

花蓮縣第 62 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：添之「膠」子~探討自製果膠的熱可逆現象與應用

關鍵詞：果膠、膠凝現象、熱可逆

編號：

目錄

摘要.....	01
壹、研究動機.....	01
貳、研究目的.....	01
參、研究問題.....	01
肆、研究架構.....	02
伍、研究設備及器材.....	03
一、耗材.....	03
二、器材.....	03
陸、研究過程.....	03
一、資料蒐集與文獻探討.....	03
二、測試實驗及測量裝置之設計組裝.....	07
三、正式實驗歷程.....	12
(一) 探討不同水質會對凝結有影響嗎?	12
(二) 研究用不同糖會對果膠有影響嗎?	14
(三) 使用不同 pH 液體會對果膠有什麼影響?	16
(四) 加入不同酒類對果膠的凝結有什麼影響?	18
(五) 不同的冷凝溫度對果膠的凝結有什麼影響?	20

(六) 果膠黏著度的綜合比較?.....	23
柒、結論與建議.....	29
捌、參考文獻.....	30

圖目錄

圖 1.....	02
圖 2.....	04
圖 3.....	04
圖 4.....	06
圖 5.....	12
圖 6.....	13
圖 7.....	14
圖 8.....	15
圖 9.....	16
圖 10.....	17
圖 11.....	18
圖 12.....	19
圖 13.....	21
圖 14.....	22
圖 15.....	23
圖 16.....	24
圖 17.....	25
圖 18.....	26
圖 19.....	27

表

目

錄

表 1.....	03
表 2.....	03
表 3.....	05
表 4.....	07
表 5.....	08
表 6.....	09
表 7.....	10
表 8.....	11
表 9.....	11
表 10.....	12
表 11.....	28
表 12.....	28
表 13.....	29

研究主題

添之「膠」子~探討自製果膠的膠凝現象與應用

摘要

喜歡吃甜食的我們，發現「果膠」是製作法式軟糖必備原料。深入瞭解後發現果膠的成本昂貴，因此展開一系列的探究與實驗。經過文獻探討、無數次的討論、修正與實驗，獲得以下重要發現：

1. 濃縮液果膠、海洋深層水果膠和礦泉水果膠，隨著持續加熱，黏稠度下降，推論是加熱過程中酯化程度的變化歷程，建議加熱時間為 5-6 分鐘。
2. 砂糖果膠加熱越久呈現黏性越好的表現，冰糖果膠在加熱時間在 5-6 分鐘時，酯化程度反而有上升的趨勢。
3. 檸檬酸果膠的黏合度最好，證實酸性的加熱環境有助於果膠的膠凝現象。
4. 酒精濃度不會直接影響黏合度以及熱可逆性，但是米酒做的果膠很特別，無法熱可逆。
5. 冷藏冷凝製成的果膠表現相對穩定。
6. 我們以自製的果膠製成的法式軟糖效果較佳，也可以有效改善果汁分層現象。

壹、研究動機

喜歡吃甜食的我們偶然間在 youtube 查詢到製作法式軟糖的影片，發現「果膠」是製作水果軟糖必備原料，但是「果膠」究竟有什麼魔力，竟然可以讓法式軟糖既 Q 彈又好吃呢？深入瞭解後才發現果膠是一種成本昂貴的原料，激起我們想要再進一步探討果膠及製作法式軟糖的興趣，因此我們展開一系列有關「果膠」的探究與實驗。

貳、研究目的

- 一、瞭解果膠的製作方式。
- 二、找出製作果膠量的製作成本低且產量多的方法。
- 三、找出自製果膠的最佳製作配方。
- 四、探討自製果膠的應用

參、研究問題

- 一、探討用哪一種水果製作果膠量的成本較低而產量佳？
- 二、探討自製果膠的流程步驟？
- 三、探討用不同水質製作，會對果膠成品有影響嗎？
- 四、研究用不同糖會對果膠有影響嗎？
- 五、加入不同酒類對果膠凝結有什麼影響？
- 六、不同的酸性物質對果膠的凝結有什麼影響？
- 七、不同的冷凝溫度對果膠的凝結有什麼影響？
- 八、探討自製果膠可以如何應用？
 - (一)比較自製果膠與市售果膠粉製成的法式軟糖有何不同？
 - (二)探討自製果膠能否改善果汁的分層現象？

肆、研究架構

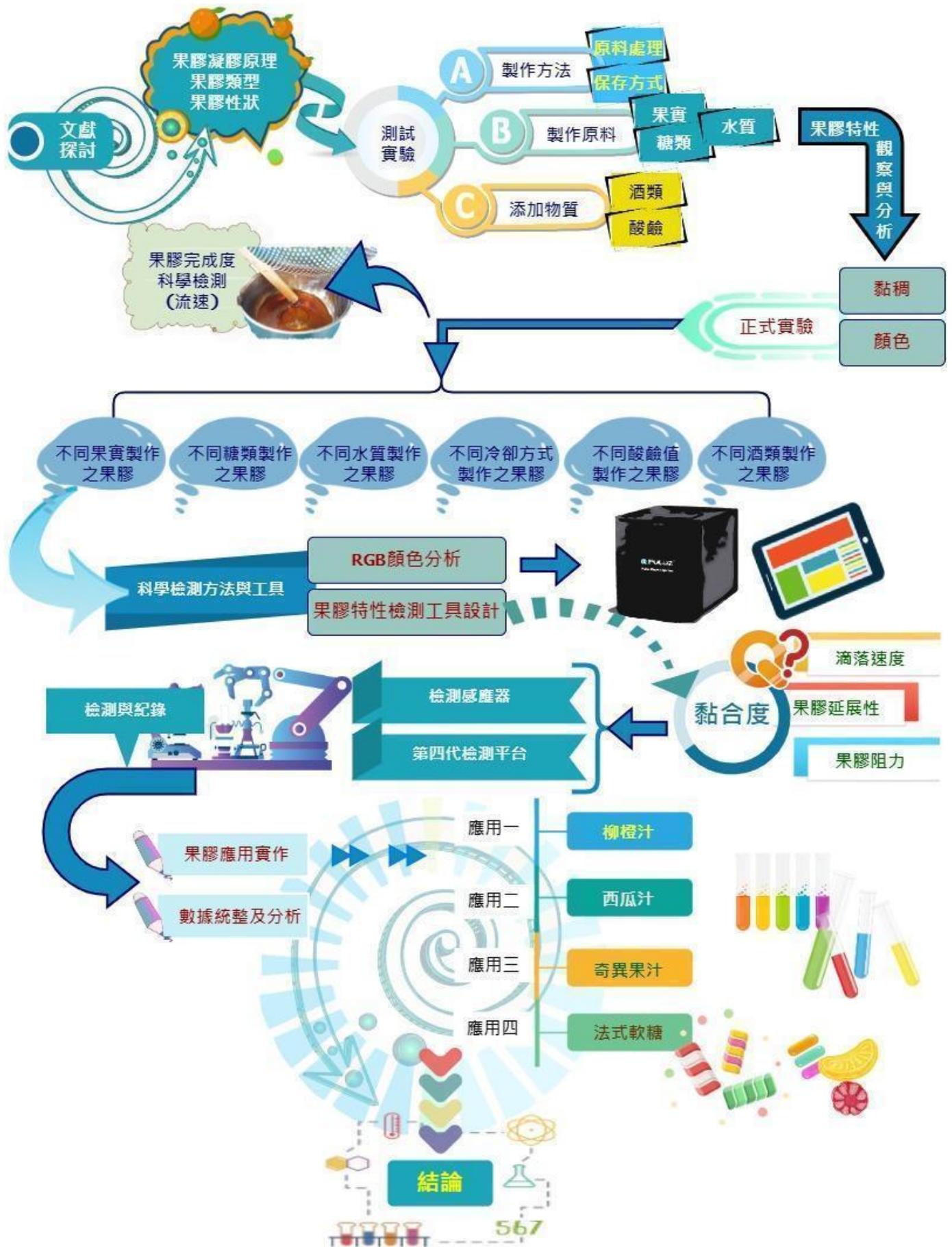


圖 1

伍、研究設備及器材

一、耗材

表 1 研究耗材表

1. 冰糖	2. 砂糖	3. 果糖	4. 黑糖	5. 高粱酒
6. 米酒	7. 威士忌	8. 紅酒	9. 生命之水	10. 金桔醋
11. 檸檬酸粉	12. 小蘇打粉	13. 青蘋果	14. 檸檬	15. 火龍果
16. 蘋果	17. 柳丁及柳丁皮	18. 鋁箔蛋塔杯	19. 濃縮液	20. 海洋深層水
21. 竹炭水	22. 礦泉水	23. 醬油碟	24. 標籤紙	25. 無粉乳膠手套
26. 雷切木板	27. 廚房紙巾	28. 保鮮膜	29. RO 水	30. 透明塑膠尺

二、器材

表 2 研究器材表

1. micro-bit	2. 燒杯	3. 量杯	4. 鍋子	5. 電腦(桌機、筆電)
6. 擴充板	7. 杜邦線	8. 攝影箱	9. 平板	10. USB 線
11. 量筒	12. 計時器	13. 玻棒	14. 白色背板	15. 濾袋
16. 電磁爐	17. 隔熱墊	18. 湯匙	19. 磅秤	20. 電子秤
21. 烘箱	22. 冰箱	23. 木製攪拌棒	24. 筷子	25. 濾網
26. 塑膠盒	27. 籃子	28. 伺服馬達	29. 微動開關	30. ping 腳鱷魚夾
31. 布手套	32. 抹布	33. 果汁機	34. 電鍋	35. 刀子
36. 砧板	37. 切割墊	38. 不鏽鋼吸管	39. 切丁器	40. 果雕器
41. 試管	42. 寶特瓶	43. 漏斗	44. 螺絲	45. 鑷子
46. 小鐵盤	47. 顯微鏡	48. 剪刀	49. 美工刀	50. 大鐵盤(烘箱用)

陸、研究過程

一、資料蒐集與文獻探討

我們透過圖書館及網路資源進行資料蒐集，發現與果膠相關的專有名詞還真不少，提取跟我們研究主題高度相關的資料，整理如下：

(一)名詞解釋

- 果膠**：果膠會沉積在初生細胞壁和細胞間層，是內部細胞的支撐物質。在果實細胞初生壁中，果膠與不同含量比例的伸展蛋白、纖維素、半纖維素以及木質素的微纖維產生相互交聯的作用，使各種細胞組織產生堅硬的結構，能表現出固有的形態。果膠存在於所有的高等植物中，是一種天然高分子化合物(半乳糖醛酸的聚合物)。亨利·布拉科諾在 1825 年萃取分離後首次報導發表：是具有保護細胞的功能，影響組織的軟硬，是**植物細胞間質**的重要成分。
- 果膠萃取及用途**：果膠通常可以從**果皮**萃取，萃取方式是使用溫和酸劑，先進行柑橘皮、蘋果皮的酸解，再用酒精純化，乾燥後磨粉(通常呈現黃或白色粉末狀)，具有凝膠、增稠、乳化等作用，除了可以是製造果醬、果凍優、優酪乳、雪糕等食品的添加物，還能為水果保鮮，或塗抹在慕斯等糕點表面以增加保鮮、保持亮麗外型
- 果膠之凝膠機制**：尚未成熟水果中，含有不溶性的「**原果膠**」；隨著水果的成熟，原果膠受到水果中酵素中「**原果膠酶**」及「**果膠酯酶**」的**水解作用**，轉變為水溶性的果膠；當水果過熟時，則會變為「**果膠酸**」。其中，「**原果膠**」及「**果膠酸**」皆無法產生凝膠作用，但「**原果膠**」在**酸性環境中透過加熱的方式可變為果膠**，果膠的凝膠機制與甲氧基含量的多寡(即甲酯化的比率)有關。果膠的甲氧基含量超過 7%者，稱為高甲氧基果膠 (high methoxyl pectin，縮寫 HMP) 與甲氧基含量在 7%以下的甲膠，稱為低甲氧基果膠 (low methoxyl pectin，縮寫 LMP)，一般水果中富含的是高甲氧基果膠。

- 果膠的理化特性：**果膠的分子量可大至數萬，是一種具粘稠性的溶液，加熱後溫度較高時，黏稠度較小。果膠的性質容易受酸、鹼或氧化劑的作用而改變。稀冷的酸液對果膠會產生脫酯作用，高濃度的酸液則有降解作用。果膠溶液的黏稠性隨酯化程度下降而降低，但低酯化果膠黏稠性隨 pH 值降低而增大。
- 果膠酶：**是一種能夠分解果膠的酶的總稱。果膠酶包含果膠分解酶、果膠酯酶和半乳糖醛酸酶等。果膠酶可以從黑麴黴等真菌中提取，真菌產生這些酶來分解植物中層，進而從植物組織中提取營養並插入真菌菌絲。如果將果膠酶煮沸，它會變性，從而使其活性部位更難與果膠接觸。
- 熱塑性：**指具有加熱溶化（分子可做自由運動），具可塑性，但是冷卻會變硬化的特性，又稱熱塑性聚合物。例如：果膠在加熱後軟化、冷卻時固化，是指可透過加熱再度軟化特性。
- RGB 分析：**RGB 一般稱為【色光三原色】，R (red) 紅、G (green) 綠、B (blue) 藍，RGB 的顏色階調為 0-255，由於 RGB 是色光，所以在顏色的疊加是越加越亮，這就是稱為【加色法】的原因，當 RGB 三個顏色數值皆是 255 時，就會變成白色，反之 RGB 三個顏色數值都是 0 時，也就變成黑色。
- 膠凝作用：**

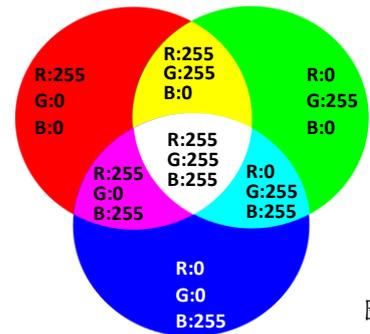


圖 2

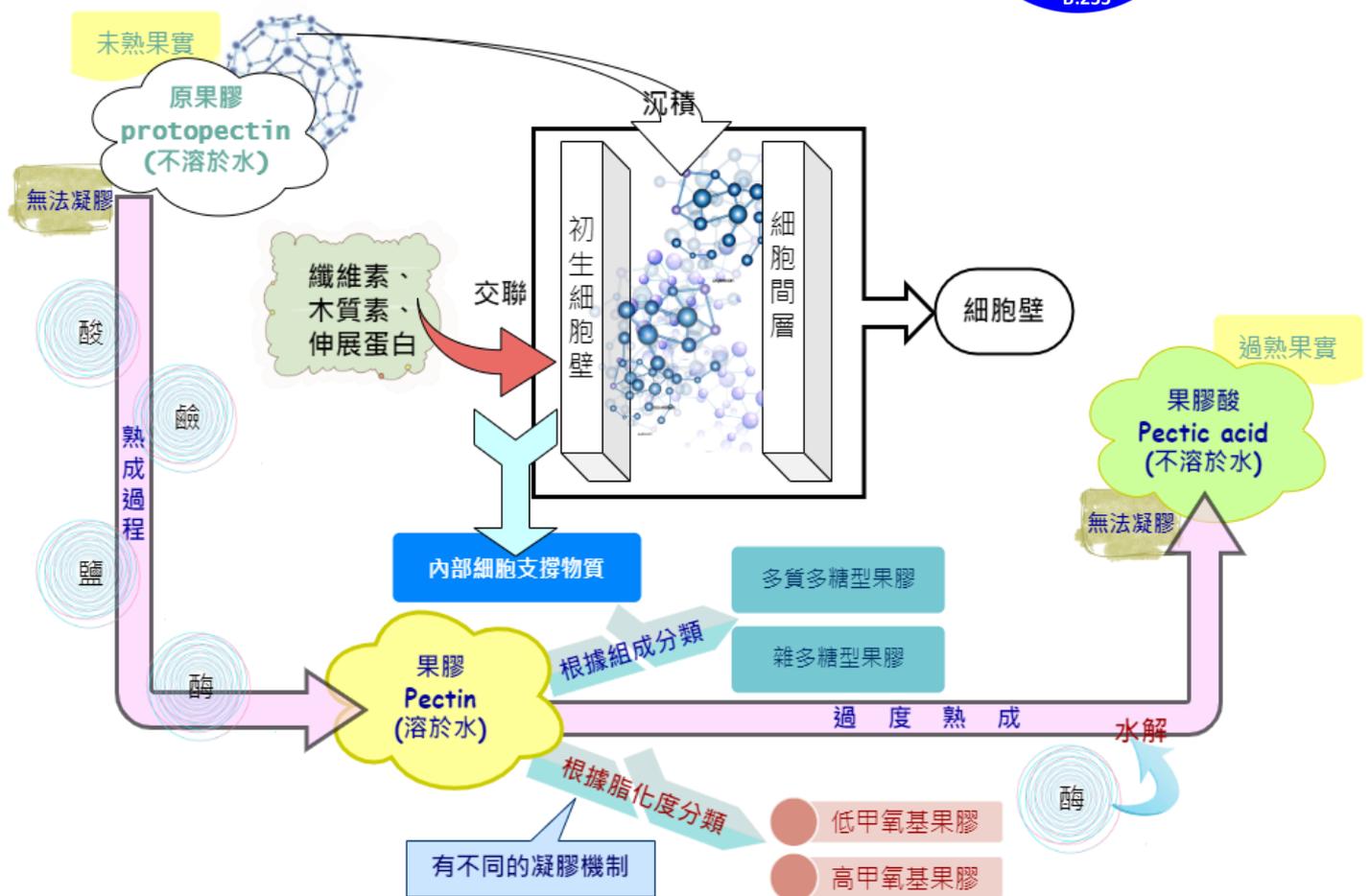


圖 3

(二)本實驗中果膠之煮製流程

表 3

	活動過程	步驟詳述	照片
1	準備耗材及器具	1. 準備柳丁皮切丁 400g、水 800g、冰糖 400g、鍋子、電磁爐、勺子、流速檢測儀器。 2. 將鍋子、電磁爐等熬煮器具拿出，接著再拿出柳丁皮 400g。	
2	殺菁	1. 把切丁的柳丁皮倒入鍋子裡，裝熱水至淹過柳丁皮，殺菁 5 分鐘。 2. 殺菁完畢後，用濾網濾掉殺菁的水並留下柳丁皮。	
3	熬煮並加入糖	倒入殺菁過的柳丁皮和 800 毫升的水，把糖分兩次加入鍋裡。	
4	過濾	熬煮至果膠在鍋子裡的高度大約 4 公分 (勺子上有 4 公分記號)，在濾網上以濾布過濾出果膠濃縮液再熬煮。	
5	再熬煮	把濾出的果膠濃縮液熬煮至濃稠狀(以坡度 45 度角流速檢測儀器檢測，若果膠能在一秒鐘移動不超過五公分)，即可熄火。	

(三) 不同水果製作之果膠

1. 製作流程:

(1) 準備不同水果(柳橙皮、青蘋果、檸檬、火龍果、蘋果)各 400g、水 800g、冰糖 400g、鍋子、電磁爐、勺子、流速檢測儀器。

- (2) 先將柳橙皮、青蘋果、檸檬、蘋果和先去皮的火龍果都切成 $\frac{1}{16}$ 後，分別放入不同容器中。
- (3) 再分別拿出各種水果，放入已備妥之鍋子置放於電磁爐上。
- (4) 分別在各個鍋子裡加入熱水至淹過將各種水果，開火加熱進行「殺菁」5分鐘。殺菁完畢後，用濾網進行過濾，去除殺菁的水並留下水果。
- (5) 將已殺菁的水果和 800 毫升的水放入鍋子裡，把 400g 冰糖分兩次加入。
- (6) 熬煮到果膠在鍋子裡的高度大約 4 公分(勺子上有 4 公分記號)，再用濾袋放置在濾網上，過濾出濃縮液後再行熬煮。
- (7) 濾出的濃縮液熬煮至濃稠狀(以坡度 45 度角流速檢測儀器檢測，若果膠能在一秒鐘移動不超過五公分)，即可熄火。

不同水果製作之果膠黏著時間四次平均時間

不同水果製作之果膠黏著時間四次檢測折線圖

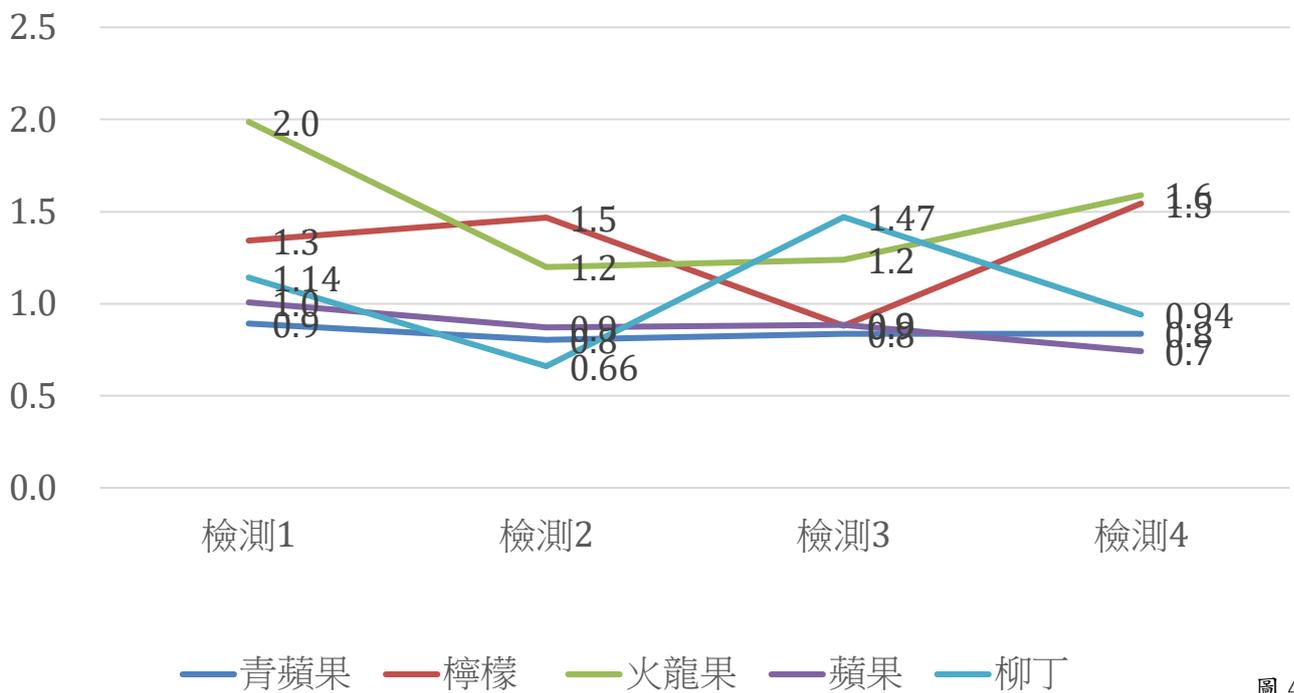


圖 4

1. 黏著時間由長至短排序為：

- (1) 檢測 1：火龍果 2 秒>檸檬 1.3 秒>柳丁 1.14 秒>蘋果 1 秒>青蘋果 0.9 秒。
- (2) 檢測 2：檸檬 1.5 秒>火龍果 1.2 秒>蘋果 0.9 秒>青蘋果 0.8 秒>柳丁 0.66 秒。
- (3) 檢測 3：柳丁 1.47 秒>火龍果 1.2 秒>檸檬、蘋果 0.9 秒>青蘋果 0.8 秒。
- (4) 檢測 4：火龍果 1.6 秒>檸檬 1.5 秒>柳丁 0.94 秒>青蘋果 0.8 秒>蘋果 0.7 秒。

2. 整體黏著時間，由長至短排序為：火龍果檢測 1(2 秒)>火龍果檢測 4(1.6 秒)>檸檬檢測 2 及檢測 4(1.5 秒)> 柳丁檢測 3(1.47 秒)> 檸檬檢測 1(1.3 秒)> 火龍果檢測 2 及檢測 3(1.2 秒)> 柳丁檢測 1(1.14 秒)> 蘋果檢測 1(1 秒) >柳丁檢測 4(0.94 秒)> 青蘋果檢測 1、檸檬檢測 3、蘋果檢測 3 及蘋果檢測 2(0.9 秒) >青蘋果檢測 2、青蘋果檢測 3、青蘋果檢測 4(0.8 秒) >蘋果檢測 4(0.7 秒) >柳丁檢測 2(0.66 秒)。

3. 黏合度比較：

- (1) 起伏最大的是檸檬果膠，這表示加热的時間會影響果膠的黏稠度。青蘋果果膠的黏稠度起伏最小，也比較不會被加热的時間影響。
- (2) 蘋果(紅)的線條到最後(檢測四)時數據到了最低處 0.7 秒，這表示蘋果(紅)果膠加熱時間會影響結果，推測再加熱下去黏稠度會越來越差。

4. 綜上所述，我們發現：

- (1) 黏稠度下降是因為酯化程度下降造成的，在未改變酸鹼值，只有操作加熱程序，但是果膠的黏稠度下降，我們推論加熱時間的長短，也會改變果膠的酯化程度。
- (2) 本實驗中青蘋果果膠、紅蘋果果膠的加熱時間越長，黏稠度下降，是因為加熱時間越長造成酯化程度下降。而火龍果及檸檬果膠在持續加熱過程中，雖有黏稠度下降的趨勢，但是至第四次檢測時黏稠度反而增加，推論加熱時間在 7-8 分鐘時，酯化程度反而有上升的趨勢。
- (3) 柳橙果膠的發展趨勢雖與青蘋果果膠、紅蘋果果膠相反，雖然在第四次檢測時降至 0.94 秒，但是在第三次檢測時有較佳的黏合度表現可達 1.47 秒。就整體黏合度來看，表現亦佳，加上柳橙皮是果汁店可以免費提供的實驗原料，基於成本考量，我們選擇以柳橙皮進行後續的實驗。

二、測試實驗及測量裝置之設計組裝

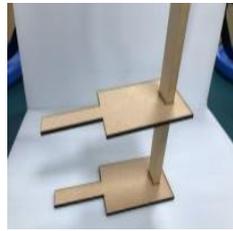
(一) 測試實驗

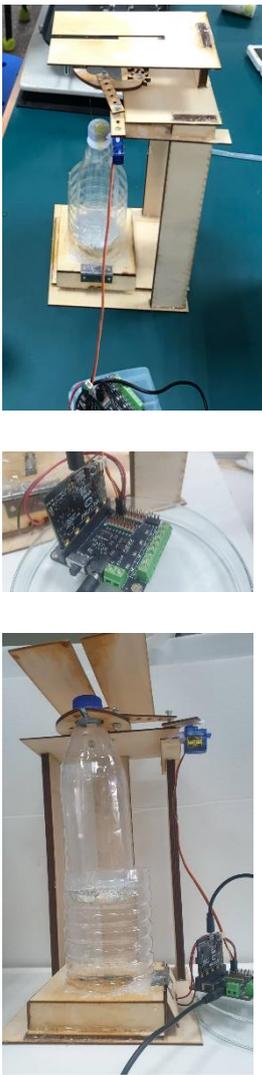
1. 測黏稠度用的工具~黏稠度測試工具演進表

(1) 測試步驟程序及優缺點分析如下表。

(2) 結果：決定以第四代:果膠黏稠度感測機進行黏稠度之數值檢錄。

表 4

	功能說明	優點	缺點	照片
第一代： 果膠滴落速度測試機	利用果雕器的小洞讓果膠往下滴，藉由滴落時間來判斷果膠黏稠度。	1. 果膠用量少 2. 原理簡單 3. 操作容易 4. 製作簡單	1. 果膠會在一定時間內就會凝固，所以滴不下來。 2. 由人工觀察，會有誤差。	
第二代： 手拉果膠延展性測試機	由手動操作，拉開到一定距離，測試延展性。	1. 煮完果膠即可立即檢測，不會因拖延使果膠凝固。	1. 是手動，實驗結果會不準確，而且延展性也是依自己的觸覺來感覺的。 2. 可能拉不斷。	
第三代： 液壓手臂果膠阻力測試機	1. 利用液壓手臂夾住長釘，手臂鬆開時，長釘會筆直的落入裝有果膠的容器中。 2. 以紅外線感測器來感測長釘進入果膠的時間點，記錄起始值。 3. 在容器底部設置「薄膜壓力感測器」感測長釘碰觸容器	1. 放鐵釘時精準 2. 感測精準	1. 機器過於複雜，可能不準。 2. 組合後無法測試。	

	<p>底部的回應值。</p> <p>4. 平台旁邊有計時器記錄長釘從果膠表面到容器底部的移動時間，並回傳到電腦紀錄表中。</p>			
<p>第四代:果膠黏稠度感測機</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 先將果膠、長釘加熱，加熱至果膠軟化。 2. 將長釘沾附果膠後黏上瓶子頂端的瓶藝。 3. 按下 micro bit 的 A 鍵，並以感測器來感測長釘掉落的起始值。 4. 在平台底下放置「微動開關」感測瓶子脫離長釘下墜的時間點。 5. 數據透過 micro bit，回傳到電腦記錄及運算。 6. 長釘黏住瓶子的時間越長，代表黏性越佳。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可以準確紀錄黏稠度時間 2. 每次開始的位置會一樣 3. 可以自動輸入數據 4. 如果電腦沒有測到，會自己顯示數據在 micro bit 上面可以手動紀錄 5. 可以和加熱器靠在一起減少凝固時間。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感測器位置會跑掉。 2. 機械手臂位置可能會不準。 	

2. 果皮定型測試工具演進表

(1) 測試步驟程序及優缺點分析如下表。

(2) 結果：決定以「水果刀加切丁器」進行果皮定型。

表 5

	功能說明	優點	缺點	
<p>漏斗壓切</p>	<p>使用漏斗下方的洞口來壓果皮，使果皮都是圓形的。</p>	<p>壓出來的果皮都是一樣的大小。</p>	<p>1. 漏斗洞口不鋒利的，所以每次壓都很費力。</p>	

不銹鋼吸管壓切	用不銹鋼吸管的頭和尾壓切，再用不銹鋼吸管的清洗刷子將其推出。	跟漏斗比較:材質較硬，洞口較鋒利，較好握著，手不太會痠痛。	1. 還是不太鋒利 2. 因為洞是圓的，會浪費許多果皮。 3. 用刷子推出會卡在刷子上。	
水果刀切條狀	用刀子將果皮切成條狀，長度是5~8公分。	切起來較方便，速度也很快。	大小尺寸不容易控制。	
水果刀加切丁器	先將果皮切成兩半，在將其丟入切丁機中，向下一壓，就可壓出正方形且一樣大小的果皮。	1. 快速方便。 2. 切成1cm*1cm的小正方形。大小、造型一致。	沒有缺點。	

3. 原料前置處理方式

(1) 測試步驟程序及優缺點分析如下表。

(2) 結果：決定以「**冷凍**」進行原料前置處理。

表 6

	說明	優點	缺點	照片
室溫	用水果刀搭配切丁氣切完果皮後，直接煮果膠。	1. 能保持新鮮度。	1. 花費的時間較長。 2. 會發霉。	
冷藏	切完果皮後，將果皮分成每400g一包，再放入冷藏中。	1. 一次量比較多 2. 節省時間	1. 放太久會發霉 2. 放太久會臭掉	
冷凍後乾燥	切完果皮400g後冷凍，經過烘乾程序再煮製果膠。	1. 能更有效擊破細胞壁。	1. 花的電費會比較高。 2. 費時。	

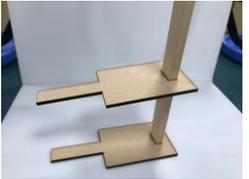
烘乾	先切好柳丁皮 400g 後，拿去烘箱以 150°C 烘 12 小時。	能以加熱法破壞細胞壁。	費電	
冷凍保存	切完果皮 400g 後包裝進行冷凍保存。	1. 能更有效擊破細胞壁。		

4 決定感測器安裝模式

(1) 測試步驟程序及優缺點分析如下表。

(2) 結果：決定以「**第三代:安裝機械手臂及感測器**」來進行操作

表 7

演進程序	功能說明	優點	缺點	照片
第一代: 果雕器滴落(無感測器)	利用果雕器的小洞讓果膠往下滴，藉由滴落時間來判斷果膠黏稠度。	1. 操作容易 2. 原理簡單 3. 裝置簡單	1. 由人工觀察，會有誤差。 2. 是手動，實驗結果會不準確。	
第二代: 夾合架(無感測器)	由手動操作，拉開到一定距離，測試延展性。	1. 操作容易 2. 原理簡單 3. 裝置簡單	1. 由人工觀察，會有誤差。 2. 是手動，實驗結果會不準確，而且延展性也是依自己的觸覺來感覺的。	
第三代:安裝機械手臂及感測器	1. 使用 micro-bit 控制 SG90 Tower Pro 1.8Kg 扭力 9 克舵機伺服馬達的動力。 2. 使用微動開關 型號：6A 125/250VAC 來檢測掉落時間。	1. 簡單好操作，實驗結果很清楚，果膠的使用量也很少。 2. 感測精準	1. 有時會無法連到電腦上 2. 線會感應不良	

4. 決定熬煮果膠之鍋具及器材

(1) 測試步驟程序及優缺點分析如下表。

(2)結果：決定以「**一般鍋子**」進行後續實驗。

演進程序	優點	缺點	照片
牛奶鍋	1. 有很多個可以用 2. 方便清洗 3. 比較輕	1. 水很容易滿出來 2. 容量很小	
一般不沾鍋	1. 容量比較大 2. 它是不沾鍋，所以清洗方便	1. 只有一個可以用 2. 比較重	
一般鍋	1. 容量比較大 2. 有很多個可以用 3. 比較輕	1. 較容易黏鍋，需較多的清洗時間。	

表 8

5. 決定比色拍照容器

(1)測試步驟程序及優缺點分析如下表。

(2)結果：一般比色盤都是白色的,我們選鋁箔的重要考量是：**耐熱**。最後決定以「**鋁箔蛋塔杯**」裝取果膠來做 RGB 檢驗數值。

演進程序	優點	缺點	照片
燒杯	保留果膠剛裝進容器裡的樣子。	把果膠裝進容器時，可能因為刮果膠而顯得不美觀。	
白色免洗碟	1. 照片效果較佳，不會因為果膠量的差異而顯得顏色誤差。 2. 底面是白色，比色效果佳。 3. 較便宜。	1. 不耐熱。	
鋁箔蛋塔杯	1. 照片效果較佳，不會因為果膠量的差異而顯得顏色誤差。 2. 鋁箔蛋塔杯的底較寬，較好操作。 3. 耐熱。	拍照時此器具會有一點點的反光。	

表 9

6. 決定果膠熬製之黏稠度 之評判標準

(1)測試步驟程序及優缺點分析如下表。

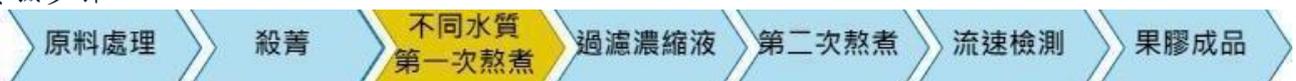
(2)結果：決定以「**斜坡流速測試機**」進行果膠熬製之黏稠度之標準評判。

演進程序	步驟	優點	缺點	照片
第一代：斜坡流速測試機	利用地心引力，使果膠因斜坡而往下流，再比較不同的果膠他的流速有沒有不同，也可以更改角度。	1. 裝置簡單 2. 原理簡單 3. 操作簡單	1. 果膠很容易在檢測過程中凝固，導致每次檢測都要很久。 2. 檢測時會流歪	
第二代：斜坡流速測試機	將鐵尺架在上面，開火，讓熱傳導到鐵尺，再加熱到果膠，讓它流下，在看時間	1. 器材都用鐵製，較好熱傳導。 2. 可加熱，使果膠不會太快凝固	角度不好調到整數	

三、正式實驗歷程

(一) 用不同水質製作，會對果膠成品有影響嗎？

1. 實驗步驟：



2. 實驗結果及分析討論

(1) 黏稠度分析討論

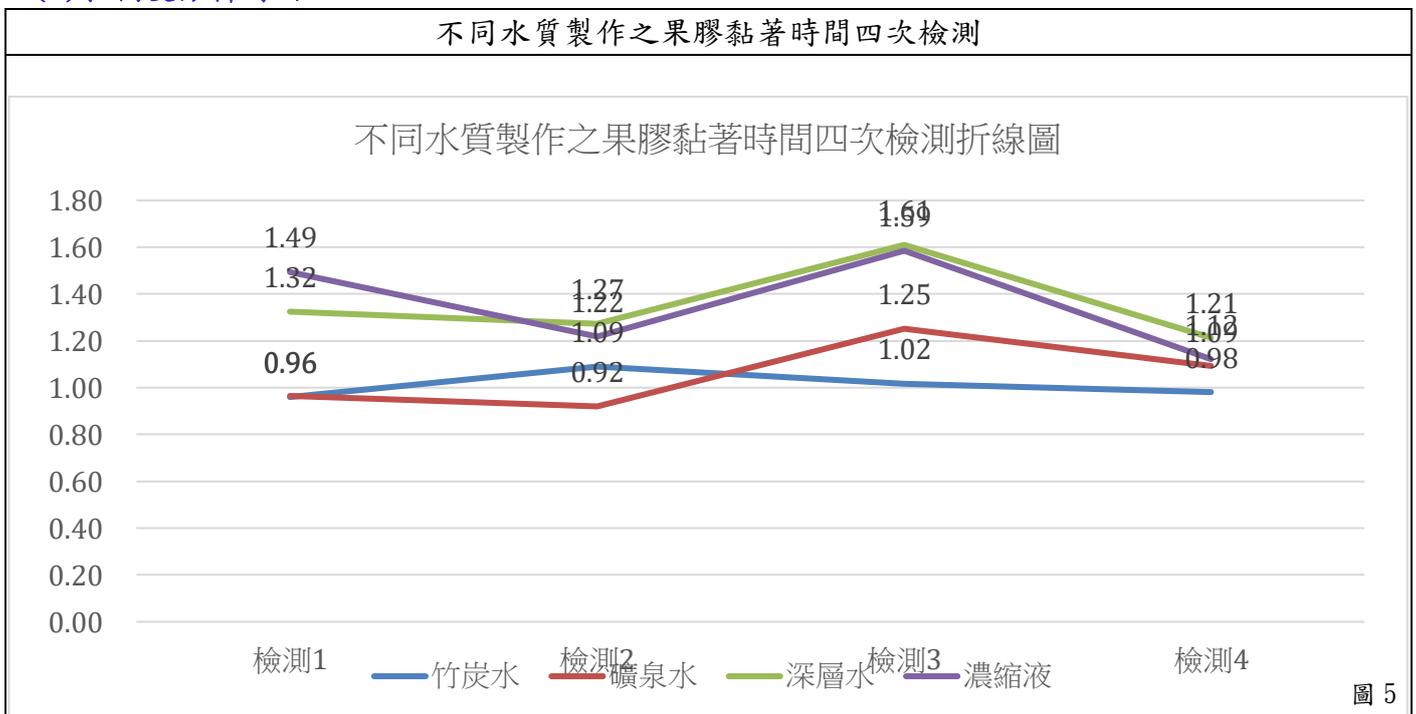


圖 5

實驗分析與討論：

1. 黏著時間由長至短排序：

- (1) 檢測 1：濃縮液(1.49 秒)>(深層水 1.32 秒)>礦泉水、竹炭水(0.96 秒)。
- (2) 檢測 2：深層水(1.27 秒)>濃縮液(1.22 秒)>竹炭水(1.09 秒)>礦泉水(0.92 秒)。
- (3) 檢測 3：深層水(1.61 秒)>濃縮液(1.39 秒)>礦泉水(1.25 秒)>竹炭水(1.02 秒)。
- (4) 檢測 4：深層水(1.21 秒)>濃縮液(1.12 秒)>礦泉水(1.09 秒)>竹炭水(0.98 秒)。

2. 整體黏著時間由長至短排序為：深層水檢測 3(1.64 秒)>濃縮液檢測 3(1.58 秒)>濃縮液檢測 1(1.49 秒)>深層水檢測 1(1.32 秒)>深層水檢測 2(1.27 秒)>濃縮液檢測 2(1.22 秒)>礦泉水檢測 3(1.25 秒)>深層水檢測 4(1.21 秒)>濃縮液檢測 4(1.12 秒)>竹炭水檢測 2 及礦泉水檢測 4(1.09 秒)>竹炭水檢測 3(1.02 秒)>竹炭水檢測 4(0.98 秒)>礦泉水檢測 1、竹炭水檢測 1(0.96 秒)>礦泉水檢測 2(0.92 秒)。

3. 黏合度比較：

(1)使用深層水製作的果膠，在 4 次檢測中都有較佳的黏合度表現。在檢測 2、3、4 都是位居排序 1，而最佳黏合度在檢測 3 甚至達到 1.61 秒。

(2)使用深層水、濃縮液以及礦泉水製作的果膠在的黏度數據發展趨勢有相似的起伏變化，都是從檢測一到檢測二黏度下降，檢測二到檢測三上升，檢測三到檢測四下降。而在檢測 3 時都有相對較高的黏合度。推論是深層水、濃縮液及礦泉水中富含礦物離子增加了果膠的黏稠度。

(3)竹炭水果膠的黏合時間數據起伏是最小的，檢視平均值，黏合時間也是最短的。

4. 綜上所述，我們發現：

濃縮液果膠、海洋深層水果膠和礦泉水果膠，隨著加熱時間的持續，黏稠度下降，在檢測 3 有明顯的提升，而在檢測 4 呈現下降，推論是加熱過程中酯化程度上升與下降的變化歷程。而礦泉水果膠、濃縮液果膠和海洋深層水果膠在持續加熱過程中，在檢測 2 雖然都呈下降趨勢，但是在第三次檢測時黏稠度反而增加，推論加熱時間在 5-6 分鐘時，酯化程度反而有上升的趨勢。所以建議加熱時間為 5-6 分鐘。

(2)RGB 分析討論

不同水質製作之果膠RGB分析雷達圖

— 礦泉水平均 — 竹炭水平均 — 海洋深層水平均
— 濃縮液平均 — 極限值

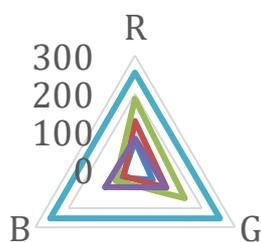


圖 6

實驗分析與討論：

	R	G	B
第一名	海洋深層水(186)	海洋深層水(149.3)	濃縮液(89.7)
第二名	竹炭水(128)	竹炭水(94.0)	海洋深層水(58.3)
第三名	濃縮液(82.3)	濃縮液(91.7)	礦泉水(38.7)

1. 果膠 RGB 值在雷達上分佈，由外而內分佈為：1. 海洋深層水 2. 竹炭水 3. 濃縮液

2. 越內圈，數值越小，也離紅、綠、藍很遠，顏色就不亮。2. 越外圈，數值越大，也越靠近這些顏色，代表顏色越亮。

3. 從三種不同水質製成的果膠樣本的 RGB 數據統計圖中發現：

(1)海洋深層水果膠果膠成色:R(186),G(1149.3),B(58.3)偏黃色

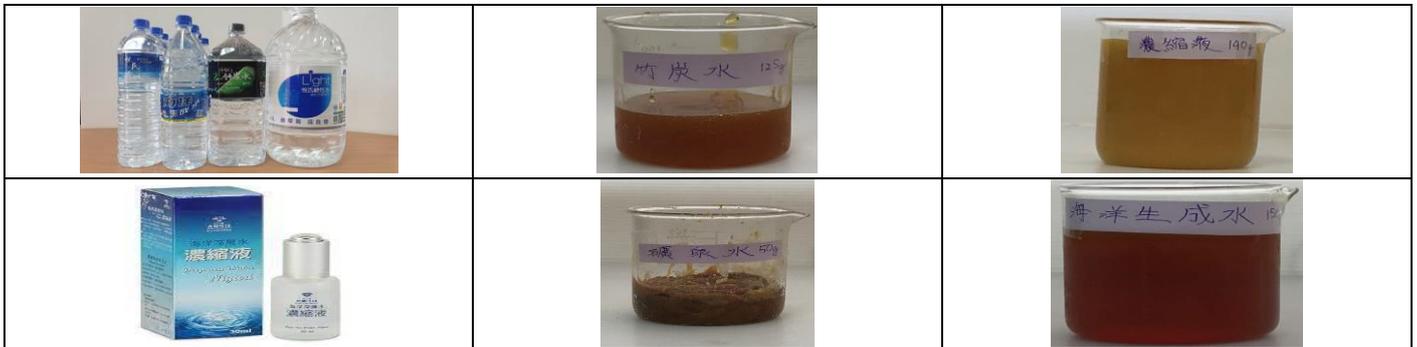
(2)竹炭水果膠成色:R(128),G(94.0),B(33.7)偏暗黃色

(3)濃縮液果膠果膠成色:R(82.3),G(91.7),B(89.7)偏暗黃色

(4)礦泉水果膠果膠成色:R(75.7),G(52.7),B(38.7)偏暗黑黃色

4.從以上三點發現，海洋深層水的數字都大於其他兩種 pH 值的果膠，這代表它的顏色最亮。

5.小結：三種不同 pH 值以我們的實驗可以看出 pH 值影響果膠顏色還蠻大的，而在三種不同 pH 值實驗中三種果膠都是以紅色(R)最多，而(B)最少，代表大部分的果膠都偏黃褐色。



(二) 不同糖的種類對果膠量的結果有影響嗎？

1. 實驗步驟：



2. 實驗結果及分析討論

(1)黏稠度分析討論

不同糖類製作之果膠黏著時間四次檢測

不同糖類製作之果膠黏著時間四次檢測折線圖

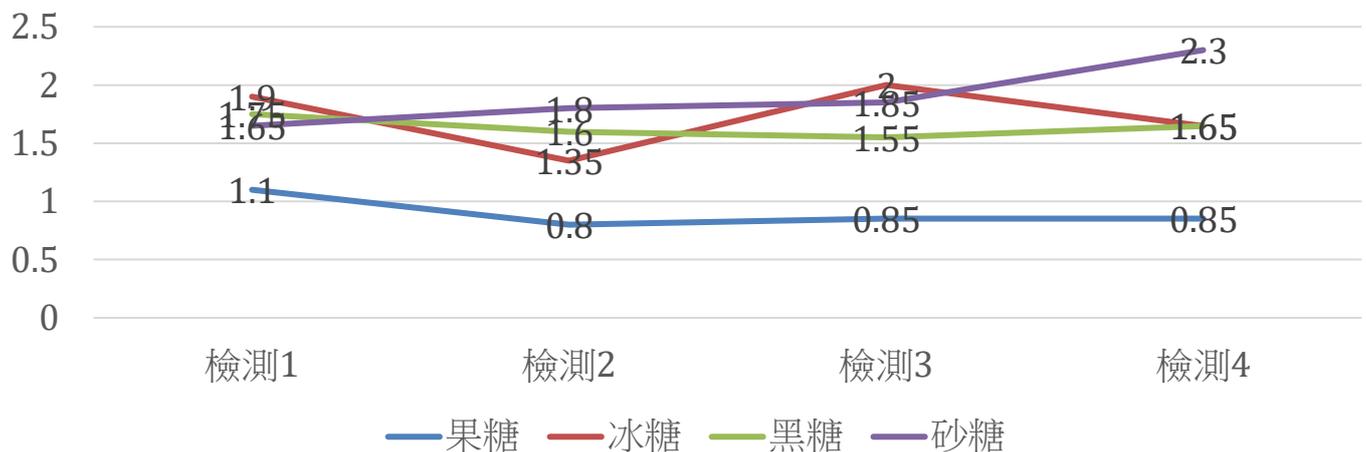


圖 7

實驗分析與討論：

1 黏著時間由長至短排序如下

(1)檢測 1:冰糖 1.9 秒>黑糖 1.75 秒>砂糖 1.65 秒>果糖 1.1 秒。

(2)檢測 2:砂糖 1.8 秒>黑糖 1.6 秒>冰糖 1.35 秒>果糖 0.8 秒。

(3)檢測 3:冰糖 1.85 秒>砂糖 2 秒>黑糖 1.55 秒>果糖 0.85 秒。

(4)檢測 4:砂糖 2.3 秒>冰糖、黑糖 1.65 秒>果糖 0.85 秒。

2. 整體黏著時間，由長至短排序為：砂糖檢測 4(2.3 秒)>砂糖檢測 3(2 秒)>冰糖檢測 1(1.9 秒)>冰糖檢測 3(1.85 秒)>砂糖檢測 2(1.8 秒)>黑糖檢測 1(1.75 秒)>砂糖檢測 1、冰糖檢測 4、黑糖檢測 4(1.65 秒)>黑糖檢測 2(1.6 秒)>黑糖檢測 3(1.55 秒)>冰糖檢測 2(1.35 秒)>果糖檢測 1(1.1 秒)>果糖檢測 3、果糖檢測 4(0.85 秒)>果糖檢測 2(0.8 秒)。

3. 黏合度比較如下

- (1) 砂糖的果膠從檢測一到檢測四呈現的是向上的幅度，因此可推測砂糖做的果膠加熱越久可以使黏性越好。所以建議時間為：7~8 分鐘時
- (2) 冰糖的果膠是先在檢測一時達 1.9 秒，而在檢測二時下降至 1.35 秒，又在檢測三時上升至 2 秒，最終在檢測四時又下降至 1.65 秒，由此可知冰糖的果膠數據並不是隨著加熱時間而有持續而穩定的上升趨勢。
- (3) 黑糖果膠及果糖果膠相較於其他的較為穩定。沒有太大的起伏變化。
- (4) 黑糖處於慢慢下降的趨勢，由此可以得知黑糖做的果膠加熱越久，它的黏合度會越差。
- (5) 果糖的果膠在每個檢測都是最低的，而且呈現下降的趨勢，所以和黑糖比較相似，都會因加熱越久而黏合度越差。所以這些果膠的加熱時間太長，只能控制在 2 到 3 分鐘之內，加熱太久就會使黏合度下降。

4. 從本次實驗可以得知：

- (1) 黏稠度下降是因為酯化程度下降的影響，不同糖類製成的果膠未再增加其他酸鹼或氧化劑，只有操作加熱程序，但是在熱可逆過程中發現果膠的黏稠度下降，我們推論加熱時間的長短，也會改變果膠的酯化程度。而本實驗中果糖果膠的加熱時間越長，黏稠度下降，是因為加熱時間越長造成酯化程度下降。而砂糖在持續加熱過程中，黏稠度逐漸上升，是酯化程度上升的表現。而冰糖果膠雖然在檢測 2 及檢測 4 出現黏稠度下降的趨勢，但是至第 3 次檢測時黏稠度反而增加，推論加熱時間在 5-6 分鐘時，酯化程度反而有上升的趨勢。
- (2) 砂糖果膠加熱越久可以使黏性越好。雖然冰糖果膠數據並不是隨著加熱時間而有持續而穩定的上升趨勢，但是其黏合時間表現亦佳。因考量本實驗會有 RGB 顏色分析，而冰糖為透明無色，較不影響顏色表現，所以在後續實驗以「冰糖」為主要實驗用料。

(2)RGB 分析討論

不同糖類製作之果膠RGB分析雷達圖

— 砂糖平均 — 黑糖平均 — 果糖平均 — 冰糖平均 — 極限值

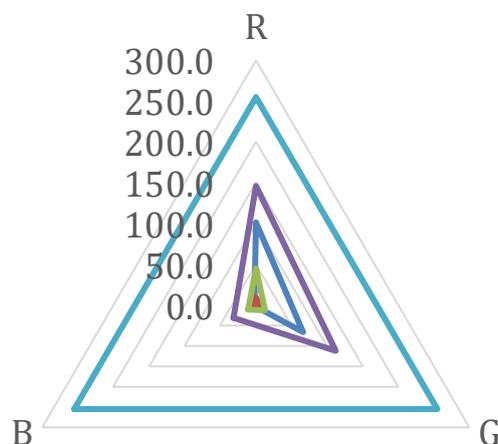


圖 8

實驗分析與討論：

	R	G	B
第一名	冰糖(146)	冰糖(112.3)	冰糖(31.3)
第二名	砂糖(101.3)	砂糖(66.3)	果糖(10.7)
第三名	果糖(45)	果糖(13.0)	黑糖(7.0)
第四名	黑糖(9.0)	黑糖(7.7)	砂糖(2.0)

- 果膠 RGB 值在雷達上分佈，由外而內分佈為：1. 冰糖 2. 砂糖 3. 果糖 4. 黑糖
- 越內圈，數值越小，也離紅、綠、藍很遠，顏色就不亮。越外圈，數值越大，也越靠近這些顏色，代表顏色越亮。
- 從四種不同糖的果膠樣本的 RGB 數據統計圖中發現：
 - 冰糖果膠成色：R(146), G(112.3), B(31.3)，偏黃色
 - 果糖果膠成色：R(45), G(13), B(10.7)，偏暗黃色
 - 砂糖果膠成色：R(101.3), G(66.3), B(2)，偏暗黃色
 - 黑糖果膠成色：R(9), G(7.7), B(7)，偏黑色
- 從以上三點發現，冰糖的數字都大於其他兩種 pH 值的果膠，這代表它的顏色最亮；黑糖的數字最小，代表它的顏色最暗。
- 小結：三種不同糖類果膠的顏色差別頗大，而以我們的實驗可以看出 pH 值影響果膠顏色還蠻大的，而實驗中三種果膠都是偏(R)跟(G)，而(B)最少，且數字較小代表大部分的果膠都偏焦糖黃的顏色。



(三) 不同 pH 值對果膠量有影響嗎？

1. 實驗步驟：



2. 實驗結果及分析討論

(1) 黏稠度分析討論

不同 pH 液體製作之果膠黏著時間四次檢測

不同pH液體製作之果膠黏著時間四次檢測折線圖

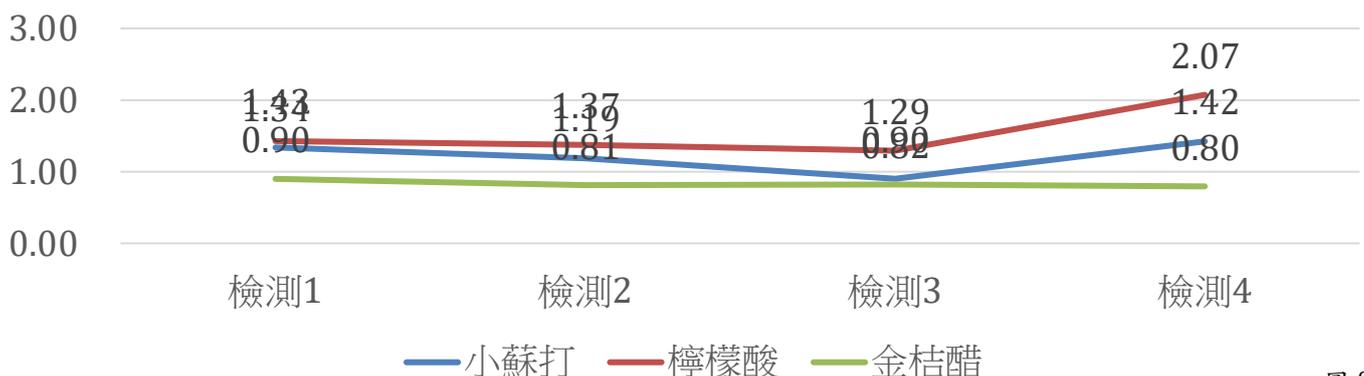


圖 9

實驗分析與討論：

1. 黏著時間，由長至短排序為：

- (1) 檢測 1：檸檬酸 1.43 秒 > 小蘇打 1.34 > 金桔醋 0.9 秒。
- (2) 檢測 2：檸檬酸 1.37 秒 > 小蘇打 1.19 秒 > 金桔醋 0.81 秒。
- (3) 檢測 3：檸檬酸 1.29 秒 > 小蘇打 0.90 秒 > 金桔醋 0.82 秒。
- (4) 檢測 4：檸檬酸 2.07 秒 > 小蘇打 1.42 秒 > 金桔醋 0.80 秒。

2. 整體黏著時間，由長至短排序為：檸檬酸檢測 4(2.07 秒) > 檸檬酸檢測 1(1.43 秒) > 小蘇打檢測 4(1.42 秒) > 檸檬酸檢測 2(1.37 秒) > 小蘇打檢測 1(1.34 秒) > 檸檬酸檢測 3(1.29 秒) > 小蘇打檢測 2(1.19 秒) > 小蘇打檢測 3、金桔醋檢測 1 (0.90 秒) > 金桔醋檢測 3(0.82 秒) > 金桔醋檢測 2(0.81 秒) > 金桔醋檢測 4(0.80 秒)。

3. 黏合度比較：

- (1) 檸檬酸果膠從檢測 1 的 1.43 秒、檢測 2 的 1.37 秒、檢測 3 的 1.29 秒，雖然呈些微下降趨勢，但是在檢測 4 時黏著時間達 2.07 秒，均為三個實驗品項中表現最佳的。這可以對應我們查詢的資料：在酸性環境中透過加熱的方式產生膠凝作用。建議最好加熱時間是在 7、8 分鐘時候，因為這時果膠的黏度到了最高點。
- (2) 小蘇打果膠的發展趨勢與檸檬酸果膠的趨勢相似，但是其數值表現均較檸檬酸果膠的黏著時間短，因小蘇打溶液為鹼性，可證鹼性較不利於果膠的膠凝作用。建議最好加熱時間是在 7、8 分鐘時候，因為這時果膠的黏度到了最高點。
- (3) 金桔醋四次平均跳動幅度較少，代表它的熱逆性跟時間沒有關係，加熱到最後，黏合度也不會改變。建議最好加熱時間是在 1、2 分鐘時候，因為這時果膠的黏度到了最高點。
- (4) 在這 3 個檢測中，黏合度最好的時候是檢測四(7、8 分鐘)，也就是持續加熱有助於這三種果膠的黏合性。

4. 從本次實驗可以得知：

- (1) 檸檬酸果膠的黏合度一直都是最好的，這代表**酸性的加熱環境有助於果膠的膠凝現象**。
- (2) 本實驗中檸檬酸果膠、小蘇打果膠和金桔醋果膠的持續加熱過程中，在檢測 1-3 時有黏稠度下降的趨勢，但是到檢測 4 均雖有黏稠度有上升的趨勢，推論加熱時間在 7-8 分鐘時，酯化程度反而有上升的趨勢。所以建議檸檬酸果膠、小蘇打果膠和金桔醋果膠加熱時間為 7~8 分鐘。其中又以檸檬酸果膠(2.07 秒)為最佳表現。

(2) RGB 分析討論

不同pH值液體製作之果膠RGB分析雷達圖

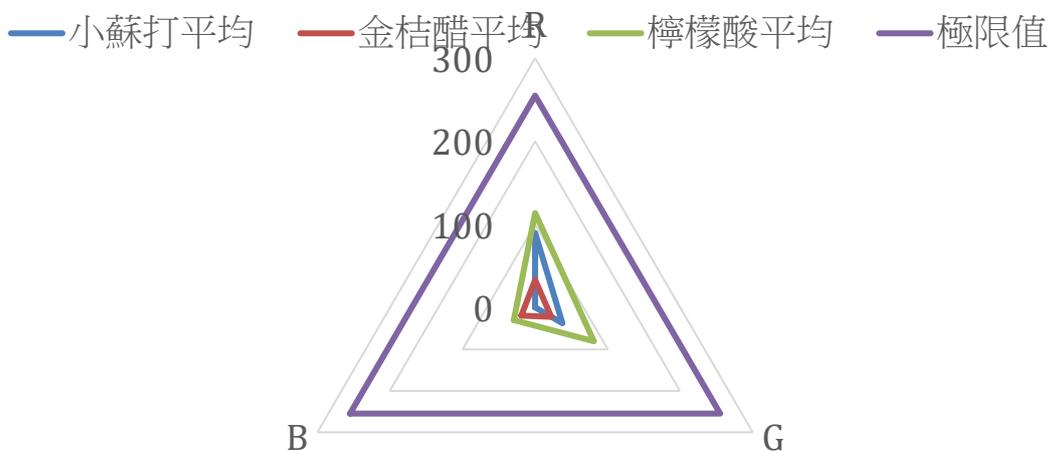
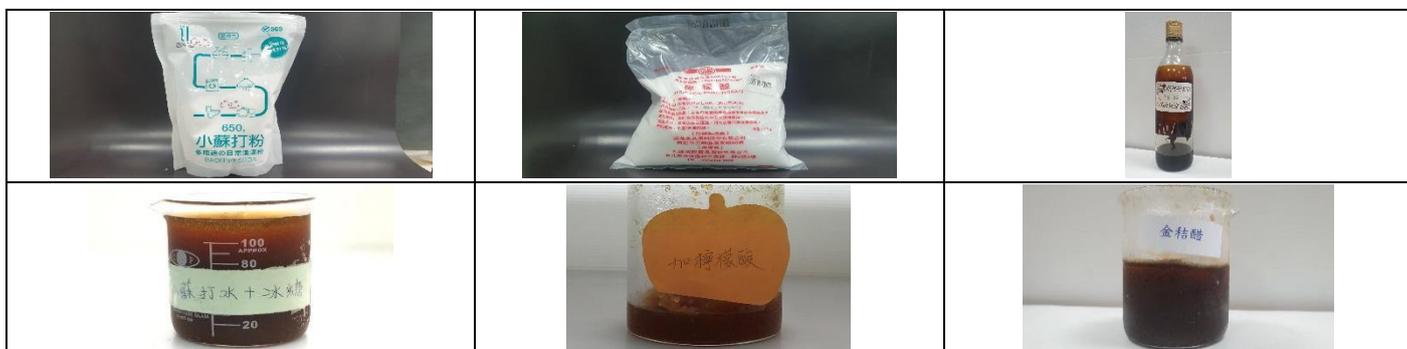


圖 10

實驗分析與討論：

	R	G	B
第一名	檸檬酸(113.7)	檸檬酸(81)	檸檬酸(29.3)
第二名	小蘇打(90)	小蘇打(37.3)	金桔醋(19)
第三名	金桔醋(33.3)	金桔醋(22.3)	小蘇打(0)

- 果膠 RGB 值在雷達上分佈，由外而內分佈為：1. 檸檬酸 2. 小蘇打 3. 金桔醋
- 越內圈，數值越小，也離紅、綠、藍很遠，顏色就不亮。
- 越外圈，數值越大，也越靠近這些顏色，代表顏色越亮。
- 從三種不同 pH 值的果膠樣本的 RGB 數據統計圖中發現：
 - 小蘇打果膠成色：R(90), G(37.3), B(0) 偏亮黃色。
 - 金桔醋果膠成色：R(33.3), G(22.3), B(19) 偏黃褐色。
 - 檸檬酸果膠成色：R(113.7), G(81), B(29.3) 偏深黃褐色。
- 從以上三點發現，檸檬酸的數字都大於其他兩種 pH 值的果膠，這代表它的顏色最亮。
- 小結：以我們的實驗可以看出 pH 值的確對於果膠顏色有較大的影響，而在三種不同 pH 值實驗中三種果膠都是以紅色(R)光最多，而藍色(B)光最少，代表大部分的果膠都偏紅色。



(四) 加入不同酒類對果膠凝結有什麼影響？

1. 實驗步驟：



2. 實驗結果及分析討論

(1) 黏稠度分析討論

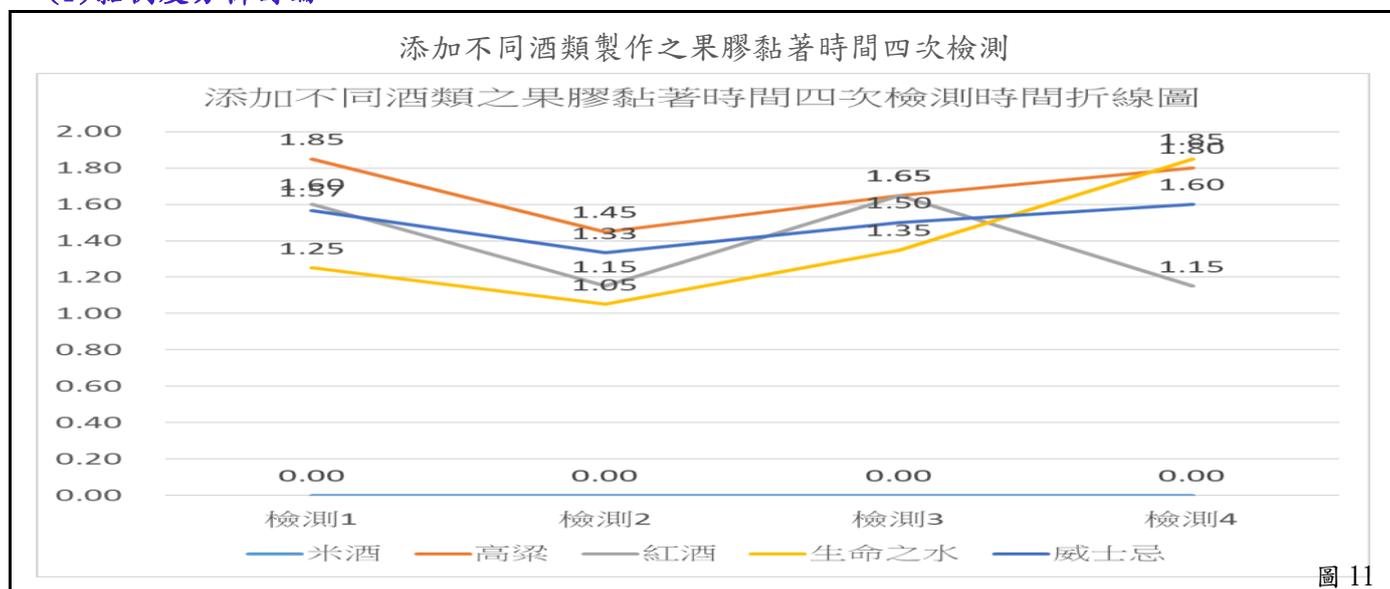


圖 11

實驗分析與討論：

1. 黏著時間由長至短排序為：

(1) 檢測 1：高粱 1.85 秒 > 紅酒 1.6 秒 > 威士忌 1.57 秒 > 生命之水 1.25 秒 > 米酒 0 秒。

(2) 檢測 2：高粱 1.45 秒 > 威士忌 1.33 秒 > 紅酒 1.15 秒 > 生命之水 1.05 秒 > 米酒 0 秒。

(3) 檢測 3：高粱、紅酒 1.65 秒 > 威士忌 1.5 秒 > 生命之水 1.35 秒 > 米酒 0 秒。

(4) 檢測 4：生命之水 1.85 秒 > 高粱 1.8 秒 > 威士忌 1.6 秒 > 紅酒 1.15 秒 > 米酒 0 秒。

2. 整體黏著時間由長至短排序為：生命之水檢測 4(1.85 秒) > 高粱檢測 1(1.85 秒) > 高粱檢測 4(1.8 秒) > 高粱檢測 3、紅酒檢測 3(1.65 秒) > 紅酒檢測 1、威士忌檢測 4(1.6 秒) > 威士忌檢測 1(1.57 秒) > 威士忌檢測 3(1.5 秒) > 高粱檢測 2(1.45 秒) > 生命之水檢測 3(1.35 秒) > 威士忌檢測 2(1.33 秒) > 生命之水檢測 1(1.25 秒) > 紅酒檢測 2、紅酒檢測 4(1.15 秒) > 生命之水檢測 2(1.05 秒) > 米酒檢測 1、米酒檢測 2、米酒檢測 3、米酒檢測 4(0 秒)。

3. 黏合度比較：

(1) 高粱果膠從檢測 1 的 1.85 秒，下降到檢測 2 的 1.45 秒，再上升至檢測 3 的 1.65 秒，最後在在檢測 4 時黏著時間達 1.80 秒，均為五個實驗品項中平均表現最佳的。

(2) 威士忌果膠的線條(黏稠度趨勢)是在檢測 1 的 1.60 秒，先向下至檢測 2 的 1.35 秒，再向上至威士忌的最高點 1.60 秒，這代表過了檢測 2 時黏稠度會逐漸變好。

(3) 高粱和威士忌的線條(黏稠度趨勢)走向很相似(先向下至檢測 2，再向上至檢測 4)，表示它們的果膠在同樣的時間變化很相似。

(4) 生命之水果膠在檢測 1 的 1.25 秒是表現最差的，但是接著在檢測 2 下降至 1.05 秒，後續在檢測 3 上升至 1.35 秒，最後在檢測 4 達到 1.85 秒是所有酒類果膠中表現最佳的一個數值(代表黏稠度最好)。

(5) 紅酒的線條走向和其他的較不同(先向下至檢測 2，再向上至檢測 3，最後是向下至檢測 4)，代表紅酒果膠在同樣時間的情況下，果膠的黏稠度和其他酒類的果膠較不同，這樣的結果可以凸顯紅酒果膠和其它酒類的不同。

(6) 加入米酒的果膠具不可逆。

4. 從本次實驗可以得知：

(1) 生命之水酒精濃度達 99.5%，而米酒、威士忌等酒精濃度相近，就其製成的果膠成品來比較，我們可以推論酒精濃度較不會直接的影響黏合度以及熱可逆性。

(2) 高粱果膠、威士忌果膠及生命之水果膠的持續加熱過程中，在檢測 1-2 時有黏稠度下降的趨勢，但是到檢測 3 及 4 均雖有黏稠度有上升的趨勢，推論加熱時間在 7-8 分鐘時，酯化程度反而有上升的趨勢。所以建議高粱果膠、威士忌果膠及生命之水果膠加熱時間為 7-8 分鐘。其中又以生命之水果膠檢測 4(1.85 秒)為最佳表現。

(3) 由上表可以發現，高粱酒在加熱一二分鐘黏度最好。

(2) RGB 分析討論

添加不同酒類之果膠RGB分析雷達圖

—紅酒 —高粱酒 —生命之水 —極限值255

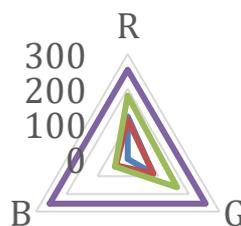


圖 12

實驗分析與討論：

	R	G	B
第一名	生命之水(184)	生命之水(167)	生命之水(100)
第二名	高粱酒(137)	高粱(110)	高粱(62)
第三名	紅酒(121.7)	紅酒(83.3)	紅酒 0

1. 果膠 RGB 值在雷達上分佈，由外而內分佈為：1. 生命之水 2. 紅酒 3. 高粱酒
2. 越內圈，數值越小，也離紅、綠、藍很遠，顏色就不亮。越外圈，數值越大，也越靠近這些顏色，代表顏色越亮。
3. 從三種添加不同酒類的果膠樣本的 RGB 數據統計圖中發現：
 - (1) 生命之水果膠成色: R(184), G(167), B(100) 偏淺褐色
 - (2) 紅酒果膠成色: R(121), G(83.3), B(0) 偏深褐色
 - (3) 高粱酒膠成色: R(137), G(110), B(62) 偏淺褐色
4. 從以上三點發現，生命之水製成果膠的 RGB 數字都大於其他兩種 pH 值的果膠，這代表它的顏色最亮。
5. 小結：酒類的果膠普遍顏色較深，因 R(紅色)和 G(綠色)值較大，表示這幾個果膠都偏黃色系。



(五) 不同的冷凝溫度對果膠的凝結有什麼影響?

1. 實驗步驟：



2. 實驗結果及分析討論

(1) 黏稠度分析討論

不同冷卻方式之果膠黏著時間四次檢測折線圖

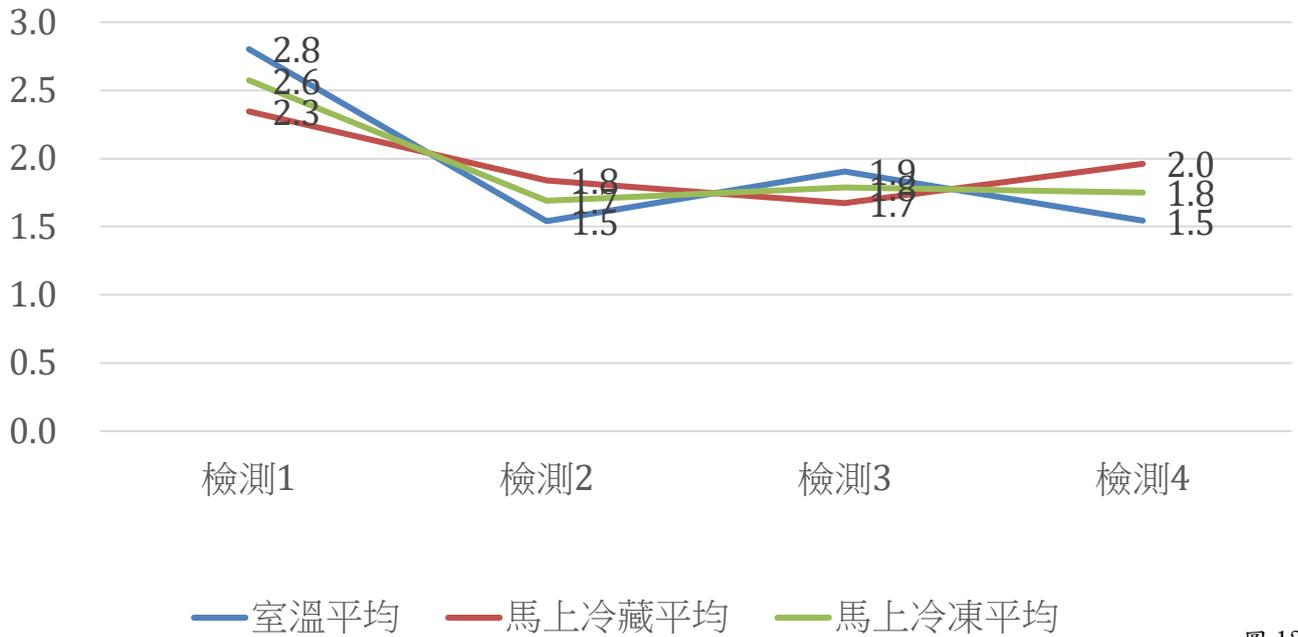


圖 13

實驗分析與討論：

1. 黏著時間由長至短排序：

- (1) 檢測 1: 馬上冷藏 2.8 秒 > 馬上冷凍 2.6 秒 > 室溫 2.3 秒。
- (2) 檢測 2: 馬上冷藏 1.8 秒 > 馬上冷凍 1.7 秒 > 室溫 1.5 秒。
- (3) 檢測 3: 室溫果膠 1.9 秒 > 馬上冷凍 1.8 秒 > 馬上冷藏 1.7 秒。
- (4) 檢測 4: 馬上冷藏 2.0 秒 > 馬上冷凍 1.8 秒 > 室溫 1.5 秒。

2. 整體黏著時間由長至短排序為：

馬上冷藏檢測 1(2.8 秒) > 馬上冷凍檢測 1(2.6 秒) > 室溫檢測 1(2.3 秒) > 馬上冷藏檢測 4(2.0 秒) > 室溫檢測 3(1.9 秒) > 馬上冷藏檢測 2、馬上冷凍檢測 4、馬上冷凍檢測 3(1.8 秒) > 馬上冷凍檢測 2(1.7 秒) > 室溫檢測 4、室溫檢測 2(1.5 秒)

3. 黏合度比較：

- (1) 這 3 種果膠一開始的數值都超過 2 秒，可是到了檢測 2 就下降許多，到檢測 4 也只有馬上冷藏果膠到檢測四才微微上升到 2 秒，所以每一種冷凝溫度的果膠最適合的加熱時間都是 1~2 分鐘，因為加熱到越後面黏合度就越不好，所以這三種果膠都不適合加熱太久。
- (2) 在 3 種果膠中，室溫與其他 2 個果膠比，黏稠度趨勢比較大。
- (3) 馬上冷藏果膠黏稠度排序都很高，表示此果膠黏稠度較好。
- (4) 室溫果膠是 3 種果膠中起伏最大的，也是最不穩定的。

4. 整體而言：

- (1) 這 3 種果膠一開始黏性都超過 2 秒，可是到最後都降到 2 秒以下，所以加熱時間會影響這些果膠，不宜持續加熱。
- (2) 黏稠度下降是因為酯化程度下降的影響，在未改變冷凝溫度，只有操作加熱程序，但是果膠的黏稠度下降，我們推論加熱時間的長短，也會改變果膠的酯化程度。而本實驗中室溫及馬上冷凍果膠在持續加熱過程中，黏稠度有持續下降的趨勢，推論加熱時間在 1-2 分鐘時，酯化程度有下降的趨勢。

(2)RGB 分析討論

不同冷卻方式之果膠RGB分析雷達圖

—馬上冷藏 —馬上冷凍 —室溫 —極限值

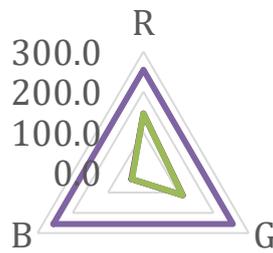


圖 14

實驗分析與討論：

	R	G	B
第一名	馬上冷藏平均 146.7	馬上冷藏平均 113.1	馬上冷藏平均 33.4
第二名	馬上冷凍平均 146.6	馬上冷凍平均 112.8	馬上冷凍平均 32.0
第三名	室溫平均 146.0	室溫平均 112.3	室溫平均 31.3

- 果膠 RGB 值在雷達上分佈，由外而內分佈為：室溫、馬上冷藏和馬上冷凍
- 越內圈，數值越小，也離紅、綠、藍很遠，顏色就不亮。越外圈，數值越大，也越靠近這些顏色，代表顏色越亮。
- 從三種不同冷凝溫度的果膠樣本的 RGB 數據統計圖中發現：：
 - 室溫果膠成色：R(146)，G(112.3)，B31.3 暗黃褐色，是這三者中光澤最暗的。
 - 馬上冷藏果膠成色：R(146.7)，G(113.1)，B(33.4) 偏黃褐色，是這三者中光澤最亮的。
 - 馬上冷凍果膠成色：R(146.6)，G(112.8)，B(32) 偏黃褐色
 - 從雷達圖由內而外可以看出：三種果膠光澤都非常接近，幾乎是重疊的分佈，可見顏色極相近，看不出差別。
- 小結：冷凝溫度以我們的實驗可以看出並不會影響果膠的顏色，而在不同冷凝溫度的實驗中三種果膠都是以紅色(R)、綠色(G)值較大，而(B)最少，代表大部分的果膠都偏亮黃色。



(六)果膠黏著度的綜合比較

第一次觀察

不同變因果膠第一次觀察黏合度時間平均數據

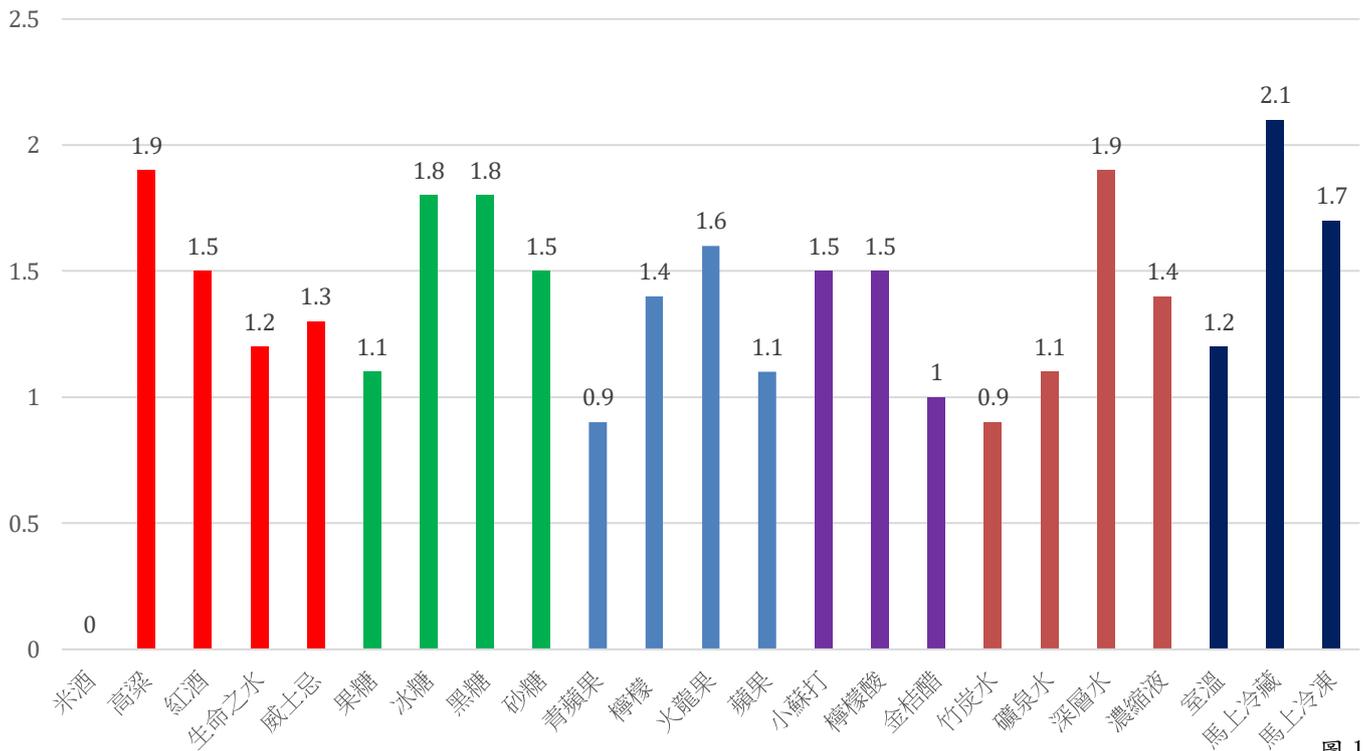


圖 15

1. 黏著時間由長至短排序

- (1) 不同酒類果膠：高粱 1.9 秒>紅酒 1.5 秒>威士忌 1.3 秒>生命之水 1.2 秒>米酒 0 秒。
- (2) 不同糖類果膠：冰糖、黑糖 1.8 秒>砂糖 1.5 秒>果糖 1.1 秒
- (3) 不同水果果膠：火龍果 1.6 秒>檸檬 1.4 秒>蘋果 1.1 秒>青蘋果 0.9 秒
- (4) 不同酸鹼果膠：檸檬酸 小蘇打 1.5 秒>金桔醋 1 秒
- (5) 不同水質果膠：海洋深層水 1.9 秒>濃縮液 1.4>礦泉水 1.1 秒>竹炭水 0.9 秒
- (6) 冷卻方式：馬上冷藏 2.1 秒>馬上冷凍 1.7 秒>室溫 1.2 秒

2. 從以上數據可發現:所有果膠依黏稠度最強到弱果膠為：馬上冷藏果膠 2.1 秒>海洋深層水果膠 高粱果膠 1.9 秒>冰糖、黑糖 1.8 秒>馬上冷凍 1.7 秒>火龍果 1.6 秒>紅酒果膠、小蘇打果膠 檸檬酸果膠、砂糖 1.5 秒>檸檬果膠、濃縮液果膠 1.4 秒>威士忌果膠 1.3 秒>生命之水果膠 1.2 秒>礦泉水果膠、蘋果果膠、果糖果膠 1.1 秒>金桔醋 1 秒>青蘋果果膠 0.9 秒。

3. 由上列總排名，發現黏稠度最好的前三名為：1. 馬上冷藏果膠 2.1 秒, 2. 海洋深層水果膠及高粱果膠 1.9 秒, 3. 冰糖、黑糖 1.8 秒。

4. 小結：扣除米酒果膠因不可逆，數值為 0 秒之外，黏稠度最強的果膠為馬上冷藏果膠 2.1 秒，黏稠度最弱的果膠為竹炭水和青蘋果的 0.9 秒；所有的果膠在 1~2 分鐘黏度最低 0.9 秒，最高 2.1 秒，黏度數字都較穩定。推測高粱果膠、冰糖果膠、黑糖果膠、海洋深層水果膠和馬上冷藏果膠在 1~2 分鐘酯化程度較高。

不同變因果膠第三次觀察黏合度時間平均數據

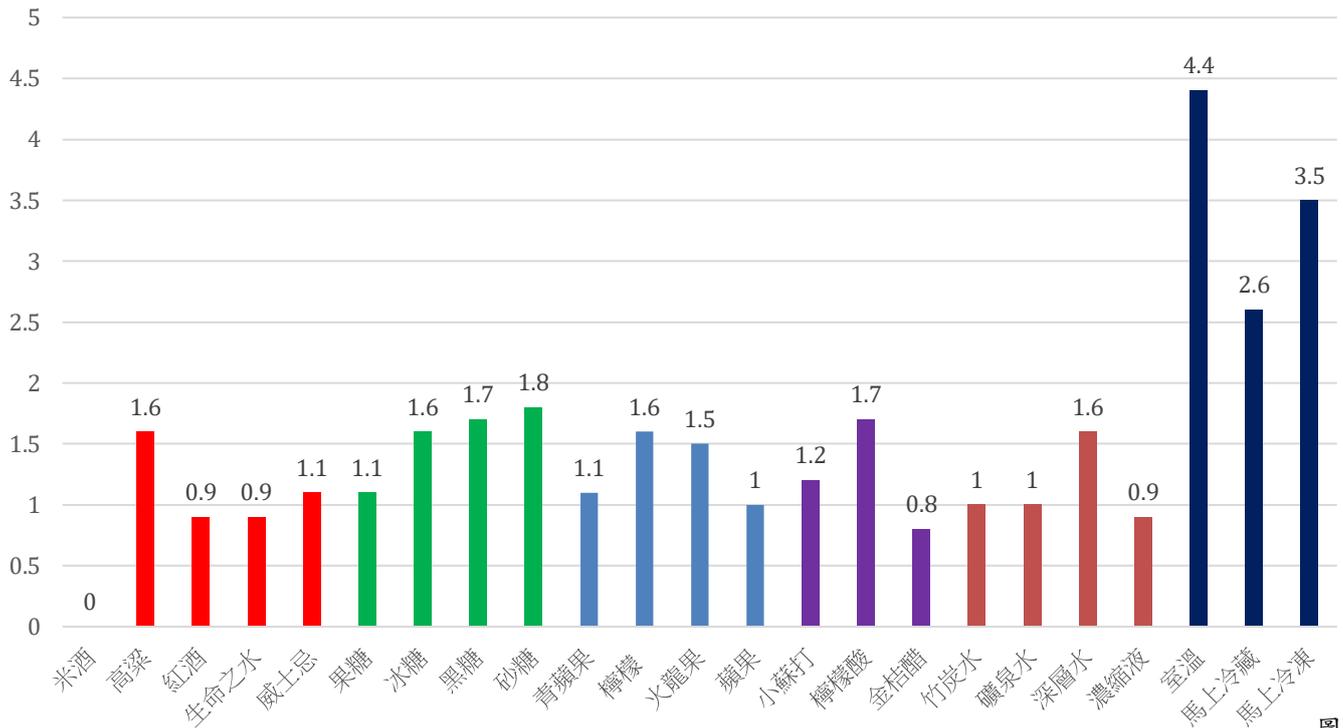


圖 16

- 由上表得知，米酒的黏稠度測試時間為零，這表示米酒不可逆。其餘依黏著時間由長至短排序：
 - 不同酒類：高粱 1.6 秒>威士忌 1.1 秒>紅酒及生命之水 0.9 秒>米酒 0 秒。
 - 不同糖類果膠：砂糖 1.8 秒>黑糖 1.7 秒>冰糖 1.6 秒>果糖 1.1 秒
 - 不同水果果膠：檸檬 1.6 秒>火龍果 1.5 秒>青蘋果 1.1 秒>蘋果 1 秒
 - 不同酸鹼果膠：檸檬酸 1.7 秒>小蘇打 1.2 秒>金桔醋 0.8 秒
 - 不同水質：深層水 1.6 秒>竹炭水、礦泉水 1 秒>濃縮液 0.9 秒
 - 不同冷卻方式：室溫 4.4 秒>馬上冷凍 3.5 秒>馬上冷藏 2.6 秒，本系列黏著時間都比其他果膠的黏著時間長。
- 所有果膠，依黏著時間由長至短排序：室溫的果膠 4.4 秒>馬上冷凍的果膠 3.5 秒>馬上冷藏的果膠 2.6 秒)>砂糖的果膠 1.8 秒>黑糖的果膠和檸檬酸的果膠 1.7 秒>高粱的果膠、冰糖的果膠、檸檬的果膠和深層水的果膠 1.6 秒>火龍果的果膠 1.5 秒>小蘇打的果膠 1.2 秒>威士忌的果膠、果糖的果膠和青蘋果的果膠 1.1 秒>蘋果的果膠、竹炭水的果膠和礦泉水的果膠 1 秒>紅酒的果膠、生命之水的果膠和濃縮液的果膠 0.9 秒>金桔醋的果膠 0.8 秒>米酒的果膠 0 秒。
- 由上列總排名，發現：
 - 室溫的果膠 4.4 秒是最慢的，代表它比其他種類的果膠還要黏。
 - 黏性低於 1 的有五個，黏性高於 1 秒的有 18 個。
 - 室溫的黏稠度測試時間(4.4 秒)是做裡面最多的，這表示室溫(4.4 秒)的黏稠度最好。
 - 酒類和不同水質做的果膠，黏性都普遍低於平均。
 - 在不同溫度凝結的起伏是最大的，這表示凝結時的溫度會大大影響它黏的時間。
- 小結：不同冷卻方式的數據都比較大，且和其他的落差很大、以我們已知的數據可以看出米酒是不可逆的，黏合最久的是:室溫 4.4 秒，黏合最快的是:金桔醋 0.8 秒 (米酒不列入計算)。

第五次觀察

不同變因果膠第五次觀察黏合度時間平均數據

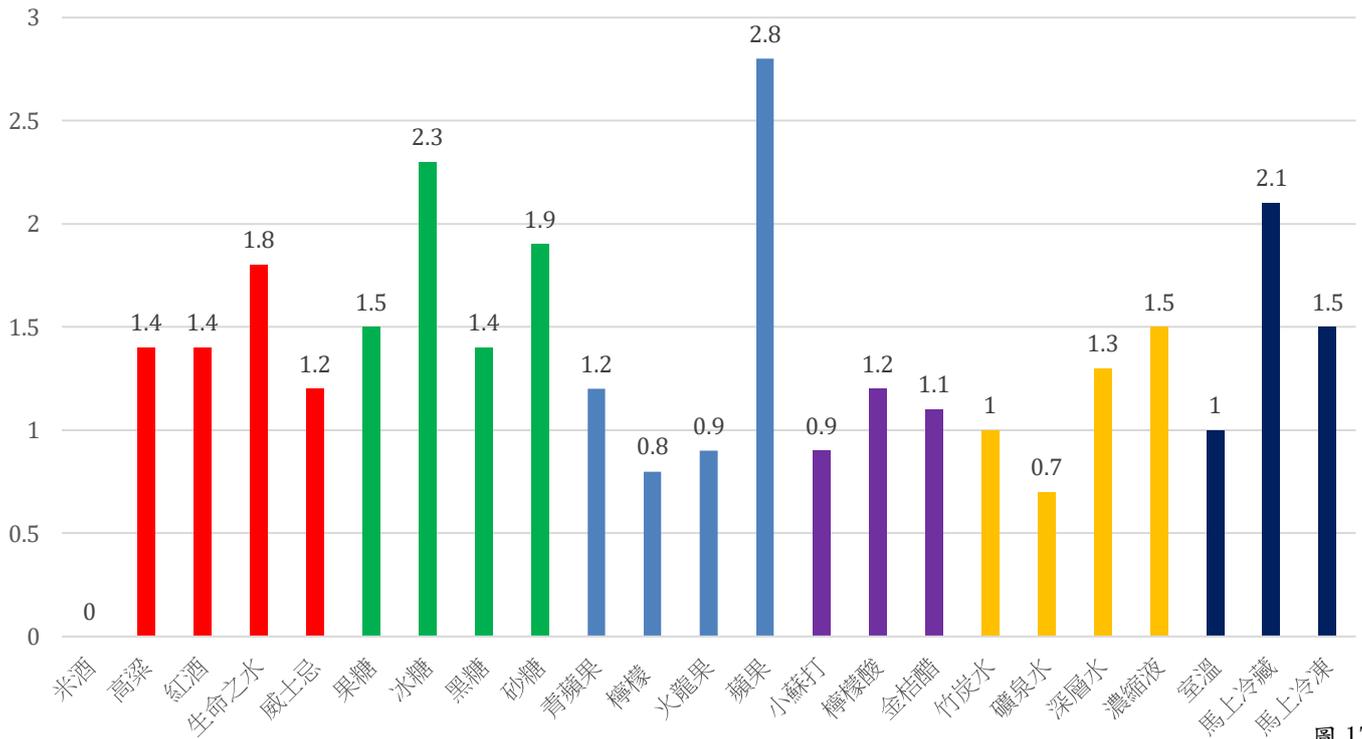


圖 17

1. 依黏著時間由長至短排序：

- (1)不同酒類：生命之水 1.8 秒>高粱、紅酒 1.4 秒>威士忌 1.2 秒>米酒 0 秒。
- (2)不同糖類：冰糖 2.3 秒>砂糖 1.9 秒>果糖 1.5 秒>黑糖 1.4 秒。
- (3)不同水果：蘋果 2.8 秒>青蘋果 1.2 秒>火龍果 0.9 秒>檸檬 0.8 秒。
- (4)不同酸鹼：檸檬酸 1.2 秒>金桔醋 1.1 秒>小蘇打 0.9 秒。
- (5)不同水質：濃縮液 1.5>深層水 1.3>竹炭水 1>礦泉水 0.7。
- (6)不同冷卻方式：馬上冷藏 2.1 秒>馬上冷凍 1.5 秒>室溫 1 秒。

2. 所有果膠，依黏著時間由長至短排序：蘋果果膠 2.8 秒>冰糖果膠 2.3 秒>馬上冷藏的果膠 2.1 秒>生命之水果膠 1.8 秒>果糖的果膠和濃縮液的果膠和馬上冷凍的果膠 1.5 秒>高粱的果膠和紅酒的果膠和黑糖的果膠 1.4 秒>深層水的果膠 1.3 秒>威士忌的果膠和青蘋果的果膠和檸檬酸的果膠 1.2 秒>金桔醋的果膠 1.1 秒>竹炭水的果膠和室溫的果膠 1 秒>火龍果的果膠和小蘇打的果膠 0.9 秒>檸檬的果膠 0.8 秒>礦泉水的果膠 0.7 秒>米酒的果膠 0 秒。

3. 由上列總排名，發現：

- (1)米酒的黏稠度測試時間為 0，這表示米酒不具熱可逆現象。
- (2)蘋果果膠 2.8 秒是所有果膠裡，黏性最好的。
- (3)礦水果膠 0.7 秒是最快的，表示黏性最差。
- (4)黏性低於 1 秒的有五個，黏性高於 1 秒的有 18 個。
- (5)在不同溫度凝結的起伏是最大的，這表示凝結溫度對於黏性有較大的影響。

4. 小結：

不同水果的數據起伏都比較大，以我們已知的數據可以看出米酒是不可逆的，最大的是：蘋果 2.8 秒，最小的是：礦泉水 0.7 秒（米酒不列入計算）。

不同變因果膠第七次觀察黏合度時間平均數據

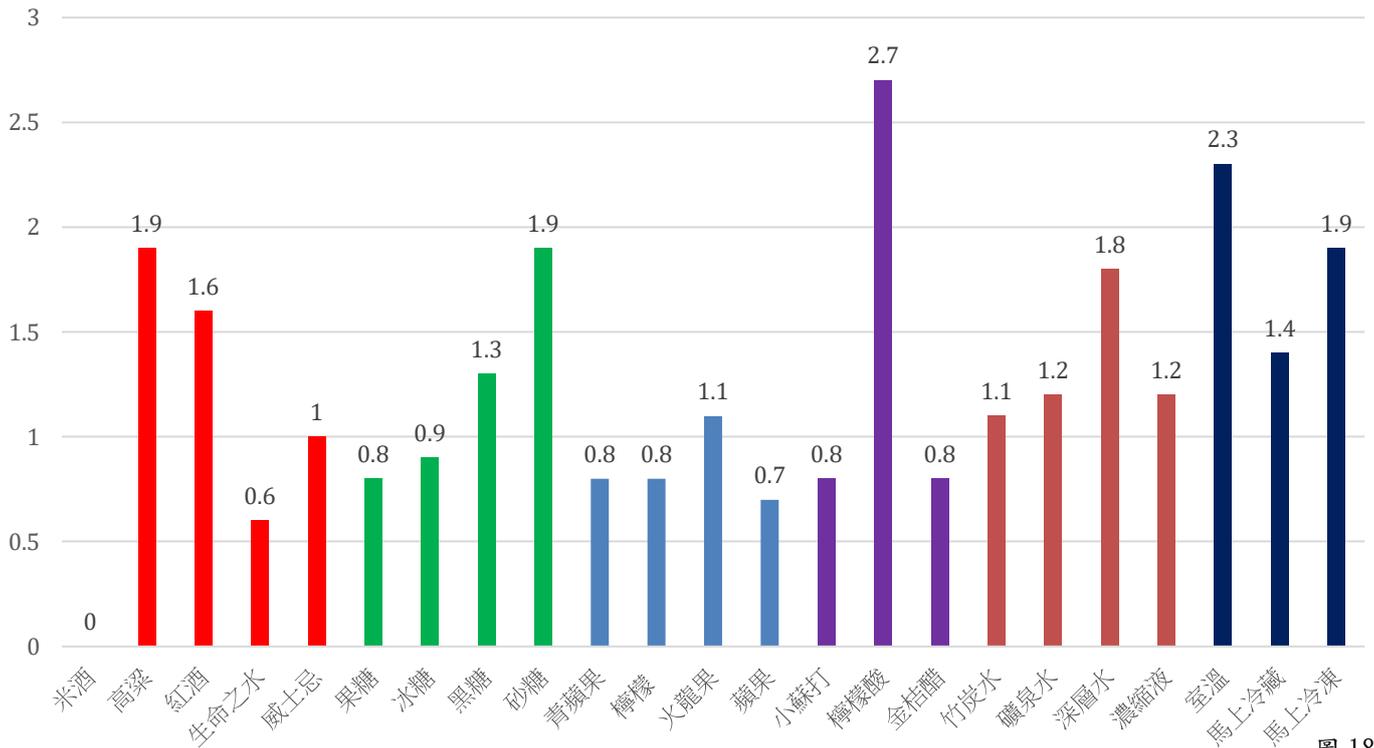


圖 18

1. 依黏著時間由長至短排序：

- (1)不同酒類：高粱 1.9 秒>紅酒 1.6 秒>威士忌 1 秒>生命之水 0.6 秒>米酒 0 秒。
- (2)不同糖類：砂糖 1.9 秒>果糖 1.3 秒>冰糖 0.9 秒>黑糖 0.8 秒。
- (3)不同水果：火龍果 1.1 秒>檸檬、青蘋果 0.8 秒>蘋果 0.7 秒。
- (4)不同酸鹼：檸檬酸 2.7 秒>小蘇打、金桔醋 0.8 秒。
- (5)不同水質：深層水 1.8 秒>礦泉水、濃縮液 1.2 秒>竹炭水 1.1 秒。
- (6)不同冷卻方式：室溫 2.3 秒>馬上冷凍 1.9 秒>馬上冷藏 1.4 秒。

2. 所有果膠，依黏著時間由長至短排序：檸檬酸 2.7 秒>室溫 2.3 秒>高粱、砂糖、馬上冷凍 1.9 秒>深層水 1.8 秒>紅酒 1.6 秒>馬上冷藏 1.4 秒>果糖 1.3 秒>礦泉水、濃縮液 1.2 秒>火龍果、竹炭水 1.1 秒>威士忌 1 秒>冰糖 0.9 秒>檸檬、青蘋果、小蘇打、金桔醋、黑糖 0.8 秒>蘋果 0.7 秒>生命之水 0.6 秒>米酒 0 秒。

3. 由上列總排名，發現：

- (1)不同的水果的果膠黏合度數據比較接近。
- (2)黏稠度最高的是 2.7 秒檸檬酸，最小的是(不包含米酒) 0.6 秒生命之水，相差 2.1 秒。

4. 小結：

- (1)這次的黏合時間比較極端，檸檬酸果膠(2.7 秒)是黏合性最好的，室溫果膠 2.3 秒次之，扣除米酒果膠外，最差的是生命之水果膠(0.6 秒)。
- (2)在不同 pH 值凝結的起伏是最大的，這表示 pH 值對於凝結作用有較大的影響性。

第九次觀察

不同變因果膠第九次觀察黏合度時間平均數據

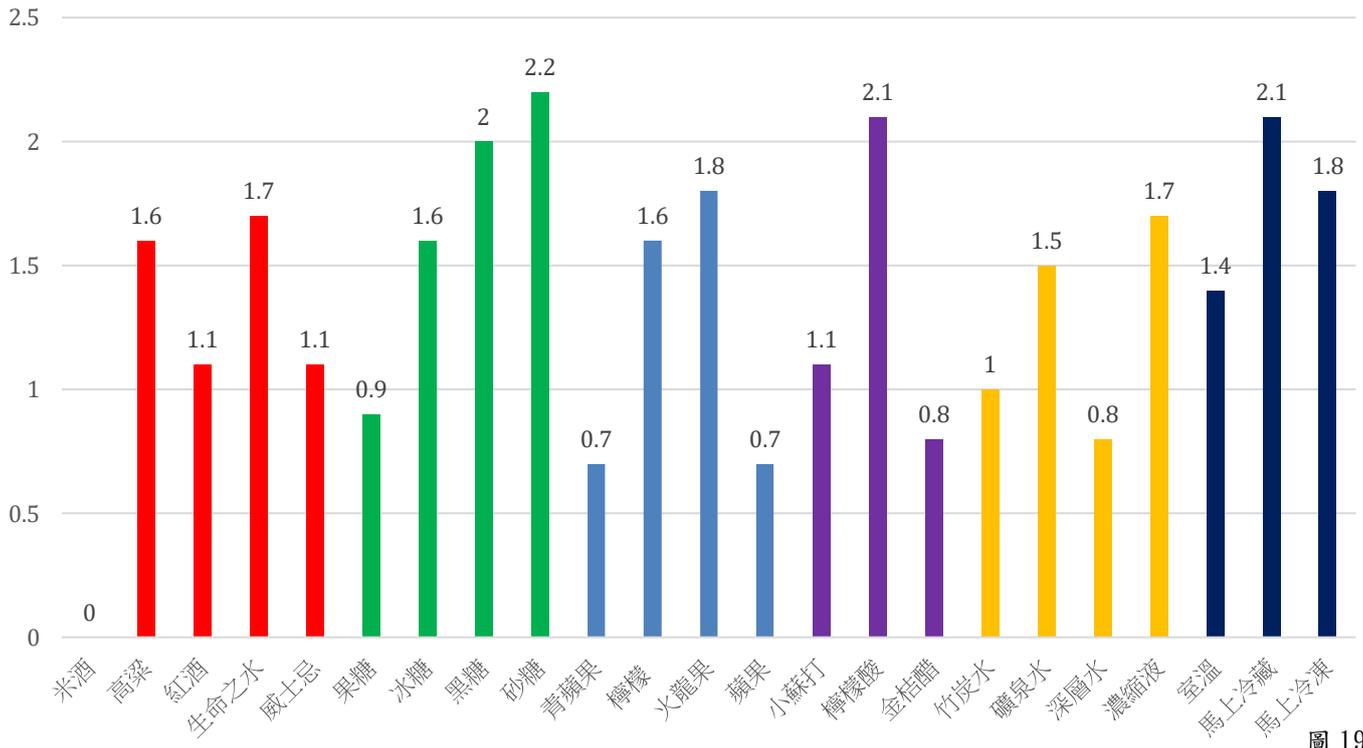


圖 19

1. 依黏著時間由長至短排序:

- (1) 不同酒類：生命之水 1.7 秒>高粱 1.6 秒>紅酒 威士忌 1.1 秒>米酒 0 秒
- (2) 糖類：砂糖 2.2 秒>果糖 2 秒>冰糖 1.6 秒>黑糖 0.9 秒，最高的是砂糖 2.2 秒。
- (3) 不同水果：火龍果 1.8 秒>檸檬 1.6 秒>蘋果 青蘋果 0.7 秒。
- (4) 不同酸鹼：檸檬酸 2.1 秒>小蘇打 1.1 秒>金桔醋 0.8 秒。
- (5) 不同水質：濃縮液 1.7 秒>礦泉水 1.5 秒>竹炭水 1 秒>深層水 0.8 秒。
- (6) 不同冷卻方式：馬上冷藏 2.1 秒>馬上冷凍 1.8 秒>室溫 1.4 秒。

2. 所有果膠，依黏著時間由長至短排序：砂糖 2.2 秒>檸檬酸、馬上冷藏 2.1 秒>火龍果、馬上冷凍 1.8 秒> 生命之水、濃縮液 1.7 秒 >檸檬、冰糖 1.6 秒>礦泉水 1.5 秒>室溫 1.4 秒>小蘇打 1.1 秒>黑糖 0.9 秒>金桔醋、深層水 0.8 秒>蘋果、青蘋果 0.7 秒>米酒 0 秒

3. 由上列總排名，發現：

- (1) 米酒的黏稠度測試時間為零，這表示米酒不可逆。
- (2) 在不同 pH 值凝結的起伏是最大的，這表示凝結時的 pH 值會大大影響它的黏性。
- (3) 第九次的黏合度平均有超過 1 秒，但又沒有很高，推測是因為：果膠加熱到後面越來越水，黏合度就沒有那麼好了。

4. 小結：

- (1) 黏合時間最長的是砂糖果膠 2.2 秒，米酒的黏稠度測試時間為 0，在不同 pH 值凝結的起伏是最大的，這表示凝結時的 pH 值會大大影響它的黏性。
- (2) 第九次的黏合度平均有超過 1 秒，但又沒有很高，推測是因為：果膠加熱到後面越來越稀，黏合度就沒有那麼好了。

5. 討論：我們發現第九次的黏合度平均都有超過 1 秒，頂多是接近 2 秒而已，推測是因為：果膠加熱到後面越來越稀，所以幾乎全部的果膠都會因為加熱時間而影響黏合度，比較不同的次數後發現第九次確實無法和其他次相比，所以到第九次時黏合度就沒有那麼好了。

(七) 果膠的應用

1. 比較自製果膠與市售果膠粉製成的法式軟糖有何不同？

(1) 實驗步驟：

表 11

自製果膠	市售果膠粉
<ol style="list-style-type: none"> 1. 方盤點抹少許油備用。 2. 新鮮柑橘去皮，用果汁機磨出果皮，取出 400g 果泥備用。 3. 冰糖 580g 和吉利 T 菓膠粉 30g 充分拌勻備用。 4. 將果泥和菓膠粉的混合物到入鍋內小火煮至菓膠粉融化。 5. 煮至菓膠粉溶化後，加入檸檬酸 4g 拌勻。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 準備柳丁皮 400g、水 800g、冰糖 400g、鍋子、電磁爐、勺子、流速檢測儀器。 2. 準備好後，將材料放進鍋子裡，再用熱水淹過裝熱水至淹過將各種水果，殺菁 5 分鐘。殺菁完畢後，用濾網濾掉殺菁的水並留下柳丁皮。 3. 倒入殺菁過的水果和 800 毫升的水，把冰糖分兩次加入鍋裡。 4. 熬煮到在鍋子裡的高度大約 4 公分(勺子上有 4 公分記號)，在濾網上以濾布過濾出濃縮液再熬煮。 5. 把濾出的濃縮液熬煮至濃稠狀，加入吉利 T 粉，煮至濃稠狀(以坡度 45 度角流速檢測儀器檢測，若果膠能在一秒鐘移動不超過五公分)即可熄火。

(2) 實驗記錄與發現

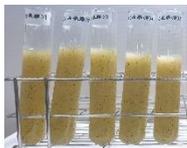
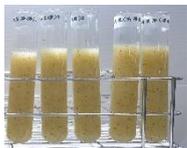
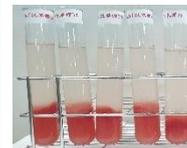
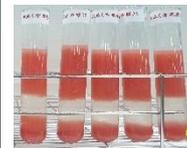
表 12

	自製果膠	市售果膠粉
照片		
觀察與發現	<p>放冰箱一天後即成法式軟糖的軟 Q 狀，不像是市售果膠粉做的水水的一點都沒有凝結，也不像之前沒有加吉利 T 硬硬的，還要放到電鍋內加熱才會軟。</p> <p>RGB 值[R(190), G(182), B(182)]</p>	<p>放冰箱一天後還是水水的，不像是自製果膠做的軟軟的都凝結了，也不像之前沒有加吉利 T 硬硬的，還要放到電鍋內加熱才會軟。</p> <p>RGB[R(193), G(187), B(68)]</p>
分析比較	<p>從實驗結果可以發現，我們自製果膠所製作的法式軟糖有較好的凝結效果，可以呈現軟 Q 的質感。而市售果膠粉表現反而不佳。</p>	

2. 探討自製果膠能否改善果汁的分層現象？

(1) 實驗步驟：

1. 準備柳丁汁 西瓜汁和奇異果汁。
2. 分別秤 3 組 0.5g 的蘋果果膠。
3. 用果汁機打汁製成有果膠的柳丁汁 西瓜汁及奇異果汁。
4. 每 30 毫升倒到一個試管裡。
5. 靜置並每隔 3 分鐘拍一次照觀察。

	奇異果汁		柳橙汁		西瓜汁	
	無添加果膠	添加果膠	無添加果膠	添加果膠	無添加果膠	添加果膠
120 分鐘						
48 小時						
觀察與發現	沒有分離現象。	沒有分離現象。	分離的地方只有最上面，看起來像是果汁的顏色沉澱到了底部。分離的現象是從 54 分鐘開始的。	分離的部分是中間，看起來像是把果汁的兩個色塊從中間分隔成上下兩部分。分離的現象是從 42 分鐘開始的。	分離的的地方只有最上面，看起來像是果汁的顏色沉澱到了底部。	分離的部分是中間，看起來像是把果汁的兩個色塊從中間分隔成上下兩部分。

柒、結論與建議

一、瞭解果膠的製作方式。

A: 1. 萃取方式:一般市售果膠的萃取方式分別為:熬煮萃取、酒精萃取、離心萃取法,如果要萃取果膠粉的話藥用酒精萃取,如果交萃取膠狀果膠的話要用熬煮萃取,所以我們選用熬煮萃取。

2. 熬煮步驟

- (1)先將果皮從冷凍庫拿出來
- (2)用熱水淹過裝熱水至淹過將各種水果,殺菁 5 分鐘。殺菁完畢後,用濾網濾掉殺菁的水並留下水果。
- (3)過濾熱水
- (4)倒入殺菁過的果皮和 800 毫升的水分,再分段加入添加物。
- (5)熬煮到大約到在鍋子裡的高度大約 4 公分(勺子上有 4 公分記號),在濾網上以濾布過濾出濃縮液再熬煮,把濾出的濃縮液熬煮至濃稠狀(以坡度 45 度角流速檢測儀器檢測,若果膠能在一秒鐘移動不超過五公分),即可熄火。

二、找出製作果膠量的製作成本低且產量多的方法。

A: 柳橙果膠的發展趨勢雖與青蘋果果膠、紅蘋果果膠相反,雖然在第四次檢測時降至 0.94 秒,但是在第三次檢測時有較佳的黏合度表現可達 1.47 秒。經過實驗以及整體成本考量後:發現其實用柳丁皮做的果膠品質並不輸其他種水果做出的果膠,所以我們選擇的是學校附近果汁店提供的免費柳丁皮。

三、找出自製果膠的最佳熱可塑時間。

(一)探討不同水質會對凝結有影響嗎?

1. 濃縮液果膠、海洋深層水果膠和礦泉水果膠,隨著加熱時間的持續,黏稠度下降,在檢測 3 有明顯的提升,而在檢測 4 呈現下降,推論是加熱過程中酯化程度上升與下降的變化歷程。
2. 礦泉水果膠、濃縮液果膠和海洋深層水果膠在持續加熱過程中,在檢測 2 雖然都呈下降趨

勢，但是在第三次檢測時黏稠度反而增加，推論加熱時間在 5-6 分鐘時，酯化程度反而有上升的趨勢。所以建議加熱時間為 5-6 分鐘。

(二)研究用不同糖會對果膠有影響嗎？

1. 本實驗中果糖果膠的加熱時間越長，黏稠度下降。而砂糖在持續加熱過程中，黏稠度逐漸上升，是酯化程度上升的表現。而冰糖果膠雖然在檢測 2 及檢測 4 出現黏稠度下降的趨勢，至第 3 次檢測時黏稠度反而增加，推論加熱時間在 5-6 分鐘時，酯化程度反而有上升的趨勢。
2. 砂糖果膠加熱越久可以使黏性越好。雖然冰糖果膠數據並不是隨著加熱時間而有持續而穩定的上升趨勢，但是其黏合時間表現亦佳。因考量本實驗會有 RGB 顏色分析，而冰糖為透明無色，較不影響顏色表現，是故在後續實驗以「冰糖」為主要實驗用料。

(三)不同的酸性物質對果膠的凝結有什麼影響？

1. 檸檬酸果膠的黏合度最好，代表酸性的加熱環境有助於果膠的膠凝現象。
2. 本實驗中檸檬酸果膠、小蘇打果膠和金桔醋果膠的持續加熱過程中，在檢測 1-3 時有黏稠度下降的趨勢，但是到檢測 4 均雖有黏稠度有上升的趨勢，推論加熱時間在 7-8 分鐘時，酯化程度反而有上升的趨勢。所以建議檸檬酸果膠、小蘇打果膠和金桔醋果膠加熱時間為 7~8 分鐘。其中又以檸檬酸果膠(2.07 秒)為最佳表現。

(四)加入不同酒類對果膠凝結有什麼影響？

1. 生命之水酒精濃度達 99.5%，而米酒、威士忌等酒精濃度相近，就其製成的果膠成品來比較，我們可以推論酒精濃度較不會直接的影響黏合度以及熱可逆性。
2. 建議高粱果膠、威士忌果膠及生命之水果膠加熱時間為 7~8 分鐘。其中又以生命之水果膠檢測 4(1.85 秒)為最佳表現。

(五)不同的冷凝溫度對果膠的凝結有什麼影響？

1. 這 3 種不同冷凝溫度製成的果膠一開始黏性都超過 2 秒，可是到最後都降到 2 秒以下，所以加熱時間會影響這些果膠，不宜持續加熱。
2. 而本實驗中室溫及馬上冷凍果膠在持續加熱過程中，黏稠度有持續下降的趨勢，推論加熱時間在 1-2 分鐘，酯化程度有下降的趨勢。
3. 冷藏冷凝製成的果膠表現相對穩定。

四、探討自製果膠的應用。

(一)比較自製果膠與市售果膠粉製成的法式軟糖有何不同？

用自製果膠製做法式軟糖的效果比市售果膠粉的製作效果佳。

(二)探討自製果膠能否改善果汁的分層現象？

在果汁中加入自製果膠，確實能改善果汁的分層現象。

捌、參考文獻

- 一、康軒版五上第三單元「水溶液」。
- 二、翰林版三年級「水的變化」、「廚房裡的科學」。
- 三、農試所農化系羅淑卿、林木連等著，認識果膠，農業試驗所技術服務。2001 年 3 月。45(30)。
- 三、陳彥龍，還記得兒時街邊的愛玉冰嗎？清涼解暑愛玉背後的複雜膠化物理學，物理雙月刊，2021 年 12 月，43(6)。

