

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

佳作

080202

待「石」而「凍」，熊「鈣」讚!

學校名稱：新北市中和區自強國民小學

作者： 小六 湯雅琴 小六 李柔萱 小六 林子恆 小四 莊雅晴	指導老師： 劉靜文 黃聖智
---	-----------------------------

關鍵詞：石花菜、熱膠凝、瓊脂

摘要

石花菜是臺灣東北角重要的漁村文化產業，其細胞壁遇熱 90°C 以上會釋出親水性黏性多聚醣-瓊脂，它的構造是由長鏈狀瓊脂醣和瓊脂膠所組成，當溫度低於 45°C 時，長鏈狀結構會因氫鍵結合成雙股螺旋狀，最後再變成網狀凝膠體，也就是我們俗稱的石花凍；而東北角常見石花菜-瓊脂含量多寡分別為：鳳尾>小本>大本，當瓊脂濃度越高，凝膠速度越快，硬度越高，但若釋出過程中遇到酸鹼，會因長鏈狀瓊脂醣水解而降低凝膠效果，且濃度超過 30% 就不易凝膠，但若石花菜在凝膠過程中遇到鈣離子或是帶二價正電的離子時，凝膠效果會更佳，其主要原因為帶二價正電荷的離子可以形成鍵橋連結水解狀態長鏈瓊脂醣的 CH_2O^- ，使長鏈狀可以較快速形成穩定的網狀結構。

壹、研究動機

在中年級自然課「溶解」的單元中，我們用果凍粉溶解在水中做出好吃的果凍，但包裝上的成分很複雜，後來六年級上自然「生物與環境」單元時，才知道臺灣東北角有出產真正純天然的果凍-石花菜(圖一)，它也是臺灣東北角很重要的漁村文化產業；為了更深入了解天然果凍-石花凍的製作方式與凝膠原因，我們上網搜尋資料並訪談野柳地質公園販售石花菜的店家，發現不論是網站或是販售店家製作石花凍的方式都不相同，到底石花菜要在怎樣的條件下才容易凝膠成石花凍呢?煮石花菜釋出的凝膠物質是什麼?影響石花菜關鍵因素又是什麼呢?種種的疑問，讓我們幾個好朋友決定一起前進臺灣東北角，展開石花菜凝膠的探討。

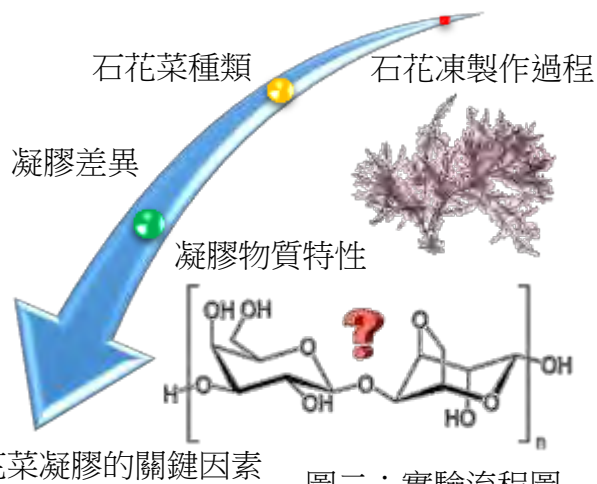


圖一：臺灣東北角石花菜

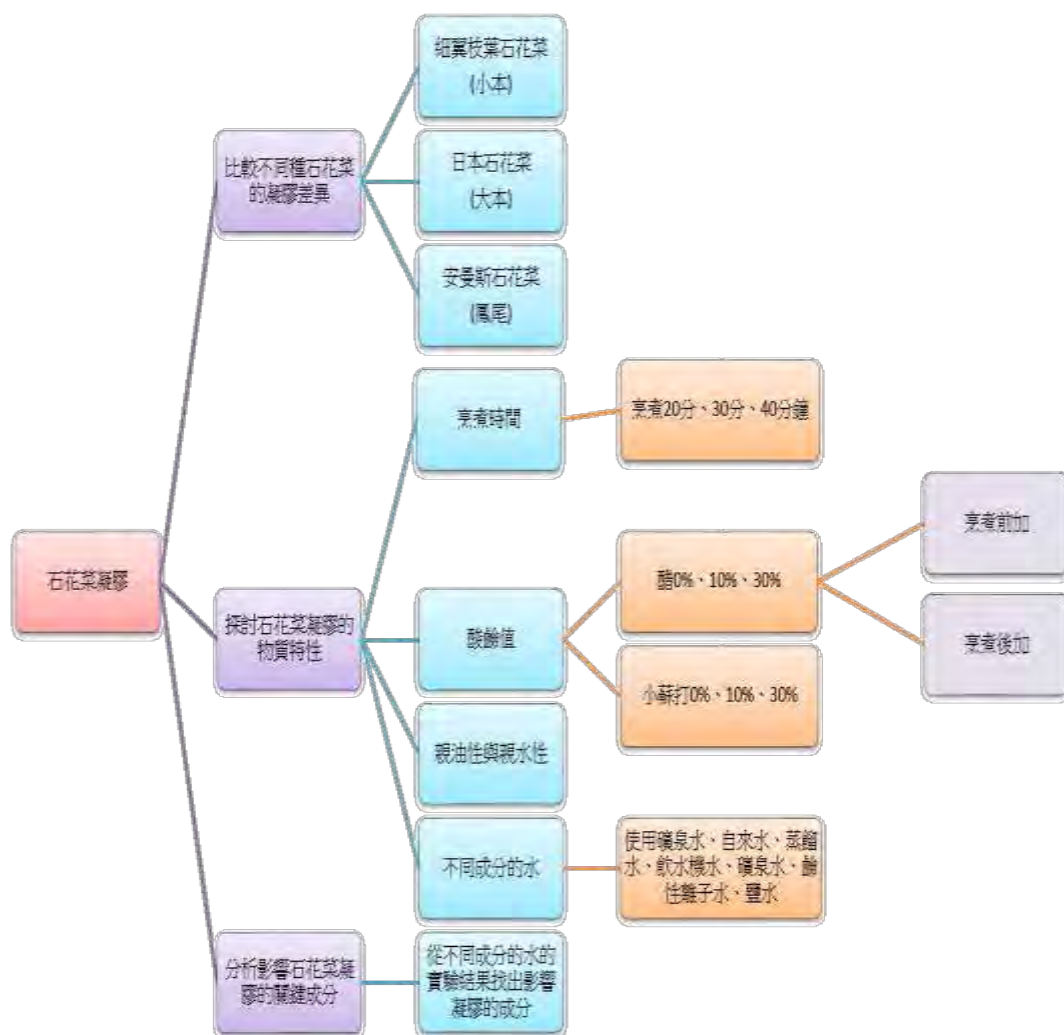
貳、研究目的

為了瞭解影響石花菜的凝膠機制，我們參訪臺灣東北角石花菜產地，了解常見石花菜種類與店家的製作方式並從中探討石花菜凝膠的主要成分-瓊脂(agar)與其物質特性，並進一步分析影響石花菜凝膠的關鍵成分。

- 一、認識臺灣東北角常見石花菜種類與製作過程
- 二、比較不同種石花菜的凝膠差異
- 三、探討石花菜凝膠的物質特性
- 四、了解石花菜凝膠物質成分與凝膠原理
- 五、分析影響石花菜凝膠的關鍵因素



圖二：實驗流程圖



圖三：實驗架構圖

參、研究設備及器材

本研究使用的器材、耗材、藥品、石花菜及測試裝置(表一、表二、表三)

表一：實驗器材			
電子秤	電磁爐	解剖顯微鏡	pH meter
燒杯	鋼杯	試管	螺帽
量筒	計時器	滴管	蔬果洗滌盆
玻璃棒	相機	瓦楞板	美工刀
表二：耗材、藥品			
牛奶	標籤	中藥布袋	塑膠杯
蒸餾水	礦泉水(悅氏)	鹼性離子水(統一)	鹽(氯化鈉)
醋	鈣片	油	酒精
小蘇打			
表三：東北角常見石花菜 (紅藻)			
安曼斯石花菜(鳳尾)	日本石花菜(大本)	細翼枝葉石花菜(小本)	

肆、文獻探討

為了瞭解石花菜凝膠與影響膠體結凍的影響因素，我們翻閱相關歷屆科展作品時，我們發現甚少有石花菜(海藻)的研究，也未曾探討石花凍的凝膠成分與凝膠機制，大部分研究都以愛玉或果凍粉為主要研究對象，相關文獻探討如下：

歷屆全國科展作品	與本實驗相關的資訊
驚天「凍」地~探討添加物對「蒟蒻果凍」凝膠機制之影響與感官品評接受度 (中華民國第 57 屆科展作品)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 發現 pH 值在 3 以下會嚴重破壞凝膠機制，在 pH 值 3~4 時最好。 ➢ 隨 pH 的鹼性越強，果凍會發生褐變現象，呈現黃褐色。在 pH 值超過 11 時會嚴重破壞凝膠機制
謎樣寒天 (中華民國第 48 屆科展作品)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 寒天在酸度過高溶液中不易凝固，要將凝膠質加水溶解，待溫度稍降後再加入酸性溶液才能凝固。
「凍」裡乾坤-愛玉凝膠因子之探討 (中華民國第 50 屆科展作品)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 水溶液越酸、愛玉硬度越低。 ➢ pH 值 6.5~10 鹼性水溶液硬度差異不大，pH11 的硬度最硬，而 pH12 時的硬度降至比 pH6.5~10 還低。 ➢ 添加油脂，只要微量，做出來的愛玉硬度皆下降。
「凍不凍有關係」續集 (中華民國第 54 屆科展作品)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 魚膠奶酪添加檸檬汁與不添加檸檬汁的凝膠及融化情形並無顯著差異。

伍、研究過程或方法

一、認識臺灣東北角常見石花菜種類與製作過程

為了瞭解臺灣東北角石花菜種類與製作過程，我們訪談野柳地質公園的石花菜攤販(圖四)，從中獲取市售石花菜常見種類與採集方式，此外，為了瞭解石花菜如何從海藻製作成販售商品，我們也參訪淡水六塊厝漁港，了解漁民如何曬石花菜(圖六)。

(一) 訪談臺灣東北角石花菜產地-野柳地質公園商店街

野柳地質公園位於新北市萬里區沿海地區，因地形受風化作用，而成為北海岸相當著名地質及奇石的風景名勝地，我們訪談店家發現臺灣東北角販售石花菜有三種，小本(細翼枝菜石花菜)、大本(日本石花菜)及鳳尾(安曼斯石花菜)，並進一步了解石花菜的生長環境與製作成石花凍的相關細節。



圖四：臺灣東北角石花菜產地-野柳地質公園位置圖

(二) 觀察臺灣常見三種石花菜物種構造與差異

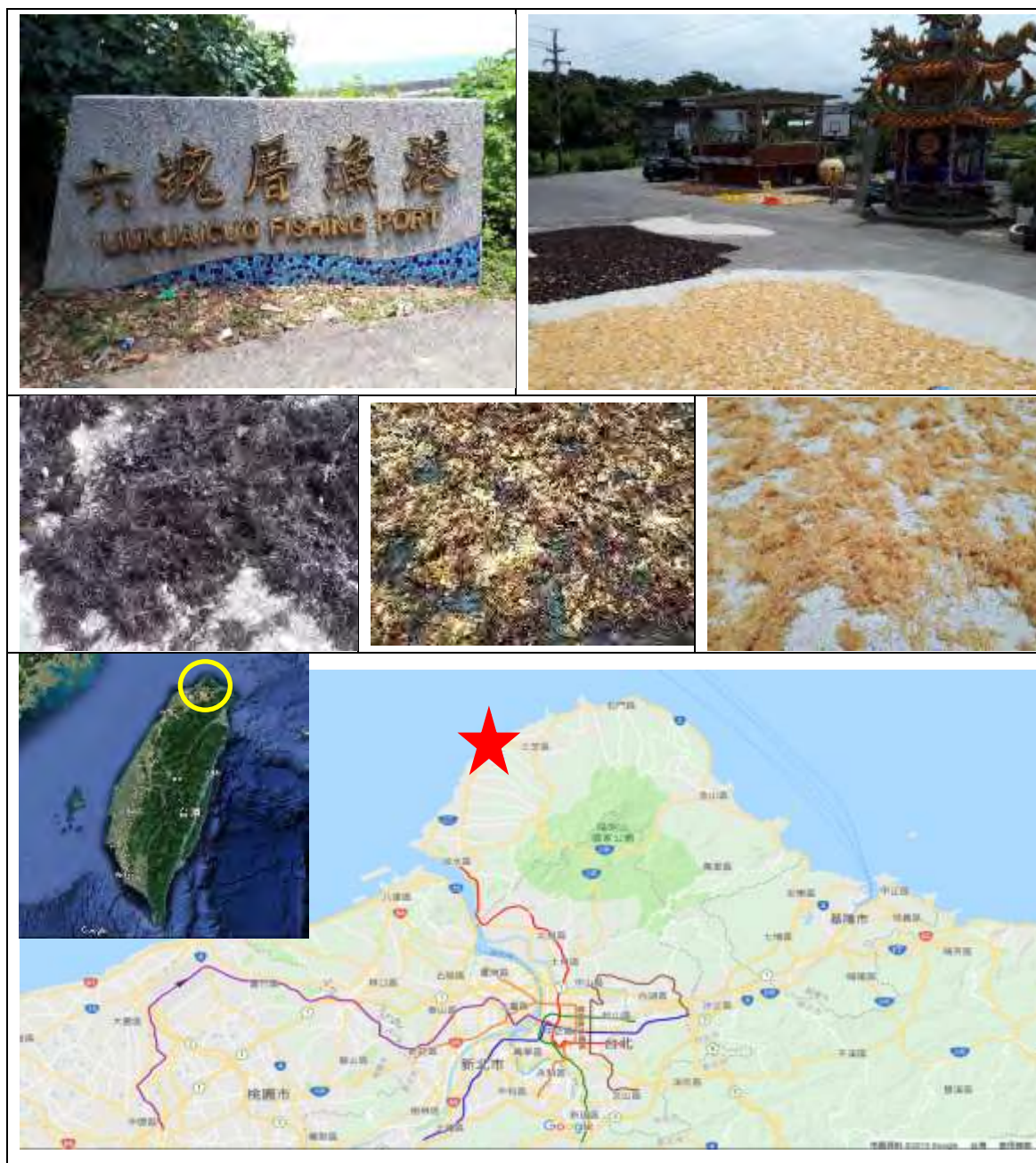
利用解剖顯微鏡觀察三種台灣常見的石花菜(圖五)，安曼斯石花菜(鳳尾)、細翼枝菜石花菜(小本)、日本石花菜(大本)，並依據他們的特徵畫出手稿圖。



圖五:解剖顯微鏡觀察

(三) 了解石花菜的製作過程

六塊厝漁港位於新北市淡水區，附近居民長久以來每到 4、5 月石花菜產季時，就會下海採集石花菜來曬，是一個以石花菜為漁村產業相當有特色的小漁村。



圖六：淡水六塊厝漁港位置圖與石花菜製作過程

二、比較不同種石花菜的凝膠差異

(一) 石花凍製作過程(圖七)

1. 秤取乾燥的安曼斯石花菜、日本石花菜、細翼枝葉石花菜各 6 克。
2. 將乾燥的石花菜放入洗滌籃中，在水龍頭下沖洗 1 分鐘。
3. 將洗好的石花菜裝進中藥包袋中並放入裝有 300 毫升水的鋼杯中。
4. 使用電磁爐加熱 30 分鐘後，冷卻中測試凝膠速度，完全凝固後測試凝膠硬度。



圖七:石花菜製作石花凍的流程

(二) 凝膠速度測試(圖八)

本研究硬度測試裝置參考第 57 屆全國中小學科展「驚天「凍」地～探討添加物對「蒟蒻果凍」凝膠機制之影響與感官品評接受度」修正製作。

作法：每隔四分鐘放入螺帽，如果小螺帽不再下沉再放入第二重的螺帽，直到放入最重的螺帽也不會下沉，代表凝膠完全凝固。

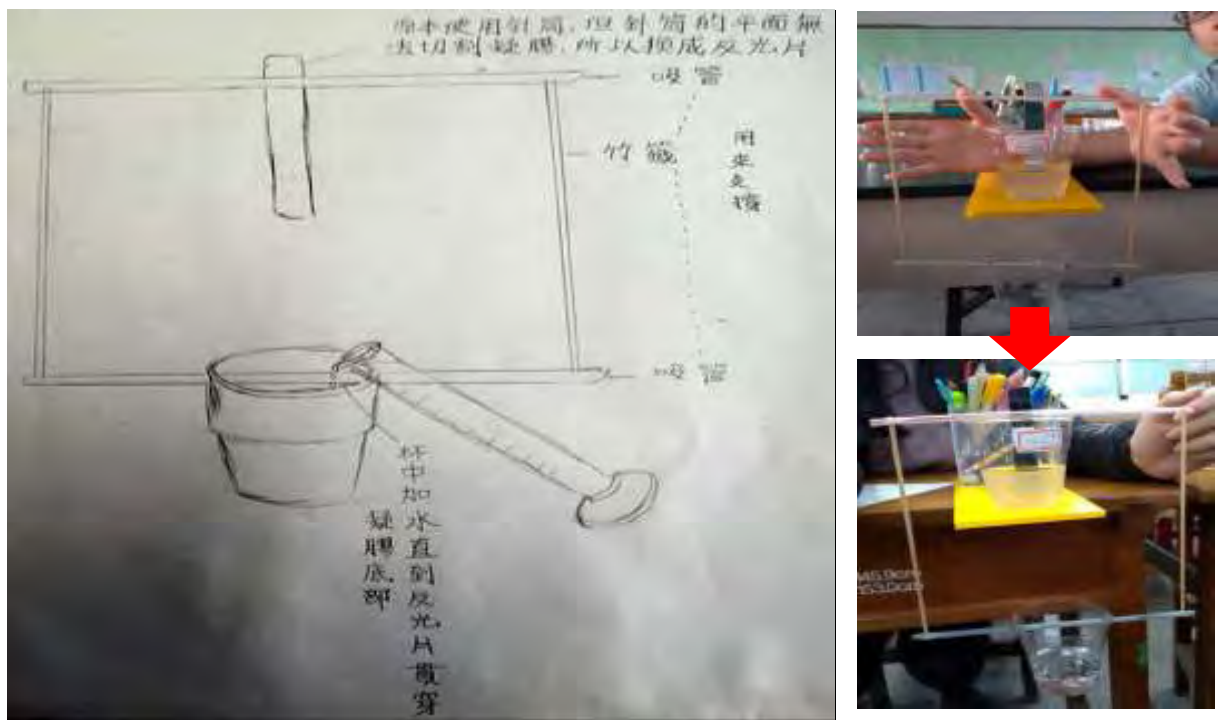


圖八：凝膠速度測試裝置

(三) 凝膠硬度測試(圖九)

本研究硬度測試裝置參考第 56 屆全國中小學科展「易籽而膠，行之有酵—探討薔荔榕亞屬植物的凝膠特性與酵素活性分析」修正製作。

作法：在下方空杯中持續倒水一直到上方切割器到達塑膠杯底部為止，測量塑膠杯的水量。



圖九：凝膠硬度測試裝置

三、探討石花菜凝膠的物質特性

為了探討外在環境對凝膠的影響，我們使用較易煮出凝膠且凝膠速度快的安曼斯石花菜(鳳尾)，來進行以下實驗。

(一)烹煮的時間(圖十)

1. 秤取三份乾燥的安曼斯石花菜 6 克。
2. 將乾燥的石花菜放入洗滌籃中，在水龍頭下沖洗 1 分鐘。
3. 將洗好的石花菜裝進中藥包袋中並放入裝有 300 毫升水的鋼杯中。
4. 使用電磁爐同時加熱 20 分鐘後拿下第一杯、30 分鐘後拿下第二杯、40 分鐘後拿下最後一杯，冷卻時測試凝膠速度，完全凝固後測試凝膠硬度。



圖十：烹煮過程

(二)酸鹼值對石花菜凝膠的影響

本實驗使用的酸性溶劑為 10%與 30%的醋酸水溶液，鹼性溶劑為 10%與 30%的小蘇打水溶液，烹煮前後加入進行測試

1.以醋酸水溶液為溶劑時：

製作石花凍的過程如圖七，添加 10%的醋水溶液以及 30%的醋水溶液，完成後測試凝膠速度與硬度。

2.以小蘇打水溶液為溶劑時：

製作石花凍的過程如圖七，添加 10%的小蘇打水溶液以及 30%的小蘇打水溶液，完成後測試凝膠速度與硬度。

3.比較烹煮前後加酸對石花菜凝膠的影響

(1)秤取一份乾燥的安曼斯石花菜 6 克。

(2)將乾燥的石花菜放入洗滌籃中，在水龍頭下沖洗 1 分鐘。

➤ 實驗一：將洗好的石花菜裝進中藥包袋中放入裝有 270 毫升的水+30 毫升醋於鋼杯中後，使用電磁爐加熱 30 分鐘後取下。(放入醋一起烹煮)

➤ 實驗二：將洗好的石花菜裝進中藥包袋中放入裝有 270 毫升的水，使用電磁爐加熱 30 分鐘後，加入 30 毫升醋。(烹煮好馬上加醋)

- ▶ 實驗三：將洗好的石花菜裝進中藥包袋中放入裝有 270 毫升的水，使用電磁爐加熱 30 分鐘後，冷卻 10 分鐘，再加入 30 毫升醋。(烹煮完再冷卻 10 分鐘再加醋。)

(三)親油性與親水性對石花菜凝膠的影響

石花凍的製作如圖七，親油性溶劑添加 300 毫升的針車油、親水性溶劑添加 300 毫升的米酒，完成後測試凝膠速度與硬度。



圖十一：針車油



圖十二：米酒

(四)不同成分的水對石花菜凝膠的影響

石花凍的製作流程如圖七，溶劑使用「飲水機水、自來水、鹽水、pH9.0 鹼性離子水、礦泉水、蒸餾水」六種不同成分的水來煮石花菜，完成後測試凝膠速度與硬度。

四、了解石花菜凝膠物質成分與凝膠原理

為了瞭解石花菜凝膠物質的成分與凝膠原理，我們查詢網路相關資料，並請教專家學者後，探討分析凝膠過程可能的原因。

五、分析影響石花菜凝膠的關鍵因素

由「不同成分的水對石花菜凝膠的影響」的實驗結果發現使用自來水、礦泉水、鹼性離子水的凝膠硬度大於其他三種，我們推測這三種水中可能具有能幫助凝膠的化學物質，查了這三種水的成分，發現自來水的來源與成分太多太複雜，因此我們先以成分較為單純的礦泉水以及鹼性離子水來分析。

表四：分析礦泉水、鹼性離子水的凝膠硬度大的原因

烹煮的溶劑	離子成分			
	統一鹼性離子水	鈉 5.6 毫克	鈣 0.32 毫克	鎂 3.1 毫克
悅氏礦泉水	鈉=0.08 毫克	鈣≥1.95 毫克	鎂>=0.69 毫克	

雖然共同的化學成分有鈉、鎂與鈣(表四)，但實驗中鹽水的硬度是最低，且鈉、鎂離子在日常生活食品中不易取得。而鈣離子則較容易出現於食品中，因此，為了進一步找出影響石花菜凝膠物質，我們使用含「鈣」的物質，鮮奶及鈣片進行以下實驗。

(一)添加鮮奶

因為鮮乳含有鈣，所以我們使用合作社的鮮乳，調製了 10%鮮乳水溶液以及 30%鮮乳水溶液，添加至石花菜中進行烹煮(製作流程如圖七)，完成後，測試凝膠速度與硬度。

(二)添加鈣

鮮乳的成分雖然含有鈣，但因為我們覺得鮮乳中雖然含有鈣，但也含有其他成分，不足以證明真的是鈣所影響凝膠現象的，因此，我們使用鈣片再作驗證，調適 10%鈣溶液與 30%的鈣溶液，添加至石花菜中進行烹煮(製作流程如圖七)，完成後，測試凝膠速度與硬度。

陸、研究結果

一、認識臺灣東北角常見石花菜種類與製作過程

(一)參訪野柳地質公園及六塊厝漁港，訪談與心得筆記

- ✎ 實際到野柳地質公園附近進行石花菜生長環境的踏查，經由訪問店家得知石花菜採集的季節為**每年的4月到10月**，10月之後禁止採集，店家說是非石花菜長的季節，因此採禁止採集，但經由我們查證後的原因應該是10月過後東北季風增加，政府怕人民採集會有危險，因此禁止採集，而不是因為非石花菜生長的季節。
- ✎ 我們訪問店家得知「**鳳尾最好煮出凝膠、大本最難煮**」，在實驗過程中也發現相同時間的烹煮下，鳳尾最容易凝膠，而大本最不容易凝膠，與店家說法不謀而合。
- ✎ 我們很好奇石花菜生長在哪裡，但因為我們踏查的時間不是在採集的季節，因此無法親眼看到採集，但我們訪問店家得知「石花菜大都生長在水面下，因此店家大都必須潛水採集，**小本生長比較上面、比較平的礁石上，鳳尾則生長在有浪的地方、也就是浪破碎的地方，大本則生長在比較下面，因為大本比較難煮出凝膠，又生長在較深的位置，因此很少人採集大本來販賣。**」對比本研究中文獻查閱的結果也不謀而合。

- 因石花菜生長環境太過危險，我們只能遠遠看著礁石上忽隱忽現很像石花菜的藻類，因此我們拜託老師前去看看，老師冒著危險幫我們採集到幾株，這幾株是在礁石最上方採集的，我們拿去請店家幫忙辨別，結果真的是石花菜，為「小本」。
- 另外我們很好奇為什麼原本紅色的石花菜，要經由曝曬、沖洗曬成白色的才拿來煮石花凍呢?店家說如果沒有經過此做法，那麼會有很濃的腥味。我們將老師採集的那幾株也模擬店家進行曝曬、沖洗，一開始真的腥味超重的，整間教室都聞的到，慢慢地經由曝曬、沖洗，那腥味才漸漸淡去。

	
<p>訪問店家</p>	<p>踏查當天採集小本的地點</p>
	
<p>採集到的小本</p>	<p>解剖顯微鏡下的小本</p>

圖十三：參訪野柳地質公園

(二)臺灣東北角常見石花菜種類(圖十四、圖十五、圖十六)

安曼斯石花菜 *Gelidium amansii* (石花菜科)



翻拍於臺灣東北角海藻圖鑑/黃淑芳著



曬乾後的安曼斯石花菜



本研究者手繪圖



解剖顯微鏡下的安曼斯石花菜

- 1.形態特徵：紫紅色，軟骨質，高10~30公分，羽狀分枝，小枝有互生或對生。摸起來很軟，分枝末端是橢圓形的，不過用肉眼看不出來，肉眼看起來是細長的，很像羽毛。
- 2.生態習性：多年生，全年可見。主要生長於低潮線附近至潮下帶3-10米深礁石上，一般生於水流較急或破浪處，透明度較高外海區。
- 3.地理分布：野柳、外木山、和平島、八斗子、鼻頭、龍洞地區較多，大致在野柳以東至宜蘭大溪海岸。
- 4.俗名：當地人稱為「鳳尾」。

圖十四：安曼斯石花菜物種介紹

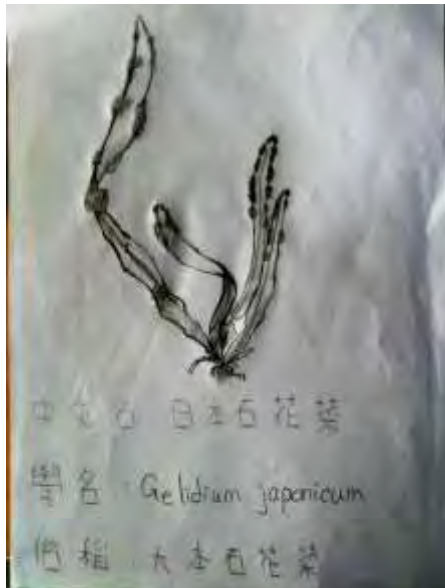
日本石花菜 *Gelidium japonicum* (石花菜科)



翻拍於臺灣東北角海藻圖鑑/黃淑芳著



乾燥的日本石花菜



本研究者手繪圖



解剖顯微鏡下的日本石花菜

- 1.形態特徵：紫紅色，硬軟骨質，高5~20公分，中間厚成中肋狀。主幹較寬、厚，上面有小小的橢圓，這些橢圓很密集，像一朵朵的小花。摸起來粗粗硬硬的。
- 2.生態習性：多年生，全年可見。生長於低潮線附近至潮下帶20米深礁石上。
- 3.地理分布：野柳、龍洞、香蘭、馬崗、大炎山等海岸
- 4.當地人稱為「大本」。

圖十五：日本石花菜物種介紹

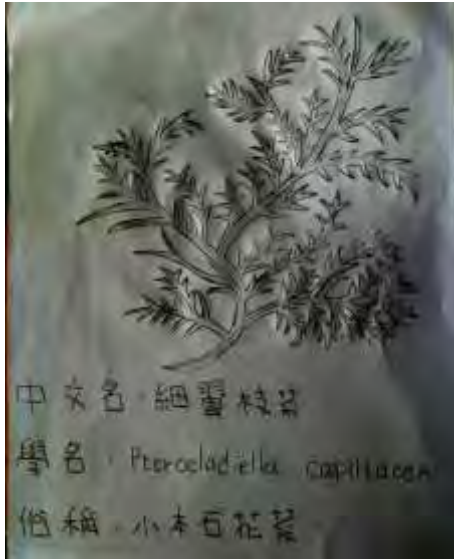
細翼枝菜石花菜 *Pterocladia capillacea* (石花菜科)



翻拍於臺灣東北角海藻圖鑑/黃淑芳著



乾燥的細翼枝菜石花菜



本研究者手繪圖



解剖顯微鏡下的細翼枝菜石花菜

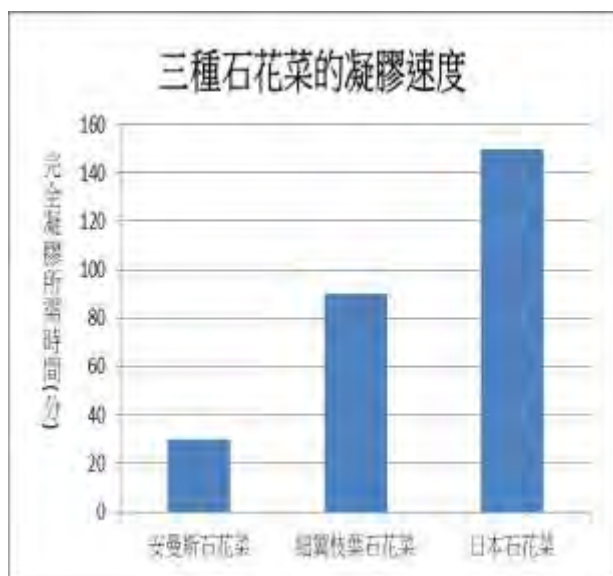
- 1.形態特徵：紫紅色，軟骨質，高3~15公分，主枝扁平，羽狀分枝，整個藻體呈金字塔形或羽毛狀。細翼枝菜石花菜相對的比日本石花菜、安曼斯石花菜小棵，有羽狀分枝，分枝很多且密集，摸起來很軟。
- 2.生態習性：生長於低潮線附近岩石裂縫或隱蔽處，或潮下帶1~15米深礁岩上。
- 3.地理分布：野柳、外木山、和平島、八斗子、鼻頭、龍洞、大里
- 4.當地人稱為「小本」。

圖十六：細翼枝菜石花菜物種介紹

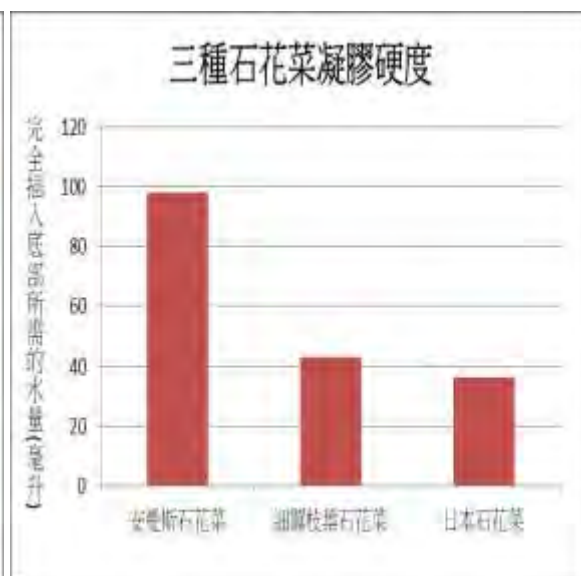
二、比較不同種石花菜的凝膠差異

完全凝膠為丟入最重的螺帽也無法下沉，即為完全凝膠，因此凝膠速度量測為完全凝膠所需要的時間

(一)凝膠速度



(二)凝膠硬度

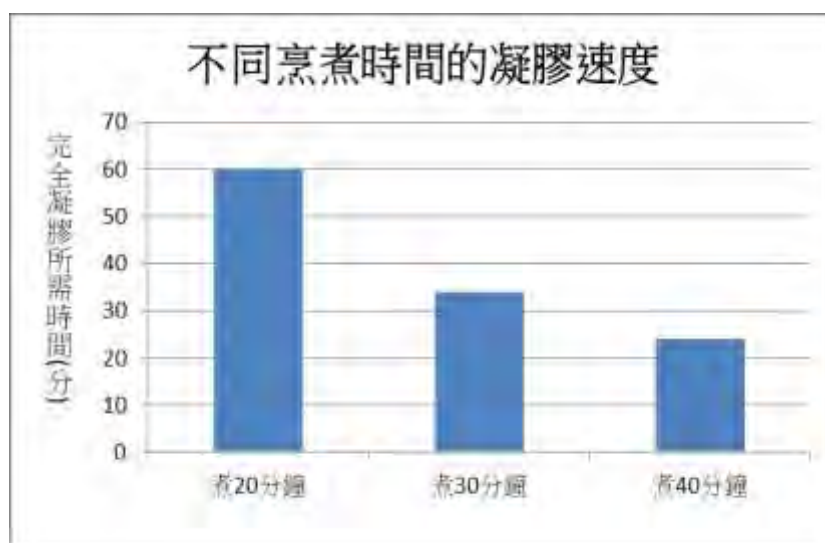


實驗結果：安曼斯石花菜>細翼枝葉石花菜>日本石花菜。

三、探討石花菜凝膠的物質特性

(一) 烹煮的時間

1.凝膠速度



實驗結果：烹煮安曼斯石花菜 40 分鐘的凝膠速度最快、煮 30 分鐘的凝膠速度次之、煮 20 分鐘的凝膠速度最慢。

2.凝膠硬度



實驗結果：烹煮 40 分鐘製作出來的石花凍最硬、煮 30 分鐘的石花凍次之、只有煮 20 分鐘製作出來的石花凍最軟。

(二) 溶劑的酸鹼性

1.烹煮前加入酸鹼物質

(1)酸性水溶液-醋酸水溶液																	
凝膠速度	凝膠硬度																
<table border="1"> <caption>不同濃度的醋水溶液當溶劑時的凝膠速度</caption> <thead> <tr> <th>溶劑中醋的濃度(%)</th> <th>完全凝膠所需時間(分鐘)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>不會凝固</td> </tr> </tbody> </table>	溶劑中醋的濃度(%)	完全凝膠所需時間(分鐘)	0	28	10	32	30	不會凝固	<table border="1"> <caption>不同濃度的醋水溶液當溶劑時的凝膠硬度</caption> <thead> <tr> <th>溶劑中醋的濃度(%)</th> <th>完全插入底部所需的水量(毫升)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>不會凝固</td> </tr> </tbody> </table>	溶劑中醋的濃度(%)	完全插入底部所需的水量(毫升)	0	60	10	60	30	不會凝固
溶劑中醋的濃度(%)	完全凝膠所需時間(分鐘)																
0	28																
10	32																
30	不會凝固																
溶劑中醋的濃度(%)	完全插入底部所需的水量(毫升)																
0	60																
10	60																
30	不會凝固																
<p>實驗結果：溶劑越酸，越難凝膠，溶劑水>10%醋水溶液>30%醋水溶液，30%醋水溶液當溶劑時到隔天都無法凝固。</p>	<p>實驗結果：溶劑越酸，凝膠硬度越低，溶劑水>10%醋水溶液，且 10%醋水溶液所做出來石花凍的硬度在我們放好測試裝置時就貫穿底部，因此可知凝膠硬度比溶劑為水時小。</p>																

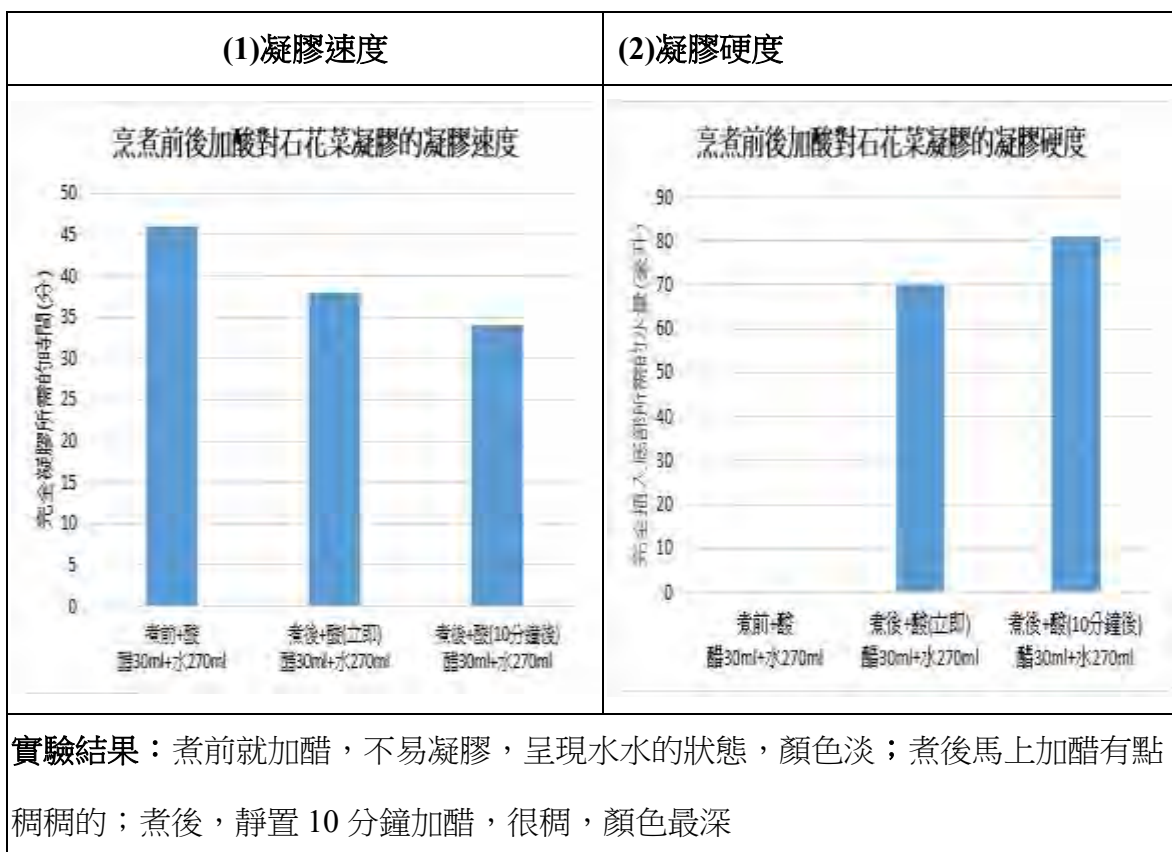
(2) 鹼性水溶液-小蘇打水溶液

凝膠速度	凝膠硬度																
<p>不同濃度的小蘇打水溶液當溶劑時的凝膠速度</p> <table border="1"> <caption>凝膠速度數據</caption> <thead> <tr> <th>溶劑中小蘇打的濃度(%)</th> <th>完全凝膠所需時間(分)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>~32</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>~48</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>不會凝固</td> </tr> </tbody> </table>	溶劑中小蘇打的濃度(%)	完全凝膠所需時間(分)	0	~32	10	~48	30	不會凝固	<p>不同濃度的小蘇打水溶液當溶劑時的凝膠硬度</p> <table border="1"> <caption>凝膠硬度數據</caption> <thead> <tr> <th>濃度</th> <th>完全插入底部所需的水量(毫升)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0%</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>10%</td> <td>不會凝固</td> </tr> <tr> <td>30%</td> <td>不會凝固</td> </tr> </tbody> </table>	濃度	完全插入底部所需的水量(毫升)	0%	60	10%	不會凝固	30%	不會凝固
溶劑中小蘇打的濃度(%)	完全凝膠所需時間(分)																
0	~32																
10	~48																
30	不會凝固																
濃度	完全插入底部所需的水量(毫升)																
0%	60																
10%	不會凝固																
30%	不會凝固																
<p>實驗結果： 溶劑為水>10%小蘇打水溶液>30%小蘇打水溶液，30%小蘇打水溶液當溶劑時到隔天都無法凝固。</p>	<p>實驗結果： 溶劑為水>10%小蘇打水溶液，且 10%小蘇打水溶液所做出來石花凍的硬度在我們放好測試裝置時就貫穿底部，因此可知凝膠硬度比溶劑為水時小。</p>																

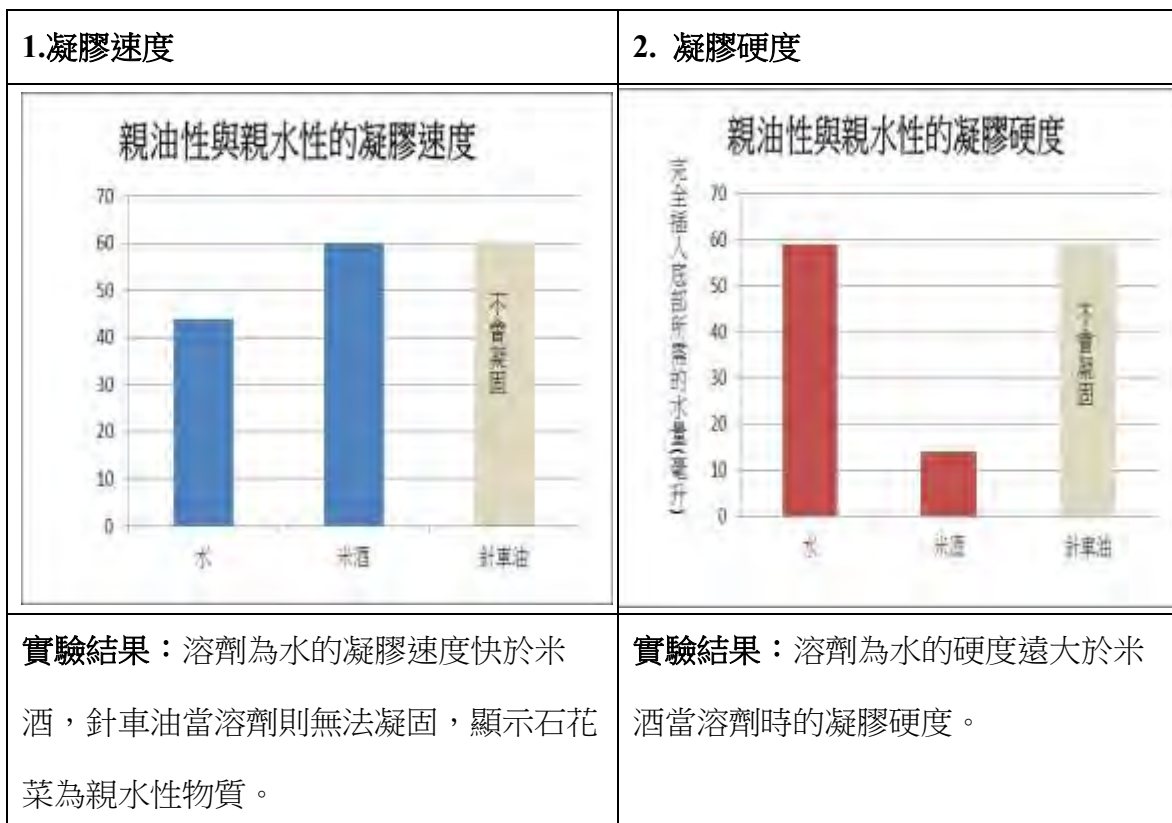
(3) 不同酸鹼性的凝膠速度

<p>溶劑酸鹼性不同的凝膠速度</p> <table border="1"> <caption>不同酸鹼性的凝膠速度數據</caption> <thead> <tr> <th>溶劑酸鹼性</th> <th>完全凝膠所需時間(分)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30%醋</td> <td>不會凝固</td> </tr> <tr> <td>10%醋</td> <td>~32</td> </tr> <tr> <td>0%醋</td> <td>~28</td> </tr> <tr> <td>0%小蘇打</td> <td>~32</td> </tr> <tr> <td>10%小蘇打</td> <td>~48</td> </tr> <tr> <td>30%小蘇打</td> <td>不會凝固</td> </tr> </tbody> </table>	溶劑酸鹼性	完全凝膠所需時間(分)	30%醋	不會凝固	10%醋	~32	0%醋	~28	0%小蘇打	~32	10%小蘇打	~48	30%小蘇打	不會凝固
溶劑酸鹼性	完全凝膠所需時間(分)													
30%醋	不會凝固													
10%醋	~32													
0%醋	~28													
0%小蘇打	~32													
10%小蘇打	~48													
30%小蘇打	不會凝固													
<p>實驗結果： 太酸或太鹼都不適合凝膠，其中鹼比酸更不容易凝膠。</p>														

2. 烹煮前後加酸對石花菜凝膠的影響

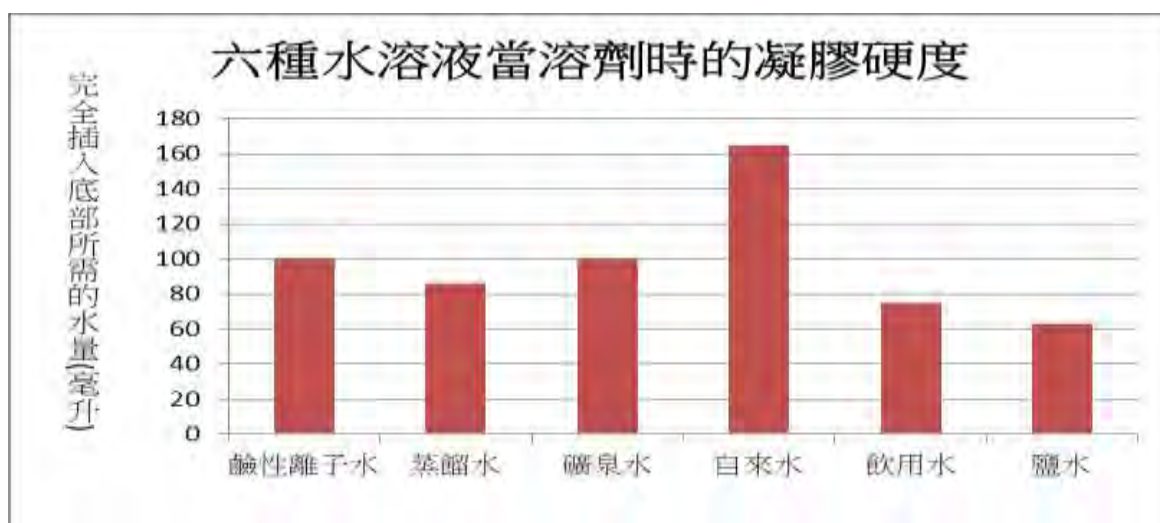


(三) 親油性與親水性溶劑



(四) 不同成份的水

以不同成分的水當作溶劑，結果如下圖



實驗結果：自來水>礦泉水=pH 鹼性離子水>蒸餾水>飲用水>鹽水

四、了解石花菜凝膠物質成分與凝膠原理

根據網路相關資料，並請教專家學者後，探討分析凝膠過程如下：

(一) 常見凝膠物質與機制

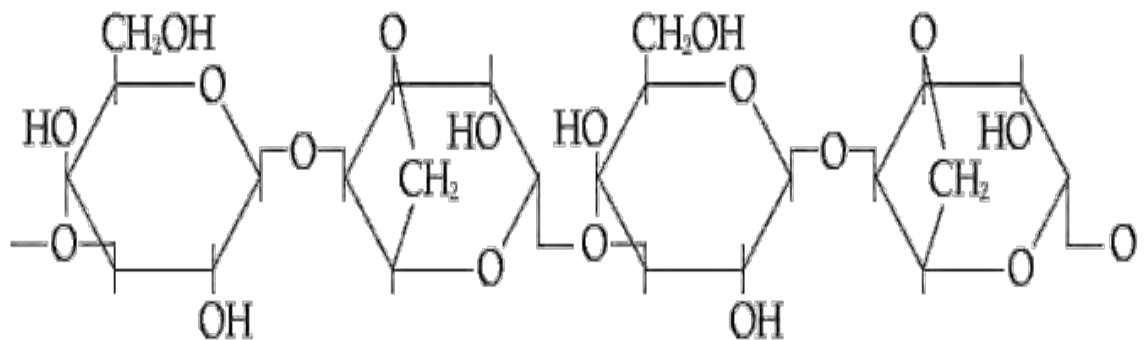
常見膠凝機制主要可分為三類，蛋白質類膠凝（明膠）、熱膠凝、化學膠凝，主要代表性物質如下表，其中石花菜主要成分瓊脂為熱膠凝機制凝膠

凝膠種類	果膠	瓊脂	海藻酸	吉利丁(明膠)
萃取來源	果膠沉積在植物的初生細胞壁和細胞間層	紅藻細胞壁	褐藻細胞壁	從動物皮或骨頭等結締組織中提煉的膠質
主要成分	高分子多醣體	高分子多醣體	高分子多醣體	蛋白質
凝膠機制	化學膠凝	熱膠凝	化學膠凝	蛋白質類膠凝
凝膠原理	利用果膠酯酶，將高甲氧基果膠水解成低甲氧基果膠	加熱到 90°C 才開始釋出瓊脂，在高溫狀態的瓊脂為多糖長鏈狀，	海藻酸分子易與正價陽離子結合形成有凝膠性質的化合物	蛋白質因為加熱展開，官能基暴露。靜電荷增加。

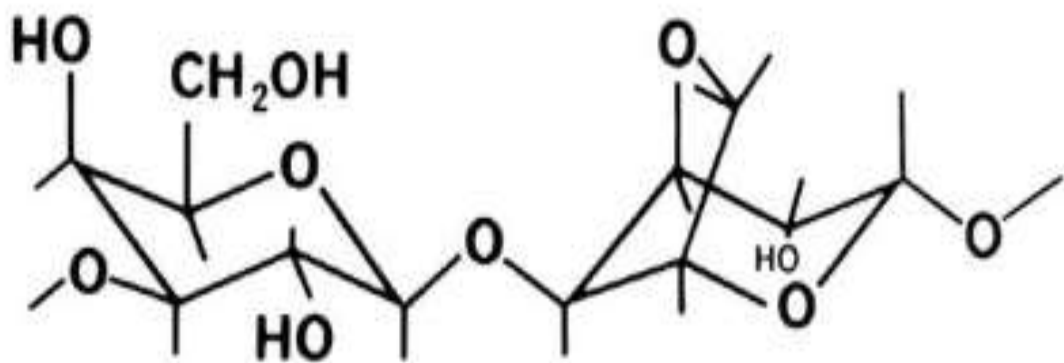
	(產生羧基)，再與水中之二價陽離子鍵結產生網狀結構，將水分子包覆形成果凍	降溫至 45°C 才開始凝固，此時兩條長鏈狀高分子間會產生氫鍵，形成雙股螺旋狀，最後則成為網狀結構	物（如海藻酸鈉等），再與水中之二價陽離子鍵結產生網狀結構，將水分子包覆形成果凍	冷卻之後官能基上面的靜電荷互相連接形成穩定的非共價鍵網狀結構
--	--------------------------------------	---	---	--------------------------------

(二)石花菜凝膠成分-瓊脂(agar)

石花菜凝膠成分為「瓊脂」，是一種親水性膠體。它是由石花菜等紅藻類細胞壁所產生的一種黏性物質，它的構造是由瓊脂糖 Agarose(80%)和瓊脂膠 Agaropectin 所組成的多聚醣；瓊脂糖 Agarose 是由半乳糖和半乳糖的衍生物構成不帶電的長鏈形多醣體，也是凝膠的主要成分(如圖十七、十八)。





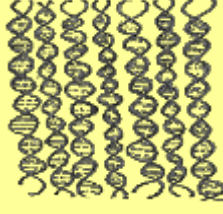
圖十七為瓊脂糖基本結構



圖十八：瓊脂糖的單元立體結構

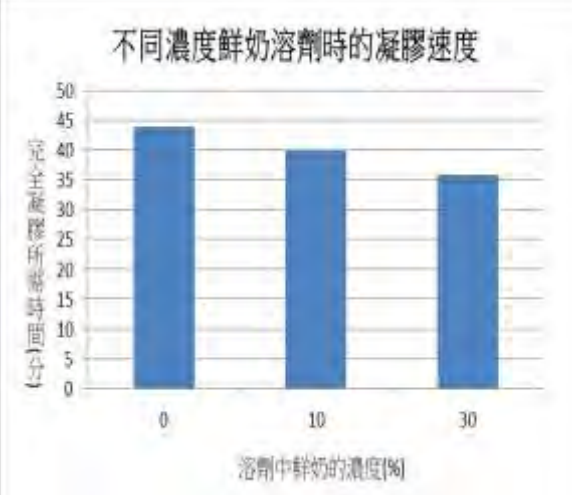
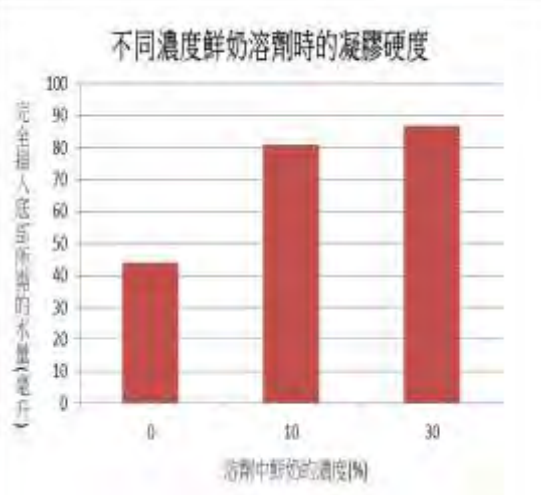
(三)石花菜的凝膠原理

石花菜加熱至 90°C 以上才會開始釋出瓊脂，在高溫狀態時，瓊脂為長鏈狀多醣體，當溫度降至 45°C 時，會開始凝固，此時，兩條長鏈狀分子間會產生氫鍵，形成雙股螺旋狀，最後再成為網狀結構，如下圖。

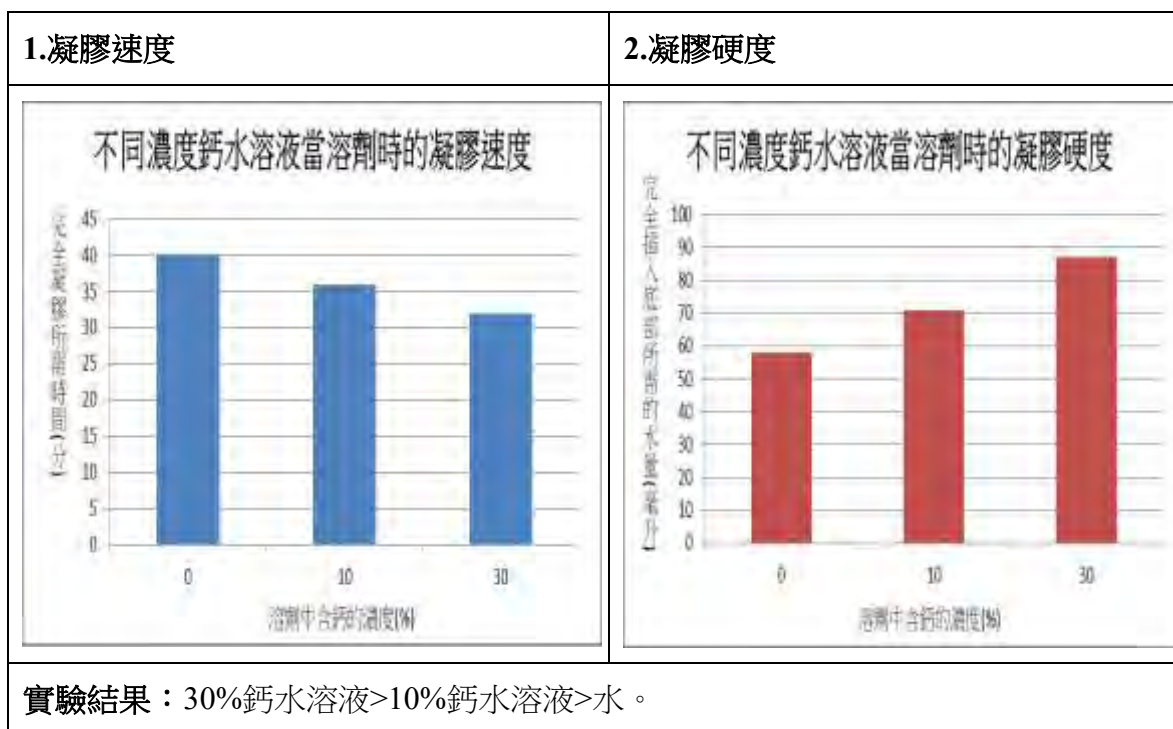
單元結構			
形狀	長鏈狀	雙股螺旋狀	網狀
溫度	90°C ↑	45°C ↓	室溫
說明	瓊脂是一種高分子多醣體。這是瓊脂一開始的形狀	當降溫到 45°C 以下時，會產生氫鍵而形成雙股螺旋狀	最後會形成網狀

五、分析影響石花菜凝膠的關鍵因素

(一) 添加鮮奶

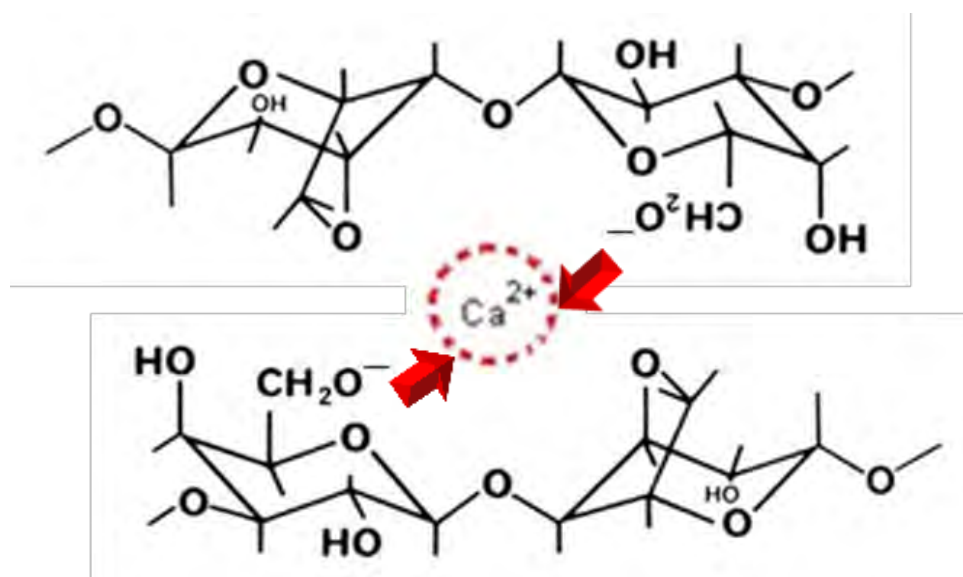
1.凝膠速度	2.凝膠硬度
	
實驗結果： 30%鮮奶當溶劑時的凝膠速度最快，10%鮮奶當溶劑時的凝膠速度次之，不含鮮奶的凝膠速度最慢。	實驗結果： 凝膠硬度 30%鮮奶>10%鮮奶>水，含有鮮奶成分的溶劑煮出來的凝膠硬度幾乎是水煮出來的兩倍。

(二) 添加鈣片



(三) 影響石花菜凝膠的關鍵因素

根據上述實驗結果我們可以發現鈣離子是影響石花菜凝膠的重要關鍵，其主要原因是因為瓊脂糖在水解狀態時， CH_2OH 的 H^+ 會解離到水中，因此讓 CH_2O 帶負電，成為 CH_2O^- ，而鈣離子帶兩價正電荷，可以幫助兩條長鏈鍵結(如圖十九)。因此，我們也推測若瓊脂糖間只要有 2 個正電荷離子(如：鈉、鎂、鈣、鋇、鋇、鐳)，都可以幫助石花菜凝膠。

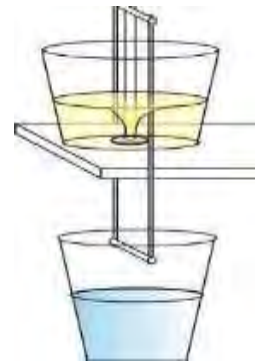


圖十九：帶兩價正電荷離子(鈣離子)可以幫助兩條長鏈緊密連結

柒、討論

一、改良凝膠硬度測試裝置

第 56 屆全國科展「易籽而膠，行之有醇—探討薜荔榕亞屬植物的凝膠特性與酵素活性分析」中的硬度測試裝置，以針筒推棒的底部來對凍體施加壓力，但經由實際測試，對於我們的石花菜凍不適用，因為就算把底下的水都裝滿了，針筒推棒還是無法下去，推測可能是石花菜凍的凍體較硬，因此我們後來將四年級自然課實驗時的反光片剪成適當的大小，作為插入凍體的裝置(圖二十)。



圖二十：凝膠硬度測試裝置

二、改良凝膠速度測試裝置

我們參考第 57 屆全國科展驚天「凍地～探討添加物對「蒟蒻果凍」凝膠機制之影響與感官品評接受度」的硬度測試裝置，但是此測試裝置是以丟入不同重量的砝碼來測試，但我們覺得砝碼的有凸起來的地方，凸起來的地方可能對凍體造成不一樣的壓力，且砝碼經過實驗後會增加保存的困難，因此本研究使用不同重量的螺帽來實驗，以克服這兩個問題。

三、烹煮石花菜遇到的困難

石花菜經過一段時間的烹煮後，會開始產生泡沫，接著就溢了出來，這對我們來說非常的困擾，於是開始上網搜尋溢出的原因及解決的方法，經過查詢後我們推測可能在烹煮的過程當中，被萃取出來的某些物質會增加氣泡的強度,造成氣泡不容易破掉。解決的方法我們試了在杯子上放湯匙、放筷子都還是溢出，直到最後發現只要在鋼杯中放入玻璃棒(圖二十一)，煮的過程當中也不要攪拌，泡泡便不會再溢出。



圖二十一：玻璃棒放置方式

四、探討影響凝膠的因素

由實驗結果發現使用自來水、礦泉水、鹼性離子水的凝膠硬度大於其他三種溶劑，我們推測應該是這三種水中具有能幫助凝膠的化學物質，我們去查了這三種水的成分，自來水來源不明，因此我們以成分較為單純的礦泉水以及鹼性離子水來分析。

統一鹼性離子水成分：鈉 5.6 毫克、鈣 0.32 毫克、鎂 3.1 毫克、鉀 1.1 毫克

悅氏礦泉水成分：鈉=0.08 毫克、鈣>=1.95 毫克、鎂>=0.69 毫克

雖然共同的化學成分有鈉、鎂與鈣，但實驗中鹽水的硬度又是在六種溶劑中最低的，且鈉、鎂離子在日常生活食品中不易取得。而鈣離子則較容易出現於食品中，因此，為了進一步找出影響石花菜凝膠的關鍵因素，我們使用含「鈣」的物質，進行實驗，結果發現帶兩價正電的鈣離子確實是影響凝膠的重要關鍵。

五、石花菜凝膠原理探討

實驗結果我們可以發現鈣離子是影響石花菜凝膠的重要關鍵，主要原因是因為瓊脂糖在水解狀態時， CH_2OH 的 H^+ 會解離到水中，因此讓 CH_2O^- 帶負電，成為 CH_2O^- ，而鈣離子帶兩價正電荷，可以幫助兩條長鏈鍵結(如圖十九)。因此，我們也推測若瓊脂糖間只要有 2 個正電荷離子(如：鈹、鎂、鈣、鋇、鋇、鐳)，都可以幫助石花菜凝膠。

六、探討歷屆科展凝膠相關研究與本研究之異同

(一)本實驗中石花菜使用針車油當溶劑時，無法凝膠，在「凍」裡乾坤-愛玉凝膠因子之探討(50 屆全國科展)中，也發現愛玉凝膠也有相同的結果，只要有一點點的油脂，愛玉的硬度皆下降，其作品認為可能因為果膠分子在有油脂的環境中溶進油分子中，不易與水中的礦物質離子鍵結，但我們對這樣說法有點懷疑，雖然瓊脂和果膠是不同的凝膠物質，但查詢資料後發現果膠與瓊脂都為親水性物質，並不會溶於油中；因此，我們認為使用油來當溶劑時，不論愛玉或是石花凍都無法凝膠是因為它們為親水性物質，在親油性溶劑中，石花菜是無法釋出瓊脂。

(二)從驚天「凍」地～探討添加物對「蒟蒻果凍」凝膠機制之影響與感官品評接受度(57屆全國科展)、謎樣寒天(48屆全國科展)、「凍」裡乾坤-愛玉凝膠因子之探討(50屆全國科展)歷屆科展中發現，蒟蒻、寒天、愛玉的在太酸的环境下不易凝固或硬度降低，和我們石花菜(瓊脂)的實驗結果相同，實驗顯示酸的濃度會影響這些物質的凝膠情形。但在「凍不凍有關係」續集(54屆全國科展)中卻提到魚膠奶酪添加檸檬汁與不添加檸檬汁的凝膠及融化情形並無顯著差異，雖然魚膠和瓊脂的凝膠成分不同，但是我們看了他們的研究，發現他們添加檸檬都是在魚膠冷卻後添加，而不是烹煮時添加，這和我們的實驗結果不謀而合，在烹煮完，冷卻時間越長的情況下再加入酸，就越不會影響凝膠情形，這也與謎樣寒天(48屆全國科展)科展中提到的「寒天在酸度過高溶液中不易凝固，要將凝膠質加水溶解，待溫度稍降後再加入酸性溶液才能凝固」有類似的情形。

(三)從驚天「凍」地～探討添加物對「蒟蒻果凍」凝膠機制之影響與感官品評接受度(57屆全國科展)、「凍」裡乾坤-愛玉凝膠因子之探討(50屆全國科展)歷屆科展中發現蒟蒻、愛玉在 pH 值超過 11 時會嚴重破壞凝膠機制，和我們的實驗結果不盡相同，石花凍在太鹼的环境下不易凝膠，我們推測鹼性物質的濃度太高可能會影響瓊脂間氫鍵的鍵結。

捌、結論

- 一、石花菜凝膠成石花凍是由親水性膠體-瓊脂(agar)所產生的，其主要來自於石花菜(紅藻類)細胞壁所分泌的黏性多聚醣，它的構造是由瓊脂醣 Agarose(80%)和瓊脂膠 Agaropectin 所組成，不同種石花菜，瓊脂(agar)含量也有所不同，其中瓊脂含量多寡依序為安曼斯石花菜(鳳尾)>細翼枝菜石花菜(小本)>日本石花菜(大本)。
- 二、石花菜凝膠為熱膠凝，當溫度達 90°C 以上石花菜細胞壁會釋出長鏈狀瓊脂醣，烹煮越久，釋出越多，當溫度降低於 45°C 以下，長鏈狀瓊脂醣會以氫鍵結合成雙股螺旋狀，再形成網狀結構，瓊脂醣釋出濃度越高，凝膠速度越快，凝膠硬度越高。
- 三、石花菜凝膠釋出過程中，若加酸或加鹼會降低石花菜凝膠效果，且酸鹼濃度超過 30%石

花菜就不易凝膠，但若於凝膠釋出後添加則較不受酸鹼影響，這與長鏈狀結構容易被酸鹼物質水解而網狀結構不易被水解有關。

四、石花菜凝膠物質為親水性物質，實驗發現當石花菜遇到親油性物質(針車油)則完全無法凝膠，其中水凝膠效果又比米酒好，這個長鏈狀瓊脂需要氫鍵鍵結成雙股螺旋狀、網狀結構有關。

五、不同成分的水凝膠效果：自來水>礦泉水=pH 鹼性離子水>蒸餾水>飲用水>鹽水。

六、影響石花菜凝膠關鍵因素為帶二價正電的鈣離子，其主要原因為帶二價正電荷的離子可以形成鍵橋連結水解狀態長鏈瓊脂糖的 CH_2O^- ，使長鏈狀可以較快速形成穩定的網狀結構，當鈣離子越多，凝膠速度越快、硬度越高。

玖、未來展望

從實驗結果發現在烹煮前加酸，凝膠效果不佳，烹煮冷卻後再加，凝膠效果較佳，同樣都是加酸，只是加入的時間點不同，為什麼會有此不同的差異呢?我們推測在高溫烹煮時酸可能會將瓊脂多糖高分子裂解成一小段一小段的，因此才會降低其凝膠效果。如果多糖高分子真的在高溫被水裂解，那麼化學需氧量(COD)應該就會增加，但我們國小沒有測量 COD 的儀器，且 COD 的儀器很貴，因此我們希望在未來中有機會能使用 COD 的儀器來進行檢測，來驗證我們的推測是否成立。

拾、參考資料

一、黃淑芳(2000)。臺灣東北角海藻圖錄，台北：國立台灣博物館。

二、江永棉、王瑋龍、黃淑芳(1980)。臺灣海藻簡介，台灣省立博物館。

三、林柏成(2010)。臺灣北部石花菜屬海藻採集的時空特性與永續經營研究，碩士論文。

四、鍾政毅、陳品君、官宸澤、吳一峰(2008)。謎樣寒天。中華民國第 48 屆中小學科學展覽會科展作品。

五、陳英宇、梁貿淞、林政宇、黃琛富(2010)。「凍」裡乾坤-愛玉凝膠因子之探討。中華民

國第 50 屆中小學科學展覽會科展作品。

六、黃容蔚、孔育婕、楊翊寧、潘星妤(2014)。「凍不凍有關係」續集。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會科展作品。

七、莊竣守、曾旭宏、葉宸瑋(2016)。「易籽而膠，行之有醇—探討蒟蒻榕亞屬植物的凝膠特性與酵素活性分析」。第 56 屆中小學科學展覽會科展作品。

八、游心瑜、江選任、陳梓皓、莊承諺(2017)。「驚天「凍」地～探討添加物對「蒟蒻果凍」凝膠機制之影響與感官品評接受度」。第 57 屆中小學科學展覽會科展作品。

拾壹、心得

在找尋石花菜的文獻時，我們發現過去科展並沒有人針對東北角石花菜進行調查與成分的分析，而新北市東北海域是臺灣石花菜重要的產地，更是新北市重要的漁村文化產業，卻無人關注，讓我們覺得好可惜~

要不是這次科展研究的機會，我們有組員連石花凍是什麼、石花菜是什麼都不知道呢，更別說石花菜還有分品種了!!

在第一次實驗的時候，我們對於石花凍超級好奇，做完實驗後我們根本不在乎是否是做過實驗的石花凍，就徒手拿起來吃吃看，一吃，不得了了，超級噁心的，好重好重的腥味阿!但是後來我們發現將石花凍冰過之後再加入果醬一起吃，真是人間美味!比我們野柳踏查時向店家所購買的石花凍還好吃呢!

這次的科展，我們大家花了很多的心血與時間，但我們很喜歡這次的主題，雖然在過程中有失敗的時候，但遇到問題，我們就想盡辦法解決改善；出去踏查的時候真的是眼界大開，本來在課本上的豆腐岩、女王頭，都活生生地出現在眼前，連石花菜都被我們採回來了呢!這些經驗都會成為我們最寶貴的回憶!

【評語】 080202

此作品主要探討如何控制石花菜凝膠的凝結速度與硬度，題目具有實用價值和鄉土性，除了化學實驗以外，還加入了實地訪查及不同石花菜品種的觀察，作者也針對歷屆科展凝膠相關研究與其研究之異同處進行討論，值得鼓勵。下列幾項建議供作者參考：

1. 在實驗變因的控制與設計上可以更仔細。
2. 可濃縮生物陳述部份，增加有關凝膠機制的文獻探討與實驗探究。
3. 可加入自製量測裝置的校正實驗，讓量測數據更具有可信度。
4. 瓊脂糖鏈與陽離子作用的圖式可以更加精確。

摘要

- 瓊脂含量多寡分別為：鳳尾>小本>大本。
- 瓊脂在高溫長鏈狀結構時容易被酸水解而影響凝膠效果。
- 若瓊脂在凝膠過程中遇到鈣離子或是帶二價正電的離子時，凝膠效果會更佳，其主要原因為帶二價正電荷的離子可以形成鍵橋連結長鏈瓊脂糖的 CH_2O^- ，使長鏈狀可以較快速形成穩定的網狀結構。

研究動機



成分複雜

天然的



東北角重要的漁村文化產業！

訪談



文獻

- 煮石花菜釋出的凝膠物質是什麼？
- 石花菜要在怎樣的條件下才容易釋出凝膠呢？
- 又有什麼關鍵成分使它釋出的凝膠物質更快速的成凍呢？

研究目的


- 一. 認識臺灣東北角常見石花菜種類與製作過程
- 二. 比較不同種石花菜的凝膠差異
- 三. 探討石花菜凝膠的物質特性
- 四. 了解石花菜凝膠物質成分與凝膠原理
- 五. 分析影響石花菜凝膠的關鍵因素



研究過程或方法

一、認識臺灣東北角常見石花菜種類與製作過程

(一) 訪談臺灣東北角石花菜產地 - 野柳地質公園商店街




(二) 觀察臺灣常見三種石花菜物種構造與差異



利用解剖顯微鏡觀察


(三) 了解石花菜的製作過程



參訪六塊厝漁港

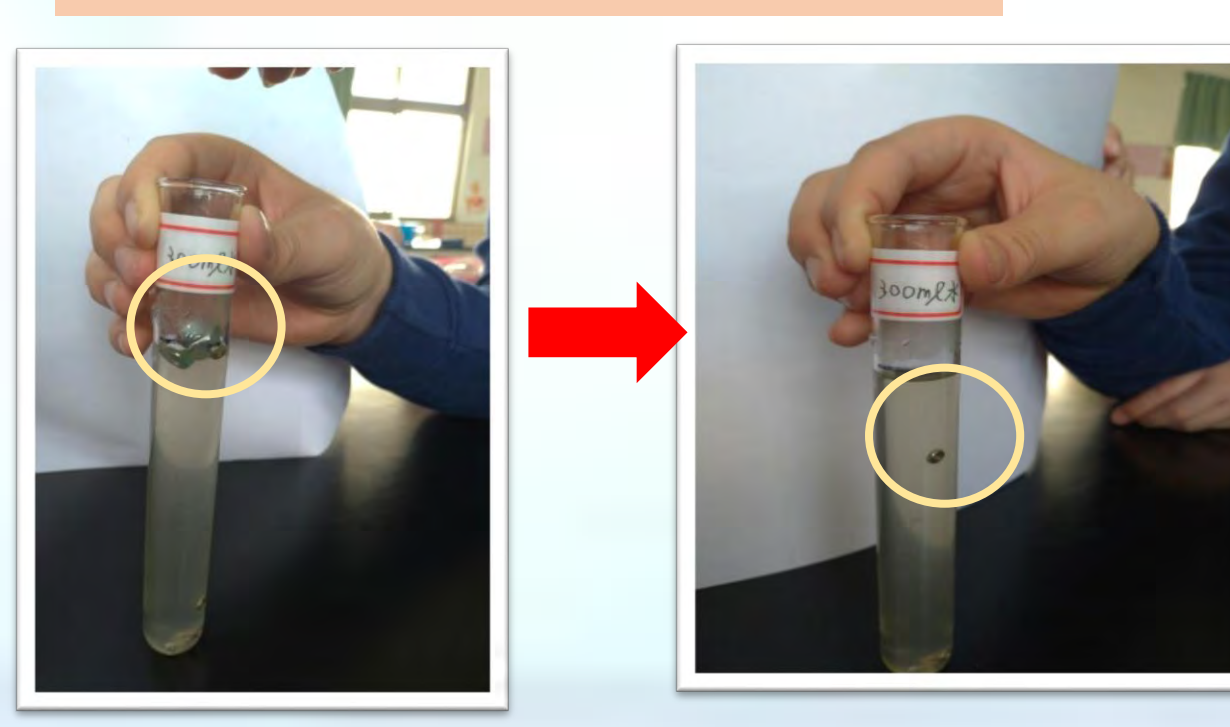
二、比較不同種石花菜的凝膠差異

(一) 石花凍的製作過程

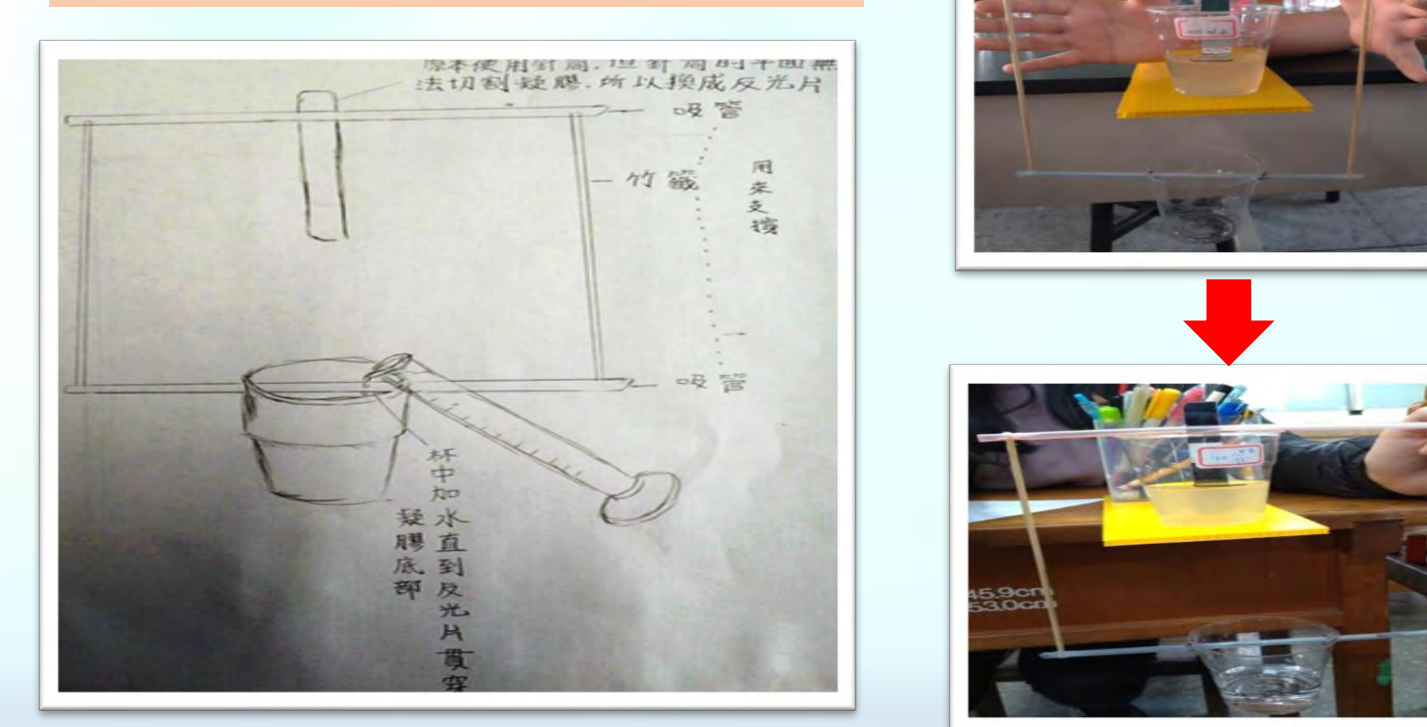


1. 取6克石花菜
2. 沖洗
3. 裝進中藥包裝袋
4. 烹煮

(二) 凝膠速度測試



(三) 凝膠硬度測試



三、探討石花凍凝膠的物質特性

為了探討外在環境對凝膠的影響，我們使用較易煮出凝膠且凝膠速度快的安曼斯石花菜(鳳尾)，來進行以下實驗。

- (一) 烹煮的時間
作法：改變製作過程的烹煮時間，分別為20分鐘、30分鐘及40分鐘。
- (二) 酸鹼值對石花凍凝膠的影響
本實驗一、二使用的酸性溶劑為10%與30%的醋酸水溶液，鹼性溶劑為10%與30%的小蘇打水溶液，烹煮前加入一起煮。
實驗一、以醋酸水溶液為溶劑時：以0%、10%和30%的醋水溶液當溶劑，比較凝膠速度與凝膠硬度。
實驗二、以小蘇打水溶液為溶劑時：以0%、10%和30%的小蘇打水溶液當溶劑，比較凝膠速度與凝膠硬度。
實驗三、比較烹煮前後加酸對石花凍凝膠的影響
 1. 將在中藥包裝袋內的石花菜放入裝有30ml醋+270ml水的鋼杯中。
 2. 將在中藥包裝袋內的石花菜放入裝有270ml水的鋼杯中，煮完後馬上加30ml的醋。
 3. 將在中藥包裝袋內的石花菜放入裝有270ml水的鋼杯中，煮完並冷卻10分鐘後依照比例在試管和塑膠杯中加入10%的醋。

(三)以水溶液、油當溶劑時對石花凍凝膠的影響 -水、酒精及油當溶劑，觀察凝膠情形並推論石花凍凝膠物質為親水性或親油性。

1. 以針車油為溶劑時：將步驟3的水改為300ml的針車油
2. 以米酒為溶劑時：將步驟3的水改為300ml的米酒

(四)不同成分的水對石花凍凝膠的影響

將步驟3的水改為300ml的飲水機水、自來水、鹽水、pH9.0鹼性離子水、礦泉水、蒸餾水

四、了解石花凍凝膠物質成分與凝膠原理

為了瞭解石花凍凝膠物質的成分與凝膠原理，我們查詢網路相關資料，並請教專家學者後，探討分析凝膠過程可能的原因。

五、分析影響石花凍的凝膠物質

烹煮的溶劑	離子成分			
統一鹼性離子水	鈉5.6毫克	鈣0.32毫克	鎂3.1毫克	鉀1.1毫克
悅氏礦泉水	鈉=0.08毫克	鈣1.95毫克	鎂>=0.69毫克	

(一)添加鮮奶

將步驟3的水分別改為300ml的水、30ml的鮮奶+270ml的水和90ml的鮮奶+210ml的水。

(二)添加鈣

將步驟3的水分別改為300ml的水、30ml的鈣溶液+270ml的水和90ml的鈣溶液+210ml的水。

- 鈣溶液調法：將一顆鈣片丟入250ml的飲水機水中並攪拌，直到全部溶解。



研究結果

一、認識臺灣東北角常見石花菜種類與製作過程

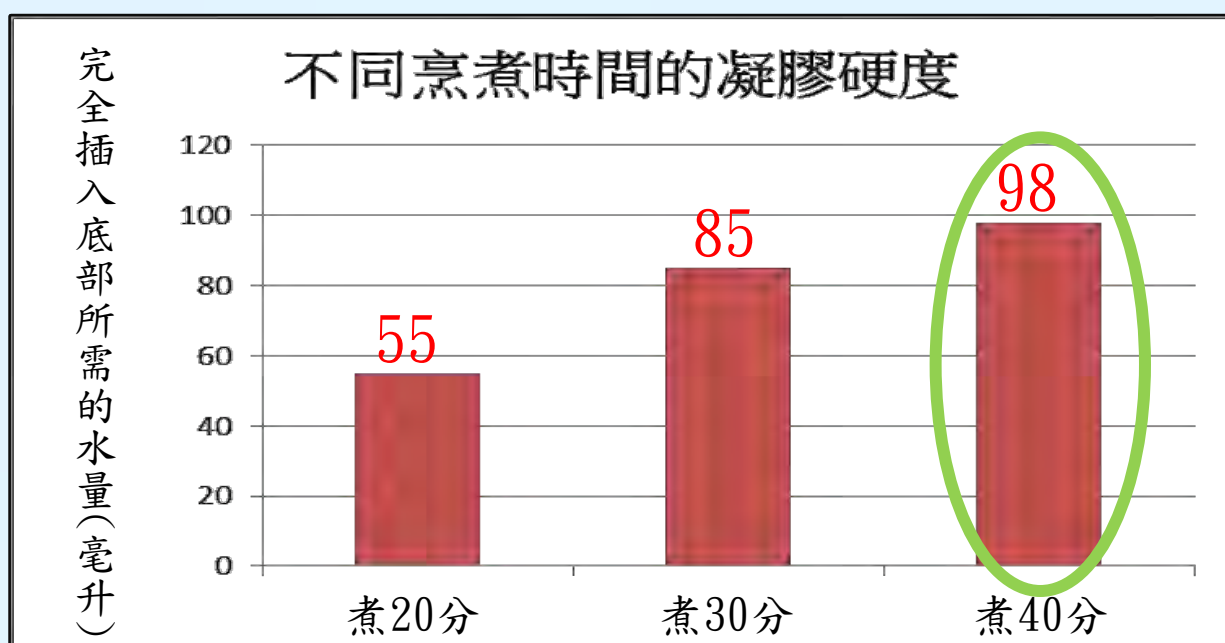
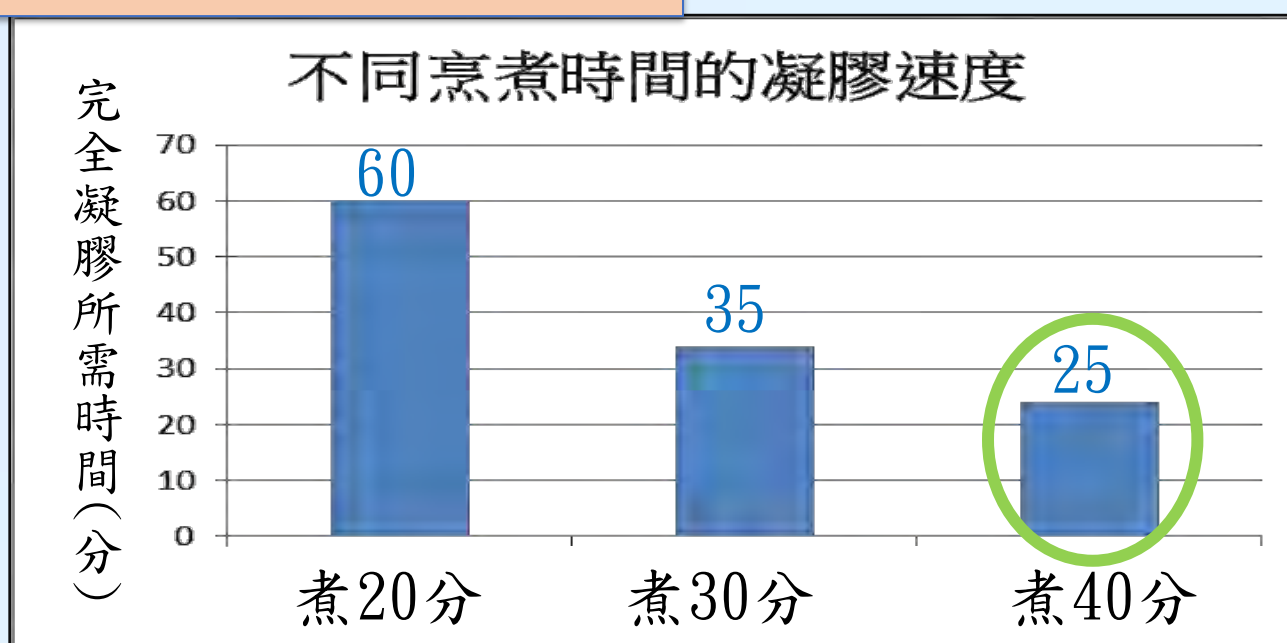
(一)臺灣東北角常見石花菜種類

1. 鳳尾(安曼斯石花菜)
2. 大本(日本石花菜)
3. 小本(細翼枝菜石花菜)



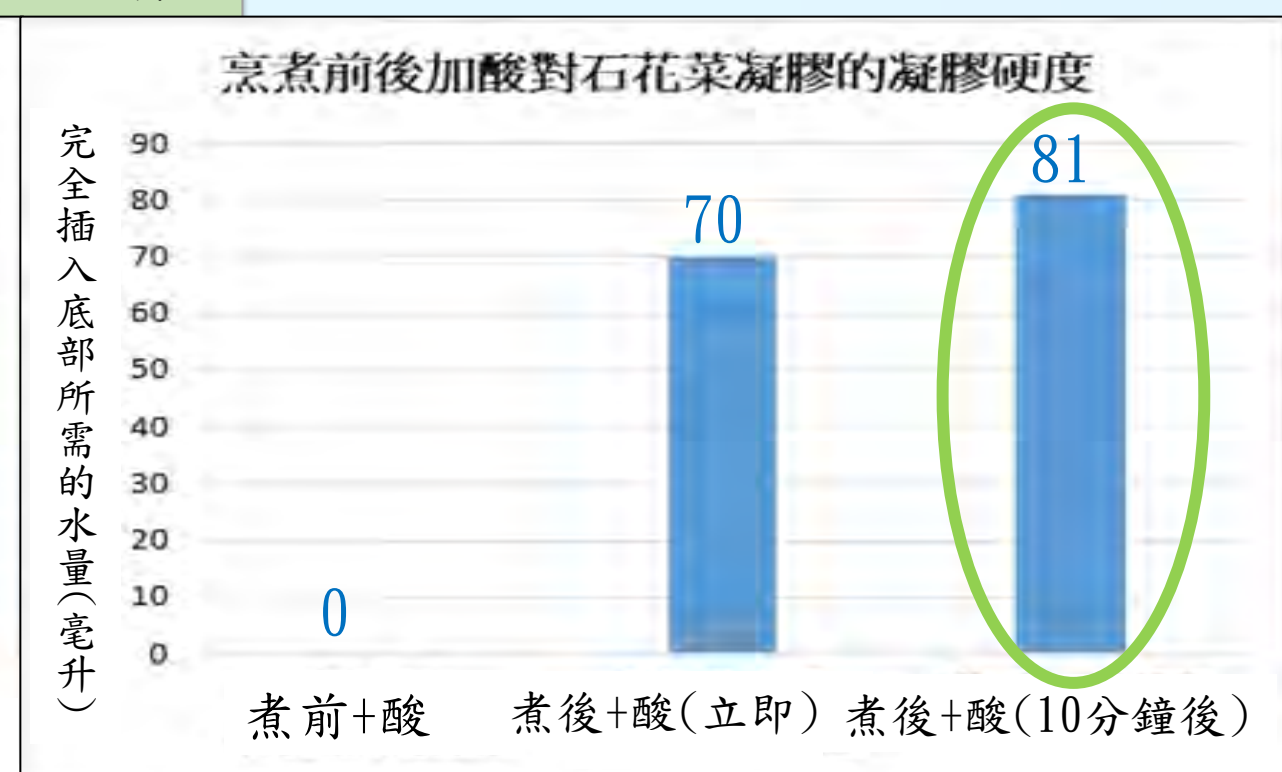
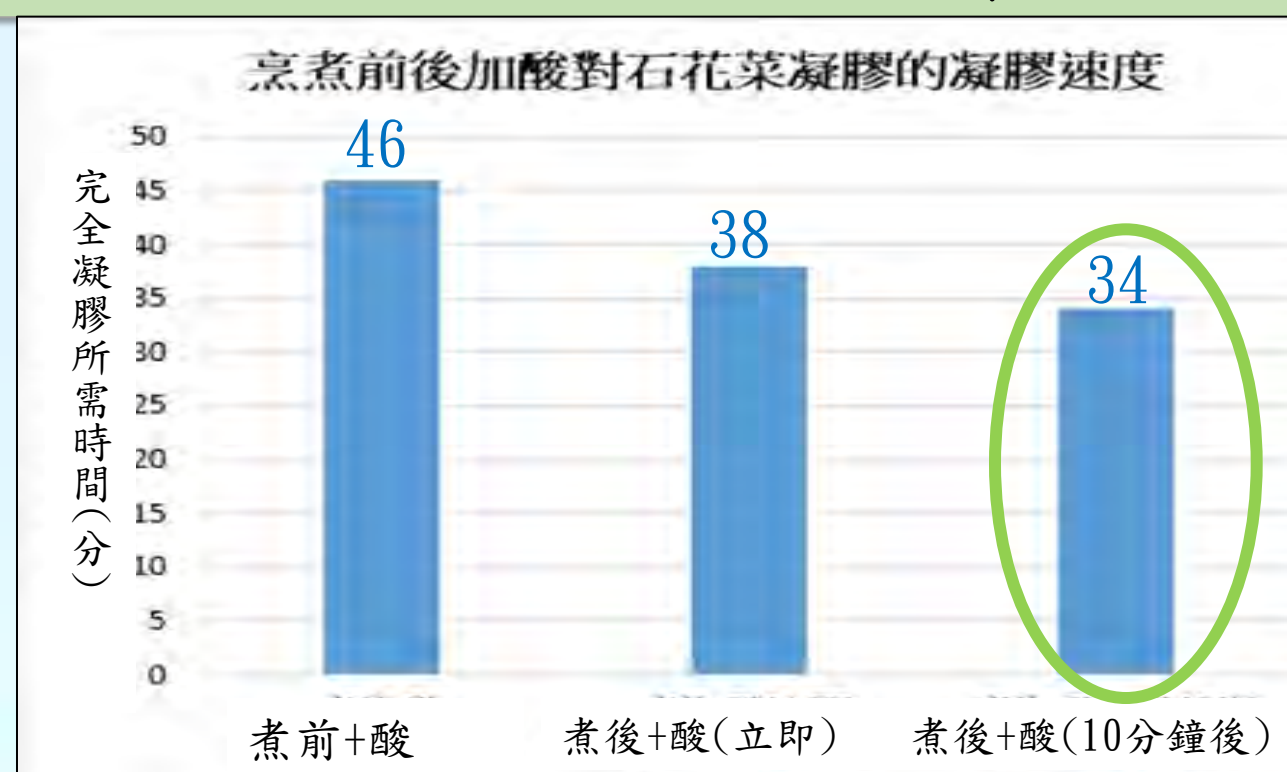
三、探討石花凍凝膠的物質特性

(一)烹煮的時間



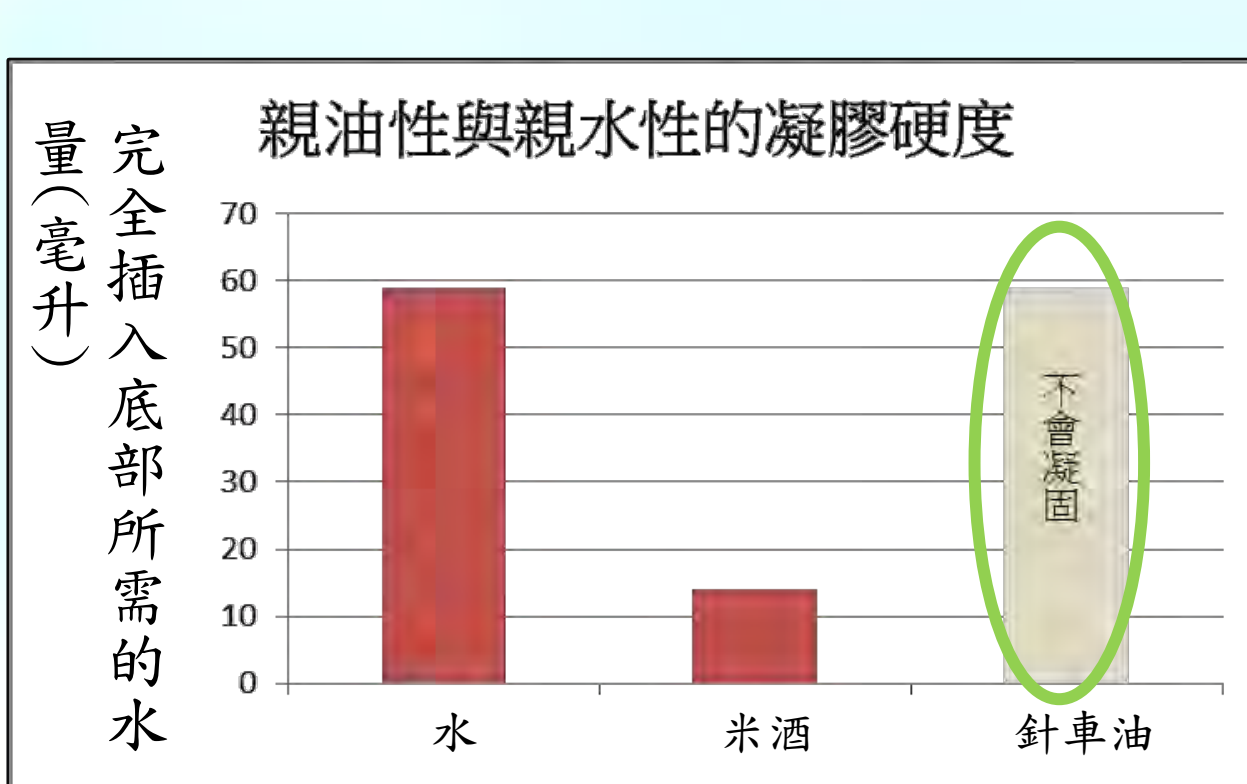
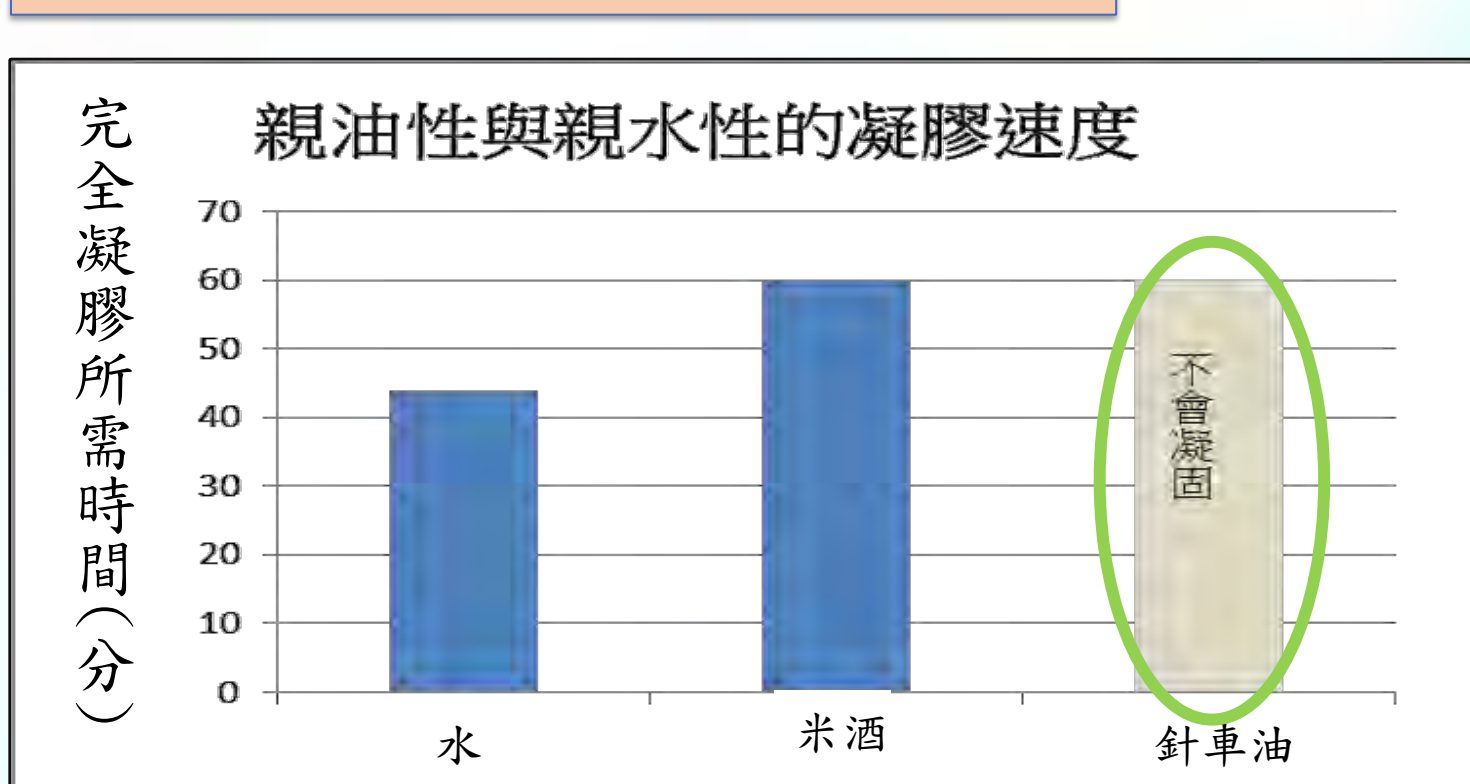
實驗結果：烹煮時間越長，凝膠越快，凝膠硬度越高。

2. 烹煮前後加酸對石花菜凝膠的影響



實驗結果：煮後10分鐘加醋對凝膠的影響較少

(三)親油性與親水性溶劑



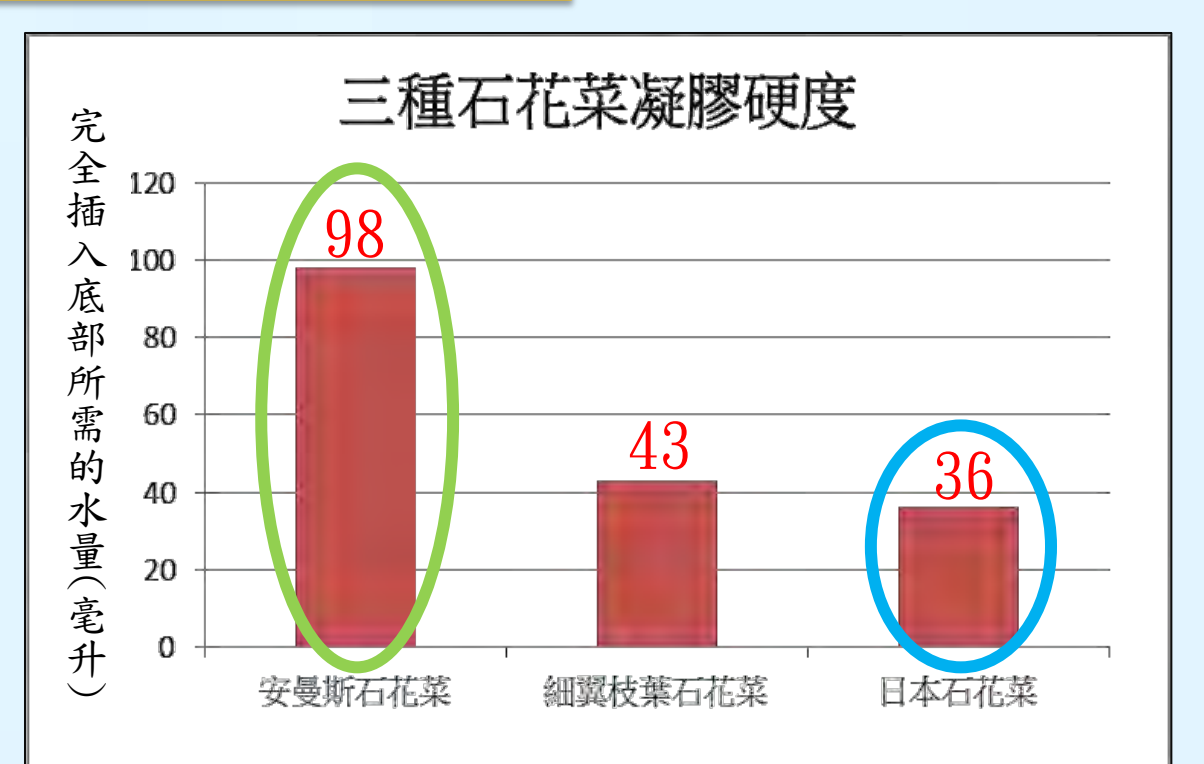
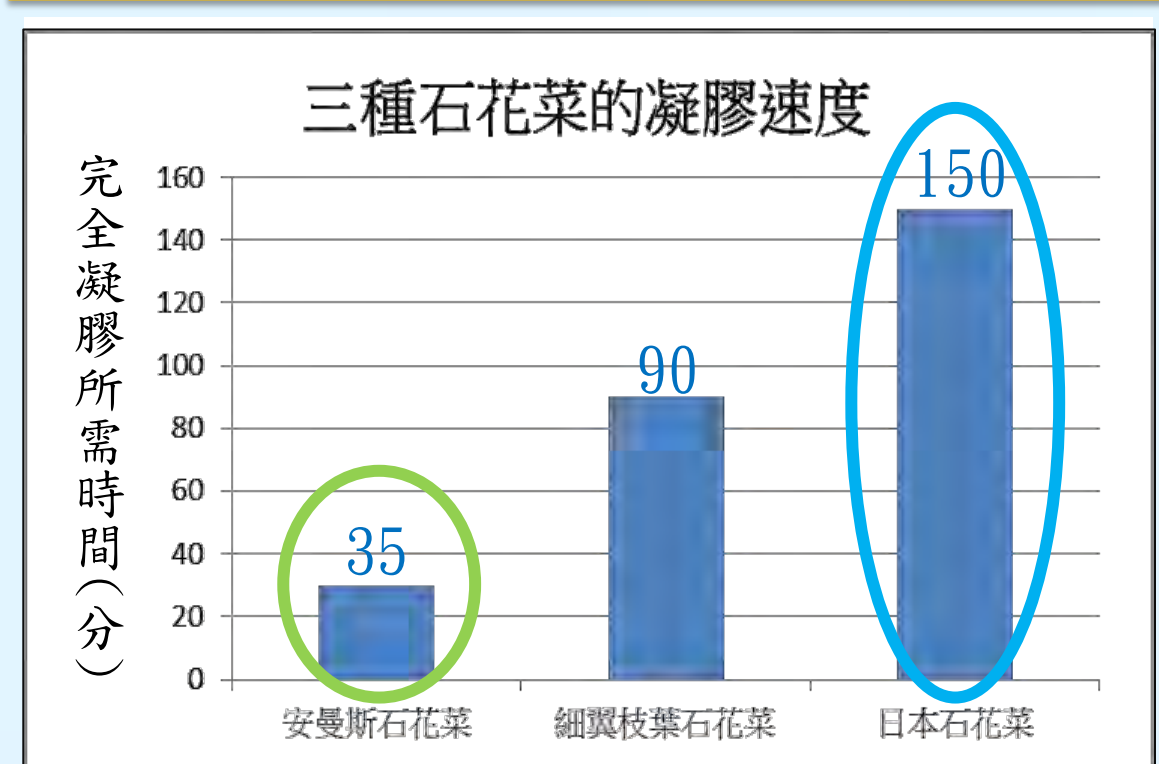
實驗結果：石花菜凝膠物質為親水性物質。

四、了解石花凍凝膠物質成分與凝膠原理

(一)常見凝膠物質與機制

凝膠種類	瓊脂	海藻酸	果膠	吉利丁(明膠)
萃取來源	紅藻細胞壁	褐藻細胞壁	果膠沉積在植物的初生細胞壁和細胞間層	從動物皮或骨頭等結締組織中提煉的膠質
主要成分	高分子多醣體	高分子多醣體	高分子多醣體	蛋白質
凝膠機制	熱膠凝	化學膠凝	化學膠凝	蛋白質類膠凝
凝膠原理	加熱到90°C→釋出瓊脂(多糖長鏈狀)→降溫至45°C時兩條長鏈狀高分子間會產生氫鍵→雙股螺旋狀→網狀結構	海藻酸分子先與正價陽離子結合，再與水中之二價陽離子鍵結產生網狀結構將水分子包覆形成果凍	利用果膠酯酶將果膠物質水解(產生羧基)→與水中之二價陽離子鍵結產生網狀結構，將水分子包覆形成果凍	加熱→官能基暴露→正負電荷與水作用→網狀結構

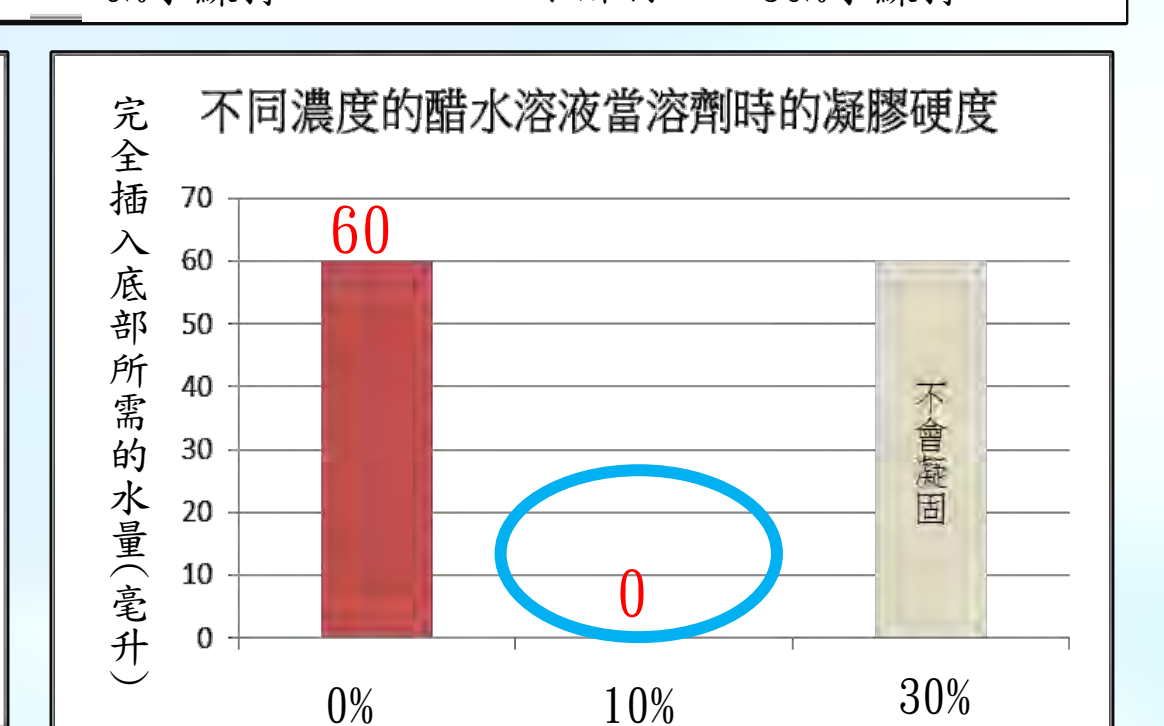
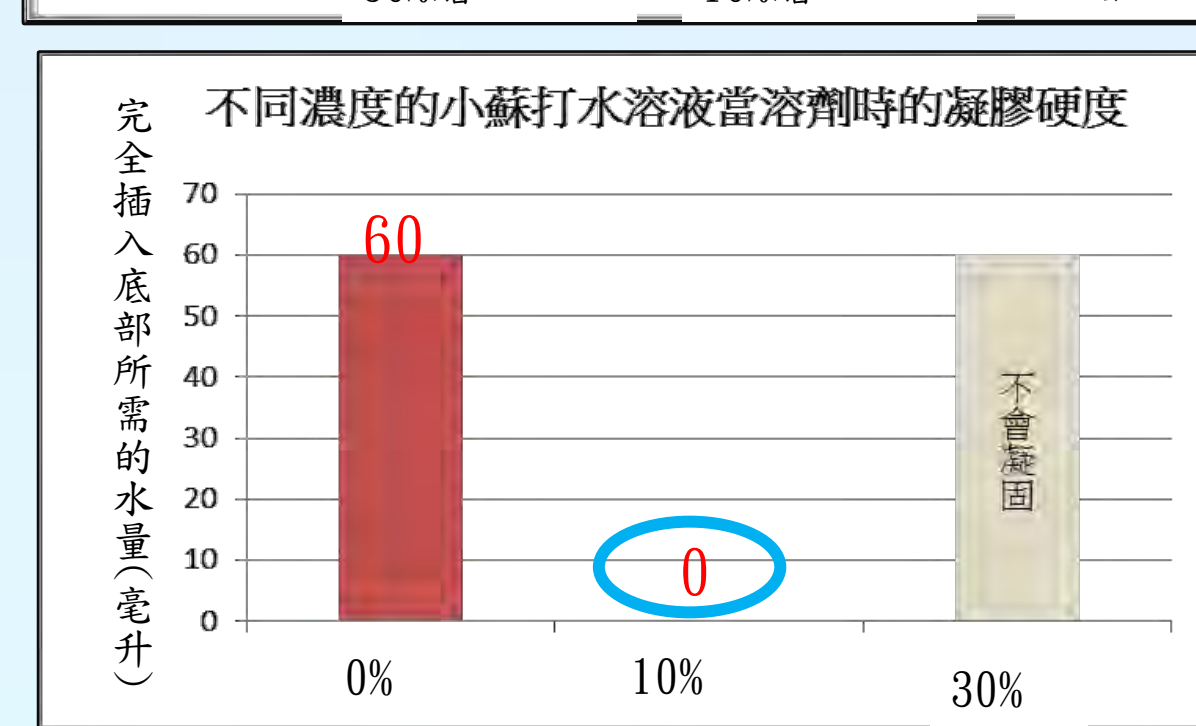
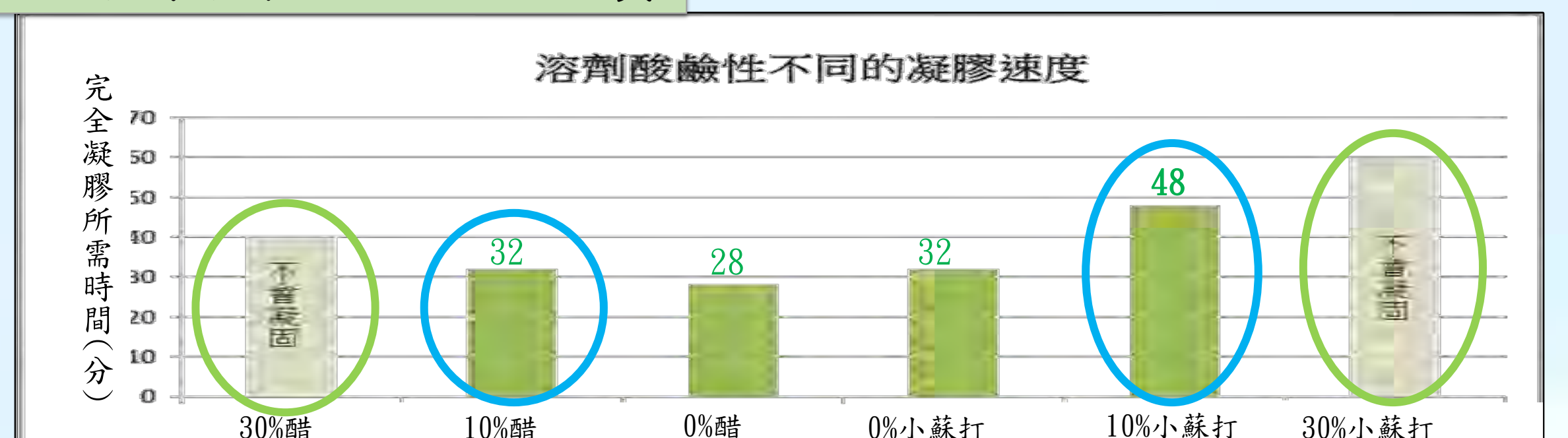
二、比較不同種石花菜的凝膠差異



實驗結果：凝膠速度及凝膠硬度：鳳尾>小本>大本

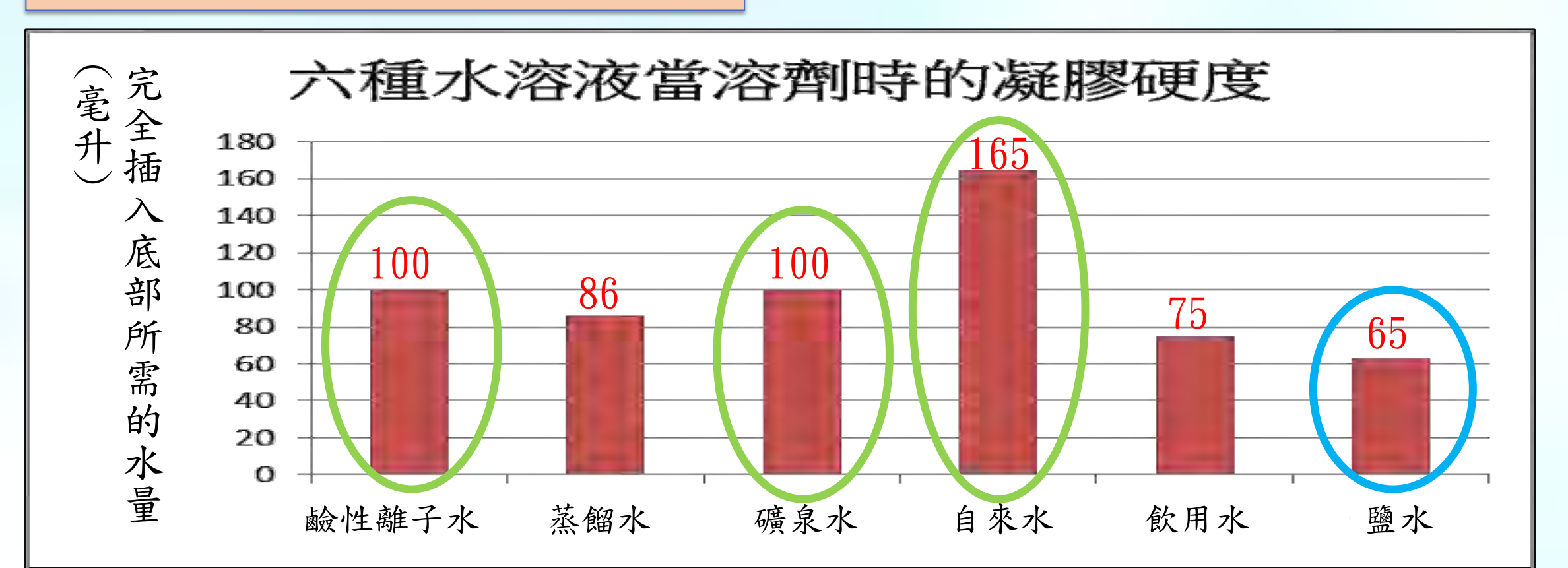
(二)溶劑的酸鹼性

1. 烹煮前加入酸鹼物質



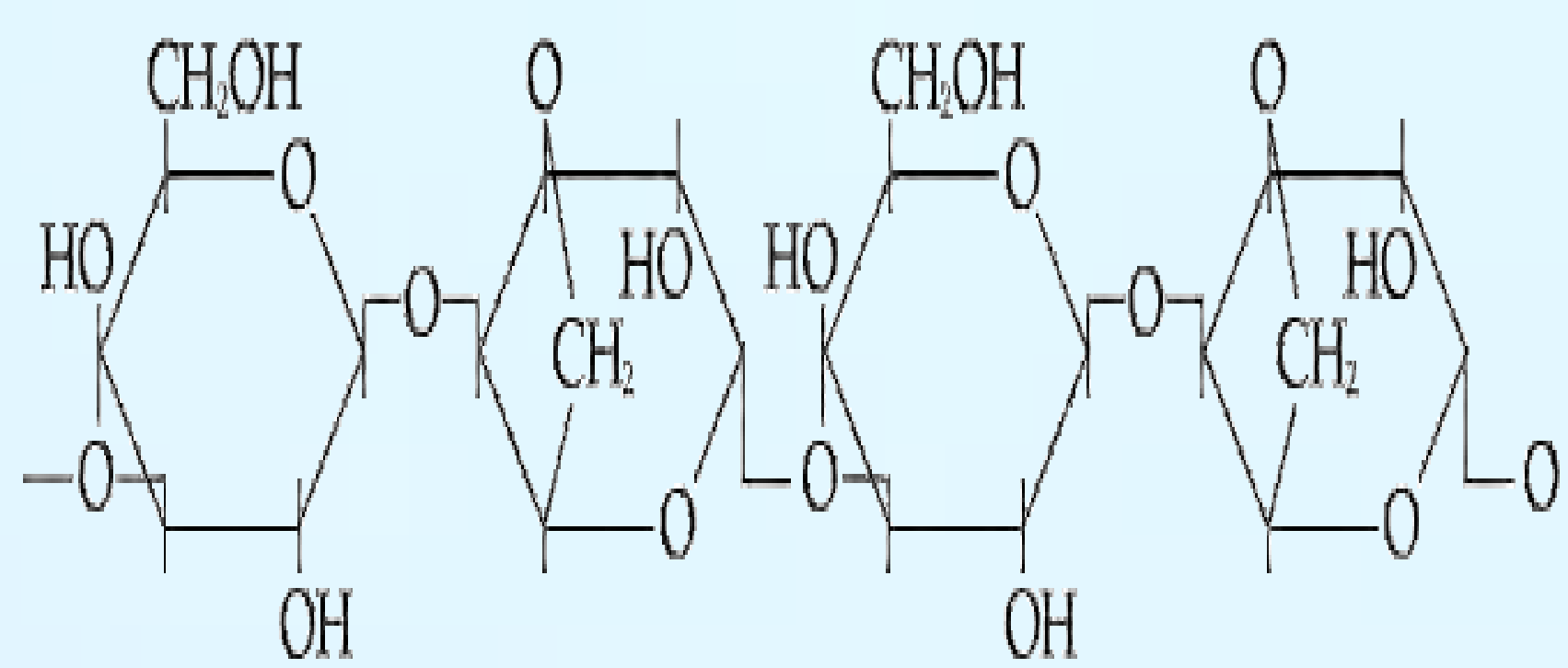
實驗結果：加酸加鹼會降低凝膠效果，且濃度超過30%就不易凝膠

(四)不同成份的水



實驗結果：不同成分的水凝膠效果：自來水>礦泉水=pH鹼性離子水>蒸餾水>飲用水>鹽水。

(二)石花凍凝膠成分-瓊脂(agar)



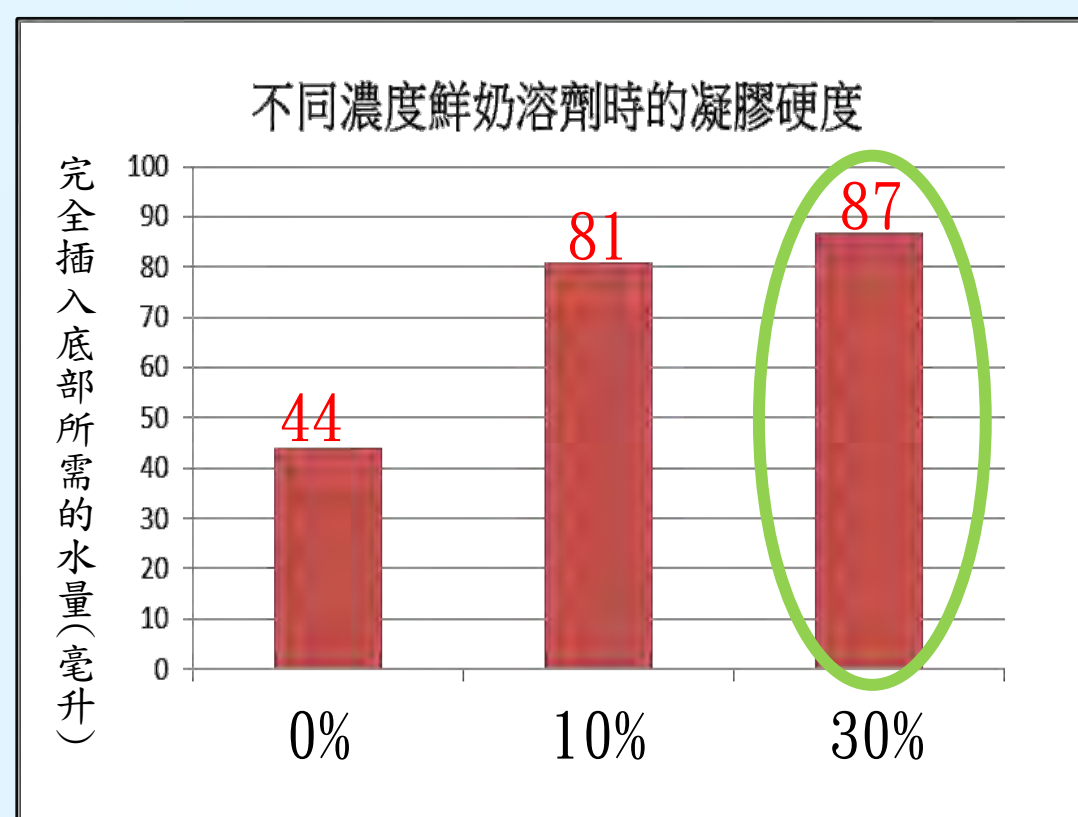
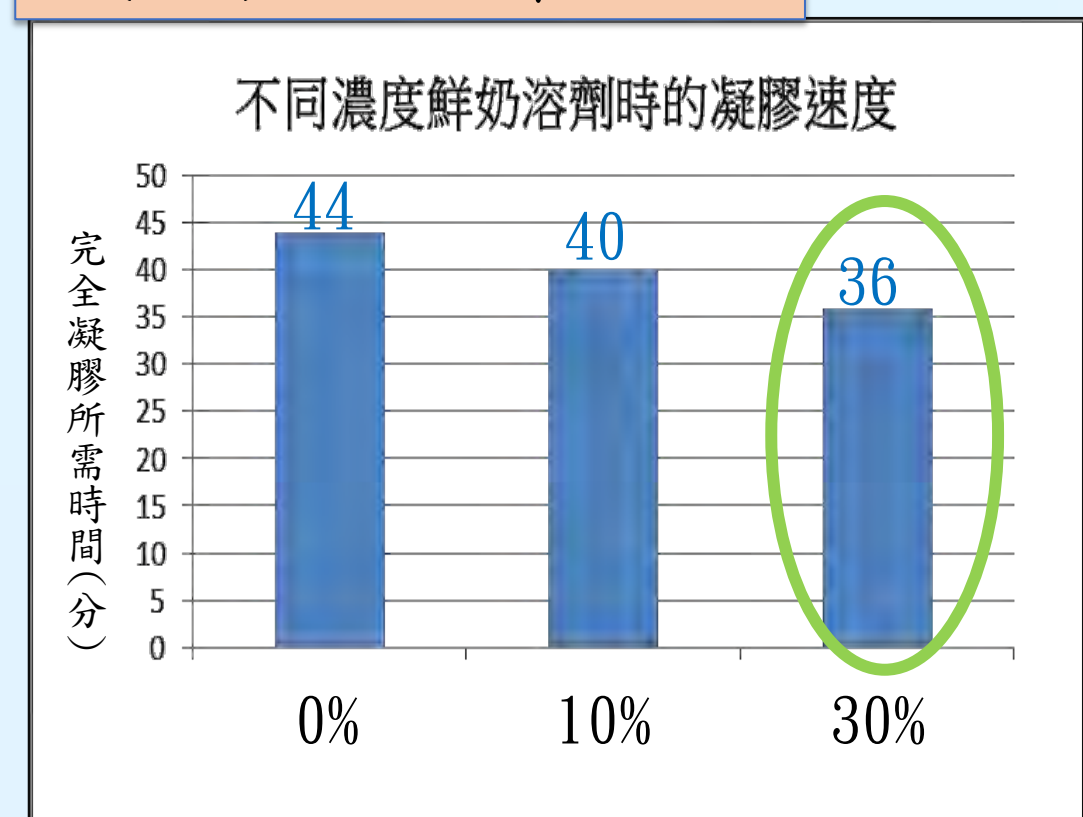
瓊脂糖基本結構

(三)石花凍的凝膠原理

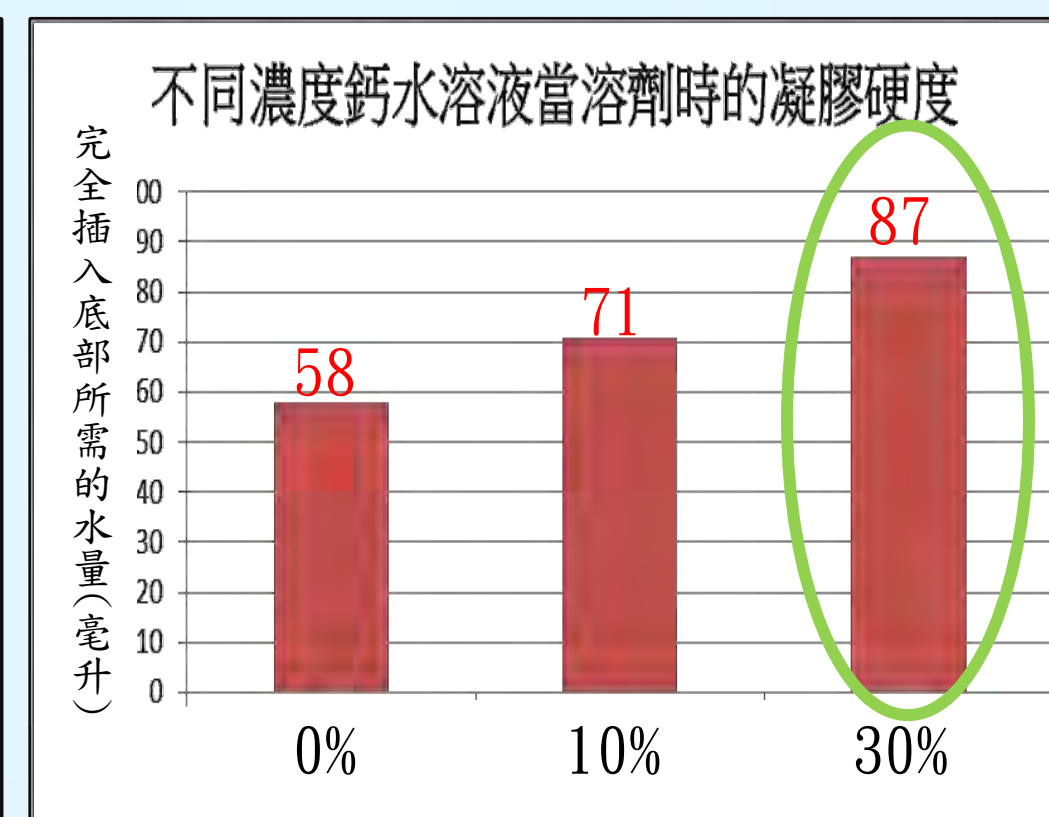
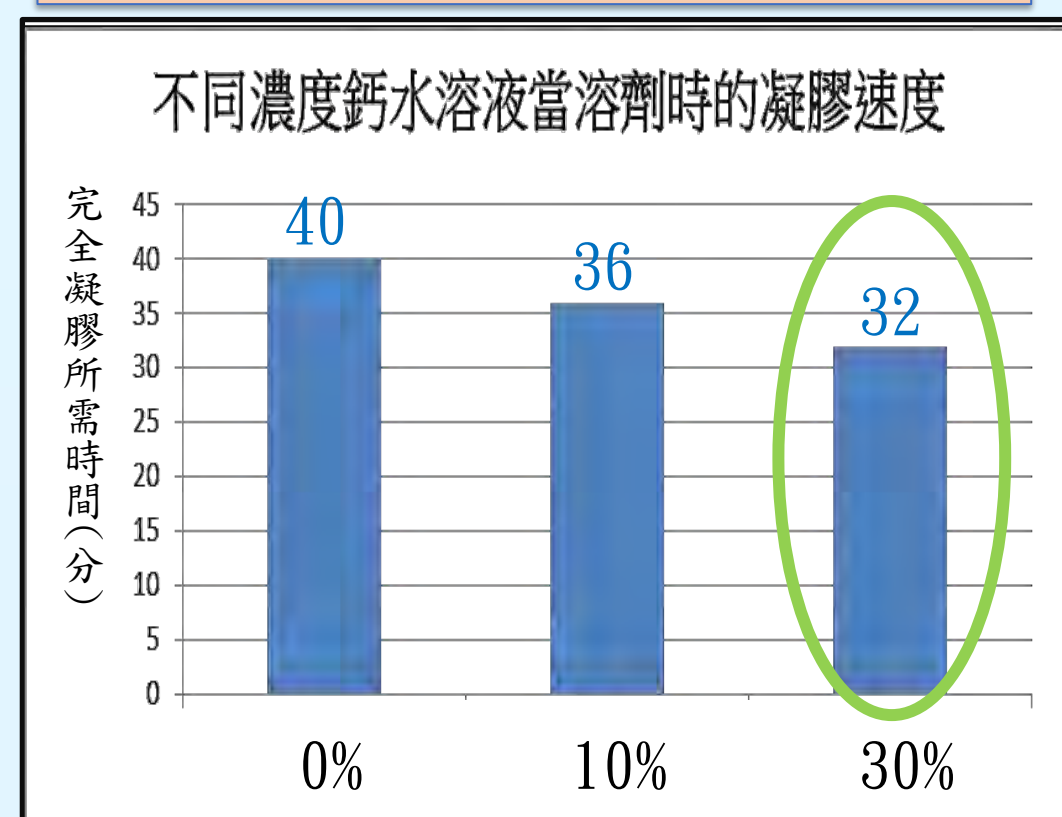
單元結構			
形狀	長鏈狀	雙股螺旋狀	網狀
溫度	90°C ↑	45°C ↓	室溫
說明	瓊脂是一種高分子多醣體。這是瓊脂一開始的形狀	當降溫到45°C以下時，會產生氫鍵而形成雙股螺旋狀	最後會形成網狀

五、分析影響石花凍凝膠的關鍵因素

(一)添加鮮奶：



(二)添加鈣片：



實驗結果：30%鮮奶水溶液的凝膠速度最快，硬度也最硬 實驗結果：30%鈣水溶液的凝膠速度最快，硬度也是最硬的

討論

一、烹煮石花菜遇到的困難

石花菜經過一段時間的烹煮後，會產生泡沫，接著就溢了出來，這對我們來說非常的困擾。解決的方法我們試了在杯子上放湯匙、放筷子都還是溢出，直到最後發現只要在鋼杯中放入玻璃棒，煮的過程當中也不要攪拌，泡泡便不會再溢出。



二、石花凍凝膠原理探討

我們推測若瓊脂糖間只要有2個正電荷離子(如：鈹、鎂、鈣、鋇、鋇、鐳)，都可以幫助石花菜凝膠。



三、探討歷屆科展凝膠相關研究與本研究之異同

歷屆全國科展作品	從歷屆作品做得的資料	討論結果
「凍」裡乾坤-愛玉凝膠因子之探討(中華民國第50屆科展作品)	<ul style="list-style-type: none"> 愛玉的凝膠添加油脂硬度會下降。 其作品認為果膠分子會溶進油分子中，<u>不易與水中的礦物質離子鍵結。</u> 	<ul style="list-style-type: none"> 我們認為瓊脂和果膠雖然是不同的凝膠物質，但都是親水性物質，並不會溶於油中。 我們認為用油來當溶劑時，<u>無法凝膠是因為在油性溶劑中，石花菜無法釋出瓊脂。</u>
驚天「凍」地~探討添加物對「蒟蒻果凍」凝膠機制之影響與感官品評接受度(中華民國第57屆科展作品)	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液越酸、愛玉硬度越低。 pH11的硬度最硬，而pH12時的硬度比pH6.5-10還低。 	<ul style="list-style-type: none"> 酸的濃度會影響瓊脂、蒟蒻、寒天、愛玉的凝膠情形。 我們從文獻中資料中推論瓊脂糖高分子在高溫時為長鏈狀容易被酸水解，因此讓瓊脂無法形成螺旋及網狀結構而影響凝膠。
謎樣寒天(中華民國第48屆科展作品)	<ul style="list-style-type: none"> 寒天在酸度過高溶液中不易凝固。 將凝膠加水溶解，<u>待溫度稍降後再加入酸性溶液才能凝固。</u> 	<ul style="list-style-type: none"> 太鹼會破壞蒟蒻、愛玉、瓊脂凝膠機制。 我們推測鹼性物質的濃度太高可能會影響瓊脂間氫鍵的鍵結，使瓊脂在太鹼的環境下不易凝膠。
「凍不凍有關係」續集(中華民國第54屆科展作品)	<ul style="list-style-type: none"> 魚膠酪添加檸檬汁與不添加檸檬汁的凝膠情形並無顯著差異。 	<ul style="list-style-type: none"> 他們添加檸檬都是在魚膠冷卻後添加，而不是烹煮時添加這和我們的研究結果不謀而合，酸性物質在冷卻後添加對凝膠的影響較小。

結論

- 長鏈狀瓊脂糖會以氫鍵結合成雙股螺旋狀，再形成網狀結構，瓊脂糖釋出濃度越高，凝膠速度越快，凝膠硬度越高。
- 冷卻後添加酸性物質，瓊脂凝膠較不受影響，這與長鏈狀結構易被酸性物質水解而網狀結構不易被水解有關。
- 石花菜凝膠關鍵因素為帶二價正電的鈣離子，其主要原因為帶二價正電荷的離子可以形成鍵橋連結長鏈瓊脂糖的 CH_2O^- ，使長鏈狀可以較快速形成穩定的網狀結構，當鈣離子越多，凝膠速度越快、硬度越高。

參考文獻

- 黃淑芳(2000)。臺灣東北角海藻圖錄，台北：國立台灣博物館。
- 江永棉、王瑋龍、黃淑芳(1980)。臺灣海藻簡介，台灣省立博物館。
- 林柏成(2010)。臺灣北部石花菜屬海藻採集的時空特性與永續經營研究，碩士論文。