

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 化學科

080215

「膠」情「非」淺—探討魚鱗膠原蛋白的凝聚及  
水解分析研究

學校名稱：臺北市大安區新生國民小學

作者： 小六 張少懷 小六 吳昱瑤 小六 林睦潔 小六 聶瑋君	指導老師： 廖章棋 沈白玲
---	---------------------

關鍵詞：魚鱗、膠原蛋白、水解

## 摘要

魚鱗往往被當成廢棄物丟棄，其實魚鱗中富含膠原蛋白，具有凝膠性，且會被蛋白質水解酵素分解成更小分子的胺基酸。因此，我們設計了一系列實驗來了解魚鱗膠原蛋白的提取、凝膠與水解現象。研究發現：1.熬煮不同時間會影響魚膠提取量。2.製程改用玻璃鍋具或悶燒鍋能增加魚膠提取比例。3.驗證傳統製程中加入白醋或檸檬汁的步驟，是為了有去腥的功能。4.魚膠的凝膠性會受濃度與溫度的影響。5.在了解木瓜酵素會使魚膠產生水解現象後，透過 TLC 檢測魚膠水解液與胺基酸標準品比對，發現魚膠水解液確實分解成更小分子的胺基酸。6.藉由品評了解魚膠運用在凝膠食品上有其可行性。從我們的探究，可推廣將魚鱗廢物利用，成為一種愛物惜物的綠色行動。

## 壹、研究動機

我們曾和媽媽到市場買魚，看到魚販的手臂上有魚鱗黏住不會掉下來，而且魚販們都不敢將魚鱗直接沖進水溝，怕堵塞住水管；看到了這些景象，我們產生疑問，為何魚鱗如此有黏性？啟發我們研究魚鱗的動機。我們想起三年級和五年級的課程中都有提到水溶液，想了解魚鱗中的黏性物質是不是會溶解到水裡？我們實際到了雲林口湖生產合作社參觀魚鱗膠原蛋白工廠，在參觀過程中我們想要再深入了解時，導覽解說員卻說是商業機密不願透漏，只能讓我們看魚膠的水解過程，於是我們上網瀏覽有關魚鱗及魚膠的相關資訊，設計實驗進行魚鱗膠原蛋白的相關研究。

## 貳、研究目的

- 一、了解魚鱗及魚鱗膠原蛋白提取的方法與過程。
- 二、探討熬煮魚鱗時影響膠原蛋白提取濃度的因素。
- 三、探討影響魚鱗膠原蛋白凝膠化的因素。
- 四、利用 TLC 檢測魚鱗膠原蛋白被木瓜酵素分解後的水解液。
- 五、透過實作與品評問卷探討魚鱗膠原蛋白製成膠凍食品的可行性。

## 參、研究背景及文獻探討

從文獻中得知大多數魚類的表皮上，有一層由鈣質組成的堅韌外骨骼，那就是鱗片或鱗片的衍生物。魚鱗約占魚體總重的 1~5%，是一種多功能的組織，具有偽裝、維持魚體外形、保護和避免微生物侵害以抵抗疾病等的作用。

魚鱗常被人們視為廢棄物，且不易處理，其主成分中其實含有 45%的膠原蛋白和 55%的氫氧基磷灰石，稍加清洗熬煮後，便可當作補充膠原蛋白的重要來源。

我們實地到雲林口湖生產合作社參觀魚膠的萃取工廠。口湖魚類生產合作社總經理說，他們工廠最引以為傲的成就就是有效利用台灣鯛身上的「膠原蛋白」。這種由魚鱗提煉而來的膠原蛋白每公斤售價可高達 40 萬元，他們與成大技術合作，取用台灣鯛之魚鱗製成膠原蛋白系列保養品及保健食品，行銷全國，更成為日本各大保養品中不可或缺的元素。這項成就不僅解決了每年高達 200 公噸廢棄魚鱗的處理問題，也讓魚鱗翻升了萬倍價值。參觀過程我們學到有關於膠原蛋白的基本常識，不過工廠大多設置專業設備及標準流程，做法涉及商業機密，並非一般民眾可以複製。

		
圖 1：鯛魚宰殺區 1	圖 2：鯛魚宰殺區 2	圖 3：魚膠萃取設備
		
圖 4：脫灰的台灣鯛魚鱗	圖 5：原料清洗:去除魚鱗中的碎肉魚皮等雜質	圖 6：使用真空濃縮機濃縮

鄉下長輩若是有手術開刀或癌症治療後，為了傷口恢復與保養，常用魚鱗煮膠補充原蛋白膠當作日常的飲料飲用，或是當作高湯使用，成了習以為常的事情。於是我們開始透過文獻探討，整理出在家熬煮魚鱗膠原蛋白的方法。

魚鱗膠原蛋白提取方法與過程共通步驟主要是「將魚鱗放入熱水中滾煮→水滾後加白醋或檸檬汁繼續熬煮→以篩子過濾魚鱗取得魚膠溶液。」但其中加醋或加檸檬汁的比例、熬煮多久的時間、怎麼熬煮都沒有明確的規定，也沒有特別說明理由，這雖然成了我們的疑惑，卻也成了繼續探究的課題。

## 肆、研究研究設備及器材

			
魚鱗	不鏽鋼鍋	玻璃鍋	悶燒鍋

			
新鮮鳳梨	新鮮青木瓜	新鮮檸檬	白醋
			
TLC 片	木瓜酵素粉	TLC 展開瓶	胺基酸標準樣品
			
電子秤	手機顯微鏡設備	遠紅外線水分計	甲基藍染色劑
			
廣用試紙	紅茶包	寒天(洋菜)	吉利丁

## 伍、研究過程與結果

### 一、研究架構

我們從了解魚鱗、學習提取魚膠開始研究。研究歷程中逐步產生新的疑問，每次有疑問就必須想辦法或設計實驗來解決問題。以下先針對我們在研究歷程中所產生的問題以及後續發展的研究過程依序介紹，作為本研究整體架構說明。

研究目的	探究問題	研究過程
一、了解魚鱗及魚鱗膠原蛋白提取的方法與過程。	魚鱗的構造與成分？ 一般提取魚鱗膠原蛋白的方式為何？	藉由文獻探討、口湖生產合作社工廠參觀及網路資訊，彙整出一般民眾在家可操作的魚膠提取方法。



研究目的	探究問題	研究過程
二、探討熬煮魚鱗時影響膠原蛋白提取濃度的因素。	白醋或檸檬汁究竟在提取過程扮演什麼角色？ 熬煮時間會影響膠原蛋白的提取量嗎？ 熬煮過 1-5 小時的魚鱗外觀有什麼變化呢？ 用不同鍋具熬煮會影響膠原蛋白的提取量嗎？	實驗 1-1：探究熬煮魚鱗過程加入白醋或檸檬汁，及不同熬煮時間對魚膠提取濃度的影響。 實驗 1-2：檢測不同熬煮時間，魚鱗膠原蛋白溶液之酸鹼度 實驗 1-3：觀察不同熬煮時間後魚鱗的外觀。 實驗 1-4：探究使用不同鍋具熬煮，對魚膠提取比例的影響。
三、探討影響魚鱗膠原蛋白凝膠化的因素。	哪些因素會影響魚鱗膠原蛋白凝膠化呢？ 溫度會影響嗎？ 冷凍後還可以使用嗎？ 加入酵素會有影響嗎？	實驗 2-1：熬煮好的魚鱗膠原蛋白放置在不同溫度下對其凝膠化的影響。 實驗 2-2：探究魚膠是否能以冷凍保存？ 實驗 3：在熬煮好的魚鱗膠原蛋白中添加新鮮青木瓜汁及鳳梨原汁後，對其凝膠化的影響。
四、利用 TLC 檢測魚鱗膠原蛋白被木瓜酵素分解後的水解液。	水解後的魚膠分解成更小的胺基酸了嗎？	實驗 4：以 TLC 檢測青木瓜酵素分解魚膠後的水解液。
五、透過實作與品評問卷探討魚鱗膠原蛋白製成膠凍食品的可行性。	魚鱗膠原蛋白可以代替一般常用的吉利丁，使奶酪產生凝膠現象嗎？ 魚鱗做成茶凍，跟吉利丁、寒天做成的茶凍相比，測試食用者接受度？	實驗 5：探討用魚鱗膠原蛋白製作奶酪的可行性。 實驗 6：探討食用者對魚鱗膠原蛋白製作茶凍的接受度。

## 二、提取魚鱗膠原蛋白的基本製程

### (一) 提取魚鱗膠原蛋白的方法：

- 1.取 100 公克的乾魚鱗及 1000ml 的水(1；10)於鍋中加熱至沸騰。
- 2.水滾後加入醋或檸檬汁，持續熬煮最少 1 小時。
- 3.以乾淨篩子過濾，取出魚鱗。

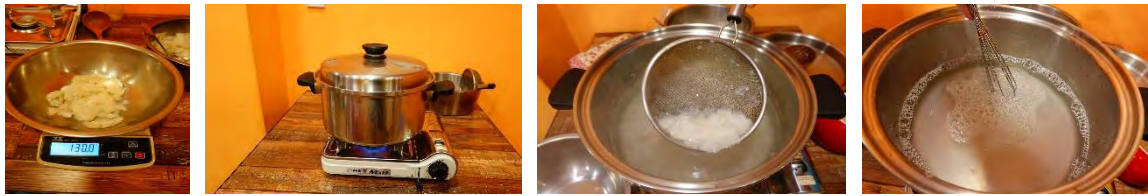


圖 1：提取魚鱗膠原蛋白的方法

(二) 測定魚鱗膠原蛋白濃度方的法：

1. 將熬煮後的魚鱗用篩子瀝乾。
2. 為了避免熬煮過程中水分蒸發所造成魚膠濃度的誤差，我們想出利用乾果機將魚鱗再度烘乾後秤重，計算魚鱗重量損失的比例，即可得到魚膠溶出比例。



圖 2：烘乾魚鱗與秤重的方式

### 三、研究過程、結果與討論

**實驗 1-1**：探究熬煮魚鱗過程加入白醋或檸檬汁，及不同熬煮時間對魚膠提取濃度的影響。

#### (一) 實驗設計

了解魚鱗構造與提取魚鱗膠原蛋白的基本製程後，我們先試做一般共通的製程。過程中注意熬煮魚膠時會有那些現象與需要注意的事項，並探討不同熬煮時間對魚鱗膠原蛋白濃度的影響。

另外，一般熬煮過程中通常有加白醋或檸檬汁，添加酸性物質究竟對魚膠提取濃度會不會產生影響，是本階段一併探究的重點。

#### (二) 實驗過程及方法

1. 取 100 克的新鮮魚鱗及 1000ml 的水(1；10)於不鏽鋼鍋加熱至沸騰(準備 3 鍋)。
2. 水滾後
  - (1) 加入 20ml 白醋，持續熬煮。
  - (2) 加入 20ml 新鮮檸檬汁，持續熬煮。
  - (3) 不加任何東西(維持清水)，持續熬煮。
3. 分別熬煮 1、2、3、4、5 小時後，以乾淨篩子過濾魚鱗，取出魚膠。
4. 使用毛細現象及紅外線水分計測量含膠量。

### (三) 實驗結果

1. 利用毛細現象觀察熬煮 1、2、3、4、5 小時的魚鱗膠原蛋白濃稠度。熬煮 5 小時的魚膠上升高度最低，可以推測其中魚膠比例較高。
2. 再利用遠紅外線水分儀測量熬煮不同時間後的魚鱗膠原蛋白含膠量。

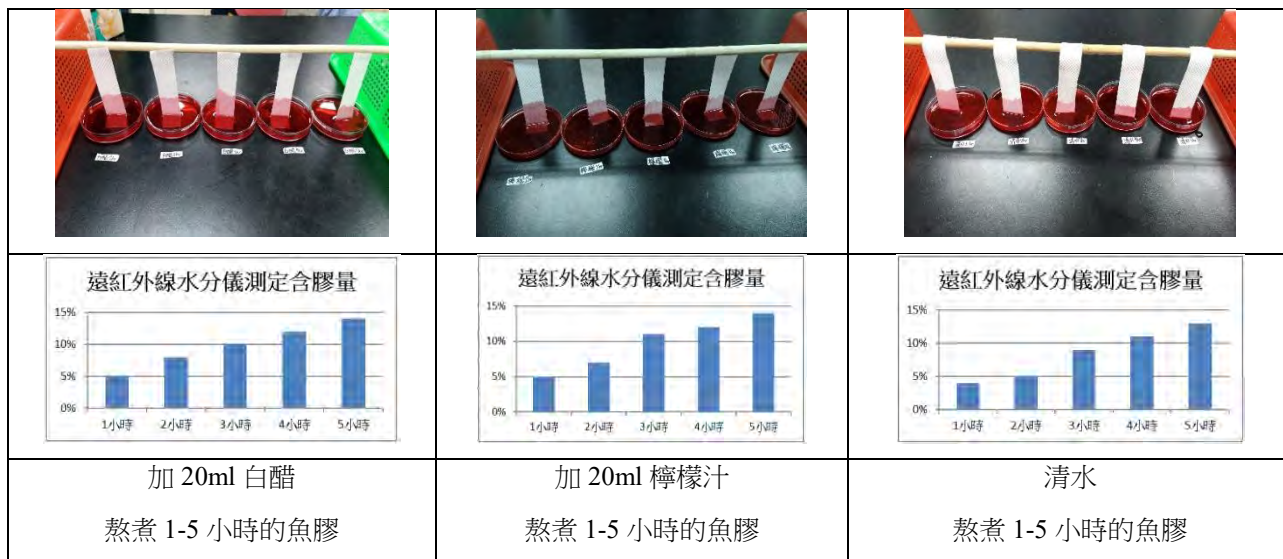


圖 3：測量魚膠濃度

表 1：魚膠濃度測量數據統計表

熬煮時間	毛細現象上升高度			水分儀含膠量		
	加醋	檸檬	僅用清水	加醋	檸檬	僅用清水
1小時	6cm	4.7cm	4.5cm	5%	5%	4%
2小時	5.4cm	4cm	4cm	8%	7%	5%
3小時	6cm	4.4cm	3.5cm	10%	11%	9%
4小時	5.2cm	4.2cm	3.5cm	12%	12%	11%
5小時	4.8cm	3.9cm	3cm	14%	14%	13%

### (四) 實驗觀察及討論

1. 熬煮魚鱗時是拿家中易取的不鏽鋼鍋具，發現過程會不定時的滾沸溢出，所以要轉小火、開蓋並定時翻煮，非常費時費力。
2. 整體來說，不同熬煮時間的魚膠在棉紙上的上升高度很明顯的跟熬煮時間有關，煮 1 個小時的最高，煮 5 小時的最低，推測熬煮愈久含膠濃度愈高。實際利用遠紅外線水分儀測量結果發現，魚鱗熬煮愈久，魚膠含量愈多，與毛細現象上升實驗結果大致相符。
3. 依據遠紅外線水分儀測量結果發現，第 3 小時的膠量上升比例最多。



4. 實驗誤差檢討：利用遠紅外線水分測定儀的結果有明顯的錯誤，因為此儀器是一種用來分析特定物質水分含量的儀器，適合用在含水量少的樣品，利用水分受熱蒸發的原理，用砝碼測出失去水分減輕的重量，再換算出樣品的含水量。但魚膠溶液大部分都是水，但測定魚膠竟然有高達 14%，我們以魚鱗與水以 1:10 的比例熬煮，魚鱗總重也只有約 9%，其中魚鱗的膠原蛋白也僅佔 45%，所以煮出魚膠溶液的含膠量不可能超過 4%。即便考量水分蒸發的因素，這樣的結果也不可能出現。
5. 實驗限制檢討，在熬煮魚膠的過程中，無法避免水分因受熱蒸發或沸騰而散失，這也會影響魚膠在溶液中的比例。
6. 基於以上檢討，我們改變測定含膠量的方法，我們設法取得乾燥魚鱗。後續實驗改用一定重量的乾燥魚鱗進行熬煮，熬煮後再將魚鱗烘乾秤重，這樣可以算出魚鱗減少的重量，便可得到魚鱗中膠原蛋白溶進水中的比例。

### 實驗 1-2：檢測不同熬煮時間魚鱗膠原蛋白之酸鹼度。

#### (一) 實驗設計

在提取魚鱗膠原蛋白的過程中分成添加白醋、檸檬汁或僅用清水三種，我們想了解這些酸性物質是否會影響熬煮後魚膠的酸鹼度，所以利用廣用試紙進行測試。

#### (二) 實驗步驟

1. 將不同方式、不同時間熬煮之魚膠 15 種，分別取少量置於塑膠試管中，以廣用試紙測試其酸鹼度。
2. 對照廣用試紙標準變色表確定魚膠的酸鹼度。



圖 4：測試魚膠酸鹼度



圖 5：廣用試紙標準變色表

(三) 實驗結果：無論熬煮過程是加白醋、檸檬汁或單純用清水，還是熬煮時間 1-5 小時，檢測出來的結果都是中性。

加白醋熬煮 1-5 小時的魚膠	加檸檬汁熬煮 1-5 小時的魚膠	清水熬煮 1-5 小時的魚膠

圖 6：不同魚膠溶液以廣用試紙檢測結果



#### (四) 實驗觀察及討論

1. 提取魚膠過程中，在水滾後就加入的白醋或檸檬汁，熬煮經過 1 個小時後，魚膠溶液皆呈現中性。但依照媽媽煮飯的經驗，白醋或檸檬汁加入菜餚中熬煮，食用時仍會有酸味，但我們食用熬煮出的魚膠並沒有感覺酸味，推測酸性物質可能因為某些化學作用而被中和了。
2. 從清水煮魚鱗仍然可以成功提取魚膠的實驗中，證明在提取過程中加醋或檸檬汁，並不會增加膠的提取量。我們有上行政院環保署網站，查詢到「魚鱗再利用的方法」，其中熬煮魚膠的步驟中完全沒有提到加醋或檸檬汁。我們想到五年級學習酸鹼中和課程時老師有提到，魚腥味的來源是一種叫「胺」的物質，吃魚時擠檸檬汁是為了利用酸性物質將胺變成無腥味的化合物。所以我們推論，傳統魚膠提取過程中添加醋或檸檬汁的目的應該是為了去除腥味。

#### 實驗 1-3：觀察不同熬煮時間後的魚鱗外觀。

##### (一) 實驗設計

取出熬煮過的魚鱗時，我們發現熬煮不同時間後的魚鱗外觀上有些差異，於是著手進行觀察比較。除了透過直接觀察，我們也試著利用手機顯微鏡來做微觀觀察。此外，由網路查詢得知含膠原蛋白的軟組織可由甲基藍染劑染色，由此推想或許能使用這方法來觀察魚鱗在經過不同時間熬煮後仍然附著於鱗片上的膠原蛋白是否有差異。

##### (二) 實驗步驟

1. 將未清洗、清洗過的魚鱗及熬煮不同時間的魚鱗，分別放在桌面上一對比對。



圖 7：直接觀察並記錄各種魚鱗的差異

2. 進行直接觀察：透過肉眼觀察與觸摸。
3. 進行微觀觀察：透過手機顯微鏡觀察魚鱗紋路。



圖 8：利用手機顯微鏡觀察魚鱗

4. 將甲基藍染液滴於熬煮過 1-5 小時之魚鱗上，靜置五分鐘，再以清水漂洗將多餘染劑洗去。所得染色之鱗片以肉眼觀察其顏色深淺。

### (三) 實驗結果

#### 1. 直接觀察與手機顯微鏡觀察魚鱗的結果

魚鱗	直接觀察描述	手機顯微鏡觀察描述
未洗過的魚鱗	光滑、平整、有光澤、不易撕裂	飽滿、有光澤、線條分明
已清洗乾淨的魚鱗	容易互黏在一起、平整、有光澤、不易撕裂	飽滿、有光澤、線條分明
熬煮 1 小時的魚鱗	白色、會反光、可撕裂	有皺紋、光澤減少、較乾
熬煮 2 小時的魚鱗	白色、會反光、會裂不會碎	皺紋增加、裂開、光澤少、乾燥
熬煮 3 小時的魚鱗	顏色偏暗、些微捲曲、攤開過程會條狀破裂	皺紋更多、裂開更明顯、光澤少、乾燥
熬煮 4 小時的魚鱗	偏暗、捲捲的、攤開過程易碎(一搓揉就變屑屑)	乾裂的紋路很清楚又多
熬煮 5 小時的魚鱗	偏暗、完全捲曲、非常易碎(一捏就變屑屑)	乾裂的紋路更清楚且非常多

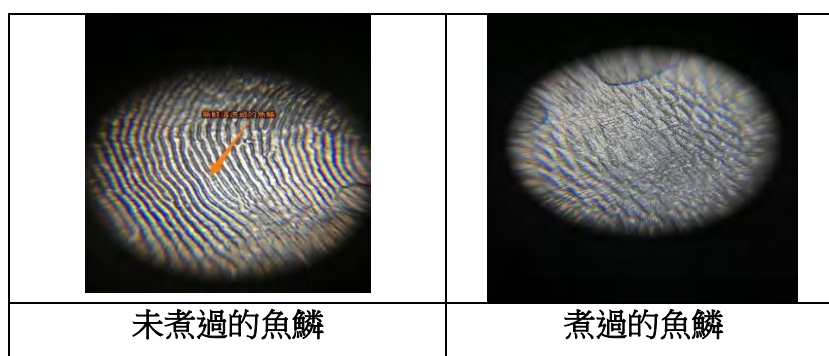


圖 9：有熬煮過與未煮過的魚鱗的差異

#### 2. 利用甲基藍染液觀察魚鱗的結果

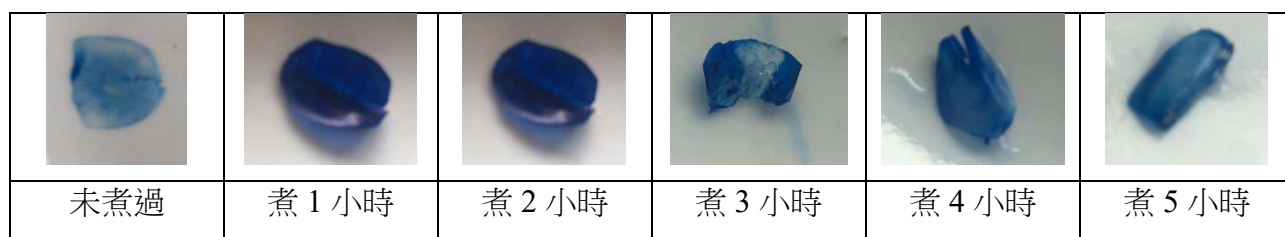


圖 10：利用甲基藍染液觀察魚鱗

#### (四) 實驗觀察及討論

1. 新鮮或清洗過的魚鱗飽滿有光澤，利用手機顯微鏡觀察，魚鱗的構造及紋路皆排列整齊、清晰可見。新鮮或清洗過的魚鱗表面相當平整，很有彈性，即使用手指搓揉、彎折，都不會破裂。
2. 觀察有煮過的魚鱗時，魚鱗上的水分很快就會蒸發、接著乾掉變白，所以記錄的動作要快。利用手機顯微鏡觀察，魚鱗的構造及紋路明顯被破壞。煮愈久的魚鱗愈缺少光澤，也容易捲曲(尤其水分蒸發後更明顯)，用手搓揉魚鱗時，會容易破裂甚至搓成屑屑。
3. 利用甲基藍染液觀察魚鱗的初步結果顯示，染劑附著的確隨熬煮時間而減少(藍色逐漸變淡)，顯示膠原蛋白已經慢慢離開魚鱗而進入水溶液中。但即使熬煮時間達五小時藍色仍然很明顯，顯示魚鱗即使已經經過 5 小時熬煮，仍有許多膠原蛋白未溶出。
4. 甲基藍染液染色實驗有個令人意外結果，就是未經熬煮的魚鱗，竟然呈現的藍色比所有熬煮過的魚鱗還淡，這結果顯然和甲基藍染液會沾黏膠原蛋白軟組織的性質不合。針對這個現象，我們有兩種推測：
  - (1) 未煮過的魚鱗表面可能有一層保護組織保護了膠原蛋白，所以用甲基藍染液染色，只能測出表面些微的膠原蛋白。
  - (2) 有可能是魚鱗樣品在染色前放置太久。由於藥品運送與假期影響，我們並未在拿到新鮮魚鱗就進行染色。這對已煮沸殺菌的鱗片樣本或許影響不大，但對生的魚鱗可能造成的結果是魚鱗表面的微生物會分解膠原蛋白，造成大量膠原蛋白流失，因此出現顏色較淡。這些推測有待未來使用新鮮魚鱗來驗證。

#### 實驗 1-4：探究不同鍋具熬煮魚膠的效果。

##### (一) 實驗設計

前導實驗時曾試過使用燒杯與酒精燈進行熬煮，發現溶液不易沸騰，但熬煮 1 小時後的結果讓人驚訝，用燒杯熬煮出的魚膠明顯比用瓦斯爐以鐵鍋熬煮的魚膠濃度高。

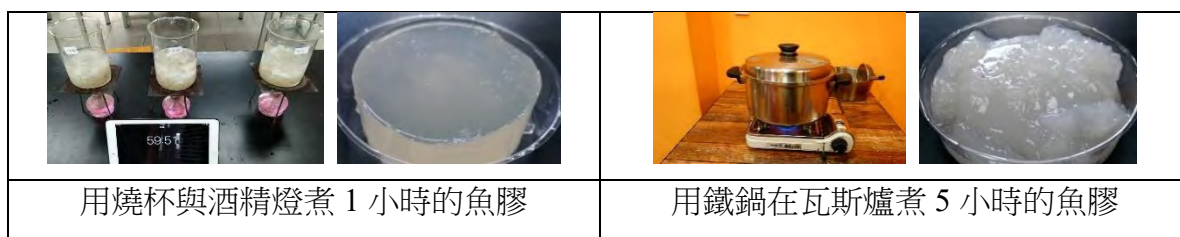


圖 11：不同方式、時間熬煮的魚膠

針對此現象我們著手探討相關文獻，文獻提及「**膠原蛋白對熱較敏感，熱水提取魚鱗最佳溫度在 60-70°C，溫度高些有助於提取魚膠，但溫度過高提取率還會有所下降。超過 70°C 後所提取出的魚膠固含量反而會有所降低，導致魚膠量的質量降低。**」

實驗檢討：

1. 我們依照燒杯熬煮魚膠的實驗，想要改用一般家庭中都有的玻璃鍋具進行實驗，過程中也都以瓦斯爐的最小火熬煮，來測試是否有較高的提取量。
2. 另外有隊友提出，家裡有用悶燒鍋悶煮食物，若是將魚膠煮滾後，放置於悶燒鍋中，由於溫度會緩慢下降，也許有助於魚膠溶出，而且熬煮魚膠費時費力費能源，若改用悶燒鍋，可以大幅減少人力成本與能源成本。

## (二) 實驗步驟

1. 取 100 克的乾魚鱗及 1000ml 的水(1：10)。
  - (1) 放入鐵鍋加熱至沸騰後轉小火分別熬煮 1-3 小時。
  - (2) 放入玻璃鍋加熱至沸騰後轉小火分別熬煮 1-3 小時。
  - (3) 加熱至沸騰後放入悶燒鍋，分別悶煮 3、6、9 小時。
2. 以乾淨篩子過濾，取出魚鱗瀝乾後，利用乾果機烘乾後秤重，計算魚鱗重量流失比例，即可計算魚膠溶出比例。

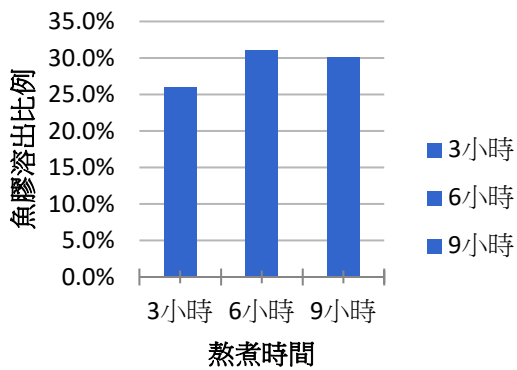
## (三) 實驗結果

將三種鍋具實驗結果併呈如下表。

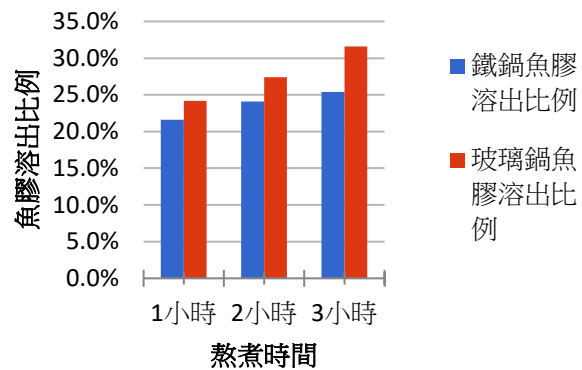
鍋具		熬煮時間	熬煮後魚鱗重量	魚膠溶出比例
不鏽鋼鍋		1 小時	78.4g	21.6%
		2 小時	75.9 g	24.1%
		3 小時	74.6 g	25.4%
玻璃鍋		1 小時	75.8 g	24.2%
		2 小時	72.6 g	27.4%
		3 小時	68.4 g	31.6%
悶燒鍋		3 小時	74.0 g	26.0%
		6 小時	69.0 g	31.0%
		9 小時	70.0 g	30.0%



### 悶燒鍋熬煮魚膠溶出比例



### 不同鍋具熬煮魚膠溶出比例



#### (四) 實驗觀察及討論

1. 不鏽鋼鍋、玻璃鍋熬煮魚膠的提取量都會隨著熬煮時間愈長而增加。
2. 以悶燒鍋放置 6 小時提取魚膠比例大於放置 6 小時，而放置 9 小時的比例並無增加之現象。
3. 比較各鍋具第三小時的魚膠溶出比例，玻璃鍋達 31.6%效果略勝其他鍋具，此比例是本實驗中最高，魚鱗有 45%是膠原蛋白，表示有逾七成的魚膠可在熬煮中溶出。
4. 若考量經濟效益，採用悶燒鍋悶煮 6 小時會是最好的選擇，魚膠溶出比例達 31%，可節省人力成本與減少耗能。
5. 數據中發現悶燒鍋悶 9 小時的魚膠溶出量並沒有比 6 小時多，一方面可能有實驗誤差，另一方面推測悶鍋經過 6 小時後溫度逐漸冷卻，無法繼續有效的溶出魚膠，以致魚膠溶出比例沒有上升。

#### 實驗 2-1：熬煮好的魚鱗膠原蛋白放置在不同溫度中對其凝膠化的影響。

##### (一) 實驗設計

家中有時會煮雞湯或燉肉，沒有吃完的菜餚放到冰箱中常會有結凍的現象，媽媽說這是膠質冷卻的現象，我們想魚膠應該也會有一樣情形。於是我們想進一步探討，魚膠放在不同溫度下其凝膠現象會如何？

##### (二) 實驗步驟

1. 將實驗 1-1 熬煮的魚鱗膠原蛋白溶液分別取 30ml 裝入容器中，再分別放置在冷藏 5°C及室溫 28°C的環境下 1-4 小時。
2. 觀察其凝膠化的現象：
  - (1) 透過肉眼直接觀察膠液凝固狀況。
  - (2) 取出固態膠體秤重。

### (三) 實驗結果

熬煮 1 小時的魚鱗膠原蛋白(加入檸檬汁)				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
凝固狀況	魚膠表層出現一層薄薄的凝結薄膜，底層仍是液態。凝膠現象不明顯。	魚膠凝結較固體狀，搖晃時還有些許液體。有明顯凝膠現象。	魚膠凝結較固體狀，搖晃時液體偏少。	魚膠凝結為固體狀，搖晃時無液體。
膠體重量	2.8 克	18.3 克	22.7 克	30 克
時間	室溫 28°C 1 小時	室溫 28°C 2 小時	室溫 28°C 3 小時	室溫 28°C 4 小時
凝固狀況	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。
膠體重量	0 克	0 克	0 克	0 克
熬煮 1 小時的魚鱗膠原蛋白(加入白醋)				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
凝固狀況	魚膠表層出現一層薄薄的凝結薄膜，底層仍是液態。凝膠現象較明顯。	魚膠凝結較固體狀，搖晃時還有些許液體。	魚膠凝結較固體狀，搖晃時液體偏少。	魚膠凝結為固體狀，搖晃時無液體。
膠體重量	2.78 克	19.1 克	22.6 克	30 克
時間	室溫 28°C 1 小時	室溫 28°C 2 小時	室溫 28°C 3 小時	室溫 28°C 4 小時
凝固狀況	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。
膠體重量	0 克	0 克	0 克	0 克

熬煮 2 小時的魚鱗膠原蛋白(加入檸檬汁)				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
凝固狀況	魚膠表層出現一層薄薄的凝結薄膜，底層仍是液體狀態。凝膠現象較明顯。	魚膠凝結較固體狀，搖晃時還有些許液體。有明顯凝膠現象。	魚膠凝結為固體狀，搖晃時液體偏少。有明顯凝膠現象。	魚膠凝結為固體狀，搖晃時無液體。
膠體重量	3.2 克	23.5 克	25.2 克	30 克
時間	室溫 28°C 1 小時	室溫 28°C 2 小時	室溫 28°C 3 小時	室溫 28°C 4 小時
凝固狀況	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。
膠體重量	0 克	0 克	0 克	0 克

熬煮 2 小時的魚鱗膠原蛋白(加入白醋)				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
凝固狀況	魚膠表層出現一層薄薄的凝結薄膜，底層仍是液態。凝膠現象較明顯。	魚膠凝結較固體狀，搖晃時還有些許液體。有明顯的凝膠現象。	魚膠凝結較固體狀，搖晃時液體偏少。	魚膠凝結為固體狀，搖晃時無液體。
膠體重量	3.13 克	22.67 克	24.41 克	30 克
時間	室溫 28°C 1 小時	室溫 28°C 2 小時	室溫 28°C 3 小時	室溫 28°C 4 小時
凝固狀況	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。
膠體重量	0 克	0 克	0 克	0 克

熬煮 3 小時的魚鱗膠原蛋白(加入檸檬汁)				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
凝固狀況	魚膠表層出現一層薄薄的凝結薄膜，底層仍是液體狀態。凝膠現象較明顯。	魚膠表層出現凝結，底層仍是液體狀態。有明顯的凝膠現象。	魚膠凝結為固體狀，搖晃時無液體。	魚膠凝結為固體狀，搖晃時無液體。
膠體重量	3.3 克	16.1 克	29.1 克	30 克
時間	室溫 28°C 1 小時	室溫 28°C 2 小時	室溫 28°C 3 小時	室溫 28°C 4 小時
凝固狀況	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。
膠體重量	0 克	0 克	0 克	0 克

熬煮 3 小時的魚鱗膠原蛋白(加入白醋)				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
凝固狀況	魚膠表層出現一層薄薄的凝結薄膜，底層仍是液體狀態。凝膠現象較明顯。	魚膠凝結較固體狀，搖晃時還有些許液體。有明顯的凝膠現象。	魚膠凝結較固體狀，搖晃時液體偏少。	魚膠凝結為固體狀，搖晃時無液體。
膠體重量	3.6 克	16.6 克	28.7 克	30 克
時間	室溫 28°C 1 小時	室溫 28°C 2 小時	室溫 28°C 3 小時	室溫 28°C 4 小時
凝固狀況	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。
膠體重量	0 克	0 克	0 克	0 克

熬煮 4 小時的魚鱗膠原蛋白(加入檸檬汁)				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
凝固狀況	魚膠表層出現凝結，底層仍是液體狀態。凝膠現象較明顯。	魚膠凝結較固體狀，搖晃時液體偏少。凝膠現象較明顯。	魚膠凝結為固體狀，搖晃時液體偏少。	魚膠凝結為固體狀，搖晃時無液體。
膠體重量	6.7 克	17.6 克	28.3 克	30 克
時間	室溫 28°C 1 小時	室溫 28°C 2 小時	室溫 28°C 3 小時	室溫 28°C 4 小時
凝固狀況	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。
膠體重量	0 克	0 克	0 克	0 克
熬煮 4 小時的魚鱗膠原蛋白(加入白醋)				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
凝固狀況	魚膠表層出現一層薄薄的凝結薄膜，底層仍是液態。凝膠現象較明顯	魚膠表層出現一層薄薄的凝結薄膜，底層仍是液態。有明顯的凝膠現象	魚膠凝結為固體狀，搖晃時無液體。	魚膠凝結為固體狀，搖晃時無液體。
膠體重量	5.96 克	18.2 克	28.5 克	30 克
時間	室溫 28°C 1 小時	室溫 28°C 2 小時	室溫 28°C 3 小時	室溫 28°C 4 小時
凝固狀況	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。	魚膠為液態，沒有凝膠現象。
膠體重量	0 克	0 克	0 克	0 克

#### (四) 實驗結果觀察及討論

- 熬煮不同時間的魚鱗膠原蛋白溶液，在冷藏 5°C 下，都會出現凝膠現象，冷藏時間越長，凝膠現象愈明顯。冷藏 4 小時後可完全凝膠。但放在室溫 28°C 下的都沒有出現凝膠現象。這顯示魚鱗膠原蛋白溶液需要冷藏後才會出現凝膠現象。
- 下圖以加入檸檬汁熬煮的魚膠為例，熬煮 1~4 小時的魚膠在冷藏 4 小時都能完全形成固態凝膠，但形成的時間速度不同，以整體趨勢來說，熬煮越久的魚膠形成固態的時間越快，但都要冷藏超過 3 小時才能完全形成固態。

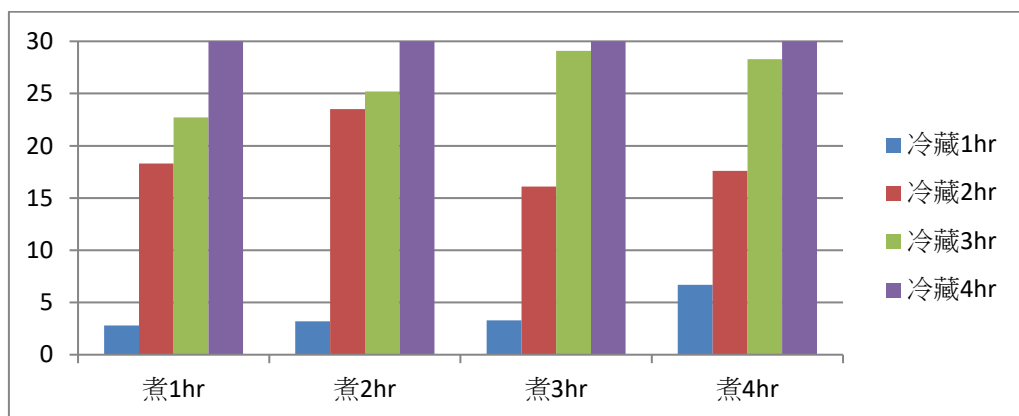
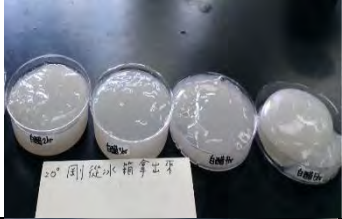
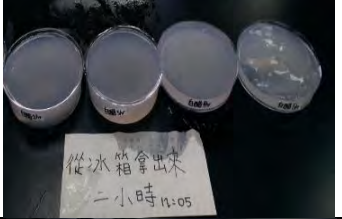
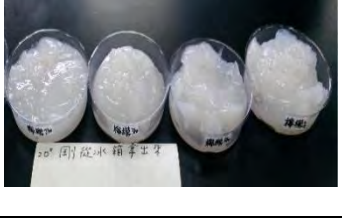
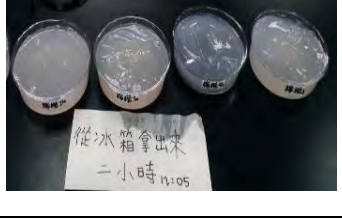


圖 12 加入檸檬汁熬煮的魚膠冷藏後凝膠現象統計圖



3. 觀察從冷藏室將凝結的魚膠放回室溫下 20°C，凝膠會慢慢還原成液態，經過 2 小時後發現，添加白醋熬煮的魚膠，還原量比添加檸檬汁熬煮的多。我們推測添加檸檬汁熬煮也許有能夠維持凝膠狀態的優點。

魚膠	剛從冰箱拿出來的樣子	放在室溫 20°C 下 2 小時後	觀察結果
加白醋熬煮 1-4 小時的魚膠			白醋熬煮的魚膠置於室溫 20°C 下置放 2 小時，熬煮 1~3 小時的魚膠幾乎還原為液態。熬煮 4 小時的魚膠仍殘存部分固體。
加檸檬汁熬煮 1-4 小時的魚膠			檸檬熬煮的魚膠於室溫 20°C 下置放 2 小時，都還有明顯固體凝膠，熬煮時間越長的還原成液態的比例越少。

### 實驗 2-2：探討魚鱗膠原蛋白以冷凍方式保存的可行性。

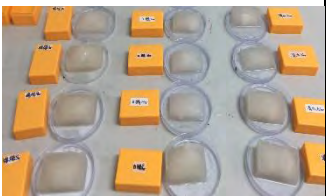
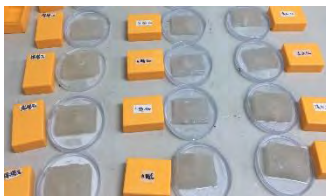
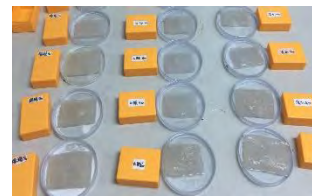
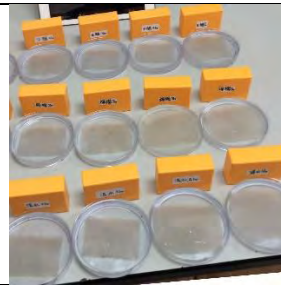
#### (一) 實驗設計

傳統熬煮魚膠都是以大鍋一次熬煮多量，但熬煮後的保存方式是一個問題。考量現今家庭人口較少，大量魚膠若僅以冷藏保存，可能有腐敗的疑慮，我們想將魚膠以冷凍保存，確認魚膠還能維持原有特性。

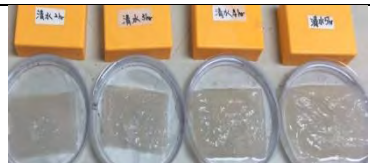
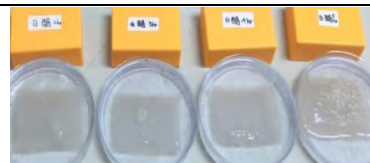
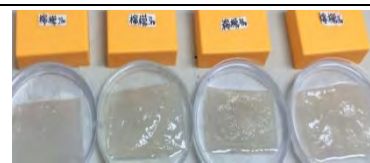
#### (二) 實驗步驟

1. 分別取 100ml 的魚鱗膠原蛋白，放入塑膠盒置於冷凍庫中，使其完全凝固。
2. 取出塑膠盒，倒出結冰後的魚膠，放置於室溫解凍。
3. 觀察其解凍過程發生的現象。

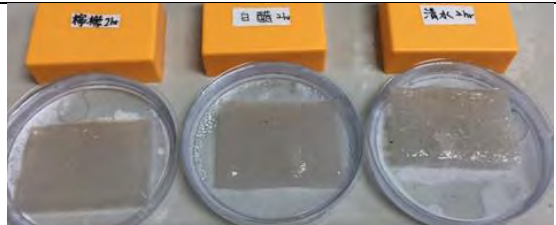
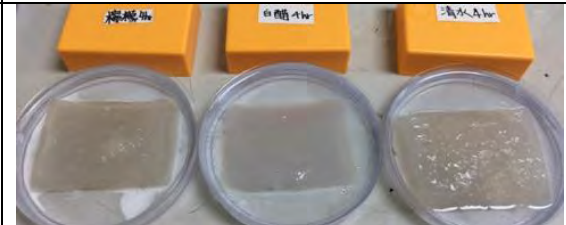
#### (三) 實驗結果

退冰 2 小時	退冰 4 小時	退冰 8 小時	退冰 24 小時
			
大部分魚膠仍為固態冰狀態，表面解凍回復為膠體，已有還原為液態的情形，熬煮時間越短的魚膠，還原越多。	熬煮一小時的魚膠體積明顯縮小，還原為液態的情形明顯，固態膠體內部仍能感覺有固態冰存在。	不同魚膠都明顯有還原現象，且殘餘固態物都為膠凍，熬煮時間越久的魚膠，殘餘膠凍越多。	所有魚膠都還有膠體殘留，熬煮時間越久的魚膠，殘餘膠凍越多。

將退冰 24 小時後的不同熬煮時間的魚膠並列比較：

魚膠種類	清水熬煮 1~4 小時	加白醋熬煮 1~4 小時	加檸檬汁熬煮 1~4 小時
比較照片			

將退冰 24 小時後的不同熬煮方式的魚膠並列比較：

熬煮時間	熬煮 2 小時	熬煮 4 小時
比較照片		

#### (四) 實驗結果觀察及討論

1. 從實驗結果可以發現，冷凍後的魚膠在解凍後仍為膠體，不會因為冷凍而影響凝膠形成。所以可以利用冷凍方式保存魚膠，避免腐壞。
2. 熬煮越久的魚膠隨著退冰時間增加，膠體還原的比例越少。

從三種熬煮方式來比較，可以發現添加白醋熬煮的魚膠顏色最淡，但是最容易還原為液態，可以推測白醋能讓色澤較好，但不容易長時間維持膠體。清水熬煮的魚膠與添加檸檬汁熬煮的魚膠顏色都差不多，且較能維持膠體，不像白醋熬煮的魚膠容易還原成液態。證明添加酸性物質並沒有大量增加魚膠提取的效用。

### 實驗 3：在熬煮好的魚鱗膠原蛋白中添加青木瓜汁及鳳梨原汁後，對其凝膠化的影響。

#### (一) 實驗設計

我們將煮好的魚膠用來做果凍，但發現有些水果果凍無法順利凝膠，經查詢原來是有些水果中的酵素會影響凝膠現象，再經由文獻探討發現，青木瓜與鳳梨酵素經常應用在料理時軟化肉質，所以我們選定青木瓜與鳳梨來研究酵素對魚膠凝膠化的影響。由於已經確定液態魚膠必須置於冷藏狀態才能形成凝膠，接下來的實驗都將液態魚膠放置冰箱中冷藏。

#### (二) 實驗步驟

1. 分別取 30ml 的魚鱗膠原蛋白，各加入 5ml 新鮮青木瓜原汁及鳳梨原汁，放置在冷藏 5°C 的環境下 1-4 小時。
2. 觀察其凝膠化的現象：
  - (1) 透過肉眼直接觀察膠液凝固狀況。
  - (2) 取出固態膠體秤重。

(三) 實驗結果：加入青木瓜汁或是鳳梨汁的魚膠都只有表層能形成凝膠狀態，表面會出現一層薄薄的凝結薄膜，下層仍是液態。凝膠重量會隨著冷藏時間增長而增加。

熬煮 1 小時的魚鱗膠原蛋白				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
加青木瓜汁 膠體重量	0.09 克	0.96 克	2.19 克	4.16 克
添加鳳梨汁 膠體重量	0.15 克	1.64 克	2.15 克	3.77 克
熬煮 2 小時的魚鱗膠原蛋白				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
加青木瓜汁 膠體重量	0.19 克	1.92 克	3.19 克	4.92 克
添加鳳梨汁 膠體重量	0.87 克	1.84 克	3.08 克	4.87 克
熬煮 3 小時的魚鱗膠原蛋白				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
加青木瓜汁 膠體重量	1.38 克	3.22 克	4.42 克	6.91 克
添加鳳梨汁 膠體重量	1.71 克	3.75 克	4.36 克	7.72 克
熬煮 4 小時的魚鱗膠原蛋白				
時間	冷藏 5°C 1 小時	冷藏 5°C 2 小時	冷藏 5°C 3 小時	冷藏 5°C 4 小時
加青木瓜汁 膠體重量	2.24 克	5.52 克	6.51 克	7.81 克
添加鳳梨汁 膠體重量	2.92 克	5.78 克	6.42 克	8.13 克

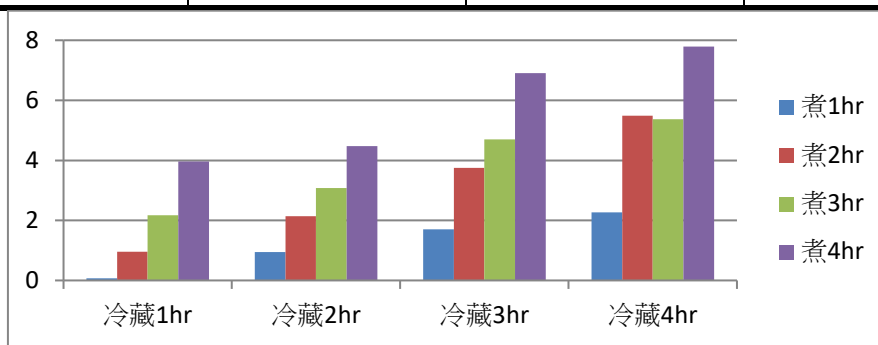


圖 13：魚膠加入青木瓜汁冷藏後凝膠現象統計圖

#### (四) 實驗結果觀察及討論

1. 添加青木瓜原汁及鳳梨原汁的魚鱗膠原蛋白溶液，會依冷藏時間逐漸增加些微的凝膠量，4 小時後最多僅有不足 8 公克的凝膠形成，與無添加任何酶的魚鱗膠原蛋白溶液的凝膠量做比對，添加木瓜或鳳梨酵素確實會影響凝膠形成。
2. 熬煮越久的魚膠隨著冷藏時間增加形成凝膠的比例越高，但無法完全凝膠。



3. 從這個實驗讓我們知道，原來魚鱗中的膠原蛋白會在低溫狀態產生凝聚現象，若是加入蛋白質分解酵素(例如青木瓜汁、鳳梨汁)後，會讓膠原蛋白中的大分子的蛋白質成分水解，變成小分子的胜肽或是人體可以吸收的胺基酸。水解後的膠原蛋白便無法凝聚成膠凍，我們確實看到無法凝膠的魚膠放置於冰箱多日仍是液態。
4. 我們回想到一開始去參觀口湖生產合作社的工廠，他們最主要就是將魚膠水解，製成保養品或保健食品，這讓我們想探究魚膠在經過蛋白質分解酵素水解後，是不是真的變成胺基酸了。

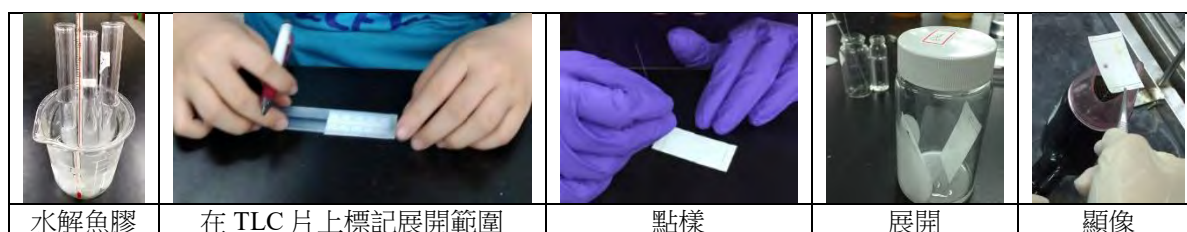
#### 實驗 4 以 TLC 檢測木瓜酵素分解魚膠後的水解液。

##### (一) 實驗設計

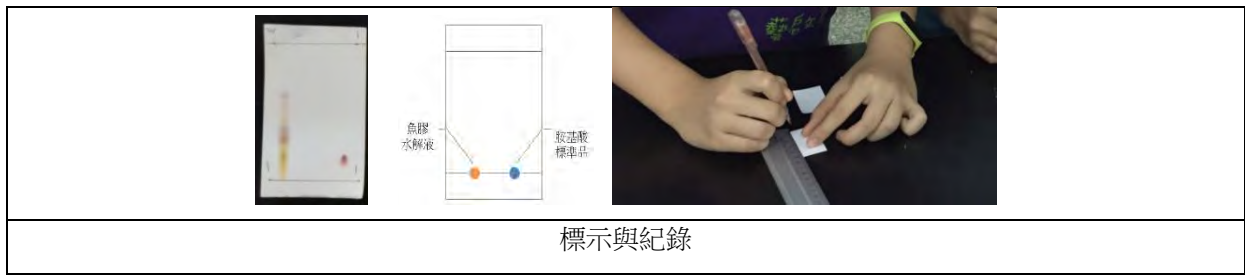
我們想進一步分析魚膠水解後真的會分解成較小的胺基酸嗎？老師教我們可以利用薄層層析法(thin layer chromatography, TLC)檢測水解後的魚膠溶液，利用胺基酸標準品的比對，可以找出魚膠的蛋白質中含有那些胺基酸。於是我們選定幾種在動物性蛋白質中含量較多，較常見也較易取得的胺基酸作為標準品進行實驗。

##### (二) 實驗步驟

1. 準備：四種胺基酸(Arginine、Cysteine、Lysine、Valine)標準品標示為 1-4 號、魚膠水解溶液、玻璃毛細管、TLC 片(長度 5cm)、展開瓶、展開溶劑(正丁醇、水、冰醋酸，比例 3：1：1)、吹風機、顯色溶劑(茚三酮 Ninhydrin)。
2. 水解魚鱗膠原蛋白：將 10ml 的魚膠加入 0.1g 木瓜酵素粉攪拌均勻。我們參考【木瓜酵素分解蛋白質分析研究。張智硯。麗山高中(2015)】中的結論，將魚膠放入攝氏 36~37 度的溫水(模擬人體體溫)，靜置 30 分鐘內的最佳分解條件，取得魚膠水解溶液。
3. 點樣：用鉛筆在 TLC 片上距底端與距頂端 0.5 cm 處輕畫橫線作為起始線與終止線，設定展開距為 4cm。一片 TLC 片點上一種胺基酸標準品與魚膠水解液做對照。
4. 展開：將完成點樣的 TLC 片放在密閉且充滿展開劑飽和蒸氣的展開槽中進行展開。當展開劑上升至終止線時取出 TLC 片，接著用吹風機吹乾 TLC 片上的展開溶劑。
5. 顯像：將吹乾的 TLC 片泡進顯色溶劑後拿出再吹乾。
6. 標示與記錄：用鉛筆標示色斑的中心位置，計算及登錄各點的 Rf 值。







標示與紀錄

(三) 實驗結果：

1. 我們為了避免木瓜酵素和魚膠本身對實驗產生干擾，所以先針對木瓜酵素與未水解的液態魚膠進行 TLC 檢測。

樣品	木瓜酵素	魚膠		
展開距離(cm)	4	4	<p>色斑</p>	<p>色斑</p>
移動距離(cm)	1.2	0		
Rf 值	<b>0.3</b>	<b>0</b>		
			木瓜酵素	未水解魚膠

圖 14：木瓜酵素和魚膠對實驗干擾的檢測結果

由實驗可發現，木瓜酵素會移動，有一個明顯的色斑，Rf 值為 0.3。未水解魚膠移動距離並不明顯，留在較下方的位置。

2. 魚膠水解液檢測的結果。

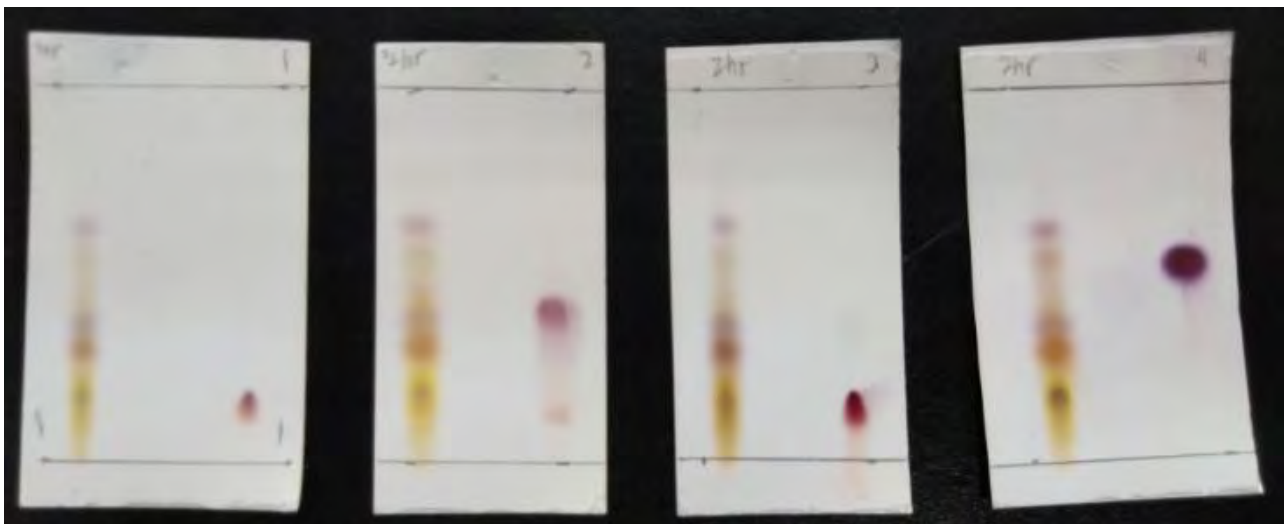


圖 15：TLC 片檢測魚膠水解液與 4 種胺基酸

胺基酸標準品	1 號 Arginine	2 號 Cysteine	3 號 Lysine	4 號 Valine
展開距離(cm)	4	4	4	4
移動距離(cm)	0.7	1.7	0.85	1.76
Rf 值	<b>0.175</b>	<b>0.425</b>	<b>0.21</b>	<b>0.44</b>

魚膠水解液經過展開後，發現有明顯的 6 個色斑，由下往上分別標示為 1-6 號。

魚膠水解液	1 號色斑	2 號色斑	3 號色斑	4 號色斑	5 號色斑	6 號色斑
展開距離(cm)	4	4	4	4	4	4
移動距離(cm)	0.7	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6
Rf 值	<b>0.175</b>	<b>0.325</b>	<b>0.4</b>	<b>0.475</b>	<b>0.575</b>	<b>0.65</b>

#### (四) 實驗結果觀察及討論

1. TLC 片檢測原理主要是利用於不同的化合物與矽膠之吸附力，和展開劑間溶解度的差異，當展開劑上升、流經所吸附的試樣點時，吸附力弱的物質移動快，吸附力強的移動慢。由於各種物質移動的速率不同，使混合物最後在矽膠層上分開，達到分離目的。經 TLC 檢測後，發現未水解魚膠移動距離不明顯，推測魚膠分子較大，不容易被展開劑帶動而停留在較下方的位置。
2. TLC 檢測後，發現魚膠水解液共出現 6 個明顯色斑，其中第 1.3.4 號色斑的 Rf 值與 Arginine、Cysteine、Valine 三個胺基酸標準品相當接近，推論水解液中含有這三種胺基酸。但是 2 號色斑的 Rf 值與木瓜酵素的 Rf 值相近，推論 2 號色斑應該是木瓜酵素本身內含的物質。

魚膠水解液	1 號色斑	3 號色斑	4 號色斑
Rf 值	<b>0.175</b>	<b>0.4</b>	<b>0.475</b>
胺基酸標準品	Arginine	Cysteine	4 號 Valine
Rf 值	<b>0.175</b>	<b>0.425</b>	<b>0.44</b>

3. 實驗後經查詢發現美國的化學公司網站有做過 22 種胺基酸的 Rf 值【REACH Devices, LLC。Thin Layer Chromatography of aminoacids and short peptides】，藉此比對魚膠水解液的 5 號、6 號色斑的 Rf 值，發現與下列胺基酸較相近，未來可以再針對這兩種胺基酸做進一步的檢測。

魚膠水解液	5 號色斑	6 號色斑
Rf 值	<b>0.575</b>	<b>0.65</b>
Rf 值相似的胺基酸	Tyrosine	Norleucine
Rf 值	<b>0.55</b>	<b>0.63</b>

4. 實驗發現，經過木瓜酵素水解後的魚鱗膠原蛋白確實會由蛋白質分解成較小分子的胺基酸，而且排除木瓜酵素干擾後可確定至少含有 5 種胺基酸。其中 Valine (纈胺酸) 為人體必需胺基酸。

## 實驗 5：探討用魚鱗膠原蛋白製作奶酪的可行性。






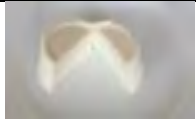
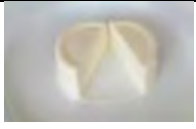



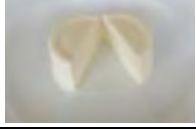

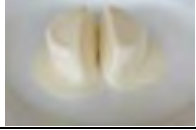







### (一) 實驗設計

探究過魚鱗膠原蛋白的凝膠現象後，我們覺得魚膠應該也可以拿來製成膠凍食品，由於我們都很喜歡吃奶酪，所以決定繼續了解奶酪的製程，並於實際操作中，藉由觀察奶酪的凝膠現象及室溫 28°C 下的會還原為液態的情形，來討論魚膠取代吉利丁製作奶酪的可行性。

### (二) 實驗步驟

1. 奶酪製作配方：牛奶 100 克、原味優酪乳 80 克、檸檬汁 5ml、液態魚膠分別以 50 克、100 克、150 克、200 克添加在奶酪中。
2. 將所有冷藏 6 小時至凝固的魚膠奶酪放在室溫 28°C，每 10 分鐘觀察一次並記錄。

### (三) 實驗結果

時間 克數	一開始	經 10 分鐘後	經 20 分鐘後	經 30 分鐘後	經 40 分鐘後
加入 魚膠 50 克					
	對切方便觀察	開始出現還原現象	明顯出現還原的液體	幾乎還原液態	完全還原液態
加入 魚膠 100 克					
	對切方便觀察	開始出現還原現象	明顯出現還原的液體	幾乎還原液態	完全還原液態
加入 魚膠 150 克					
	對切方便觀察	無變化	開始出現還原現象	幾乎還原液態	完全還原液態
加入 魚膠 200 克					
	對切方便觀察	無變化	開始出現還原現象	幾乎還原液態	幾乎完全還原液態

(四) 觀察及討論：在室溫 28°C 下 5 分鐘魚膠奶酪都已開始出現還原的現象，至 20 分鐘後更加明顯。由此可知用液體魚膠冷藏製作的奶酪，在室溫下經過 40 分鐘後會完全還原為液態。但加入愈多魚膠還原的速度愈慢。若要以魚膠取代吉利丁，必須控制魚膠的比例，讓口感不要太硬，而且必須維持在冷藏狀態，食用時也要盡速食用完畢，以免發生還原成液態的情形。

## 實驗 6：探討食用者對魚鱗膠原蛋白製作茶凍的接受度

### (一) 實驗設計

除了奶酪外，我們也嘗試將魚膠添加在其他凝膠性食品中，例如紅茶魚膠凍，期待魚膠能更廣泛的運用在食品上，除了讓魚鱗再利用，或許也是新的商機。但食用者對魚鱗膠原蛋白製成食品的接受度是重要關鍵，所以本實驗將魚鱗膠原蛋白製成紅茶凍，讓食用者透過品評，跟寒天及吉利丁製成的紅茶凍相較後，來了解食用者的接受度。

### (二) 實驗步驟

1. 製作三種茶凍—A 寒天紅茶凍、B 吉利丁紅茶凍、C 魚膠紅茶凍。
2. 將三種茶凍放在一個盤子上，分別標籤為 A、B、C。
3. 邀請自願的受試者(共邀請到大人、小孩合計 30 人)。
4. 施測者與受試者均在不知道 ABC 茶凍分別加入什麼的情形下進行調查，是完全盲測的情形。
5. 受試者分別進行外觀、氣味及口感的分項填答後，再完成整體評分與建議。
6. 分析問卷。



ABC 三種茶凍

品評問卷

受試者品評過程

### (三) 實驗結果

1. 將受試者依不同性別來統計結果：

性別	人數	選擇	外觀			氣味			口感			整體		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
男生 人數	14	選 3 人數	14	0	0	4	4	6	11	3	0	11	2	1
		選 2 人數	0	1	13	7	5	2	3	7	4	3	3	8
		選 1 人數	0	13	1	3	5	6	0	4	10	0	9	5
女性 人數	16	選 3 人數	10	1	5	5	1	10	7	1	8	8	1	7
		選 2 人數	5	2	9	8	4	4	5	8	3	6	5	5
		選 1 人數	1	13	2	3	11	2	4	7	5	2	10	4



	男外觀 A	女外觀 A	男外觀 B	女外觀 B	男外觀 C	女外觀 C	男口感 A	女口感 A	男口感 B	女口感 B	男口感 C	女口感 C
平均數	3	2.5625	1.071429	1.25	1.928571	2.1875	2.785714	2.1875	1.928571	1.625	1.285714	2.1875
顯著否	顯著不同		差不多		差不多		顯著不同		差不多		顯著不同	

p<0.1 為顯著不同

	男氣味 A	女氣味 A	男氣味 B	女氣味 B	男氣味 C	女氣味 C	男整體 A	女整體 A	男整體 B	女整體 B	男整體 C	女整體 C
平均數	2.071429	2.125	1.928571	1.375	2	2.5	2.785714	2.375	1.5	1.4375	1.714286	2.1875
顯著否	差不多		顯著不同		差不多		顯著不同		差不多		顯著不同	

## 2. 將受試者依國小生和成人來統計結果：

性別	人數	選擇	外觀 A	外觀 B	外觀 C	氣味 A	氣味 B	氣味 C	口感 A	口感 B	口感 C	整體 A	整體 B	整體 C
國小 學生	14	選 3 人數	13	1	0	5	3	6	9	2	3	8	2	4
		選 2 人數	1	0	13	8	3	3	3	7	4	5	2	7
		選 1 人數	0	13	1	1	8	5	2	5	7	1	10	3
成人	16	選 3 人數	11	0	5	4	2	10	9	2	5	11	1	4
		選 2 人數	4	3	9	7	6	3	5	8	3	4	6	6
		選 1 人數	1	13	2	5	8	3	2	6	8	1	9	6

	小外觀 A	大外觀 A	小外觀 B	大外觀 B	小外觀 C	大外觀 C	小口感 A	大口感 A	小口感 B	大口感 B	小口感 C	大口感 C
平均數	2.92857	2.625	1.14286	1.1875	1.92857	2.1875	2.5	2.4375	1.78571	1.75	1.71429	1.8125
臨界值：雙尾	顯著差異		差不多		差不多		差不多		差不多		差不多	

	小氣味 A	大氣味 A	小氣味 B	大氣味 B	小氣味 C	大氣味 C	小整體 A	大整體 A	小整體 B	大整體 B	小整體 C	大整體 C
平均數	2.28571	1.9375	1.64286	1.625	2.07143	2.4375	2.5	2.625	1.42857	1.5	2.07143	1.875
臨界值：雙尾	差不多		差不多		差不多		差不多		差不多		差不多	

### (四) 實驗結果觀察及討論

#### 1. 依不同性別的統計結果來討論：

- (1) 在外觀上，男性與女性都喜歡吉利丁產品(占 26/30)，可能因為吉利丁凍較透明，所以比較討喜，未來若能將提高魚膠製品的透明度，應該可以增加魚膠凍在外觀的接受度。
- (2) 在氣味上，男性對於這三種產品，選擇上都很分散，女性最不喜歡魚膠產品的氣味(占 10/16)。所以女性比較明顯會受到魚膠凍些許腥味的影響，所以製作魚膠凍產品時應該要盡量降低腥味。
- (3) 在口感上，有一半人數喜歡魚膠凍(占 15/30)，魚膠凍在口感上能被接受。
- (4) 整體上，男性最喜歡吉利丁產品(占 9/14)，最不喜歡寒天產品(占 11/14)。女性最喜歡吉利丁產品(占 10/16)，魚膠凍的接受度介於兩者之間。
- (5) 產品的口感、氣味與整體評分會因性別有顯著差異。男性較接受魚膠凍產品。

2. 依國小、成人的統計結果來討論：

- (1) 外觀而言，國小生選擇很集中，最喜歡的是吉利丁產品的外觀(占 13/14)，最不喜歡的是寒天產品的外觀(占 13/14)。成人選擇較分散一點，最喜歡的也是吉利丁產品的外觀(占 13/16)，最不喜歡的是魚膠產品的外觀(占 11/16)。
- (2) 氣味而言，成人也喜歡吉利丁產品(占 8/16)，最不喜歡魚膠產品的氣味(占 10/16)。所以要想方法減少魚膠凍製成品的特殊氣味，才能提升接受度。
- (3) 口感而言，國小生對於魚膠產品的口感為最喜歡的占一半(占 7/14)，最不喜歡寒天產品的口感(占 9/14)，成人對於魚膠產品的也是最喜歡占一半(占 8/16)，最不喜歡寒天產品的口感(占 9/16)。
- (4) 國小生對於吉利丁產品評價較高(占 10/14)，對於寒天產品的評價較差(占 8/14)。成人也是對吉利丁產品評價較高(占 9/16)，對於寒天產品的評價較差(占 11/16)。所以魚膠凍的整體接受度仍不及吉利丁凍，但口感的接受度與吉利丁凍不相上下；未來若想以魚膠代替吉利丁，必須從外觀的透明度與減少腥味著手。

## 陸、討論

### 一、魚鱗與水量比例

- (一) 由於季節及區域性的原料取得因素，本實驗所使用的魚鱗是養殖鱸魚與乾燥的虱目魚魚鱗，而其他養殖魚種，如鯛魚、草魚等也可以利用提取魚膠，依照本研究開始前的提取測試實驗發現，取得魚膠量並不會因魚種不同而有太大差異。但本研究所得之結論都是以鱸魚或虱目魚為樣本，再進行提取膠原蛋白的實驗結果。
- (二) 網路上熬煮魚鱗與水的比例眾說紛紜，所以我們設定 1:10 的比例進行魚膠提取實驗，未來可以針對魚鱗與水的最佳熬煮比例進行探究。
- (三) 理論上在熬煮時，魚鱗與水比例越接近，所取得的魚膠應該濃度越高，但從以往的學習經驗得知，例如鹽水越接近飽和會越難溶解；若魚膠的濃度過高可能會影響後續膠原蛋白的提取，所以熬煮時間越長，每小時增加的魚膠比例應該會遞減。所以，要找出加入清水的最佳比例要考量整體的熬煮時間，不同的熬煮時間，所需添加的最佳水量一定不同。
- (四) 經實驗得知，熱水提取魚鱗膠原蛋白的時間越久，其魚膠萃取量越多；加熱 4 小時、5 小時的魚鱗膠原蛋白溶液濃度較高，凝膠現象愈快出現且愈明顯越完整。但考量經濟效益，熬煮魚膠還是要視需求決定熬煮時間。因為由實驗中發現，1 小時熬煮的魚膠在冷藏 4 小時後仍能完全形成固態膠凍，只是口感較軟。依照實驗的結果，熬煮第 3 小時的魚膠能有較高的比例溶出。建議最多熬煮 3 小時即可。

## 二、探討不同鍋具熬煮魚膠

(一) 本實驗修正檢測魚膠含量的方法，改採魚鱗重量流失比例來回推魚膠溶出比例，比較不容易受到水分蒸發散失的影響。而使用悶燒鍋悶煮的方法也能將水分蒸發散失的比例降到最低。

(二) 玻璃鍋熬煮過程由於鍋壁透明，不用開鍋隨時可以了解魚鱗熬煮狀況，且第三小時的魚膠提取量達 32%，效果略勝於其他鍋具。推測是因為玻璃鍋具較有密閉性，鍋內蒸氣的



恆溫循環加熱，且最小火的熱量均勻穩定地傳入鍋內，也不會造成魚鱗過度加熱，實現更好的慢燉功效。此結果也表示將近七成魚膠可在熬煮 3 小時後溶出。

(三) 用瓦斯爐熬煮較費時費工費能源，若考量節省人力與瓦斯成本，一般家庭可以考慮使用悶燒鍋悶煮魚膠，晚上睡前煮滾後，可放置 6 小時以上在早上開鍋取魚膠，同樣可以得到很高比例的魚膠溶出。

## 三、酸性物質在魚膠製程中的功能

傳統提取魚膠會添加白醋，經由酸鹼度檢測實驗發現，添加白醋或檸檬汁並不會增加魚鱗溶液的濃度。由溶液皆為中性的結果，可以推測白醋或檸檬汁的酸性可能與魚鱗中的成分產生化學作用而消失，故傳統製程添加白醋的用意應該是去腥。下表為實驗過程中紀錄的魚膠氣味觀察紀錄，從記錄中可以發現添加白醋確實能有效降低腥味，而添加檸檬汁的效果沒有白醋顯著。

魚膠氣味觀察紀錄表(待液態魚膠冷卻後)			
熬煮時間	清水	加白醋	加檸檬汁
1hr	最濃	濃(比清水、檸檬汁淡)	最濃
2hr	濃	很淡	較濃
3hr	稍淡	很淡	稍淡
4hr	淡	很淡	與 3hr 差異不大
5hr	最淡	很淡	與 3hr 差異不大

從後續實驗中發現，添加白醋的魚膠凍顏色偏淡，不知道是否白醋對於魚鱗中的成分具有漂白作用。另外我們也發現，添加白醋熬煮的魚膠口感最軟（詳見下表），而且容易還原成液態，不知道是不是白醋會影響魚膠的凝膠現象，這些關於添加白醋的有趣發現有待日後繼續探究。

魚膠試吃結果紀錄表(室溫放置 1 小時)			
熬煮時間	清水	加白醋	加檸檬汁
1hr	入口即化、有腥味	入口即化、無腥味	軟、腥味重
2hr	有咬到一點固體、有腥味	入口即化、有一點固體、無腥味	軟、無味
3hr	同 2hr	同 2hr	同 2hr
4hr	口感偏硬、有腥味	同 2hr	同 2hr
5hr	口感偏硬、無腥味	口感軟 QQ 的固態、無腥味	同 2hr

#### 四、調整魚膠製程

我們查詢資料後發現魚鱗的內部是緊密的纖維板層結構，還有一層生物膜結構，以氫氧基磷灰石為主要成分的無機物主要分佈在魚鱗的表層，若將魚鱗浸泡在酸中，可以使其脫鈣或軟化。本實驗將 20ml 的醋或檸檬汁加入接近 1 公升的溶液中，似乎濃度太低，若是改變提取魚膠的過程，將魚鱗先行浸泡在白醋或檸檬汁中，讓魚鱗脫鈣、軟化及去腥，之後再以清水熬煮，可能會有更好的效果。這樣的想法也許可以在後續的探究中進行實驗以求得驗證。

#### 五、有關甲基藍染液染色實驗

(一) 在進行甲基藍染液染色實驗有個意外發現，就是新鮮的魚鱗，竟然呈現的藍色比所有熬煮過的魚鱗還淡，這結果顯然和藍色深度與膠原蛋白多寡的結果不符。針對這個現象，我們有兩種推測：

1. 未煮過的魚鱗表面可能有一層保護組織保護了膠原蛋白，所以用甲基藍染液染色，只能測出表面些微的膠原蛋白。
2. 有可能是魚鱗樣品在染色前放置太久。已熬煮的魚鱗間接經過高溫殺菌，但對生的魚鱗可能造成的結果是微生物會分解膠原蛋白，造成膠原蛋白流失。這些推測有待未來使用新鮮魚鱗來驗證。

(二) 利用甲基藍染液觀察魚鱗的結果顯示，染劑附著隨熬煮時間而減少，顏色逐漸變淡，顯示膠原蛋白隨長時間熬煮而進入溶液中。但即使熬煮時間達五小時藍色仍然很明顯，顯示魚鱗經過 5 小時熬煮仍有許多膠原蛋白未溶出。若繼續增長熬煮時間可能還能萃取膠原蛋白，但考量熬煮魚膠的效率與燃料、人力成本，不建議長時間熬煮。

#### 六、有關 TLC 檢驗

(一) TLC 檢測後，發現未水解魚膠移動距離不明顯，推測魚膠分子較大不容易被展開液帶動而停留在較下方的位置，但木瓜酵素會移動，有 1 個色斑，Rf 值為 0.3。參考文獻後，推測可能是木瓜酵素中的輔酶或是本實驗購得的木瓜酵素中含有胺基酸，但確實的種類還需更精密的實驗證明。



- (二) TLC 檢測後，發現魚膠水解液共出現 6 個明顯色斑，其中第 1.3.4 號色斑的 Rf 值與 Arginine、Cysteine、Valine 三個胺基酸標準品相當接近，推論水解液中含有這三種胺基酸。但是 2 號色斑的 Rf 值與木瓜酵素的 Rf 值相近，推論 2 號色斑應該是木瓜酵素本身。表示經過木瓜酵素水解後的魚膠確實會分解成較小的胺基酸，而且至少含有 5 種胺基酸。
- (三) 我們查詢相關資料發現魚鱗膠原蛋白水解後可能的胺基酸組成中，纈胺酸(Valine)為必需胺基酸；半胱胺酸(Cysteine)有緩解修復放射線對人體的損傷作用；精胺酸(Arginine)是傷口復原、增強免疫功能與肌肉生長所需的胺基酸。所以長輩一般會在癌症治療或手術後熬煮魚膠保養確實有其效用。
- (四) 我們進行 TLC 檢測時是四人同時點樣，排除失敗的 TLC 片，再計算平均的 Rf 值，但有時仍可能會有誤差，只能選擇接近的胺基酸 Rf 去做推定，若要明確驗證可能需要更精密的儀器。
- (五) 為了控制實驗歷程，本實驗另買木瓜酵素粉來做實驗。結果發現一開始買的化妝品級的木瓜酵素粉，發現竟然無法水解魚膠；後來改買特級木瓜酵素後，魚膠才成功水解，究竟這兩種木瓜酵素粉有何差異有待另外探討。

## 七、魚膠凝膠與製品品評

- (一) 本實驗僅將魚膠置於室溫與冰箱冷藏，探討凝膠現象，並未以多種不同溫度為操作變因進行實驗，所以無法得知熬煮後的魚膠要存在低於攝氏幾度的環境才會出現凝膠現象，也許也會因為膠原蛋白濃度而有不同的情形。但本研究證實家庭熬煮的魚膠可藉由冷藏 4 小時以上達到完全形成固態膠凍的結論。
- (二) 藉由製作奶酪的實驗，可以知道魚膠製成的膠凍製品很容易還原成液態，若要利用魚膠製作膠凍食品須注意儲藏的溫度。也要讓食用者了解魚膠凍像冰品一樣，需要在變成液態前盡快食用完畢。
- (三) 經由品評問卷調查的結果發現，魚膠凍製品較易為男性大人與兒童接受，未來若是要製作相關食品，可以研發男性取向的食品，或許能有較高的接受度。女性對魚膠凍的氣味較敏感，需要研究如何降低腥味。

八、我們利用漁產廢棄物再利用的想法其實已經有工廠在進行，但本研究主要是針對家庭自行處理魚鱗、熬煮魚膠的需求出發。透過廢物利用，從魚鱗中取得的膠原蛋白或是經由酵素水解後取得的胺基酸，食用後都能攝取人體所需的營養，也能使其轉變成一種愛物惜物的綠色行動。

## 柒、結論

- 一、藉由文獻探討魚實驗了解魚鱗中有 45% 是膠原蛋白，建議一般民眾在家可操作的提取方法為「將魚鱗放入清水中熬煮最多 3 小時，過濾冷藏 4 小時以上」。魚膠熬煮越久，所形成的膠凍口感越硬，且不容易還原成液態。
- 二、經由實驗發現，熬煮魚膠時加入白醋或檸檬汁並不會影響魚膠的濃度，而熬煮時間是決定魚膠濃度的最主要因素，熬煮時間越久，魚膠內的膠原蛋白濃度越高。
- 三、經由實驗發現，熬煮魚膠過程中加入的白醋或是檸檬汁，最後並不會影響魚膠溶液的酸鹼度，不論是以清水熬煮，或是添加白醋、檸檬汁熬煮的魚膠，熬煮後以廣用試紙的檢測結果，魚膠溶液都是中性。
- 四、魚鱗在熬煮後以肉眼觀察發現，熬煮越久的魚鱗顏色越偏暗，且會出現明顯捲曲現象，以手揉捏容易碎裂；若以顯微鏡觀察，熬煮越久的魚鱗會出現紋路與裂痕，表面比較乾燥，沒有光澤。新鮮魚鱗則呈現飽滿有光澤、線條分明的狀態。
- 五、經由實驗發現，熬煮魚鱗所提取出的膠原蛋白溶液必須放置在冷藏狀態下 4 小時後，才能完全形成固體膠凍。放置在室溫的液態魚膠溶液並不會產生凝膠現象。而已形成膠凍的魚膠會因為放置於室溫下逐漸還原為液態魚膠。
- 六、在魚膠溶液中添加新鮮青木瓜汁或新鮮鳳梨汁，會因為果汁中的蛋白質分解酵素作用而影響魚膠溶液的凝膠現象。
- 七、經由 TLC 檢測後，發現魚膠水解液共出現 6 個明顯色斑，表示水解後的魚膠確實會分解成較小的胜肽或胺基酸，且其中 3 個色斑的 Rf 值與 Arginine、Cysteine、Valine 三種胺基酸相近。
- 八、經由實驗發現，魚膠經過冷凍後其凝膠現象並不會因此改變，所以魚鱗膠原蛋白溶液可以利用冷凍保存，避免在長時間冷藏狀態下變質。
- 九、我們實際利用魚鱗膠原蛋白製成奶酪發現，製作奶酪所需添加魚膠的比例不能太多，添加量越多口感越硬。添加魚膠製成的奶酪在常溫下，會在 40 分鐘後還原為液態，所以添加魚膠製成的奶酪必須維持在冷藏狀態，且須盡速食用。
- 十、我們利用市售洋菜(寒天)、吉利丁粉與實驗中的魚膠製作成茶凍，對自願受試者進行盲測，探討大眾對魚鱗膠原蛋白製成膠凍成品的接受度。結果發現魚膠凍的口感和吉利丁相仿，易為大眾接受，且男性受試者接受度較高。魚膠凍的外觀較不透明，與吉利丁凍相比較不易被接受。魚膠的特殊氣味較不易被女性受試者接受。以整體評價而言，魚膠凍的接受度介於洋菜凍與吉利丁凍之間。

## 捌、參考資料

1. 「虱目魚萃取膠原蛋白-垃圾變黃金」，年代新聞。2011/01/30。
2. 「點成金，虱目魚萃取膠原蛋白商機無限」，NOWnews 2007/07/05
3. 王益豐，「前進的動力：一鯛十來賣，魚膠原蛋白最好賣」，遠見雜誌。第 281 期 2009/11
4. 吳純衡、蔡慧君(2006)。魚鱗膠原蛋白及其製造方法，水產試驗所，3-24 頁。
5. 蔡慧君、胡燕君(2005)。魚鱗的完全利用。科學發展 380: 18-23。
6. 賴志行(2006)。魚鱗膠原蛋白之萃取及其酵素水解物抗氧化性與角質細胞增生效果之探討。國立台灣海洋大學食品科學研究所，碩士學位論文。
7. 張智硯(2015)。木瓜酵素分解蛋白質分析研究。臺北市 101 年度中等學校學生科學研究獎助計畫
8. 張雅菱(2010)。薄層色層分析。高瞻自然科學教學資源平台。檢自 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=6769>
9. 許佳蓁(2009)。酵素的結構。高瞻自然科學教學資源平台。檢自 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=3112>
10. REACH Devices, LLC。Thin Layer Chromatography of aminoacids and short peptides。檢自 [http://www.reachdevices.com/TLC\\_aminoacids.html](http://www.reachdevices.com/TLC_aminoacids.html)

## 【評語】 080215

1. 研究魚鱗膠原蛋白，材料回收再利用容易獲得，有實用價值又環保。
2. 實驗操作變因項目多，過程中有仔細觀察變化，如魚鱗加熱前後的狀態差異；實驗結果多有仔細討論，會推論實驗數據的結果可信度，小學生中少見會質疑數據，且合理分析。
3. 實驗的定量很重要；本研究用”溶解的魚鱗重量”來代表”原蛋白重量”，這中間是有差異的，魚鱗的乾燥程度會影響重量，應該用準確性高的定量方法來證明所使用定量方法是對的。
4. Rf 值比對需要相同的展開溶劑才可以比對。
5. 奶酪製作與檢測方式與 53 屆高職組作品相似，但是卻沒有列入參考文獻。
6. 研究動機與網路文章  
(<https://www.cy-nec.idv.tw/en/node/1566>、<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/kQQv.htm>)；相似度很高。



# 研究動機

和媽媽上市場買魚，看到魚販的手臂有魚鱗黏住，且不敢將魚鱗直接沖進水溝，怕堵塞水管；這些現象讓我們想了解為何魚鱗如此有黏性？魚鱗中的黏性物質是不是會溶解到水裡？於是我們去參觀魚膠萃取工廠，並設計一連串的實驗來進行探究。

## 研究目的與架構

我們從了解魚鱗、學習提取魚膠開始研究。研究歷程中逐步產生新的疑問，每次出現疑問或困難就必須想辦法克服或設計實驗來解決問題。

### 研究目的

- 一、了解魚鱗及魚鱗膠原蛋白提取的方法與過程。
- 二、探討熬煮魚鱗時影響膠原蛋白提取濃度的因素。
- 三、探討影響魚鱗膠原蛋白凝膠化的因素。
- 四、利用TLC檢測魚鱗膠原蛋白被木瓜酵素分解後的水解液。
- 五、透過實作與品評問卷探討魚膠製成膠凍食品的可行性。

### 探究重點

- 魚鱗構造、魚膠提取方式
- 不同添加物、熬煮時間  
不同鍋具
- 溫度(常溫、冷藏、冷凍)、  
蛋白質分解酵素
- 水解後的魚膠分解成更小的胺  
基酸了嗎？
- 食用者對不同製品的接受度

### 研究過程

- 文獻探討、參訪
- 實驗1-1、1-2、1-3、1-4
- 實驗2-1、2-2、實驗3
- 實驗4
- 實驗5、實驗6

## 研究設備與器材

魚鱗、醋、新鮮鳳梨、檸檬汁、青木瓜、甲基藍染色劑、紅茶包、寒天(洋菜)、吉利丁、胺基酸標準品(Arginine、Cysteine、Valine、Lysine)、木瓜酵素粉、廣用試紙、不鏽鋼鍋、玻璃鍋、悶燒鍋、瓦斯爐、電子秤、吹風機、乾果機、手機顯微鏡、遠紅外線水分計、TLC片、TLC展開槽、玻璃毛細管、乙醇、正丁醇、冰醋酸、丙酮、茚三酮、蒸餾水。

## 研究過程、結果與討論

### 【提取魚鱗膠原蛋白的基本製程】



### 【影響魚鱗膠原蛋白提取濃度的研究變因與觀察及測定方式】

#### 實驗操作變因

1. 添加物：加醋或檸檬汁、以清水為對照組
2. 熬煮時間：1-5小時
3. 不同鍋具：鐵鍋、玻璃鍋、悶燒鍋

#### 魚膠濃度測定方式

1. 毛細現象檢測
2. 水分計推算

#### 觀察熬煮後的魚鱗與魚膠

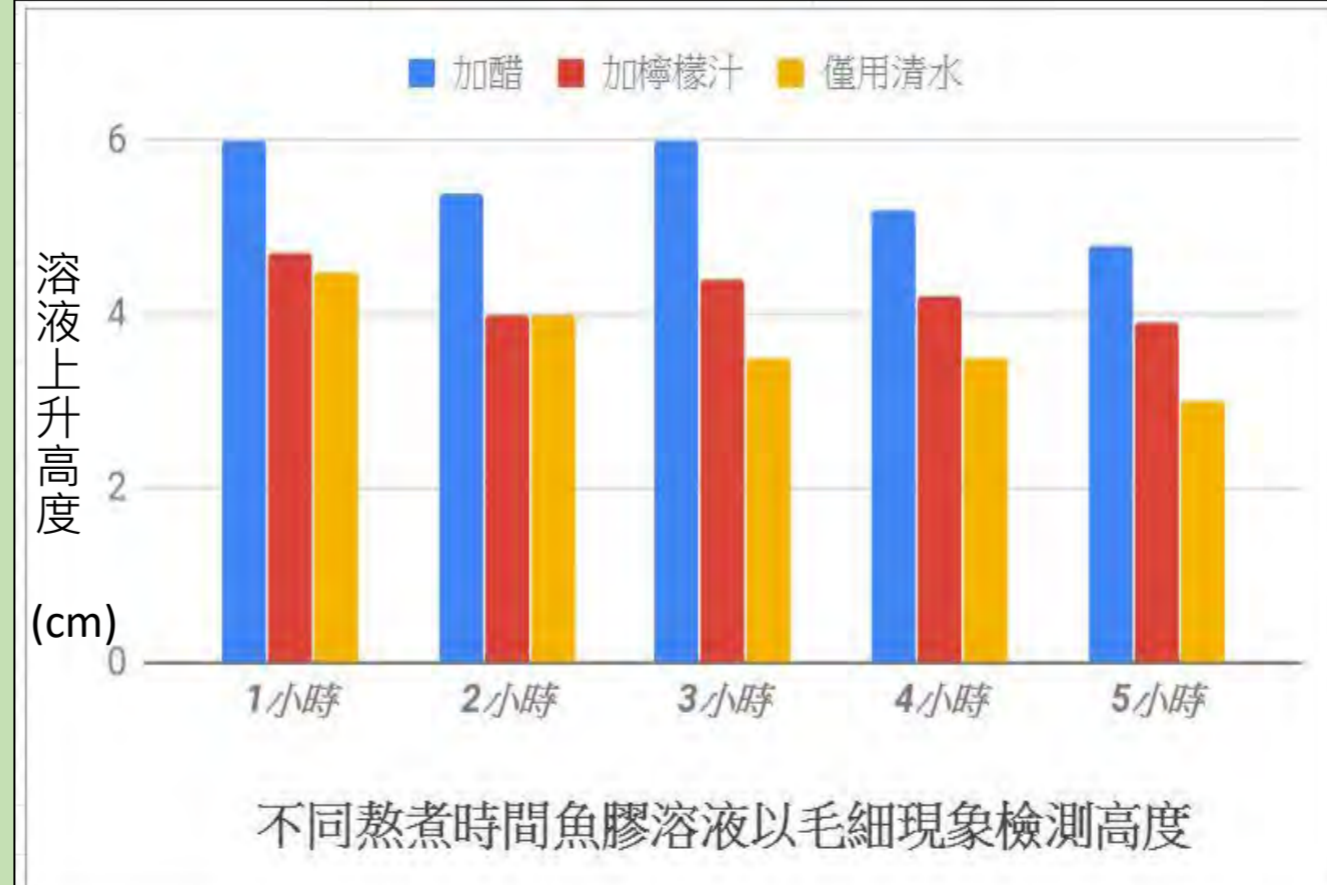
1. 直觀、微觀觀察熬煮後的魚鱗
2. 甲基藍染色熬煮後的魚鱗
3. 觀察、嗅聞與品嘗熬煮的魚膠

3. 烘乾魚鱗與秤重計算流失比例

### 實驗1-1 探究熬煮過程加白醋或檸檬汁或僅用清水，及不同熬煮時間對魚膠提取濃度的影響

#### 實驗結果彙整表

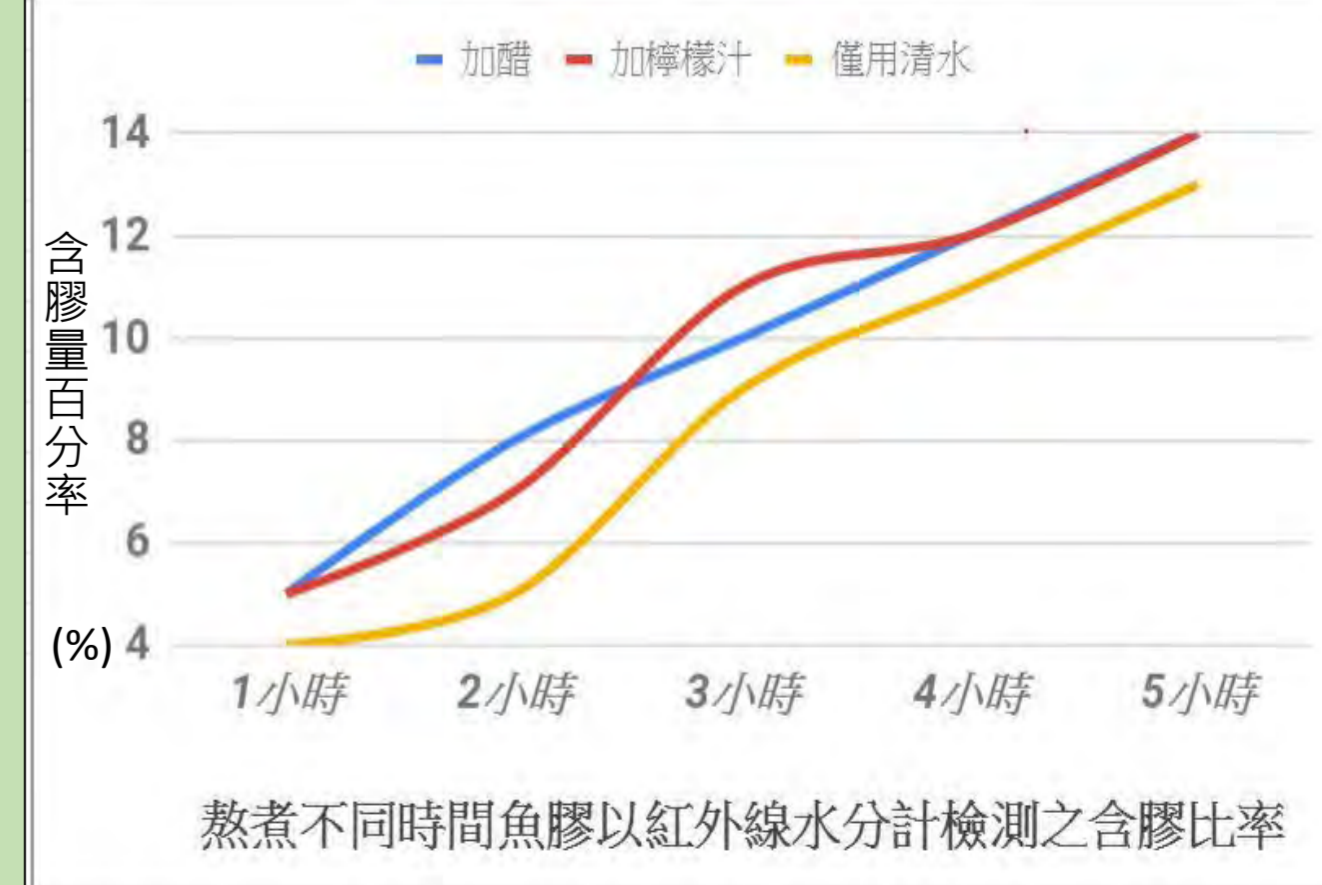
熬煮時間	毛細現象上升高度(cm)			水分儀測含膠量(%)		
	加醋	加檸檬汁	清水對照組	加醋	加檸檬汁	清水對照組
1小時	6.0	4.7	4.5	5	5	4
2小時	5.4	4.0	4.0	8	7	5
3小時	6.0	4.4	3.5	10	11	9
4小時	5.2	4.2	3.5	12	12	11
5小時	4.8	3.9	3.0	14	14	13



毛細現象上升高度

結果：熬煮愈久的溶液，魚膠濃度有愈高的趨勢。

討論：紅外線水分儀測試出的數據明顯有誤。煮出魚膠溶液的含膠量不可能超過4%。



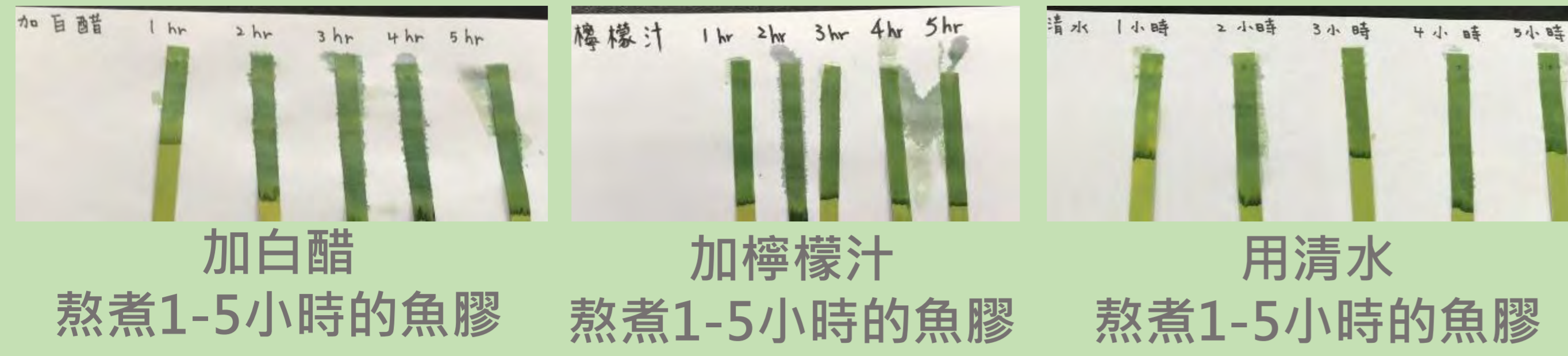
紅外線水分計測含膠量



# 研究過程、結果與討論

添加物對魚膠 pH 值沒有影響

## 實驗1-2 檢測不同熬煮時間魚膠的酸鹼度



## 結果

1. 加入白醋、檸檬汁、僅用清水熬煮不同時間的魚膠，經廣用試紙檢測後都呈現中性。
2. 魚鱗煮愈久愈容易碎裂、乾裂紋路非常明顯。

## 討論：

1. 推測製程加醋，醋主要是扮演去腥功能。
2. 實驗中發現添加白醋的魚膠凍顏色偏淡、口感最軟、有效降低腥味、且容易還原成液態。
3. 用甲基藍染劑觀察魚鱗時，發現未煮過的魚鱗染劑顏色最淡，可能是魚鱗表面有層保護組織或是膠原蛋白已腐敗。
4. 熬煮5小時的魚鱗，藍色仍明顯，表示仍有許多膠原蛋白未溶出。
5. 未來可改變製程，先將魚鱗泡醋或檸檬汁軟化、去腥→再以清水熬煮，或許效果會不同。

## 實驗1-3 觀察不同熬煮時間後的魚鱗外觀。

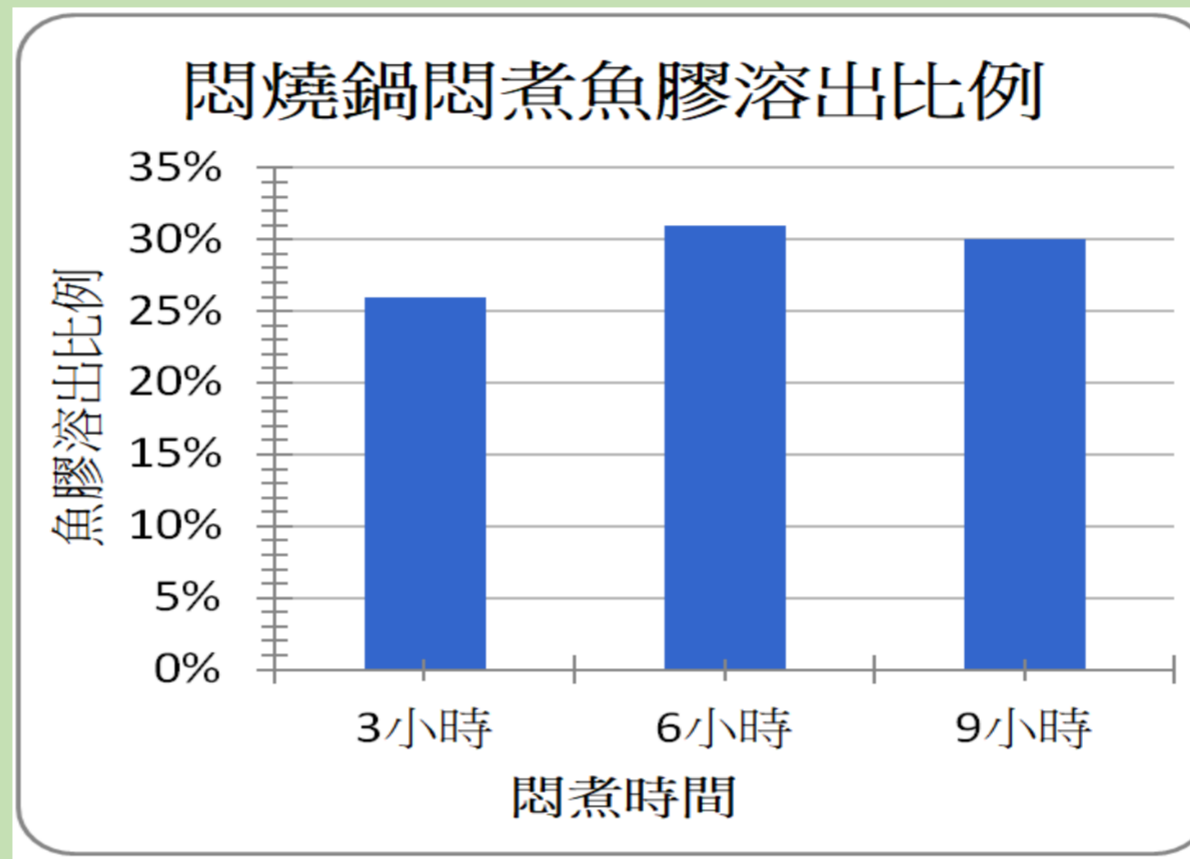
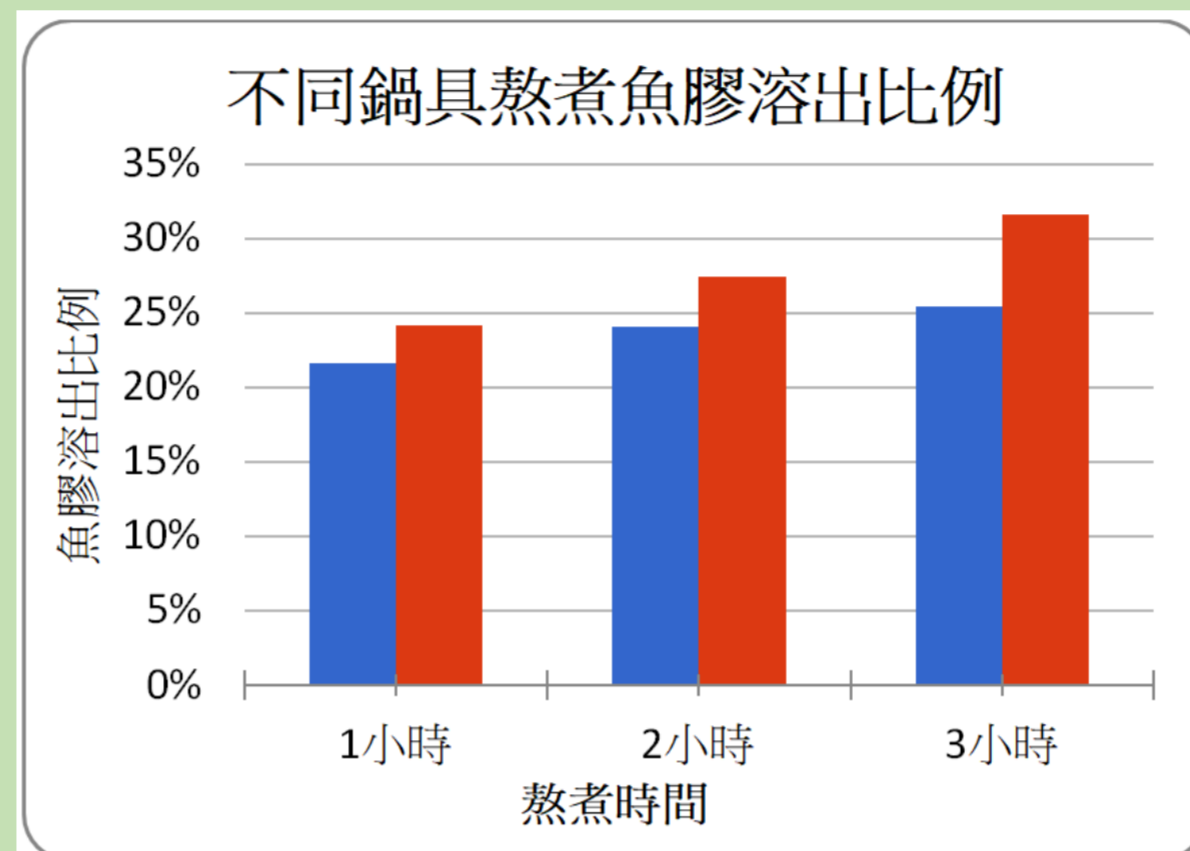
熬煮時間：未煮過、煮1hr、煮2hr、煮3hr、煮4hr、煮5hr

觀察：黏滑、有光澤有彈性 → 乾裂、暗白、捲曲易碎

甲基藍染色：顏色最淡 → 深藍 → 淡藍

## 實驗1-4 探究不同鍋具熬煮魚膠的效果 玻璃鍋最佳

鍋具	熬煮時間	煮後魚鱗剩餘質量比例(%)	煮後魚鱗質量損失比例(%)
不鏽鋼鍋	1小時	78.4	21.6
	2小時	75.9	24.1
	3小時	74.6	25.4
玻璃鍋	1小時	75.8	24.2
	2小時	72.6	27.4
	3小時	68.4	31.6
悶燒鍋	3小時	74.0	26.0
	6小時	69.0	31.0
	9小時	70.0	30.0



## 結果：

1. 傳統熬煮方式採用玻璃鍋比不鏽鋼鍋效果佳。
2. 用悶燒鍋長時間悶煮也可達熬煮的效果。

## 討論：

1. 本實驗改用乾果機將熬煮後的魚鱗烘乾後秤重，用魚鱗重量損失比來計算。
2. 推測玻璃鍋具較有密閉性，鍋內蒸氣的恆溫循環加熱，實現更好的慢燉功效。
3. 悶燒鍋悶煮魚膠節省人力與能源，適合一般家庭使用。
4. 未來可以針對魚鱗與水的最佳熬煮比例進行探究。

## 【影響魚鱗膠原蛋白凝膠化的因素】

研究變因	實驗設計
熬煮時間	1-4小時
溫度	常溫、冷藏、冷凍
酵素	蛋白質分解酵素

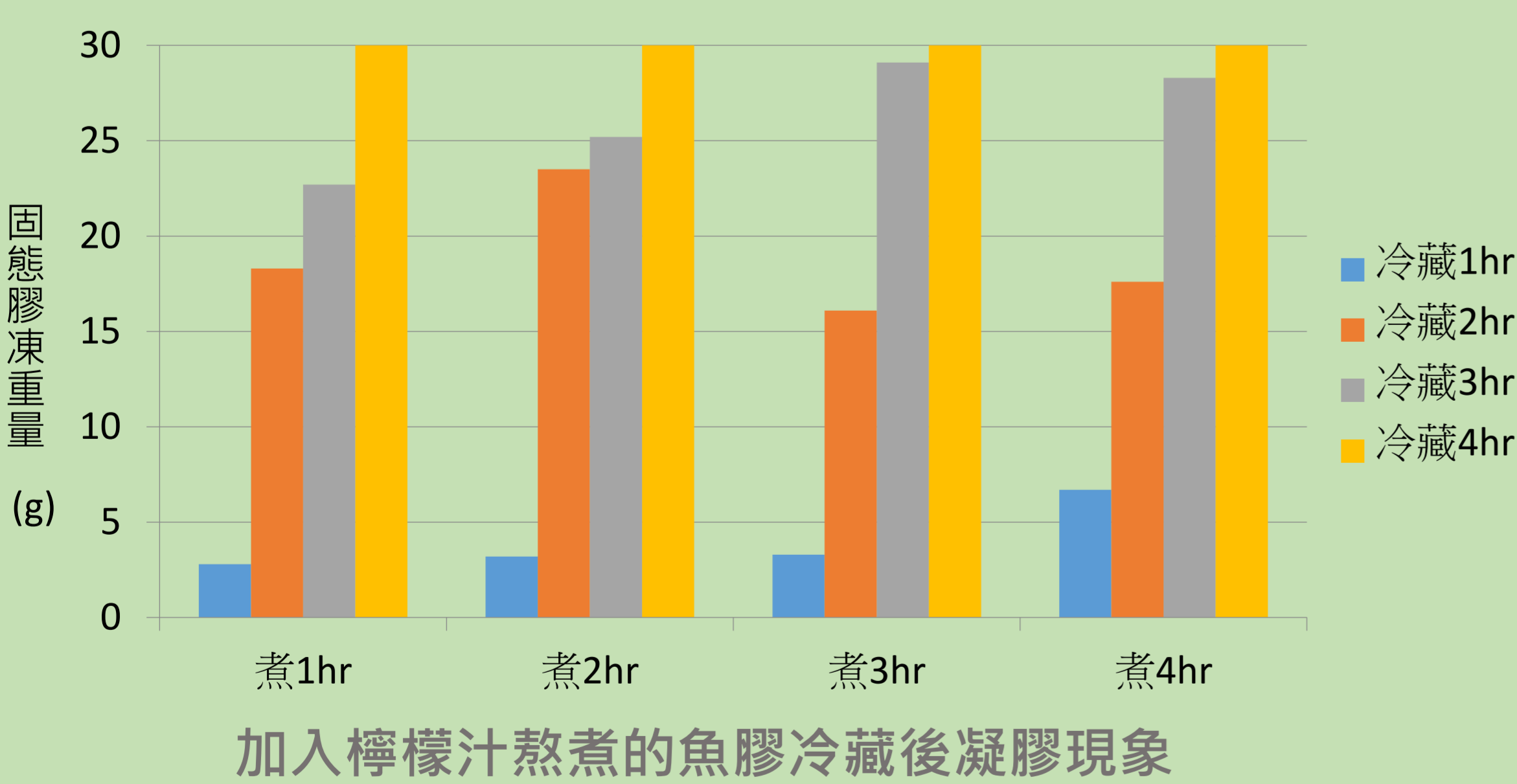
取30ml魚膠→放置不同溫度(室溫/冷藏)→每隔一小時觀察凝膠現象→取出膠體秤重

取100ml魚膠→冷凍→退冰→每隔一段時間觀察魚膠解凍現象

取30ml魚膠→加入青木瓜汁/鳳梨汁→冷藏→每隔一小時觀察凝膠現象→取出膠體秤重

採用TLC檢測水解後的魚膠

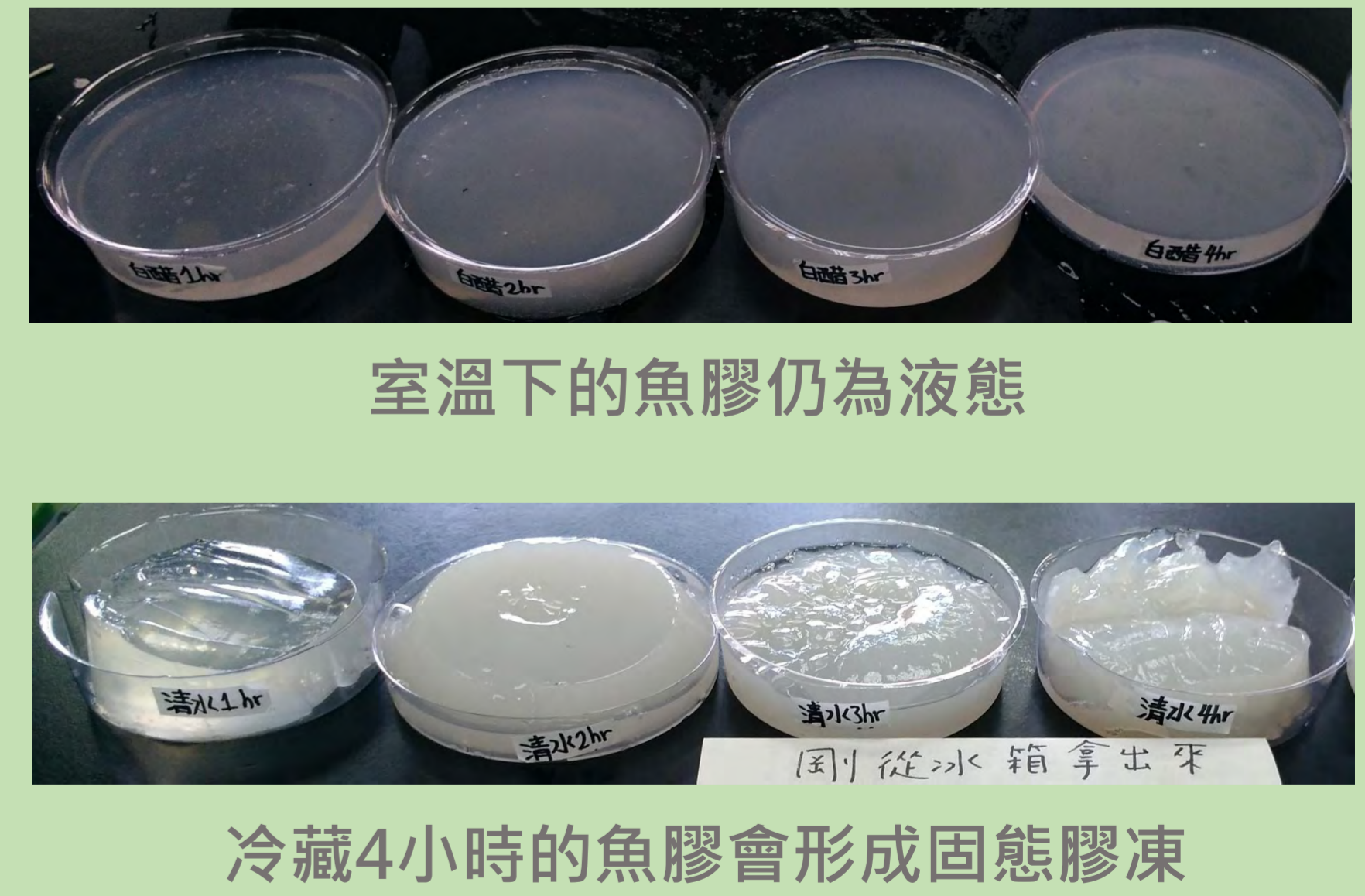
## 實驗2-1 熬煮好的魚膠放置在不同溫度中對其凝膠化的影響



## 結果：

1. 在室溫(28°C)下，魚膠無法凝膠。
2. 在冷藏(5°C)下，經過4小時皆可完全凝膠。熬煮愈久的魚膠形成固態的時間愈快。

討論：魚膠需要冷藏環境才會凝膠。



## 實驗2-2 探討魚膠以冷凍方式保存的可行性

退冰2小時	退冰4小時	退冰8小時	退冰24小時
大部分仍為固態冰狀表面回復為膠體。	煮一小時的體積明顯縮小，還原液態明顯	所有魚膠都明顯有還原現象。	所有魚膠仍有膠體殘留，煮越久的越多。

## 結果：

1. 冷凍12小時的魚膠，會隨著退冰時間增加，還原液態的量也會增加。
2. 可利用冷凍保存魚膠。

## 討論：

魚膠退冰24小時仍有固態的膠體存在，推測是冷凍讓膠體中的蛋白質分子形成更緊密的網絡結構。

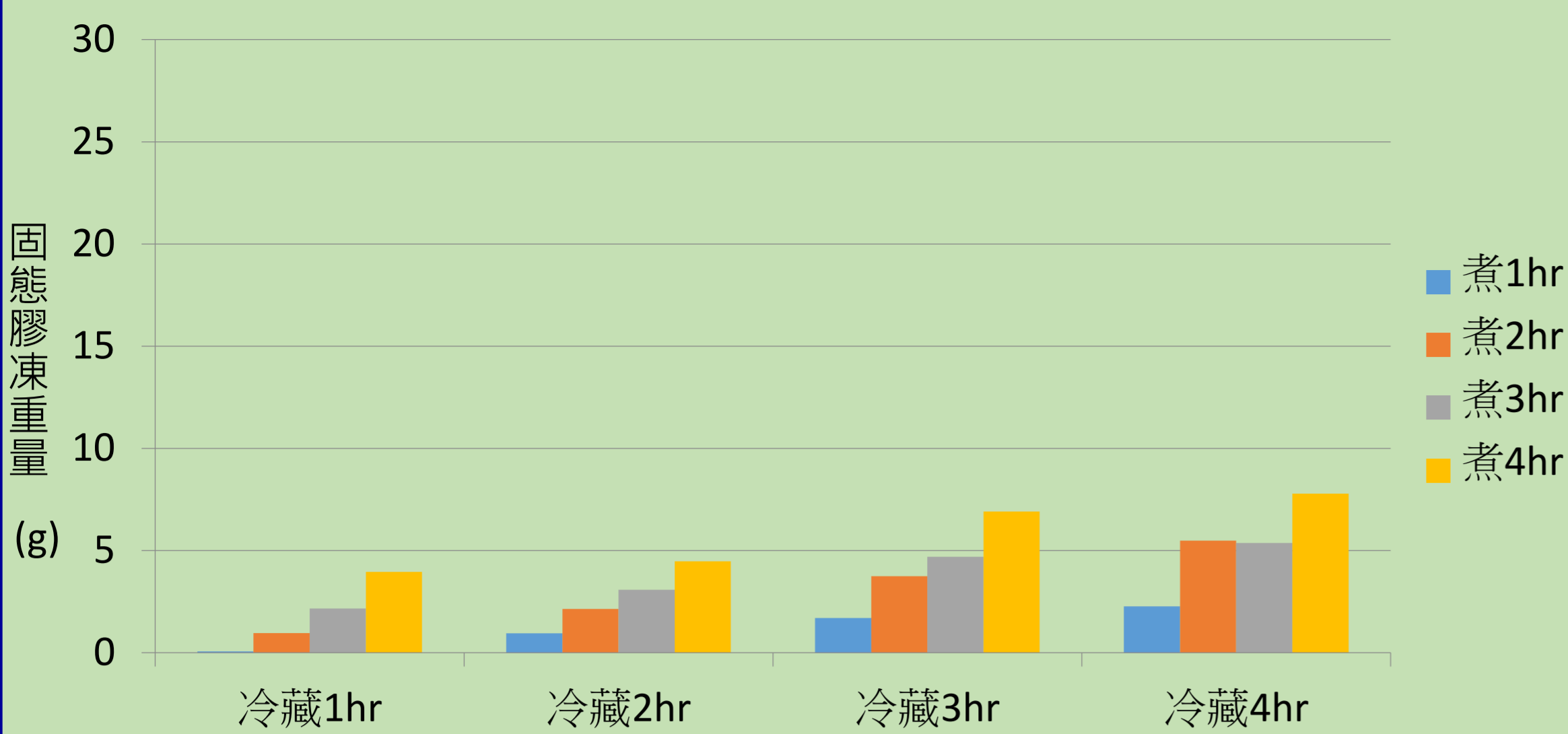


# 研究過程、結果與討論

無法形成  
固態凝膠



## 實驗3 熬煮好的魚膠添加青木瓜汁及新鮮鳳梨汁後對其凝膠化的影響



### 結果：

加入青木瓜汁或新鮮鳳梨汁的液態魚膠冷藏後，只有表面形成薄薄的固態凝膠。

### 討論：

- 1.魚膠無法凝結成膠體，是受到青木瓜汁與新鮮鳳梨汁裡的蛋白質分解酵素的影響，使魚膠中的蛋白質水解成較小的胜肽或胺基酸。
- 2.回想參觀魚膠工廠時，工廠也是將魚膠水解後，再製成保養品或保健食品。
- 3.要如何證明魚膠分解成小分子的胺基酸。

### 木瓜酵素和魚膠對實驗干擾的檢測結果

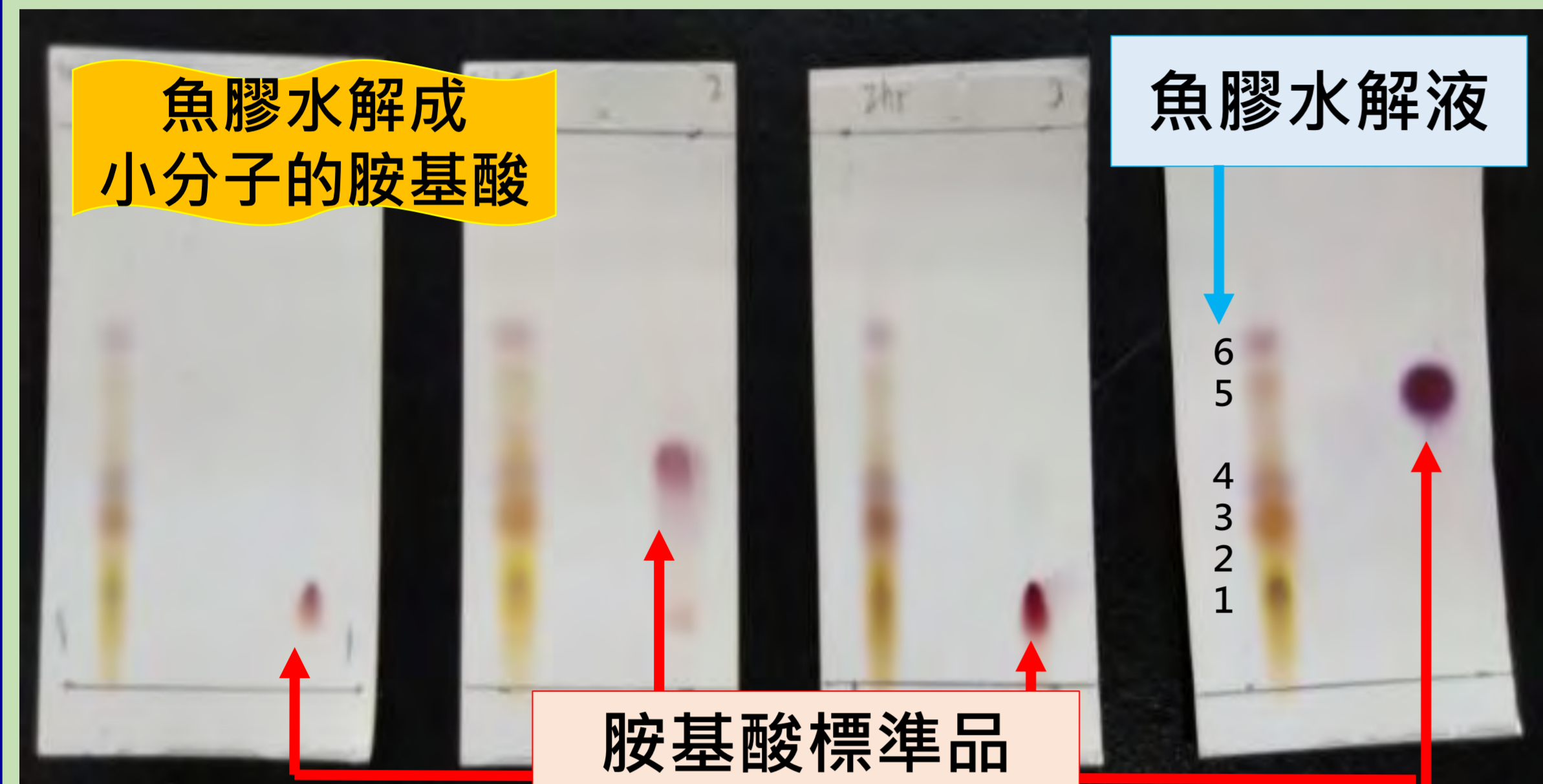
樣品	木瓜酵素	魚膠	木瓜酵素	未水解魚膠
展開距離 (cm)	4	4	色斑	色斑
移動距離 (cm)	1.2	0		
Rf 值	0.3	0		

結果：木瓜酵素確實會將魚膠水解成較小分子的胺基酸，且最少含有5種。

### 討論：

1. 未水解的魚膠：移動不明顯，推測其分子較大，仍為蛋白質。
2. 木瓜酵素：展開後有1個明顯色斑，推測其中含有胜肽，且與Rf值與魚膠水解液2號色斑相似。
3. 水解後的魚膠：展開後有6個明顯色斑。其中1號、3號、4號Rf值與Arginine、Cysteine、Valine三個胺基酸標準品接近，其中Valine 為人體必需胺基酸。

## 實驗4 以TLC檢測木瓜酵素分解魚膠後的水解液



TLC檢測魚膠水解液結果

魚膠水解液	1號色斑	2號色斑	3號色斑	4號色斑	5號色斑	6號色斑
展開距離(cm)	4	4	4	4	4	4
移動距離(cm)	0.7	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6
Rf 值	0.175	0.325	0.4	0.475	0.575	0.65
推測物質	Arginine 精胺酸	木瓜酵素 內含物質	Cysteine 半胱胺酸	Valine 纈胺酸	Tyrosine 酪胺酸	Norleucine 正亮氨酸

## 實驗5 探討用魚膠製作奶酪的可行性

時間 克數	一開始	10分鐘	20分鐘	30分鐘	40分鐘
加入魚膠 50克	對切觀察	開始出現 還原現象	明顯出現 還原液體	幾乎還原 成液態	完全還原 成液態
加入魚膠 100克	對切觀察	開始出現 還原現象	明顯出現 還原液體	幾乎還原 成液態	完全還原 成液態
加入魚膠 150克	對切觀察	無變化	開始出現 還原現象	幾乎還原 成液態	完全還原 成液態
加入魚膠 200克	對切觀察	無變化	開始出現 還原現象	幾乎還原 成液態	幾乎完全 還原液態

### 結果：

1. 魚膠加愈多，室溫下(28 °C)奶酪還原成液態的速度愈慢，但經過40分鐘幾乎還原成液態。
2. 品評結果，吉利丁凍外觀接受度最高，但口感上，魚膠和吉利丁不相上下。
3. 品評結果，男性較能接受魚膠凍製品，女性對魚膠的腥味較敏感。

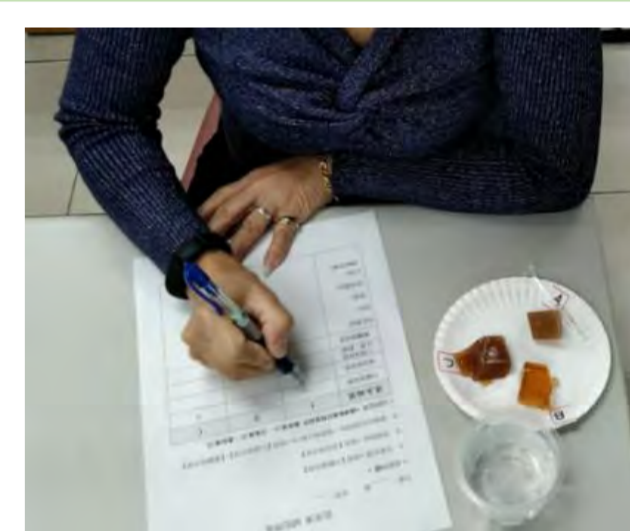
### 討論：

1. 魚膠製品離開冷藏環境後容易還原成液態，需要維持冷藏，或離開冷藏後盡速食用。
2. 用魚膠取代吉利丁，需要拿捏添加比例以免口感太硬。
3. 魚膠製品應增加透明度並降低腥味，或研發男性取向的食品。

## 結論

- 一、民眾可在家提取魚膠的方式：用玻璃鍋小火熬煮3小時效果最佳；用悶燒鍋悶煮省人力與能源。
- 二、熬煮時加入醋並不會影響魚膠的濃度與酸鹼度，但可減少腥味。
- 三、液態魚膠經冷藏4小時會形成固態膠凍。已形成膠凍的魚膠放置在室溫下會還原為液態。
- 四、魚膠大量熬煮後，可利用凍保存防止變質。
- 五、魚膠加入蛋白質分解酵素後會水解無法再形成膠凍，經TLC檢測發現魚膠水解後分解成胺基酸。
- 六、魚膠凍食品須冷藏並盡速食用，口感接受度高，男性較能接受魚膠凍。

## 實驗6 探討食用者對魚膠製成茶凍的接受度



ABC三種茶凍

品評問卷

受試者品評

排名	外觀	氣味	口感	整體	不同性別喜好排序之統計分析						
					性別	男性	女性	性別	男性	女性	
1	吉利丁 1.17	吉利丁 1.63	吉利丁 魚膠 1.77	吉利丁 1.47	外觀	性別	男性	女性	性別	男性	女性
						外觀	吉利丁	吉利丁	口感	魚膠	吉利丁
2	魚膠 2.07	寒天 2.10	寒天 2.47	魚膠 1.97	氣味	性別	寒天	寒天	性別	寒天	寒天
						氣味	魚膠	吉利丁	整體	吉利丁	吉利丁
3	寒天 2.77	魚膠 2.27	寒天 2.47	寒天 2.57	氣味	性別	寒天	魚膠	性別	寒天	寒天
						氣味	寒天	魚膠	整體	寒天	寒天