

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

032902

洋起環保光芒-利用芒草混入洋菜膜探討取代塑膠薄膜的可能性

學校名稱：基隆市立武崙國民中學

作者： 國一 林承緯 國一 黃于芹 國一 游芷毓	指導老師： 葉玉君 蔡屏玉
---	-----------------------------

關鍵詞：芒草、芒草膜、洋菜凍

摘要

塑膠垃圾汙染日益嚴重，為了替環境盡一份心力，我們決定研究芒草膜。使用洋菜凍脫水製成芒草膜，在混入芒草草席，再進行拉力、吸水和燃燒能力物理測試及土壤掩埋分解測試。發現自製芒草膜可以達到一定方便性；經土壤掩埋一個月後即可完全分解。

我們依據自製芒草膜各種特性考量，選出最佳比例：煮 30 分鐘芒草+1.6%洋菜溶液芒草膜，用手繩編法(三條)將其製成塑膠袋，證實自製芒草膜可以達到一定程度的功能和便利性，燃燒後可大幅減少灰燼剩餘質量；經土壤掩埋後亦可在自然環境下完全分解，達環保目的。

壹、前言

一、研究動機：

塑膠有輕便又可以大量生產的優點，但因塑膠需要很長的時間才能被分解，且燃燒時會產生有毒物質，吃下肚也會對生體產生危害。但塑膠可以塑型、防水、保鮮及裝載物品，非常方便，可是人類自從發現了塑膠後，大量使用幾乎忽視了塑膠對環境的危害。

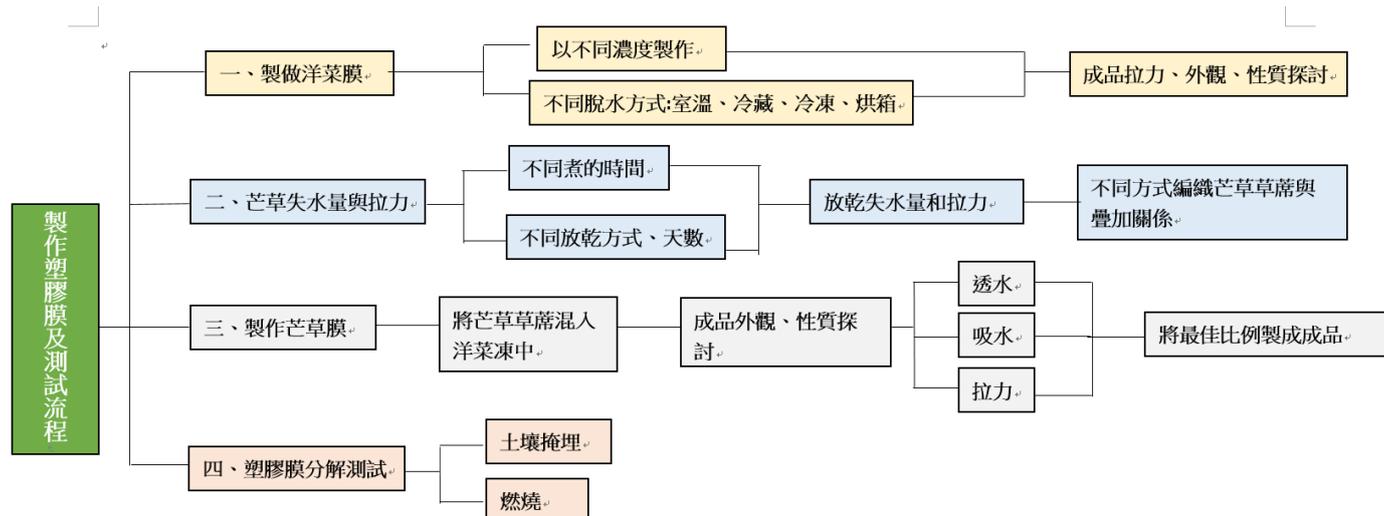
當我們去逛超市時就可以了解到幾乎所有的商品都被塑膠一層一層的包覆著，有些商品使用塑膠的原因易壞要保鮮，像是肉品就會用兩到三層塑膠膜包著，將它放到保麗龍容器後又用一層保鮮膜把它固定在上面，雖是為了防塵及避免顧客挑選時觸碰商品，但實在嚴重的過度包裝了。

我們在選擇科展題目時就在想：現在全球都有著嚴重的塑膠垃圾危機，我們決定從可分解取代的材質入手，所以我們想要減少塑膠垃圾又維持人們的便利，我們要製作出環保無毒可分解的塑膠膜袋子，希望使大家的生活方便又不會對環境造成危害，於是我們參考了許多文獻，發現可以使用洋菜凍來製做洋菜膜，它可以防水，但洋菜膜對重量的支撐力不足，無法帶來與一般塑膠袋相同的便利，根據維基百科(2007)資料，我們想要研究在洋菜膜中添加學校附近隨處可見的芒草，將其加以處理編織，希望可以改善洋菜膜支撐力不足的問題，以便發展除了選擇塑膠外另一種環保材質的選擇。

二、研究目的：

- (一)利用不同的方式來製作洋菜膜，並進行它們的拉力比較。
- (二)利用不同的方式來製作芒草膜，並進行他們的拉力比較。
- (三)進行洋菜膜及芒草膜的物理測試，比較它們之間的差異。
- (四)測試芒草膜的分解方式，以便產出最佳的芒草膜製作方法。

研究架構：



三、文獻回顧

(一) 芒草基本資料

芒草常見品種包括五節芒、白背芒、臺灣芒及高山芒，直立、粗壯，維基百科(2022)是各種芒屬或芒草屬植物的統稱，生於熱帶及南亞熱帶地區的林緣或路旁等荒地上，含有約 15 到 20 個物種。原生於非洲與亞洲的亞熱帶與熱帶地區。一部分的芒屬植物，被應用來作能源作物，以生產生物燃料，主要為酒精，也有一些芒草培養用來作為觀賞植物。更多則以雜草的形式，生存於野外或人工設施周圍。環境資訊中心(2007)芒草分布廣闊，能適應不同的生態棲地，如農地、鹽分地、乾旱地，甚至重金屬污染地，分布範圍更是從平原到山坡地、低海拔到高海拔地區均有之，行天宮五大志業(312 期)早期芒草與臺灣人的生活息息相關，可作為牛飼料、蓋土角草厝，晒乾後燒火等也是十分重要的建材之一，然而可能因為保存不易、持久性不高，現今較無保留相關傳統建物。早期許多牆壁以竹編、芒草或夯土製成，避免受風寒呼呼的吹。在冷冷的冬天也可以將芒草或稻草曬乾當睡墊，阻隔寒冷的溼氣。

(二) 洋菜、洋菜粉基本資料

維基百科(2022)洋菜是由紅藻中提煉的膠質，可作為明膠的代用品，市面上可買到粉狀、條狀、塊狀等不同型態的洋菜。生洋菜呈白色半透明，使用時需要先在水中加熱至 90 度左右才能溶解但需要煮沸後冷卻才會凝固，可做布丁、果凍、茶凍、咖啡凍等等，口感較脆。洋菜亦常用於實驗室，可作為細菌的培養基，或用於分子生物學實驗，如膠體電泳，而且因為熱還原性差，洋菜粉製作的食品在室溫下不會融化。我們在收集資料時了解到【生活端科學】蝦咪！洋菜凍能做保鮮膜？(大愛電視, 2020)節目中有說到：如果以 5 克洋菜粉加上 500 毫升的水，煮沸後倒入淺盤子中，冷卻凝固成厚膜，放入冰箱冷凍庫，結冰後再解凍，就會有一層洋菜膜沉在水中，將多餘水分倒出來，將洋菜膜陰乾即可完成，如此冷凍再解凍的洋菜膜作法，和之前放在室溫中把水分蒸發相比，大大的縮短了洋菜膜製作的時間。

貳、研究設備及器材

- 一、器材：鍋具、盛裝用的湯匙、培養皿、洋菜粉、紙碗、微量天平、磅秤
- 二、設備：烘箱、冰箱(冷藏、冷凍)

參、研究過程與方法

一、製作洋菜膜

我們根據【生活端科學】蝦咪！洋菜凍能做保鮮膜？（大愛電視，2020）改變洋菜粉比例，分別用 3g、4g、5g、6g、7g、8g 的洋菜粉加入 500g 的水，濃度為 0.6%(3g)、0.8%(4g)、1%(5g)、1.2%(6g)、1.4%(7g)、1.6%(8g)，將洋菜溶液倒入直徑 10cm 培養皿。果凍厚度分別為 0.4cm、0.6cm、0.8cm，等待 30 分鐘，待果凍凝固後再放入不同的環境脫水，我們採用了三種不同的脫水方式，分別為烘箱烘烤(高溫)、放置室溫(常溫)、冷藏(低溫)，放置市溫和冷藏的洋菜凍分別放 1、2、3 天後放入冷凍讓果凍內剩餘水分凝固，退冰後自然風乾三天即可成膜，而放置烘箱的洋菜凍可直接成膜，在 70 度的環境內，0.4cm 的果凍約 2 小時可完成脫水，0.6cm 的果凍約 3 小時可完成脫水，0.8cm 的果凍約 4 小時可完成脫水，所有濃度皆用上述之方式製作。製成膜後測量其拉力、觀察其性質(外觀、彎折感、觸感)。

(一)不同環境果凍的水分變化

為了瞭解不同環境製作出的膜的差別，本實驗要每天測量果凍重量，減去原本的重量，算出水分減少百分比，和不同環境每天減少水分克數，來了解水分對膜韌性的影響(每種膜製作三次在得其平均)

$$\text{水分減少百分比(\%)} = (\text{原本的重量} - \text{放置天數的重量}) / \text{原本的重量} \times 100$$

			
首先熬煮洋菜凍。	將洋菜粉溶液倒入培養皿並測量厚度。	使溶液冷卻成凍。	脫水成膜後成品圖。

圖 3-1 洋菜膜製作流程

(二)洋菜膜拉力

一般使用塑膠袋盛裝物品，袋子都須具備能承載重量的特性。本實驗透過拉力裝置，測試自製生質芒草膜可承載之重量，以測試其拉力。

拉力測試時先把洋菜膜剪成用 1cm×7cm，測量時衣夾各夾住測試膜兩旁 1cm 處，方便固定在桌面上，中間放置拉力計，下方吊掛水瓶(每個水瓶 50g)，再慢慢加重直到膜破裂，並紀錄顯示出的最大值。

二、芒草基本測試

(一)芒草以不同水煮時間處理放置於室溫、冷藏、烘箱的失水量

首先，將芒草攤平整剪成 7cm 長的小段並測量其重量，接著分別用滾水煮 30 分鐘、60 分鐘、90 分鐘、120 分鐘，然後分別放在室溫(1 日、2 日、3 日)、冷藏(1 日、2 日、3 日)、烘箱(1 小時、2 小時、3 小時)各三重複，最後測量其重量差並計算失水量。

(二) 芒草以不同水煮時間處理放置於室溫、冷藏、烘箱乾燥後拉力測試

1. 平整芒草拉力測試

我們將芒草剪成長 7cm 小段，完全沒有處理以及放入滾水煮 30 分鐘、60 分鐘、90 分鐘、120 分鐘五種方式處理，完成後等表面的水分蒸發、再分別放置室溫 3 天、放置冷藏 3 天每天進行紀錄，放置烘箱用 70°C 的高溫烘 3 小時每小時紀錄一次，最後用拉力計測量芒草能承受的拉力，找出芒草最佳熬煮時間、最佳放置乾燥的方式。(每種變因一樣的膜測試 3 遍，取其平均值四捨五入至小數第二位)

2. 芒草捲後拉力測試

我們將芒草剪成長 7cm 小段，保留完整的葉片、把葉片拆解成 1/2 葉和梗，放入滾水煮 60 分鐘後等表面的水分蒸發(找出芒草最佳熬煮時間、最佳放置乾燥的方式)，然後分別把完整葉片和 1/2 葉用手捻捲每 5cm 各 2、4、6 次(超過六捲會自動彈回)(1 次為轉 360 度)(梗因為捻轉亦凹折所以不選取)，用拉力計測量芒草能承受的拉力。

(三) 芒草編織

從上方芒草捲後拉力測試發現最佳為每 7cm 六捲。我們在網路有查詢到以下五種捲的編法：旋轉編法、三股辮編法、手繩編法(一條)、手繩編法(兩條)、手繩編法(三條)，和一種無需捲編法：平行編法，將會測試何種編法拉力最佳，再進行物理測試和平行編法比較。從上述實驗了解手繩編法(三條)為拉力最佳，因此使用最佳洋菜凍製作比例和脫水方式製成直徑 7cm 芒草膜，再進行物理測試。

平行編法					
	1. 挑選適合的葉子	2. 剪成合適的大小	3. 依照上下上下的方式編織	4. 下一根則相反	5. 成品
手繩編法					
	1. 排好順序	2. 加上 4, 並由 4 跟 1 打結	3. 4 跟 2 打結	4. 4 跟 3 打結	5. 編成一根後持續重複 2~4 動作即可變成品

圖 3-2 兩種最佳草蓆編法

編法	旋轉編法	三股辮	手繩編法(一條)	手繩編法(兩條)	手繩編法(三條)
芒草數目	兩條	三條	一條	兩條	三條
不同編法的圖					

圖 3-3 芒草不同捲編織方式成品圖

(四) 芒草草蓆混入洋菜膜脫水製成成品

從之前的拉力實驗和外觀選出 3 種最佳濃度(1.2%、1.4%、1.6%)，再選出最佳脫水方式(冷凍和冷藏 1 天)及最佳果凍厚度(0.6cm)，來製作芒草膜。芒草選用放置烘箱三小時的芒草，選用芒草草蓆大小為 $6*6(\text{cm}^2)$ 。

首先，將煮好溶液倒入紙碗，分成上層和下層，下層果凍厚度為 0.6cm，再加上芒草草蓆厚度，等待 5 分鐘，讓其稍微凝固，在加上上層 0.6cm 的果凍，等待 30 分鐘，再放入兩種不同脫水方式中。

為了避免使芒草不同變因之命名過於冗長，本實驗採用英文代碼命名，簡介如下：

(f) 為新鮮芒草

(h) 為煮過芒草，後方加入數字為芒草之煮時間

(c) 為冷凍

(r) 為冷藏

冷凍與冷藏皆為一日

		
倒入下層溶液，讓草蓆浮於溶液上方。	再倒入上層的溶液。	脫水成品圖。

圖 3-4 芒草膜製作流程

三、較佳洋菜膜與芒草膜的物理測試

(一) 芒草膜之拉力測試

芒草膜拉力測試實驗，測量時衣夾各夾住測試膜兩旁 1cm 處，方便固定在桌面上，中間放置拉力計，下方吊掛水瓶(每個水瓶 50g)，再慢慢加重，只要芒草與洋菜膜分離破開，就是其承受的最大值。

(二) 芒草膜和較佳洋菜膜之吸水能力測試

我們發現在下雨天(濕度較高的天氣)，芒草膜會出現軟化現象，推測是因為芒草膜吸收空氣中水氣而軟化，故決定設計實驗，來測試其吸水能力。

實驗時我們將要測試的膜剪成 $4*4(\text{cm}^2)$ 大小，準備好 100g 的水，將膜在吸水前先測一次重量，放入水裡計時 1 分鐘，拿出來後用廚房紙巾擦乾表面多餘水份，再次測量重量。

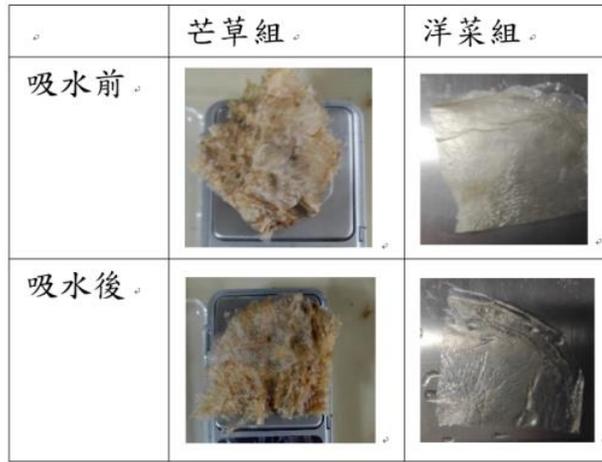


圖 3-5 芒草膜吸水前後比較圖

(三) 芒草膜和較佳洋菜膜之透水能力測試

一般使用塑膠袋，都要有隔絕水的能力，所以本實驗想了解自製芒草膜和較佳濃度的洋菜膜之透水能力，以方便了解做成的成品之特性。

將芒草膜剪成 5*5(cm²)，在寶特瓶內裝 100ml 的水，放置在測試膜上方，下方放置廚房紙巾，用碼錶計時，直到廚房紙巾溼掉，並記錄最大時間。

(四) 將最佳脫水方式、濃度、芒草製成袋子

煮30分鐘、放室溫3日之芒草用手繩編法混入1.6%洋菜膜，冷凍一日，將袋子放置於檯燈下吊掛2kg物品，持續一個月，看其的外觀是否改變(有無長黴、破損等)。



圖 3-6 透水測試示意圖

四、分解測試

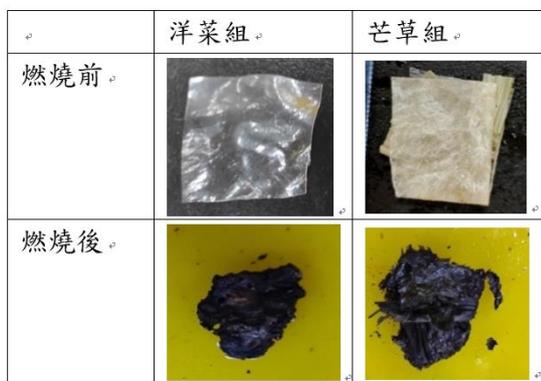
(一) 燃燒測試

將洋菜膜、芒草膜剪成 4*4(cm²)，放在酒精燈上燃燒，直到芒草膜不再燃燒，記錄燃燒前、後生質膜重量，計算其重量縮減率來相互比較。

重量縮減率計算方式(%)：(燃燒前重量-燃燒後重量)÷燃燒前重量×100%



圖 3-7 燃燒測試示意圖



相同組別之芒草膜燃燒前後狀態相似，所以僅挑選一組照片呈現。

圖3-8燃燒前後比較圖

(二)土壤掩埋測試

本實驗自製塑膠採用天然材料，推測其掩埋後應可自然分解，因此我們設計實驗將自製芒草膜進行土壤掩埋，探討其在不同溫度的分解情形，希望其經土壤掩埋後可完全分解，以達環保目的。我們根據較佳洋菜膜與芒草膜的物理測試，分別在芒草組和洋菜組各選出兩種整體最好的膜來進行實驗，分別為：洋菜膜 1.4%(冷凍 1 天)、1.6%(冷凍 1 天)、芒草膜 1.4% c60c1d(煮 60 分鐘芒草+直接冷凍)、1.6% c60c1d(煮 60 分鐘芒草+直接冷凍)。

台灣北部冬天潮濕寒冷，夏天潮濕炎熱，於是決定做一組高溫(照光)、一組低溫(放置於實驗桌)，來模擬台灣北部的氣候。

我們使用 3 吋的六角形花盆鋪滿培養土，我們使用土壤濕度計測量，發現外面自然的土壤為 WET+(非常潮濕)，所以一次倒入 10ml 的水，直到濕度計變成 WET+，再將實驗膜剪成約 $2 \times 2(\text{cm}^2)$ ，埋約深 1cm，分成高溫組和低溫組，待下方不再滴水時，逐一秤重，並於隔天查看土壤重量，倒入缺失的水分，再將實驗膜取出並測量重量、觀察性質，持續直到分解完成。

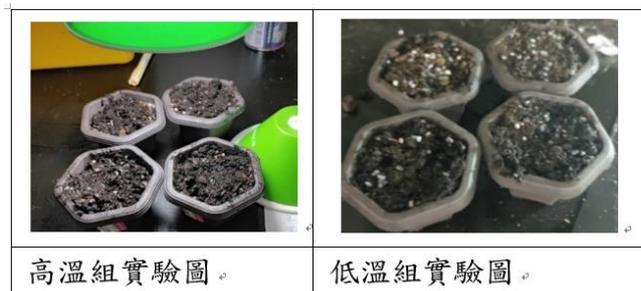


圖3-9土壤掩埋位置圖

表 3-1 掩埋環境數據

	高溫組	低溫組
環境平均溫度	均溫 28.1°C	均溫 19.1°C
環境平均濕度	WET(潮濕)	WET(潮濕)
土壤平均溫度	均溫 22.5°C	均溫 18.2°C
土壤平均濕度	WET+(非常潮濕)	WET+(非常潮濕)
土壤ph值	6.9	7.3

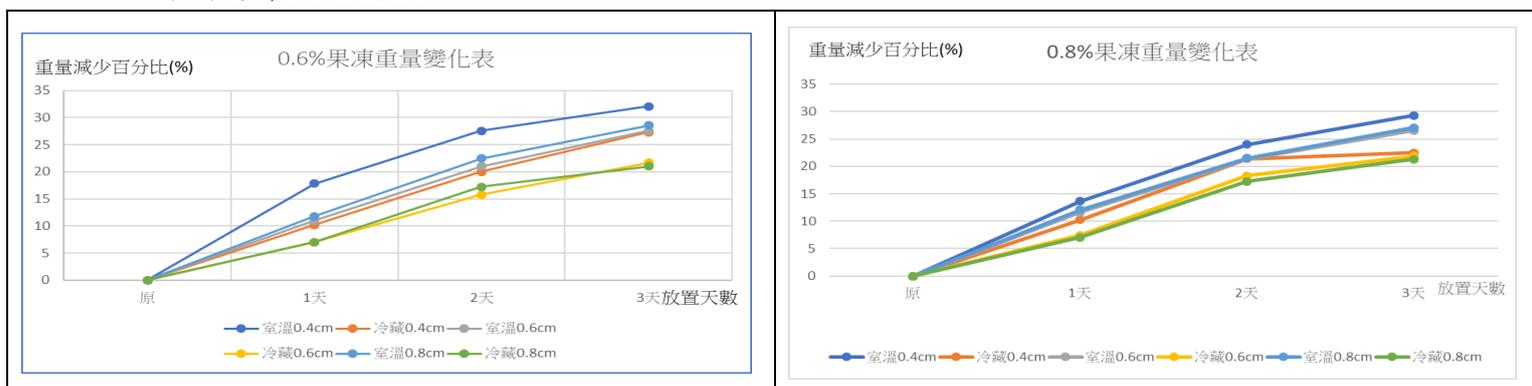
*上方數據皆為倒水後 30 分鐘測量。

*土壤濕度計從乾燥到潮溼分別為:DRY+(非常乾燥)DRY(乾燥)NOR(正常)WET(潮濕) WET+(非常潮濕)。

肆、研究結果

一、製作洋菜膜

(一)洋菜膜的失水量



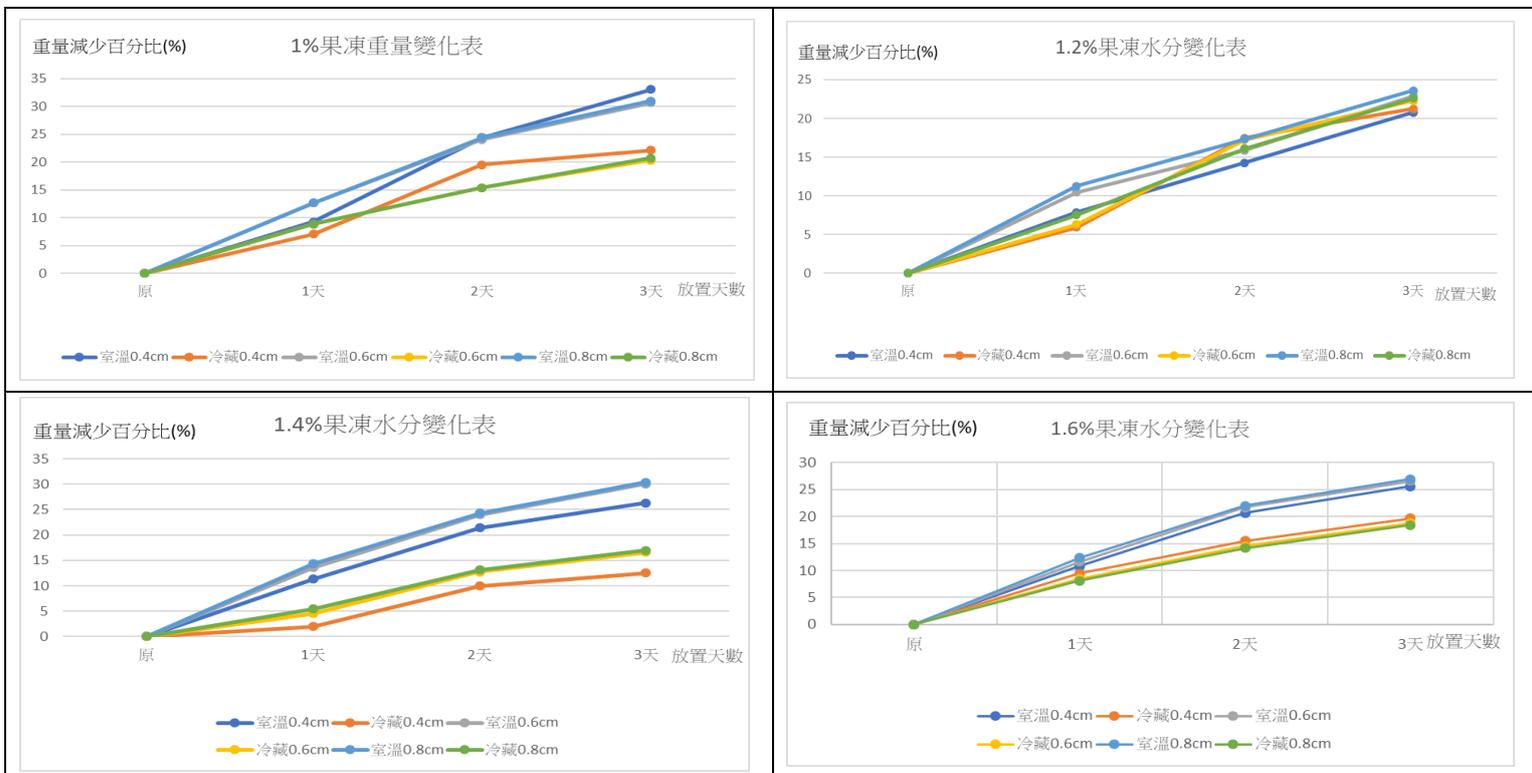


圖 4-1 果凍水分變化圖

從上方的圖表中，可看出果凍水份的散失會呈現逐漸上升的情形，且第一二天水分散失較快，第三天變慢，且室溫的水的減少多於冷藏，室溫 1、2 天大約減少 10% 的重量，第三天約減少 5% 的重量，冷藏每天約減少 5 到 7% 的重量，第三天減少約 2%，可看出室溫每天的脫水速度優於冷藏，不同濃度對果凍水分減少較無影響。

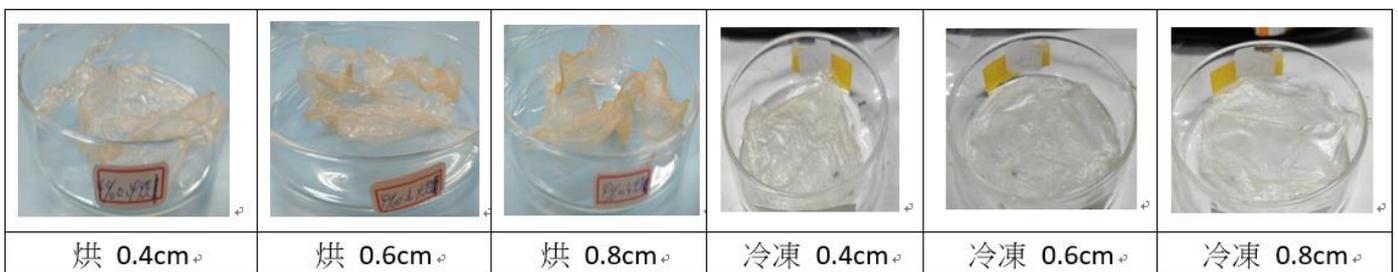


圖 4-2 洋菜膜成品圖

表 4-1 洋菜膜性質

烘箱製作：

0.8cm	觸感光滑，不易彎折，外觀顏色偏黃。
0.6cm	觸感光滑，不易彎折，外觀顏色偏黃。
0.4cm	觸感光滑，易彎折，外觀顏色偏透明。

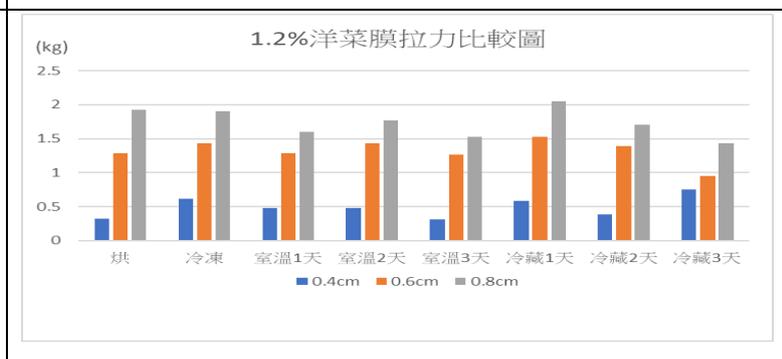
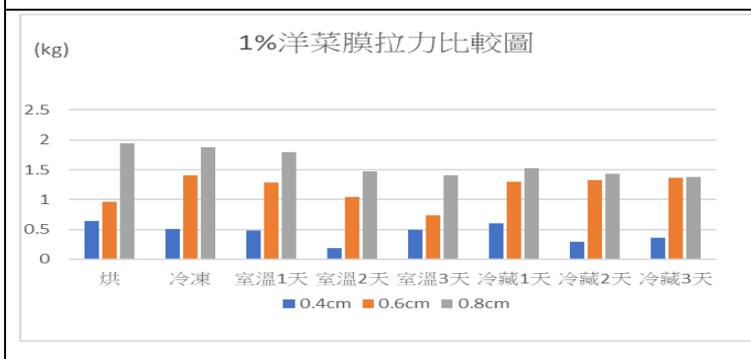
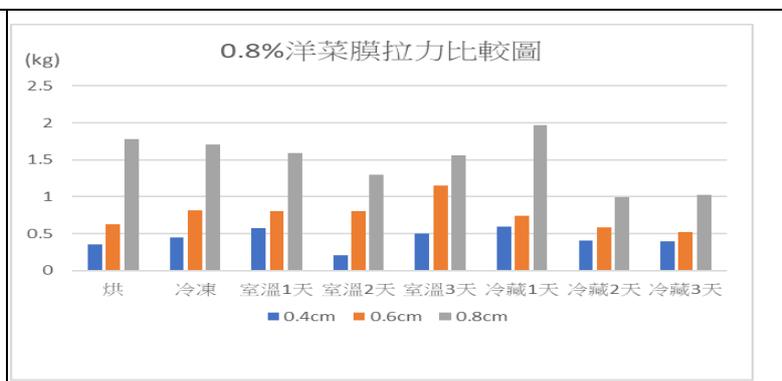
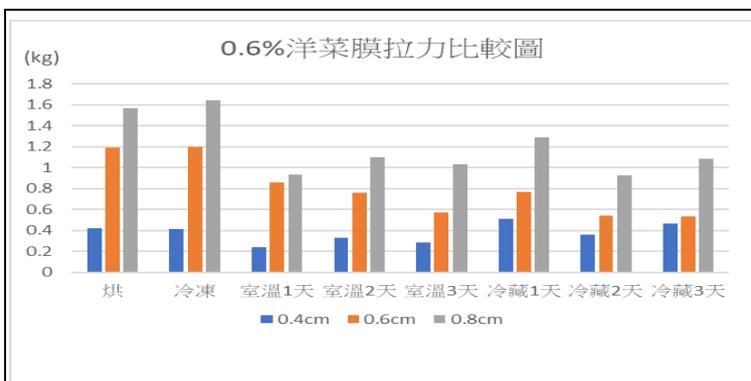
因室溫、冷藏和冷凍做出之芒草膜成品相似，所以放在一起描述外觀和觸感：

0.8cm	觸感粗糙，易彎折，外觀顏色透明。
0.6cm	觸感介於 0.4cm 和 0.6cm 之間，易彎折，外觀顏色透明。
0.4cm	觸感光滑，易彎折，外觀顏色透明。

(二)洋菜膜拉力

表 4-2 洋菜膜拉力數據

洋菜濃度	洋菜原本厚度	洋菜膜脫水的方式 拉力單位：(kg)							
		烘	冷凍	室溫 1 天	室溫 2 天	室溫 3 天	冷藏 1 天	冷藏 2 天	冷藏 3 天
0.6 %	0.4cm	0.42	0.41	0.24	0.33	0.29	0.51	0.36	0.47
	0.6cm	1.19	1.2	0.86	0.76	0.57	0.77	0.54	0.53
	0.8cm	1.56	1.64	0.93	1.1	1.03	1.29	0.92	1.08
0.8%	0.4cm	0.35	0.45	0.57	0.20	0.5	0.59	0.41	0.4
	0.6cm	0.63	0.81	0.81	0.8	1.15	0.74	0.58	0.52
	0.8cm	1.78	1.71	1.59	1.31	1.56	1.96	0.99	1.02
1%	0.4cm	0.64	0.51	0.48	0.18	0.5	0.6	0.3	0.36
	0.6cm	0.97	1.4	1.29	1.05	0.74	1.3	1.32	1.36
	0.8cm	1.94	1.87	1.79	1.47	1.41	1.53	1.43	1.38
1.2%	0.4cm	0.33	0.61	0.48	0.48	0.31	0.58	0.38	0.75
	0.6cm	1.29	1.43	1.29	1.43	1.27	1.53	1.39	0.95
	0.8cm	1.92	1.91	1.6	1.77	1.53	2.05	1.71	1.43
1.4%	0.4cm	0.7	0.51	0.57	0.43	0.66	0.52	0.29	0.31
	0.6cm	1.85	1.5	1.73	1.35	1.1	1.9	1.44	0.51
	0.8cm	2.38	2.43	1.87	1.38	1.5	2.14	1.69	1.1
1.6%	0.4cm	0.7	0.61	0.57	0.26	0.66	0.6	0.45	0.61
	0.6cm	1.99	2.13	2.01	1.55	1.4	2.45	1.42	0.98
	0.8cm	2.38	2.54	2.32	1.95	1.53	2.5	1.69	1.4



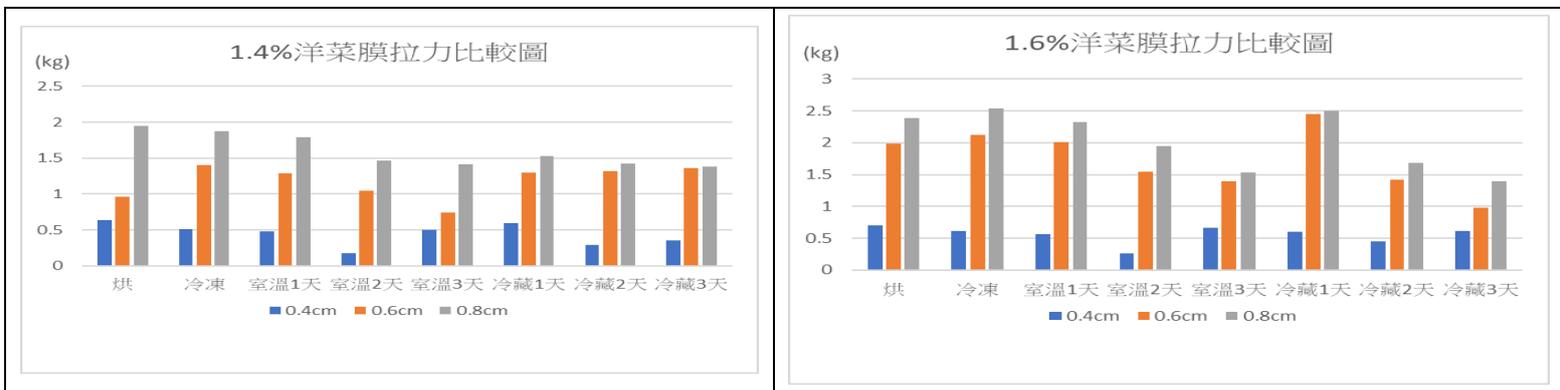


圖 4-3 洋菜膜拉力比較圖

1. 從上方 0.6% 拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為冷凍一日 0.8cm 為 1.64，所有變因拉力整體平均從高至低為：冷凍>烘>冷藏 1 天>室溫 1 天>冷藏 2 天>室溫 2 天>冷藏 3 天>室溫 3 天。
2. 從上方 0.8% 拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為烘 0.8cm 為 1.77，所有變因拉力整體平均從高至低為： 冷凍>烘>室溫 1 天>冷藏 1 天>冷藏 2 天>室溫 2 天>室溫 3 天>冷藏 3 天。
3. 從上方 1% 拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為烘 0.8cm 為 1.94，所有變因拉力整體平均從高至低為： 冷凍>烘>冷藏 1 天>室溫 1 天>冷藏 2 天>室溫 2 天>室溫 3 天>冷藏 3 天。
4. 從上方 1.2% 拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為烘 0.8cm 為 1.92，所有變因拉力整體平均從高至低為： 冷凍>冷藏 1 天>烘>室溫 1 天>冷藏 2 天>室溫 2 天>室溫 3 天>冷藏 3 天。
5. 從上方 1.4% 拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為冷凍 0.8cm 為 2.43，所有變因拉力整體平均從高至低為： 冷凍>冷藏 1 天>烘>室溫 1 天>冷藏 2 天>室溫 2 天>室溫 3 天>冷藏 3 天。
6. 從上方 1.6% 拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為冷凍 0.8cm 為 2.54，所有變因拉力整體平均從高至低為： 冷凍>冷藏 1 天>室溫 1 天>室溫 2 天>冷藏 2 天>室溫 3 天>冷藏 3 天。

二、芒草的失水量與韌性

(一) 芒草以不同水煮時間處理放置於室溫、冷藏、烘箱的失水量

表 4-3 芒草失水量數據

處理環境	處理時間	芒草以不同時間水煮失水量的變化				
		無煮	煮 30min	煮 60min	煮 90min	煮 120min
室溫	1 天	6%	37%	40%	45%	34%
	2 天	22%	59%	58%	61%	57%
	3 天	31%	61%	67%	61%	58%
冷藏	1 天	42%	44%	55%	50%	47%
	2 天	47%	69%	73%	68%	65%
	3 天	66%	71%	74%	69%	71%
烘箱	1 小時	46%	48%	46%	49%	48%
	2 小時	49%	73%	74%	68%	61%
	3 小時	55%	73%	73%	71%	72%

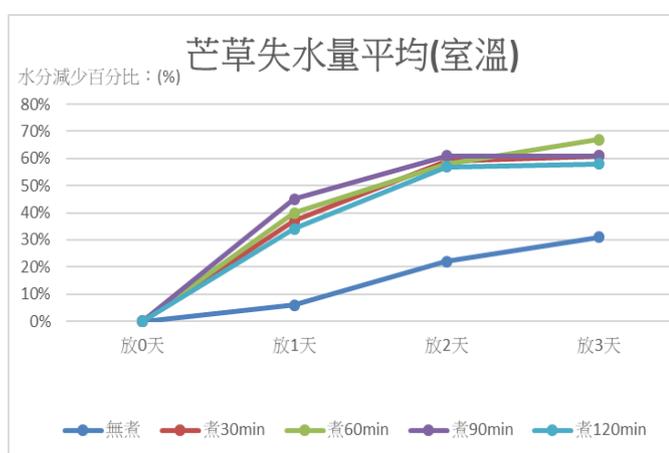


圖 4-4-1 芒草放置室溫失水量

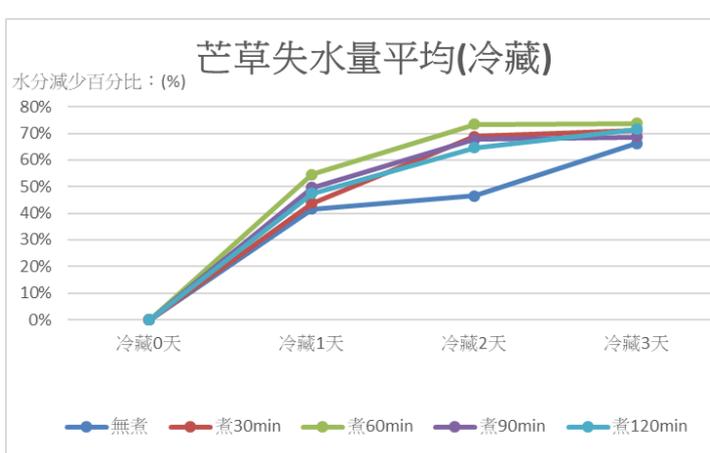


圖 4-4-2 芒草放置冷藏失水量

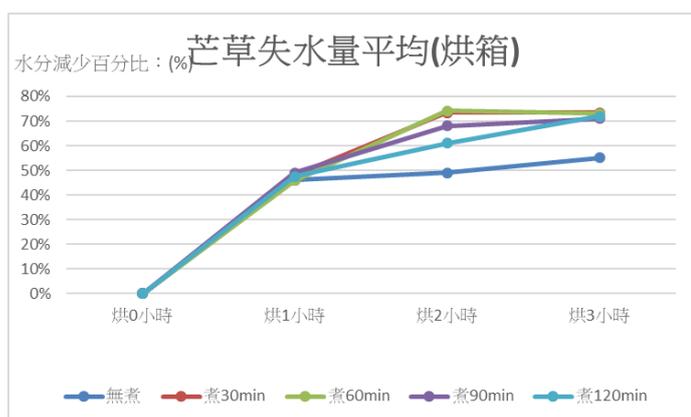


圖 4-4-3 芒草放置烘箱趨勢圖

圖 4-4 芒草失水量趨勢圖

1. 從圖 4-4-1 中可以了解到完全沒有熬煮的芒草放置室溫一天後散失了大約 6% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 22% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 31% 的水分。熬煮 30 分鐘的芒草放置室溫一天後散失了大約 37% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 59% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 61% 的水分。熬煮 60 分鐘的芒草放置室溫一天後散失了大約 40% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 58% 的水分，放置三天之後總共散失了

大約 67% 的水分。熬煮 90 分鐘的芒草放置室溫一天後散失了大約 45% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 61% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 61% 的水分。熬煮 120 分鐘的芒草放置室溫一天後散失了大約 34% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 57% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 58% 的水分。

可以了解到每一組的芒草都是放置越久，水蒸發的速度就越慢。

2. 從圖 4-4-2 中可以了解到完全沒有熬煮的芒草放置冷藏一天後散失了大約 42% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 47% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 66% 的水分。

熬煮 30 分鐘的芒草放置冷藏一天後散失了大約 44% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 69% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 71% 的水分。

熬煮 60 分鐘的芒草放置冷藏一天後散失了大約 55% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 73% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 74% 的水分。

熬煮 90 分鐘的芒草放置冷藏一天後散失了大約 50% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 68% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 69% 的水分。

熬煮 120 分鐘的芒草放置冷藏一天後散失了大約 47% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 65% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 71% 的水分。

可以了解到每一組的芒草都是放置越久，水蒸發的速度就越慢。

3. 從圖 4-4-3 中可以了解到完全沒有熬煮的芒草放置烘箱一天後散失了大約 46% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 49% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 55% 的水分。

熬煮 30 分鐘的芒草放置烘箱一天後散失了大約 48% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 73% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 73% 的水分。

熬煮 60 分鐘的芒草放置烘箱一天後散失了大約 46% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 74% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 73% 的水分。

熬煮 90 分鐘的芒草放置烘箱一天後散失了大約 49% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 68% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 71% 的水分。

熬煮 120 分鐘的芒草放置烘箱一天後散失了大約 48% 的水分，到了第二天就已經散失了大約 61% 的水分，放置三天之後總共散失了大約 72% 的水分。

可以了解到每一組的芒草都是放置越久，水蒸發的速度就越慢。

(二) 芒草以不同水煮時間處理放置於室溫、冷藏、烘箱乾燥後拉力測試

1. 平整芒草拉力測試

表 4-4 芒草拉力數據

處理環境	處理時間	芒草以不同時間水煮拉力的變化 拉力單位(kg)				
		無煮	煮 30min	煮 60min	煮 90min	煮 120min
	放乾	4.3	3.8	2.3	2.8	2.6
室溫	1 天	4.2	4.7	2	1.2	1.8
	2 天	4.5	5.2	1.2	1.8	2.3
	3 天	4.9	5.3	1.1	1.9	2
冷藏	1 天	4.7	3.9	3.8	6.3	3.5
	2 天	1.2	1	1.1	2.5	1.1
	3 天	2.1	1.1	1.4	2.6	1.4
烘箱	1 小時	2.6	1.6	1.8	2.1	2.8
	2 小時	2.2	1.7	0.9	1.1	1.8
	3 小時	2.7	2	2.1	3.4	3.2

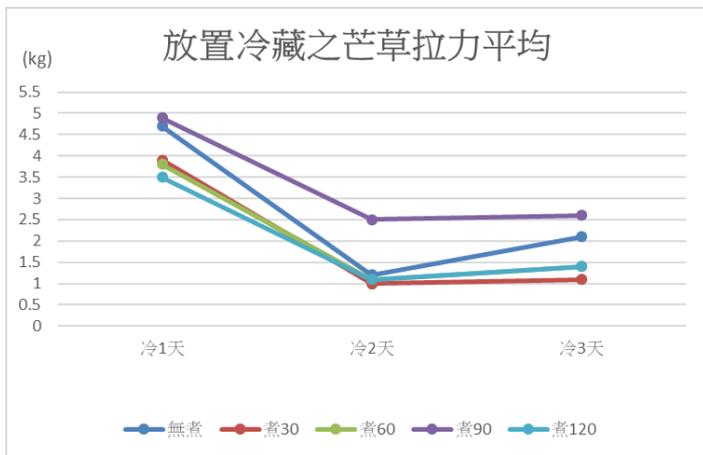


圖 4-5-1 冷藏芒草拉力圖

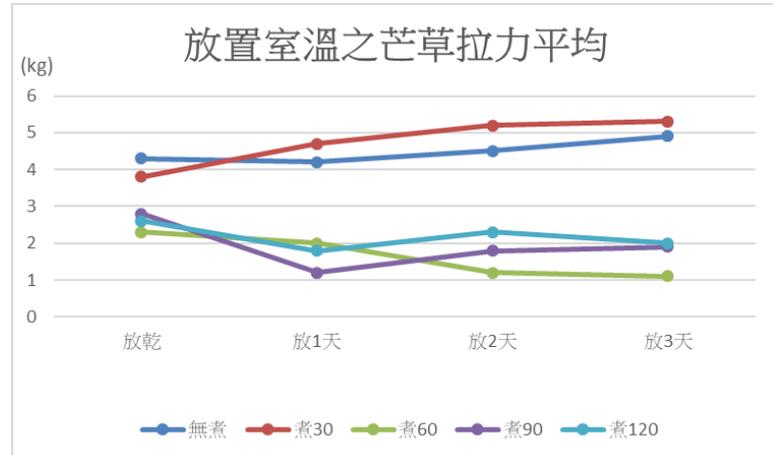


圖 4-5-2 室溫芒草拉力圖

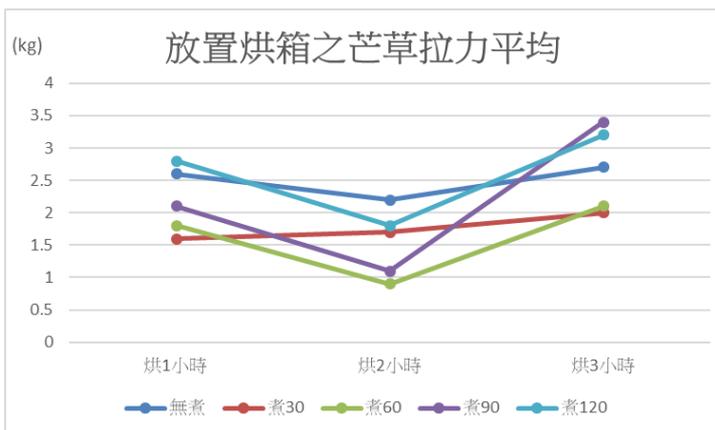


圖 4-5-3 烘箱芒草拉力圖

圖 4-5 芒草拉力趨勢圖

(1)從圖 4-5-2 中可以了解到完全沒有熬煮的芒草直接測量能承受的拉力大約是 4.3kg，放置室溫一天後能承受的拉力大約是 4.2kg，放置室溫二天能承受的拉力大約是 4.5kg，放置室三天能承受的拉力大約是 4.9kg，所以除了直接測量的芒草以外，放置室溫 1 天、2 天、3 天能承受的拉力是緩慢上升的。

(2)熬煮 30 分鐘的芒草放乾後能承受的拉力大約是 3.8kg，放置室溫一天後能承受的拉力大約是 4.7kg，放置室溫二天能承受的拉力大約是 5.2kg，放置室三天能承受的拉力大約是 5.3kg，所以放置室溫的芒草能承受的拉力是緩慢上升的。熬煮 60 分鐘的芒草放乾後能承受的拉力大約是 2.3kg，放置室溫一天後能承受的拉力大約是 2kg，放置室溫二天能承受的拉力大約是 1.2kg，放置室三天能承受的拉力大約是 1.1kg，所以放置室溫 1 天、2 天、3 天的芒草能承受的拉力是逐漸下降的。熬煮 90 分鐘的芒草放乾後能承受的拉力大約是 2.8kg，放置室溫一天後能承受的拉力大約是 1.2kg，放置室溫二天能承受的拉力大約是 1.8kg，放置室三天能承受的拉力大約是 1.9kg，所以放置室溫 1 天的芒草以外，芒草能承受的拉力是隨著放置天數越多而越小。熬煮 120 分鐘的芒草放乾後能承受的拉力大約是 2.6kg，放置室溫一天後能承受的拉力大約是 1.8kg，放置室溫二天能承受的拉力大約是 2.3kg，放置室三天能承受的拉力大約是 2kg，所以從放置室溫一天到三天，它能承受的拉力大約都在 2kg 上下。

(3)從上圖可以了解到完全沒有熬煮的芒草放置冷藏一天後能承受的拉力大約是 4.7kg，放置冷藏二天能承受的拉力大約是 1.2kg，放置冷藏三天能承受的拉力大約是 2.1kg。熬煮 30 分鐘的芒草放置冷藏一天後能承受的拉力大約是 3.9kg，放置冷藏二天能承受的拉力大約是 1kg，放置冷藏三天能承受的拉力大約是 1.1kg。

(4)熬煮 60 分鐘的芒草放置冷藏一天後能承受的拉力大約是 3.8kg，放置冷藏二天能承受的拉力大約是 1.1kg，放置冷藏三天能承受的拉力大約是 1.4kg。熬煮 90 分鐘的芒草放置冷藏一天後能承受的拉力大約是 6.3kg，放置冷藏二天能承受的拉力大約是 2.5kg，放置冷藏三天能承受的拉力大約是 2.6kg。熬煮 120 分鐘的芒草放置冷藏一天後能承受的拉力大約是 3.5kg，放置冷藏二天能承受的拉力大約是 1.1kg，放置冷藏三天能承受的拉力大約是 1.4kg。整體來說，基本上放置冷藏 1 天能承受的拉力最大，而放置冷藏 2 天和 3 天的芒草能承受的拉力差不多且比放置冷藏一天的芒草能承受的拉力小。

(5)從圖 4-14 可以了解到完全沒有熬煮的芒草放置 70°C 烘箱一小時後能承受的拉力大約是 2.6kg，放置 70°C 烘箱二小時能承受的拉力大約是 2.2kg，放置 70°C 烘箱三小時能承受的拉力大約是 0.7kg。所以放置烘箱 1 小時、2 小時、3 小時的芒草能承受的拉力隨著放置時間越長能承受的拉力越小。

(6)熬煮 30 分鐘的芒草放置 70°C 烘箱一小時後能承受的拉力大約是 1.6kg，放置 70°C 烘箱二小時能承受的拉力大約是 1.7kg，放置 70°C 烘箱三小時能承受的拉力大約是 2kg。所以它放置烘箱從一小時到二小時再到三小時能承受的拉力是越來越大，而且是緩慢的上升。熬煮 60 分鐘的芒草放置 70°C 烘箱一小時後能承受的拉力大約是 1.8kg，放置 70°C 烘箱二小時能承受的拉力大約是 0.9kg，放置 70°C 烘箱三小時能承受的拉力大約是 2.1kg。熬煮 90 分鐘的芒草放置 70°C 烘箱一小時後能承受的拉力大約是 2.1kg，放置 70°C 烘箱二小時能承受的拉力大約是 1.1kg，放置 70°C 烘箱三小時能承受的拉力大約是 3.4kg。熬煮 120 分鐘的芒草放置 70°C 烘箱一小時後能承受的拉力大約是 2.8kg，放置 70°C 烘箱二小時能承受的拉力大約是 1.8kg，放置 70°C 烘箱三小時能承受的拉力大約是 3.2kg。熬煮 60 分鐘、90 分鐘和 120 分鐘的芒草都是放置烘箱二小時後能承受的拉力最小，放置烘箱三小時後能承受的拉力最大。

2. 芒草捲後拉力測試

表 4-5 芒草不同部位和芒草不同捲次數數據

芒草葉子平整(拆解)		捲(拆解)			
梗	2.78		捲 2 次	捲 4 次	捲 6 次
1/2 葉	1.71	1/2 葉	1.91	2.25	2.95
整片葉子	3.4	整片葉子	2.68	3.87	4.15

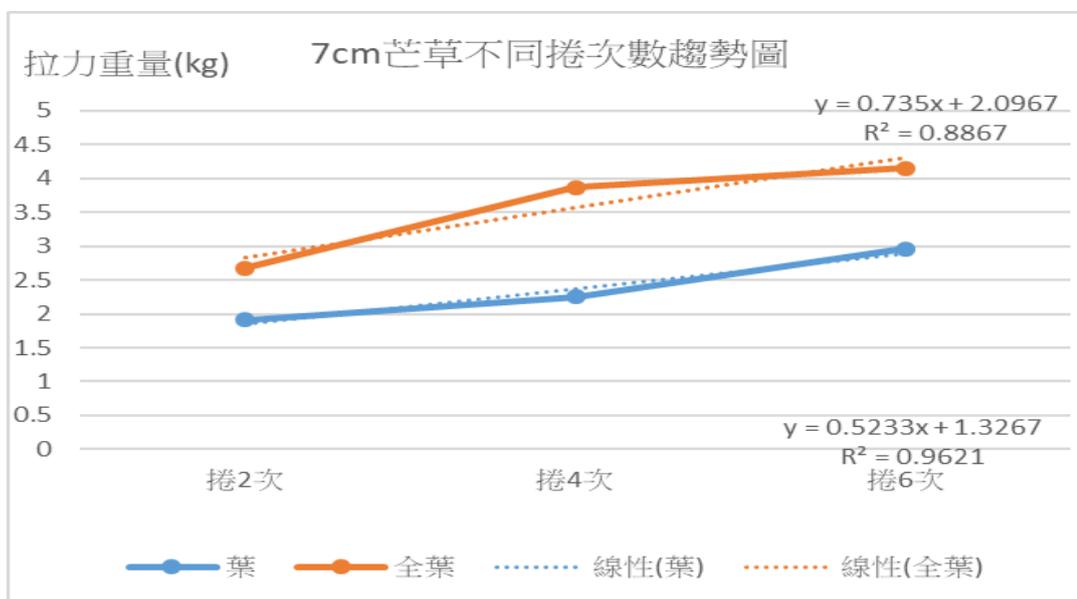


圖 4-6 芒草不同捲次數趨勢圖

從上方 7cm 不同捲次數拉力圖表中，可看出拉力在葉和全葉會隨著捲越多次值越來越大，且有一定線性關係，葉 $R^2 = 0.9621$ ，全葉 $R^2 = 0.8867$ ，我們之後實驗皆會使用捲 6 次的芒草。

(三) 芒草編織

表 4-6 五種捲編法拉力數據

旋轉編法	三股辮	手繩編法(一條)	手繩編法(兩條)	手繩編法(三條)
26.79	47.77	28.51	45.21	56.31

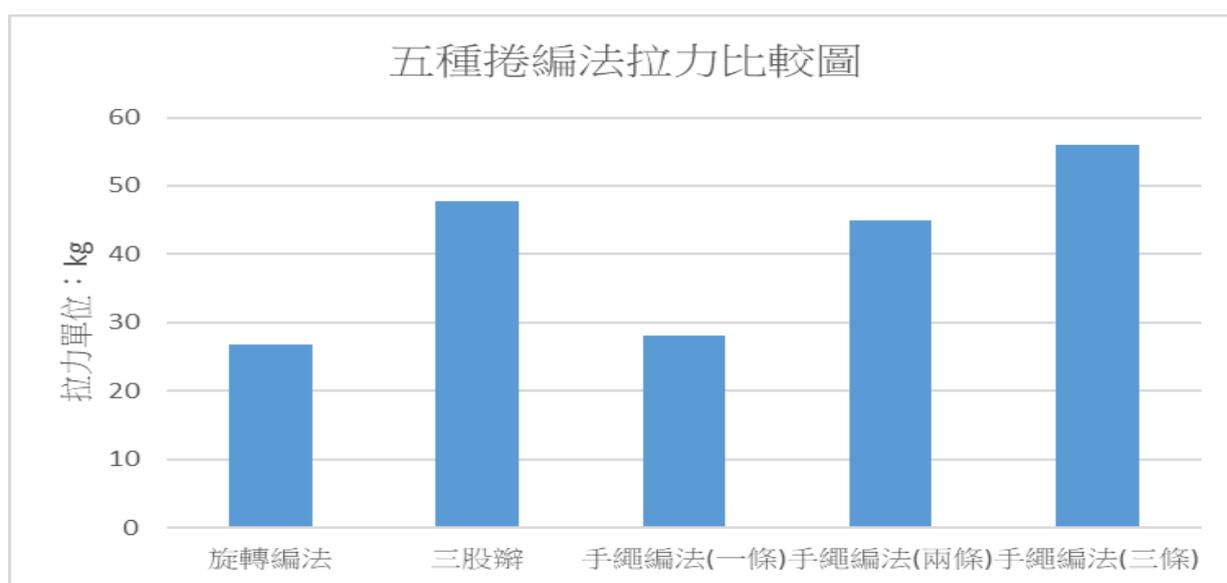


圖 4-7 芒草不同部位比較圖

從上圖可了解手繩編法(三條)為最佳之編法，將會用其製作袋子和物理測試。

(四)製作芒草膜

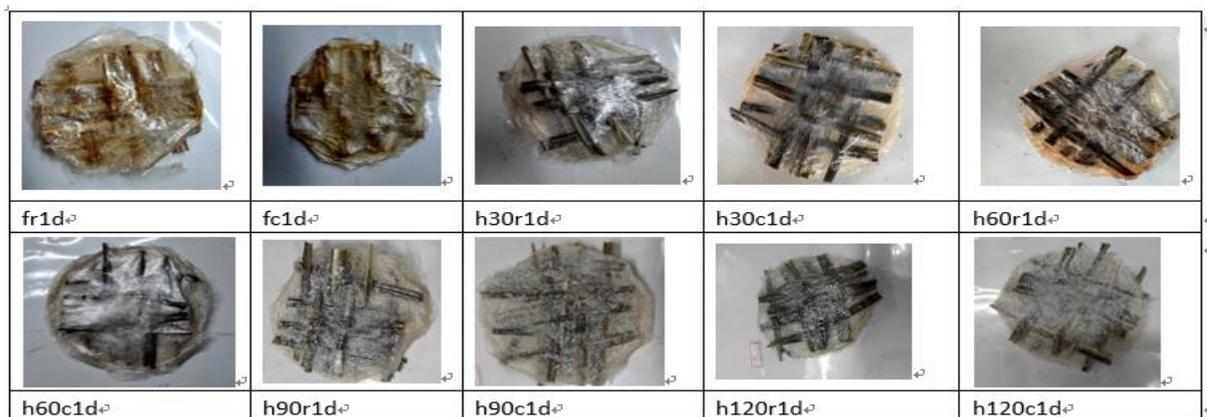


圖 4-8 芒草膜成品

表 4-7 芒草膜性質

用不同脫水方式所製成的芒草膜性質外觀相似，所以只會針對不同煮的時間的芒草膜進行介紹

新鮮芒草膜	不易彎折，觸感光滑，外觀不透明
煮 30 分鐘芒草膜	不易彎折，觸感光滑，外觀不透明
煮 60 分鐘芒草膜	易彎折，觸感光滑，外觀不透明
煮 90 分鐘芒草膜	易彎折，觸感光滑，外觀不透明
煮 120 分鐘芒草膜	易彎折，觸感光滑，外觀不透明

三、較佳洋菜膜與芒草膜的物理測試

(一)芒草膜之拉力測試

表 4-8 芒草膜拉力數據

		芒草膜拉力測試		
洋菜覆膜時的處理方式	芒草水煮時間	洋菜溶液百分濃度 單位：(kg)		
		1.2%	1.4%	1.6%
先冷藏一天 (r1d) 再冷凍乾燥	新鮮 (f)	4.26	5.46	5.76
	30 分鐘(c30)	4.31	4.65	5.43
	60 分鐘(c60)	3.8	4.86	5.59
	90 分鐘(c90)	4.08	4.48	4.79
	120 分鐘(c120)	4.17	4.18	4.6
直接冷凍乾燥 (c1d)	新鮮 (f)	4.54	5.68	5.96
	30 分鐘(c30)	4.45	4.98	5.67
	60 分鐘(c60)	4.34	5.01	5.78
	90 分鐘(c90)	3.87	4.25	4.37
	120 分鐘(c120)	3.85	4.34	4.62
	手繩編法	57.24		

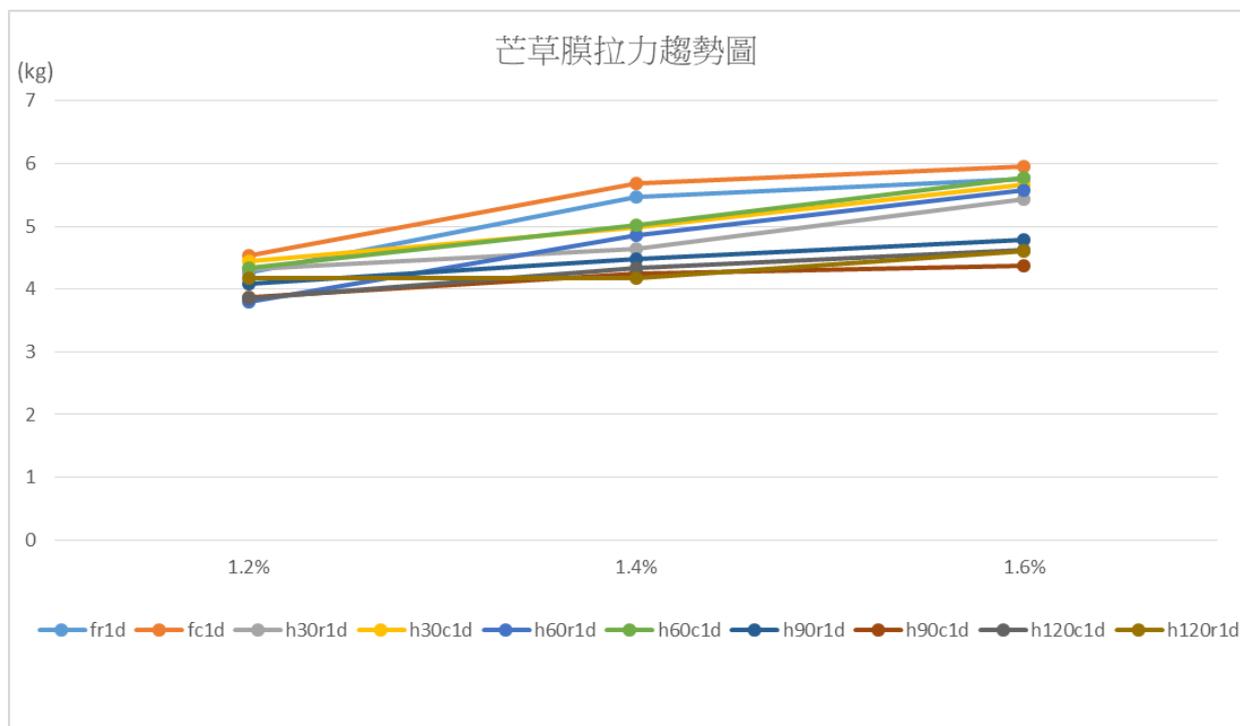


圖 4-11 芒草膜拉力比較圖

(以下數據重量單位皆為 kg)

從上圖可得知濃度：1.6%>1.4%>1.2%，濃度越高，拉力越好，新鮮煮 30、60 分鐘拉力 1.6%約 5kg，1.4% 4.5 到 5.5kg，1.2%約 3.5 到 4.5kg，煮 90、120 分鐘 1.6%約 4 到 5kg1.4%約 4 到 4.5kg 1.2%約 3.8 到 4.1kg。芒草拉力新鮮=煮 30 分鐘=煮 60 分鐘>煮 90 分鐘=煮 120 分鐘，煮愈久芒草拉力愈差，且煮 90 分鐘和 120 分鐘的拉力明顯小於新鮮、煮 30 分鐘、煮 60 分鐘的芒草，推測是因為煮 90 分鐘後芒草的葉子會破損，且芒草莖纖維軟化。

表 4-9 芒草膜和洋菜膜吸水數據

		芒草膜和洋菜膜吸水測試 吸水重量單位：g		
洋菜覆膜時的處理方式	芒草水煮時間	洋菜溶液百分濃度		
		1.2%	1.4%	1.6%
先冷藏一天 (r1d) 再冷凍乾燥	新鮮 (fr)	2.13	2.3	3.33
	30 分鐘(c30)	2.3	2.37	3.2
	60 分鐘(c60)	2.27	2.37	3.3
	90 分鐘(c90)	2.26	3.07	3.53
	120 分鐘(c120)	2.6	3.13	3.43
直接冷凍乾燥 (c1d)	新鮮 (fr)	2.06	2.57	3.47
	30 分鐘(c30)	1.86	2.53	3.4
	60 分鐘(c60)	2.2	2.83	3.33
	90 分鐘(c90)	2.6	3.26	3.33
	120 分鐘(c120)	2.7	3.23	3.7
	手繩編法	2.15		
洋菜膜	冷凍	0.9	1.13	1.47
	冷藏 1 日+冷凍	0.7	1	1.47

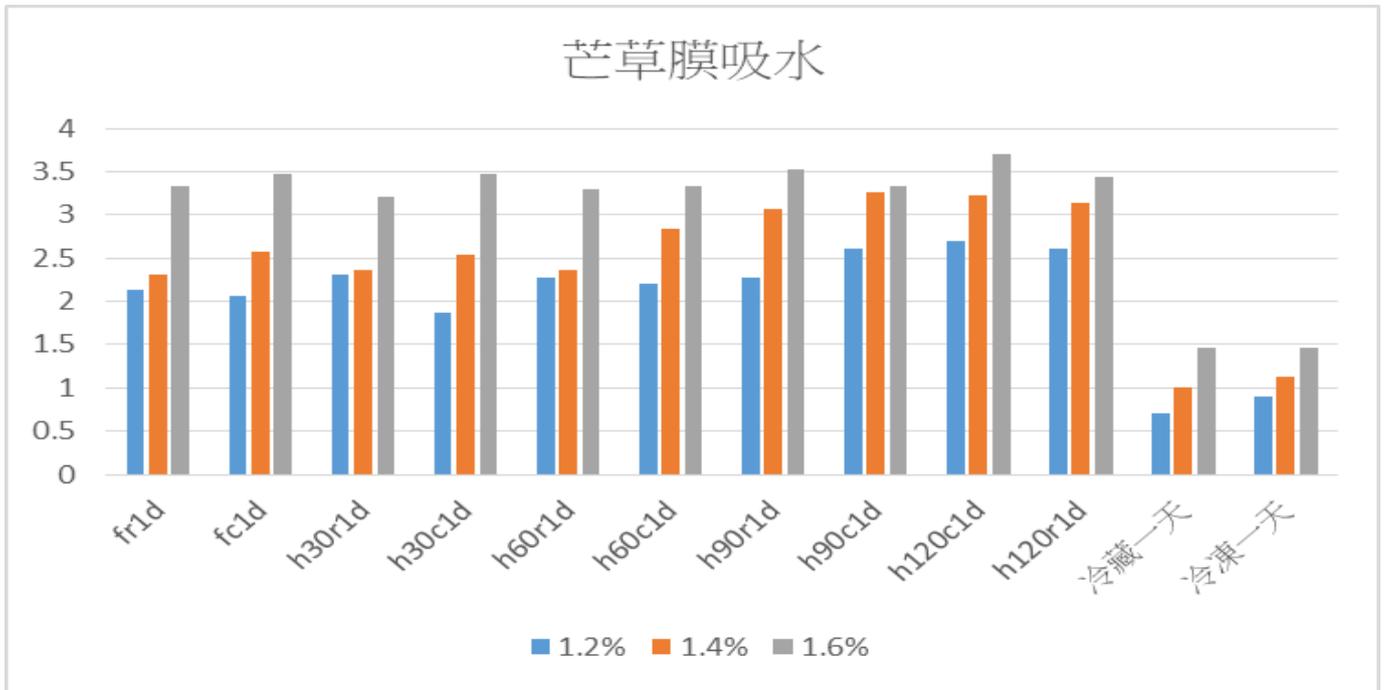


圖 4-12 芒草膜吸水趨勢圖

(以下數據重量單位皆為 g)

從上圖可得知濃度：1.6%>1.4%>1.2%，濃度越高，吸越多水，且芒草膜整體大於厚度較薄的洋菜膜 1.6%的所有芒草膜吸水約 3.5g 1.4%吸水約 2.5g 到 3g 之間 1.2%約 2 到 2.5g。

芒草和不同脫水方式：芒草煮的不同時間和脫水方式，對芒草膜吸水能力較無影響，推測影響芒草膜吸水為不同濃度和果凍厚度。

表 4-10 芒草膜和洋菜膜透水測試數據

		芒草膜和洋菜膜透水測試 透水時間單位：sec		
洋菜覆膜時的處理方式	芒草水煮時間	洋菜溶液百分濃度		
		1.2%	1.4%	1.6%
先冷藏一天 (r1d) 再冷凍乾燥	新鮮 (f)	315.7	324.33	390.67
	30 分鐘(c30)	329	353	387.67
	60 分鐘(c60)	326.67	335.67	380.33
	90 分鐘(c90)	162	181.33	199.33
	120 分鐘(c120)	180	175.67	218.67
直接冷凍乾燥 (c1d)	新鮮 (f)	315.7	356.67	379
	30 分鐘(c30)	324.67	350.67	373.67
	60 分鐘(c60)	324.33	352.67	374.33
	90 分鐘(c90)	182	176.67	186.67
	120 分鐘(c120)	196.67	188.67	199
	手繩編法	413.67		
洋菜膜	冷凍	113	116	123.33
	冷藏 1 日+冷凍	111.67	118	128.67

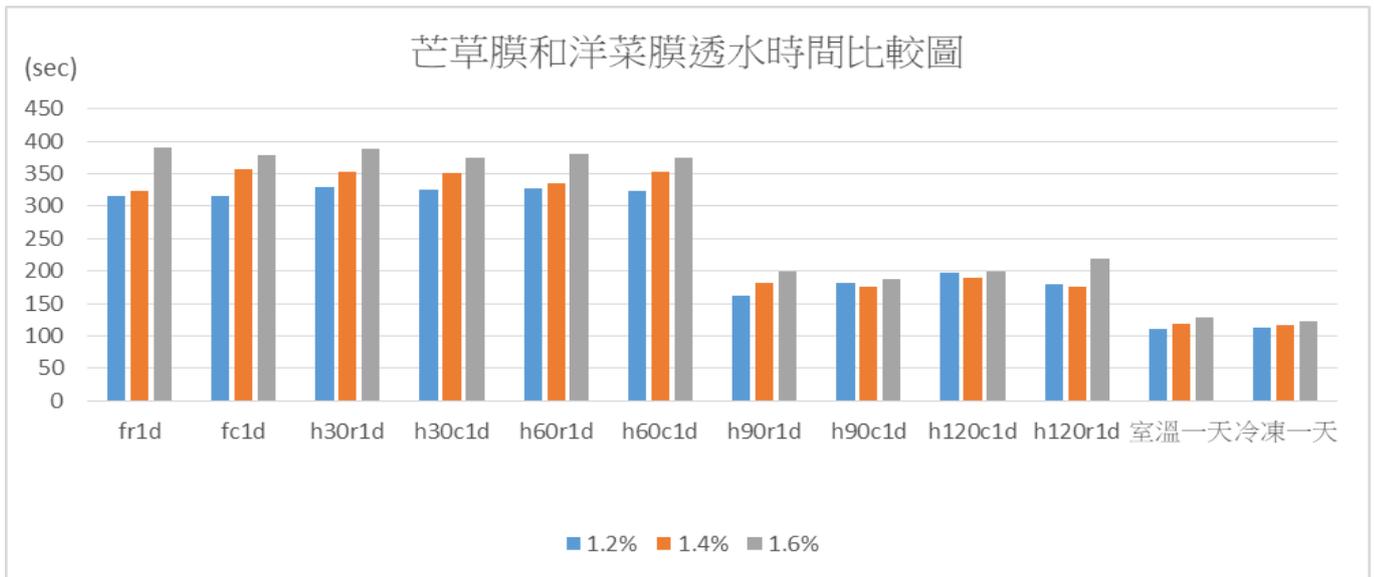


圖 4-13 芒草膜和洋菜膜透水時間比較圖

從上圖可得知濃度：1.6%>1.4%>1.2%，濃度越高，透水時間越長。

不同芒草和脫水方式透水能力比較：新鮮芒草冷藏一天=新鮮芒草直接冷凍=煮 30 分鐘芒草冷藏 1 天=煮 30 分鐘芒草直接冷凍=煮 60 分鐘芒草冷藏 1 天=煮 60 分鐘芒草直接冷凍>煮 90 分鐘芒草冷藏 1 天=煮 90 分鐘芒草直接冷凍=煮 120 分鐘芒草冷藏 1 天=煮 120 分鐘芒草直接冷凍>室溫 1 天=冷凍 1 天。

可看出芒草煮 90 分鐘後透水能力會從原本約 300 秒下降至約 200 秒，推測是因為芒草葉子破損的關係，而冷凍 1 天和冷藏 1 天的厚度較薄，所以透水完成時間較短。

表 4-11 芒草膜和洋菜膜燃燒縮減率

		芒草膜和洋菜膜燃燒測試 以下重量減少率皆為(%)		
洋菜覆膜時的處理方式	芒草水煮時間	洋菜溶液百分濃度		
		1.2%	1.4%	1.6%
先冷藏一天 (r1d) 再冷凍乾燥	新鮮 (f)	87.5	80.8	83.4
	30 分鐘(c30)	93.3	80	87.9
	60 分鐘(c60)	89.8	88.1	93
	90 分鐘(c90)	85	95	91.2
	120 分鐘(c120)	88.8	87.6	95
直接冷凍乾燥 (c1d)	新鮮 (f)	89.2	87.7	86.6
	30 分鐘(c30)	81.6	89.6	82.
	60 分鐘(c60)	91	87.3	82.6
	90 分鐘(c90)	85.5	85.3	88.6
	120 分鐘(c120)	88	94.4	81.5
	手繩編法	89.3		
洋菜膜	冷凍	94.1	95.8	93.8
	冷藏 1 日+冷凍	97.8	89.8	89.1

減少重量百分比(%)

燃燒重量減少比例圖

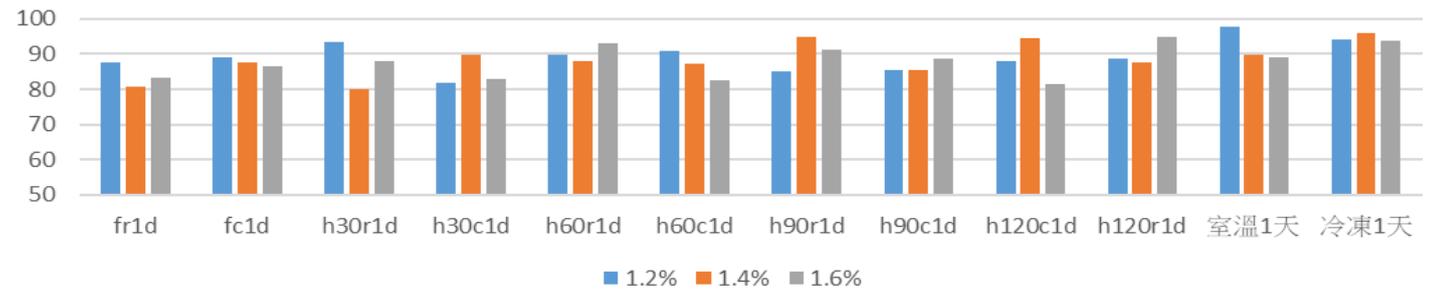


圖 4-14 芒草膜和洋菜膜燃燒重量縮減率

從上圖可知，燃燒不同脫水方式和濃度所做出的洋菜膜和芒草膜燃燒後重量皆可減少 80%以上，顯示芒草膜燃燒後可有效減少垃圾質量，且不同脫水、濃度對燃燒後重量改變無影響。

燃燒自製芒草膜，煙霧味道為燒紙的味道，且加入芒草後並不會產生異味，顯示我們自製的芒草膜可以用燃燒的方式將其分解減少質量。

五、土壤掩埋測試

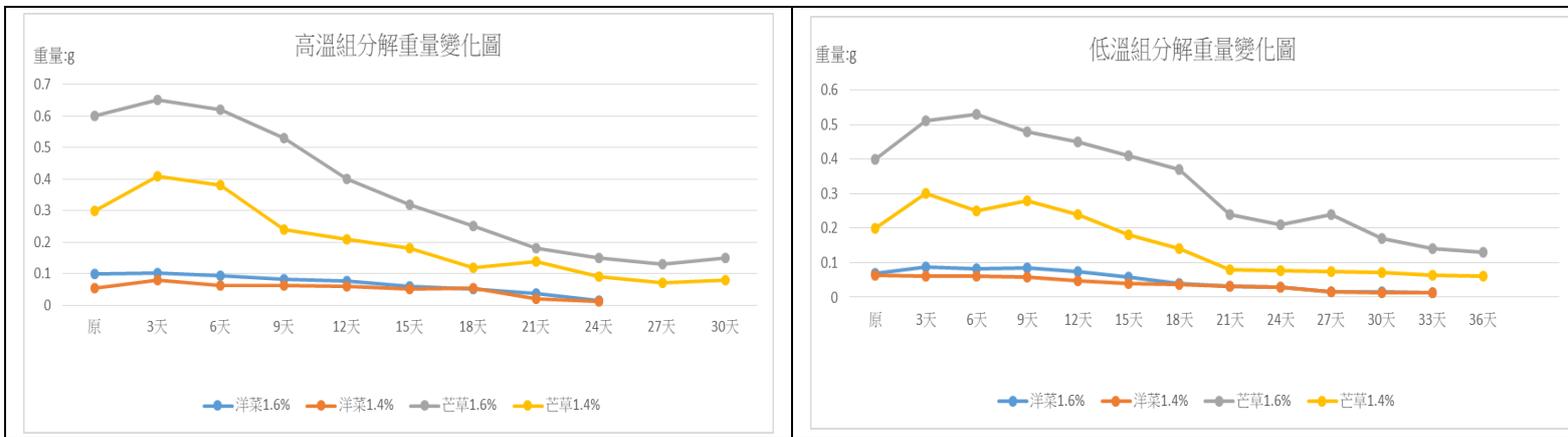


圖 4-15 芒草膜和洋菜膜分解重量變化圖

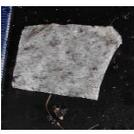
從上圖(左)可看出高溫組的芒草膜前 3、6 天吸水軟化重量會變重，之後會逐步慢慢重量下降，最後分解完成，芒草膜約 33 天可完成分解，洋菜膜約 27 天完成分解。

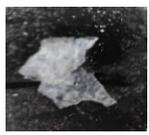
從上圖(右)可看出低溫組前 3、6 天吸水軟化重量會變重，之後會逐步慢慢重量下降，最後分解完成，芒草膜約 39 天可完成分解，洋菜膜約 36 天完成分解。

高溫組因環境溫度較高，推測是酵素活性較強，所需分解時間較短，低溫則推測是酵素活性較差，所需分解時間較高溫組多一周。

從此結果可知，芒草膜在高溫、低溫的環境，經約一個月時間，皆可自然分解，顯示我們製作的芒草膜可在自然界分解，而不會傷害到環境。

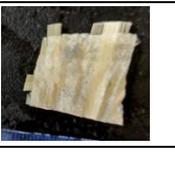
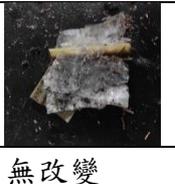
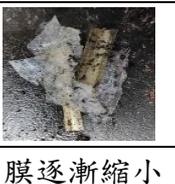
觀察結果比較表：

高溫組	原	3 天	6 天	9 天	12 天	15 天	18 天
洋菜 1.6%							
		軟化、整片膜毫無韌性	無改變	些許裂開	分裂成兩塊	分裂成許多小碎塊	碎塊逐漸變小

洋菜 1.4%							
		軟化、整片膜毫無韌性	無改變	些許裂開	分裂成兩塊	無改變	碎塊逐漸變小
芒草 1.6%							
		上下方的膜軟化	上下方的膜分離	上下的膜破裂芒草開始變軟	逐漸縮小	逐漸縮小	芒草與膜逐漸爛掉
芒草 1.4%							
		上下方的膜軟化、分離	無改變	膜破裂，芒草開始變軟	逐漸縮小	逐漸縮小	芒草與膜逐漸爛掉
高溫組	21 天	24 天	27 天	30 天	33 天	36 天	
洋菜 1.6%							
	剩餘一些小碎塊	碎塊持續變小	已分解				
洋菜 1.4%							
	碎塊逐漸變小	碎塊持續變小	已分解				
芒草 1.6%							
	無改變	膜逐漸縮小	芒草剩細纖維	芒草和膜已全數爛掉	已分解		

芒草 1.4%							
	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	芒草剩細纖維	已分解		

圖 4-16 高溫分解圖

低溫組	原	3 天	6 天	9 天	12 天	15 天	18 天
洋菜 1.6%							
		軟化	無改變	產生裂痕	分裂成兩塊	逐漸縮小	逐漸縮小
洋菜 1.4%							
		軟化	一角分裂	無改變	中間破裂	裂痕越來越大	破裂成兩塊
芒草 1.6%							
		上下方的膜軟化、分離	無改變	上下的膜些許裂開	無改變	膜破裂、分裂成多塊	上下的膜逐漸縮小
芒草 1.4%							
		上下方的膜軟化、分離	無改變	膜有點破裂	無改變	膜分裂成多塊	膜逐漸縮小
低溫組	21 天	24 天	27 天	30 天	33 天	36 天	39 天
洋菜 1.6%							
	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	僅剩小碎塊	碎塊持續縮小	已分解	

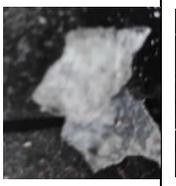
洋菜 1.4%							
	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	剩餘小碎塊	碎塊持續變少	已分解	
芒草 1.6%							
	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	芒草開始分裂	無改變	芒草僅剩細纖維	已分解
芒草 1.4%							
	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	芒草破裂	無改變	芒草僅剩細纖維	已分解

圖 4-17 低溫分解圖

伍、討論

一、不同果凍濃度及厚度在不同脫水方式(冷凍、冷藏、烘、室溫)對拉力的相關性

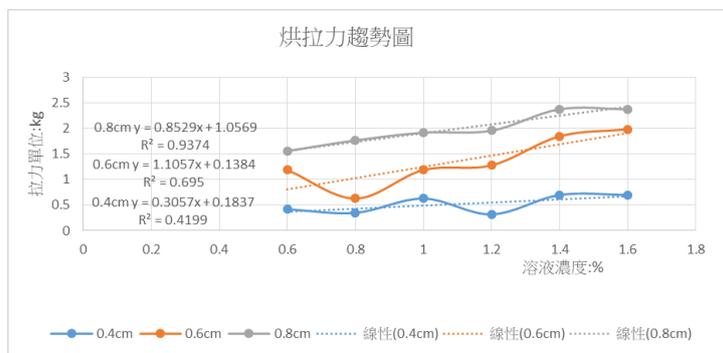


圖 5-1 烘拉力趨勢圖

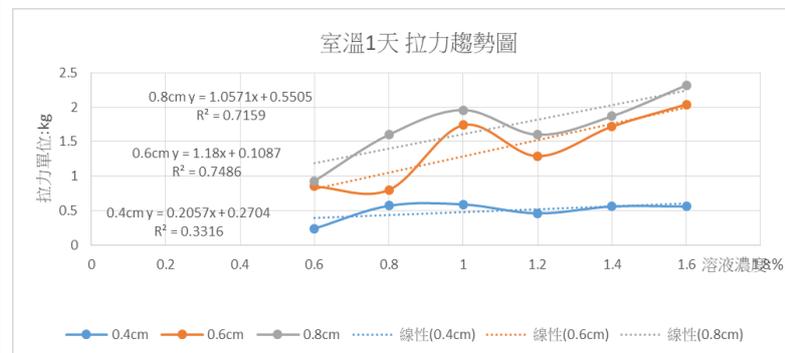


圖 5-2 室溫 1 天拉力趨勢圖

從圖 5-1 可看出烘的 0.4cm 公式為 $y = 0.3057x + 0.1837$, $R^2 = 0.4199$;

0.6cm 公式為 $y = 1.1057x + 0.1384$, $R^2 = 0.695$; 0.8cm 公式 $y = 0.8529x + 1.0569$, R^2

0.9374, 0.4cm 數據較無明顯變化, 0.6cm 在 0.6% 和 1% 數據值較靠近 0.4cm, 其餘濃度皆較靠近

0.8cm。從圖 5-2 可看出室溫 1 天, 0.4cm 公式為: $y = 0.2057x + 0.2704$, $R^2 = 0.3316$;

0.6cm 公式為: $y = 1.18x + 0.1087$, $R^2 = 0.7486$, 0.8cm 公式為: $y = 1.0571x + 0.5505$,

$R^2 = 0.7159$, 0.4cm 一樣較無變化, 且 0.6cm 數據除了 0.8% 都較靠近 0.8cm。

冷藏1天 拉力趨勢圖

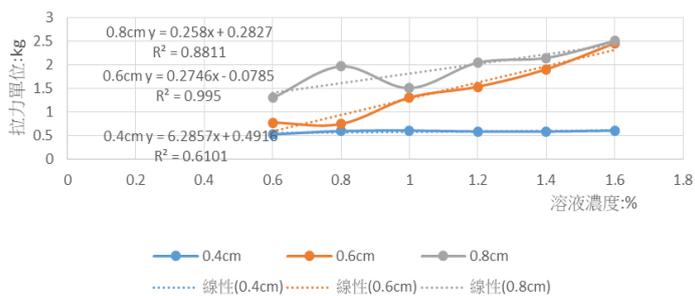


圖 5-3 冷藏 1 天拉力趨勢圖

室溫2天 拉力趨勢圖

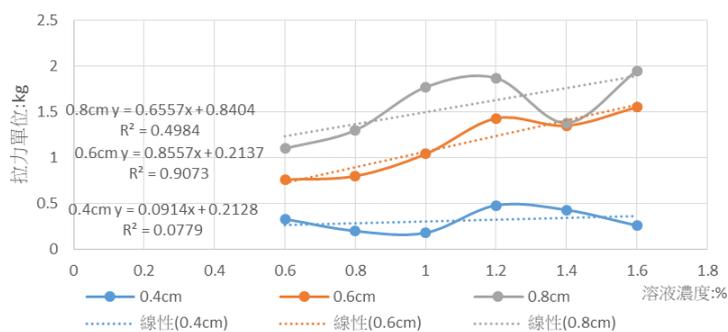


圖 5-4 室溫 2 天拉力趨勢圖

從圖 5-3 可看出冷藏 1 天，0.4cm 公式為 $y = 6.2857x + 0.4916$ ， $R^2 = 0.6101$ ；0.6cm 公式為： $y = 0.2746x - 0.0785$ ， $R^2 = 0.995$ ；0.8cm 公式為： $y = 0.258x + 0.2827$ ， $R^2 = 0.8811$ ，0.6cm 在 0.6%和 0.8%數據值較靠近 0.4cm，之後%數又較靠近。

從圖 5-4 可看出室溫 2 天，0.4cm 呈線性上升，公式為： $y = 0.0914x + 0.2128$ ， $R^2 = 0.0779$ ；0.6cm 呈線性上升，公式為： $y = 0.8557x + 0.2137$ ， $R^2 = 0.9073$ ；0.8cm 公式為： $y = 0.6557x + 0.8404$ ， $R^2 = 0.4984$ ，0.6cm 數據值都較靠近 0.8cm。

冷藏2天 拉力趨勢圖

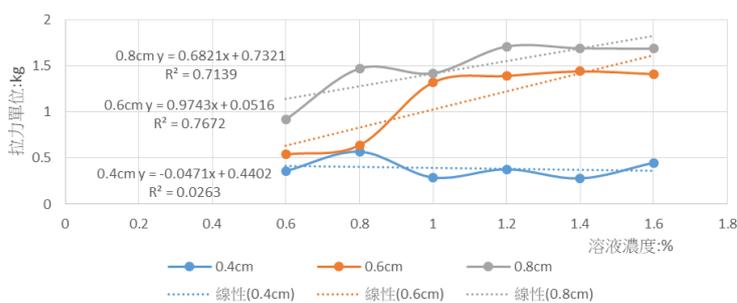


圖 5-5 冷藏 2 天拉力趨勢圖

室溫3天 拉力趨勢圖

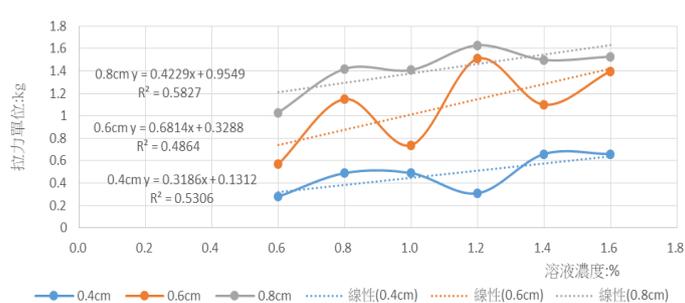


圖 5-6 室溫 3 天拉力趨勢圖

從圖 5-5 可看出冷藏 2 天 0.4cm 公式為： $y = -0.0471x + 0.4402$ ， $R^2 = 0.0263$ ；0.6cm 公式為： $y = 0.9743x + 0.0516$ ， $R^2 = 0.7672$ ；0.8cm 公式為： $y = 0.6821x + 0.7321$ ， $R^2 = 0.7139$ ；0.6cm 在 0.6%和 0.8%數據值較靠近 0.4cm，之後%數又靠近 0.8cm。從圖 5-6 可看出室溫 3 天 0.4cm 公式為： $y = 0.3186x + 0.1312$ ， $R^2 = 0.5306$ ；0.6cm 公式為： $y = 0.6814x + 0.3288$ ， $R^2 = 0.4864$ ；0.8cm 公式為： $y = 0.4229x + 0.9549$ ， $R^2 = 0.5827$ ，0.6cm 數據值在 0.8cm 和 0.4cm 之間，且 0.8cm 到 0.8%之後就較無太大變化。

冷藏3天 拉力趨勢圖

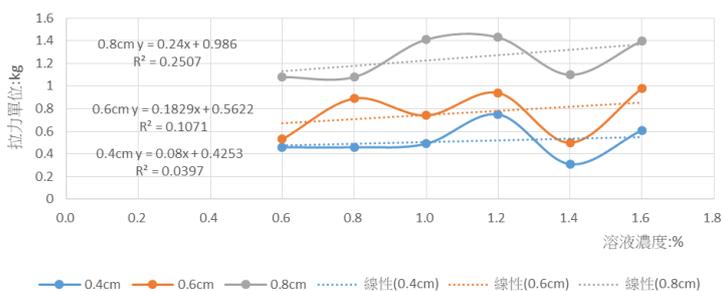


圖 5-7 冷藏 3 天 拉力趨勢圖

直接冷凍拉力趨勢圖

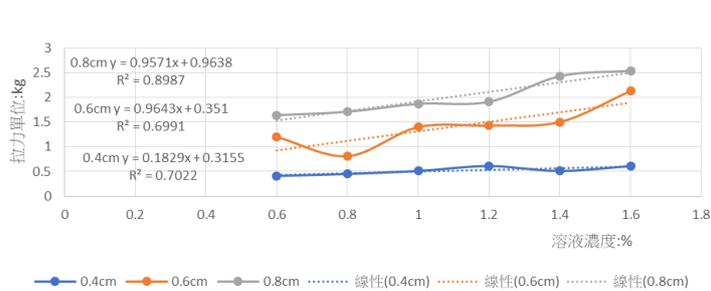


圖 5-8 直接冷凍拉力趨勢圖

從圖 5-7 可看出，0.4cm 呈多項式上升，公式為： $y = 0.08x + 0.4253$ ， $R^2 = 0.0397$ ；0.6cm 公式為： $y = 0.1829x + 0.5622$ ， $R^2 = 0.1071$ ；0.8cm 公式為： $y = 0.24x + 0.986$ ， $R^2 = 0.2507$ ，0.6cm 的數據值較靠近 0.4cm，可看出冷藏 3 天數據皆較無相關性。

從圖 5-8 可看出直接冷凍 0.4cm 公式為： $y = 0.1829x + 0.3155$ ， $R^2 = 0.7022$ ；0.6cm 公式為： $y = 0.9643x + 0.351$ ， $R^2 = 0.6991$ ；0.8cm 公式為： $y = 0.9571x + 0.9638$ ， $R^2 = 0.8987$ ，0.4cm 數據值一樣較無變化，且 0.6cm 只有在 0.8% 值較靠近 0.4cm，且直接冷凍的數據值為最好。

拉力結果總體比較：

1. 果凍厚度：0.8cm > 0.6cm > 0.4cm，果凍越厚，拉力越強。
2. 果凍濃度：1.6% > 1.4% > 1.2% > 1% > 0.8% > 0.6%，洋菜溶液濃度越高，拉力越強。
3. 變因組內平均後組間：

0.6% 冷凍 > 烘 > 冷藏 1 天 > 室溫 1 天 > 冷藏 2 天 > 室溫 2 天 > 冷藏 3 天 > 室溫 3 天

0.8% 冷凍 > 烘 > 室溫 1 天 > 冷藏 1 天 > 冷藏 2 天 > 室溫 2 天 > 室溫 3 天 > 冷藏 3 天

1% 冷凍 > 烘 > 冷藏 1 天 > 室溫 1 天 > 冷藏 2 天 > 室溫 2 天 > 室溫 3 天 > 冷藏 3 天

1.2% 冷凍 > 冷藏 1 天 > 烘 > 室溫 1 天 > 冷藏 2 天 > 室溫 2 天 > 室溫 3 天 > 冷藏 3 天

1.4% 冷凍 > 冷藏 1 天 > 烘 > 室溫 1 天 > 冷藏 2 天 > 室溫 2 天 > 室溫 3 天 > 冷藏 3 天

1.6% 冷凍 > 冷藏 1 天 > 室溫 1 天 > 室溫 2 天 > 冷藏 2 天 > 室溫 3 天 > 冷藏 3 天

放置天數越多，膜的拉力越差，且冷凍 > 冷藏 > 室溫

二、芒草以不同方式處理(室溫、冷藏、烘箱)的失水量與拉力的比較

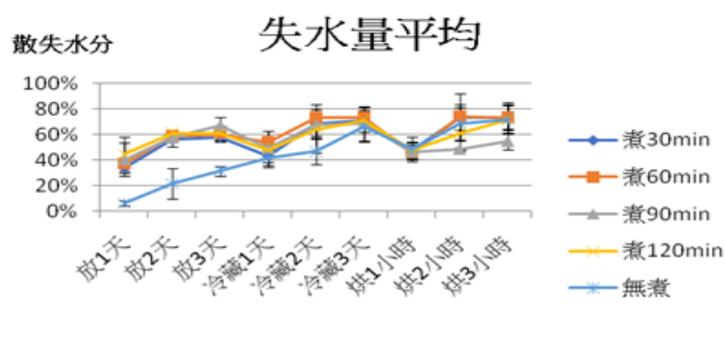


圖 5-9 芒草失水量

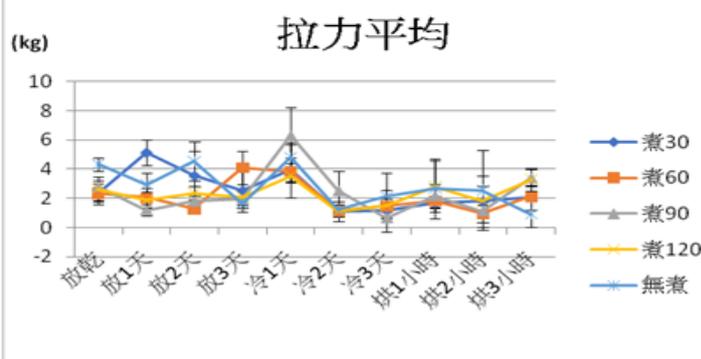


圖 5-10 芒草拉力平均

我們將芒草分成：沒有熬煮、煮 30 分鐘、煮 60 分鐘、煮 90 分鐘、煮 120 分鐘共五組，也有不同的脫水方式，有放置室溫、放置冷藏、放置烘箱三種；也有不同的脫水時間：放置室溫和冷藏是分別放置 1 天、2 天、3 天。我們發現芒草熬煮越久纖維素的表面角質層會破壞得越多，其失水速度就越快，能承受的拉力就越小。從圖表中就可以看到，無論是放置室溫、冷藏還是烘箱脫水，沒有熬煮的芒草的總失水量和失水速度都比相同脫水方式且有熬煮的芒草少和慢。不同的烘乾方法也有差異，使用烘箱和冷藏脫水，因為溫度相較室溫放置烘箱較高，放置冷藏較低，所以脫水速度都比放置室溫快，而放置烘箱的芒草脫水速度又比放置冷藏的快。

放在室溫的脫水方式比較有韌性，而放置在烘箱脫水因為脫水速度最快，芒草變得比較脆，其能承受的拉力最小、容易碎裂無法拿來編織；放置於冷藏的芒草相對於室溫脫水速度較快，一開始是只放置一天的時候還能承受 5 公斤的拉力，但是隨著水分越來越少，它變得越來越脆弱，能承受的拉力只剩下一、兩公斤，所以我們發現在冷藏的情況下，相對於室溫，水分散失的較快速，失水量越少的時，相對能承受的拉力較高。當它快速乾燥之後能承受的拉力就會下

降，但是放在室溫中失水速度會緩慢的減少，它的拉力反而能夠維持住，而且越乾越好。所以我們編織時使用的方法是室溫脫水，效果最佳，讓其水份慢慢的散失，使其不會因失水速度太快變得較脆而不好編織。

三、芒草的編織方法

我們一開始參考台灣傳統技藝蘭草草蓆，而設計出的平行編法，測試單條芒草不同編織方式的實驗，可是發現平行編織法無法達到我們預期的袋子，於是我們上網找還有沒有其他不同的編法，最後我們參考了[幸運繩帶編織 112 款-台灣東販]中的手繩編法來做出我們的芒草袋子，芒草使用煮 30 分鐘，室溫放三天，我們將芒草分為作支撐的梗、並將它的葉子分為兩個 1/2 葉當繩子，前面我們發現三股辮在單條中拉力最大，但是它只能用在平行編法上，於是開始測試不同的手繩編法，發現手繩編三條的拉力最大，採用編三條這個方式從上述實驗了解手繩編法(三條)為拉力最佳，因此使用最佳洋菜凍製作比例和脫水方式製成直徑 7cm 的芒草膜，再進行物理測試。

四、芒草膜在製作時的處理方式

芒草膜製作時，若沒抓好果凍的放置時間，兩片膜容易分離，但是一次性倒入全部的果凍，在拿針或尺固定草蓆，則會影響果凍成品的品質，所以我們決定將果凍先倒 0.6cm+芒草厚度，讓草蓆浮在溶液表面，等待一段時間，讓草蓆稍微固定，果凍又尚未凝固，再倒入溶液，果凍交會地方會融合，就可將芒草草蓆混至果凍中。

陸、結論

一、洋菜膜之外觀和拉力探討

(一)不同脫水方式、濃度、厚度之洋菜凍水分改變：從實驗一-1 結果可知洋菜凍放置在室溫第一天和第二天時，每天約減少 10%的水分，第三天減少約 5%的水分，放置在冷藏第一天和第二天時，每天約減少 5-7%的水分，第三天約減少 2%的水分，顯示室溫脫水的速度較快，且放置到第三天時，果凍水分的減少會少於前兩天。

(二)不同脫水方式、濃度、果凍厚度之芒草膜之性質和拉力：從實驗一-4、實驗一-5 結果可知烘箱製成的成品彎折感差，室溫、冷藏和直接冷凍果凍厚度 0.8cm 拉力最強，但外觀為霧面，且觸感粗糙，果凍厚度 0.6cm 拉力其次，外觀透明，觸感光滑，0.4cm 拉力最差，外觀透明，觸感光滑，且濃度越高，芒草膜拉力越強，外觀觸感皆相似，脫水方式室溫和冷藏放置越久，拉力越差，直接冷凍做出的成品韌性為最佳。

二、芒草原料和成品探討

(一)芒草韌性：結果可知無煮之芒草拉力最強、彎折感差，煮越久韌性越差，但彎折感越佳。

(二)芒草膜成品結果可知用新鮮芒草的芒草膜彎折感最差，芒草煮越久芒草膜彎折感越佳

三、芒草膜之物理測試

(一)芒草膜之拉力測試：可知芒草煮越久，做出的芒草膜拉力越差，但芒草膜整體拉力皆高於洋菜膜。

(二)芒草膜之吸水能力測試：結果可知不同芒草製成的芒草膜對吸水較無影響，且濃度越高吸水能力越強，且芒草膜拉力皆高於洋菜膜，推測是其厚度較厚的關係。

皆高於洋菜膜，推測是其厚度較厚的關係。

(三)芒草膜之透水能力測試：結果可知芒草在煮超過 90 分鐘，其透水完成所需時間會降低，推測是芒草葉子脫落的關係，且芒草膜透水時間皆高於洋菜膜，推測是其厚度較厚的原因。

(四)將最佳脫水方式、濃度、芒草製成袋子

實際使用一個月後，袋子功能並無改變，顯示自製袋子可重複利用，並達到一定的環保功能。

四、分解測試

(一)燃燒測試：結果可知芒草膜與洋菜膜燃燒後重量皆可減少 80%以上，且燃燒芒草膜，煙霧味道為燒紙的味道，且加入芒草後並不會產生異味，顯示我們自製的芒草膜可以用燃燒的方式將其分解減少質量。

(二)土壤掩埋測試

1. 芒草膜分解時間：洋菜膜>芒草膜高溫組>低溫組。
2. 高溫組洋菜膜約 27 天完成分解，芒草膜約 33 天完成分解。
3. 低溫組洋菜膜約 36 天完成分解，芒草膜約 39 天完成分解。
4. 分解時洋菜膜和芒草膜第 3、6 天重量會變重，推測是吸水的關係，之後重量會越來越輕，最後分解。

柒、參考文獻資料

- 一、廖唯竹、高珮綺、蔡凌宇 (2022)。生質環保「袋」著走。第 62 屆中小學科學展覽會
- 二、黃俐穎、黃宇詳、楊甸翌 (2022)。見「塑」不見「鱗」？-魚鱗環保薄膜的研發及應用。臺灣國際科學展覽會
- 三、黃怡華 鄭毓澤 (2018)。CEY!你這個吃塑膠的小傢伙。第 58 屆中小學科學展覽會
- 四、黃翊瑄 張至騫 藍以丞 (2018)。渾身解塑-以回收紙漿和洋菜製作可分解垃圾袋。第 58 屆中小學科學展覽會：
- 五、吳承哲、呂翊瑒、嚴子杭 (2019)。洋洋得益--以洋菜冷凍鍍膜製作防水紙吸管。第 59 屆中小學科學展覽會
- 六、【生活端科學】蝦咪！洋菜凍能做保鮮膜？大愛電視 Tzu Cci DaAiVideo(2020)。取自：
<https://www.youtube.com/watch?v=VSAn2ycXaFM>

(作品說明書中所有照片皆為作者自行拍攝)



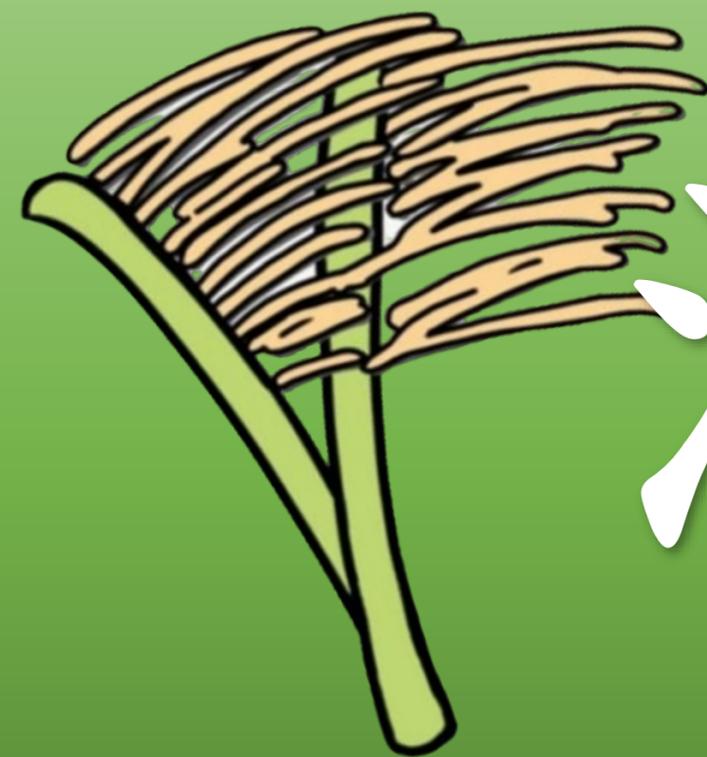
【評語】 032902

本作品使用芒草加上洋菜溶液成膜，希望可以增加一個塑膠以外的環保材質的選擇。本研究從比較不同洋菜粉比例，和厚度，以及脫水方法，選擇出最佳拉力和外觀的濃度條件，最佳脫水時方以及佳果凍厚度來製作芒草膜，芒草處理則是透過熱水煮和不同方法乾燥後再加上果凍製成芒草膜，繼而採用最佳條件進行芒草編織製成成品。本研究內容豐富，詳細檢測芒草在各種條件的失水曲線、拉力、吸水數據，成品膜的透水時間、燃燒縮減率，以及分解情形，在結論和討論的部分都有詳盡的描述。關於研究內容有以下議題可再思考。

1. 以三條編織時，強度較 1-2 條為佳，如果用更多條，強度是否會更好？
2. 實驗的重複次數為何？數據的標準差為何？實驗結果應該如圖 5-9、5-10 一般呈現，並註明重複次數。
3. 作品說明書第 14 頁提到圖 4-14，但是作品說明書中沒有這個圖。

4. 為何放置烘箱二小時後能承受的拉力最小？若是因為脆化易碎裂，三小時應該更差，但反而能承受最大的拉力，應再度進行實驗確認此現象。
5. 室溫一天的拉力趨勢（圖 5-2），為何隨溶液體積增加有先昇後降再上升的現象？
6. 洋菜與芒草間的黏著性如何？是否容易剝離？隨編織的方式不同，剝離的程度是否有差異？

作品簡報



洋起環保光芒

利用芒草混入洋菜探討取代塑膠薄膜的可能性

摘要

塑膠垃圾汙染日益嚴重，為了替環境盡一份心力，我們決定研究芒草膜。使用洋菜凍脫水製成芒草膜，在混入芒草草席，再進行拉力、吸水和燃燒能力及土壤掩埋分解測試。發現自製芒草膜可以達到一定方便性；經土壤掩埋一個月後即可完全分解。

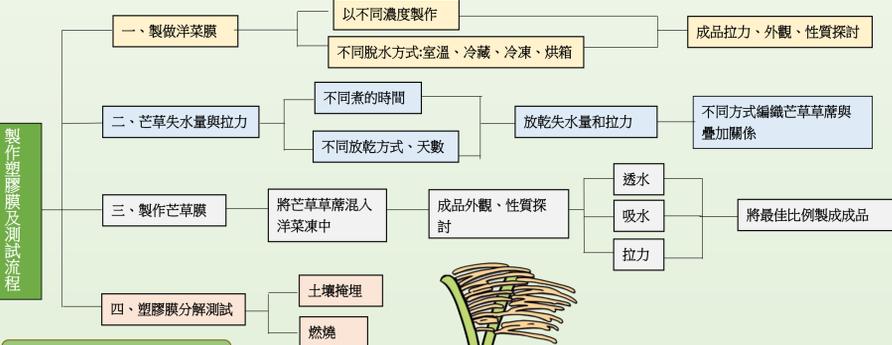
我們依據自製芒草膜各種特性考量，選出最佳比例：煮30分鐘芒草+1.6%洋菜溶液芒草膜，用手繩編法(三條)將其製成塑膠袋，證實自製芒草膜可以達到一定程度的功能和便利性，燃燒後可大幅減少灰燼剩餘質量；經土壤掩埋後亦可在自然環境下完全分解，達環保目的。

壹、前言

一、研究動機

我們在選擇科展題目時就在想：現在全球都有著嚴重的塑膠垃圾危機，我們決定從可分解取代的材質入手，所以我們想要減少塑膠垃圾又維持人們的便利，我們要製作出環保無毒可分解的塑膠膜袋子，希望使大家的生活方便又不會對環境造成危害，於是我們參考了許多文獻，發現可以使用洋菜凍來製成洋菜膜，它可以防水，但洋菜膜對重量的支撐力不足，無法帶來與一般塑膠袋相同的便利，根據維基百科(2007)資料，我們想要研究在洋菜膜中添加學校附近隨處可見的芒草，將其加以處理編織，希望可以改善洋菜膜支撐力不足的問題，以便發展除了選擇塑膠外另一種環保材質的選擇。

二、研究架構



三、文獻回顧

(一)芒草基本資料

根據行天宮五大志業(312期)芒草別稱「莽草」、「白微」、「龍膽白微」、「芒花」。常見品種包括五節芒、白背芒、臺灣芒及高山芒，直立、粗壯，維基百科(2022)是各種芒屬或芒草屬植物的統稱，生於熱帶及南亞熱帶地區的林緣或路旁等荒地上，含有約15到20個物種。原生於非洲與亞洲的亞熱帶與熱帶地區。一部分的芒屬植物，被應用來作能源作物，以生產生物燃料，主要為酒精。也有一些芒草培養用來作為觀賞植物。更多則以雜草的形式，生存於野外或人工設施周圍。環境資訊中心(2007)芒草分布廣闊，能適應不同的生態棲地，如農地、鹽分地、乾旱地，甚至重金屬污染地，分布範圍更是從平原到山坡地、低海拔到高海拔地區均有之，行天宮五大志業(312期)早期芒草與臺灣人的生活息息相關，可作為牛飼料、蓋土角草層，曬乾後燒火等，痞客邦(2018)也是十分重要的建材之一，然而可能因為保存不易、持久性不高，現今較無保留相關傳統建物。早期許多牆壁以竹編、芒草或夯土製成，避免受風寒呼呼的吹。在冷冷的冬天也可以將芒草或稻草曬乾當睡墊，阻隔寒冷的溼氣。

(二)洋菜、洋菜粉基本資料

維基百科(2022)洋菜是由紅藻中提煉的膠質，可作為明膠的代用品，市面上可買到粉狀、條狀、塊狀等不同型態的洋菜。生洋菜呈白色半透明，使用時需要先在水中加熱至90度左右才能溶解，但需要煮沸後冷卻才會凝固，可做布丁、果凍、茶凍、咖啡凍等等，口感較脆。洋菜亦常用於實驗室，可作為細菌的培養基，或用於分子生物學實驗，如膠體電泳，而且因為熱還原性差，洋菜粉製作的食品在室溫下不會融化。我們在收集資料時觀了解到【生活端科學】蝦咪！洋菜凍能做保鮮膜？(大愛電視，2020)節目中有說到：如果以5克洋菜粉加上500毫升的水，煮沸後倒入淺盤子中，冷卻凝固成厚膜，放入冰箱冷凍庫，結冰後再解凍，就會有一層洋菜膜沉在水中，將多餘水分倒出來，將洋菜膜陰乾即可完成，如此冷凍再解凍的洋菜膜作法，和之前放在室溫中把水分蒸發相比，大大的縮短了洋菜膜製作的時間。

貳、研究設備與器材

- 一、器材:鍋具、盛裝用的湯匙、培養皿、洋菜粉、拉力機、紙碗、微量天秤、磅秤
- 二、設備:烘箱、冰箱(冷藏、冷凍)

參、研究過程與方法

一、製作洋菜膜

(一)洋菜膜的製作與失水量

我們分別用3g、4g、5g、6g、7g、8g的洋菜粉加入500g的水，濃度為0.6%(3g)、0.8%(4g)、1%(5g)、1.2%(6g)、1.4%(7g)、1.6%(8g)，將洋菜溶液倒入直徑10cm培養皿。果凍厚度分別為0.4cm、0.6cm、0.8cm，等待30分鐘，待果凍凝固後再放入不同的環境脫水，我們採用了三種不同的脫水方式，分別為烘箱烘烤(高溫)、放置室溫(常溫)、冷藏(低溫)，並每天測量水分減少百分比。

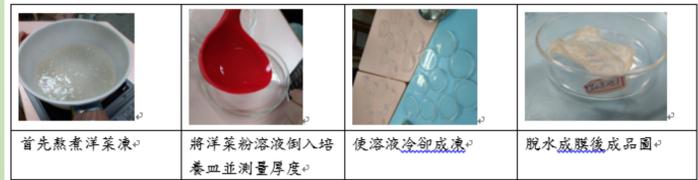


圖3-1、洋菜膜製作流程圖

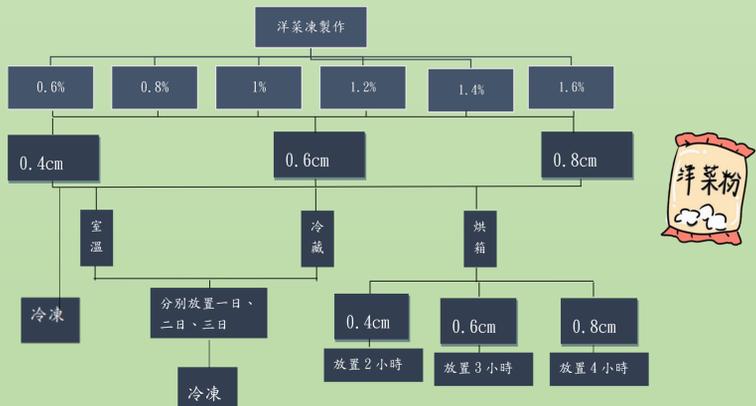


圖3-2、洋菜膜不同變因架構圖

(二)洋菜膜拉力

一般使用塑膠袋盛裝物品，袋子都須具備能承載重量的特性。本實驗透過拉力裝置，測試自製生質芒草膜可承載之重量，以測試其拉力。拉力測試會用測量時衣夾各夾住1*7cm測試膜兩旁1cm，方便固定在桌面上，中間放置拉力計，下方吊掛水瓶(每個水瓶50g)，再慢慢加重直到膜破裂，並記錄顯示出的最大值。(每種變因一樣的膜測試3遍，取其平均值，並加入黑色線之標準差)(平均值及標準差皆會四捨五入至小數第二位)



圖3-3、拉力裝置

二、製作芒草膜

(一)芒草失水量

首先，將芒草剪成7cm長的小段並測量其重量，接著分別用滾水煮30分鐘、60分鐘、90分鐘、120分鐘，然後分別放在室溫(1日、2日、3日)、冷藏(1日、2日、3日)、烘箱(1小時、2小時、3小時)最後測量其重量差並計算失水量

(二)芒草拉力(韌性)

我們將芒草分為同樣的5組(水滾後煮30分鐘、60分鐘、90分鐘、120分鐘和完全沒有煮熟)，再將那五組分別分成10組:煮熟完等表面的水分蒸發、放置室溫1天、2天、3天、放置冷藏1天、2天、3天和放置烘箱用70°C的高溫烘1小時、2小時、3小時，最後用拉力機測量每一種煮熟時間、放置時間之芒草能承受的拉力。

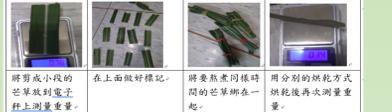


圖3-4、芒草失水量測量流程



圖3-2 兩種最佳草蓆編法

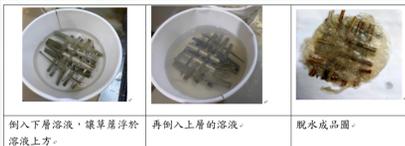


圖3-4芒草膜製作流程

三、較佳洋菜膜與芒草膜的物理測試

(一)芒草膜之拉力測試

芒草膜拉力測試實驗，測量時衣夾各夾住測試膜兩旁1cm處，方便固定在桌面上，中間放置拉力計，下方吊掛水瓶(每個水瓶50g)，再慢慢加重，只要芒草與洋菜膜分離破開，就是其承受的最大值。

(二)芒草膜和較佳洋菜膜之吸水能力測試

我們發現在下雨天(濕度較高的天氣)，芒草膜會出現軟化現象，推測是因為芒草膜吸收空氣中水氣而軟化，故決定設計實驗，來測試其吸水能力。實驗時我們將要測試的膜剪成4*4(cm)大小，準備好100g的水，將膜在吸水前測一次重量，放入水裡計時1分鐘，拿出來後用廚房紙巾擦乾表面多餘水份，再次測量重量。

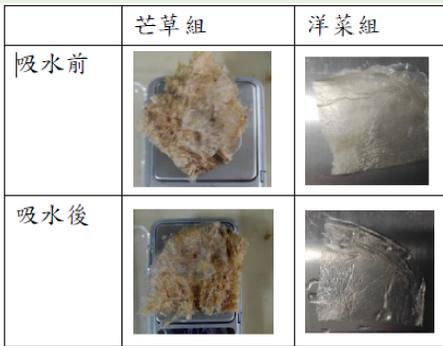


圖3-5、芒草膜吸水前後比較圖

(三)芒草膜和較佳洋菜膜之透水能力測試

一般使用塑膠袋，都要有隔絕水的能力，所以本實驗想了解自製芒草膜和較佳濃度的洋菜膜的透水能力，以方便了解做成成品的特性。

將芒草膜剪成5*5(cm)，在寶特瓶裝100ml的水，放置在測試膜上方，下方放置廚房紙巾，用碼錶計時，直到廚房紙巾溼掉，並記錄最大時間。(每種變因一樣的膜測試3遍，取其平均值，並加入黑色線之標準差)(平均值及標準差皆會四捨五入至小數第二位)



圖3-9、透水測試示意圖

(四)將最佳脫水方式、濃度、芒草製成袋子

將煮30分放室溫3日芒草用手繩編法(三條)混入1.6%洋菜膜，冷凍一日將袋子放置於檯燈下吊掛2kg物品 持續一個月，看其的外觀是否改變(有無長黴、破損等)

四、分解測試

(一)燃燒測試

將洋菜膜、芒草膜剪成4*4(cm)，放在酒精燈上燃燒，直到芒草膜不再燃燒，記錄燃燒前、後生質膜重量，計算其重量縮減率來相互比較。

重量縮減率計算方式(%)：(燃燒前重量-燃燒後重量)÷燃燒前重量×100

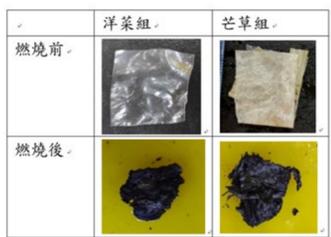


圖3-8燃燒前後比較圖

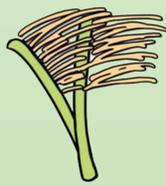


圖3-7燃燒測試示意圖

(二)土壤掩埋測試

本實驗自製塑膠採用天然材料，推測其掩埋後應可自然分解，因此我們設計實驗將自製芒草膜進行土壤掩埋，探討其在不同溫度的分解情形，希望其經土壤掩埋後可完全分解，以達環保目的。

我們根據較佳洋菜膜與芒草膜的物理測試，分別在芒草組和洋菜組各選出兩種整體最好的膜來進行實驗，分別為：洋菜膜1.4%(冷凍1天)、1.6%(冷凍1天)、芒草膜1.4% c60c1d(煮60分鐘芒草+直接冷凍)、1.6% c60c1d(煮60分鐘芒草+直接冷凍)。台灣北部冬天潮濕寒冷，夏天潮濕炎熱，於是決定做一組高溫(照光)、一組低溫(放置於實驗室)，來模擬台灣北部的气候。

我們使用3吋的六角形花盆裝滿培養土：學校花台土壤=1:1，我們使用土壤濕度計測量，發現外面自然的土壤為WET+(非常潮濕)，所以一次倒入10ml的水，直到濕度計變成WET+，再將實驗膜剪成約2*2(cm)，埋約深1cm，分成高溫組和低溫組，待下方不再滴水時，逐一秤重，並於隔天查看土壤重量，倒入缺失的水分，再將實驗膜取出並測量重量、觀察性質，持續直到分解完成。

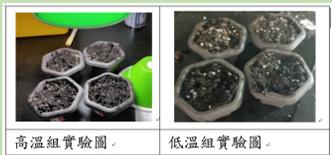


圖3-9土壤掩埋位置圖

表3-1 掩埋環境數據

Table with 3 columns: Environment, High Temp Group, Low Temp Group. Rows include average temperature, humidity, and soil moisture.

肆、研究結果

一、製作洋菜膜

(一)洋菜膜的失水量

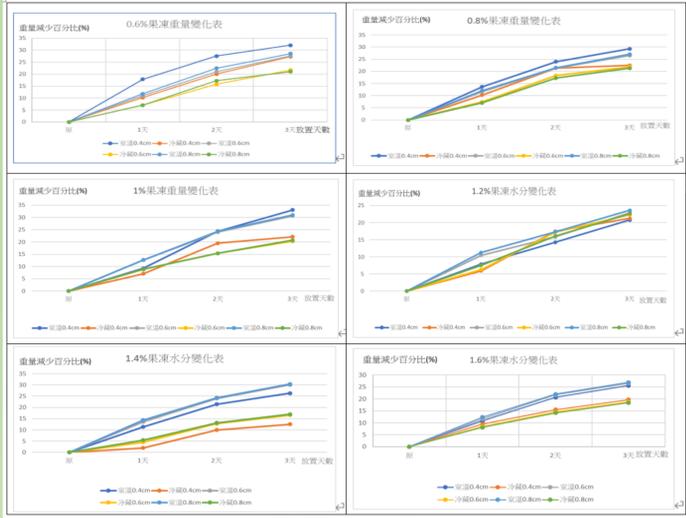


圖4-1果凍水分變化圖

從上方的圖表中，可看出果凍水份的散失會呈現逐漸上升的情形，且第一二天水分散失較快，第三天變慢，且室溫的水的減少多於冷藏，室溫1、2天大約減少10%的重量，第三天約減少5%的重量，冷藏每天約減少5到7%的重量，第三天減少約2%，可看出室溫每天的脫水速度優於冷藏，不同濃度對果凍水分減少較無影響。



圖4-2洋菜膜成品圖

Table with 2 columns: Thickness and Characteristics. Rows describe the texture and appearance of membranes at different thicknesses and temperatures.

表4-1洋菜膜性質

從上方0.6%拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為冷凍一日0.8cm為1.64，所有變因拉力整體平均從高至低為：冷凍>烘>冷藏1天>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>室溫3天。

從上方0.8%拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為烘0.8cm為1.77，所有變因拉力整體平均從高至低為： 冷凍>烘>室溫1天>冷藏1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天。

從上方1%拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為烘0.8cm為1.94，所有變因拉力整體平均從高至低為： 冷凍>烘>冷藏1天>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天。

從上方1.2%拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為烘0.8cm為1.92，所有變因拉力整體平均從高至低為： 冷凍>冷藏1天>烘>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天。

從上方1.4%拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為冷凍0.8cm為2.43，所有變因拉力整體平均從高至低為： 冷凍>冷藏1天>烘>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天。

從上方1.6%拉力圖表，可以發現每種不同變因皆是果凍厚度越厚，拉力越強，數據值最高為冷凍0.8cm為2.54，所有變因拉力整體平均從高至低為： 冷凍>冷藏1天>室溫1天>室溫2天>冷藏2天>室溫3天>冷藏3天。

二、芒草的失水量與韌性

(一) 芒草以不同水煮時間處理放置於室溫、冷藏、烘箱的失水量

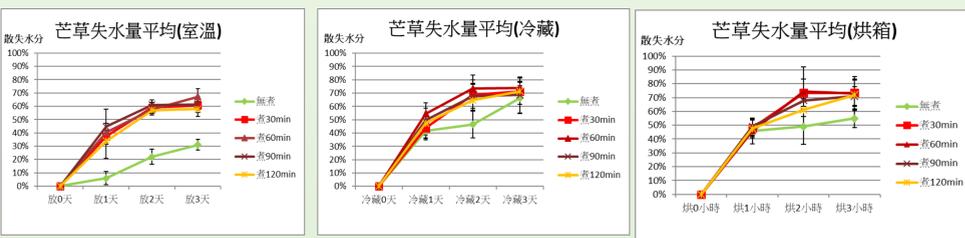


圖4-4-1 芒草放置室溫失水量 圖4-4-2 芒草放置冷藏失水量 圖4-4-3 芒草放置烘箱趨勢圖

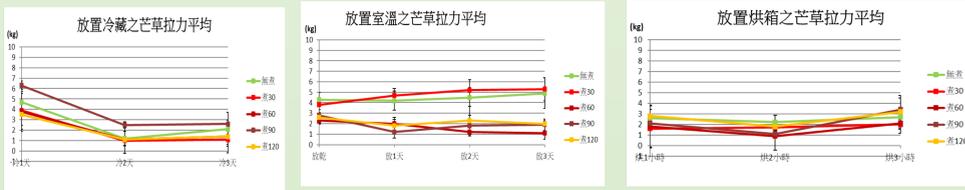


圖4-5-1 冷藏芒草拉力圖 圖4-5-2 室溫芒草拉力圖 圖4-5-3 烘箱芒草拉力圖

上圖可以了解到每一組的芒草都是放置越久，水蒸發的速度就越慢。

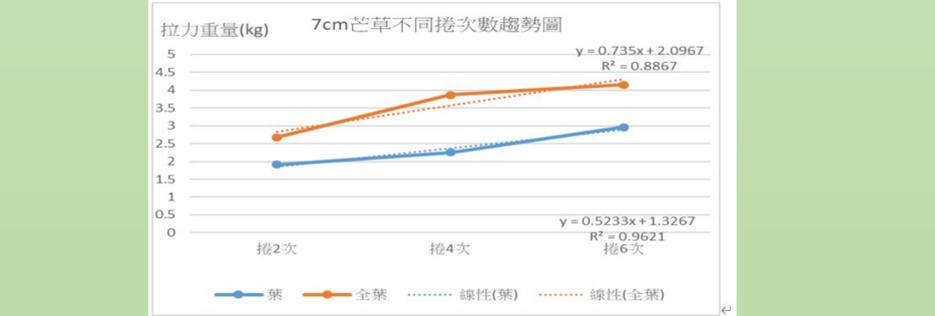
(二) 芒草以不同水煮時間處理放置於室溫、冷藏、烘箱乾燥後拉力測試

1. 平整芒草拉力測試
 從上圖中可以了解到除了直接測量的芒草以外，放置室溫1天、2天、3天能承受的拉力是緩慢上升的。放置室溫的芒草能承受的拉力是緩慢上升的。放置室溫1天、2天、3天的芒草能承受的拉力是逐漸下降的。放置室溫1天的芒草以外，芒草能承受的拉力是隨著放置天數越多而越小。放置室溫一天到三天，它能承受的拉力大約都在2kg上下。整體來說，基本上放置冷藏1天能承受的拉力最大，而放置冷藏2天和3天的芒草能承受的拉力差不多且比放置冷藏一天的芒草能承受的拉力小。放置烘箱1小時、2小時、3小時的芒草能承受的拉力隨著放置時間越長能承受的拉力越小。放置烘箱從一小時到二小時再到三小時能承受的拉力是越來越大，而且是緩慢的上升。熬煮60分鐘、90分鐘和120分鐘的芒草都是放置烘箱二小時後能承受的拉力最小，放置烘箱三小時後能承受的拉力最大。

2. 芒草捲後拉力測試

表4-5 芒草不同部位和芒草不同捲次數數據

芒草葉子平整(折解)		捲(折解)		
部位	數據	捲2次	捲4次	捲6次
梗	2.78			
1/2葉	1.71	1/2葉	1.91	2.25
整片葉子	3.4	整片葉子	2.68	3.87

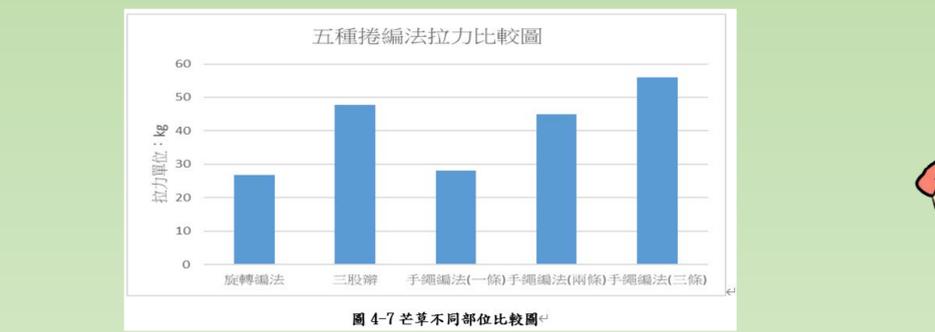


從上方7cm不同捲次數拉力圖表中，可看出拉力在葉和全葉會隨著捲越多次數值越來越大，且有一定線性關係，葉 $R^2 = 0.9621$ ，全葉 $R^2 = 0.8867$ ，我們之後實驗皆會使用捲6次的芒草。

(三) 芒草編織

表4-6 五種捲編法拉力數據

旋轉編法	三股辮	手繩編法(一條)	手繩編法(兩條)	手繩編法(三條)
26.79	47.77	28.51	45.21	56.31



從上圖可了解手繩編法(三條)為最佳之編法，將會用其製作袋子和物理測試。
 (四) 製作芒草膜

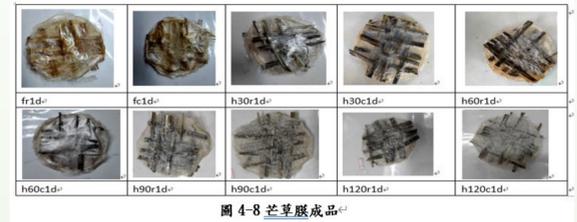


圖4-8 芒草膜成品

用不同脫水方式所製成的芒草膜性質外觀相似，所以只會針對不同煮的時間的芒草膜進行介紹

表4-7 芒草膜性質

新鮮芒草膜	不易彎折，觸感光滑，外觀不透明
煮30分鐘芒草膜	不易彎折，觸感光滑，外觀不透明
煮60分鐘芒草膜	易彎折，觸感光滑，外觀不透明
煮90分鐘芒草膜	易彎折，觸感光滑，外觀不透明
煮120分鐘芒草膜	易彎折，觸感光滑，外觀不透明

三、較佳洋菜膜與芒草膜的物理測試

(一) 芒草膜之拉力測試

洋菜覆膜時的處理方式	芒草水煮時間	芒草膜拉力測試		
		洋菜濃度		
先冷藏一天(r1d)再冷凍乾燥	新鮮(f)	1.2%	1.4%	1.6%
	30分鐘(c30)	4.26	5.46	5.76
	60分鐘(c60)	4.31	4.65	5.43
	90分鐘(c90)	3.8	4.86	5.59
	120分鐘(c120)	4.08	4.48	4.79
	120分鐘(c120)	4.17	4.18	4.6
直接冷凍乾燥(c1d)	新鮮(f)	4.54	5.68	5.96
	30分鐘(c30)	4.45	4.98	5.67
	60分鐘(c60)	4.34	5.01	5.78
	90分鐘(c90)	3.87	4.25	4.37
	120分鐘(c120)	3.85	4.34	4.62
	手繩編法		57.24	



圖4-11 芒草膜拉力比較圖

(以下數據重量單位皆為kg)
 從上圖可得知濃度：1.6%>1.4%>1.2%，濃度越高，拉力越好，新鮮煮30、60分鐘拉力1.6%約5kg，1.4%約4.5kg，1.2%約3.5到4.5kg，煮90、120分鐘1.6%約4到5kg，1.4%約4到4.5kg，1.2%約3.8到4.1kg。芒草拉力新鮮=煮30分鐘>煮60分鐘>煮90分鐘=煮120分鐘，煮愈久芒草拉力愈差，且煮90分鐘和120分鐘的拉力明顯小於新鮮、煮30分鐘、煮60分鐘的芒草，推測是因為煮90分鐘後芒草的葉子會破損，且芒草莖纖維軟化。

表4-9 芒草膜和洋菜膜吸水數據

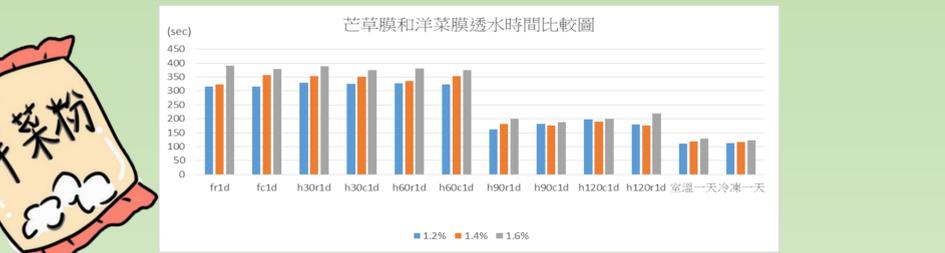
洋菜覆膜時的處理方式	芒草水煮時間	芒草膜和洋菜膜吸水測試 吸水重量單位：g		
		洋菜濃度		
先冷藏一天(r1d)再冷凍乾燥	新鮮(fr)	1.2%	1.4%	1.6%
	30分鐘(c30)	2.13	2.3	3.33
	60分鐘(c60)	2.3	2.37	3.2
	90分鐘(c90)	2.27	2.37	3.3
	120分鐘(c120)	2.26	3.07	3.53
	120分鐘(c120)	2.6	3.13	3.43
直接冷凍乾燥(c1d)	新鮮(fr)	2.06	2.57	3.47
	30分鐘(c30)	1.86	2.53	3.4
	60分鐘(c60)	2.2	2.83	3.33
	90分鐘(c90)	2.6	3.26	3.33
	120分鐘(c120)	2.7	3.23	3.7
	手繩編法		2.15	
洋菜膜	冷凍	0.9	1.13	1.47
	冷藏1日+冷凍	0.7	1	1.47



(以下數據重量單位皆為g)
 從上圖可得知濃度：1.6%>1.4%>1.2%，濃度越高，吸越多水，且芒草膜整體大於厚度較薄的洋菜膜。1.6%的所有芒草膜吸水約3.5g，1.4%吸水約2.5g到3g之間，1.2%約2到2.5g。芒草和不同脫水方式：芒草煮的不同時間和脫水方式，對芒草膜吸水能力較無影響，推測影響芒草膜吸水為不同濃度和果凍厚度。

表4-10 芒草膜和洋菜膜透水測試數據

洋菜覆膜時的處理方式	芒草水煮時間	芒草膜和洋菜膜透水測試 透水時間單位：sec		
		洋菜濃度		
先冷藏一天(r1d)再冷凍乾燥	新鮮(f)	1.2%	1.4%	1.6%
	30分鐘(c30)	315.7	324.33	390.67
	60分鐘(c60)	329	353	387.67
	90分鐘(c90)	326.67	335.67	380.33
	120分鐘(c120)	162	181.33	199.33
	120分鐘(c120)	180	175.67	218.67
直接冷凍乾燥(c1d)	新鮮(f)	315.7	356.67	379
	30分鐘(c30)	324.67	350.67	373.67
	60分鐘(c60)	324.33	352.67	374.33
	90分鐘(c90)	182	176.67	186.67
	120分鐘(c120)	196.67	188.67	199
	手繩編法		413.67	
洋菜膜	冷凍	113	116	123.33
	冷藏1日+冷凍	111.67	118	128.67



從上圖可得知濃度：1.6%>1.4%>1.2%，濃度越高，透水時間越長



表4-11 芒草膜和洋菜膜燃燒縮減率

洋菜覆膜時的處理方式	芒草水煮時間	洋菜濃度		
		1.2%	1.4%	1.6%
先冷藏一天(r1d) 再冷凍乾燥	新鮮(f)	87.5	80.8	83.4
	30分鐘(c30)	93.3	80	87.9
	60分鐘(c60)	89.8	88.1	93
	90分鐘(c90)	85	95	91.2
	120分鐘(c120)	88.8	87.6	95
直接冷凍乾燥(c1d)	新鮮(f)	89.2	87.7	86.6
	30分鐘(c30)	81.6	89.6	82
	60分鐘(c60)	91	87.3	82.6
	90分鐘(c90)	85.5	85.3	88.6
	120分鐘(c120)	88	94.4	81.5
洋菜膜	手繩編法	89.3		
	冷凍	94.1	95.8	93.8
	冷藏1日+冷凍	97.8	89.8	89.1

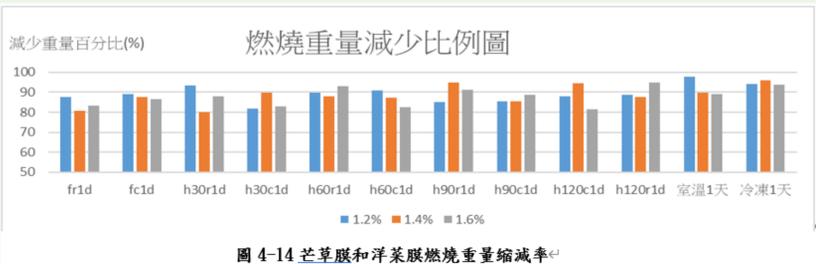


圖 4-14 芒草膜和洋菜膜燃燒重量縮減率

從上圖可知，燃燒不同脫水方式和濃度所做出的洋菜膜和芒草膜燃燒後重量皆可減少80%以上，顯示芒草膜燃燒後可有效減少垃圾質量，且不同脫水、濃度對燃燒後重量改變無影響。

燃燒自製芒草膜，煙霧味道為燒紙的味道，且加入芒草後並不會產生異味，顯示我們自製的芒草膜可以用燃燒的方式將其分解減少質量。

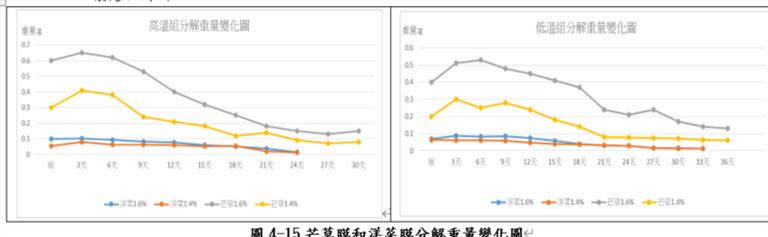


圖 4-15 芒草膜和洋菜膜分解重量變化圖

從上圖(左)可看出高溫組的芒草膜前3、6天吸水軟化重量會變重，之後會逐步慢慢重量下降，最後分解完成，芒草膜約33天可完成分解，洋菜膜約27天完成分解。

從上圖(右)可看出低溫組前3、6天吸水軟化重量會變重，之後會逐步慢慢重量下降，最後分解完成，芒草膜約39天可完成分解，洋菜膜約36天完成分解。

高溫組因環境溫度較高，推測是酵素活性較強，所需分解時間較短，低溫則推測是酵素活性較差，所需分解時間較高溫組多一周。

從此結果可知，芒草膜在高溫、低溫的環境，經約一個月時間，皆可自然分解，顯示我們製作的芒草膜可在自然界分解，而不會傷害到環境。

觀察結果比較表：

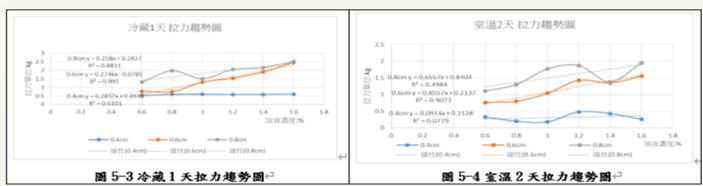
低溫組	原	3天	6天	9天	12天	15天	18天
洋菜 1.6%							
		軟化	無改變	產生裂痕	分裂成兩塊	逐漸縮小	逐漸縮小
洋菜 1.4%							
		軟化	一角分裂	無改變	中間破裂	裂痕越來越大	破裂成兩塊
芒草 1.6%							
		上下方的膜軟化、分離	無改變	上下的膜些許裂開	無改變	膜破裂、分裂成多塊	上下的膜逐漸縮小
芒草 1.4%							
		上下方的膜軟化、分離	無改變	膜有點破裂	無改變	膜分裂成多塊	膜逐漸縮小

低溫組	21天	24天	27天	30天	33天	36天
洋菜 1.6%						
	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	僅剩小碎塊	碎塊持續變小	已分解
洋菜 1.4%						
	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	剩餘小碎塊	碎塊持續變少	已分解
芒草 1.6%						
	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	芒草開始分裂	無改變	芒草僅剩細纖維
芒草 1.4%						
	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	芒草破裂	無改變	芒草僅剩細纖維

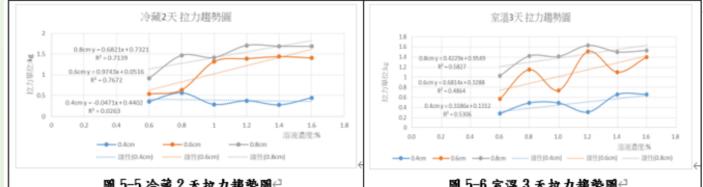
高溫組	原	3天	6天	9天	12天	15天	18天
洋菜 1.6%							
		軟化、整片膜毫無韌性	無改變	些許裂開	分裂成兩塊	分裂成許多小碎塊	碎塊逐漸變小
洋菜 1.4%							
		軟化、整片膜毫無韌性	無改變	些許裂開	分裂成兩塊	無改變	碎塊逐漸變小
芒草 1.6%							
		上下方的膜軟化	上下方的膜分離	上下的膜破裂芒草開始變軟	逐漸縮小	逐漸縮小	芒草與膜逐漸斷掉
芒草 1.4%							
		上下方的膜軟化、分離	無改變	膜破裂，芒草開始變軟	逐漸縮小	逐漸縮小	芒草與膜逐漸斷掉

高溫組	21天	24天	27天	30天	33天	36天
洋菜 1.6%						
	剩餘一些碎塊	碎塊持續變小	已分解			
洋菜 1.4%						
	碎塊逐漸變小	碎塊持續變小	已分解			
芒草 1.6%						
	無改變	膜逐漸縮小	芒草剩細纖維	芒草和膜已全數斷掉	已分解	
芒草 1.4%						
	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	膜逐漸縮小	芒草剩細纖維	已分解	

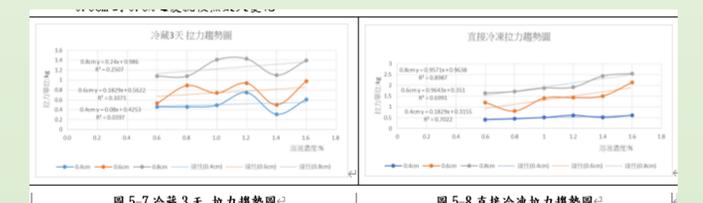
從圖5-1可看出烘的0.4cm公式為 $y = 0.3057x + 0.1837 R^2 = 0.4199$
 0.6cm公式為 $y = 1.1057x + 0.1384 R^2 = 0.695$ 0.8cm公式 $y = 0.8529x + 1.0569 R^2 = 0.9374$
 ，0.4cm數據較不明顯變化，0.6cm在0.6%和1%數據值較靠近0.4cm，其餘濃度皆較靠近0.8cm。
 從圖5-2可看出室溫1天 0.4cm公式為： $y = 0.2057x + 0.2704 R^2 = 0.3316$
 0.6cm公式為： $y = 1.18x + 0.1087 R^2 = 0.7486$ ，0.8cm公式為： $y = 1.0571x + 0.5505 R^2 = 0.7159$ ，0.4cm 一樣較無變化，且0.6cm數據除了0.8%都較靠近0.8cm。



從圖5-3可看出冷藏1天 0.4cm公式為 $y = 6.2857x + 0.4916 R^2 = 0.6101$
 0.6cm公式為： $y = 0.2746x - 0.0785R^2 = 0.995$ 0.8cm公式為： $y = 0.258x + 0.2827 R^2 = 0.8811$ ，0.6cm在0.6%和0.8%數據值較靠近0.4cm，之後%數又較靠近。
 從圖5-4可看出室溫2天0.4cm呈線性上升，公式為： $y = 0.0914x + 0.2128 R^2 = 0.0779$ 0.6cm呈線性上升，公式為： $y = 0.8557x + 0.2137R^2 = 0.9073$ 0.8cm公式為： $y = 0.6557x + 0.8404 R^2 = 0.4984$ ，0.6cm數據值都較靠近0.8cm。



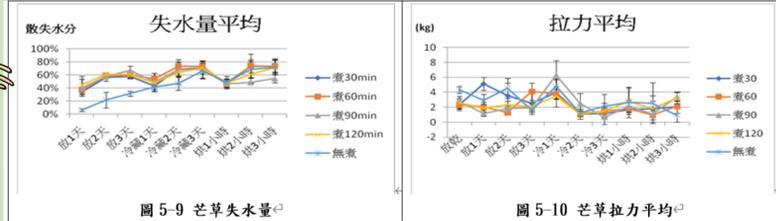
從圖5-5可看出冷藏2天0.4cm公式為： $y = -0.0471x + 0.4402 R^2 = 0.0263$
 ，0.6cm公式為： $y = 0.9743x + 0.0516 R^2 = 0.7672$ ，0.8cm公式為： $y = 0.6821x + 0.7321 R^2 = 0.7139$ ，0.6cm在0.6%和0.8%數據值較靠近0.4cm，之後%數又靠近0.8cm。
 從圖5-6可看出室溫3天0.4cm公式為： $y = 0.3186x + 0.1312 R^2 = 0.5306$
 ，0.6cm公式為： $y = 0.6814x + 0.3288 R^2 = 0.4864$
 ，0.8cm公式為： $y = 0.4229x + 0.9549 R^2 = 0.5827$ ，0.6cm數據值在0.8cm和0.4cm之間，且0.8cm到0.8%之後就較無太大變化。



從圖5-7可看出，0.4cm呈多項式上升，公式為： $y = 0.08x + 0.4253 R^2 = 0.0397$
 0.6cm公式為： $y = 0.1829x + 0.5622 R^2 = 0.1071$ 0.8cm公式為： $y = 0.24x + 0.986 R^2 = 0.2507$ ，0.6cm的數據值較靠近0.4cm，可看出冷藏3天數據皆較無相關性。
 從圖5-8可看出直接冷凍0.4cm公式為： $y = 0.1829x + 0.3155 R^2 = 0.7022$ ，0.6cm公式為： $y = 0.9643x + 0.351 R^2 = 0.6991$ ，0.8cm公式為： $y = 0.9571x + 0.9638 R^2 = 0.8987$
 ，0.4cm數據值一樣較無變化，且0.6cm 只有在0.8%值較靠近0.4cm，且直接冷凍的數據值為最好。

拉力結果總體比較：
 果凍厚度：0.8cm>0.6cm>0.4cm，果凍越厚，拉力越強
 果凍濃度：1.6%>1.4%>1.2%>1%>0.8%>0.6%，洋菜溶液濃度越高，拉力越強
 變因組內平均後組間：0.6% 冷凍>烘>冷藏1天>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>冷藏3天>室溫3天
 0.8% 冷凍>烘>室溫1天>冷藏1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天
 1% 冷凍>烘>冷藏1天>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天
 1.2% 冷凍>冷藏1天>烘>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天
 1.4% 冷凍>冷藏1天>烘>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天
 1.6% 冷凍>冷藏1天>室溫1天>室溫2天>冷藏2天>室溫3天>冷藏3天
 放置天數越多，膜的拉力越差，且冷凍>冷藏>室溫

二、芒草以不同方式處理(室溫、冷藏、烘箱)的失水量與拉力的比較



拉力結果總體比較：
 果凍厚度：0.8cm>0.6cm>0.4cm，果凍越厚，拉力越強
 果凍濃度：1.6%>1.4%>1.2%>1%>0.8%>0.6%，洋菜溶液濃度越高，拉力越強
 變因組內平均後組間：0.6% 冷凍>烘>冷藏1天>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>冷藏3天>室溫3天
 0.8% 冷凍>烘>室溫1天>冷藏1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天
 1% 冷凍>烘>冷藏1天>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天
 1.2% 冷凍>冷藏1天>烘>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天
 1.4% 冷凍>冷藏1天>烘>室溫1天>冷藏2天>室溫2天>室溫3天>冷藏3天
 1.6% 冷凍>冷藏1天>室溫1天>室溫2天>冷藏2天>室溫3天>冷藏3天
 放置天數越多，膜的拉力越差，且冷凍>冷藏>室溫

陸、結論

- 洋菜膜之外觀和拉力探討
 - 不同脫水方式、濃度、厚度之洋菜凍水分改變：從實驗一-1結果可知洋菜凍放置在室溫第一天和第二天時，每天約減少10%的水分，第三天減少約5%的水分，放置在冷藏第一天和第二天時，每天約減少5-7%的水分，第三天約減少2%的水分，顯示室溫脫水的速度較快，且放置到第三天時，果凍水分的減少會少於前兩天。
 - 不同脫水方式、濃度、果凍厚度之芒草膜之性質和拉力：從實驗一-4、實驗一-5結果可知可知烘箱製成的成品彎折感差，室溫、冷藏和直接冷凍果凍厚度0.8cm拉力最強，但外觀為霧面，且觸感粗糙，果凍厚度0.6cm拉力其次，外觀透明，觸感光滑，0.4cm拉力最差，外觀透明，觸感光滑，且濃度越高，芒草膜拉力越強，外觀觸感皆相似，脫水方式室溫和冷藏放置越久，拉力越差，直接冷凍做出的成品韌性為最佳。
- 芒草原料和成品探討
 - 芒草韌性：結果可知無煮之芒草拉力最強、彎折感差，煮越久韌性越差，但彎折感越佳。
 - 芒草膜成品結果可知用新鮮芒草的芒草膜彎折感最差，芒草煮越久芒草膜彎折感越佳。
- 芒草膜之物理測試
 - 芒草膜之拉力測試：可知芒草煮越久，做出的芒草膜拉力越差，但芒草膜整體拉力皆高於洋菜膜。
 - 芒草膜之吸水能力測試：結果可知不同芒草製成的芒草膜對吸水較無影響，且濃度越高吸水能力越強，且芒草膜拉力皆高於洋菜膜，推測是其厚度較厚的關係。皆高於洋菜膜，推測是其厚度較厚的關係。
 - 芒草膜之透水能力測試：結果可知芒草在煮超過90分鐘，其透水完成所需時間會降低，推測是芒草葉子脫落的關係，且芒草膜透水時間皆高於洋菜膜，推測是其厚度較厚的原因。
 - 將最佳脫水方式、濃度、芒草製成袋子

實際使用一個月後，袋子功能並無改變，顯示自製袋子可重複利用，並達到一定的環保功能。

四、分解測試

- 燃燒測試：結果可知芒草膜與洋菜膜燃燒後重量皆可減少80%以上，且燃燒芒草膜，煙霧味道為燒紙的味道，且加入芒草後並不會產生異味，顯示我們自製的芒草膜可以用燃燒的方式將其分解減少質量。
- 土壤掩埋測試
 - 芒草膜分解時間：洋菜膜>芒草膜高溫組>低溫組
 低溫組洋菜膜約27天完成分解，芒草膜約33天完成分解
 高溫組洋菜膜約36天完成分解，芒草膜約39天完成分解
 分解時洋菜膜和芒草膜第3、6天重量會變重，推測是吸水的關係，之後重量會越來越輕，最後分解

柒、參考文獻資料

中小學科學展覽會(2022)。生質環保「袋」著走。新北市立漳和國民中學：廖唯竹、高珮綺、蔡凌宇
 臺灣國際科學展覽會(2022)。見「塑」不見「鱗」?-魚鱗環保薄膜的研發及應用。臺南市立復興國民中學：黃俐穎、黃宇詳、楊尚翌

伍、討論

一、不同果凍濃度及厚度在不同脫水方式(冷凍、冷藏、烘、室溫)對拉力的相關性

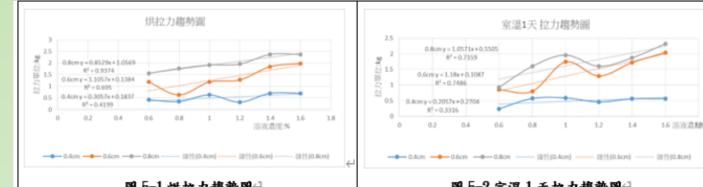


圖 5-1 烘拉力趨勢圖

圖 5-2 室溫 1 天拉力趨勢圖