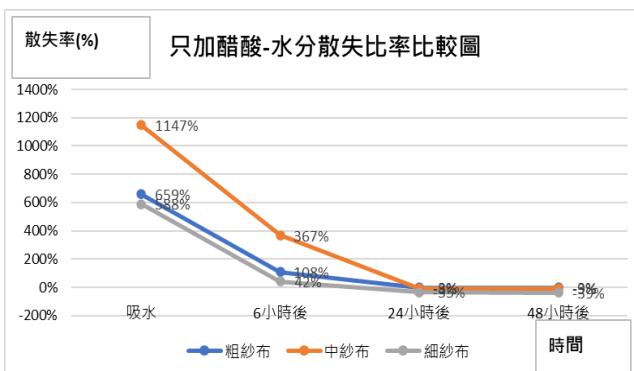


圖 6-8 只加醋酸-水分散失比率一覽表(單位:%)

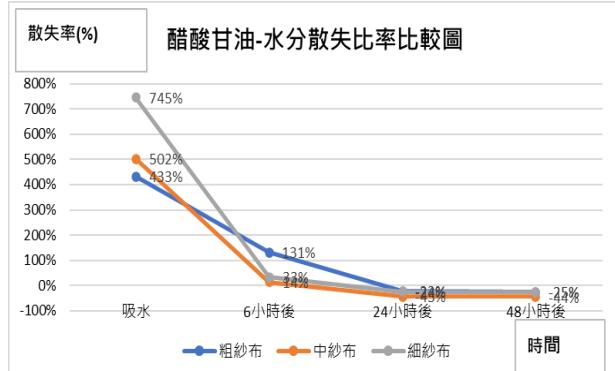


圖 6-9 醋酸甘油-水分散失比率一覽表(單位:%)

表 5-9 醋酸甘油-吸水率一覽表(單位:g)

醋酸甘油(g)	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	4.74	3.95	2.42
吸水	25.25	23.79	20.44
6小時後	10.95	4.49	3.23
24小時後	3.68	2.24	1.84
48小時後	3.54	2.21	1.81

表 5-10 醋酸甘油-水分散失比率一覽表(單位:%)

醋酸甘油	粗紗布	中紗布	細紗布
吸水	433%	502%	745%
6小時後	131%	14%	33%
24小時後	-22%	-43%	-24%
48小時後	-25%	-44%	-25%

【討論】

實驗發現，甘油會影響物質附著在基底材料的情況，以致於吸水再晾乾的情況下，有所損耗。中紗布受到本身材料的特性，在不同的配方中，變化最大。

我們在實驗過程中，發現膜的厚薄會影響透氣性和吸水性，因此將布繃緊後再用游標卡尺測量三個點取平均，結果發現粗紗布厚度變化最大，中紗布遇到醋酸厚度增多，細紗布則是在原配方的情況下厚度較多一些。

表 5-11 不同添加物-成膜厚度一覽表(單位:mm)

類型添加物	原型	原配方	只加甘油	只加醋酸	醋酸甘油
粗紗布	0.24	1.51	0.73	1.86	0.71
中紗布	0.10	0.93	0.39	0.33	0.67
細紗布	0.13	0.41	0.23	0.24	0.30

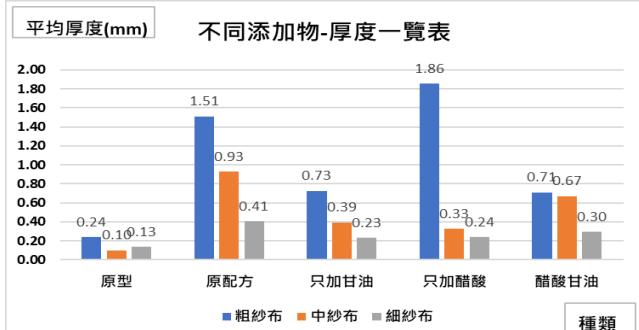


圖 6-10 不同添加物-成膜厚度比較圖

研究 4-2：水果套袋不同停留時間測試。

【實驗說明】

在之前的實驗中，紗布浸泡在「海藻酸鈉糊液」與「乳酸鈣水溶液」的時間皆為 1 分鐘。因此我們嘗試改變紗布浸泡在「海藻酸鈉糊液」與「乳酸鈣水溶液」的時間，改為 30 秒鐘、1 分鐘 30 秒鐘，與 2 分鐘，以了解布料在這兩種糊液中滲入或包覆的情形。

【糊液調製方式】

1. 調製「海藻酸鈉糊液」，重量比例為 1g 海藻酸鈉：50g 水。
2. 調製「乳酸鈣水溶液」，重量比例為 1g 乳酸鈣：100g 水。

【實驗步驟】

1. 分別將「海藻酸鈉糊液」、「乳酸鈣水溶液」倒入不同的淺盤中。
2. 為方便觀察成膜的情形，在海藻酸鈉糊液中添加藍色墨水。
3. 將粗紗布放入「海藻酸鈉糊液」1分鐘，確保兩面都沾到糊液。
4. 將泡過海藻酸鈉糊液的紗布移至「乳酸鈣水溶液」1分鐘，確保每個部分都沾到溶液。
5. 將成膜後的紗布移置不鏽鋼網架上自然晾乾。
6. 改變紗布種類，調整為中紗布與細紗布，重複步驟 3~5。
7. 固定紗布浸入「海藻酸鈉糊液」的時間，改變紗布浸入「乳酸鈣水溶液」的時間，調整為 30 秒鐘、1 分鐘 30 秒鐘，與 2 分鐘。
8. 固定紗布浸入「乳酸鈣水溶液」的時間，改變紗布浸入「海藻酸鈉糊液」的時間，調整為 30 秒鐘、1 分鐘 30 秒鐘，與 2 分鐘。

【研究結果一(一)縮小率】：

1. 中紗布在不同停留時間中，面積縮小率最少，浸泡海藻酸鈉 1 分 30 秒的時間最穩定。
2. 中紗布緯紗會有放大的情形，浸泡乳酸鈣 2 分鐘放大較多。
3. 隨著浸泡時間的改變，粗紗布、細紗布縮小情形最明顯。

表 5-12 不同停留時間-經緯密縮小率一覽表(單位:%)

添加物 類型	粗紗布		中紗布		細紗布	
	經紗	緯紗	經紗	緯紗	經紗	緯紗
Na-30秒	-20%	-25%	-20%	20%	-45%	-35%
Na-1分30秒	-10%	-25%	-10%	0%	-35%	-30%
Na-2分	-20%	-20%	-30%	10%	-30%	-25%
Ca-30秒	-25%	-5%	-20%	15%	-20%	-5%
Ca-1分30秒	-30%	-5%	-15%	5%	-35%	-10%
Ca-2分	-20%	-5%	-5%	25%	-30%	-10%

表 5-13 總面積縮小率(單位:%)

添加物 類型	粗紗布	中紗布	細紗布
Na-30秒	-40%	-4%	-64%
Na-1分30秒	-33%	-10%	-55%
Na-2分	-36%	-23%	-48%
Ca-30秒	-29%	-8%	-24%
Ca-1分30秒	-34%	-11%	-42%
Ca-2分	-24%	19%	-37%

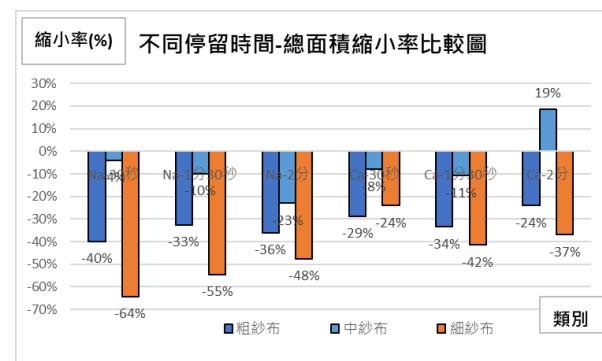
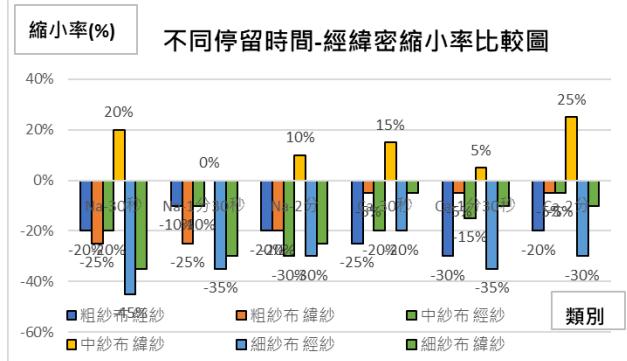


圖 6-11 不同停留時間-經緯密縮小率比較圖 圖 6-12 不同停留時間-總面積縮小率比較圖

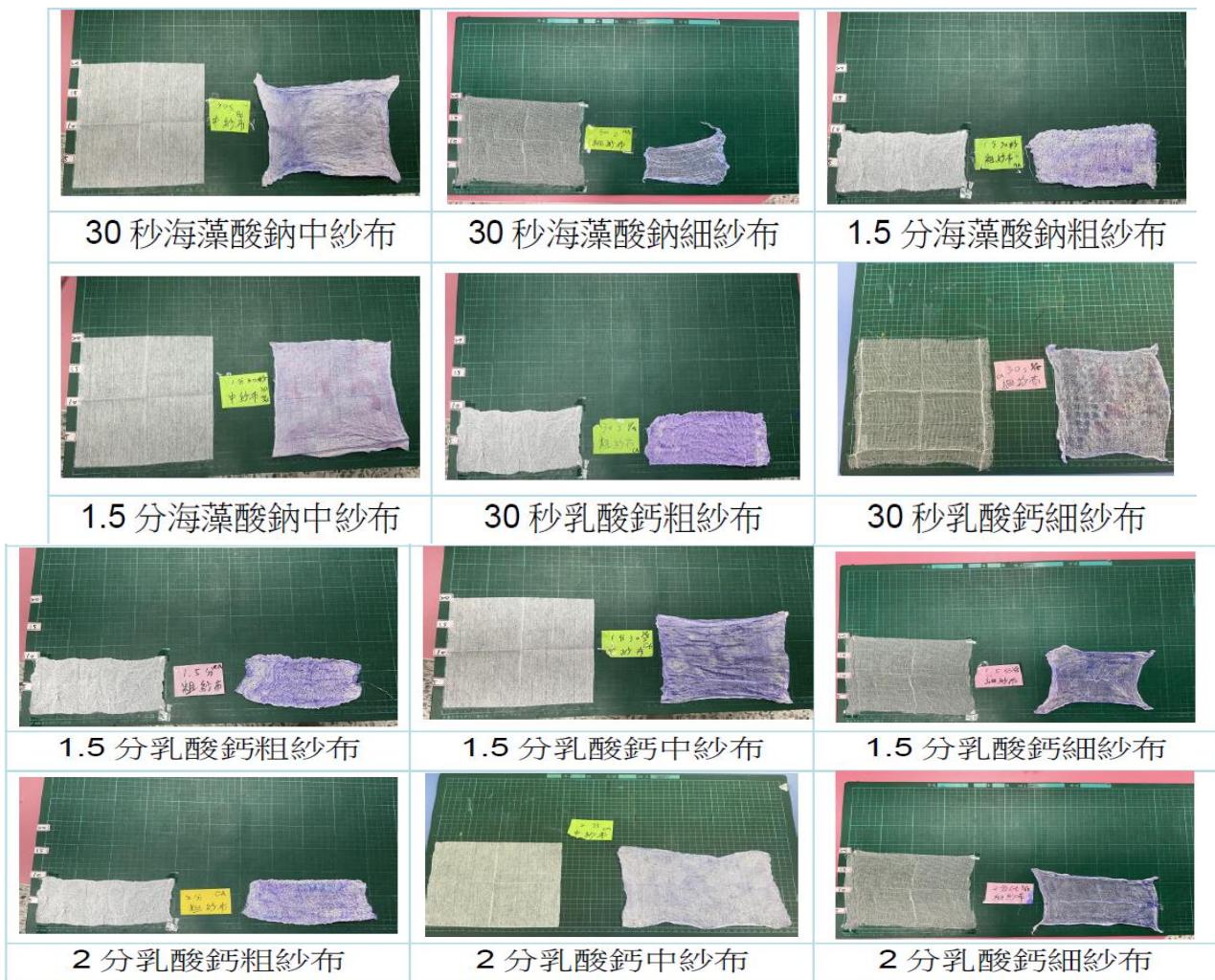


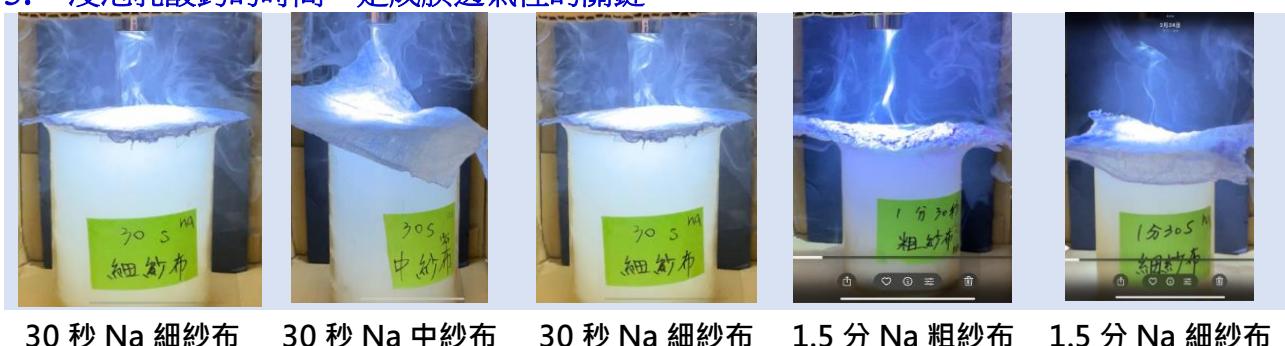
圖 6-13 不同停留時間-縮小率實物圖

【研究結果一(二)耐受性】：

1. 浸泡時間對耐受性沒有明顯差異。
2. 各組紗布都沒有破裂的情形，也是朝向緯紗拉扯比較容易鬆開。
3. 用手機顯微鏡觀察線段之間的膜，浸泡海藻酸鈉 2 分鐘的中紗布、細紗布沒有出現線段條，耐受性較高。

【研究結果一(三)透氣性-煙霧穿透性】：

1. 改變海藻酸鈉浸泡時間的組別，透氣性較佳，沒有明顯差異。
2. 改變乳酸鈣浸泡時間的組別，透氣性較差。
3. 浸泡乳酸鈣的時間，是成膜透氣性的關鍵。



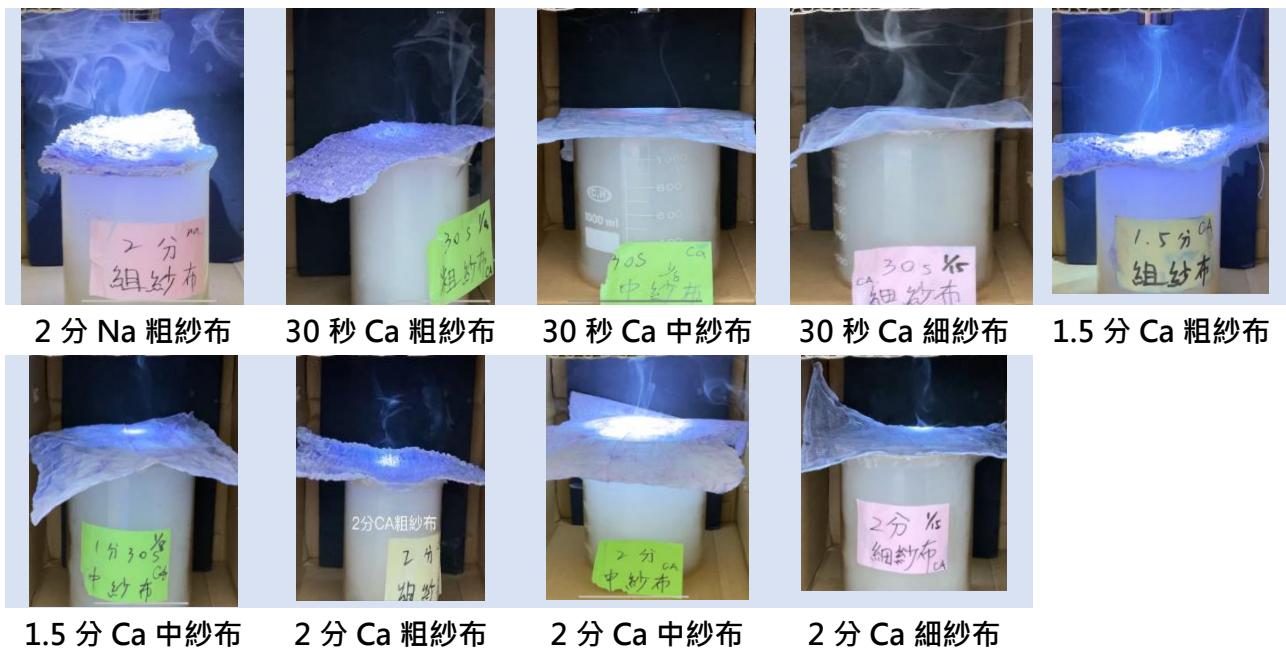


圖 6-14 不同停留時間-透氣性

【研究結果一(三)透氣性—水氣穿透性】：

- 停留 30 秒的組別透氣性很高。
- 停留 1 分鐘以上的組別，透氣性降低，但差異不大，推測是紗布吸收的飽和點。**

表 5-14 不同停留時間-透氣性一覽表(單位:mm)

類型 添加物	Na 0'30"	Na 1'30"	Na 2'00"	Ca 0'30"	Ca 1'30"	Ca 2'00"
粗紗布	96%	90%	90%	97%	91%	92%
中紗布	98%	90%	93%	96%	93%	91%
細紗布	96%	94%	94%	96%	94%	91%

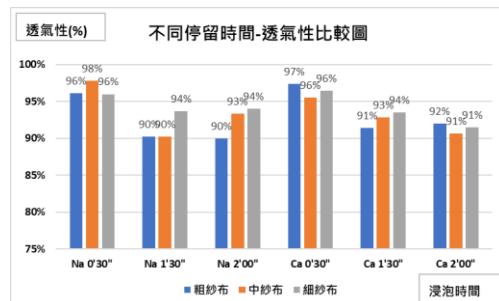


圖 6-15 不同停留時間-透氣性比較圖

【研究結果一(四)防水性】：

- 改變海藻酸鈉的浸泡時間，對細紗布成膜吸水性的影響最大。
- 改變乳酸鈣的浸泡時間，對各組紗布的吸水性影響不大。
- 海藻酸鈉的浸泡時間，是影響吸水性的關鍵！**

表 5-15 海藻酸鈉 30 秒-吸水率一覽表(單位:g) 表 5-16 海藻酸鈉 30 秒-水分散失比率一覽表(單位:%)

Na-30秒(g)	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	3.18	3.42	1.33
吸水	28.24	23.72	15.75
6小時後	13.62	5	5.37
24小時後	3.3	3.32	1.39
48小時後	3.27	3.3	1.39

Na-30秒	粗紗布	中紗布	細紗布
吸水	788%	594%	1084%
6小時後	328%	46%	304%
24小時後	4%	-3%	5%
48小時後	3%	-4%	5%

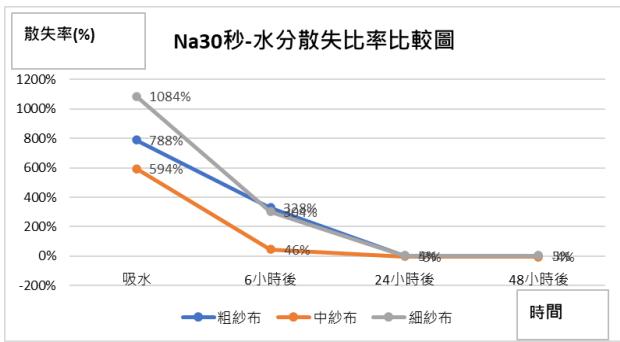


圖 6-16 海藻酸鈉 30 秒-水分散失比率一覽表(單位:%)

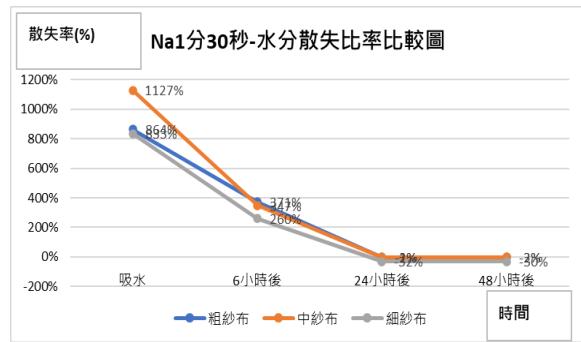


圖 6-17 海藻酸鈉 1.5 分-水分散失比率一覽表(單位:%)

表 5-17 海藻酸鈉 1.5 分-吸水率一覽表(單位:g)

Na-1分30秒(g)	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	3.42	3.58	2.48
吸水	32.96	43.92	23.13
6小時後	16.1	16	8.93
24小時後	3.36	3.55	1.69
48小時後	3.35	3.51	1.73

表 5-19 海藻酸鈉 2 分-吸水率一覽表(單位:g)

Na-2分(g)	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	3.56	3.56	2.26
吸水	30.88	57.16	30.51
6小時後	14.86	26.59	12.46
24小時後	3.33	3.34	1.99
48小時後	3.31	3.45	2.05

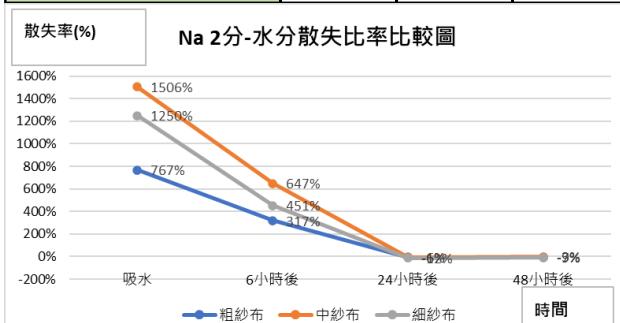


圖 6-18 海藻酸鈉 2 分-水分散失比率一覽表(單位:%)

表 5-18 海藻酸鈉 1.5 分-水分散失比率一覽表(單位:%)

Na-1分30秒	粗紗布	中紗布	細紗布
吸水	864%	1127%	833%
6小時後	371%	347%	260%
24小時後	-2%	-1%	-32%
48小時後	-2%	-2%	-30%

表 5-20 海藻酸鈉 2 分-水分散失比率一覽表(單位:%)

Na-2分	粗紗布	中紗布	細紗布
吸水	767%	1506%	1250%
6小時後	317%	647%	451%
24小時後	-6%	-6%	-12%
48小時後	-7%	-3%	-9%

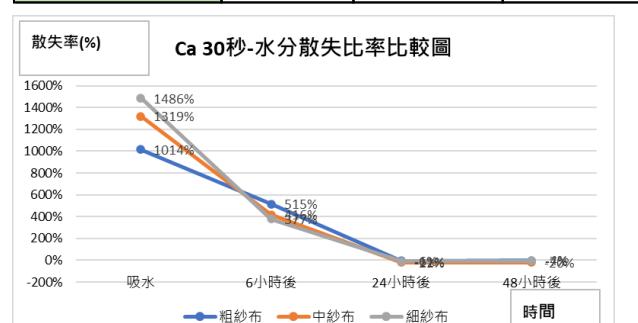
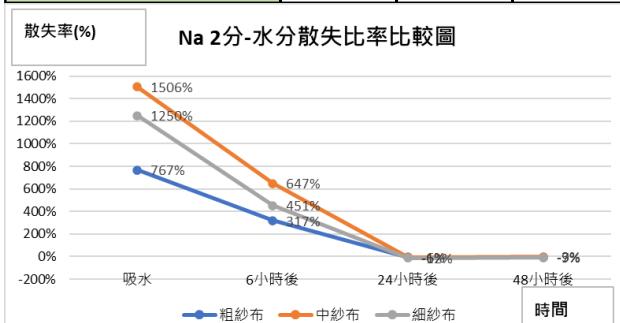


圖 6-19 乳酸鈣 30 秒-水分散失比率一覽表(單位:%)

表 5-21 乳酸鈣 30 秒-吸水率一覽表(單位:g)

Ca-30秒(g)	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	3.01	3.37	2.04
吸水	33.53	47.81	32.35
6小時後	18.5	17.39	9.73
24小時後	2.82	2.64	1.81
48小時後	2.9	2.69	1.89

表 5-22 乳酸鈣 30 秒-水分散失比率一覽表(單位:%)

Ca-30秒	粗紗布	中紗布	細紗布
吸水	1014%	1319%	1486%
6小時後	515%	416%	377%
24小時後	-6%	-22%	-11%
48小時後	-4%	-20%	-7%

表 5-23 乳酸鈣 1.5 分-吸水率一覽表(單位:g)

Ca-1分30秒(g)	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	2.99	2.49	2.03
吸水	25.64	34.58	27.64
6小時後	10.67	10.44	12.2
24小時後	2.82	2.25	1.88
48小時後	2.91	2.31	1.99

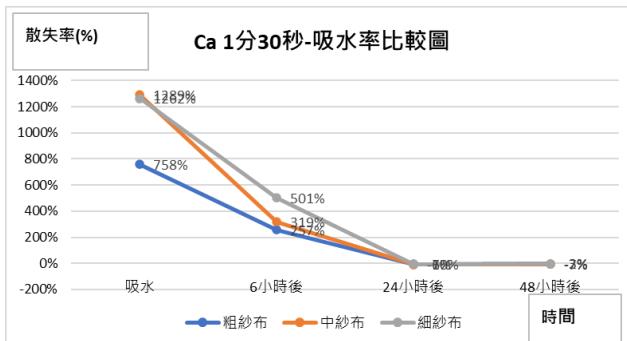


圖 6-20 乳酸鈣 1.5 分-水分散失比率一覽表(單位:%)

表 5-24 乳酸鈣 1.5 分-水分散失比率一覽表(單位:%)

Ca-1分30秒	粗紗布	中紗布	細紗布
吸水	758%	1289%	1262%
6小時後	396%	504%	501%
24小時後	-6%	-10%	-7%
48小時後	-3%	-7%	-2%

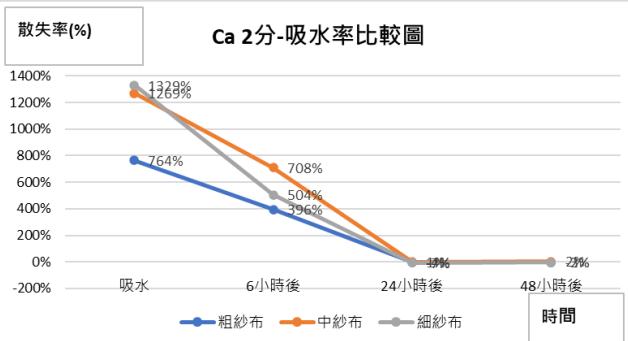


圖 6-21 乳酸鈣 2 分-水分散失比率一覽表(單位:%)

表 5-25 乳酸鈣 2 分-吸水率一覽表(單位:g)

Ca-2分(g)	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	3.65	3.01	1.78
吸水	31.53	41.21	25.43
6小時後	18.09	24.33	10.76
24小時後	3.51	3.03	1.65
48小時後	3.58	3.07	1.72

表 5-26 乳酸鈣 2 分-水分散失比率一覽表(單位:%)

Ca-2分	粗紗布	中紗布	細紗布
吸水	764%	1269%	1329%
6小時後	396%	708%	504%
24小時後	-4%	1%	-7%
48小時後	-2%	2%	-3%

圖 6-11 不同停留時間-吸水率比較圖

【討論】

從實驗發現，要讓水果套袋具備透氣性，浸泡乳酸鈣的時間就不可以太久。要改變水果套袋的吸水性，就要注意海藻酸鈉的浸泡時間，依不同種類水果的需求進行調整。

表 5-27 不同停留時間-成膜厚度一覽表(單位:mm)

類型添加物	Na 0'30"	Na 1'30"	Na 2'00"	Ca 0'30"	Ca 1'30"	Ca 2'00"
粗紗布	2.07	1.29	1.24	1.36	0.81	0.45
中紗布	0.73	0.40	0.28	0.30	0.39	0.40
細紗布	0.47	0.38	0.29	0.32	0.37	0.58

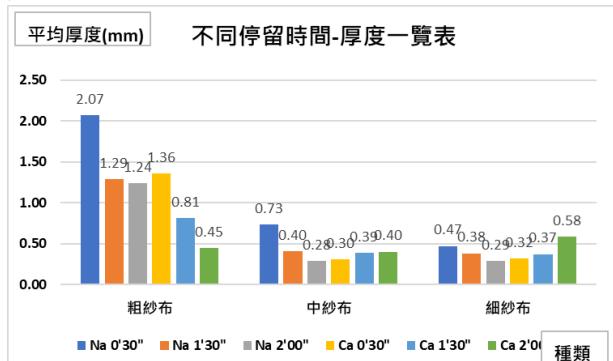


圖 6-22 不同停留時間-成膜厚度比較圖

研究五、探討水果套袋的回收方式。

【實驗說明】

農民種植過程常隨手將套袋丟棄果園地上，但塑膠袋、保麗龍網袋燃燒後會釋放有毒物質，弄髒後通常也不會再使用，對環境是個負擔。水果套袋在戶外的果樹上會有露水、也會淋雨，經過以上的實驗，我們發現添加甘油容易溶出物質，其他配方在防水性、耐受性方面很穩定。因此海藻酸鈉成膜的水果套袋，有推廣的價值性。

我們考慮回收前先脫膜，並參考《鈣多晶球》科展作品中提到：「蘇打溶液濃度比例為3克/200ml，將海藻酸鈉晶球(6克/400ml)放入靜置24小時，晶球會完全分解，小蘇打是碳酸氫鈉，會使交聯膜的鈣被鈉置換出來，膜就被分解了。」根據該論點，進行以下實驗。

【實驗步驟】

1. 準備濃度4.5%的工研酢與濃度4.5%的小蘇打水溶液。
2. 分別將粗、中、細紗布成模品，放入「工研酢」三個淺盤中，確保兩面都沾溼。
3. 再將另一組粗、中、細紗布成模品，放入「小蘇打溶液」三個淺盤，確保兩面都沾溼。
4. 靜置3天後，拿起來瀝乾、秤重，再晾乾1天，再秤重。
5. 紀錄並比較重量變化。

【研究結果】

1. 浸泡濃度4.5%的小蘇打溶液或是醋，在重量上沒有減輕的情況。
2. 浸泡過醋的紗布乾燥過程中，意外吸引螞蟻。

表6 分解實驗一覽表(單位:g)

小蘇打水	粗紗布	中紗布	細紗布	醋	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	2.23	2.87	2.01	成品	2.49	3.17	2.54
浸泡3天	17.23	24.82	10.17	浸泡3天	15.54	23.18	14.55
晾乾1天	4.27	5.47	2.53	晾乾1天	3.02	3.44	2.63

【討論】

濃度4.5%的酸與鹼或許太弱，可進一步測試不同濃度。但我們認為為了環保，與其努力用強酸或強鹼迅速脫模，不如交給大自然慢慢分解或許更加環保。



圖7 分解實驗結果圖

研究六、探討水果套袋實際應用於芭樂成長的情形。

【實驗說明】

在實驗中，我們用海藻酸鈉糊液與乳酸鈣水溶液製作了成品，但還沒有在果園中實際測試它的效用。於是我們將這些膜縫成袋子，拿到番石榴（芭樂）園測試。

【實驗步驟】

- 請老師協助將成膜的布料，用裁縫車縫成袋子。
- 在同一棵番石榴（芭樂）樹上，依序綁上套袋並加以編號。
- 每隔二周，打開套袋，測量其直徑，並拍攝表面顏色變化情形。

【研究結果】

表 7 市售套袋、原型紗布-芭樂成長直徑一覽表(單位:mm)

日期 種類	市售		原型		
	塑膠	粗紗布	中紗布	細紗布	
3月22日	31.49	23.69	16.59	20.81	
4月3日	45.07	27.13	24.27	30.93	
4月17日	53.56	34.01	35.87	39.88	
4月27日	76.45	51.26	53.54	56.99	
5月14日	85.83	60.77	65.86	68.32	
5月22日	採收	採收	採收	採收	

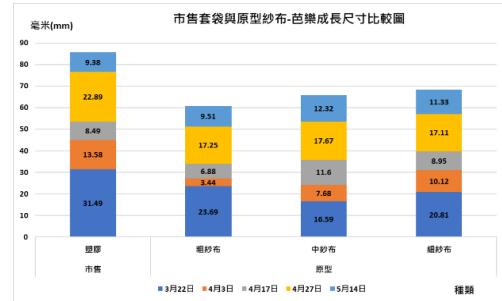


圖 8 市售套袋、原型紗布-芭樂成長直徑比較圖(單位:mm)

表 7-1 不同添加物-芭樂成長直徑一覽表(單位:mm)

日期 種類	原配方			只加甘油			只加醋酸			醋酸甘油		
	粗紗布	中紗布	細紗布	粗紗布	中紗布	細紗布	粗紗布	中紗布	細紗布	粗紗布	中紗布	細紗布
3月12日	28.96	22.7	26.4	25.3	22.71	22.31	34.95	46.05	27.83	30.1		
3月22日	33.12	26.37	34.11	28.93	23.31	22.92	45.86	52.01	34.68	31.58		
4月3日	35.14	31.68	47.14	31.98	23.92	24.05	60.18	71.75	42.13	35.47		
4月17日	36.2	30.23	58.57	33.19	27.81	27.07	68.72	77.09	48.5	37.96		
4月27日	41.28	41.39	64.66	54.67	37.77	30.71	採收	採收	53.42	39.2		
5月14日	59.57	64.59	68.98	60.47	56.68	爛果			62.7	60.67		
5月22日	採收	採收	採收	採收	採收				採收	採收		

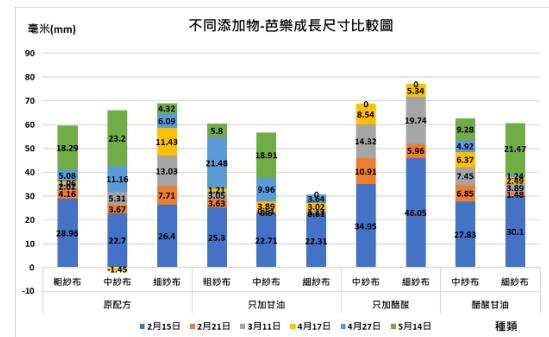


圖 8-1 不同添加物-芭樂成長直徑比較圖(單位:mm)

表 7-2 不同停留時間-芭樂成長直徑一覽表(單位:mm)

日期 種類	Na 0'30"		Na 1'30"		Na 2'00"		Ca 0'30"		Ca 1'30"		Ca 2'00"	
	中紗布	細紗布										
3月12日	30.39	30.98	32.4	31.75	37.24	25.12	27.1	29.23	31.34	27.8	33.65	28.54
3月22日	32.45	31.21	36.24	31.75	38.49	26.04	28.92	29.71	31.19	34.25	35.62	34.55
4月3日	43.45	34.48	42.82	35.58	51.27	31.14	29.55	33.31	32.97	36.59	37.96	37.28
4月17日	54.32	46.65	45.1	40.21	60.03	46.91	35.14	34.35	34.62	43.25	41.82	39.2
4月27日	64.66	62.84	50.99	47.1	67.2	54.24	51.84	41.77	44.49	57.7	56.08	48.3
5月14日	69.71	80.88	71.6	66.13	79.22	62.19	73.87	74.87	68	68.98	75.61	71.25
5月22日	採收	採收										

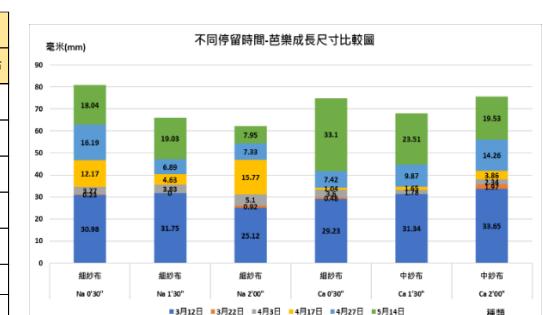


圖 8-2 不同停留時間-芭樂成長直徑比較圖(單位:mm)

表 7-3 市售套袋、原型紗布-芭樂表面顏色變化一覽表(單位:數位 RGB-bit)

種類	市售			原型		
	塑膠尼龍袋			紗布		
表面顏色	R	G	B	R	G	B
日期	R	G	B	R	G	B
3月22日	46	59	22	44	71	37
4月2日	73	90	47	56	92	20
4月17日	94	124	82	67	94	43
4月27日	132	150	66	108	131	64
5月14日	147	156	61	101	140	85
5月22日	155	160	57	110	145	98

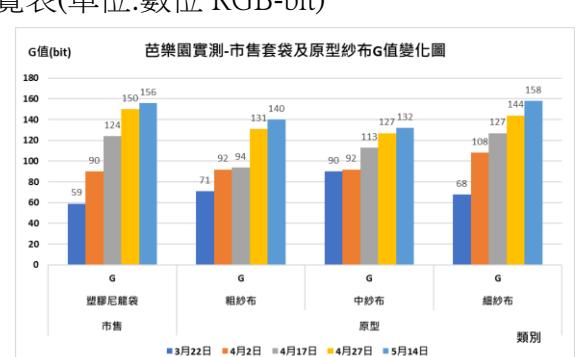


圖 8-3 市售套袋、原型紗布-芭樂表面顏色 G 值變化比較圖(單位:數位 RGB-bit)

表 7-4 不同添加物-芭樂表面顏色變化一覽表(單位:數位 RGB-bit)

種類	原配方								只加甘油								只加醋酸								醋酸甘油							
	表面顏色			粗紗布		中紗布		細紗布		粗紗布			中紗布		細紗布		中紗布			細紗布		中紗布			細紗布							
日期	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B					
3月22日	72	89	42	88	92	34	79	82	45	77	110	46	112	123	49	75	108	42	124	165	140	167	172	71	112	140	68	72	107	44		
4月3日	109	115	44	98	102	58	94	102	83	82	108	64	89	130	66	103	125	75	147	167	52	155	173	54	133	141	76	82	124	70		
4月17日	94	134	84	92	104	40	157	174	54	84	113	52	90	135	50	122	143	36	185	201	113	153	213	132	107	150	96	119	136	36		
4月27日	105	126	70	132	134	76	190	206	117	99	132	58	130	155	109	131	150	89	195	222	130	175	190	145	141	170	90	111	139	33		
5月14日	170	204	199	119	131	48	205	223	103	102	137	73	134	152	73	/	/	/	/	/	/	/	/	/	161	178	94	111	152	62		
5月22日	180	215	215	128	137	54	215	235	120	106	142	75	138	160	76	/	/	/	/	/	/	/	/	170	190	99	125	162	66			

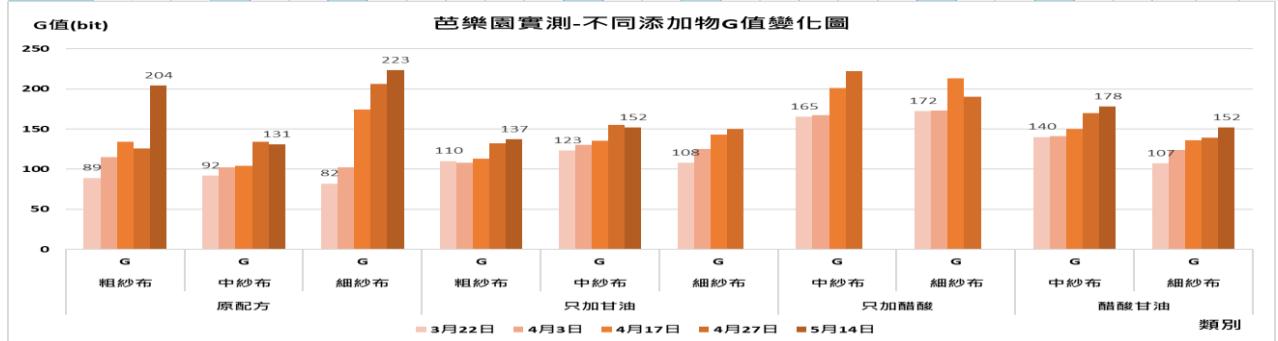


圖 8-4 不同添加物-芭樂表面顏色 G 值變化比較圖(單位:數位 RGB-bit)

表 7-5 海藻酸鈉不同停留時間-芭樂表面顏色變化一覽表(單位:數位 RGB-bit)

種類	Na 0'30"						Na 1'30"						Na 2'00"						中紗布									
	表面顏色			中紗布		細紗布	中紗布			細紗布		中紗布			細紗布		中紗布			細紗布		中紗布			細紗布			
日期	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B				
3月22日	110	121	44	95	111	71	92	109	69	95	103	32	56	75	25	98	106	35	121	191	109	111	178	214	165	165	210	183
4月2日	95	124	43	107	135	69	94	109	77	95	107	51	99	115	49	139	163	84	111	109	103	103	103	103	103	103	103	103
4月17日	114	135	71	117	142	66	98	128	87	87	117	98	133	147	99	158	175	46	121	191	109	111	178	214	165	165	210	183
4月27日	136	163	60	122	148	62	112	130	45	98	117	50	116	151	67	112	153	45	121	191	109	111	178	214	165	165	210	183
5月14日	147	174	81	129	178	99	103	197	88	145	147	75	157	191	125	132	173	93	121	191	109	111	178	214	165	165	210	183
5月22日	168	191	81	170	178	66	165	214	133	124	165	121	161	210	129	148	183	95	121	191	109	111	178	214	165	165	210	183

圖 8-5 海藻酸鈉不同停留時間-芭樂表面顏色 G 值變化比較圖(單位:數位 RGB-bit)

表 7-6 乳酸鈣不同停留時間-芭樂表面顏色變化一覽表(單位:數位 RGB-bit)

種類	Ca 0'30"						Ca 1'30"						Ca 2'00"						中紗布										
	表面顏色			中紗布		細紗布	中紗布			細紗布		中紗布			細紗布		中紗布			細紗布		中紗布			細紗布				
日期	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B					
3月22日	57	90	21	55	68	19	101	92	69	94	114	67	71	83	35	75	99	37	68	169	109	111	178	214	165	165	210	183	
4月2日	81	103	58	59	71	22	100	106	80	157	171	99	74	108	35	105	106	53	90	169	109	111	178	214	165	165	210	183	
4月17日	90	110	35	66	74	37	105	114	60	132	174	102	102	129	83	107	119	73	92	154	109	111	178	214	165	165	210	183	
4月27日	109	132	65	77	90	54	96	127	88	166	192	110	93	130	39	106	109	59	103	191	109	111	178	214	165	165	210	183	
5月14日	128	166	87	130	152	93	104	143	91	172	210	117	170	196	116	116	103	117	64	114	214	83	99	178	223	165	165	210	183
5月22日	146	169	87	142	154	145	127	156	86	172	214	116	205	223	102	136	178	88	116	214	83	99	178	223	165	165	210	183	

圖 8-6 乳酸鈣不同停留時間-芭樂表面顏色 G 值變化比較圖(單位:數位 RGB-bit)

【研究發現】

- 果樹上被太陽照到的袋子，會從原本的藍色變為粉色或粉紫色。
- 粗紗布部分袋子因尺寸太小，果農建議不要使用，可以把兩張縫製成一個較大的套袋。
- 比較芭樂成長的直徑變化，結果發現市售芭樂套袋成長速率較快，自製細紗布套袋次之。



- 芭樂成長過程表面由暗綠轉淺綠色帶點霧感時(農民稱「白霧狀」)，這時候採收最好。透過觀測G值，可觀察到原配方細紗布最翠綠，浸泡乳酸鈣的時間較長，轉為翠綠的情形較好。
- 今年珍珠芭樂產量不佳，每一顆都相當珍貴，對我們套袋的品質更是一個絕佳的考驗機會!我們從3月中下旬開始套袋，歷經梅雨季節，在五月下旬達採收的條件，將這些數據整理出第一期的成果。
- 因為芭樂有生長的個別差異，第一期成果是只加醋酸的套袋成長快，最快採收，但我們希望能再進行確認，目前尚在進行第二期的套袋，希望能進行研究成果比對。



圖 8-7 芭樂尺寸.表面顏色測量示意圖

肆、討論

一、套袋上觀察用的色素，怎麼會變色呢？

在戶外晾曬時，部分水果套袋在戶外晾曬後變色，起初我們認為可能與酸鹼性變化有關，因此我們用BTB試液檢測酸鹼值。結果發現原料中海藻酸鈉和甘油都屬於中性，甘油和醋是酸性，製成的水果套袋在戶外晾曬後，不管是否變色，檢驗後都屬於中性。再仔細觀察戶外晾曬的位置，**發現被陽光照射的地方，水果套袋都變成粉色，終於揭開這個秘密！**



圖9 酸鹼性-實驗結果示意圖

二、不同孔隙大小，對布料與膜的接合有什麼差異呢？

探討基底材料與膜接合的研究中，粗紗布與細紗布的孔隙大小將近，因此我們到鄰近的布莊，由師傅幫我們找出同材質、不同孔隙大小的胚布，並從孔隙最大到最小依序編號1~5號。結果發現，孔隙愈大(0.33mm)、成膜的厚度增加率(87%)較高。但是當每一個織線較粗(628μm)時，膜的厚度增加率(38~28%)就低。師傅手感摸不出來的5號胚布，屬於孔隙小但織線細，膜的厚度增加率就提升許多(71%)！

表8 不同孔隙大小與膜接合情形一覽表

種類	胚布1	胚布2	胚布3	胚布4	胚布5
顯微鏡 (112倍)					
孔隙 mm)	0.33	0.25	0.2	0.14	0.17
手機顯微鏡 (300倍)					
粗細(μm)	320	325	628	628	307
成膜 情形					

表8-1 不同孔隙大小-成膜厚度一覽表(單位:mm)

類型添加物	胚布1	胚布2	胚布3	胚布4	胚布5
未上膜	0.18	0.16	0.30	0.28	0.21
上膜	0.33	0.29	0.42	0.35	0.36
增加率	87%	79%	38%	28%	71%

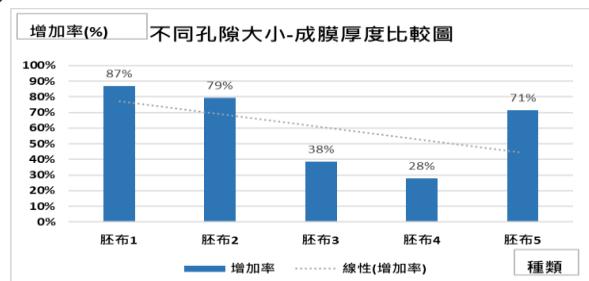


圖9-1 不同孔隙大小-成膜厚度比較圖

三、不同厚度大小，對布料與膜的接合有什麼差異呢？

根據上一個研究，我們上網尋找更標準的、有規律的布料，最後找到一個賣家有6N~16N的胚布，N(盎司)代表一碼重多少盎司的布，數字愈大表示愈厚。結果發現，布料愈厚、孔隙愈小、織線愈粗，膜的厚度就降低。當孔隙在0.2mm以下、織線630μm以上時，膜的厚度已經沒有太大差異，推測是布料滲透的飽和點。

表 8-2 不同基底材料與膜接合情形一覽表

布料種類	胚布 6N	胚布 8N	胚布 10N	胚布 12N
顯微鏡 (112 倍)				
孔隙(mm)	0.33	0.25	0.2	0.09
手機顯微鏡				
粗細(μm)	384	403	438	630
成膜情形				
布料種類	胚布 14N	胚布 16N		
顯微鏡 (112 倍)				
孔隙(mm)	0.09	0.09		
手機顯微鏡				
粗細(μm)	無法觀測	無法觀測		
成膜情形				

表 8-3 不同添加物-厚度一覽表(單位:mm)

類型添加物	胚布6N	胚布8N	胚布10N	胚布12N	胚布14N	胚布16N
未上膜	0.48	0.52	0.57	0.80	0.93	0.92
上膜	0.76	0.76	0.78	0.98	1.11	1.11
增加率	57%	47%	36%	23%	20%	21%

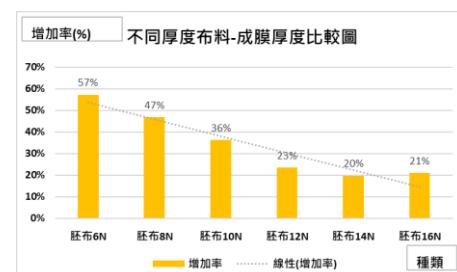


圖 9-2 不同厚度的胚布-成膜厚度比較圖(單位%)

四、粗紗布(彈性繩帶)如果是撐開上膜，遇到水之後的縮小率有什麼差異呢？

因為粗紗布的尺寸做成套袋太小，因此我們嘗試將它撐開上膜，但又擔心遇水會縮回原樣，因此進行以下實驗確認。結果發現，粗紗布成膜後，遇水5分鐘經紗有放大的情形、繩緊晾乾的緯紗有縮小8%的情形；10分鐘後，各組數據與5分鐘相同(沒變化)，但自然晾乾組的緯紗則有放大3%的情形。

表 8-4 不同上膜方式-經緯密縮小率一覽表(單位:%)

類型 浸泡時間	0分鐘		5分鐘		10分鐘	
	經紗	緯紗	經紗	緯紗	經紗	緯紗
粗紗布	10	20	9.5	19	9.5	19
自然晾乾	8.5	17	9	17	9	17.5
繃緊晾乾	9	26	10	24	10	24



粗紗布、自然晾乾、繃緊晾乾

自然晾乾浸泡水中尺寸變化

繃緊晾乾浸泡水中尺寸變化

圖9-3 粗紗布自然晾乾.繃緊晾乾-實驗示意圖

五、未來展望

經過三個多月來芭樂園的實驗，96%的芭樂都可以順利採收。我們與農民討論這個套袋的實用度，農民覺得需要增加觀察口，才能知道芭樂是不是達到可以採收的顏色。進入夏季來，昆蟲的活動也比較活躍，在封口的部分可以設計更密合的方式。我們也根據農民的意見，進行進一步的調整與設計。由於時間不足，芭樂園的實驗還在進行中，未來除了觀察對芭樂成長的影響之外，還想加入防果蠅、防螞蟻、防曬等功能，例如：添加天然防蟲成分，也希望研發不同型態的水果套袋，供農民在使用時，能更靈活的使用多層設計！



三角立體設計的套袋，讓芭樂有更多的舒展空間

封口部分設計彈片，方便快速開合

透明觀察口(3cm*2cm)

圖9-4 水果套袋多元設計示意圖

伍、結論

- 一、套袋可防止病蟲害、日曬傷害、減少農藥污染，目前是農民低成品的防蟲害方式之一。
目前市面上的水果套袋大多由塑膠或紙質製成，造成環境負擔。
- 二、新型水果套袋使用海藻酸鈉與乳酸鈣交聯作用，形成可分解的環保膜，成模順序是先沾取「海藻酸鈉糊液」，後沾取「乳酸鈣水溶液」。
- 三、紗布成模製作套袋，長期掛在樹上，建議以經紗方向朝上下縫製，可減少變形的情況。
- 四、基底材料會影響套袋的縮小率、耐受性、透氣性與防水性。細紗布（棉質）較天然但吸水性高，較容易變形。中紗布（不織布）穩定性佳，但比較脆、易破裂。粗紗布（彈性繩帶）縮小率較低，耐久性較佳。
- 五、不同的添加物：甘油可增加柔軟度與透氣性，但可能影響防水性。醋酸降低透氣性，但可提升防水性與韌度。甘油加醋酸組合，使紗布變軟，但對縮小率影響大。

- 六、水果套袋經過測試發現：要具備透氣性，浸泡乳酸鈣的時間就不可以太久。要改變水果套袋的吸水性，就要注意海藻酸鈉的浸泡時間，依不同種類水果的需求進行調整。
- 七、回收與分解測試：濃度 4.5%的小蘇打水或醋，無法迅速分解成膜。
- 八、實際應用於芭樂園：經過三個月的實測，96%的珍珠芭樂都可以順利採收。只加醋酸的細紗布套袋芭樂成長最快，最早可採收，目前尚在進行第二期比對實驗。
- 九、只加醋酸的細紗布套袋具有厚度低(0.24mm)、水分散失快(6 小時內降低 92%的水分)，透氣性佳(水氣穿透率 91%)等特性，在製作時須注意總面積有 51%的縮小率。
- 十、未來發展：設計防果蠅、防螞蟻、防曬功能，以及多型態的套袋設計（如三角立體設計、觀察口設計等），讓其更適合實際應用。

陸、相關參考資料

- 一、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）。取自 https://pansci.asia/archives/164992#google_vignette
- 二、江淑雯.盧柏松(2011)。套袋對臍橙果實之影響。臺東區農業農業專訊，77 期:11-15。2024.10.26 取自 chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ttdares.gov.tw/upload/ttdares/files/web_structure/4645/77-04.pdf
- 三、龔宥睿、鍾明儒、許定洲 (2013) · 不是魔法！用紙中「膜」法創造風華絕「袋」——以 · 台灣網路科教館 · 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=19961&sid=20211>
- 四、鍾逢彧 (2014) · 「泡膜」雲起 「膜」登寶「灘」—澱粉起泡、成膜性質的探討及應用 · 台灣網路科教館 · 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=12032&sid=12057>
- 五、吳佳蓉、陳彥劭、吳郁婷 (2016) · 目不轉「晶」— 探討海藻酸鈉薄膜的形成與其相關應用 · 台灣網路科教館 · 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=12947&sid=12997>
- 六、林鈺純 (2018) · Ooho!「內」個「膜」法—凝膠薄膜性質之探討 · 台灣網路科教館 · 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=84&sid=15215>
- 七、林國琰、蔡乙綾、莊凱堯 (2020) · 把新鮮包起來-非塑料環保薄膜之研發 · 台灣網路科教館 · 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=16344&sid=16568>
- 八、伍亭蓉、黃子恒、葉小嘉、陳苡亘(2018) 鈣多晶球 · 台灣網路科教館 · 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=15105&sid=15347>
- 九、可分解水果套袋開發 實現農業資材環境友善 (2024 年 9 月 9 日) · 農業科技專案計畫服務網 · 取自 https://agtech.moa.gov.tw/News/news_more?id=3b24698e3ae24375b9b4656413ee466b
- 十、咦，怎麼長得不一樣?水果套袋知多少，鮮享農 YA - 農糧署。2024.10.26 取自 <https://reurl.cc/36GzY0>
- 十一、 布料怎麼買?印花樂布料知識小補帖。2025.04.25 取自 <https://www.inblooom.com/pages/shopping-fabric-online>

柒、圖片標示說明

1. 圖 4-3、圖 8-7 (現場實測)由指導老師拍攝。
2. 其餘所有照片、圖片皆由本篇作者群拍攝或編輯。

【評語】083005

本作品在紗布上利用海藻酸鈉與乳酸鈣的交聯作用成膜，以取代市面上慣用水果套袋，呼應環境永續與減塑趨勢。研究涵蓋市售產品調查、成膜製程、產品成膜特性、回收方式與應用實測，展現未來發展性。建議可持續探討改良成膜產品上有關機械性及耐候性等因素，並評估規模應用的可行性，以增強實務推廣價值。

作品海報



摘要

現有的塑膠與紙套袋對環境造成負擔，因此利用海藻酸鈉與乳酸鈣的交聯作用，在低成本紗布上成膜，以製作新型態的水果套袋。研究結果：

1. 製程為先沾海藻酸鈉糊液，再沾乳酸鈣水溶液。
2. 不同基底材料會影響套袋的縮小率、耐受性、透氣性與排濕率。套袋要具透氣性需減少乳酸鈣反應時間，想提升排濕率則要在海藻酸鈉浸泡時間久一點。
3. 實地應用於芭樂園採收率達96%，只加醋酸的細紗布套袋效果最佳，具有厚度低(0.24mm)、水分散失快(6小時內降低92%的水分)，透氣性佳(水氣穿透率91%)等特性，在製作時須注意總面積有51%的縮小率。
4. 未來發展：設計防果蠅、防螞蟻、防曬功能，以及多型態的套袋設計（如三角立體設計、觀察口設計等），讓其更適合實際應用。

壹 前言

一、研究動機

科學探究社團實驗中，不小心將實驗溶液滴到衣服上，經過洗衣機清洗、手揉搓，依然頑固不已，一開始很懊惱，但老師說：「這個現象很有趣，可以應用在什麼地方嗎？」於是仔細觀察周遭環境，發現外公果園裡的水果套袋，使用後常到處丟棄、很不環保，因此嘗試開發新型水果套袋，希望能提供農民更好的選擇。★與課程相關【物質變變變】【植物世界面面觀】【我們只有一個地球】



圖1 芭樂園現況

二、研究目的

研究一、市面上水果套袋的種類與使用情形

研究1-1：查詢水果套袋相關資料並至果園進行訪談

研究二、新型水果套袋製程之探討

研究2-1：水果套袋成膜測試

研究2-2：水果套袋基底材料與膜接合情形探討

研究2-3：水果套袋基底材料測試

研究三、探討水果套袋成品的測量方式

研究四、探討水果套袋成膜的特性

研究4-1：水果套袋不同添加物測試

研究4-2：水果套袋不同停留時間測試

研究五、探討水果套袋的回收方式

研究六、探討水果套袋實際應用於芭樂成長的情形

貳 研究設備及器材

(詳見說明書)

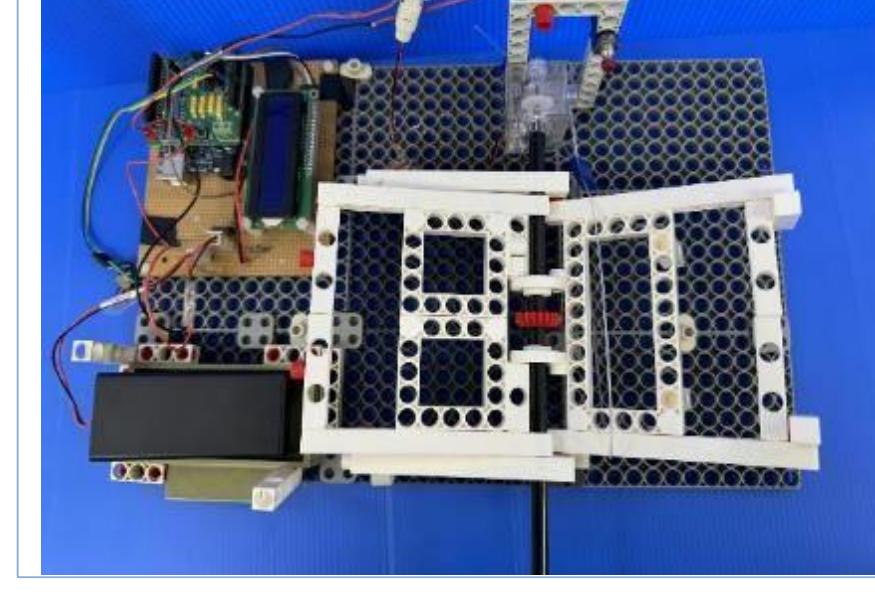
一、實驗材料

粗紗布(彈性繩帶)	中紗布(不繩布)	細紗布(醫療用紗布)
聚酯纖維、彈性繩帶	聚酯纖維、繩索	棉
剪裁為 10cm x 20cm	剪裁為 20cm x 20cm	剪裁為 20cm x 20cm

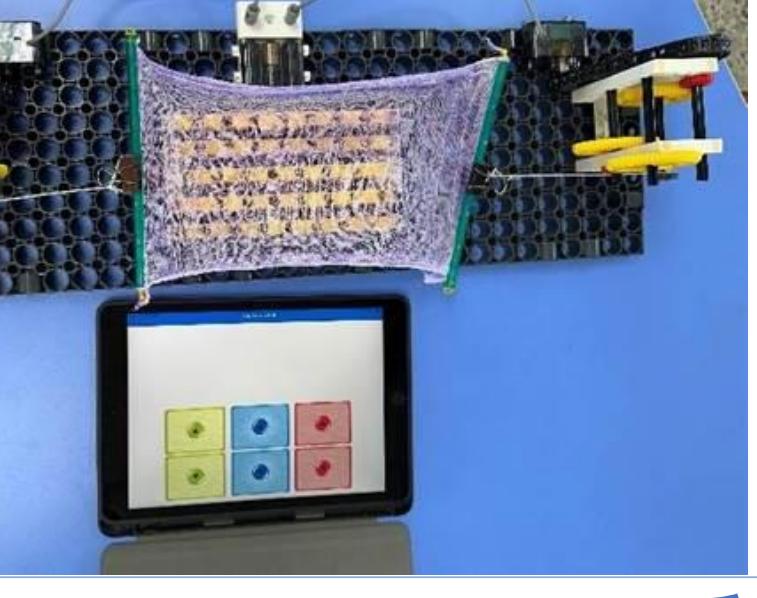
二、實驗設備

1. 數位顯微鏡BRESSER touch screen microscope(112x-1120x)、手機顯微鏡μHandy Hi-Mag Pro 調節式高倍鏡組。
2. 電腦、平板、軟體(Image J、Colorimeter、Gigo Commander II、μHandy)、慢速攝影。
3. 自製耐受性測量裝置，如圖。

自製「耐摺測試裝置」



自製「拉伸試驗裝置」



四、文獻探討(詳見說明書)

研究一、市面上水果套袋的種類與使用情形

【果園訪談】



圖3 芭樂園實地拍攝示意圖
圖4 市售水果套袋實物圖

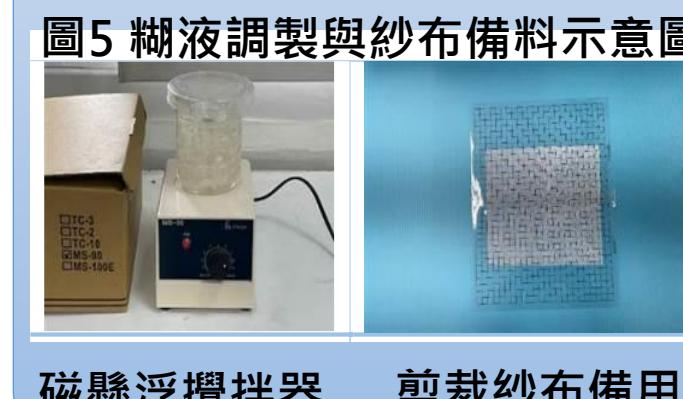
【查詢市售水果套袋相關資料】



研究二、新型水果套袋製程之探討。

研究2-1：水果套袋成膜測試。

【糊液調製】



【實驗步驟】



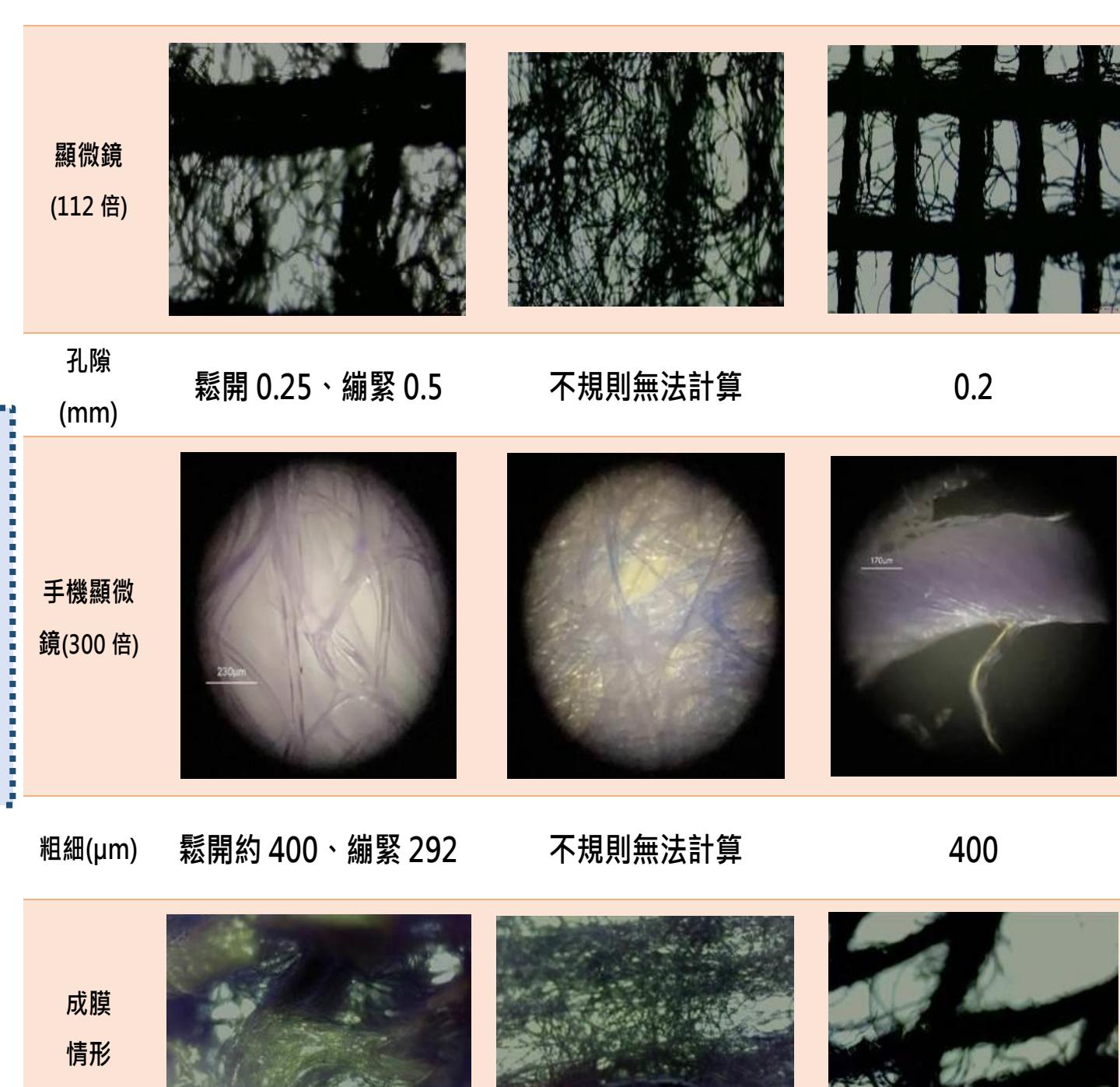
研究2-2：水果套袋基底材料與膜接合情形探討。

【參訪織品工廠】 【顯微鏡觀察】

表2 不同基底材料與膜接合情形一覽表



【研究結果】
以色素深淺觀察，紗線上滲入與覆蓋較多的膜，兩個紗線之間的孔隙，也是有膜覆蓋與接合。



研究2-3：水果套袋基底材料測試。

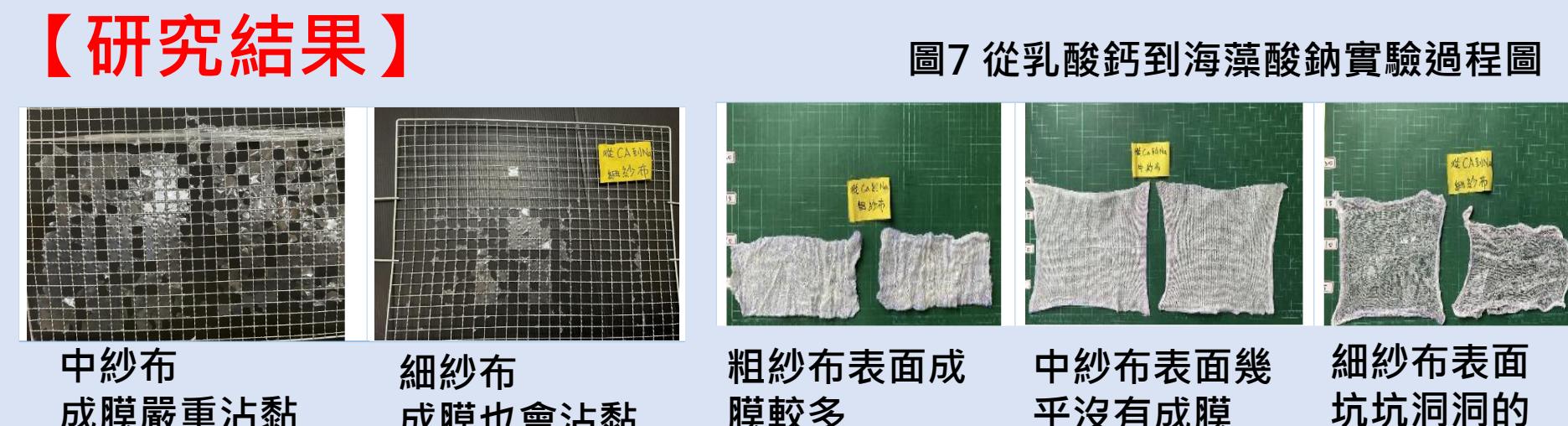
【實驗說明】

確認膜能順利與布料結合後，我們尋找可以當作基底的材料進行測試。基於環保的想法，我們選擇成本低廉的紗布、彈性繩帶進行測試，觀察成膜情形。

表3 不同基底材料測試一覽表(單位:cm)

編號	類型	粗紗布		中紗布		細紗布	
		經紗	緯紗	經紗	緯紗	經紗	緯紗
原型		10	20	20	20	20	20
樣本1		9	19	14	19	16	18
樣本2		9	20	15	21	16	19
樣本3		8	21	16	16	16	18
樣本4		9	19	16	18	16	16
樣本5		9	19	17	19	18	19
平均		8.8	19.6	15.6	18.6	16.4	18
縮小率		-12%	-2%	-22%	-7%	-18%	-10%
總面積縮小率		-13.76%		-27.46%		-26.20%	

圖7 從乳酸鈣到海藻酸鈉實驗過程圖



1. 先浸入「乳酸鈣水溶液」再移至「海藻酸鈉糊液」的膜會黏在不鏽鋼網架上，不可行！**改變兩者順序，可行！**
2. 成膜乾燥後紗布表面摸起來平滑、有點脆脆的感覺。

【研究結果】

圖8 用放大鏡觀察布料組織



圖9 套袋基底材料實驗過程圖

1. 各組紗布經縮小率較高。
2. 中紗布和細紗布總面積縮小比率較高。

【討論】

考量尼龍網袋和塑膠袋無法回收或焚燒，加上有果園的親友可以讓我們進行測試，因此小組決定先以種植「番石榴(芭樂)」的套袋為研究主軸。

表1 市售水果套袋材質與顏色一覽表

【討論】

中紗布(不繩布材質)、細紗布(滅菌紗布)容易受到晾曬時重心拉扯而變長，因此在製作與晾曬套袋時，應盡量平鋪。

水果套袋因為長期掛在樹上，受到重心拉扯易變形，建議以經紗方向朝上吊掛，可減少變形的情況。

研究三、探討水果套袋成品的測量方式。

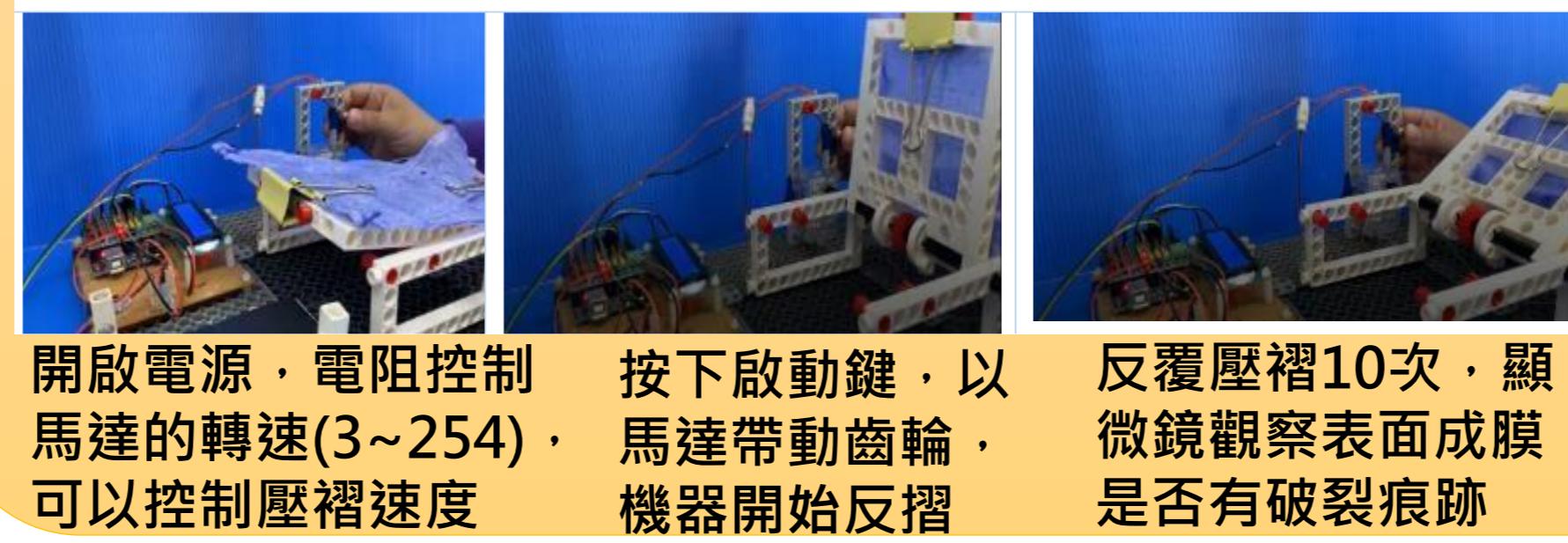
一、縮小率(尺寸改變)

$$\text{縮小率} = [(乾燥面積 - 原面積) / 原面積] * 100\%$$

辨識經紗、緯紗
實驗前測量尺寸成膜後的紗布
在網架上晾乾測量乾燥後的
經紗、緯紗尺寸

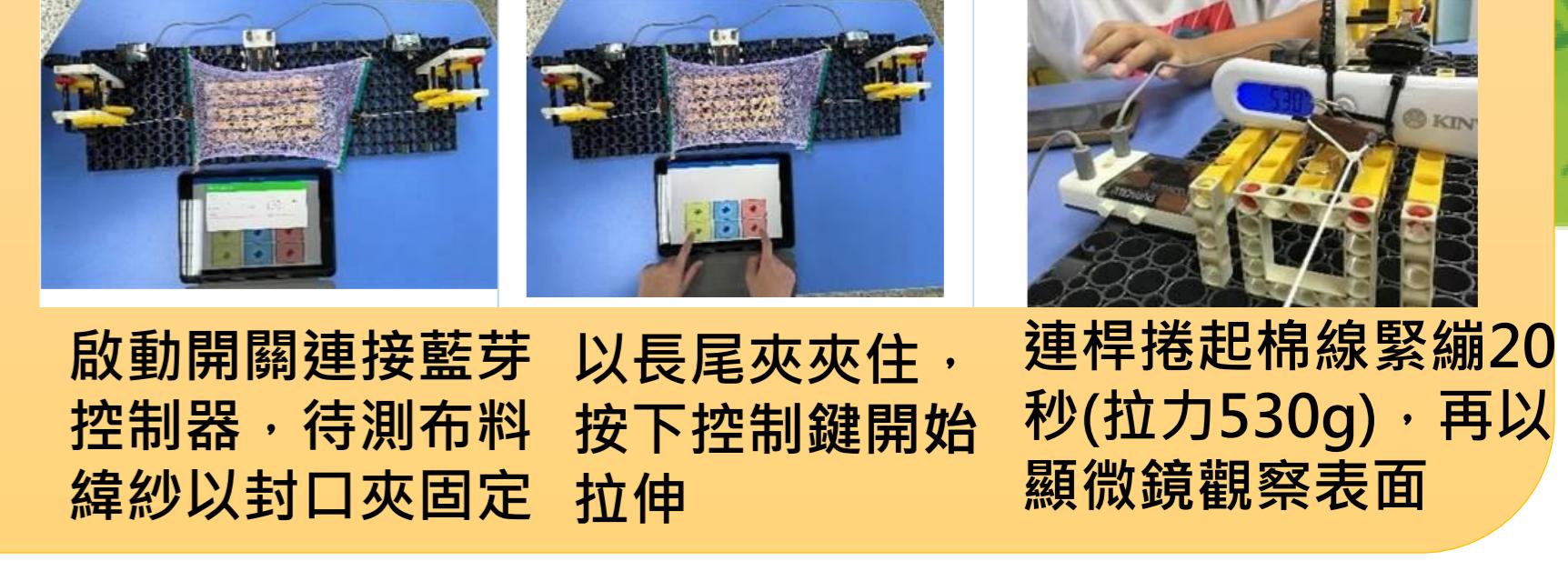
二、耐受性(壓褶/拉伸)

(一) 自製「耐摺測試裝置」



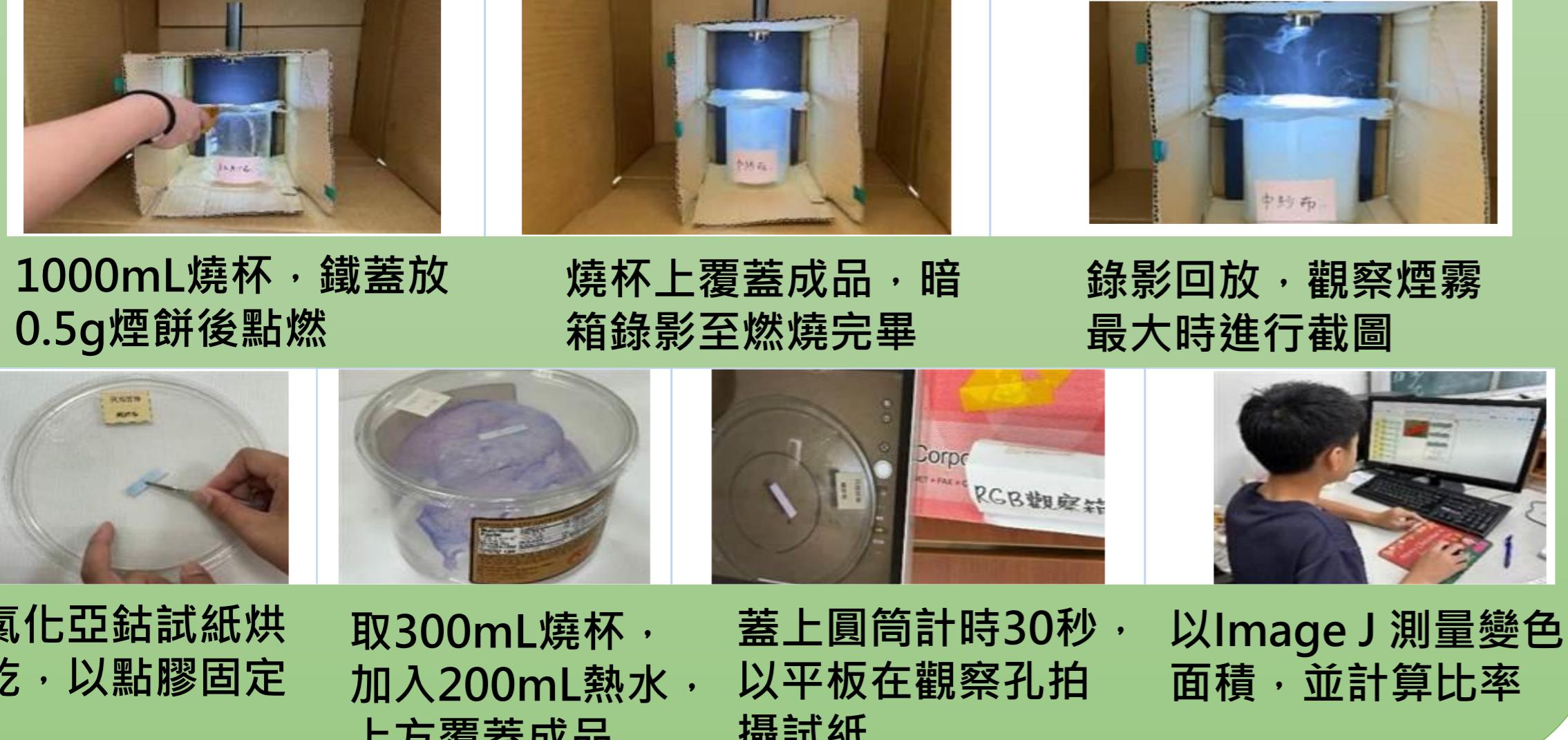
開啟電源，電阻控制馬達的轉速(3~254)，可以控制壓褶速度
按下啟動鍵，以馬達帶動齒輪，機器開始反摺
反覆壓褶10次，顯微鏡觀察表面成膜是否有破裂痕跡

(二) 自製「拉伸試驗裝置」



啟動開關連接藍芽控制器，待測布料以長尾夾夾住，按下控制鍵開始拉伸
連桿捲起棉線緊繩20秒(拉力530g)，再以顯微鏡觀察表面

三、透氣性(煙霧/水氣穿透)

1000mL燒杯，鐵蓋放
0.5g煙餅後點燃燒杯上覆蓋成品，暗
箱錄影至燃燒完畢錄影回放，觀察煙霧
最大時進行截圖氯化亞鈷試紙烘
乾，以點膠固定取300mL燒杯，
加入200mL熱水，
上方覆蓋成品蓋上圓筒計時30秒，
以平板在觀察孔拍
攝試紙

以平板在觀察孔拍
攝試紙

研究四、探討水果套袋成膜的特性。

研究4-1：水果套袋不同添加物測試。

【實驗說明】

根據《把新鮮包起來-非塑料環保薄膜之研發》文獻，調整甘油與醋酸之添加比例，控制糊液的流動性或軟硬度。

【實驗步驟】

- 準備「2%海藻酸鈉糊液」、「1%乳酸鈣水溶液」。
- 調製「甘油糊液」，重量比例為1g 甘油 : 50g 海藻酸鈉糊液。
- 調製「醋酸糊液」，重量比例為1.5g 醋酸 : 100g 海藻酸鈉糊液。
- 調製「甘油醋酸糊液」，重量比例為1g 甘油糊液 : 1g 醋酸糊液。
- 依照研究2-1的步驟，改變添加物，進行實驗。



圖10 不同添加物示意圖

【研究結果—(一)縮小率】

加了甘油後，中紗布的總面積變大。

表4 不同添加物-經緯密縮小率一覽表(單位:%)

添加物-類型	粗紗布		中紗布		細紗布	
	經紗	緯紗	經紗	緯紗	經紗	緯紗
原配方	-10%	-5%	-15%	-5%	-20%	-10%
只加甘油	-20%	10%	-10%	15%	-30%	-20%
只加醋酸	-20%	-8%	-20%	25%	-30%	-30%
醋酸甘油	-15%	5%	-5%	15%	-35%	-10%

表5 總面積縮小率(單位:%)

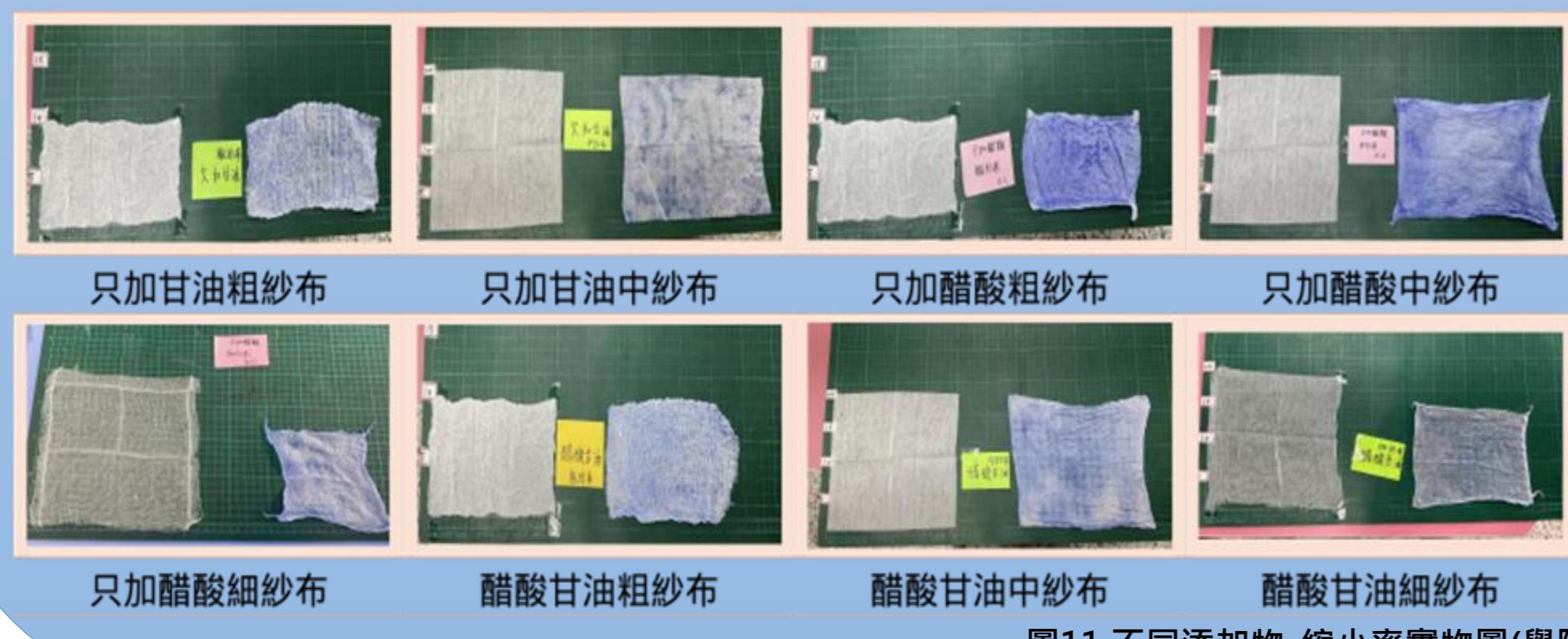


圖11 不同添加物-縮小率實物圖(舉隅)

【研究結果—(二)耐受性】

- 未上膜，往緯紗拉容易鬆開或掉線，中紗布整張變形。
- 粗紗布和細紗布成膜後，往緯紗方向拉，會拉出孔隙但膜不掉落。



圖12 不同添加物-耐受性測試示意圖

研究4-2：水果套袋不同停留時間測試。

【實驗說明】

在之前的實驗中，紗布浸泡在「海藻酸鈉糊液」與「乳酸鈣水溶液」的時間皆為1分鐘。因此我們嘗試改變紗布浸泡在「海藻酸鈉糊液」與「乳酸鈣水溶液」的時間，改為30秒鐘、1分鐘30秒鐘，與2分鐘，以了解布料在這兩種糊液中滲入或包覆的情形。

【研究結果—(一)縮小率】

不同停留時間中，中紗布面積縮小率最少，但各組沒有明顯差異。

表9 不同停留時間-經緯密縮小率一覽表(單位:%)

添加物-類型	粗紗布		中紗布		細紗布	
	經紗	緯紗	經紗	緯紗	經紗	緯紗
Na-30秒	-20%	-25%	-20%	20%	-45%	-35%
Na-1分30秒	-10%	-25%	-10%	0%	-35%	-30%
Na-2分	-20%	-20%	-30%	10%	-30%	-25%
Ca-30秒	-25%	-5%	-20%	15%	-20%	-5%
Ca-1分30秒	-30%	-5%	-15%	5%	-35%	-10%
Ca-2分	-20%	-5%	-5%	25%	-30%	-10%

表10 總面積縮小率(單位:%)

添加物-類型	粗紗布	中紗布	細紗布
Na-30秒	-40%	-4%	-64%
Na-1分30秒	-33%	-10%	-55%
Na-2分	-36%	-23%	-48%
Ca-30秒	-29%	-8%	-24%
Ca-1分30秒	-34%	-11%	-42%
Ca-2分	-24%	19%	-37%

【研究結果—(二)耐受性】

- 各組紗布都沒有破裂的情形，也是朝向緯紗拉扯比較容易鬆開。
- 用手機顯微鏡觀察線段之間的膜，浸泡海藻酸鈉2分鐘的中紗布、細紗布沒有出現線段條，耐受性較高。

二、耐受性(壓褶/拉伸)

(一) 自製「耐摺測試裝置」



開啟電源，電阻控制馬達的轉速(3~254)，可以控制壓褶速度
按下啟動鍵，以馬達帶動齒輪，機器開始反摺
反覆壓褶10次，顯微鏡觀察表面成膜是否有破裂痕跡

(二) 自製「拉伸試驗裝置」



啟動開關連接藍芽控制器，待測布料以長尾夾夾住，按下控制鍵開始拉伸
連桿捲起棉線緊繩20秒(拉力530g)，再以顯微鏡觀察表面

【實驗說明】

通用性的水果套袋需具備的特性為「水果成長空間、保護性、透氣性、排溼率」。

市面上的套袋多數不具備防水性，因此計算水分散失比率(定義為排溼率)，以瞭解水分散失情形。

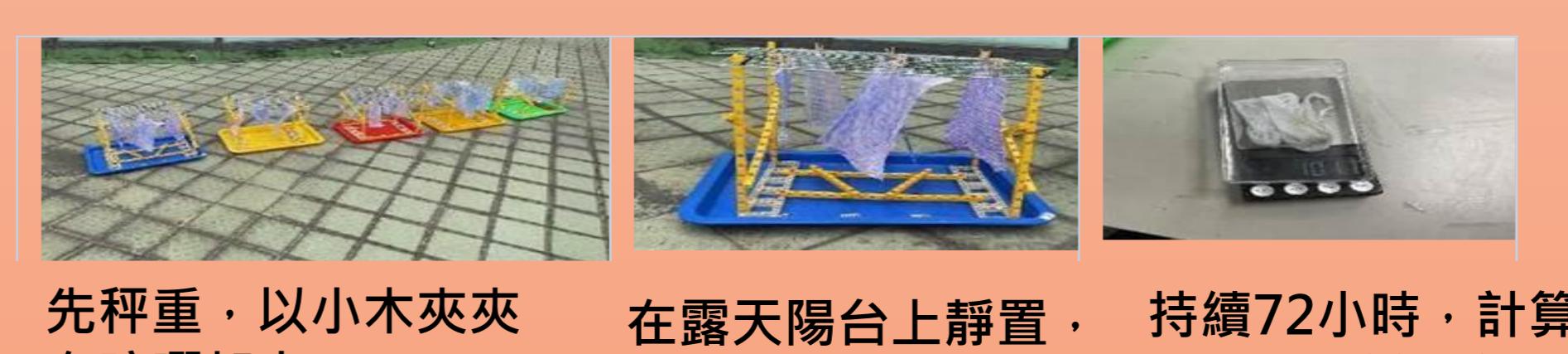
四、排溼率(分散失比率)

$$\text{排溼率} = [(\text{浸水後重量} - \text{原重量}) / \text{原重量}] * 100\%$$



先秤重，成品浸泡水中5分鐘，瀝乾10秒
於通風處晾乾，每隔一段時間秤重

輸入excel檔案計算總重量改變的差異



先秤重，以小木夾夾在晾曬架上
在露天陽台上靜置，持續72小時，計算總重量改變的差異

【研究結果—(三)透氣性—煙霧穿透性】

加了醋酸透氣性比較差，加了甘油的透氣性提升。



【研究結果—(三)透氣性—水氣穿透性】

- 只加醋酸的透氣性降低，推測是醋酸讓成膜的固著度提升，變得更緊密。
- 只加甘油透氣性提升，紗布摸起來柔軟，推測布料的結構變鬆散了。

表6 不同添加物-透氣性一覽表(單位:%)

類型添加物	原型	原配方	只加甘油	只加醋酸	醋酸甘油
粗紗布	93%	90%	95%	89%	87%
中紗布	92%	92%	95%	88%	84%
細紗布	91%	91%	96%	91%	83%

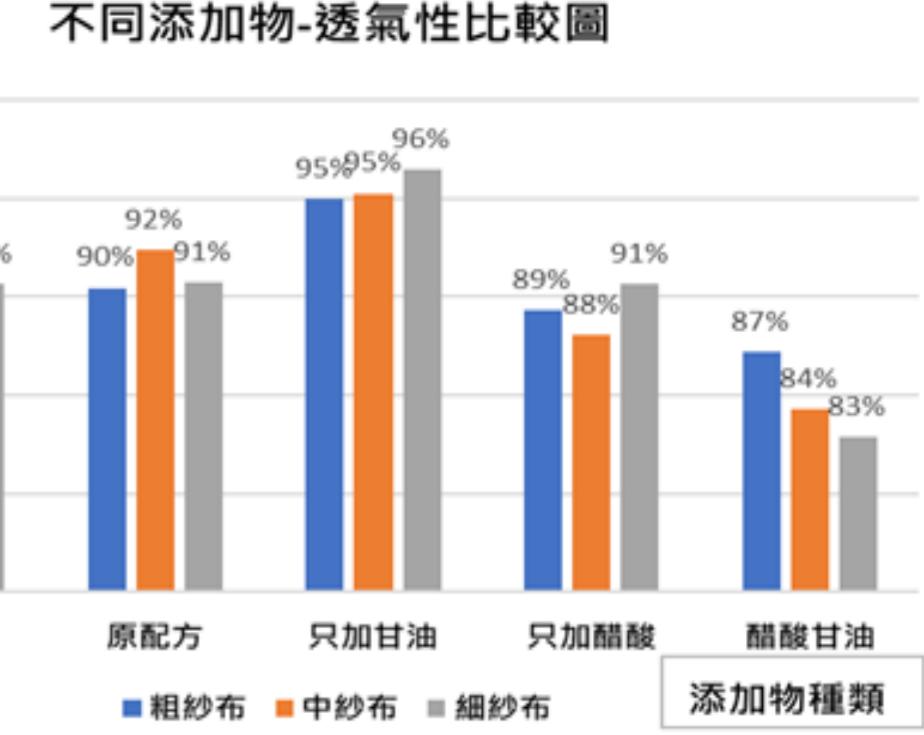


圖14 不同添加物-透氣性比較圖

【研究結果—(四)排溼率(分散失比率)】

添加甘油的情況下，各組紗布減輕比率為12%~52%，推測有部分物質已經溶出。

表7 不同添加物-排溼率一覽表(單位:%)

添加物時間	原配方		只加甘油		只加醋酸		醋酸甘油	
粗紗布	中紗布	細紗布	粗紗布</th					

【研究結果一(四)排溼率(水分散失比率)】

海藻酸鈉的浸泡時間，是影響排溼率的關鍵！

表12 不同停留時間-排溼率一覽表(單位:%)

類別 時間	Na-30秒		Na-1分30秒		Na-2分		Ca-30秒		Ca-1分30秒		Ca-2分	
	粗紗布	中紗布	細紗布	粗紗布	中紗布	細紗布	粗紗布	中紗布	細紗布	粗紗布	中紗布	細紗布
吸水	788%	594%	1084%	864%	1127%	833%	767%	1506%	1250%	1014%	1319%	1486%
6小時後	328%	46%	304%	371%	347%	260%	317%	647%	451%	515%	416%	377%
24小時後	4%	-3%	5%	-2%	-1%	-32%	-6%	-6%	-12%	-6%	-22%	-11%
48小時後	3%	-4%	5%	-2%	-2%	-30%	-7%	-3%	-9%	-4%	-20%	-7%

【討論】

從實驗發現，要讓水果套袋具備透氣性，浸泡乳酸鈣的時間就不可以太久。要改變水果套袋的排溼率，就要注意海藻酸鈉的浸泡時間，依不同種類水果的需求進行調整。

研究五、探討水果套袋的回收方式。

【實驗說明】

經過實驗，發現添加甘油容易溶出物質，其他配方在排溼率、耐受性方面很穩定。因此海藻酸鈉成膜的水果套袋，有推廣的價值性。考慮回收前先脫膜，參考《鈣多晶球》提到：「蘇打溶液濃度比例為3克/200ml，將海藻酸鈉晶球(6克/400ml)放入靜置24小時，晶球會完全分解，小蘇打是碳酸氫鈉，會使交聯膜的鈣被鈉置換出來，膜就被分解了。」根據該論點進行實驗。

【研究結果】

浸泡濃度4.5%的小蘇打水溶液或是工研酢，在重量上沒有減輕的情況。

表14 分解實驗-一覽表(單位:g)

	醋	粗紗布	中紗布	細紗布	小蘇打水	粗紗布	中紗布	細紗布
成品	2.49	3.17	2.54		2.23	2.87	2.01	
浸泡3天	15.54	23.18	14.55		17.23	24.82	10.17	
晾乾1天	3.02	3.44	2.63		4.27	5.47	2.53	



圖17 不同停留時間-成膜厚度比較圖

研究六、水果套袋實際用於芭樂成長的情形。

【研究結果】

- 芭樂直徑變化：添加醋酸的套袋，成長速率接近市售套袋。
- 觀測G值變化：原配方細紗布最翠綠，浸泡乳酸鈣的時間較長，轉為翠綠的情形較好。
- 第一期的成果：三月中下旬開始套袋，在五月下旬達採收的條件。
- 芭樂有生長個別差異，我們希望能再進行確認，目前尚在進行第二期的驗證，希望能進行研究成果比對。



圖18 分解實驗結果圖

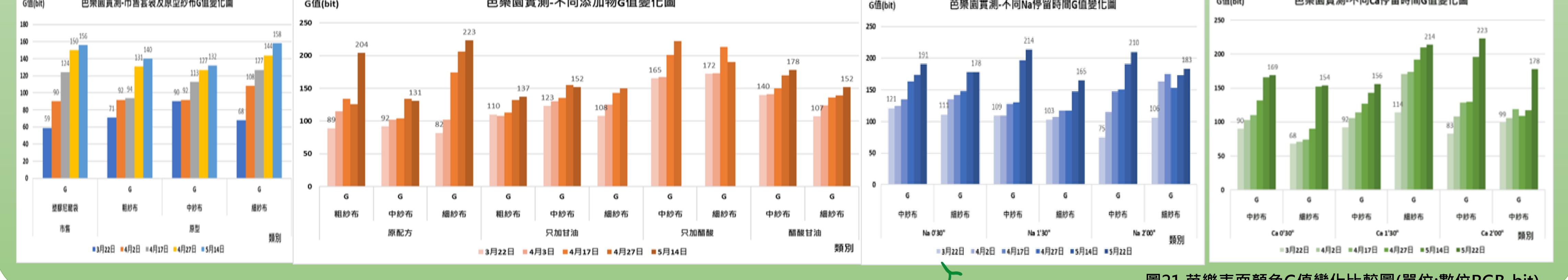


圖19 芭樂尺寸.表面顏色測量示意圖

肆 討論

一、不同孔隙大小，對於膜的厚度有什麼差異呢？

孔隙愈大(0.33mm)、成膜的厚度增加率(87%)較高。

表15 不同孔隙大小與膜接合情形一覽表

種類	胚布1	胚布2	胚布3	胚布4	胚布5
顯微鏡 (112倍)					
孔隙(mm)	0.33	0.25	0.2	0.14	0.17
手機顯微鏡 (300倍)					
粗細(μm)	320	325	628	628	307
成膜情形					

二、不同布料厚度，對於膜的厚度有什麼差異呢？

布料愈厚、孔隙愈小、織線愈粗，膜的厚度就降低。

表16 不同厚度大小與膜接合情形一覽表

布料種類	胚布6N	胚布8N	胚布10N	胚布12N	胚布14N	胚布16N
顯微鏡 (112倍)						
孔隙(mm)	0.33	0.25	0.2	0.09	0.09	0.09
手機顯微鏡						
粗細(μm)	384	403	438	630	無法觀測	無法觀測
成膜情形						

三、未來展望

與農民討論新型套袋的實用度：建議增加觀察口、封口設計(彈片)，未來想加入防果蠅、防螞蟻、防曬等功能。



圖21 芭樂表面顏色G值變化比較圖(單位:數位RGB-bit)

伍 結論

研究一、市售套袋研究

查詢種類

訪談果農

- 現況：市售大多由塑膠或紙質製成
- 選擇：製作新型芭樂套袋

研究二、自製套袋製程

- 比例：2%鈉、1%鈣

- 結果：先鈉再鈣最好

研究三、套袋測量方式

研究四、套袋成膜情形

添加物、停留時間

- 比例：2%甘油/1.5%醋酸
- 停留時間：0.5分~1分~2分
- 甘油增加柔軟度與透氣性
- 醋酸提升排溼率與韌度
- 乳酸鈣浸泡時間愈長/停留1分鐘以上，透氣性降低

研究五、套袋回收方式

- 嘗試：4.5%小蘇打/醋酸

- 結果：皆無法減輕重量

研究六、套袋實際測試

芭樂直徑、顏色變化

- 成長直徑：只加醋酸、停留Na 30秒最佳
- G值變化：原配方、停留1.5分以上最佳

陸

參考資料/圖片標示說明

一、圖8、圖19 (現場實測)由指導老師拍攝。

二、其餘所有照片、圖片皆由本篇作者群拍攝或編輯。

三、參考文獻詳見說明書。