

新竹市第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：生活與應用科學(二)

組別：國小組

作品名稱：「第」造鮮境：第倫桃果膠生物可分解保鮮
薄膜之探究—配方比例對成膜性質與功能性的影響

關鍵詞：第倫桃果膠、可分解保鮮膜、減塑推廣

編號：115PB-L002

目錄

摘要	1
壹、前言	1
一、研究動機	1
二、文獻探討	2
三、研究材料來源簡介	3
四、研究目的	4
貳、研究設備及器材	4
參、研究過程或方法	5
肆、研究結果	17
一、第倫桃果膠萃取效率與部位比較	17
二、探討不同第倫桃果膠比例對成膜性質之影響	18
三、自製保鮮膜之物理性質測試	19
四、自製保鮮膜之耐水性與水中穩定性測試	21
五、自製保鮮膜之鎖水保鮮效能測試	22
六、生物分解測試與推廣評估	24
七、校園擺攤推廣減塑	25
伍、討論	27
陸、結論	29
柒、參考文獻	30

摘要

本研究利用校園中自然掉落的第倫桃果實，探討其作為天然果膠來源，並應用於可分解保鮮薄膜的可行性。研究首先比較第倫桃外部硬萼、內部嫩萼與中心漿果在微波萃取法與傳統加熱法下的果膠萃取情形。結果顯示，在本研究條件下，中心漿果之果膠產量與萃取率較高；而微波萃取法不僅加熱時間較短，還可得到與傳統加熱法相近或略佳的效果。

在製膜實驗中，本研究固定海藻酸鈉、吉利丁與甘油之用量，探討不同果膠添加量對薄膜成膜性質之影響。結果顯示，果膠添加量會影響薄膜之脫膜完整性、包覆服貼性、厚度與承重表現；在本研究透明度測試條件下，各組皆具有一定透明性，但外觀厚重感仍有所差異。其中，以添加 1.0 g 果膠之 C2 組在整體表現上較為均衡。

在功能測試方面，自製第倫桃複合保鮮膜可降低愛珠小番茄之減重率，具有初步鎖水保鮮效果；在耐水性測試中，各組薄膜浸水後皆會出現不同程度之膨潤與外觀變化，顯示其耐水性仍有限；在土壤掩埋測試中，自製薄膜於短期內可觀察到局部破損與孔洞，顯示其具有初步生物分解現象。

此外，本研究亦透過校園擺攤活動推廣 DIY 保鮮膜體驗包，共售出 100 份，回收 43 份問卷。回饋結果顯示，多數參與者對活動趣味性與推廣概念抱持正向看法，但在家庭操作下，成膜完整性仍有進一步改進空間。綜合而言，第倫桃落果具有發展為環保保鮮薄膜的應用潛力，亦可作為校園環境教育與減塑探究的實例。

壹、前言

一、研究動機

每到第倫桃成熟的季節，校園裡常有許多果實掉落在地上。因為第倫桃果實又大又容易腐爛，不但增加打掃的困擾，也可能產生異味，甚至引來病蟲害，造成校園環境維護上的負擔。

在平常觀察與清理的過程中，我們發現第倫桃果實裡面有很多黏稠的液體。經過查閱資料後，我們了解到這些黏液中含有果膠。果膠是一種天然物質，常用來製作果醬，也具有成膠與成膜的特性，因此有機會被應用在生物可分解材料的製作上（王曉明，2020）。

另一方面，日常生活中常用到的塑膠保鮮膜雖然方便，但不易分解，長期下來會對環境造成負擔。因此，我們開始思考：如果能把校園中原本被丟棄的第倫桃果實加以利用，製作成具有保鮮功能的環保薄膜，是否能同時減少校園落果造成的問題，也讓廢棄資源重新發揮價值？

基於對校園環境的關心，以及對減塑議題的興趣，我們決定以第倫桃果實為材料，研究其果膠是否能應用在可分解保鮮薄膜的製作上，並進一步探討其實際效果 (Willats, W. G., Knox, J. P., & Mikkelsen, J. D. 2006)。

二、文獻探討

在開始進行本研究之前，我們先查閱了和果膠萃取、生物薄膜製作，以及相關科展作品有關的資料，作為設計實驗的參考。透過文獻整理，我們希望了解天然果膠材料的取得方式、常見的薄膜配方，以及影響薄膜性質的重要因素：

文獻來源	作品名稱	重點發現	對本研究的啟發
中華民國第六十三屆中小學科學展覽會	果然塑這樣－農業廢棄物回收自製果膠保鮮膜之探究	一、研究指出，柚子皮與橘子皮可作為果膠的來源。 二、加入海藻酸鈉後，可製成較不易沾黏、較容易脫模的薄膜。 三、自製果膠薄膜在土壤中具有分解的可能性。	一、提供果膠、海藻酸鈉、甘油與純水的基礎配方參考。 二、可作為本研究設計生物分解性實驗的參考依據。
中華民國第六十三屆中小學科學展覽會	水乳蕉融－探討香蕉皮萃取物對烘焙麵團性質之影響	一、研究指出，加入適量檸檬汁有助於提升薄膜張力。 二、調整蛋白質成分或提高果膠比例，可能改善薄膜的物理性質。	一、啟發本研究加入吉利丁，作為改善果膠膜脆裂問題的材料。 二、提供薄膜張力測試方法的設計參考。
中華民國第六十三屆中小學科學展覽會	「愛」的「膜」力轉圈圈~可食性愛玉薄膜素材的研究	一、研究成功利用愛玉子製作出薄膜。 二、結果顯示，該薄膜具有一定的耐熱性。 三、研究中也整理出適合的烘烤溫度與時間條件，作為成膜依據。	一、提供烘烤溫度與時間設定的比較參考。 二、可作為本研究規劃薄膜穩定性相關測試的參考。
中華民國第六十五屆中小學科學展覽會	仙鮮御守－澎湖常見仙人掌果實保鮮效益之探究	一、研究顯示，微波萃取法在時間效率上優於傳統酸提法。 二、不同濃度的檸檬酸會影響果膠的萃取率。 三、不同部位的材料，其萃取效果與保鮮表現可能有所差異。	一、支持本研究採用微波萃取法，並使用檸檬酸作為萃取溶劑。 二、作為本研究比較第倫桃不同部位果膠表現的重要參考。

本研究之文獻探討一覽表

根據查閱到的資料，我們整理出幾個和本研究較有關係的重點：

(一) 果膠可以從天然植物材料中萃取出來，並可作為製作保鮮薄膜的原料。

前人的研究顯示，柚子皮、橘子皮、仙人掌果實等植物材料皆可成功萃取果膠，表示植物性廢棄物具有再利用的可能，也讓我們思考第倫桃是否也能作為果膠來源（黃靖晴等，2023）。

(二) 微波萃取法具有省時的優點。

有研究指出，微波萃取法在較短時間內即可完成萃取，效率可能優於傳統加熱法，因此本研究也參考此方法，比較不同萃取方式的效果（陳佩羽等，2023）。

(三) 薄膜配方中的其他材料會影響成膜效果。

文獻提到，海藻酸鈉可幫助形成較穩定的成膜結構，甘油可增加柔軟性，而加入適當的蛋白質材料也有助於改善薄膜太脆、容易破裂的問題。這些發現成為本研究設計複合薄膜配方的重要依據。

(四) 不同植物部位的性質可能不同。

部分研究發現，同一種植物的果皮、果肉或其他部位，其果膠含量與保鮮效果可能有所差異，因此本研究也進一步比較第倫桃不同部位的果膠萃取情形。

綜合以上文獻內容，我們決定以第倫桃為主要材料，探討不同部位與不同萃取方式的果膠表現，並結合其他天然材料製作複合薄膜，進一步評估其在環保保鮮上的應用可能。

三、研究材料來源簡介

本研究選用校園生活中常見且具有再利用價值的廢棄第倫桃果實作為核心材料，並搭配海藻酸鈉、吉利丁與甘油等天然或食品常用聚合物進行配方調製，以探討其應用於可分解保鮮薄膜之可行性。

(一) 第倫桃果實

第倫桃又稱五椗果，果實外形較大，內部含有豐富的黏液。本研究材料取自校園內自然掉落之第倫桃果實，並依其外觀與構造分為以下三個部分進行比較：

1. 外部硬萼：位於最外層，質地較硬，纖維較多。
2. 內部嫩萼：位於外部硬萼與中心漿果之間，質地較柔軟，含有較多水分與黏液。
3. 中心漿果：位於果實中心，包含種子與較多黏性物質。

本研究希望透過比較不同部位之萃取結果，了解何者較適合作為果膠來源。由於果膠屬於天然多醣，具有凝膠與成膜潛力，因此本研究進一步探討第倫桃果膠應用於可分解保鮮薄膜製作之可行性（鍾茂元，2018）。

(二) 海藻酸鈉

海藻酸鈉是由海藻中萃取而得的天然多醣類，常應用於食品及生物材料中。本研究加入海藻酸鈉，主要是因為其具有良好的成膜性，可幫助薄膜形成較穩定的結構，提升膜體完整性，並降低成膜後破裂的情形（陳美玲，2022）。

(三) 吉利丁

吉利丁是由動物性膠原蛋白製成的材料，常用於食品加工與凝膠製品中。本研究加入吉利丁，主要希望提升薄膜的韌性與延展性。由於單純果膠薄膜較容易脆裂，加入吉

利丁後，可使薄膜更具彈性，較適合實際包覆食材（李志成，2021）。

（四）甘油

甘油在本研究中主要用來讓薄膜更柔軟。適量加入甘油，可以避免薄膜在乾燥後變得太硬或容易裂開，也能讓薄膜保有一定的彈性與服貼性，使實際使用效果更好。

	
<p>本研究使用校園內自然掉落之第倫桃果實作為主要研究材料。</p>	<p>海藻酸鈉具有良好的成膜性，可幫助薄膜形成較穩定的結構。</p>
	
<p>吉利丁可提升薄膜的韌性與延展性，使薄膜較不易脆裂。</p>	<p>甘油可增加薄膜的柔軟度與彈性，使薄膜較具服貼性。</p>

四、研究目的

本研究以校園中自然掉落的第倫桃果實為研究材料，嘗試將其中的果膠應用於可分解保鮮薄膜的製作，並評估其作為環保替代材料的可行性。為了讓研究方向更清楚，本研究訂定以下目的：

（一）比較第倫桃不同部位之果膠萃取表現

探討外部硬萼、內部嫩萼與中心漿果在相同條件下之果膠產量差異，藉以找出較適合作為製膜原料之部位。

（二）探討不同果膠添加量對薄膜成膜性質的影響

在固定海藻酸鈉、吉利丁與甘油用量的條件下，改變第倫桃果膠的添加量，觀察薄膜在脫膜完整性、透明度與包覆服貼性上的差異，找出整體表現較佳的配方。

（三）測試自製保鮮膜的物理性質與保鮮效果

針對製作完成的複合薄膜進行厚度、承重與鎖水保鮮測試，了解其物理性質與實際使用效果。

(四) 評估自製保鮮膜的環保價值與推廣可行性

觀察自製保鮮膜埋入土壤後的分解情形，了解其生物分解的可能性，並進一步評估利用校園落果製作保鮮膜在環境教育中的應用價值（環境部資源循環署，2024）。

貳、研究設備及器材

本研究所使用的材料與設備，多數來自校園環境或日常生活中常見的物品，並搭配教學用設備進行實驗，以協助研究過程更順利，也讓各項操作條件較一致。相關設備與器材整理如下：

類別	名稱	數量	用途說明
原料	第倫桃果實	適量	分為外部硬萼、內部嫩萼與中心漿果，作為果膠來源
原料	檸檬酸	適量	配製酸性萃取液，幫助果膠釋出
原料	95%酒精	適量	使萃取液中的果膠析出，便於收集
原料	海藻酸鈉	適量	幫助形成較穩定的薄膜結構
原料	吉利丁	適量	增加薄膜的韌性與延展性
原料	甘油	適量	讓薄膜保持柔軟，減少乾燥後裂開的情形
製作設備	微波爐	1 臺	進行微波萃取，縮短加熱時間
製作設備	加熱裝置	1 組	溶解與混合材料，並維持加熱條件
製作設備	乾燥箱	1 臺	提供穩定環境，讓薄膜乾燥成形
製作設備	布氏漏斗與抽氣機	1 組	進行過濾，分離萃取液與果渣
製作設備	不同目數的篩網	1 套	過濾較大的雜質，使材料較均勻
量測工具	電子秤	1 臺	測量各種材料與藥品的重量
量測工具	量筒	1 個	量取液體材料的體積
量測工具	直尺	1 支	測量薄膜裁切尺寸或模具大小
量測工具	測微器	1 臺	測量薄膜厚度
量測工具	溫度計	1 支	協助確認加熱溫度
實驗工具	長方形平底模具	數個	作為薄膜成形的模具
實驗工具	玻璃棒或攪拌棒	1 支	攪拌混合液，使材料分散均勻
實驗工具	解剖針與鑷子	1 套	協助薄膜脫模與取樣
測試工具	簡易承重架	1 組	進行薄膜承重測試
測試工具	LEGO SPIKE	一組	測試薄膜可承受的重量

研究設備與器材一覽表

參、研究過程或方法

本研究按照「原料篩選、配方篩選、功能測試、環境評估」的步驟進行，希望了解第倫桃果膠能不能用來製作可分解保鮮薄膜 (Mohnen, D. 2008.)。





為了讓實驗結果更清楚，我們不只用觀察的方式記錄，也把薄膜的透明度、承重表現、厚度是否平均、保鮮後的外觀變化，以及分解情形，改成較容易比較的數據或紀錄方式，讓不同

配方之間的差異可以看得更清楚(Rhim, J. W., & Wang, L. F. 2013)。

在正式實驗開始前，我們先依我們文獻所收集到的配方做前期試作，找出比較適合的基礎配方。組員根據薄膜的透明度、韌性和柔軟度，給予1到5分的評分，再配合實際操作時的觀察與感受，整理每一種配方的優點與缺點，作為後續正式實驗選定配方的參考。前期未加入果膠的試作配方篩選結果如下：

配方編號	材料比例 (100mL 水)	成膜特性評分 (1 - 5)	物理觀察與優缺點	組員討論
A	海藻酸鈉 0.5g 吉利丁 0.3g 甘油 2ml	透明度：5 韌性：1 柔軟度：2	特性：膜體極薄、透明度高。優點：外觀最透明、材料用量較少。缺點：結構穩定性不足，較容易破損。	需增加膠體濃度，以提升膜體穩定性。
B	海藻酸鈉 1.0g 吉利丁 0.5g 甘油 3ml	透明度：4 韌性：3 柔軟度：3	特性：透明度、韌性與柔軟度表現較平均。優點：成膜較穩定，較有機會兼顧外觀與基本結構。缺點：柔軟度仍略低，包覆彎曲表面時服貼性可再提升。	可適度增加甘油用量，以進一步提升薄膜柔軟度與包覆服貼性。
C	海藻酸鈉 1.0g 吉利丁 0.5g 甘油 4ml	透明度：4 韌性：4 柔軟度：5	特性：柔軟度高，延展性較佳，較容易脫模。優點：薄膜較不易過脆，較利於包覆與服貼。缺點：整體的韌性可以再加強。	整體操作性較佳，可作為後續正式實驗的固定配方候選。
D	海藻酸鈉 1.5g 吉利丁 0.8g 甘油 5ml	透明度：2 韌性：5 柔軟度：3	特性：膜體較厚，結構較穩定，韌性高。優點：不易破裂，強度較佳。缺點：顏色偏黃、透明度較低，手感偏硬且厚重。	可嘗試調整流延厚度，觀察是否能改善厚重感。

前期試作配方篩選紀錄表

	
A 配方製成的薄膜較薄且透明度較高，但整體結構較弱，取膜時較容易出現破損情形。	B 配方製成的薄膜在透明度、韌性與柔軟度之間表現較平均，成膜情形較穩定。
	
C 配方製成的薄膜柔軟度較佳，延展性較好，脫膜時相對較完整，操作上較為方便。	D 配方製成的薄膜較厚，結構較穩定，但透明度較低，外觀看起來也較為厚重。

綜合前期試作的觀察與評分結果可知，不同配方各有優缺點。當材料添加量較低時，薄膜

雖較透明，但較容易破損；當材料添加量較高時，雖可提升膜體穩定性與韌性，但也可能使薄膜變厚，影響透明度與服貼性。整體而言，配方 C 在柔軟度、延展性與操作性方面較符合本研究後續實驗需求，因此選作正式實驗的固定基礎配方。

一、第倫桃果膠萃取效率與部位比較

本實驗主要比較第倫桃不同部位的果膠萃取情形，並探討微波萃取法與傳統加熱法的差異，作為後續製膜原料選擇的依據。

(一) 操作變因

- 1.第倫桃部位：外部硬萼、內部嫩萼、中心漿果。
- 2.萃取方式：微波萃取法、傳統加熱法。

(二) 控制變因：相同原料來源、相同乾燥與研磨方式、相同檸檬酸濃度、相同酒精清洗次數與總量、相同烘乾溫度與時間。

(三) 實驗分組

為了比較第倫桃不同部位的果膠萃取情形，以及微波萃取法與傳統加熱萃取法的差異，本研究將實驗分為六組進行。實驗分組以「第倫桃部位」與「萃取方式」作為兩項主要變因，其中第倫桃部位分為外部硬萼、內部嫩萼與中心漿果三部分；萃取方式則分為微波萃取與傳統加熱萃取。透過此分組設計，可在相同條件下比較不同部位之果膠產量差異，並進一步了解不同萃取方式對萃取結果的影響（辛柏緯等，2025）。

代號	部位	萃取方式	代號	部位	萃取方式
A1	外部硬萼	微波萃取	B1	外部硬萼	傳統加熱萃取
A2	內部嫩萼	微波萃取	B2	內部嫩萼	傳統加熱萃取
A3	中心漿果	微波萃取	B3	中心漿果	傳統加熱萃取

其中 A 組為微波萃取組，B 組為傳統加熱萃取組

(四) 實驗步驟

- 1.採集校園內自然掉落之第倫桃果實，清洗乾淨後，依組織部位分為外部硬萼、內部嫩萼及中心漿果三部分。
- 2.各部位分別切碎後放置於乾燥箱內以 50 度烘乾 24 小時後先以食物調理機打碎後再研磨成粉末備用。
- 3.各組秤取 10g 粉末，加入 100mL 之 2M 檸檬酸溶液，充分攪拌後進行萃取。
- 4.微波萃取組以 600W 加熱 5 分鐘；傳統加熱組以 80°C 水浴加熱 60 分鐘。兩組皆使用相同容器、相同液體體積。

5. 萃取完成後冷卻至室溫，以布氏漏斗及抽氣機進行過濾，分離萃取液與殘渣。
6. 將濾液加入兩倍體積之 95% 酒精中，靜置 30 分鐘，使果膠析出。
7. 以 95% 酒精分三次清洗析出物，每次 200 mL，再進行過濾。
8. 將果膠放入乾燥箱中，以 70°C 烘乾 12 小時。
9. 以電子秤量測乾燥後果膠重量，並依公式計算各組平均產量與萃取率。
10. 各組實驗重複 3 次，取平均值進行比較分析。



第倫桃烘乾後的外皮，已經減少大量的水分形成果乾的樣貌。



中心的漿果烘乾後的樣貌，原本會摸起來黏稠的部分已經感受不到了。



內部嫩萼烘乾後的樣貌，原本比起內部嫩萼更多汁水也變得乾燥。



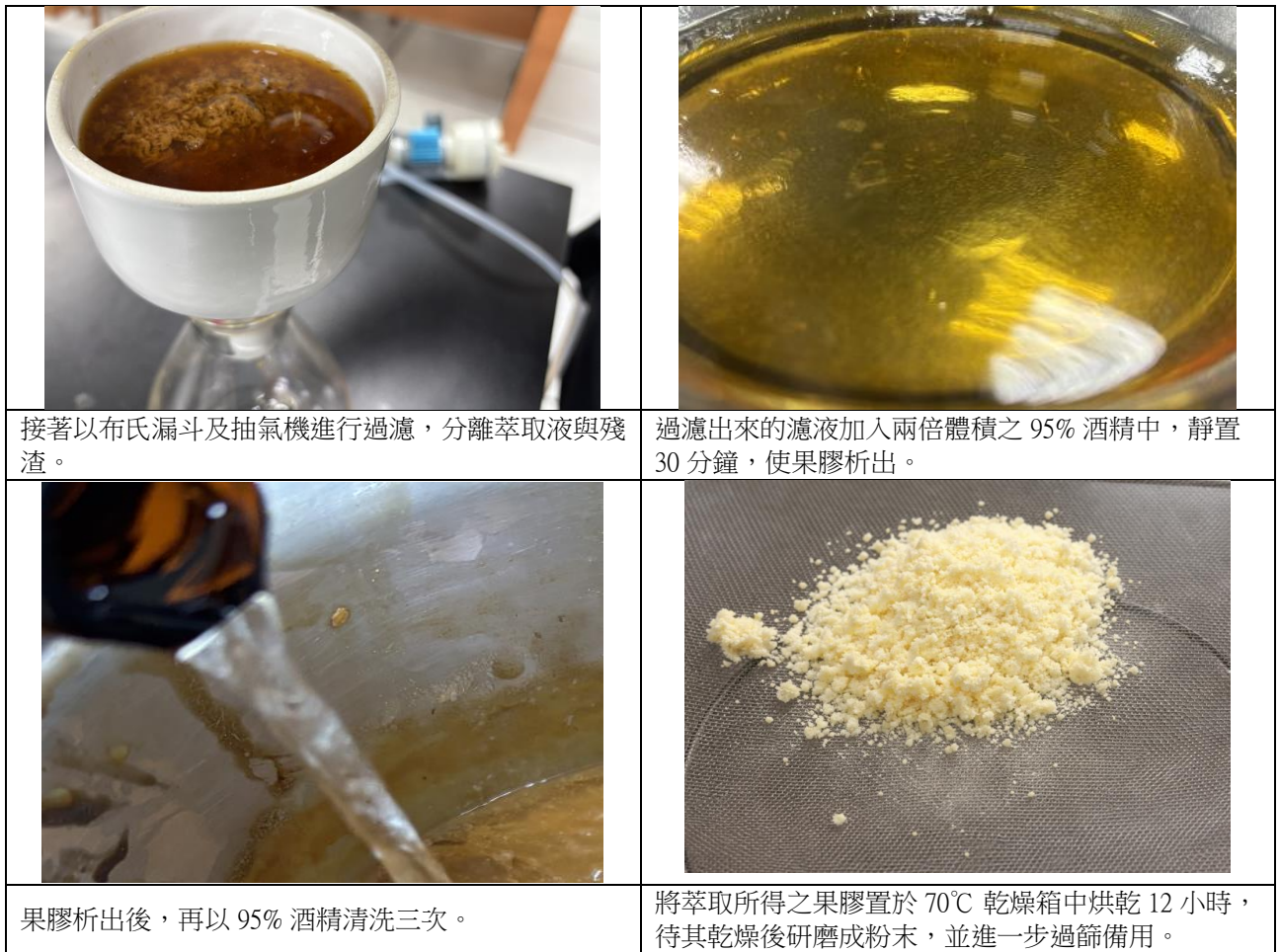
將烘乾的部分先以調理機初步的打成粉末，再進一步進行研磨至更細，如圖所示。



傳統組使用隔水加熱法來萃取果膠，水溫約 80 度萃取 60 分鐘。



將燒杯放進微波爐中進行萃取，以 600W 加熱 5 分鐘。



接著以布氏漏斗及抽氣機進行過濾，分離萃取液與殘渣。

過濾出來的濾液加入兩倍體積之 95% 酒精中，靜置 30 分鐘，使果膠析出。

果膠析出後，再以 95% 酒精清洗三次。

將萃取所得之果膠置於 70°C 乾燥箱中烘乾 12 小時，待其乾燥後研磨成粉末，並進一步過篩備用。

二、探討不同第倫桃果膠比例對成膜性質之影響

本實驗採用單一變因控制法，探討不同果膠添加量對薄膜成膜性質的影響。

(一) 操作變因：第倫桃果膠添加量。

(二) 控制變因：相同純水量、相同海藻酸鈉量、相同吉利丁量、相同甘油量、相同模具尺寸、相同加熱與烘乾條件

(三) 固定配方條件：每組皆加入純水 100mL、海藻酸鈉 1.0g、吉利丁 0.5g、甘油 4mL、混合加熱溫度約 90°C，攪拌時間固定為 20 分鐘，烘乾溫度 70°C

(四) 實驗分組

為了比較不同果膠添加量對薄膜成膜效果的影響，本研究固定其他材料用量不變，僅改變第倫桃果膠的添加量，將實驗分為以下四組進行（林沛縈等，2023）。

代號	果膠含量
C1	0.5g
C2	1.0g
C3	1.5g
C4	2.0g

(五) 成膜步驟

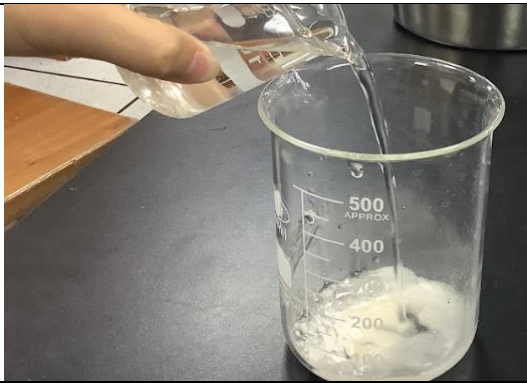
- 1.將海藻酸鈉、吉利丁與果膠加入燒杯中，先初步攪拌約 20 下，接著再加入甘油後持續攪拌。
- 2.將混合液採隔水加熱方式處理，並維持水溫約 90°C，持續攪拌 20 分鐘，直到混合液中無明顯顆粒為止。
- 3.將攪拌均勻之混合液倒入長 24 公分、寬 16 公分之長方形平底模具中，並控制液面厚度約為 0.5 公分。
- 4.最後，將模具置於乾燥箱中，以 70°C 烘乾 6 小時，使其形成薄膜。

(六) 成膜性質評估方式：為比較不同第倫桃果膠添加量對薄膜成膜性質之影響，本研究針對薄膜之脫膜完整性、透明度與包覆服貼性三項進行評估。各組皆重複實驗 3 次，並由組員與老師共同觀察後進行評分，再取其平均值作為比較依據 (Oms-Oliu, G., et al. 2008)。

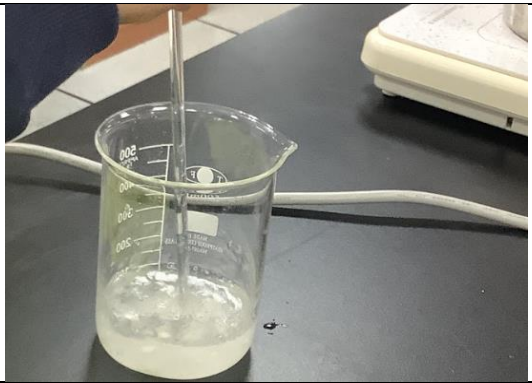
1. 脫膜完整性：觀察薄膜是否可自模具中完整取下。5 分代表完全不黏盤且可一次完整撕起；1 分代表嚴重黏盤，且取下時容易碎裂。
2. 透明度測試：將 6x6 公分之薄膜覆蓋於相同字體、相同大小之印刷文字上，並以 5x5 模具框選 25 個字，在固定距離與固定角度下拍照，記錄可清楚辨識的字數，作為透明度比較之依據。每可清楚辨識 1 個字計 0.2 分，滿分為 5 分。
3. 包覆服貼性：將薄膜包覆於紙杯口，觀察其貼合程度與是否容易回彈。5 分代表薄膜可緊密貼合杯口表面，邊緣不易翹起，且不易回彈；3 分代表薄膜可大致貼合杯口，但局部仍有些微翹起或回彈；1 分代表薄膜不易貼合杯口，且容易回彈、鬆脫或出現明顯皺摺。

(七) 觀察與記錄項目：

1. 脫膜完整性：觀察薄膜自模具中取下時之完整程度，並記錄是否有破裂或沾黏現象。
2. 透明度測試：將 6cmx6cm 薄膜覆蓋於相同字體及字級之印刷文字上，並以 5cmx5cm 模具框選 25 個字，在固定拍攝距離與角度下進行拍照，記錄可清楚辨識之字數，作為比較薄膜透明度之依據。
3. 包覆服貼性：將薄膜覆蓋於紙杯杯口，觀察其是否能緊密貼合杯口表面，以評估其包覆服貼性。



將水 100mL 的水、海藻酸鈉 1.0g、吉利丁 0.5g 以及不同比例的第倫桃果膠加入燒杯中。



初步攪拌後再加入甘油並持續攪拌。



將混合液隔水加熱，並維持水溫約 90°C，持續攪拌 20 分鐘後混合液中無明顯顆粒。



在預計製作保鮮膜的長方形模具上先畫記 0.5 公分的刻度以利後續製膜。



將已經均勻攪拌並完全溶解的混和液倒至底面平坦的模具中。



將模具置於乾燥箱中，以 70°C 烘乾 6 小時，使其形成薄膜，取下時以大頭針輔助。



取下時要相當細心，並觀察薄膜自模具中取下時之完整程度，同時記錄是否有破裂或沾黏現象。



將脫模後之薄膜平放於紙張上妥善保存，以供後續實驗使用。



薄膜透明度測試：將 6 cm × 6 cm 薄膜覆蓋於印刷文字上拍照，比較可辨識字數。



薄膜包覆服貼性測試：覆蓋紙杯杯口，觀察其貼合情形。

三、自製保鮮膜之物理性質測試

實驗針對不同果膠添加量之自製薄膜，進行厚度與承重測試，以了解薄膜之基本物理性質（辛柏緯等，2025）。

- (一) 操作變因：第倫桃果膠添加量不同形成的膜。
- (二) 控制變因：相同模具尺寸、相同裁切尺寸、相同量測方式及相同環境條件。
- (三) 厚度測試

1. 使用薄膜測厚儀量測薄膜中心與四周共 5 個位置。
2. 計算平均厚度，並記錄最大值與最小值。
3. 比較各組薄膜厚度是否均勻。



使用學校實驗室的薄膜測厚儀量測薄膜中心與四周共 5 個位置。

時間	次數	最大	最小	平均	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2025-02-15 10:36:52	1	3.234	3.114	3.189	3.141	3.144	3.135	3.146	3.174	3.158	3.160	3.175	3.194	3.204	3.212	3.214	3.208
2025-02-15 10:36:56	2	3.233	3.111	3.189	3.121	3.126	3.134	3.152	3.175	3.154	3.161	3.176	3.195	3.205	3.211	3.212	3.205
2025-02-15 10:36:59	3	3.236	3.115	3.190	3.123	3.128	3.135	3.149	3.178	3.159	3.161	3.177	3.194	3.205	3.216	3.215	3.210
2025-02-15 10:36:54	4	3.235	3.114	3.190	3.123	3.130	3.137	3.156	3.178	3.156	3.164	3.181	3.196	3.207	3.213	3.214	3.205
2025-02-15 10:36:44	5	3.238	3.117	3.192	3.121	3.129	3.136	3.151	3.178	3.160	3.162	3.177	3.196	3.207	3.215	3.215	3.211
2025-02-15 10:36:54	6	3.239	3.116	3.192	3.126	3.131	3.138	3.156	3.179	3.158	3.165	3.182	3.199	3.208	3.216	3.217	3.208
2025-02-15 10:37:04	7	3.239	3.117	3.193	3.123	3.130	3.138	3.154	3.180	3.162	3.164	3.179	3.199	3.208	3.218	3.218	3.214
2025-02-15 10:37:14	8	3.241	3.117	3.193	3.126	3.132	3.140	3.156	3.181	3.160	3.167	3.183	3.202	3.209	3.216	3.218	3.209
2025-02-15 10:37:23	9	3.241	3.118	3.195	3.123	3.132	3.139	3.155	3.182	3.163	3.166	3.180	3.201	3.212	3.219	3.219	3.215
2025-02-15 10:37:33	10	3.239	3.118	3.195	3.126	3.134	3.140	3.158	3.181	3.160	3.170	3.185	3.202	3.211	3.217	3.218	3.210
2025-02-15 10:37:52	11	3.236	3.116	3.191	3.120	3.128	3.134	3.149	3.178	3.159	3.161	3.176	3.196	3.206	3.215	3.216	3.210
2025-02-15 10:38:02	12	3.237	3.115	3.191	3.123	3.130	3.135	3.154	3.176	3.157	3.163	3.180	3.198	3.207	3.213	3.215	3.207
2025-02-15 10:38:11	13	3.238	3.115	3.192	3.123	3.129	3.135	3.151	3.179	3.160	3.162	3.178	3.196	3.206	3.216	3.217	3.211
2025-02-15 10:38:21	14	3.237	3.115	3.192	3.125	3.132	3.139	3.157	3.179	3.158	3.165	3.183	3.200	3.209	3.215	3.216	3.206
2025-02-15 10:38:31	15	3.239	3.118	3.193	3.123	3.130	3.137	3.152	3.181	3.162	3.164	3.178	3.198	3.208	3.217	3.217	3.212
2025-02-15 10:38:40	16	3.240	3.118	3.193	3.126	3.132	3.140	3.156	3.178	3.159	3.165	3.183	3.200	3.209	3.215	3.219	3.208
2025-02-15 10:38:50	17	3.240	3.118	3.194	3.125	3.132	3.138	3.154	3.180	3.163	3.165	3.179	3.199	3.207	3.219	3.219	3.211
2025-02-15 10:39:00	18	3.241	3.117	3.194	3.126	3.131	3.140	3.157	3.179	3.159	3.166	3.183	3.200	3.208	3.216	3.216	3.207
2025-02-15 10:39:10	19	3.240	3.118	3.195	3.123	3.131	3.139	3.154	3.182	3.163	3.166	3.179	3.198	3.209	3.218	3.219	3.214
2025-02-15 10:39:19	20	3.241	3.119	3.195	3.127	3.133	3.140	3.159	3.180	3.161	3.167	3.183	3.201	3.210	3.215	3.218	3.200
2025-02-15 10:39:28	21	3.237	3.115	3.192	3.123	3.130	3.136	3.152	3.180	3.160	3.162	3.178	3.196	3.207	3.216	3.217	3.211
2025-02-15 10:39:38	22	3.238	3.115	3.192	3.123	3.130	3.137	3.155	3.177	3.157	3.165	3.181	3.199	3.208	3.213	3.216	3.206
2025-02-15 10:39:58	23	3.239	3.116	3.192	3.121	3.130	3.136	3.152	3.179	3.159	3.163	3.177	3.197	3.208	3.217	3.216	3.211
2025-02-15 10:40:07	24	3.238	3.115	3.192	3.125	3.131	3.137	3.156	3.177	3.158	3.166	3.183	3.198	3.207	3.214	3.216	3.206
2025-02-15 10:40:17	25	3.239	3.116	3.192	3.123	3.129	3.137	3.151	3.178	3.160	3.163	3.178	3.198	3.208	3.216	3.218	3.211
2025-02-15 10:40:27	26	3.239	3.116	3.192	3.125	3.131	3.138	3.155	3.180	3.159	3.165	3.183	3.199	3.207	3.215	3.216	3.207
2025-02-15 10:40:37	27	3.240	3.118	3.194	3.123	3.130	3.138	3.152	3.180	3.162	3.164	3.179	3.197	3.207	3.218	3.218	3.212
2025-02-15 10:40:46	28	3.240	3.117	3.194	3.126	3.132	3.138	3.153	3.179	3.159	3.167	3.181	3.200	3.209	3.214	3.217	3.208

計算平均厚度，並記錄最大值與最小值，比較各組薄膜厚度是否均勻。

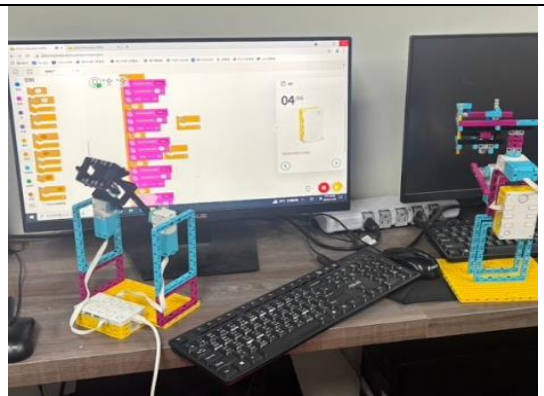
(四) 承重測試

1. 將薄膜裁成 3cm × 8cm 之長條。
2. 於薄膜上下兩端各固定 1.5cm 之相同夾取位置，懸掛於簡易測試架上，使中間實際受力長度固定為 5cm。

3. 下端懸掛相同小水杯，並以針筒每次加入 3mL 水，每次間隔 10 秒。
4. 記錄薄膜斷裂前可承受之最大水量。
5. 每組至少重複 5 次，取平均值作為比較依據。



使用 LEGO SPIKE 組裝並嘗試設計出合適的承重測試方法。

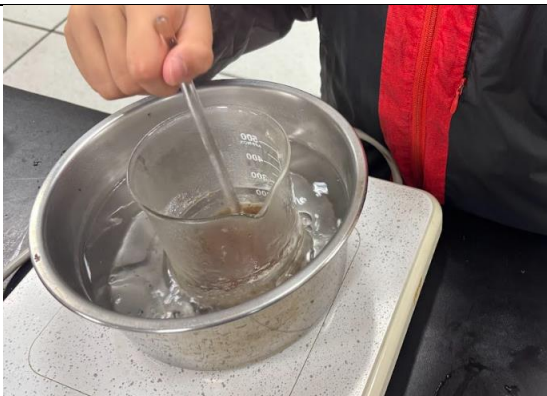


將組裝完成的測試工具測試的結果用電腦記錄下來，每組至少重複 5 次，取平均值作為比較依據。

四、自製保鮮膜之耐水性與水中穩定性測試

本實驗主要觀察不同果膠比例薄膜在水中的吸水、膨潤及結構穩定情形。

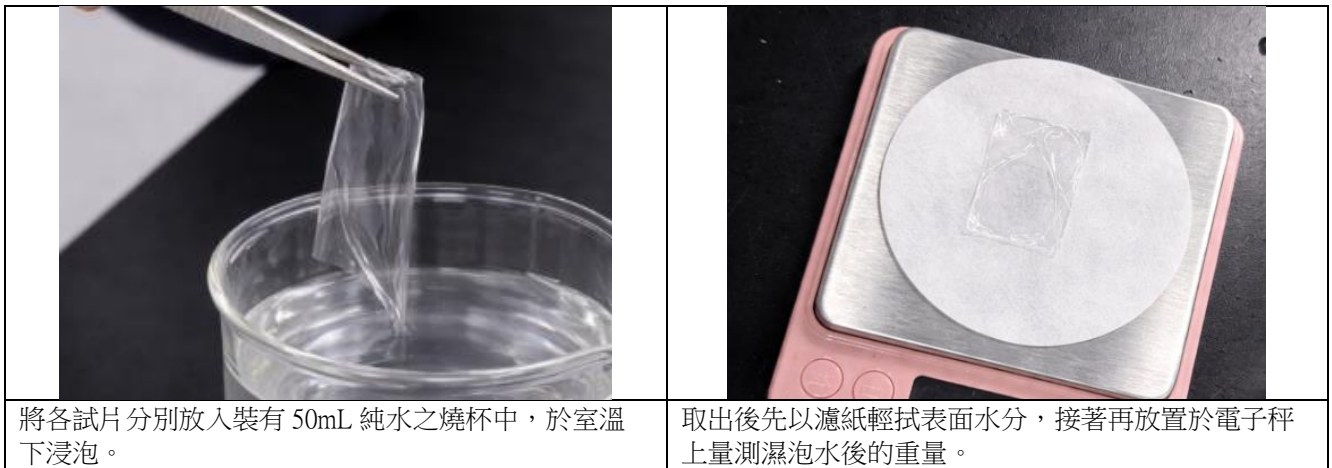
- (一) 操作變因：不同果膠添加量之自製保鮮膜。
- (二) 控制變因：相同試片大小、相同蒸餾水體積、相同浸泡環境、相同量測時間及相同乾燥條件。
- (三) 操作步驟
 1. 將各組薄膜裁切成 4cmx4cm 之相同大小試片並進行秤重。
 2. 將各試片分別放入裝有 50mL 純水之燒杯中，於室溫下浸泡。
 3. 於 30 分鐘、1 小時、6 小時及 24 小時取出觀察，並於放置 24 小時後以濾紙輕拭表面水分，再量測濕重。
 4. 記錄各組薄膜之捲曲、膨脹、破損、裂開或部分溶散等現象。



將四種保鮮膜依照配方比例製作出來，皆以 70°C 烘乾 6 小時，使其形成薄膜。



將各組薄膜裁切成 4cmx4cm 之相同大小試片並先測量重量，大小如圖所示。



五、自製保鮮膜之鎖水保鮮效能測試

本實驗以愛珠小番茄為材料，比較未包覆組、市售 PE 保鮮膜組，以及自製第倫桃複合保鮮膜各配方組之保鮮效果，共分為六組進行，藉以了解自製保鮮膜在鎖水保鮮方面之表現 (Thakur, B. R., Singh, R. K., & Handa, A. K. 1997)。

(一) 操作變因：未包覆組、市售 PE 保鮮膜組、自製第倫桃複合保鮮膜組。

(二) 控制變因：相同愛珠小番茄品種、相同初始重量、相同顆數、相同放置環境、相同觀察天數及相同量測方式。

(三) 實驗分組：本實驗共選取 36 顆重量約 12 公克之愛珠小番茄，隨機分為 6 組，每組 6 顆共約 72 公克，分別進行下列處理。

1. 未包覆組：不使用任何保鮮膜。
2. 市售 PE 保鮮膜組：以市售 PE 保鮮膜包覆。
3. 自製第倫桃複合保鮮膜組：以自製第倫桃複合保鮮膜包覆，共四組。

(四) 實驗步驟：

1. 選取外觀完整、重量相近之愛珠小番茄，共 36 顆。
2. 將愛珠小番茄隨機分為 6 組，每組 6 顆，分別為未包覆組、市售 PE 保鮮膜組，以及自製第倫桃複合保鮮膜 C1、C2、C3、C4 組。
3. 將各組樣本置於相同環境中保存，連續 5 天於固定時間量測重量。
4. 每日以固定角度拍照，觀察並記錄小番茄表面皺縮情形。
5. 於第 5 天計算各組平均減重率，並比較不同包覆方式之保鮮效果



(五) 觀察與記錄項目：

1. 重量變化：每日量測各組愛珠小番茄重量，記錄其失水情形。
2. 外觀皺縮情形：每日以固定角度拍照，並依皺縮程度進行分級比較。

3. 包覆效果：觀察保鮮膜是否能完整包覆愛珠小番茄表面，以及包覆後之外觀。

(六) 減重率公式：減重率 (%) = (初始重量 - 第五天重量) ÷ 初始重量 × 100%

(七) 皺縮程度分級：幾乎無皺縮 1 分、輕微皺縮 2 分、明顯皺縮 3 分、嚴重皺縮 4 分

	
以自製第倫桃複合保鮮膜包覆愛珠小番茄，觀察其包覆情形與外觀變化。	未使用任何保鮮膜包覆之愛珠小番茄，作為對照組之外觀示意。

六、生物分解測試與推廣評估

本階段主要觀察自製薄膜在自然環境中的分解情形，並評估其作為校園環境教育材料之可行性。

(一) 土壤掩埋實驗

1. 準備邊長 5 公分之自製薄膜與相同尺寸之市售 PE 保鮮膜。
2. 將樣本埋入校園花圃中約 10 公分深之土壤內。
3. 每隔 2 天取出觀察一次，清除表面泥土後拍照記錄，再埋回原處。
4. 觀察項目包括外觀變化、邊緣破損、孔洞及剩餘面積等。
5. 剩餘面積以方格紙進行比對，估算薄膜仍保留之完整面積百分比。

(二) 從材料來源、製作時間、所需成本及教學應用性等面向，評估本研究作為校園環境教育活動之可行性。

	
將樣本埋入土壤中，作為後續觀察生物分解情形之實驗環境。	將樣本埋入土壤中固定位置，並於觀察時取出進行記錄。

七、校園擺攤推廣減塑

為了讓研究成果不只停留在實驗室中，本研究進一步將第倫桃複合保鮮膜的製作成果轉化為校園推廣活動，透過擺攤展示、DIY 體驗包及回饋單調查，初步了解大家對天然保鮮膜與減塑概念的接受情形，並作為環境教育推廣之參考。

（一）擺攤推廣內容

本研究以「第倫桃減塑膜法坊」為攤位名稱，於校園活動中進行成果推廣。攤位內容包括第倫桃果膠萃取與保鮮膜製作流程展示、自製保鮮膜成品展示、DIY 保鮮膜試用包介紹，以及減塑理念說明，讓參與者能透過觀察與實際體驗，更了解天然材料再利用與減塑行動的意義。

（二）DIY 體驗包設計

為增加參與者的實作體驗，本研究將保鮮膜製作流程簡化為家庭可操作版本，設計 DIY 保鮮膜試用包。每份體驗包內含粉末材料包與甘油包，並附上簡易說明書，讓使用者可帶回家自行操作，體驗天然保鮮膜的製作過程。此設計除可提高參與者的操作興趣外，也可作為校園環境教育與減塑推廣的延伸應用。

（三）回饋方式與推廣觀察

為了解推廣活動的實際效果，本研究另設計簡易回饋單，內容包含說明是否清楚、操作是否容易、是否成功完成、成品外觀感受及推薦意願等項目。參與者填寫並繳回回饋單後，可退回 5 元，以提高回收率，並作為後續整理推廣成效之依據。

（四）推廣意義

透過校園擺攤活動，本研究嘗試將第倫桃果實再利用、天然保鮮膜製作與減塑教育結合，讓研究成果更貼近校園生活。雖本活動主要屬於初步推廣與體驗性質，但從參與情形與回饋內容中，仍可初步看出此類活動具有一定的教學與推廣潛力。



本研究將粉末材料包、甘油包及說明書整理成 DIY 保鮮膜體驗包，作為校園擺攤推廣之用。

攤位桌面展示 DIY 體驗包、說明海報與推廣資料，作為活動介紹與成果展示之用。



於校園擺攤活動中展示研究流程與 DIY 保鮮膜體驗包說明海報，作為研究成果介紹與推廣之用。



攤位桌面展示第倫桃果實、薄膜成品及相關材料，供參與者觀察與了解研究內容。

肆、研究結果

本研究依照「原料篩選→配方篩選→功能測試→環境評估」的順序進行，並將部分原本以觀察為主的項目進一步整理為可量化數據，以提高不同組別之間比較的客觀性。各階段研究結果如下：

一、不同部位與萃取法對果膠萃取率之比較

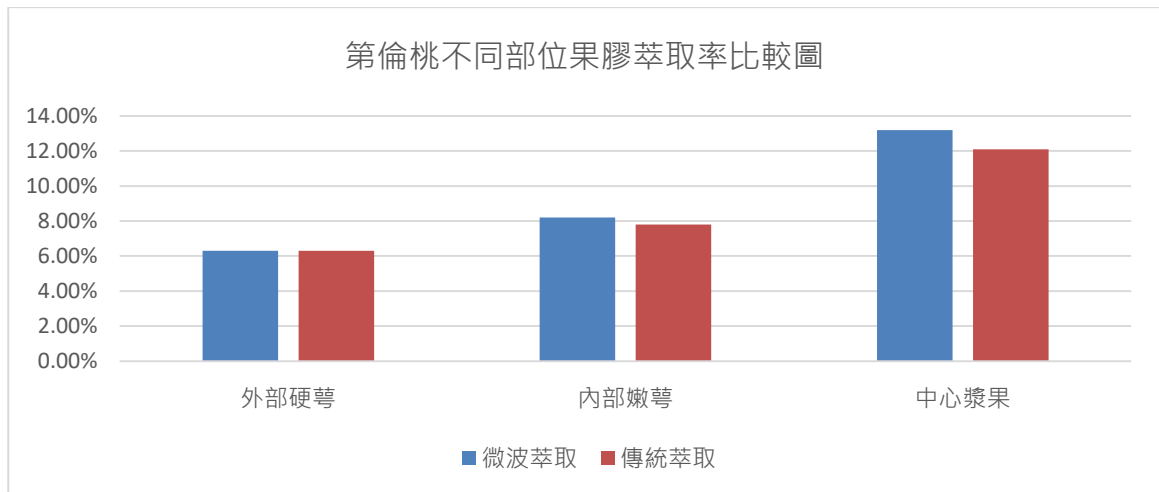
在相同實驗條件下，本研究比較第倫桃不同部位於微波萃取與傳統加熱萃取下之果膠產量與萃取率，以了解何者較適合作為後續製膜原料：

組別	第倫桃部位	萃取方式	檸檬酸濃度	酒精清洗次數與總量
A1	外部硬萼	微波萃取	2 M	3 次，共 600 mL
A2	內部嫩萼	微波萃取	2 M	3 次，共 600 mL
A3	中心漿果	微波萃取	2 M	3 次，共 600 mL
B1	外部硬萼	傳統萃取	2 M	3 次，共 600 mL
B2	內部嫩萼	傳統萃取	2 M	3 次，共 600 mL
B3	中心漿果	傳統萃取	2 M	3 次，共 600 mL

第倫桃不同部位果膠萃取實驗條件表

組別	第 1 次產量(g)	第 2 次產量(g)	第 3 次產量(g)	平均產量(g)	萃取率(%)
A1	0.63	0.61	0.65	0.63	6.30%
A2	0.85	0.81	0.8	0.82	8.20%
A3	1.35	1.28	1.33	1.32	13.20%
B1	0.60	0.62	0.65	0.63	6.30%
B2	0.80	0.83	0.72	0.78	7.80%
B3	1.21	1.22	1.19	1.21	12.10%

第倫桃不同部位果膠萃取率對照表



- 1.由上方的表圖可知，在相同萃取方式下，中心漿果組之平均產量與萃取率均高於外部硬萼與內部嫩萼，內部嫩萼次之，外部硬萼最低。以相同部位進行比較時，微波萃取組與傳統萃取組之結果整體相近，部分組別以微波萃取略高。
- 2.綜合比較可初步看出，中心漿果較可能含有較多可萃取之果膠成分；而微波萃取在萃取率表現與傳統萃取相近的情況下，所需時間較短。基於萃取結果與操作便利性之考量，後續實驗選擇以中心漿果之微波萃取果膠作為製膜原料。

二、探討不同第倫桃果膠比例對成膜性質之影響

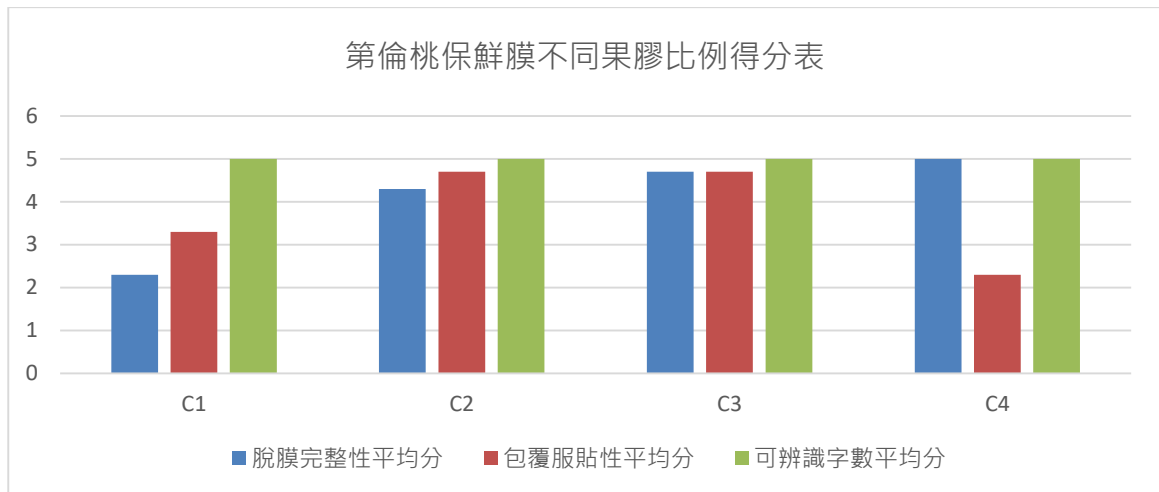
在固定其他材料用量與製作條件不變的情況下，本研究比較不同第倫桃果膠添加量對薄膜成膜性質之影響，結果如下：

組別	果膠加入量	分組說明
C1	0.5 克	低果膠組
C2	1.0 克	基準組
C3	1.5 克	中高果膠組
C4	2.0 克	高果膠組

不同果膠比例之實驗分組表

組別	果膠量(g)	脫膜完整性 平均分	包覆服貼性 平均分	可辨識字數 平均分	實驗結果
C1	0.5	2.3	3.3	5.0	薄膜較薄，透明度佳，但較易破裂
C2	1.0	4.3	4.7	5.0	各項表現較均衡
C3	1.5	4.7	4.7	5.0	結構較穩定，外觀略顯厚重
C4	2.0	5.0	2.3	5.0	膜體較厚，服貼性下降

第倫桃保鮮膜不同果膠比例成膜性質對照表



- (一) 由上表可知，不同果膠添加量會影響薄膜之脫膜完整性與包覆服貼性。C1 組薄膜較薄，在本研究透明度測試條件下可清楚辨識文字，但在脫膜時較易破裂；C2 組在脫膜完整性、包覆服貼性與整體操作性方面表現較為均衡；C3 組之膜體結構較穩定，但膜體略厚；C4 組雖有較高之脫膜完整性，但包覆服貼性明顯下降。
- (二) 在透明度測試方面，各組皆可辨識 25 個字，顯示在本研究測試條件下，各組薄膜皆具有一定程度之透明性。不過，從實際觀察結果可看出，當果膠添加量提高後，膜體外觀略顯厚重，包覆時之柔軟度也隨之下降。
- (三) 綜合各項結果可初步看出，C2 組（1.0 克果膠）在透明度、脫膜完整性與包覆服貼性之間表現較為均衡，因此後續實驗選擇以 C2 組作為代表配方。

三、自製保鮮膜之物理性質測試

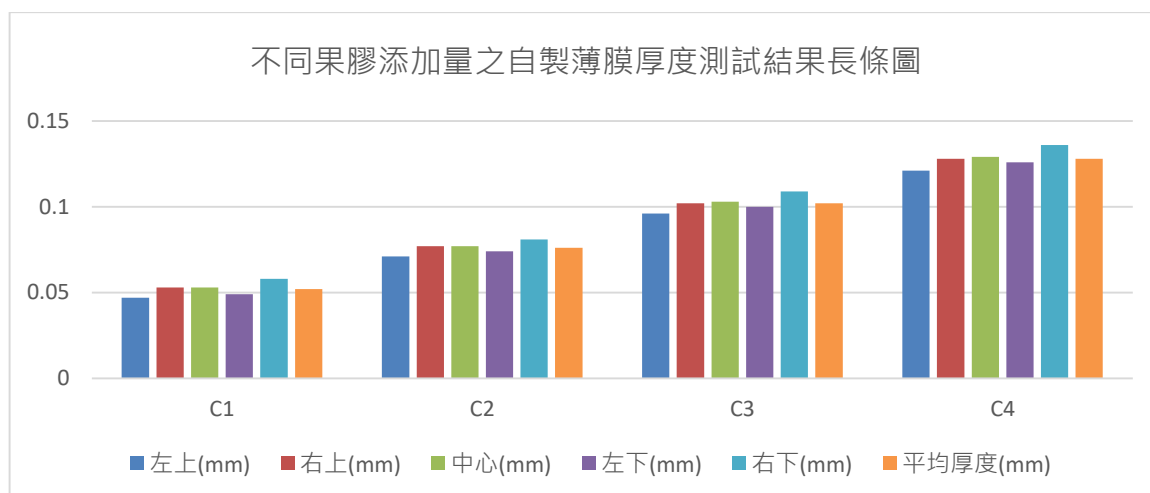
本研究針對不同果膠添加量之自製薄膜，進行厚度與承重測試，以了解薄膜之基本物理性質。

(一) 厚度測試結果

不同果膠添加量之自製薄膜平均厚度與厚度範圍如表所示：

組別	果膠量(g)	左上 (mm)	右上 (mm)	中心 (mm)	左下 (mm)	右下 (mm)	平均厚度(mm)	厚度範圍 (mm)
C1	0.5 g	0.047	0.053	0.053	0.049	0.058	0.052	0.047-0.058
C2	1.0 g	0.071	0.077	0.077	0.074	0.081	0.076	0.071-0.081
C3	1.5 g	0.096	0.102	0.103	0.100	0.109	0.102	0.096-0.109
C4	2.0 g	0.121	0.128	0.129	0.126	0.136	0.128	0.121-0.136

不同果膠添加量之自製薄膜厚度測試結果表



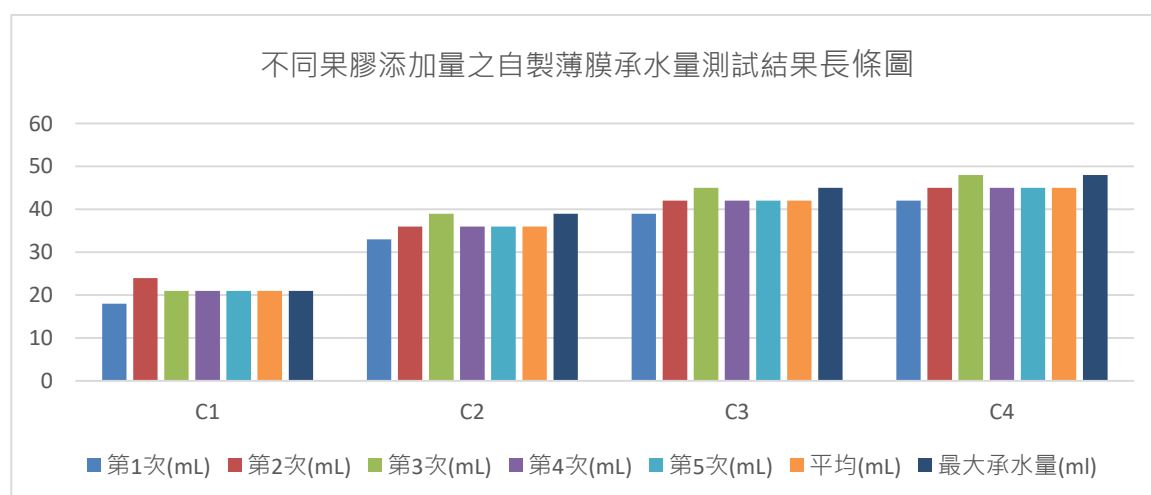
由上表可知，隨著果膠添加量增加，薄膜平均厚度亦隨之增加。0.5 g 組薄膜最薄，2.0 g 組薄膜最厚。整體而言，各組薄膜皆能形成可量測之膜體。由結果可知，隨著果膠添加量增加，自製薄膜之平均厚度亦隨之增加，顯示果膠添加量會影響膜體厚薄，後續仍可透過配方與流延厚度調整，進一步改善薄膜外觀與使用性。

(二) 承重測試結果

不同果膠添加量之自製薄膜最大承重量如表所示：

組別	果膠量(g)	第 1 次 (mL)	第 2 次 (mL)	第 3 次 (mL)	第 4 次 (mL)	第 5 次 (mL)	平均 (mL)	最大承水量 (ml)
C1	0.5 g	18	24	21	21	21	21	21
C2	1.0 g	33	36	39	36	36	36	39
C3	1.5 g	39	42	45	42	42	42	45
C4	2.0 g	42	45	48	45	45	45	48

不同果膠添加量之自製薄膜承水量測試結果表



由上表可知，0.5 g 組之承水量表現較弱；當果膠添加量增加至 1.0 g 以上後，最大承水量明顯提升。此結果顯示，適度增加果膠含量有助於提升薄膜之結構強度；但當添加量達一定程度後，承重表現之提升趨於平緩。

(三) 結果整理

綜合厚度與承重測試結果我們推測果膠添加量增加有助於提升薄膜之結構穩定性，但同時也會使膜體變厚。若果膠添加量過高，雖強度提升，但可能影響薄膜之柔軟度與後續包覆表現。雖然 C3 與 C4 組在厚度與承重表現上較高，但膜體較厚，且高果膠組之包覆服貼性下降；因此本研究並非單以強度高低作為判準，而是綜合脫膜完整性、包覆服貼性、厚度與操作便利性後，選擇 C2 組作為後續代表配方

四、自製保鮮膜之耐水性與水中穩定性測試

本研究進一步觀察不同果膠比例薄膜在水中的吸水、膨潤及結構穩定情形，以了解其耐水性表現。

(一) 耐水性觀察結果

將各組薄膜裁切成 4 cm × 4 cm 之相同大小試片，置於裝有 50 mL 純水之燒杯中，並於固定時間進行觀察與量測。不同果膠比例薄膜之水中外觀變化如表所示：

組別	果膠量(g)	30 分鐘	1 小時	6 小時	24 小時
C1	0.5 g	表面略有膨潤	邊緣開始捲曲	膜體明顯變形	局部破損，部分溶散
C2	1.0 g	表面些微膨潤	邊緣略有捲曲	膜體仍大致完整	出現膨潤與局部變形
C3	1.5 g	外觀變化較小	表面稍微變軟	膜體大致完整	邊緣略有捲曲，整體尚可維持
C4	2.0 g	幾乎無明顯變化	表面輕微膨潤	膜體完整，僅稍微變厚	整體仍完整，但質地變軟

不同果膠比例薄膜之水中外觀變化觀察表

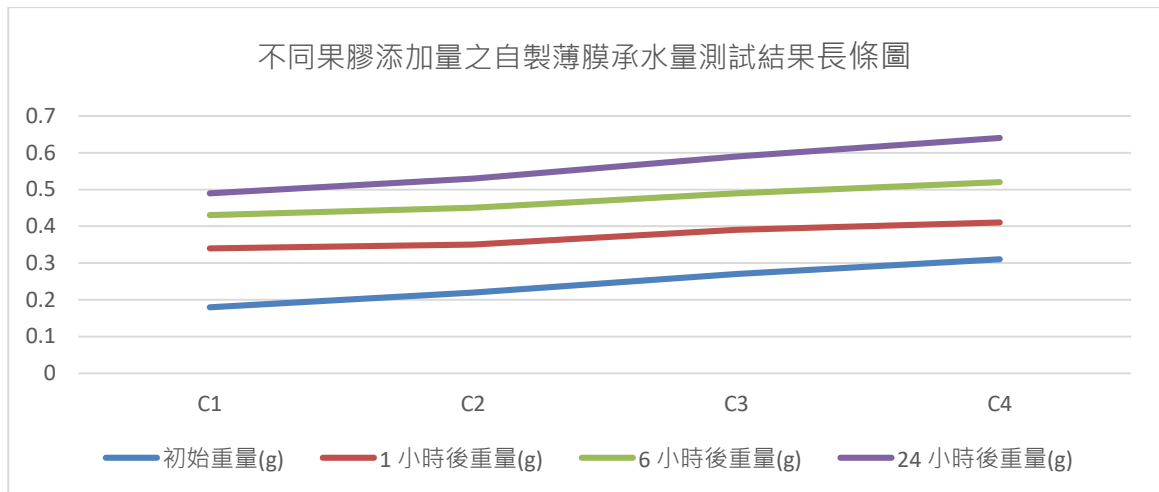
由上表我們發現各組薄膜浸泡於純水後，皆出現不同程度之吸水、膨潤與外觀變化。C1 組在浸泡後較早出現捲曲與變形現象，24 小時後已可觀察到局部破損與部分溶散；C2 組雖仍有明顯膨潤，但整體仍可維持大致形狀；C3 與 C4 組相較之下，膜體完整性較能維持。

(二) 吸水率比較結果

為進一步比較不同果膠比例薄膜之耐水性，本研究將各組試片浸泡 24 小時後量測濕重，並計算吸水率（吸水率 = (浸泡後重量 - 初始重量) ÷ 初始重量 × 100%），結果如表所示：

組別	果膠量(g)	初始重量(g)	1 小時後重量(g)	1 小時吸水率(%)	6 小時後重量(g)	6 小時吸水率(%)	24 小時後重量(g)	24 小時吸水率(%)
C1	0.5 g	0.18	0.34	88.9	0.43	138.9	0.49	172.2
C2	1.0 g	0.22	0.35	59.1	0.45	104.5	0.53	140.9
C3	1.5 g	0.27	0.39	44.4	0.49	81.5	0.59	118.5
C4	2.0 g	0.31	0.41	32.3	0.52	67.7	0.64	106.5

不同果膠比例薄膜之吸水率比較表



由上表我們發現不同果膠比例會影響薄膜之吸水率表現。C1 組吸水率最高，表示其膜體較容易吸收水分；C2 組次之；C3 與 C4 組之吸水率相對較低，顯示在本研究條件下，果膠添加量增加後，薄膜在水中的穩定性可能較佳。

(三) 結果整理

1. 綜合上述結果可知，不同果膠比例會影響薄膜在水中的穩定性表現。當果膠含量較低時，薄膜較易受水分影響而產生膨潤、捲曲與破損；當果膠含量增加後，膜體結構相對較穩定，吸水率也呈現下降趨勢。
2. 不過，各組薄膜浸水後仍會出現不同程度之軟化與外觀改變，顯示自製果膠薄膜之耐水性仍有限。其原因可能與果膠、海藻酸鈉、吉利丁及甘油等材料本身具有一定親水特性有關，因此薄膜在浸水後仍容易吸收水分並產生變化。

五、自製保鮮膜之鎖水保鮮效能測試

本研究以愛珠小番茄為材料，比較未包覆組、市售 PE 保鮮膜組及自製第倫桃複合保鮮膜組之保鮮效果，以了解自製薄膜在鎖水保鮮方面之表現。

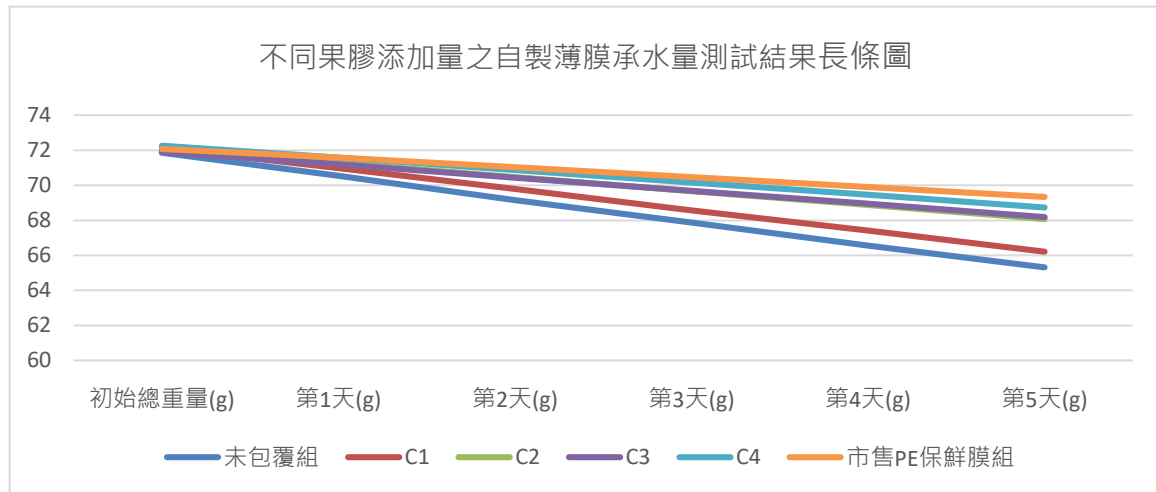
(一) 保鮮測試結果

為比較不同包覆方式之保鮮效果，本研究於第 5 天依各組愛珠小番茄之初始重量與第 5 天重量計算減重率，其公式為：減重率 (%) = (初始重量 - 第 5 天重量) ÷ 初始重量 × 100%：

組別	果膠量(g)	初始總重(g)	第 1 天(g)	第 2 天(g)	第 3 天(g)	第 4 天(g)	第 5 天(g)	減重率(%)	皺縮程度平均分	外觀觀察結果
未包覆組	X	71.86	70.54	69.15	67.87	66.56	65.32	9.1	3.7	表面明顯皺縮，失水較多
C1	0.5 g	72.14	70.99	69.80	68.57	67.41	66.22	8.2	3.3	表面略有皺縮，鎖水效果較弱

C2	1.0 g	72.03	71.28	70.48	69.67	68.89	68.07	5.5	2.0	外觀變化較少，整體表現較為均衡
C3	1.5 g	71.92	71.20	70.44	69.69	68.95	68.18	5.2	1.7	皺縮情形較少，保鮮效果較佳
C4	2.0 g	72.27	71.59	70.88	70.16	69.47	68.73	4.9	1.7	失水較少，但膜體較厚、使用性較差
市售保鮮膜組	X	72.08	71.58	71.04	70.48	69.91	69.34	3.8	1.3	外觀變化最少，保鮮效果較佳

不同包覆方式之愛珠小番茄保鮮測試結果表



由上表我們發現未包覆組之減重率最高，表面皺縮情形亦較明顯。相較之下，自製第倫桃複合保鮮膜組可降低愛珠小番茄之減重率，且外觀變化相對較少，顯示其具有初步鎖水保鮮效果。市售 PE 保鮮膜組之減重率最低，外觀變化也最少，整體保鮮表現相對較穩定。

(二) 結果整理

- 1.我們發現未包覆組之第 5 天重量下降較明顯，減重率最高，表面皺縮情形亦較明顯。相較之下，自製第倫桃複合保鮮膜組之第 5 天重量較能維持，且外觀變化相對較少，顯示其具有初步鎖水保鮮效果。市售 PE 保鮮膜組之第 5 天重量最高，減重率最低，整體保鮮表現相對較穩定。
- 2.在不同果膠比例之自製薄膜中，隨著果膠添加量增加，愛珠小番茄之第 5 天重量略有提升，減重率與皺縮程度則有下降趨勢。C1 組之減重率較高，皺縮情形亦較明顯；C2 組之減重率與皺縮程度皆明顯低於 C1 組；C3 與 C4 組之保鮮表現則與 C2 組相近，但膜體厚度較高，實際使用時之柔軟度與服貼性相對較弱。

(三) 結果小結

- 1.綜合上述結果可知，自製第倫桃複合保鮮膜對愛珠小番茄具有一定程度之鎖水效果，與未包覆組相比，可減少水分流失並降低皺縮情形。
- 2.在不同果膠比例之比較中，當果膠添加量由 0.5 g 增加至 1.0 g 時，保鮮效果有較明顯改

善；當果膠含量再提高時，減重率雖仍略有下降，但整體差異已較不明顯。

3.綜合保鮮效果、膜體厚度與實際使用性考量，C2組（1.0g 果膠）在本研究條件下之整體表現較為均衡，因此後續研究與推廣應用以此配方作為代表。



六、生物分解測試與推廣評估

本階段主要觀察自製薄膜在自然環境中的分解情形，並評估其作為校園環境教育材料之可行性。

（一）土壤掩埋實驗結果

本研究將自製薄膜埋入土壤中，並於固定天數取出觀察其外觀變化。取出後將薄膜平放於方格紙上，依其覆蓋之方格數估算剩餘完整面積，結果如表所示：

觀察天數	分解狀況觀察	剩餘面積推估(%)	分解性判斷
第0天	外觀完整，無明顯變化	100	尚未出現變化
第2天	表面附有少量土壤，邊緣略有變化	90%~95%	開始出現些微變化
第4天	邊緣出現局部破損，膜體略有變形	80%~85%	分解情形逐漸明顯
第6天	可觀察到局部孔洞與較明顯破損	70%~75%	分解情形較前期明顯

自製薄膜土壤掩埋觀察結果表

由上表我們發現自製薄膜在土壤掩埋後，會隨時間出現外觀改變、局部破損與孔洞等現象。第2天時，薄膜整體仍可維持原有形狀，僅表面附有少量土壤，邊緣略有變化；至第4天時，已可觀察到局部破損與膜體變形；至第6天時，薄膜可見較明顯之孔洞與破損，剩餘面積亦明顯減少。

（二）結果整理



綜合土壤掩埋結果可初步看出，自製第倫桃複合保鮮膜在自然土壤環境中，會隨放置時間增加而產生外觀改變、局部破損與面積減少，顯示其具有一定程度之生物分解現象。不過，本研究之觀察時間仍屬短期，且剩餘面積為方格紙比對後之推估值，因此此結果主要作為初步觀察之參考。

(三) 推廣可行性分析

從材料來源、製作時間、所需成本及教學應用性等面向觀察，第倫桃保鮮膜具有廢棄果實再利用與減塑教育之意義。其主要原料來自校園內自然掉落之第倫桃果實，可作為校園環境教育活動之在地素材。雖製作過程仍需搭配部分材料與設備，且操作流程需分段進行，但整體而言，仍具有一定之教學應用與推廣可行性。

(四) 小結

整體而言，自製第倫桃複合保鮮膜除具初步生物分解現象外，亦可結合校園落果再利用、減塑概念與手作體驗活動，作為環境教育之延伸內容，具有初步推廣潛力。

	
擺放兩日後，自製薄膜取出後表面附有少量土壤，整體外觀已有些微變化。	擺放六日後自製薄膜取出後可觀察到局部破損與孔洞，顯示其外觀已有進一步變化。

七、校園擺攤推廣減塑

為了讓研究成果不只停留在實驗室中，本研究進一步將第倫桃複合保鮮膜之製作成果轉化為校園推廣活動，透過擺攤展示、DIY 體驗包及回饋單調查，初步了解大家對天然保鮮膜與減塑概念之接受情形，並作為環境教育推廣之參考。

(一) 擺攤推廣內容

本研究以「第倫桃減塑膜法坊」為攤位名稱，於校園活動中進行成果推廣。攤位內容包括第倫桃果膠萃取流程展示、自製保鮮膜成品展示、DIY 保鮮膜體驗包介紹，以及減塑理念說明，讓參與者能透過觀察與實際互動，更了解天然材料再利用與減塑行動的意義。

(二) DIY 體驗包設計

為增加參與者的實作體驗，本研究將保鮮膜製作流程簡化為家庭可操作版本，設計 DIY 保鮮膜體驗包。每份體驗包內含粉末材料包、甘油包及說明書，讓使用者可帶回家自行操作，體驗天然保鮮膜之製作過程。此設計除可提高參與者之操作興趣外，也可作為校園環境教育與減塑推廣之延伸應用。

(三) 回饋方式與推廣觀察

1. 為了解推廣活動之實際效果，本研究另設計簡易回饋單，內容包含說明是否清楚、操作是否容易、是否成功完成、成品感受及推薦意願等項目。參與者填寫並繳回回饋單後，可退回部分費用，以提高回收率，並作為後續整理推廣成效之依據。
2. 本研究共售出 100 份 DIY 保鮮膜體驗包，回收 43 份問卷，回收率為 43%。

(四) 回饋結果整理

本次擺攤活動除展示研究成果外，也讓參與者透過觀察與體驗，更進一步接觸天然保鮮膜製作與減塑概念。從現場互動情形與回饋方式的設計來看，此類活動在校園推廣上具有一定可行性，也有助於提升參與者對環境議題的關注。

題目	選項	人數	百分比
說明書好懂嗎	很好懂	14	32.6%
	還算好懂	18	41.9%
	普通	7	16.3%
	有點看不懂	3	7.0%
	很難懂	1	2.3%
製作過程容易嗎	很容易	8	18.6%
	還算容易	15	34.9%
	普通	11	25.6%
	有點困難	7	16.3%
	很困難	2	4.7%
有成功做出薄膜嗎	有，成功做出來了	17	39.5%
	有做出來，但不太完整	19	44.2%
	沒有成功做出來	7	16.3%
做出來的保鮮膜外觀如何	很好	9	20.9%
	不錯	16	37.2%
	普通	11	25.6%
	不太好	6	14.0%
	不好	1	2.3%
這個 DIY 體驗有趣嗎	非常有趣	20	46.5%
	還不錯	15	34.9%
	普通	6	14.0%
	不太有趣	1	2.3%
	不有趣	1	2.3%
適合推廣給大家嗎	非常適合	18	41.9%
	適合	17	39.5%
	普通	6	14.0%
	不太適合	1	2.3%
	不適合	1	2.3%
願不願意再試一次或推薦給別人	很願意	14	32.6%
	願意	18	41.9%
	普通	8	18.6%
	不太願意	2	4.7%
	不願意	1	2.3%
你最喜歡這個體驗包的哪一點(複選)	好玩	29	67.4%
	環保	27	62.8%
	可以自己動手做	20	46.5%

	很特別	21	48.8%
--	-----	----	-------

DIY 保鮮膜體驗包回饋結果表

(五) 結果小結

綜合回饋結果可初步看出，DIY 保鮮膜體驗包在活動趣味性、推廣接受度及再次體驗意願方面具有一定潛力。不過，在成膜完整性與家庭操作穩定性方面，仍有進一步調整空間。整體而言，本研究之體驗包可作為校園環境教育與減塑推廣活動之初步應用形式。



伍、討論

本研究依據原先設定之研究問題，將結果整理與討論如下：

一、不同萃取法與第倫桃部位對果膠萃取率之影響

- (一) 在萃取方式比較方面，微波萃取法在 5 分鐘內即可完成萃取，其果膠產量與萃取率與傳統加熱法相近，部分組別略高。這表示在本研究條件下，微波萃取法除具有省時優勢外，也具有作為後續實驗方法的可行性。
- (二) 在部位比較方面，中心漿果組之果膠平均產量與萃取率均高於外部硬萼與內部嫩萼，顯示中心漿果可能含有較多可萃取之果膠成分。相較之下，外部硬萼之果膠產量較低，可能與其纖維較多、質地較硬有關。
- (三) 綜合產量、效率與操作便利性考量，本研究選擇以中心漿果之微波萃取果膠作為後續製膜之主要原料來源。

二、不同果膠比例對保鮮膜成膜性質之影響

- (一) 由成膜性質測試可知，果膠添加量會影響薄膜之脫膜完整性、透明度與包覆服貼性。當果膠含量較低時，薄膜雖較薄且透明度較佳，但脫膜時較易破裂；當果膠含量提高時，膜體結構較穩定，但外觀也較為厚重。
- (二) 在不同配方中，C2 組於脫膜完整性、透明度與包覆服貼性之間表現較為均衡。C3 與 C4 組雖有較高之完整性，但膜體變厚後，柔軟度與服貼性下降，較不利於後續實際包

覆使用。

(三) 綜合比較可知，在本研究條件下，1.0g 果膠可作為較適合之代表配方，因其在成膜穩定性與實際使用性之間取得較佳平衡。

三、自製保鮮膜與不同測試項目之表現

(一) 在物理性質方面，隨著果膠添加量增加，薄膜平均厚度與最大承重量皆有上升趨勢，顯示果膠添加量增加有助於提升膜體結構穩定性。不過，自製薄膜之厚度普遍高於市售保鮮膜，表示其在薄度與柔軟度方面仍有進一步調整空間。

(二) 在耐水性與水中穩定性測試方面，各組薄膜浸水後皆會出現不同程度之膨潤、捲曲或外觀改變。果膠含量較高之組別在水中之完整性相對較佳，但整體而言，自製果膠薄膜之耐水性仍有限。這可能與果膠、吉利丁與甘油本身具有一定親水特性有關。

(三) 在鎖水保鮮測試方面，自製第倫桃複合保鮮膜可降低愛珠小番茄之減重率，且有助於減少表面皺縮情形，顯示其具有初步保鮮效果。雖然其整體表現仍略遜於市售 PE 保鮮膜，但在環保與可分解的前提下，已顯示出一定之應用潛力。

(四) 在不同果膠比例之比較中，當果膠量由 0.5g 提升至 1.0g 時，保鮮效果改善較為明顯；當果膠量再提高時，減重率雖仍略有下降，但整體差異已較不明顯。因此，本研究認為 C2 組在保鮮效果與實際使用性之間較為均衡。

四、生物分解測試結果與校園推廣之可行性

(一) 土壤掩埋觀察結果顯示，自製薄膜於短期內即會出現表面變化、局部破損與孔洞，顯示其在自然環境中具有一定程度之生物分解現象。不過，由於本研究觀察時間較短，且剩餘面積採方格紙比對估算，因此此結果仍屬初步觀察。

(二) 在校園推廣方面，DIY 保鮮膜體驗包之回饋結果顯示，多數參與者對活動趣味性、推廣概念與再次體驗意願抱持正向看法，顯示此研究成果具有一定之環境教育應用潛力。

(三) 然而，從問卷結果也可看出，部分參與者雖能完成操作，但成膜狀況未必完整，表示若要進一步推廣至家庭或課程活動，仍需持續調整說明方式、操作流程與成膜穩定性。

五、研究限制與不足

(一) 本研究雖已盡量控制萃取條件，但第倫桃果實之成熟度、落果時間與各部位含水量差異，仍可能影響果膠萃取結果。未來若能進一步控制果實來源條件，將有助於提升資料穩定性。

- (二) 本研究之物理性質測試多採簡易裝置進行，雖可作為初步比較依據，但若未來能使用更精密之量測設備，應可得到更細緻之數據。
- (三) 保鮮效果測試目前僅以愛珠小番茄為研究材料，未來可再擴大至其他蔬果，以了解自製薄膜在不同食材上的適用性。
- (四) 生物分解測試觀察時間尚短，且以外觀變化與剩餘面積推估為主，未來若能延長觀察天數，並加入更完整之量測方式，將有助於進一步確認分解情形。
- (五) 校園推廣活動之問卷回收率為 43%，雖已可提供初步參考，但若未來能增加回收樣本數，將更有助於提高推廣結果之代表性。

陸、結論

綜合本研究結果可知，第倫桃自然掉落果實具有作為天然果膠來源之可行性，並可進一步應用於可分解保鮮薄膜之製作。在本研究條件下，中心漿果之果膠產量較高，而微波萃取法在較短時間內即可獲得與傳統加熱法相近或略佳之效果，因此較適合作為後續實驗之主要萃取方式。

在製膜配方比較中，果膠添加量會影響薄膜之完整性、厚度、透明度與包覆服貼性。當果膠量由 0.5 g 提高至 1.0 g 時，薄膜之整體表現有較明顯改善；而當果膠量再增加時，雖可提高結構穩定性，但膜體亦變厚，可能影響柔軟度與實際使用性。因此，本研究以 C2 組 作為較適合之代表配方。

此外，本研究亦將成果應用於校園擺攤與 DIY 體驗包推廣。從回饋結果可初步看出，參與者對活動趣味性與減塑推廣概念具有一定接受度，顯示本研究不僅具有材料再利用與環保應用之意義，也可作為校園環境教育之實例，研究結論整理如下：

- 一、校園自然掉落之第倫桃果實可作為天然果膠來源，具有再利用之價值。
- 二、在本研究條件下，中心漿果之果膠萃取表現較佳，微波萃取法則兼具效率與操作便利性。
- 三、不同果膠比例會影響薄膜之成膜性質，其中以 C2 組加入 1.0 g 果膠之整體表現較為均衡。
- 四、自製第倫桃複合保鮮膜具有初步鎖水保鮮效果，但耐水性仍有限。
- 五、自製薄膜於土壤中具有初步生物分解現象，具一定環保潛力。
- 六、本研究成果可延伸應用於校園減塑與環境教育活動，具有初步推廣可行性。

柒、參考文獻

一、中文文獻

- 黃靖晴等。2023。中華民國第 63 屆中小學科學展覽會。果然塑這樣－農業廢棄物回收自製果膠保鮮膜之探究。
- 陳姵羽等。2023。中華民國第 63 屆中小學科學展覽會。「愛」的「膜」力轉圈圈－可食性愛玉薄膜素材的研究。
- 辛柏緯等。2025。中華民國第 65 屆中小學科學展覽會。「仙」「鮮」御守－澎湖常見仙人掌果實保鮮效益之探究。
- 林沛縈等。2023。中華民國第 63 屆中小學科學展覽會。水乳蕉融－探討香蕉皮萃取物對烘焙麵團性質之影響。
- 鍾茂元。2018。《臺灣常見植物圖鑑》。台北市：環境教育出版社。
- 王曉明。2020。《果膠與天然多醣體的化學應用》。台中市：科學圖書出版社。
- 李志成。2021。《生物可分解材料的科學原理與實作》。台北市：五南圖書出版公司。
- 陳美玲。2022。《食品化學：多醣類與蛋白質的交互作用》。台北市：遠流出版。
- 環境部資源循環署。2024。《減塑政策與生物可分解塑膠推廣說明》。取自官方網站。

二 英文文獻

- Willats, W. G., Knox, J. P., & Mikkelsen, J. D. 2006. Pectin: New insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science & Technology*.
- Mohnen, D. 2008. Pectin structure and biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology*.
- Rhim, J. W., & Wang, L. F. 2013. Mechanical and water barrier properties of alginate-based composite films. *Food Hydrocolloids*.
- Oms-Oliu, G., et al. 2008. Pectin-based edible coatings: improving the quality of fresh-cut fruit. *Postharvest Biology and Technology*.
- Thakur, B. R., Singh, R. K., & Handa, A. K. 1997. Chemistry and uses of pectin: A review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*.