

新 北 市 立 鶯 江 國 小
一 般 智 能 資 優 班 畢 業 獨 立 研 究

水 果 果 膠 凝 現 象 探 究

畢 業 生：石 恩 綾 撰

指 導 老 師：黃 若 綺 老 師

中 華 民 國 一 百 一 十 四 年 四 月

摘要

本研究探討不同條件下水果之膠凝現象，包含水果種類、加熱時間與添加物對膠凝效果的影響。結果顯示，新鮮水果中以蘋果的膠凝效果最佳，其產生膠凝現象的穩定性高；而加熱時間延長則有助於膠凝程度提升。添加物方面，檸檬汁有助於促進蘋果的膠凝，但對草莓效果不穩定，顯示糖與酸度需依水果特性調整比例。相較之下，乾燥水果於較短加熱時間內即可達到良好膠凝效果，其中乾燥草莓的膠凝速度優於乾燥蘋果。糖的添加可提升膠凝穩定性，但其效果亦需根據水果種類與果膠含量做調整。建議未來可進行酸度測試與果膠含量分析，並增加研究水果的種類與型態，以深入了解不同變因對膠凝現象之影響。

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

壹、研究動機

放假時，我無意間看到了美食的影片，水果竟然不用加任何像吉利丁之類的添加物，就能形成凍狀或條狀的甜品。這對於愛吃美食的我有莫大的吸引力，於是我尋找了更多類似的影片，但做法與比例皆不相同。到底哪些水果可以不用添加劑就能成形，那些不行呢？於是我找了更多不同水果的果膠含量，沒想到幾乎都不一樣。因此我想深入了解各種配方的成果和原理。

貳、研究目的

- 一、探討新鮮水果之膠凝現象
- 二、探討不同加熱時間對新鮮水果膠凝現象之影響
- 三、探討添加物對新鮮水果膠凝現象之影響
- 四、探討乾燥水果之膠凝現象
- 五、探討不同加熱時間對乾燥水果膠凝現象之影響
- 六、探討添加物對乾燥水果膠凝現象之影響

第二章 文獻探討

第一節 水果果膠

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。

此外，果膠是一種可溶性膳食纖維，存在於幾乎所有植物中。在水果和蔬菜的外皮中，它提供類似水泥作用的強度，並且濃度很高。化學上，果膠是一種複雜多糖，由單糖和糖酸單元組成，並具有凝膠的特性。這種形成凝膠的品質也是果膠對健康有益的原因，果膠的功能有：

1. 優化膽固醇和血壓
2. 體重管理和血糖控制
3. 影響腸道菌，令血液中的短鏈脂肪酸增加，使腸道健康。
4. 促進重金屬的解除
5. 增加大腦 BDNF 水平，改善腦神經健康。

市面上的蘋果果膠是由溫和酸(通常是鹽酸)酸解蘋果，再用酒精純化，乾燥之後磨粉完成，蘋果果膠經過的加工較少，且具有更好的形成凝膠的特性。經查資料後發現，草莓果膠含量較少，但也有許多人使用草莓來製作果醬，剛好草莓符合現在季節，因此選用果膠含量高的蘋果和廣泛被使用來製做成果醬的草莓來做實驗。

第二節 水果果膠於果醬製作之應用

一、水果果醬

果醬是利用水果中含有的果膠與有機酸及糖形成膠凝狀的食品。包括果凍、果糕、果醬、濃糖液漬蜜餞等，在水果的加工上佔很重要的地位。下表蒐集常見市售果醬的成分整理如下。

表 2-1 市售果醬之成份

市售果醬	成份
康寶果醬	麥芽糖, 砂糖, 草莓, 果膠, 檸檬酸, 香料, 甘薯色素, 己二烯酸鉀(防腐劑), 維生素 C(抗氧化劑), β -胡蘿蔔素
代果佳有機草莓果醬	有機蔗糖、有機草莓、濃縮檸檬汁、蘋果果膠
加藤果醬	糖類(水飴, 砂糖, 葡萄糖), 草莓, 甜味劑(麥芽糖醇), 果膠(檸檬, 萊姆由來), 檸檬酸
梨山藍莓果醬	砂糖、麥芽糖、蘋果(水、乾燥蘋果)、藍莓、乙醯化己二酸二澱粉、刺槐豆膠、玉米糖膠、偏磷酸鈉、檸檬酸、香料、己二烯酸鉀(防腐劑)、食用色素(紅色 40 號、藍色 1 號)。

從上表可得知，市售草莓果醬大多都有加入防腐劑和額外的果膠。

二、水果之膠凝作用

果醬類的凝固稱為膠凝作用 (jellification) 需要果膠、有機酸及糖，在適當的比率形成網狀構造而保持水分。果膠是以半乳糖醛酸為主體的複合多醣，可分為：

一、高甲氧基果膠：甲氧基含量 7%以上

(一)凝膠條件：含量 1~1.5%、糖度 65%，pH 2.8~3.5 下發生凝膠(一般果醬的凝膠)。

(二)果膠：果膠分子間因氫結合而形成網狀構造之凝膠。

(三)酸：果膠溶液中，果膠之游離基解離而有負電荷，該解離作用加酸，可予以抑制，抑制解離範圍，以 pH2.8~3.2 最顯著。

4. 糖：糖為形成網狀構造凝膠之保水劑，使之安定化。

二、低甲氧基果膠：甲氧基含量<7%

(一)凝膠條件：pH 2.6~6.5 範圍下，於鈣等多價陽離子的存在下，與羧基構成交鏈而凝膠

(二)使用低甲氧基果膠時，主要是由鈣等多價金屬離子形成凝膠現象，與有機酸及糖無關，因此可應用於低熱量果凍的製造，如愛玉子。

以下蒐集網路上製作果醬之方法作為本研究之參考：

表 2-2 果醬製作方法

方法	製作方法
方法一： 草莓果醬 製作方式	1. 將草莓清洗乾淨 2. 用草莓比糖是 2 比 1 糖漬草莓 3. 放入冰箱冷藏一天 4. 加入大量新鮮檸檬 5. 消毒容器 6. 榨檸檬汁 7. 切兩到三顆蘋果並打成果泥 8. 不斷攪拌直至濃稠
方法二： 藍莓果醬 製作方式	1. 將清洗過的 310 公克藍莓放進鍋子裡 2. 擠入檸檬汁以中小火慢煮 3. 煮到藍莓輪廓模糊，加入 100 公克砂糖，並持續攪拌 4. 煮到湯匙劃過能清楚看到鍋底
方法三： 芒果果醬 製作方式	1. 將芒果切塊 2. 擠檸檬汁 3. 邊煮邊攪拌 4. 煮到果醬能在鍋比上稍微黏住

綜合上述資料可知，果膠在果醬製作中扮演關鍵角色，搭配適量的糖與酸可以幫助果醬形成穩定的膠凝結構，進而影響果醬的質地與保存性，因此本研究除了想了解不同水果對於果膠形成的影響，也想了解糖和酸對膠凝效果的影響。最後依據上述資料調整實驗製作流程，作為後續實驗設計之依據。透過比較不同果膠來源與添加比例對果醬膠凝現象的影響。

第三節 相關文獻蒐集

研究者蒐集水果果膠相關研究整理如下表：

表 2-3 水果果膠相關研究

篇名	研究結果
第 52 屆科展 「蕉」慮變 「膠」傲—香蕉 果膠的探討與應 用	1. 表面積越大，萃取出的果膠越多 2. 果膠含量最多的是香蕉，其餘依次為鳳梨、蜜棗、橘子、蘋果、柳丁、芭樂及番茄。 3. 香蕉不同部位的果膠含量各有差異，果肉含量最多，其次為果皮加果肉，果皮最少。
第 60 屆科展 當果膠遇見牛奶	1. 柚膠、橘膠的稠度最大，柳膠、百香果膠稠度較差。

經蒐集資料後可發現，在水果果膠的相關研究中較常使用柑橘類來進行實驗，而本研究改為使用不售季節限制的蘋果和常用於果醬製作的草莓作為實驗對象。

第三章 研究方法與架構

壹、研究架構

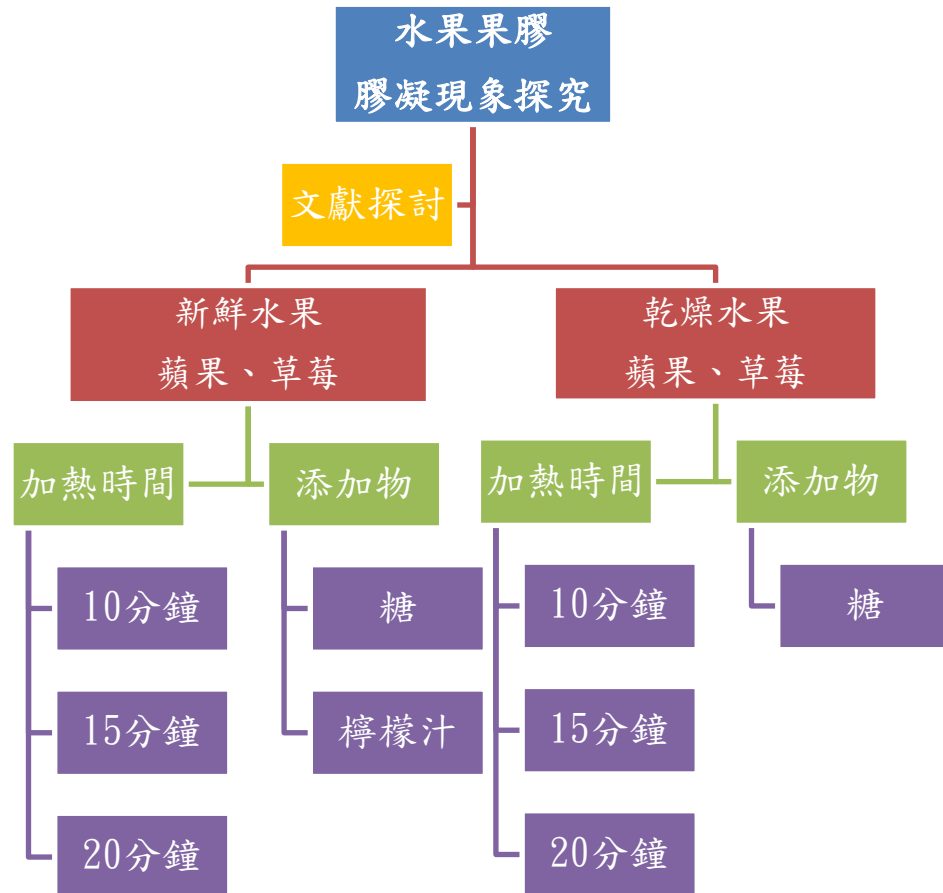


圖 3-1 研究架構圖

貳、研究方法

實驗一，操縱變因：新鮮水果種類，控制變因：加熱時間、添加物份量，應變變因：流動距離；

實驗二，操縱變因：加熱時間，控制變因：添加物份量、水果種類，應變變因：流動距離；

實驗三，操縱變因：添加物份量，控制變因：加熱時間、水果種類，應變變因：流動距離

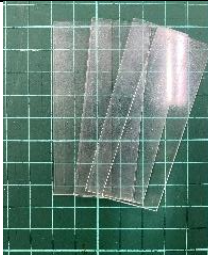
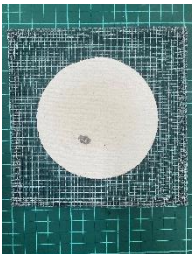
實驗四，操縱變因：乾燥水果種類，控制變因：加熱時間、添加物份量，應變變因：流動距離；

實驗五，操縱變因：加熱時間，控制變因：添加物份量、水果種類，應變變因：流動距離；

實驗六，操縱變因：添加物份量，控制變因：加熱時間、水果種類，應變變因：流動距離

參、研究器材與材料

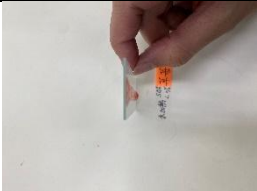
表 3-1 實驗器材列表

實驗器材				
				
草莓	蘋果	蘋果果乾	草莓果乾	砂糖
				
攪拌機	碼表	酒精燈	玻片	打火槍
				
手套	削皮刀	砧板	三腳架	碗
				
300ml 燒杯	50ml 燒杯	玻棒	滴管	湯匙
				
電子秤	陶瓷纖維網	檸檬汁		

肆、實驗步驟

1. 將水果削皮切碎
2. 將水果與水或添加物混和
3. 使用果汁機攪打至均勻
4. 加熱
5. 將果醬以直徑一公分的圓形滴於玻片上
5. 將玻片垂直一分鐘後測試流動性距離

表 3-2 實驗步驟

			
將水果去皮切碎	加入其他材料並 用果汁機混合攪 打至均勻	加熱	將果醬滴於玻片 上
			
流動性測試			

第四章 研究結果

一、探討新鮮水果之膠凝現象

本實驗使用 30g 新鮮草莓果肉和 10g 水及 30g 新鮮蘋果果肉和 10g 分別加熱 10 分鐘後，取果醬在玻片上滴直徑 1cm 的圓形進行流動性測試。

表 4-1 新鮮水果加熱之實驗結果

水果	時間	流動距離(CM)	圖片
草莓	10	2.2	
蘋果	10	0.7	

根據上表可得知兩種水果經過加熱十分鐘後，蘋果的流動距離>草莓的流動距離，由此可知蘋果所呈現的膠凝效果明顯優於草莓。根據資料蒐集和實驗結果可知草莓本身果膠含量雖少但依然有膠凝現象較弱。

二、探討不同加熱時間對新鮮水果膠凝現象之影響

(一)新鮮草莓

本實驗使用 30g 新鮮草莓果肉和 10g 水進行膠凝現象測試，分別煮 10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘，取直徑 1cm 的圓形進行流動性測試。

表 4-2 不同加熱時間對新鮮草莓膠凝現象之實驗結果

時間(分鐘)	流動距離(CM)	圖片
10	2.2	
15	1	

20	0.4	
----	-----	---

根據以上實驗可以發現，加熱時間愈長，凝膠效果愈好。

(二)新鮮蘋果

本實驗使用 30g 新鮮蘋果果肉和 10g 水進行果膠測試，分別煮 10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘，取果醬在玻片上滴直徑 1cm 的圓形進行流動性測試。

表 4-3 不同加熱時間對新鮮蘋果膠凝現象之實驗結果

時間(分鐘)	流動距離(CM)	圖片
10	0.7	
15	0	
20	0	

1. 根據以上表格，加熱時間愈長，膠凝效果愈好。
2. 根據資料蒐集和實驗結果可知草莓本身果膠含量雖少但經過加熱後依然有不錯的膠凝效果，推測是因其含有大量果肉纖維，這些纖維能幫助支撐膠體結構，補強了因果膠不足而可能導致膠凝不穩定的問題。

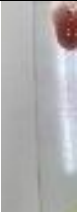
三、探討添加物對新鮮水果膠凝現象之影響

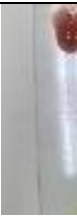
(一)探討糖對新鮮水果膠凝現象之影響

1、糖對新鮮草莓膠凝現象之影響

本實驗使用 30g 新鮮草莓果肉、10g 水與不同比例的糖混和後進行膠凝現象測試，分別加熱 10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘，取果醬在玻片上滴直徑 1cm 的圓形進行流動性測試。

表 4-4 糖對新鮮草莓膠凝現象之實驗結果

添加物	比例	重量(g)	時間 (分鐘)	流動距離 (CM)	圖片
糖	50%	15	10	0.3	
			15	0.1	
			20	0	
	25%	7.5	10	0.6	
			15	0.5	

				
				
0%	0	15	1	
				

(1)在 10 分鐘時，膠凝效果為糖 50%>糖 25%>糖 0%

(2)在 15 分鐘時，膠凝效果為糖 50%>糖 25%=糖 0%

(3)在 20 分鐘時，膠凝效果為糖 50%>糖 25%>糖 0%

2、糖對新鮮蘋果膠凝現象之影響

本實驗使用 30g 新鮮蘋果果肉、10g 水與添加物混和後進行果膠測試，分別煮 10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘，取果醬在玻片上滴直徑 1cm 的圓形進行流動性測試。

表 4-5 糖對新鮮蘋果膠凝現象之實驗結果

添加物	比例	重量(g)	時間 (分鐘)	流動距離 (CM)	圖片
糖	50%	15	10	42s 到底	

3. 小結：

(1)在新鮮草莓實驗中可以發現糖含量越高，其膠凝效果越佳。當糖量使用 50% 時、加熱 20 分鐘，果泥已完全膠凝（流動距離 0cm），顯示草莓需較高糖量才能有效促進果膠交聯。

(2)在新鮮蘋果實驗中：糖添加比例越高，膠凝效果反而越差。顯示新鮮蘋果果膠在較低糖或無糖條件下也能順利膠凝，推測與新鮮蘋果本身含有較高比例的高甲氧基果膠有關，因此在添加酸性檸檬汁後即可產生較好的凝膠特性。

(二)探討檸檬汁對新鮮水果膠凝現象之影響

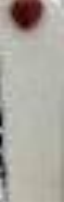
根據添加糖的實驗顯示，添加 25%的糖時，對新鮮草莓和新鮮蘋果差異較小較穩定，因此選擇此比例再加上檸檬汁進行實驗。

1、檸檬汁對新鮮草莓膠凝現象之影響

本實驗使用 30g 新鮮草莓果肉、10g 水與添加物混和後進行果膠測試，分別煮 10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘，取果醬在玻片上滴直徑 1cm 的圓形進行流動性測試。

表 4-6 檸檬汁對草莓膠凝現象之實驗結果

添加物	比例	重量(g)	時間(分鐘)	流動距離(CM)	圖片
檸檬汁 (取代等重的水)加糖	20%	6	10	3.4	
	25%		15	3.1	

		20	1.1	
		10	3.4	
10%	3	15	2.5	
		20	0.2	
		10	2.2	
0%	0	15	1	
		20	0.4	

1. 在 10 分鐘時，膠凝效果為檸檬汁 0% > 檸檬汁 10% = 檸檬汁 20%
2. 在 15 分鐘時，膠凝效果為檸檬汁 0% > 檸檬汁 10% > 檸檬汁 20%
3. 在 20 分鐘時，膠凝效果為檸檬汁 10% > 檸檬汁 0% > 檸檬汁 20%
4. 由上表得知，檸檬汁對新鮮草莓影響不穩定，反而會變稀。

2、檸檬汁對新鮮蘋果膠凝現象之影響

本實驗使用 30g 新鮮蘋果果肉、10g 水與添加物混和後進行果膠測試，分別煮 10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘，取果醬在玻片上滴直徑 1cm 的圓形進行流動性測試。

表 4-7 檸檬汁對新鮮蘋果膠凝現象之實驗結果

添加物	比例	重量(g)	時間(分鐘)	流動距離(CM)	圖片
檸檬汁 (取代等重的水)	20%	6	10	0	
			15	0	
			20	0	
	10%	3	10	4.2	
			15	0	

		20	0	
		10	0.7	
0%	0	15	0	
		20	0	

1. 在 10 分鐘時，膠凝效果為檸檬汁 20% > 檸檬汁 0% > 檸檬汁 10%
2. 由於在加熱 10 分鐘時已經達到很好的效果，因此在 15、20 分鐘時，膠凝效果未顯示出顯著的差異

小結：

檸檬汁可讓新鮮蘋果產生不錯的膠凝現象，但在新鮮草莓的實驗中則呈現不穩定的狀態。除了顯示蘋果果膠含量較多較穩定外，也推測甜度和酸度須達到特定比例才能產生較好的膠凝現象，因此不同水果中的酸度不同，導致需要加的糖和檸檬汁比例須有所調整。

四、探討乾燥水果之膠凝現象

為了瞭解經不同方式處理過後的水果是否在膠凝現象上有所差異，本實驗取乾燥後的水果果乾泡水後再進行加熱實驗，以觀察其膠凝現象。

將乾燥水果泡水再瀝乾後使用 30g 果肉、10g 水混和，加熱 10 分鐘後，取果醬在玻片上滴直徑 1cm 的圓形進行流動性測試。

表 4-8 乾燥水果之膠凝現象實驗結果

水果	時間	流動距離(CM)	圖片
草莓	10	0	
蘋果	10	0	

由實驗可知不論是乾燥草莓和乾燥蘋果都較新鮮水果快速達到不流動的程度。

五、探討不同加熱時間對乾燥水果膠凝現象之影響

(一)乾燥草莓

本實驗將乾燥草莓泡水十五分鐘後瀝乾，使用 30g 草莓果肉、10g 水混和後進行果膠測試，分別煮 10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘，取果醬在玻片上滴直徑 1cm 的圓形進行流動性測試。

表 4-9 乾燥草莓加熱後之膠凝現象

時間(分鐘)	流動距離(CM)	圖片
10	0	
15	0	
20		

1. 乾燥草莓果泥在加熱 10 分鐘後就已經完全不流動，加熱 17 分鐘時水分完全蒸發。
2. 發現乾燥草莓較新鮮草莓之加熱時間較短就已經能達到膠凝效果。

(二) 乾燥蘋果

本實驗將乾燥蘋果泡水十五分鐘後瀝乾，使用 30g 蘋果果肉、10g 水泥和後進行果膠測試，分別煮 10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘，取果醬直徑 1cm 的圓形進行流動性測試。

表 4-10 乾燥蘋果加熱後之膠凝現象

時間(分鐘)	流動距離(CM)	圖片
10	0	
15	0	
20	0	

由本實驗得知，因乾燥蘋果加熱 10 分鐘已經能達到很好的膠凝效果，加熱時間增加並未對乾燥蘋果的膠凝現象產生明顯的影響，而跟新鮮蘋果比較後可以發現乾燥蘋果加熱時間較短就已經能達到膠凝效果。

六、探討添加物對乾燥水果膠凝現象之影響

本實驗旨為比較新鮮水果和乾燥水果之差異，故添加於乾燥水果之添加物只以 25%糖進行實驗，比較是否與前面新鮮水果添加 25%糖時有所差異。

(一) 乾燥草莓

本實驗將乾燥草莓泡水十分鐘後，使用 30g 草莓果肉、10g 水與添加物混和後進行果膠測試，分別煮 10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘，取直徑 1cm 的圓形進行流動性測試。

表 4-10 乾燥草莓添加糖後之膠凝現象

添加物	比例	重量(g)	時間(分鐘)	流動距離(CM)	圖片
糖	25%	7.5	10	0	
			15	0	
			20	0	

根據實驗結果發現，乾燥草莓不論有沒有添加糖，都有很好的膠凝效果。

(二)乾燥蘋果

本實驗將蘋果果乾泡水十分鐘後，使用 30g 蘋果果肉、10g 水與添加物混和後，分別煮 10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘，取直徑 1cm 的圓形果醬進行流動性測試。

表 4-11 乾燥蘋果添加糖後之膠凝現象

添加物	比例	重量(g)	時間(分鐘)	流動距離(CM)	圖片
糖	25%	7.5	10	20s 到底	

15 17s 到底



20 50s 到底



乾燥蘋果添加 25%糖後發現，流動程度非常大，顯示不論是新鮮蘋果還是乾燥蘋果，添加糖時都要進行調整，並非添加越多越好，以免影響果膠凝效果。

第五章 結論與建議

壹、結論

一、探討新鮮水果之膠凝現象

將新鮮水果進行加熱後發現蘋果的膠凝效果最佳，形成的果膠最穩定。

二、探討不同加熱時間對新鮮水果膠凝現象之影響

加熱時間越長，成品流動距離越短，顯示膠凝程度提升。

三、探討添加物對新鮮水果膠凝現象之影響

檸檬汁可讓蘋果產生不錯的膠凝現象，但在草莓的實驗中則呈現不穩定的狀態。除了顯示蘋果果膠含量較多較穩定外，也推測甜度和酸度須達到特定比例才能產生較好的膠凝現象，因此不同水果中的酸度不同，導致需要加的糖和檸檬汁比例須有所調整才能達到較好的膠凝效果。

四、探討乾燥水果之膠凝現象

與新鮮水果相比，乾燥水果加熱時間較短就能達到膠凝效果。

五、探討不同加熱時間對乾燥水果膠凝現象之影響

使用乾燥水果比使用新鮮水果短所需的加熱時間短，十分鐘以內皆能達到很好的膠凝效果，而乾燥草莓又比乾燥蘋果更快達到完全不流動的狀態。

六、探討添加物對乾燥水果膠凝現象之影響

(一)糖的添加對新鮮、乾燥草莓的膠凝現象有所提升，能增加膠凝穩定性。

(二)不論是新鮮蘋果還是乾燥蘋果，添加糖時都要進行調整，並非添加越多越好，而是要根據水果以免影響果膠膠凝效果。

(三)推測不論使用新鮮或乾燥水果，若水果果膠含量較少，進行果醬製作時，可以使用乾燥水果、增加糖的比例或是添加少量蘋果進行製作。

貳、建議

一、酸度測試

建議後續實驗，可以針對水果進行酸度測試，以做為調整糖和檸檬汁的比例之依據。

二、增加水果多樣性

(一)選擇更多果膠含量不同的水果

可以針對不同水果先進行果膠萃取，確實分析水果的果膠含量後，選擇兩種或兩種以上的低果膠水果，以及兩種或兩種以上高果膠含量的水果，如此可以更明確比較添加物對膠凝程度的影響。

(二)增加其他型態的水果

本研究採用新鮮水果和乾燥水果兩種類型進行實驗，建議可以再增加其他型態，如經冷凍、日曬或醃漬等方式處理後的水果。

參考文獻

1. 這是我做過最成功的草莓果醬完美比例，
<https://www.youtube.com/watch?v=TXPPfJuCZwY>
2. 果膠對健康的四個益處 <https://tw.iherb.com/blog/5-health-benefits-of-pectin/1285>

3. 格外農品：果膠，到底是什麼？

<https://www.goodwillfoods.com/blogs/food-safety/%E6%9E%9C%E8%86%A0-%E5%88%B0%E5%BA%95%E6%98%AF%E4%BB%80%E9%BA%BC-?srsltid=AfmB0op8LTgwC-CnFtxhq7LZvwQcNk5vkItxK533vFtsw75VTD2sPjK>

4. HSK GeneTech：水溶性膳食纖維 果膠健康好處多

<https://hskgene.com/blogs/probiolife-first/pectin>

5. 果膠的秘密—教你如何輕鬆成膠

<https://foodtalkingtw.com/%E6%9E%9C%E8%86%A0%E7%9A%84%E7%A7%98%E5%AF%86-%E6%95%99%E4%BD%A0%E5%A6%82%E4%BD%95%E8%BC%95%E9%AC%86%E6%88%90%E8%86%A0/>