

# 2022 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號	200013
參展科別	環境工程
作品名稱	見「塑」不見「鱗」？-魚鱗環保薄膜的研發 及應用
得獎獎項	四等獎

就讀學校 臺南市立復興國民中學  
指導教師 黃怡綸、黃吉楠  
作者姓名 黃俐穎、黃宇詳、楊甸翌

關鍵詞 魚鱗、薄膜、調味包

## 作者簡介



做科展，讓我們三個的視野越過了考試圍牆，也帶我們享受了科學的樂趣。我們是黃俐穎、黃宇詳和楊甸翌，本來只是乖乖考試的平常國中生，但因為一同踏進了科展的研究之旅，使我們學到了課本以外的知識與能力。我們互相觀摩，互補不足，在很累也很有趣的研究過程中，促進了彼此能力的提升，也激發了我對科學及做實驗的熱情。謝謝老師們辛苦的帶我們做科展，在過程中給予指導與協助，也謝謝學校幫助我們能順利進行研究。

## 摘要

本研究探討富含膠原蛋白的魚鱗，藉由嘗試各種電器及配合熬煮時間長短，萃取出最佳濃度之魚鱗萃取液，並找出**最佳成膜配方為魚鱗萃取液 20 g、5 %TG 酵素水溶液 0.8 mL、甘油 1 mL、乙醇 1.5 mL**，以冰箱冷藏方式製作出魚鱗薄膜，接著以自製儀器測量魚鱗薄膜之透水性、穿刺強度、彈性、水溶溫度、膠熔溫度等物理性質，再將製作出的魚鱗薄膜包覆胡椒乾粉及油料醬包，以熱壓來密封包裝膜封口，封膜效果好不會溢出，放入熱水中 2 分鐘內皆可完全溶解，攪拌後調味料分布平均，是很適合當作泡麵調味包的包裝材料，故將魚鱗廢棄物再利用，製作的薄膜不但能食用，亦能取代塑膠，預期可達到「**低污染、省資源、無廢棄**」等減量減廢之環保理念。

## Abstract

This study explores fish scales, which are rich in collagen. By trying various electrical cookers and adapting the length of cooking time, the fish scale extract with the optimal concentration is generated. The best film-forming formula found is 20 g of fish scale extract, along with 0.8 mL of 5% TG Enzyme solution, 1 mL of glycerol, and 1.5 mL of ethanol. Through refrigeration, the fish scale extract is made into films. Physical properties of (1)water permeability, (2)puncture resistance, (3)elasticity, (4)water solubility temperature, and (5)melting temperature, were tested with a self-made instrument. The fish scale film produced was applied to wrap dried pepper powder and oil sauce. By hot pressing, the film was perfectly sealed and the content inside did not overflow. The film completely dissolved in hot water within 2 minutes, and the seasoning was evenly distributed after stirring. It serves as preferable packaging material for instant noodle seasoning bags. The waste fish scales, in turn, can be recycled and reused. With the property of being edible, the film can replace plastic. The environmental concept of "**low pollution, resource saving, and no waste**" thus can be achieved.

## 壹、研究動機

魚鱗中主要成分「**膠原蛋白**」，同時也是組成人體組織的重要成分之一，而目前也大多僅限於被應用在塗抹用的保養品和吃的保健營養品，於是我跟幾位和我一樣熱愛科學研究的同學討論，並且把我們這些構想報告並求教於老師，如果可以嘗試研究找出**從魚鱗中萃取膠原蛋白**最佳方法，並且利用其**具有黏性**的特點，**製作成薄膜**，以取代石化塑膠作為食品包裝膜可能產生的健康疑慮及環保顧忌，又可將被當廢棄物處理的魚鱗回收利用，將可助於魚鱗更被廣泛的應用於生活當中，可謂一舉多得。

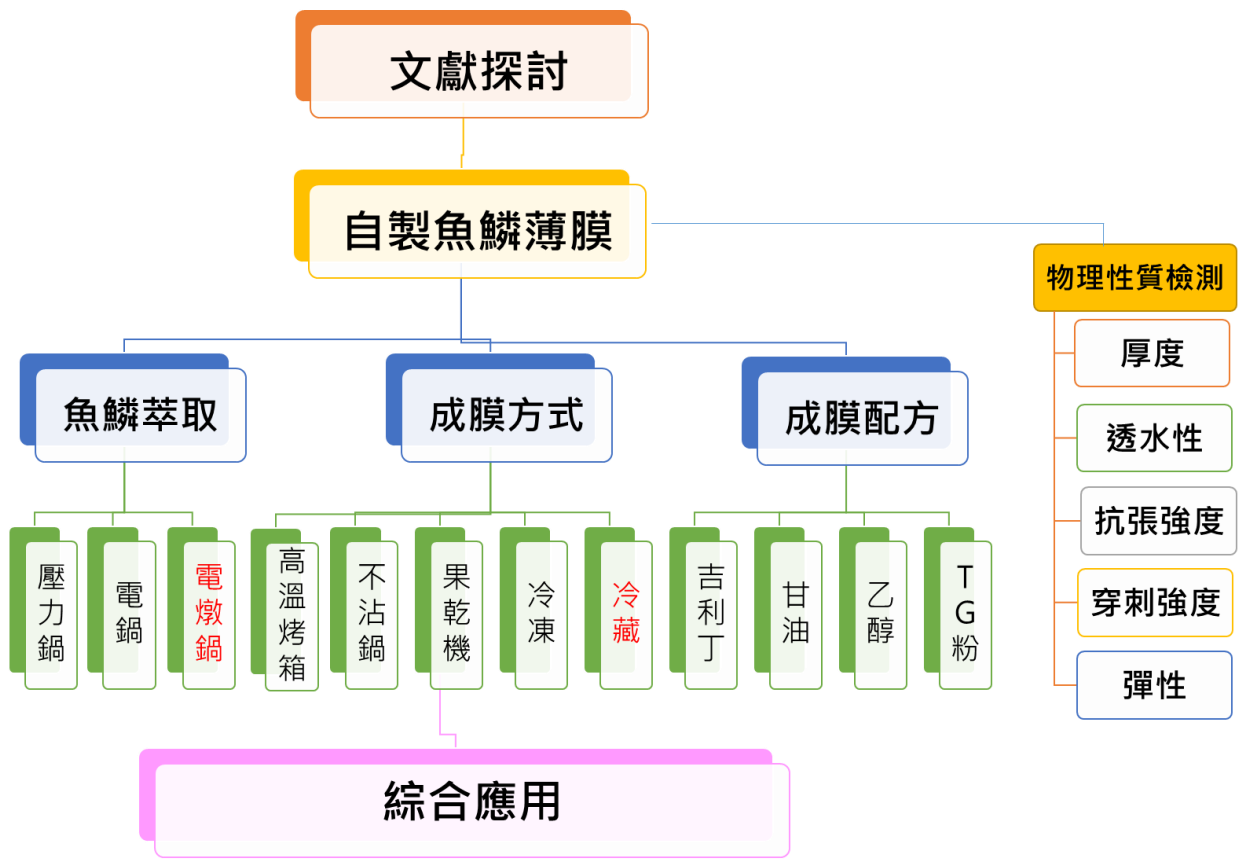
## 貳、研究目的

- 一、 找出最佳**萃取**魚鱗明膠的方式
- 二、 找出形成魚鱗薄膜最佳的**成膜**方式
- 三、 利用不同的**配方**(吉利丁、甘油、乙醇、TG 酵素)，製作最佳的魚鱗薄膜
- 四、 魚鱗薄膜**物理性質**檢驗
- 五、 綜合**應用**

## 參、研究設備及器材

- 一、實驗器材：量筒、滴管、燒杯、針筒、酒精燈、陶瓷纖維網、錐形瓶、試管、實驗用濾紙、錶玻璃、三腳架、溫度計、鋁箔紙、培養皿、研磨機、果乾機、不沾鍋、烤箱、快鍋、電鍋、電燉鍋、攪拌器、控溫板、筆電、相機、游標尺。
- 二、實驗材料：魚鱗、甘油、乙醇、5%TG 酵素液、吉利丁、花生糖、可可粉、沙拉油、胡椒鹽、培養土。

# 肆、實驗流程圖



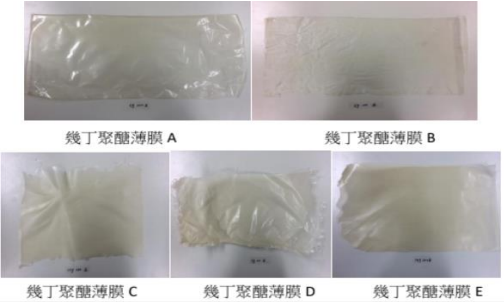



## 伍、研究過程與結果

### 一、 文獻探討

每次阿嬤殺完魚後，總會剩下滿地的魚鱗，我們都是拿去當肥料。但有沒有更好的用途呢？我們常聽到”魚鱗裡豐富的膠原蛋白可以養顏美容”，所以我們便上網找膠原蛋白的用途。我們發現**膠原蛋白可形成明膠，具有熱穩定性、親水性、成膜性、增稠性及凝膠性**等諸多優點。我們參考了以下作品，期待能作出可食性的魚鱗薄膜。

#### (一) 歷屆作品與網路資料

研究 方向 參考	<p><b>論文-虱目魚魚鱗明膠可食膜之研發(2013)</b></p> <p>「本研究以虱目魚魚鱗作為明膠的抽出原料，比較不同條件對萃取魚鱗明膠的品質及抽出率之影響，再以最佳條件萃取之明膠製成可食性薄膜。」</p>	
	<p><b>James Dyson 設計大獎(2019)</b></p> <p>「於英國薩塞克斯大學畢業的 Lucy Hughes，利用廢棄魚皮、魚鱗和藻類中的蛋白質製出外表與觸感有如塑膠般的包裝材質。」</p>	
歷 屆 科 展 作 品 比 較	<p><b>第 56 屆科展作品-蝦殼哇哇挖-幾丁聚醣薄膜之研究(2016)</b></p> <p>優點是環保薄膜能在蒸煮食物時取代市售保鮮膜避免塑化劑的危害，且對於細菌滋生的防護有很好的效果。</p> <p>缺點是透水性佳，<b>容易使食物散失水分</b>。</p>	
	<p><b>在第 58 屆科展作品"魚鱗塑膠"(2018)</b></p> <p>優點是以魚鱗粉做成的固態塑膠堅穿刺強度佳，也可以盛裝水。</p> <p>缺點是這種塑膠<b>缺乏彈性，沒有完整運用到魚鱗膠原蛋白的特性</b>。</p>	

## (二) 物理性質測量

我們找了和成膜相關的作品，並參考他們測量的物理性質的方法，篩選出我們要測試的物理性質：

1. 透水性
2. 抗張強度、穿刺強度與彈性
3. 水溶溫度
4. 膠熔溫度
5. 魚鱗薄膜在熱水(90 °C、100 °C)的分解時間
6. 土壤分解時間

## (三) 魚鱗明膠萃取

大部分作品與資料是將乾燥魚鱗高溫高壓萃取，過濾後即得魚鱗明膠。本實驗採用電燉鍋，讓水分較易蒸發，來煮出濃稠的萃取液。

## (四) 成膜配方

我們參考和魚鱗塑膠有關的資料，大部分都有添加物，而我們嘗試添加**吉利丁、甘油、乙醇與 TG 酵素**(轉麩醯胺酸酶 Transglutaminase)來進行實驗。

## (五) 成膜方法

在看完網路上的文獻後，我們發現大部分都是用”液體成膜法”，也就是將液體倒在容器中，並加熱使它乾燥，於是我們也嘗試採用這種方式成膜。

## (六) 薄膜應用

魚鱗富含膠原蛋白，也有許多人熬煮來吃，於是我們著手進行製作魚鱗薄膜可食性調味包的實驗。

## 二、 各種物理性質的測量方式

### (一) 透水性測量

#### 【實驗步驟】

1. 根據試管內的水量變化，我們分別計算魚鱗薄膜的透水率
2. 設計並雷切適合卡在試管口下緣的打洞木板。
3. 試管放進下層木板孔內，分別加入 20 mL 的蒸餾水，並將魚鱗薄膜蓋住試管口。
4. 另製作一片挖洞(符合試管口大小)木板，將其壓在魚鱗薄膜上，最後再用長尾夾夾住兩層木板四周，並觀察試管中水量的變化，如圖 5-2-1 所示。
5. 透水率算法： $(\text{減少的水質量} / \text{原本的水質量}) \times 100\%$
6. 透水率愈小，代表魚鱗薄膜密封性愈好，愈可以阻擋水氣。

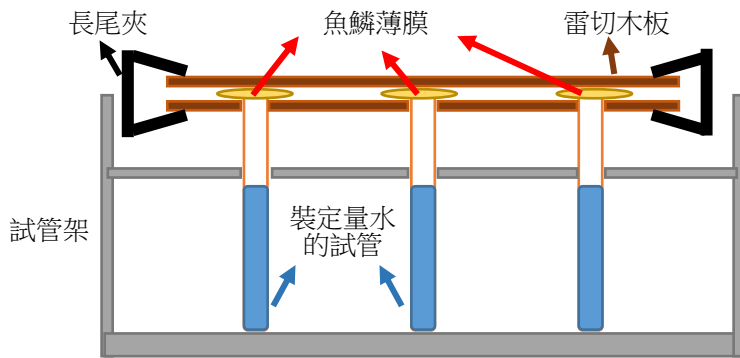


圖 5-2-1-1 透水性測量裝置示意圖



圖 5-2-1-2 透水性測量裝置圖

## (二) 抗張強度測量

定義：每單位橫截面積(厚度\*寬度， $\text{mm}^2$ )的受測物，所能承受最大的拉力(gw)，單位為  $\text{gw}/\text{mm}^2$ 。

### 【實驗步驟】

1. 將試管夾咬合處內側貼上同面積的砂紙，並用橡皮筋網緊試管夾。
2. 將魚鱗薄膜裁切成  $3 \times 1 \text{ cm}^2$ ，兩端各用試管夾夾住 1 cm，即魚鱗薄膜露出長度 1 cm。
3. 利用游標尺測量薄膜厚度，將厚度(mm) $\times$ 薄膜寬度(10 mm)即為橫截面面積 A。
4. 將試管夾一端固定，另一端以彈簧秤慢慢拉，記錄魚鱗薄膜斷裂時的數值 F(gw)。
5. **抗張強度 =  $F/A$** ，此值越大代表其抗張強度愈佳。

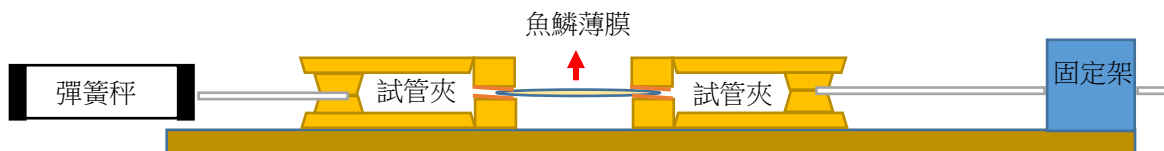


圖 5-2-2-1 抗張強度測量裝置示意圖

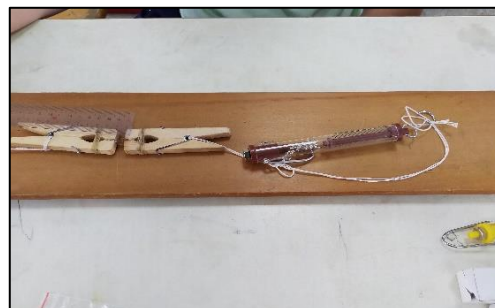
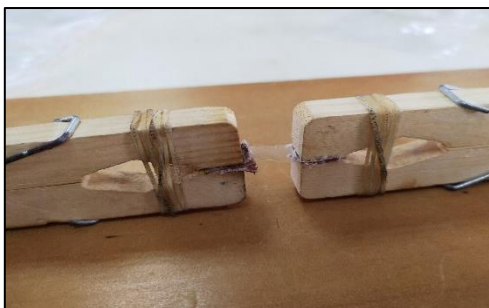


圖 5-2-2-2 抗張強度測量實際圖



### (三) 穿刺強度測量

定義：鐵釘刺穿薄膜時所需的力，單位為 gw，它反應薄膜能抵抗被外物穿透的能力。

#### 【儀器設計】

1. 我們利用 Arduino 結合 HX711 重量感測模組與荷重元，結合成一個電子天平。

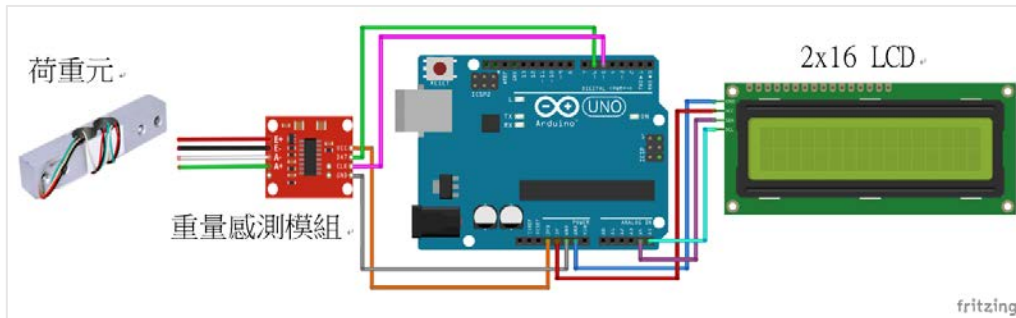


圖 5-2-3-1：Arduino 的 HX711 電子天平接線圖

圖片來源：[https://blog.jmaker.com.tw/hx711\\_set/](https://blog.jmaker.com.tw/hx711_set/)

2. 再利用序列埠監控視窗，可即時顯示目前天平的受力值，如圖 5-2-3-3。當魚鱗薄膜刺穿時的瞬間，受力值會由大變小，即可獲得薄膜被刺穿時所需的力(gw)

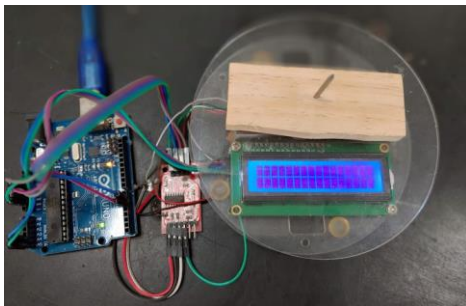


圖 5-2-3-2：Arduino 的 HX711 電子天平實物圖

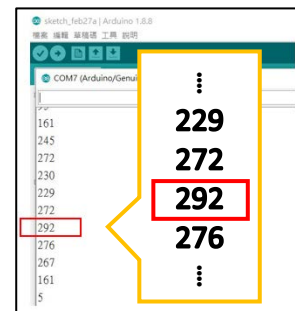


圖 5-2-3-3：序列埠監控視窗圖，最大受力值為 292 gw

#### 【實驗步驟】

1. 用兩層挖洞木板夾住魚鱗薄膜，木板四周再用長尾夾加強固定。
2. 將自製的釘子木頭置於 Arduino 電子天平上，測量魚鱗薄膜被刺穿時所需的力(gw)。
3. 實驗分別測量三次，並計算其平均值，如圖 5-2-3-4。
4. 刺穿魚鱗薄膜所需的力愈多，代表魚鱗薄膜的堅穿刺強度愈佳。

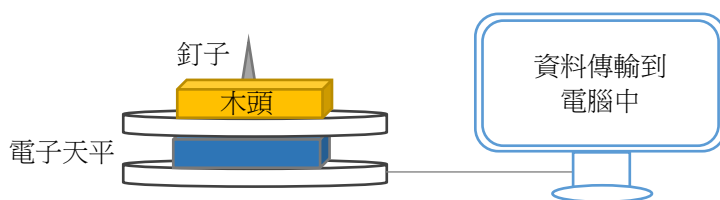


圖 5-2-3-4 穿刺強度測量裝置示意圖

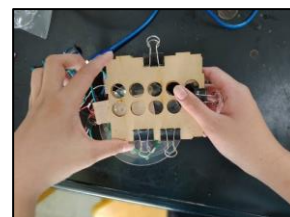


圖 5-2-3-5 穿刺強度實際測量裝置

#### (四)彈性測量

##### 【實驗步驟】

1. 如圖 5-2-4-2 所示，在裝置前方擺上直尺，將  $3 \times 1 \text{ cm}^2$  的魚鱗薄膜兩端用試管夾夾住，使得夾完後露出的薄膜長度為  $1 \text{ cm}(L_0)$ 。
2. 以  $200 \text{ gw}$  的力去拉 3 秒後，記錄薄膜長度( $L_1$ )，將外力除去，記錄薄膜長度( $L_2$ )。
3. 算出魚鱗薄膜的伸長率 =  $[(L_1 - L_0) / L_0] \times 100 \%$ 。
4. 算出魚鱗薄膜的回縮率 =  $[(L_1 - L_2) / (L_1 - L_0)] \times 100 \%$
5. 彈性即為伸長率  $\times$  回縮率，其值愈大表示彈性愈佳。

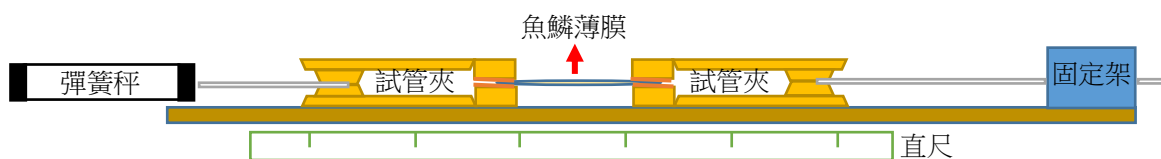


圖 5-2-4-1 彈性測量裝置示意圖

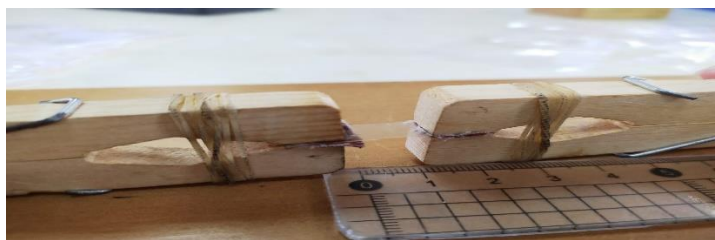


圖 5-2-4-2 彈性測量實際裝置圖

#### (五)水溶溫度測量

##### 【實驗步驟】

1. 在大燒杯中裝水，並用卡式爐加熱至所需溫度。取該溫度的水  $20 \text{ mL}$  倒進試管中，並放置於試管架上。
2. 將魚鱗薄膜裁切成  $2 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm}$  的大小，再將裁切後的魚鱗薄膜夾入上述試管中。
3. 每 1 秒用玻棒攪拌 1 圈，共 5 圈，觀察魚鱗薄膜是否溶解。

#### (六)膠熔溫度測量

##### 【實驗步驟】

1. 取大小約略相同的魚鱗薄膜，放進控溫板上的鋁箔小碟中。
2. 調整溫度至  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ，觀察魚鱗薄膜的變化。
3. 每次增加  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ，當溫度高到魚鱗薄膜開始黏在鋁箔上，我們便稱之為膠熔溫度。

### 三、 找出最佳的成膜方式

#### 【實驗 3-1】探討不同成膜方式對製作魚鱗薄膜的影響

##### (一) 實驗步驟

1. 取定量魚鱗萃取液，分別使用 90 °C 的烤箱、不沾鍋、果乾機來烤(烘)乾魚鱗。
2. 將上述烘乾方式改成低溫的冰箱冷藏室和冷凍庫。
3. 約 2 星期後觀察最後成膜情形。

##### (二) 結果分析與討論

1. 實驗結果如表 5-3-1-1，我們發現高溫的烤箱、不沾鍋、果乾機成品非常薄，但卻乾硬極難撕下，效果都不佳，推測是因為魚鱗萃取出來的明膠受高溫影響而變性，以及因高溫導致水分含量低呈乾硬狀態，以至於整體黏附於容器上不易成型及不易脫模取下。
2. 在太低溫的冷凍庫中，形成的薄膜是白色且有泡泡，結構硬，成膜效果不佳。
3. 而在冰箱冷藏室中，成膜效果都很好，容易脫膜，撕下的膜結構完整，Q 軟有彈性。

圖 5-3-1-1 各項成膜工具製作魚鱗薄膜的實驗結果

	高溫烤箱	不沾鍋	果乾機	冰箱冷凍	冰箱冷藏
實驗結果					
分析討論	呈乾硬狀態，無具體形狀，黏附於容器無法撕下。	乾硬黏附在不沾鍋上，極難撕下，撕下呈破碎狀且形狀呈不規則形，結構鬆散無完整形狀。	結果成品非常薄，乾硬黏附在錶玻璃上，極難撕下。	成形效果不佳，結構硬，薄膜是白色且有泡泡，不利後續測試實驗。	成膜效果佳，容易脫膜，撕下的膜結構完整，Q 軟有彈性。

**【實驗 3-2】 由薄膜質量變化推測冷藏成膜時間**

由前述實驗得知，利用冰箱冷藏所形成的薄膜最好，但每天目測卻不知是否真的乾燥，於是利用每天薄膜質量的變化，來推估最佳乾燥的冷藏時間。

(一) 實驗步驟：

1. 將 20 g 魚鱗溶液 + 1 mL 甘油 + 1 mL 乙醇 + 5 %TG 酵素液 2 mL。
2. 將上述溶液各取 3 g 盛裝於鋁箔小碟，共 6 組；和培養皿中，共 2 組。
3. 將樣本放置冰箱冷藏，每天觀察並測量薄膜和容器總質量，兩週後撕膜測量薄膜質量，並記錄撕膜狀況。

(二) 實驗結果：

表 5-3-2-1 冷藏時間對薄膜質量的關係

容器為鋁箔小碟(數字為含容器質量) 單位：公克									脫膜情形	薄膜質量(g)
天數 編號	0	1	2	3	4	5	6	14		
3-1	3.74	2.41	1.67	1.45	1.41	1.42	1.39	1.26	好撕 已脫膜	0.52
3-2	3.75	2.39	1.51	1.35	1.32	1.32	1.30	1.27	好撕 已脫膜	0.53
3-3	3.73	2.34	1.53	1.41	1.40	1.39	1.38	1.25	好撕 已脫膜	0.52
3-4	3.74	3.01	2.35	1.98	1.45	1.40	1.39	1.26	好撕 已脫膜	0.52
3-5	3.71	2.82	2.04	1.70	1.35	1.32	1.32	1.27	好撕 已脫膜	0.56
3-6	3.80	2.91	2.23	1.87	1.41	1.37	1.35	1.32	好撕 已脫膜	0.52

容器為培養皿(數字為含容器質量) 單位：公克									脫膜情形	薄膜質量(g)
天數 編號	0	1	2	3	4	5	6	14		
3-1	10.93	8.85	8.55	8.51	8.51	8.50	8.50	8.47	好撕 已脫膜	0.54
3-2	11.42	9.26	9.03	8.99	8.97	8.98	8.97	8.93	好撕 已脫膜	0.51

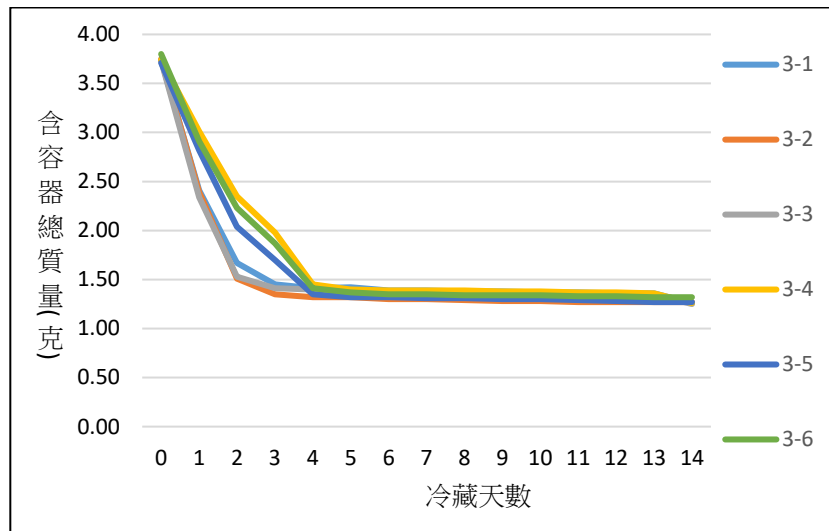


圖 5-3-2-1 以鋁箔小碟當容器魚鱗薄膜質量與冷藏時間的關係圖

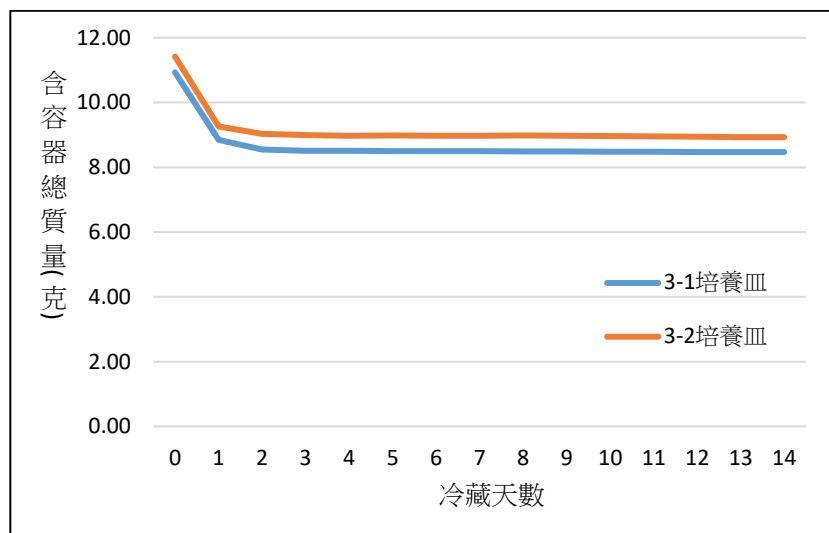


圖 5-3-2-2 以培養皿當容器魚鱗薄膜質量與冷藏時間的關係圖

(三) 結果分析與討論：

1. 隨著冷藏時間愈長，質量也跟著減少，關係圖如圖 5-3-2-1 以及圖 5-3-2-2，推測是水分隨時間增加而逐漸減少的關係。
2. 以 3 g 的配方溶液來說，不管使用鋁箔小碟或培養皿，最後取得魚鱗薄膜質量平均為 0.53 g。
3. 使用培養皿冷藏到第三天膜就會開始皺掉，應是取樣太少造成水分散失後內縮。
4. 以 3 g 的配方溶液來說，使用鋁箔小碟僅需約 4 到 5 天就可成膜，而使用培養皿約 2 到 3 天就可成膜，應為培養皿表面積較大，蒸發速率較快。

### 【實驗 3-3】探討不同質量的萃取液，對製作魚鱗薄膜的影響

經由上述實驗，使用培養皿做容器較快成膜，但因量太少而使得薄膜皺起，如圖 5-3-3-1，於是增加配方溶液量來嘗試，並使用冰箱冷藏(約 4°C)來進行實驗。

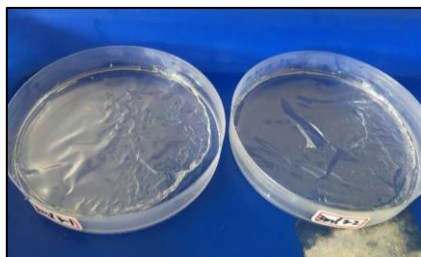







圖 5-3-3-1 使用培養皿成膜，因取量太少而使薄膜皺起。

#### (一) 實驗步驟：

1. 將 120 g 魚鱗溶液 + 6 mL 甘油 + 6 mL 乙醇 + 5 %TG 酵素液 4.8 mL。
2. 將上述溶液分別以 4 g、5 g、6 g、7 g、8 g 盛裝於培養皿內各三組。
3. 將培養皿置於冰箱冷藏成膜。

#### (二) 實驗結果

表 5-3-3-1 不同質量的萃取液製作出魚鱗薄膜的實驗結果

	直接放置冰箱冷藏				
質量	4g 魚鱗薄膜	5g 魚鱗薄膜	6g 魚鱗薄膜	7g 魚鱗薄膜	8g 魚鱗薄膜
魚鱗薄膜成品(註)					
薄膜平均質量(g)	0.87	1.12	1.36	1.63	1.88

註：照片皆以各組中最佳一次呈現。

#### (三) 結果分析與討論

1. 實驗結果顯示，取樣質量愈多的魚鱗萃取液所做出的魚鱗薄膜質量愈大。
2. 只要魚鱗萃取液取樣 4g 以上，都可以順利在培養皿成膜，只是膜的質量不同。

#### 四、 找出製作魚鱗薄膜的最佳配方

研究歷屆作品後，我們決定以添加吉利丁、乙醇、甘油與 TG 酵素，來尋找最佳配方，因只做穿刺強度或抗張強度的物性測量，我們僅以使用較少量魚鱗萃取液的鋁箔小碟來進行初步實驗。

##### 【實驗 4-1】 探討吉利丁與水對製作薄膜的可行性

###### (一) 實驗步驟：

1. 分別將 1~5 g 的吉利丁放入 20 mL 的水中，用 70 °C 熱水隔水加熱，用玻棒攪拌至吉利丁溶解。
2. 各取步驟 1 之樣本 18 g，加入 1 mL 乙醇、1 mL 甘油、1gTG 酵素，用攪拌器攪拌 5 分鐘後靜置。
3. 吸取 3 g 倒入鋁箔小碟，放入冰箱冷藏。

###### (二) 實驗結果

表 5-4-1-1 吉利丁加水製作的薄膜實驗

吉利丁(g)	1	2	3	4	5
水(mL)	20	20	20	20	20
攪拌後結果	液體，有泡泡，透明	液體，有泡泡，米白色	液體，有泡泡，透明黃色	液體，有泡泡，透明黃色	固體，很多泡泡，像蛋白打發，白色
靜置後結果	外貌同上，暫凝固成果凍	外貌同上，暫凝固成果凍	外貌同上，暫凝固成果凍	外貌同上，暫凝固成果凍	外貌同上
冷藏後	皆無法形成薄膜				

###### (三) 結果分析與討論

1. 如表 5-4-1-1，吉利丁愈多，愈容易結成固體。
2. TG 酵素加進去後，攪拌器無法使 TG 酵素溶解，我們使用玻棒攪拌，卻打出一堆泡泡，不好成膜。
3. 靜置後會結凍，推測 TG 酵素過多，且靜置過程中無法順利脫水。


## 【實驗 4-2】 探討萃取時間對製作魚鱗薄膜的影響

### (一) 實驗步驟：

1. 取魚鱗 300 g 加入 3000 g 的水，利用電燉鍋烹煮魚鱗，分別在 18、20、22、24、26 hr，各取出 20 g 的魚鱗萃取液樣本。
2. 加入 5 % TG 溶液 2 mL，用攪拌器攪拌 2 分鐘。
3. 加入甘油 1 mL、乙醇 1 mL，用攪拌器攪拌 30 秒。
4. 取上述溶液 3g 至鋁箔小碟中，並放入冰箱冷藏 4~5 天。

### (二) 實驗結果：

表 5-4-2-1 不同燉煮時間所製得的魚鱗其厚度與抗張強度的實驗結果

燉煮時間(hr)	照片	厚度 <sup>註</sup> (mm)	承受最大的力(gw)	平均抗張強度 (gw/ mm <sup>2</sup> )
18		0.19	400	197±9
		0.21	400	
		0.21	400	
20		0.24	700	299±5
		0.20	600	
		0.23	700	
22		0.26	900	342±6
		0.24	800	
		0.23	800	
24		0.34	2100	613±3
		0.41	2500	
		0.36	2200	
26	0.40	3400	851±5	
	0.35	3000		
	0.39	3300		

註：測量物性時，薄膜寬度皆為 10mm。



(三) 結果分析與討論:

1. 萃取時間愈長，所製得的魚鱗薄膜抗張強度愈佳，如表 5-4-2-1。
2. 萃取時間愈長，厚度也增加。推測是在質量一樣的情況下，燉煮時間愈久，魚鱗濃度愈高，所含水分愈少，冷藏時水分也蒸發的少，厚度便不會因水分蒸發而減少太多。

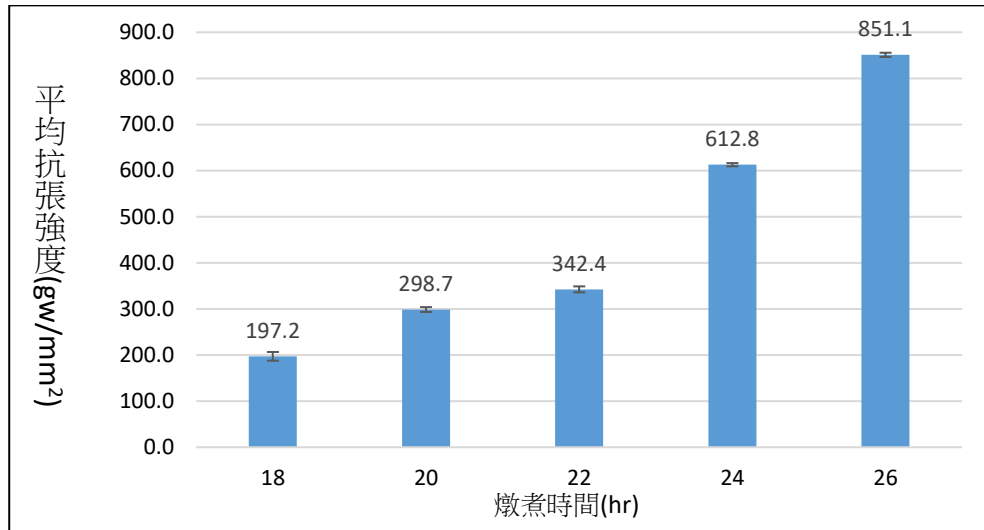


圖 5-4-2-1 燉煮時間對製得的魚鱗薄膜抗張強度的關係圖

**【實驗 4-3】 探討在魚鱗萃取液中添加吉利丁，對製作魚鱗薄膜的影響**






鑒於初步實驗中，TG 酵素粉不易溶解於吉利丁中，於是我們將其配置成溶液，濃度為 5%，且攪拌後便立刻倒入鋁箔小碟成膜，而吉利丁也不另外加熱。

(一) 實驗步驟：

1. 分別將 0、0.1 g、0.2 g、0.3 g、0.4 g 的吉利丁加入 10 g 的魚鱗萃取液中，用玻棒攪拌至溶解。
2. 分別加入 1 mL 的 5% TG 水溶液，用攪拌器攪拌 2 分鐘。
3. 分別加入 0.5 mL 甘油、0.5 mL 乙醇，用攪拌器攪拌 30 秒。
4. 吸取 3 g 的上述液體於鋁箔小碟中，放入冰箱冷藏 4~5 天。

## (二) 實驗結果

表 5-4-3-1 添加吉利丁的魚鱗薄膜之實驗結果

吉利丁(g)	0	0.1	0.2	0.3	0.4
照片					
觀察	吉利丁不易完全溶解，有碎片。				
厚度(mm)	0.16	0.28	0.09	0.20	0.24
	0.20	0.22	0.13	0.30	0.12
	0.32	0.24	0.11	0.40	0.10
最大承受的力(gw)	63	107	667	50	250
	100	91	231	67	83
	125	83	182	100	100
平均抗張強度(gw/mm <sup>2</sup> )	96±26	94±10	360±218	72±21	144±75
彈性	0	0	0.30	0.60	0

註：照片皆以各組中最佳一次呈現。

## (三) 結果分析與討論

1. 無添加吉利丁所製作的魚鱗薄膜，伸長後完全不回縮，已超過其彈性限度；添加吉利丁 0.1 g、0.4 g 所製成的薄膜，受力後完全不伸長，毫無彈性。
2. 吉利丁的添加對於魚鱗薄膜的抗張強度與彈性沒有一定規律，且抗張強度比不加吉利丁還差，推測是吉利丁沒有完全溶解在魚鱗萃取液中，其碎片在薄膜上分布不均所造成，因此我們之後實驗便捨棄添加吉利丁。

#### 【實驗 4-4】 探討在魚鱗萃取液中添加乙醇，對製作魚鱗薄膜的影響

為了使薄膜運用更廣泛，查了資料發現塑料薄膜或複合薄膜的耐穿刺力是包裝材料的重要指標之一，於是自行設計了「**穿刺強度測量計**」，可更科學並精準化測量，此裝置是以電子天平搭配鐵釘，用數位化的方式記錄鐵釘刺穿薄膜的力量，每個薄膜都測量 3 次，再計算出其平均值，爾後實驗也將以此數據做為穿刺強度來表示。

##### (一) 實驗步驟:

1. 取 5 個燒杯，都裝入 20 g 魚鱗萃取液，依序加入 5 % TG 酵素水溶液 0.8 mL、甘油 1 mL。
2. 在每個燒杯中加入不同量的乙醇，其餘步驟皆與前述實驗相同。

##### (二) 實驗結果

表 5-4-4-1 不同乙醇的量，其製得魚鱗薄膜的穿刺強度結果

乙醇含量( mL)		0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
穿刺強度 (gw)	序號 1	701	666	725	1074	922	810
	序號 2	688	712	754	1050	913	797
	序號 3	675	723	761	1032	899	802
平均穿刺強度(gw)		688±10.6	700±24.7	747±15.6	1052±17.2	911±9.5	803±5.4

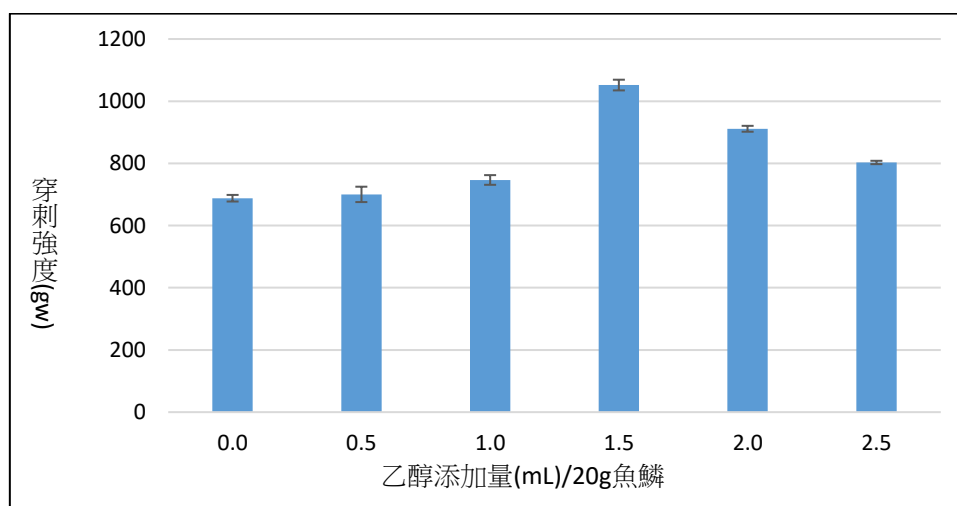


圖 5-4-4-1 不同乙醇的量對魚鱗薄膜穿刺強度的關係圖

##### (三) 結果分析與討論

1. 加入 1.5 mL 的乙醇有最大穿刺強度，且乙醇量與薄膜穿刺強度無正相關，關係圖如圖 5-4-4-1 所示。

**【實驗 4-5】 探討在魚鱗萃取液中添加甘油，對製作魚鱗薄膜的影響**

(一) 實驗步驟:

1. 取 20 g 魚鱗萃取液，依序加入 5 % TG 酵素水溶液 0.8 mL，乙醇 1.5 mL。
2. 上述溶液再分別加入不同量的甘油，其餘步驟皆與前述實驗相同。

(二) 實驗結果

表 5-4-5-1 不同甘油的量，其製得魚鱗薄膜的穿刺強度結果

甘油添加量	0 mL	0.5 mL	1.0 mL	1.5 mL	2.0 mL	2.5 mL
成品						
穿刺強度(gw)1	2319	1466	1032	688	317	313
穿刺強度(gw)2	2288	1489	1066	734	332	298
穿刺強度(gw)3	2196	1500	1054	624	299	300
平均穿刺強度(gw)	2268±52	1485±14	1051±14	682±45	316±13	304±7
彈性	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0

註：照片皆以各組中最佳一次呈現。

(三) 結果分析與討論

1. 由實驗結果表 5-4-5-1，關係圖 5-4-5-1 及 5-4-5-2 所示，甘油愈少，穿刺強度愈佳，彈性越差。

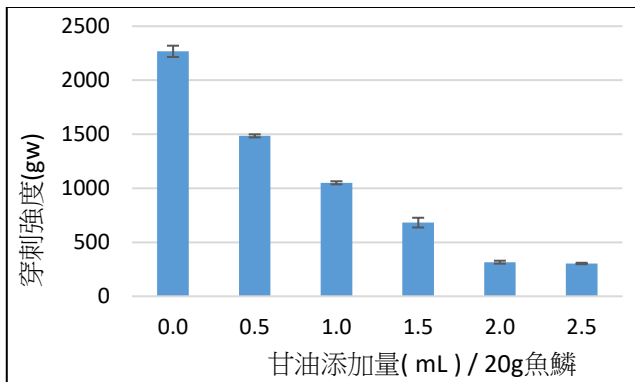


圖 5-4-5-1 添加不同甘油的量對魚鱗薄膜穿刺強度的關係圖

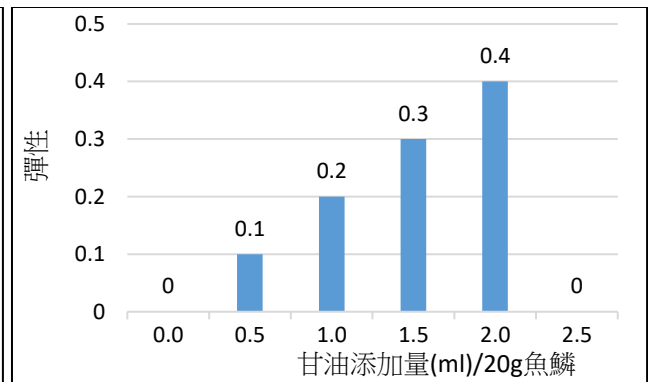


圖 5-4-5-2 添加不同甘油的量對魚鱗薄膜彈性的關係圖

2. 不添加甘油的魚鱗薄膜雖然穿刺強度最好，卻很硬又很脆，一量穿刺強度，薄膜直接破一個大洞，而加了甘油的就不會。如圖 5-4-5-3 所示。
3. 為了折衷取捨穿刺強度與彈性，我們將穿刺強度與彈性相乘，其值越大適用範圍越廣，因此歸納出兼具穿刺強度與彈性的薄膜為添加 1.0 mL 甘油的薄膜。



圖 5-4-5-3 不加甘油所製成的魚鱗薄膜很硬且脆

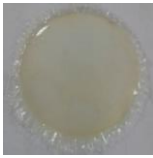
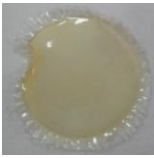
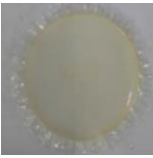
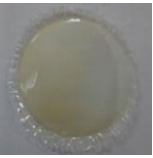
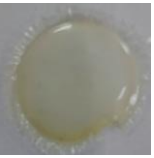
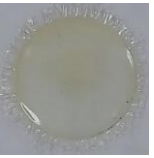
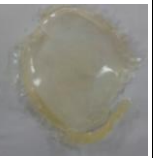
## 【實驗 4-6】探討在魚鱗萃取液中添加 TG 酵素，對製作魚鱗薄膜的影響

### (一) 實驗步驟：

1. 將 7 個燒杯中裝入 20g 的魚鱗萃取液，再加入不同量的 TG 酵素水溶液，用攪拌器攪拌 2 分鐘。
2. 加入甘油 1.0、乙醇各 1.5 mL，用攪拌器攪拌 30 秒。
3. 吸取 3 g 之上述溶液至鋁箔小碟中，放進冰箱冷藏 4~5 天。
4. 撕膜後測量薄膜的穿刺強度、在熱水中的溶解情形，以及膠熔溫度。

### (二) 實驗結果

表 5-4-6-1 TG 酵素水溶液的添加量對製得魚鱗薄膜的穿刺強度結果

TG 水溶液 (mL)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
成品							
第 1 次	661	530	794	918	1110	581	398
第 2 次	611	394	640	1035	995	672	288
第 3 次	611	419	731	930	1048	725	422
平均穿刺強度(gw)	645±12	456±33	757±27	945±30	1056±23	684±29	392±27

註：照片皆以各組中最佳一次呈現。

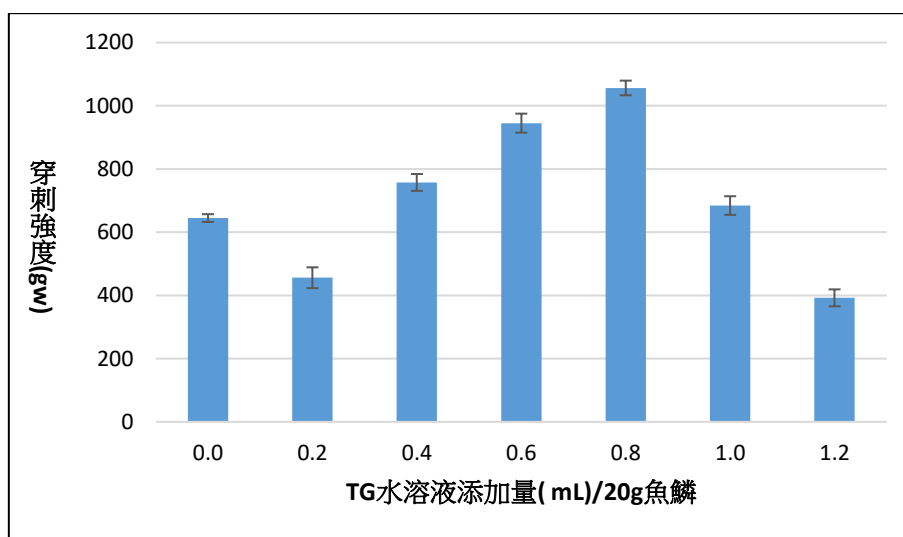


圖 5-4-6-1 不同量 TG 酵素水溶液的添加量對魚鱗薄膜穿刺強度的影響

表 5-4-6-2 不同 TG 酵素水溶液的添加量，其製得魚鱗薄膜在熱水中的溶解情形

置於 90 ℃ 的水中溶解情形							
時間 \ TG 水溶液( mL)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
1 分	溶解	固體	溶解	溶解	溶解	固體	固體
2 分		溶解				固體	固體
3 分						固體	固體
4 分						固體	溶解
5 分						溶解	
置於 100 ℃ 的水中溶解情形							
1 分	固體	溶解	溶解	溶解	溶解	固體	固體
2 分	溶解					溶解	溶解

表 5-4-6-3 不同 TG 酵素水溶液的量，其製得魚鱗薄膜膠熔溫度的結果

TG 水溶液 ( mL)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
50 ℃	無變化	無變化	無變化	無變化	無變化	無變化	無變化
60 ℃	變軟	變軟	變軟	變軟	變軟	變軟	變軟
70 ℃	用手壓後立刻熔化	用手壓後立刻熔化	用手壓後立刻熔化	用手壓後立刻熔化	用手壓後立刻熔化	用手壓後立刻熔化	用手壓後立刻熔化
80 ℃	馬上熔化	馬上熔化	馬上熔化	馬上熔化	馬上熔化	馬上熔化	馬上熔化



圖 5-4-6-2 測量魚鱗薄膜的膠熔溫度

### (三) 結果分析與討論

1. 加入 **0.8 mL 的 TG 酵素水溶液**所製成的薄膜有**最大穿刺強度**，與 TG 酵素無正相關。
2. 所有的薄膜在”水溶溫度”實驗中，**90 °C 都可以在 5 分鐘內溶解；100 °C 則都在 2 分鐘內溶解。**
3. 在測量膠熔溫度中，所有的薄膜都在 **70~80 °C 融化。**
4. 綜合上述實驗，我們得到製作魚鱗的最佳配方為：

**魚鱗萃取液 20 g、5 %TG 酵素水溶液 0.8 mL、甘油 1 mL、乙醇 1.5 mL。**

### 【實驗 4-7】探討做大面積魚鱗薄膜的可行性

之前的實驗都是做規格較小的薄膜，於是我們想嘗試看看魚鱗是否能做出大面積薄膜，以增加其可用性。

#### (一) 實驗步驟

1. 如前述最佳配方，量取 60g 於大盤子中。
2. 將盤面維持水平，放置冰箱冷藏 2~3 天再進行脫膜。



#### (二) 實驗結果與分析

1. 厚度為 0.21 cm，穿刺強度為 335gw，成品如圖 5-4-7-1 所示。
2. 結果顯示可做出大面積薄膜，穿刺強度雖然只有 335gw，但若要大量生產泡麵調味包，此方式是可行的。

圖 5-4-7-1 大面積魚鱗薄膜成品圖

## 五、 綜合應用

### 【實驗 5-1】找出魚鱗泡麵調味包的封膜方式

(一) 各種封膜工具的使用方式如表 5-5-1-1 所列

表 5-5-1-1 各種封膜工具的使用方法

封膜工具	作法
試管夾	將一片薄膜對折，於開口用試管夾壓緊
手壓	將一片薄膜對折，於開口用手壓緊
試管	將兩片薄膜中放要包的材料，以試管由上而下用力壓緊
熱壓	將鑷子或鐵尺在酒精燈上加熱約 30 秒，放到薄膜上使其稍微融化後黏合
封口機	於薄膜封口處以封口機使其稍微融化後黏合

(二) 使用方法示意圖如表 5-5-1-2，結果分析優劣如表 5-5-1-3 所示。

表 5-5-1-2 各種封膜工具與使用方法的示意圖

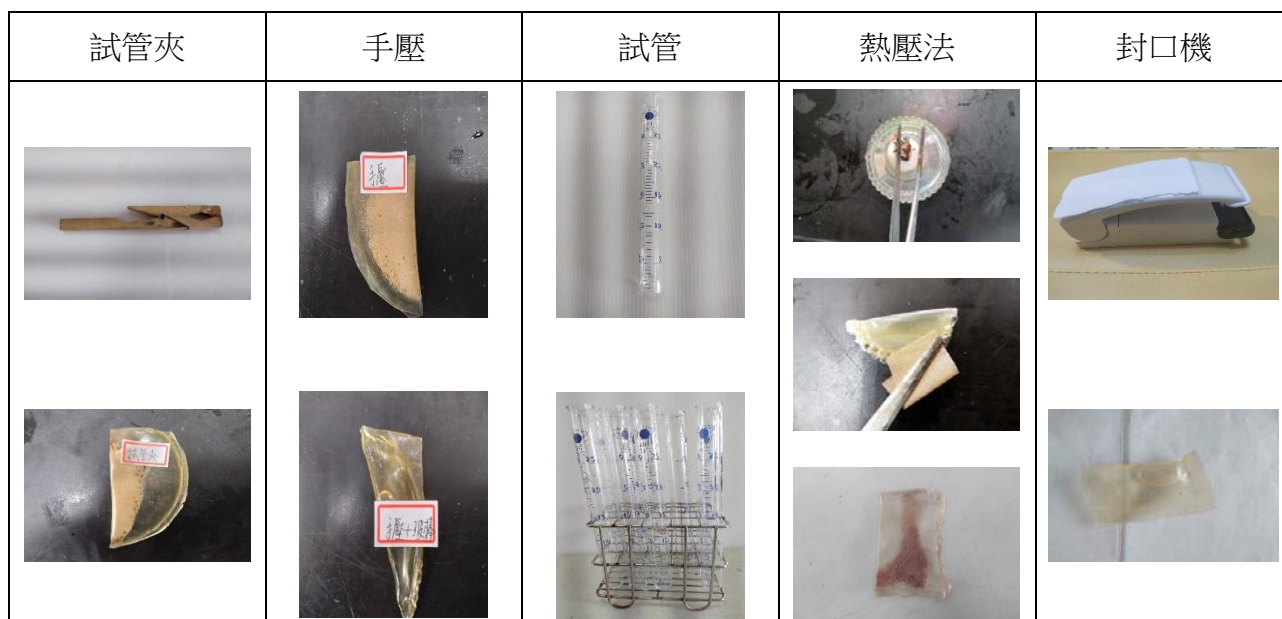


表 5-5-1-3 各種封膜工具與使用方法的結果比較

封膜方式	不加其他	加水	墊一層鐵氟龍 <sup>註</sup>
試管夾	3	3	3
手壓	3	3	3
試管	1	1	—
熱壓	5	—	5
封口機	3	—	3
評分方式：5分最佳，1分最差，“—”表示未做實驗			

註：考量薄膜受熱後會有軟化現象，且可能黏在封膜器具上，因此想到不沾鍋的材質是鐵氟龍，於是找到烘焙用鐵弗龍塗層的烤盤布，有抗沾黏、耐高溫的特性。

結果顯示：用**熱壓**的方式，不管是否墊上鐵氟龍，都有很好的封膜效果。



## 【實驗 5-2】魚鱗薄膜泡麵調味包的實作










由實驗 4-6 可得，放入 100 ℃ 的熱水中，薄膜溶解速率較快，而且一般人泡麵通常會使用沸水沖入泡麵中，於是我們選用 100 ℃ 的水來進行實驗。

### (一) 實驗步驟

1. 依照上述結果，不管是否墊鐵氟龍，熱壓法有最佳效果，於是我們採用此法封膜。
2. 分別放入胡椒鹽、沙拉油和可可粉，再完整密封好。
3. 放入 100 ℃ 的熱水中，觀察其結果。

### (二) 實驗結果

表 5-5-2-1 不同調味料在 100 ℃ 熱水中溶解的情形

實驗結果	油	胡椒鹽	可可粉
0 分鐘			
1 分鐘			
2 分鐘			

### (三) 結果與分析


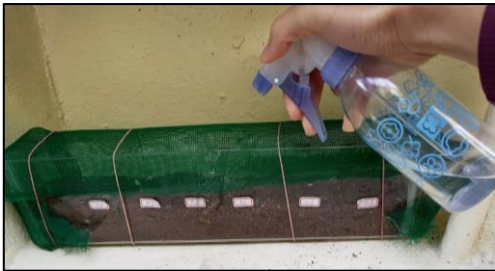
1. 不管裝沙拉油或是粉末狀固體，封膜效果都非常好，沒有溢出。
2. 魚鱗薄膜中不管裝沙拉油或粉末，在放入熱水中 1 分鐘時尚未完全溶解，但 2 分鐘時完全溶解，攪拌後調味料分布平均，效果都很好。
3. 魚鱗薄膜在兩分鐘內就完全溶解，比泡麵浸泡時間短，是很適合當作泡麵調味包的材

### 【實驗 5-3】探討魚鱗薄膜能否自然分解

#### (一) 實驗步驟

1. 取培養土和一般土以 1：1 的比例混和均勻。
2. 將 5 個魚鱗薄膜樣本放入土中，並使其靠在透明壓克力盒的側面上，方便觀察。
3. 每天記錄結果，第 8 天開始每天噴水 50 c.c。

表 5-5-3-1 魚鱗薄膜自然分解的實驗示意圖

培養土+一般土分解實驗	第 8 天後開始每天噴水 50 c.c
	

#### (二) 實驗結果

表 5-5-3-2 魚鱗薄膜自然分解的結果

時間	第一天	第七天	第十天	第十四天
照片				
說明	透明淺黃色； 形狀完整	透明；邊緣有白色顆 粒；形狀不完整	透明；邊緣有白色顆 粒；形狀不完整	完全分解

#### (三) 結果與分析

1. 我們發現第一個禮拜薄膜仍未有任何變化，於是在第 8 天開始每天噴水 50c.c。14 天後薄膜已完全分解，呈現不規則狀。
2. 土裡也有活著的螞蟻，這也證明了我們的魚鱗薄膜是可被自然生物所分解。

## 陸、討論

- 一、以電鍋萃取魚鱗得到的結果不佳，推測是因為電鍋的功率太低，導致萃取的魚鱗不黏稠，而快鍋在烹煮時容易溢出，常無法有效控制，水分也較不易排出，魚鱗萃取效果不好。而電燉鍋同時解決了前述兩項功率太低及排水的問題，因此得到的魚鱗較黏稠，但仍無法成型，推測可能是燉煮時間不夠久，魚鱗明膠萃取的濃度不夠，因此才將燉煮的時間增加。
- 二、在將薄膜進行冷藏時，發現成形的魚鱗薄膜常有厚度不均的情況，觀察後發現冰箱架上未呈水平，找了水平儀還是不夠準，於是我們自製了水平調整架(如圖 6-1)，可調整三個角的高度，並搭配手機水平儀 APP 來輔助(如圖 6-2，當 X、Y 軸值皆為 0 時恰為水平)，讓我們的薄膜可順利成形為均勻薄膜。



圖 6-1 自製水平調整架



圖 6-2 手機水平儀 APP

- 三、探討各添加物在製作魚鱗薄膜的主要功用如表 6-1 所列。

表 6-1 各種添加物在魚鱗薄膜製作過程中的作用

添加物	目的	添加物	目的
吉利丁	增加蛋白質含量	甘油	可增加膜的柔軟性及防止碎裂
TG 酵素	改善蛋白質的凝膠性	乙醇	加速水分蒸發速度

- 四、我們也嘗試將魚鱗薄膜當作糖衣，包裹花生糖，並以裁剪成與薄膜同樣大小的保鮮膜作為對照組，如圖 6-2 所示，經過 122 天後，花生糖外觀差異不大，到達 249 天後用魚鱗包裹的花生糖開始發霉。



圖 6-2 以魚鱗薄膜和保鮮膜包裹花生糖的實驗示意圖，經過 122 天後，外觀差異不大，經過 249 天後用魚鱗包裹的花生糖才開始發霉。

五、自然分解實驗我們做了兩次。第一次做的時候，實驗裝置如圖 6-3 左圖，全部都用培養土。但第二天觀察時，發現有薄膜不見了(如紅色圈圈處)，而土有被挖過的痕跡，其他樣本卻完全沒變化。一星期後我們又去觀察，所有的樣本都不見了，而培養土也有被挖過的痕跡。我們推測是老鼠等生物吃掉了，因此我們再做一次實驗，上頭加上網子，並用一半培養土，一半一般土，增加微生物，以利實驗進行。



圖 6-3 魚鱗薄膜自然分解實驗中，未封口裝置中的薄膜被吃掉

六、將魚鱗薄膜與市售塑膠製品(寬度皆為 10 mm)，做各項物性的比較，結果如下。

	保鮮膜	夾鏈袋	塑膠手套	膠帶	擦手紙	魚鱗薄膜
厚度(mm)	0.01	0.05	0.08	0.04	0.14	0.31
穿刺強度(gw)	57	105	213	645	202	1056
彈性	斷	0.2	5.9	0	0.1	0.2
平均抗張強度/厚度 (gw/mm <sup>2</sup> )	<2000	<1800	<625	<2500	<286	<419
成本(元 / cm <sup>2</sup> )	0.370	0.026	0.600	0.810	0.160	0.004

與目前市售之各類塑膠薄膜製品比較各項物理性質後，本實驗自製的魚鱗薄膜或較部分塑膠用品材質厚，或平均穿刺強度沒有優於保鮮膜和膠帶，各有優劣，但其最大的優勢在於可食性且可被自然分解，而初步規劃以可食性泡麵調味包為構想著手，成功的製作出可包覆乾燥粉末及油料醬之包裝薄膜。

## 柒、結論

- 一、萃取方式：我們經由電鍋、快鍋、電燉鍋等家用電器熬煮魚鱗，發現熬煮後之魚鱗溶液越黏稠表示濃度越高，則後續成膜效果越佳，故結論以**電燉鍋**的萃取方式得到的結果最佳，並且隨著燉煮的時間愈久，萃取的效果愈好，魚鱗溶液也比較黏稠，其中燉煮**26小時**的魚鱗溶液濃度最黏稠。
- 二、成膜配方：研究歷屆作品後，以添加甘油、乙醇、吉利丁與TG酵素，來改善蛋白質的凝膠性，增加膜的柔軟性及防止碎裂，增加蛋白質含量，綜合上述實驗，我們得到製作魚鱗的最佳配方為：  
**魚鱗萃取液 20 g、5 %TG 酵素水溶液 0.8 mL、甘油 1 mL、乙醇 1.5 mL。**
- 三、成膜方式：經由實驗結果發現：高溫的烤箱、不沾鍋、果乾機效果都不佳，推測是因為魚鱗萃取出來的明膠**受高溫影響而變性**，以及因高溫導致水分含量低呈乾硬狀態，以至於整體黏附於容器上不易成型及不易脫模取下，冰箱冷凍方式之薄膜結構硬，呈白色且有泡泡，不利後續測試實驗，故以**冰箱冷藏效果最佳**，最容易脫膜取下，結構也最為完整。
- 四、物理測試：我們自製儀器測量成膜後魚鱗薄膜之透水性、穿刺強度、彈性、水溶溫度、膠熔溫度等物理性質，測試經上述流程製作出之魚鱗薄膜，發現其具有**相當程度之彈性及穿刺強度，並且於常溫狀態下不會溶解**，於是確定魚鱗薄膜的實用性。
- 五、應用方面：將上述經物理測試之魚鱗薄膜，應用至泡麵內調味粉末、調味油醬的外包裝，再測試出以熱壓法來密封包裝膜為最佳封口方式，**不管是裝油醬液體或是粉末狀固體，封膜效果都非常好**，完全密封沒有溢出。
- 六、應用結論：魚鱗薄膜不管填裝液體或粉末，所製成之醬料包放入**100度C**的熱水中，**均可在2分鐘內完全溶解**，攪拌後調味料分布平均，效果都很好，比泡麵浸泡時間短，是很適合當作泡麵調味包的包裝材料。
- 七、自然分解：所製成的魚鱗薄膜，在經過**14**天後，都能完全分解。

八、綜觀目前已被廣泛使用之塑膠薄膜製品，如保鮮膜、夾鏈袋、塑膠手套、膠帶等，皆以石化塑膠原料，以添加增塑劑或塑化劑，製成個別不同的穿刺強度、彈性、透水性等性質產品，以達成多樣性的需求用途，但是其共同問題在於使用後廢棄物處理問題，或於焚化後產生空汙，或於掩埋後無法被自然分解，形成二次污染，而本研究試圖由一般人視為廢棄物之魚鱗中，萃取出明膠製作成魚鱗薄膜，目前我們以此方法及添加配方所自製的魚鱗薄膜，初步規劃以可食性泡麵調味包為構想著手，成功的製作出可包覆乾燥粉末及油料醬之包裝薄膜，於熱水沖泡之時，調味粉醬包裝可以連同泡麵一起溶解被食用，不會額外產生廢棄物及二次污染，證明了「可食性魚鱗薄膜」的可行性，故以此方法為基礎，預期可擴大應用範圍，仿效現行石化塑膠產品製程，可依照不同需求性質，實驗不同的配方，製作出多元性需求之成品(如表 7-1)，同時亦可被自然分解不會造成污染，不但兼具環保且能取代石化塑膠包裝造成之食安疑慮。

表 7-1 不同物理性質與相對最佳配方

物理性質	最佳配方(添加物 / 20g 魚鱗萃取液)
穿刺強度	甘油 0.5 mL；乙醇 1.5 mL；5%TG 水溶液 0.8 mL
抗張強度	甘油 1.0 mL；乙醇 1.5 mL；5%TG 水溶液 0.8 mL
彈性	甘油 2.0 mL；乙醇 1.5 mL；5%TG 水溶液 0.8 mL

九、在表 7-2 中，與歷屆科展作品比較，不論是在成品方式、彈性、自製儀器、成本、可食性、應用面的部分，我們都勝出。

表 7-2 本作品與歷屆科展作品之比較

比較項目	58 屆科展作品-魚鱗塑膠	本作品
成品方式	片狀、容器(加防水層)	透明薄膜
魚鱗種類	混合	單一(虱目魚鱗)
具有彈性	否	佳
自製穿刺強度 測量儀器	否	有
成本分析	無	每個只要 0.1 元
可食性	無	可
應用面	容器	調味包，食品包裝膜

## 捌、參考資料及其他

- 一、 國民中學自然科學第四冊。第五章有機化合物(120~151 頁)。康軒文教事業。
- 二、 國民中學自然科學第四冊。第六章力與壓力(158~197 頁)。康軒文教事業。
- 三、 呂品葳等(2016)·蝦殼哇哇挖-幾丁聚醣薄膜之研究《中華民國第 56 屆中小學科學展覽會作品說明書》·國立台灣科學教育館·取自 <https://www.ntsec.edu.tw/>。
- 四、 王靖淵等(2018)·魚鱗塑膠《中華民國第 58 屆中小學科學展覽會作品說明書》·國立台灣科學教育館·取自 <https://www.ntsec.edu.tw/>。
- 五、 黃容蔚等(2017)·「凍不凍有關係」續集《中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品說明書》·國立台灣科學教育館·取自 <https://www.ntsec.edu.tw/>。
- 六、 張少懷等(2019)·「膠」情「非」淺—探討魚鱗膠原蛋白的凝聚及水解分析研究《中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書》·國立台灣科學教育館·取自 <https://www.ntsec.edu.tw/>。
- 七、 蔡宛蕓(2013)·亞洲大學碩士論文《虱目魚魚鱗明膠可食膜之研發》·取自 <https://hdl.handle.net/11296/mcxzj4>
- 八、 康高銓(2013)·亞洲大學論文《魚鱗明膠噴霧式保鮮劑之開發》·取自 <https://hdl.handle.net/11296/93spr8>。
- 九、 陳鈺姍等(2020)·「可食性薄膜取代速食麵調味粉包材之探討」·《全國高級中等學校專業群科 109 年專題及創意製作競賽》·取自 <https://vtedu.mt.ntnu.edu.tw/nss/fgcc/freeze/5a9759adef37531ea27bf1b0/LZT2yA94658/5ff2d90713f7d407da655dc5>
- 十、 2019 年 James Dyson 設計大獎·英國 Lucy Hughes 利用廢棄魚皮、魚鱗和藻類中的蛋白質製出外表與觸感有如塑膠般的包裝材質·取自 <https://www.seinsights.asia/article/3289/3268/6748>
- 十一、 黃俊欽·高分子功能性薄膜 -技術資料-塑料物性介紹  
<http://apmf.kuas.edu.tw/laboratory/%E9%AB%98%E5%88%86%E5%AD%90%E5%8A%9F%E8%83%BD%E6%80%A7%E8%81%AF%E7%9B%9F-ployfilm/docs/page4-2.pdf>

## 【評語】 200013

本作品探討將魚鱗萃取液與不同成分混合以製備魚鱗薄膜，並開發量測其物化特性之方法。報告中亦製作魚鱗薄膜醬包。經由熱水浸泡等試驗，證明其不僅能食用，也能取代塑膠達到減塑、回收資源等功能。此研究主題有趣，內容豐富，但國內、外相似研究頗多，建議多加比較，並詳細探討薄膜之未來應用性與創新性。