

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 農業與食品學科

第一名

052201

「醬」新獨具

—低糖果醬的製程開發及凝膠性質探討

學校名稱：高雄市立仁武高級中學

作者： 高一 何梓華 高一 翁婉榆 高一 曾旭宏	指導老師： 蘇毓智 楊子瑩
---	-----------------------------

關鍵詞：果膠、黏度、果膠酯酶

得獎感言

科學路上，我們相遇、相知、相惜

一年前，有五個人聚在一間小小的生物實驗室，握著手中的入場券，毅然踏上了這看似遙遙無期，實則猝不及防就結束的科展之旅——這是我們的開始。

盛夏時節，當身旁那群剛飽受會考摧殘的準高一生，正在興致沖沖的討論暑假的安排，我們卻忍受著炎熱又潮濕的空氣，在實驗室、在補習班，或是在家絞盡腦汁的尋找著新穎的題目。

冷冽寒冬，當同學們窩在被窩裡呼呼大睡，我們卻在實驗室裡測試 0°C 的甘油、洗燒杯洗到雙手麻木，甚至隔著窗戶都能感受到外頭凜冽蕭瑟的寒風，一度還異想天開的想要點燃酒精燈取暖。

我們一起度過了忙碌而充實的一年，一起為了午餐要吃什麼而煩惱，一起為了趕實驗數據而忙得焦頭爛額，一起因為隔天要報告給其他學校的老師聽，而開小組會議開到天亮，一起累到想在實驗室過夜，一起在等待頒獎時，緊張地想找塊豆腐撞上去，一起在得獎的時候，感動的熱淚盈眶。

這一年，說長，卻早已望見了盡頭，說短，那些一起做實驗的日子卻恍如昨日，還記得在煮果膠時的汗如雨下，稍稍不留神就會使果膠燒焦，在自製裝置的時候，社草被美工刀割傷，血流如注卻不吭一聲，我們驚慌的雞飛狗跳，甚至有人臉色蒼白、暈眩不已，老師們只好下了早退的命令，在修改報告書時，不論再怎麼仔細檢查，還是會在上繳檔案後找到錯誤，在練習口頭報告時的各種糾結，咬文嚼字只為不被挑語病，在得知進全國後，內心的各種複雜，一邊開心，一邊擔心自己顧不好課業，在飯店裡瘋狂看文獻，臨時抱佛腳，只希望評審們能問到自己有準備的題目，在得獎後的尖叫，喜悅卻有些許不捨，離別的鐘聲悄悄響起。

我們就像搭乘一輛只行駛一年的火車，從春暖花開、荷綠迎風，到蘆荻吐白、朔風獵獵，看遍夜色朦朧，風花雪月，還來不及回味，卻到了要下車的時候。

一路走走停停，沿途美景雖勝，敵不過擢升我們的每一臂。我們的指導老師蘇毓智老師說：「人有善願，天必從之」上天指派了許多的貴人，這些貴人或刁難、或挑剔、或教導。能獲得如此成績，指導老師毓智、子瑩功不可沒，同校的婷湘、秋雪、佼融、彥杰老師給予的幫助，由別所學校蒞臨敝校執導的嶸旭、智安老師提出的建議，最終都成為了我們前進的動力。

緣分將那五個人綁在一起，也許有一日也將拆散，也許我們的羈絆不再像之前那樣密不可分，但有些人有些事是篆刻在記憶裡，即使忘了彼此的聲音、彼此的笑容、彼此的臉，但是每當憶起那段日子的悸動是不會改變的。



〔科學同樂會〕在巨大的壓力下，也要搞笑面對，這是我們的風格



〔叫我第一名〕師生五人團隊，互相激勵、全力以赴、爭取榮譽



〔進香團〕仁武的同學、朋友們到台中為我們加油，使我們更有信心

摘要

為開發低糖果醬，本研究以高甲氧基果膠 (HMP)、低甲氧基果膠 (LMP)、愛玉子果膠酯酶 (PME)、榕屬植物果膠改變條件製作果醬，並發展黏度測試裝置測試品質。首先，以 HMP 製作果醬，需糖及酸產生氫鍵凝膠，含糖量 55% 以上方可達市售品質；檸檬酸濃度 0.2% 以上黏度最佳；且靜置可使黏度提高。以 LMP 製作果醬，添加 0.05%CaCl₂ 可減糖至 50%，再減少檸檬酸可進一步減糖，但靜置會使黏度變差。混合 HMP 與 LMP 在低糖環境無法提升果醬品質，但在 HMP 中加入愛玉子 PME 攪打，會發生去酯化反應及轉醯基反應，24hr 後黏度提高可製作果醬。薜荔與大果藤榕果膠性質接近 HMP，可作為果膠替代品，且在 HMP 中添加大果藤榕果膠可提高黏度進而減糖。最後，本研究結合上述發現提出數種 35~50% 低糖果醬製程供大眾參考。

壹、研究動機

台灣素有「水果王國」之稱，也製成許多水果有關的加工品，「果醬」是其中之一，製作方法是以水果、果膠、糖及酸在高溫下製成。果膠分子在高溫下分離，以氫鍵結合，形成網狀結構，糖可保持氫鍵的安定，酸可抑制羧基解離，減少果膠分子間靜電斥力(呂宜靜, 2011)。然而，市售果醬含糖量可達 60~80%，較不利於人體健康，這使我們想開發低糖果醬製程。

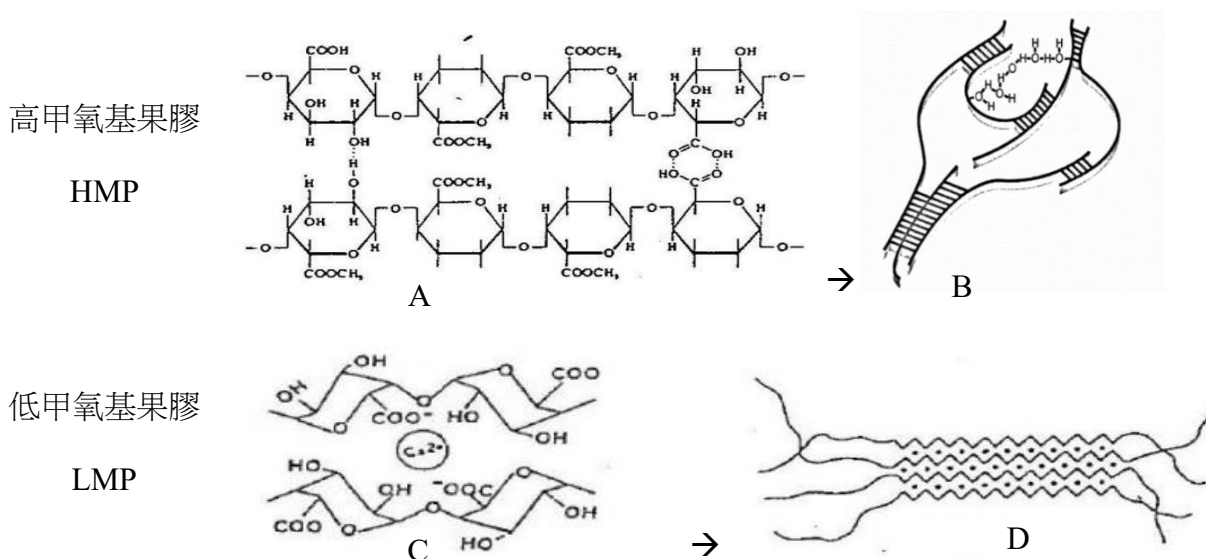
文獻探討

製作果醬的原料—果膠，是植物細胞間質的重要成分，文獻指出，常見果膠多為高甲氧基果膠 (High Methoxyl Pectin，以下簡稱 HMP)，其酯化度 50% 以上，甲氧基含量 7% 以上，在高糖環境可靠氫鍵凝膠。HMP 經過修飾後，可成為低甲氧基果膠 (Low Methoxyl Pectin，以下簡稱 LMP)，酯化度 50% 以下，甲氧基含量 7% 以下，以羧基與二價陽離子形成架橋，產生網狀結構，故其凝膠不太受糖、酸影響 (張羚蘭，2009) (圖一)。

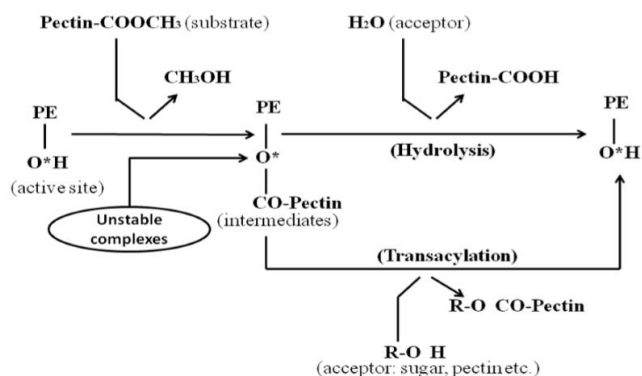
愛玉子 (*Ficus pumila* var. *awkeotsang*) 為台灣特有種，其果膠酯酶 (PME 或 PE) 將 HMP 果膠上的半乳糖醛酸單體之甲氧基水解產生甲醇及羧酸成為 LMP，進而使愛玉凝膠(林讚標，1991)。此外，PME 亦可催化轉醯基反應，達到基群轉移效果，增強膠體強度 (連鈴嵐，2010) (圖二)。本研究假設—以愛玉子 PME 修飾的 HMP，可降解成 LMP 製作低糖果醬。

薜荔 (*Ficus pumila*)、大果藤榕 (*F. aurantiacea* Griff var. *pavifolia*) 在分類上與愛玉子都屬於薜荔榕亞屬植物 (圖三)。林讚標 (1991) 指出, 愛玉子與薜荔果膠成分類似, 果膠長鏈分子上無鼠李糖, 與植物細胞壁果膠成分不同。莊竣守等 (2016) 也曾研究薜荔榕亞屬的凝膠特性, 發現薜荔、大果藤榕果膠與愛玉子 PME 相容, 但薜荔酵素活性不及愛玉子, 常被視為雜草, 大果藤榕可製作凝膠食用, 但草味過重而難以推廣。我們假設, 不同果膠成分與性質都有差異, 因此這些榕屬植物果膠也是本研究欲應用的材料。

本研究想將此應用於低糖果醬的開發, 將 HMP、LMP 之凝膠特性、愛玉子 PME 功能與薜荔、大果藤榕果膠結合, 自製黏度測試裝置, 提出低糖果醬的製作配方及方法。



圖一、果膠凝膠原理。AB 為高甲氧基果膠, CD 為低甲氧基果膠。A、C 圖自 (Glicksman, 1969), B 圖自 (李川, 2010), D 圖自 (Axelos and Thibault, 1991)

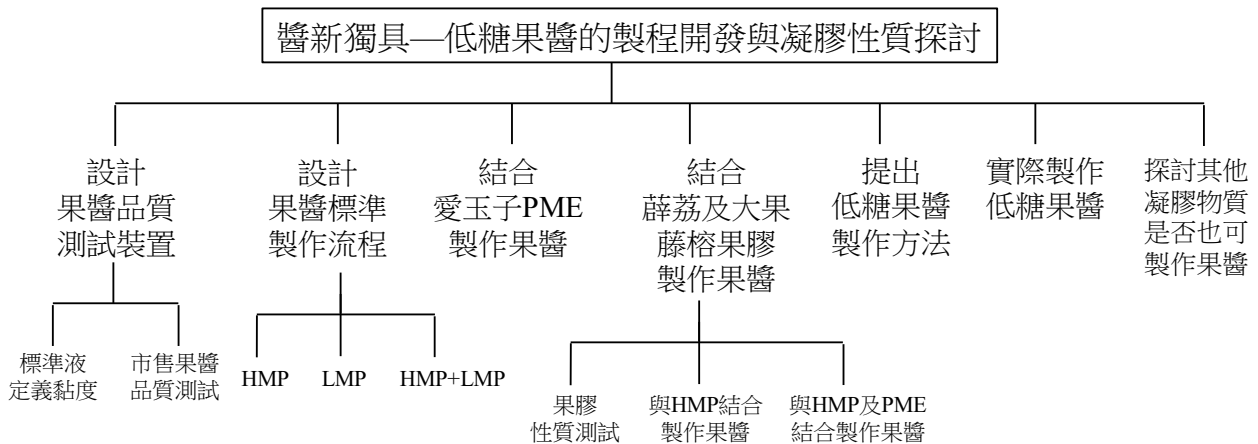


圖二、果膠酯酶作用機制 (侯文琪, 1994)



圖三、愛玉子 (左)、薜荔 (中)、大果藤榕 (右)

貳、研究目的



圖四、本研究架構圖

一、開發果醬品質黏度測試裝置

- (一) 以各種黏度標準液定義黏度單位 (二) 測試市售果醬的黏度

二、設計標準製作流程，觀察不同條件製作之果醬品質

- (一) 高甲氧基果膠 (HMP) 果醬凝膠 (二) 低甲氧基果膠 (LMP) 果醬凝膠
(三) 混合 HMP 及 LMP 製作果醬凝膠

三、探討經 PME 修飾的果膠製作之果醬品質

- (一) HMP 直接添加愛玉子 (二) HMP 添加愛玉子 PME 粗萃取液

四、以 HMP 結合榕屬 (薜荔、大果藤榕) 果膠製作果醬

- (一) 觀察薜荔、大果藤榕果膠的性質 (接近 HMP 或 LMP)
(二) HMP 結合薜荔、大果藤榕果膠製作果醬
(三) 利用愛玉子 PME 修飾混合果膠製作果醬

五、提出低糖健康果醬之製作方法

- (一) 以 HMP 製作 (二) 以 LMP 製作

六、利用果汁 (蔓越莓汁) 設計果醬製程

- (一) 以 HMP 製作 (二) 以 LMP 製作
(三) 以 HMP 添加 PME 製作 (四) 以 HMP 混合薜荔、大果藤榕果膠製作
(五) 以薜荔瘦果直接製作 (六) 以大果藤榕瘦果製作

七、探討其他凝膠物質製作果醬的可行性

參、實驗設備及器材

表一、實驗設備與材料

一、實驗設備			
微波爐	磁石攪拌器	可程式控制器	電子溫度計
低溫植物培養箱	電子防爆控溫器	精密電子秤	離心機
數位相機	pH meter	微量吸管	烘箱
熱熔槍	鋸槍	磁石	溫度計
Tip 盒	燒杯	錐形瓶	漏斗
量筒	刮勺	玻棒	試管
二、實驗材料			
高甲氧基果膠粉 (果膠 B) * ¹		低甲氧基果膠粉 (果膠 LM-106AS) * ¹	
氯化鈣* ²	檸檬酸 * ²	氯化鈉 * ²	純蔗糖
愛玉子	薜荔	大果藤榕	蒸餾水
蔓越莓複合果汁	保鮮膜	保鮮盒	滑輪
培林	果凍杯	壓克力板	中藥布袋
針筒	30g 砝碼	釣魚線	快乾膠
紗布	秤量紙		

*¹ 本研究使用的果膠粉購自振芳公司，為丹麥製。*² 本研究使用的藥品均為食品級



圖五、本研究使用的設備器材。

- A.植物生長箱 (HIPOINT 747) B.電子溫度計 (DT-100SH) C.電子秤 (Adventurer ARA520)
 D.烘箱 (YIH DER DK-500) E.磁石攪拌器 (Thermo Fisher Scientific SP88857100)
 F.微波爐 (Panasonic NN-ST342) G.可程式控制器 (Delta DVP32ES2)
 H.微量吸管 (YM16CAA0015007)

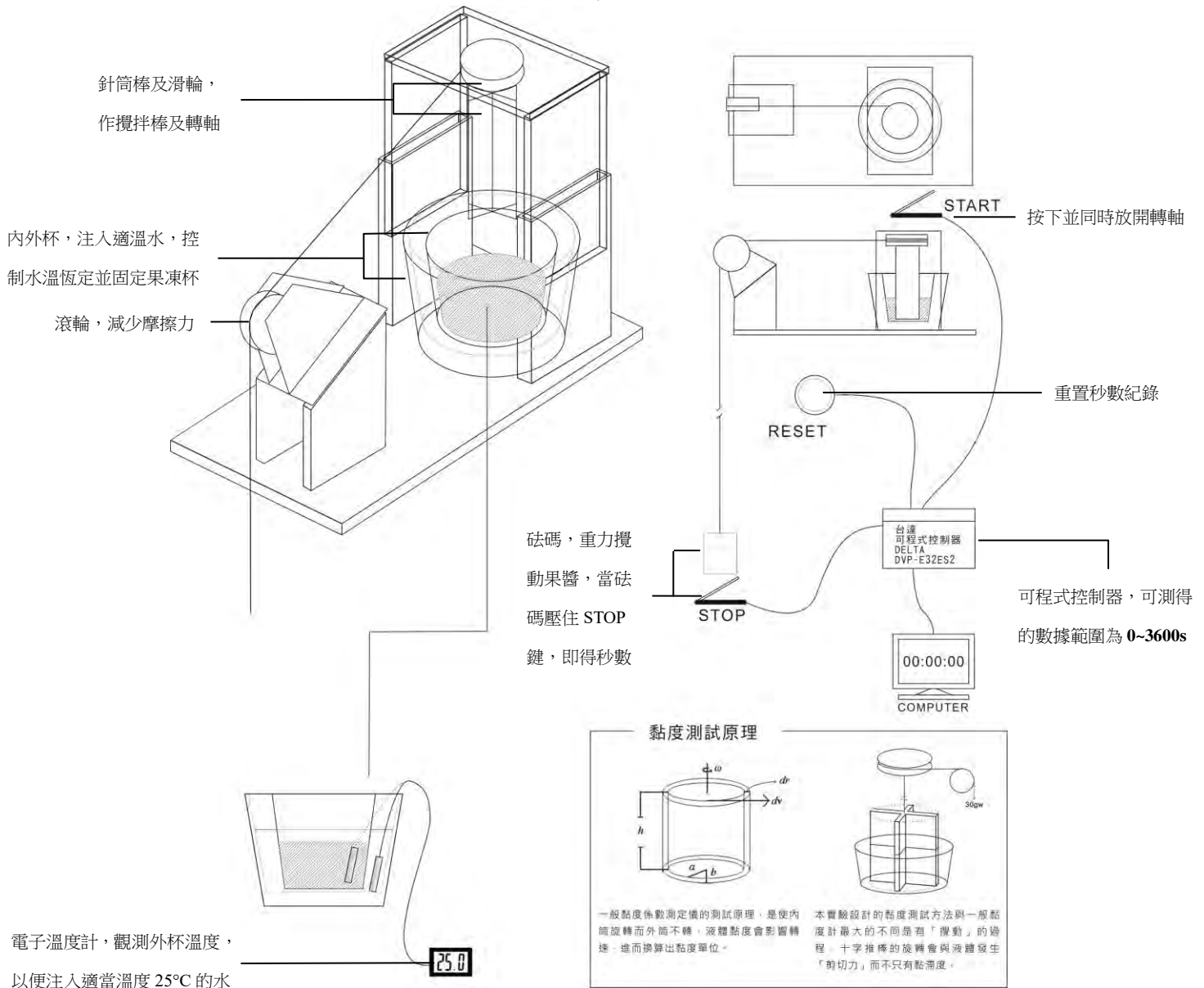
肆、研究過程或方法

經過查閱相關文獻，我們得知，果醬性質的測定有：黏度、離水性、塗抹性、酸鹼值、水活性、離水性等。其中黏度是果醬製作都會探討的性質，本研究從黏滯係數測定儀發想，自製一台果醬專用的黏度測試裝置，以各種標準液定義黏度並分析市售果醬黏度範圍。

一、果醬黏度測試方式

(一) 裝置設計如圖六、圖七：以本裝置測試標準液，定義出測試裝置之秒數與黏度關係。

以壓克力板作整體結構，以針筒棒作攪拌棒取代測定儀內的小圓柱體，以釣魚線連接轉軸及砝碼，利用重力下拉攪拌棒以攪動膠體，再利用可程式控制器計時。



圖六、黏度測試裝置設計圖



圖七、黏度測試裝置圖。A、B、C 為不同角度拍攝

(二) 黏度測試步驟：

1. 取 25°C 待測果醬 50 c.c.，攪拌 50 下，倒入內杯，於外杯中放置適溫水控溫。
2. 將攪拌棒放入果醬中，順時針將線繞轉軸捲起 100cm。
3. 先將可程式控制器 RESET，再按 START 並同時放開轉軸，待線下 30g 砝碼落下 100cm 時壓 STOP，即可由電腦測得秒數。

二、果醬標準製作流程（圖八）

本研究製作的果醬成分均以重量百分濃度作為濃度單位，成分有：糖、檸檬酸、PME、氯化鈣、水等，但由於添加方式、順序、加熱、降溫靜置等條件會影響凝膠，方法如下：

(一) 以高甲氧基果膠（HMP）果醬製作流程

1. 將 5%HMP 水溶液 20g 和蔗糖（30~75g）混合。
2. 將 0~1g 檸檬酸溶於 5g 水中，加入果膠液，補水至 100g。
3. 以微波爐加熱，中高火力，每 20 秒觀察一次是否溢出。
4. 糖完全溶解後補水至原重量。
5. 放入 10°C 冰箱，靜置 1~24 小時。

(二) 低甲氧基果膠（LMP）果醬製作流程

1. 將 5%LMP 水溶液 20g 和蔗糖（30~65g）混合。
2. 將 0~1g 檸檬酸溶於 5g 水中，加入果膠液，補水至 90g。
3. 以微波爐加熱後待糖完全溶解補水至原重量。
4. 待冷卻後，加入 0.1~1%氯化鈣水溶液 10g。

(三) 高低甲氧基果膠混合（HMP + LMP）果醬製作流程

1. 將 5%HMP 水溶液與 5%LMP 水溶液以不同比例混合，總果膠液含量為 20g，並與蔗糖（50~55g）混合。

2. 將 0.3g 檸檬酸溶於 5g 水中，加入果膠液，補水至 90g（若不添加氯化鈣則直接補水至 100g）。
3. 加熱後待糖完全溶解後補水至原重量。
4. 靜置 0~24 小時後，加入 0.5%氯化鈣水溶液 10g（或不加）。

（四）HMP 果醬加入果膠酯酶（愛玉子 PME）之果醬製作流程設計

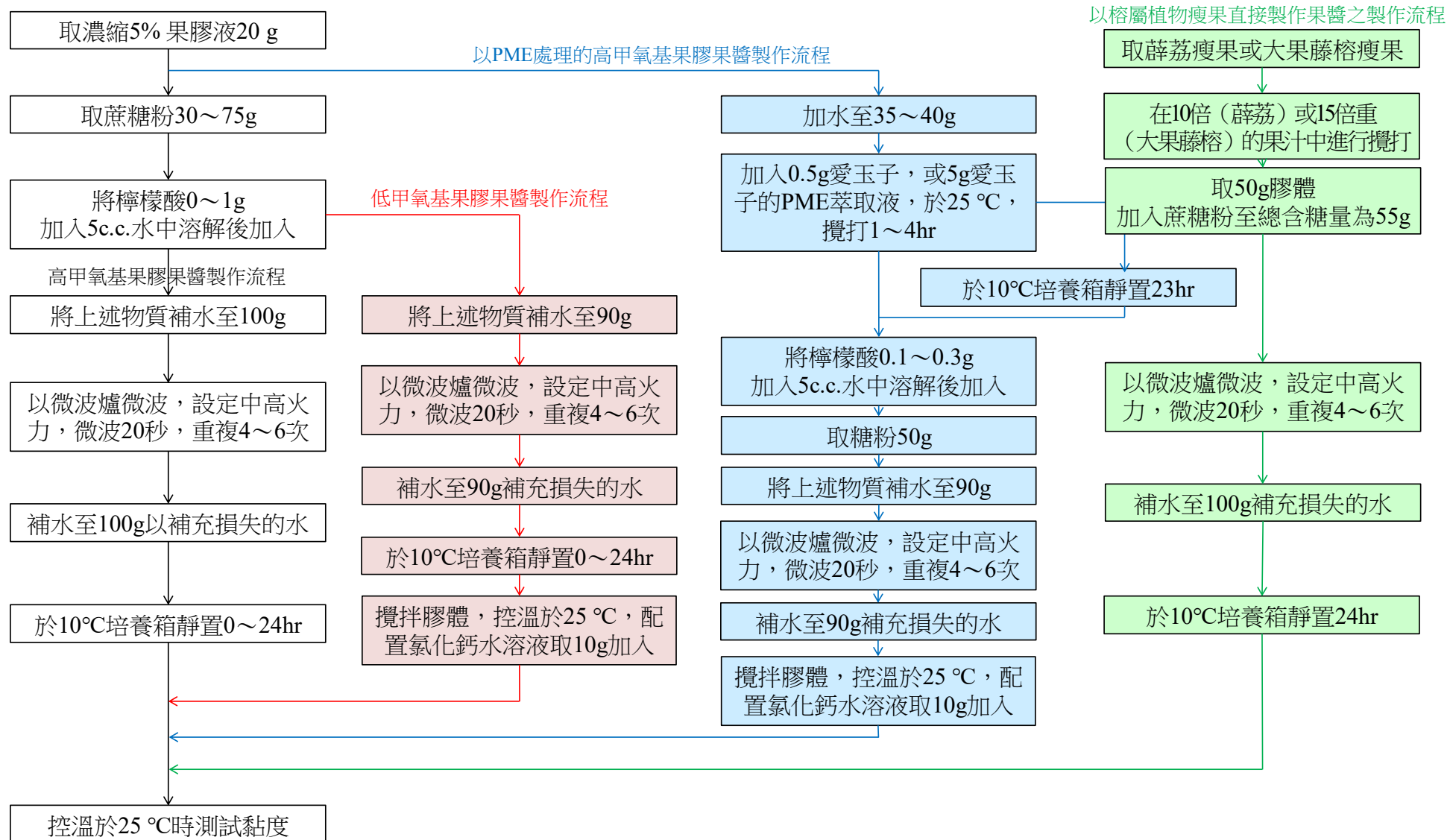
1. 取 5%HMP 水溶液 20g 和 15g 水倒入燒杯，混合 5g 愛玉子 PME 粗萃取液（或加愛玉子 0.5g 補水到 40g），利用磁石攪拌器攪打 1~4hr。
2. 取出已攪打完全之果膠混合物，加入 50g 蔗糖。
3. 將 0.3g 檸檬酸溶於 5g 水中，加入果膠液，補水至 90g。
4. 加熱後待糖完全溶解後補水至原重量。
5. 靜置 0~24 小時後，加入 0.5%氯化鈣水溶液 10g。

（五）HMP 混合榕屬植物（薜荔、大果藤榕）果膠之果醬製作流程設計

1. 取 5%HMP 水溶液與 1%薜荔或大果藤榕果膠以不同比例混合，最後果膠液濃度為 1%，將所需蔗糖 50g 倒入燒杯中。
2. 將 0.3g 檸檬酸溶於 5g 水中，加入果膠液，攪拌並秤重量以補水至 100g。
3. 加熱後待糖完全溶解後補水至原重量。
4. 放入 10°C 冰箱，靜置 1~24 小時。

（六）HMP 混合榕屬植物（薜荔、大果藤榕）果膠加入愛玉子果膠酯酶（PME）製作果醬之標準製作流程

1. 取 5%HMP 與 1%薜荔或大果藤榕果膠以不同比例混合，最後果膠液濃度為 1% 將 15g 水倒入燒杯並將 5g 愛玉子 PME 粗萃取液加入，以磁石攪拌器攪打 1hr。
2. 取出已攪打完全之果膠混合物，加入 50g 蔗糖倒入燒杯中。
3. 將 0.3g 檸檬酸溶於 5g 水中再加入果膠液，攪拌並秤重量以補水至 90g。
4. 加熱後待糖完全溶解後補水至原重量。
5. 靜置 0~24 小時後，加入 0.5%氯化鈣水溶液 10g。



圖八、各種果醬製作流程模式圖。黑：HMP 製程；紅：LMP 製程；藍：以 PME 攪打 HMP 製程；綠：以瘦果直接攪打果汁製程

三、愛玉子 PME 粗萃（參考莊竣守等，2016）

- （一）取愛玉子 5g 加入 4% 鹽水 100g，於 24°C 以磁石攪拌器固定攪打 2 小時。
- （二）放入 3°C 冰箱內靜置 22 小時。
- （三）準備量筒、上方放置漏斗並鋪上 6 層紗布，量筒外鋪上碎冰。
- （四）將攪打完的愛玉子及濾液倒入漏斗，收集到的液體即為愛玉子 PME 粗萃取液。

四、薜荔與大果藤榕瘦果處理方式（圖九）

- （一）摘取成熟雌薜荔隱花果（瘦果金黃色，不膠結）。

大果藤榕則向屏東縣滿州鄉農民收購新鮮雌大果藤榕隱花果。

- （二）將薜荔瘦果挖出，大果藤榕則是盡量將隱花果果皮削薄。

- （三）放入烘箱，以約 35°C 烘烤約 24~48 小時。

（烘烤至約 6~8 小時，將大果藤榕瘦果與果托翻轉，使瘦果朝外）

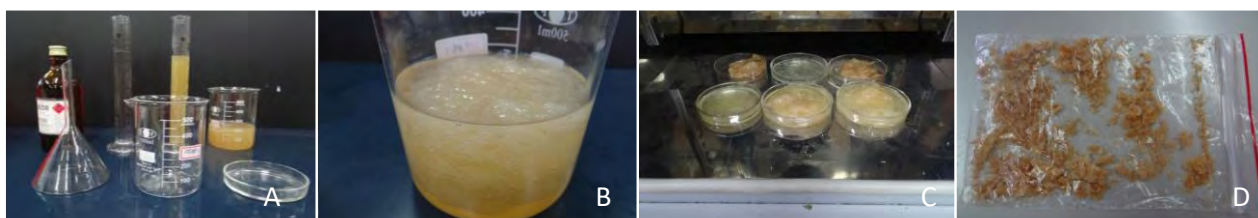
- （四）烘乾過程中，持續將瘦果剝出，烘乾至恆重，再放入乾燥櫃保存。



圖九、瘦果處理流程 A、C：大果藤榕；B、D：薜荔；E 烘乾

五、薜荔與大果藤榕果膠萃取流程（圖十）

- （一）取 10g 的薜荔瘦果（5g 的大果藤榕瘦果）並放入 100g 沸水中去除 PME 活性。
- （二）以磁石攪拌器攪打一小時，溶出果膠，並以布袋過濾，將萃取的果膠倒入燒杯。
- （三）將果膠粗萃取液加入等量酒精中，使果膠懸浮或沉降。（如圖十 B）
- （四）以六層紗布過濾，留下固形物，以 80°C 烘乾一天，可得果膠片。（如圖十 C、D）



圖十、瘦果果膠粗萃。A：使用器材；B：加入酒精；C：烘乾；D：果膠片

六、以蔓越莓汁取代水製作果醬

- (一) 蔓越莓 HMP 果醬：仿照 HMP 果醬製作流程，將水改成蔓越莓汁。
- (二) 蔓越莓 LMP 果醬：仿照 LMP 果醬製作流程，將水改成蔓越莓汁。
- (三) 蔓越莓 HMP 添加愛玉子 PME 攪打之果醬：仿照 HMP 添加愛玉子 PME 攪打之果醬製作流程，將水改成蔓越莓汁。
- (四) 蔓越莓薜荔果醬
 1. 取籽水比 1：10 的薜荔瘦果及煮沸之蔓越莓汁，使 PME 失去活性並以磁石攪拌器攪打 2 小時，充分溶出果膠。
 2. 以布袋過濾果膠，加入蔗糖、檸檬酸，攪拌並秤重量以補水。
 3. 加熱後待糖完全溶解後補水至原重量，靜置 24 小時後測試黏度。
- (五) 蔓越莓大果藤榕果醬
 1. 取籽水比 1：20 的大果藤榕瘦果及煮沸之蔓越莓汁，使 PME 失去活性並以磁石攪拌器攪打 2 小時，充分溶出果膠。
 2. 以布袋過濾果膠，加入蔗糖、檸檬酸，攪拌並秤重量以補水。
 3. 加熱後待糖完全溶解後補水至原重量，靜置 24 小時後測試黏度。

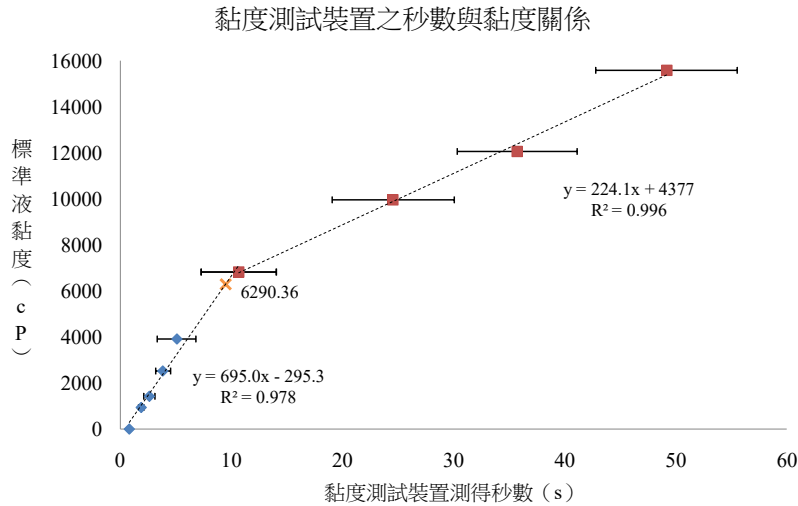
七、測試三種凝膠物質之特性

- (一) 明膠：明膠本質為蛋白質，不耐高溫，我們先以冷水溶解明膠後，分別加入糖及檸檬酸並靜置一段時間後觀察變化，使用濃度為明膠濃度 1%、含糖量 50%、檸檬酸濃度 0.3%。
- (二) 洋菜膠：以沸水溶解後，分別加入糖及檸檬酸並靜置一段時間後觀察變化，使用濃度為洋菜膠濃度 0.25%、含糖量 50%、檸檬酸濃度 0.3%。
- (三) 海藻酸鈉：海藻酸鈉是藉由與水中鈣離子鍵結形成凝膠，於是我們先以沸水溶解後，分別加入糖及檸檬酸，並在最後加入氯化鈣觀察變化，使用濃度為海藻酸鈉 1%、含糖量 40%、檸檬酸濃度 0.3%、氯化鈣濃度 0.05%，

伍、研究結果

一、開發果醬品質黏度測試裝置

(一) 以各種黏度標準液定義黏度單位



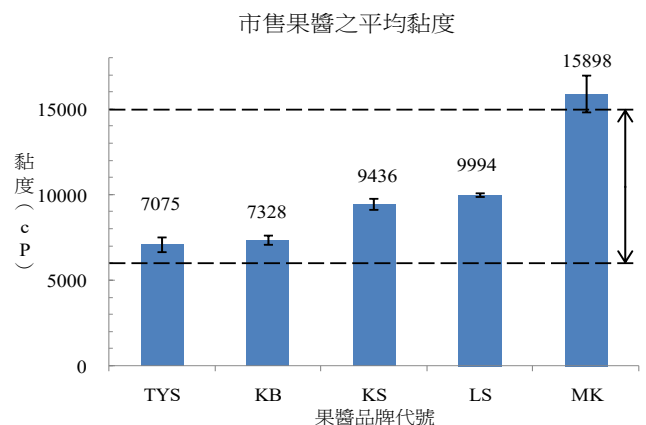
圖十一、本黏度測試裝置之秒數與黏度關係

經測試不同黏度之標準液，我們將所得秒數對應標準液的黏度關係如圖十一，我們發現，本裝置於秒數為 0~9.5 s 時，黏度與秒數關係為線性函數 $y = 695.0x - 295.3$ ；在秒數 9.5 s~50 s 時，黏度與秒數關係為 $y = 224.1x + 4377$ 線性函數，秒數超過 50 秒時黏度值僅參考。

(二) 測試市售果醬的黏度

表二、市售果醬品牌的比較表

果醬品牌	主要成分	測得秒數 (s)	換算黏度 (cP)
TYS	砂糖、寒天、蘋果酸、羧甲基纖維素鈉	12.04±1.87	7075 ± 420
KB	麥芽糖、砂糖、果膠、檸檬酸	13.17±1.21	7328 ± 271
KS	關華豆膠、結蘭膠、糖、羧甲基纖維素鈉	22.57 ± 1.37	9436± 308
LS	砂糖、寒天、蘋果酸、羧甲基纖維素鈉	25.07±1.05	9994 ± 111
MK	檸檬酸、糖、蘋果果膠	51.41 ± 4.79	15898± 1074



市售果醬不一定使用果膠做為增稠劑，有些使用羧甲基纖維素鈉、關華豆膠、寒天或結蘭膠（微生物膠）提高懸浮作用增加果醬品質，其中 MK 品牌果醬中仍有果肉懸浮，且含糖量最高，致黏度較高。經測試後，市售果醬平均秒數約 10~50s，換算黏度後約 6000~15000 cP，接下來本實驗將以此範圍判斷果醬黏度是否符合標準。

二、設計標準製作流程，觀察不同條件製作之果醬品質

(一) 高甲氧基果膠 (HMP) 果醬凝膠

1. 含糖量：30~65%

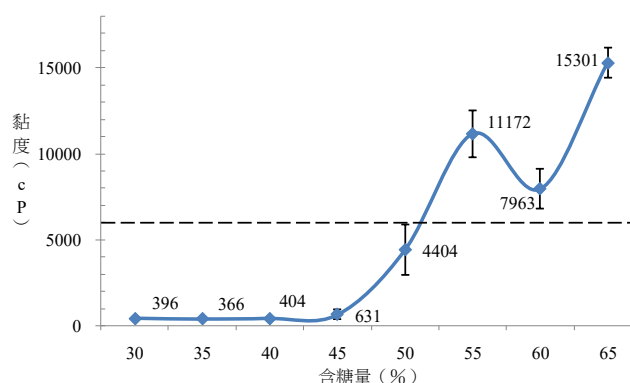
控制變因：

果膠：1%

檸檬酸：0.3%

放置時間：24hr

HMP在不同含糖量下的果醬黏度



2. 檸檬酸濃度：0~1%

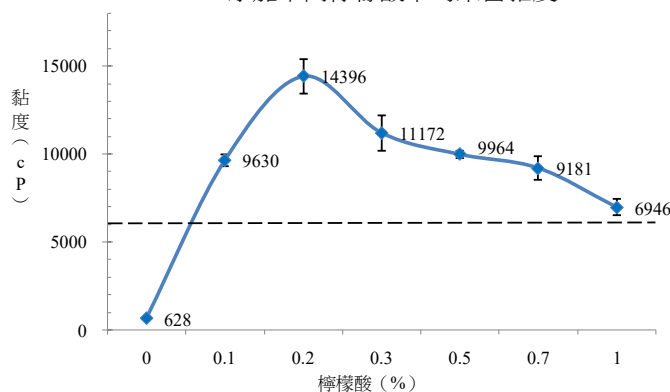
控制變因：

果膠：1%

含糖量：55%

放置時間：24hr

HMP添加不同檸檬酸下的果醬黏度



3. 放置時間：1~24hr

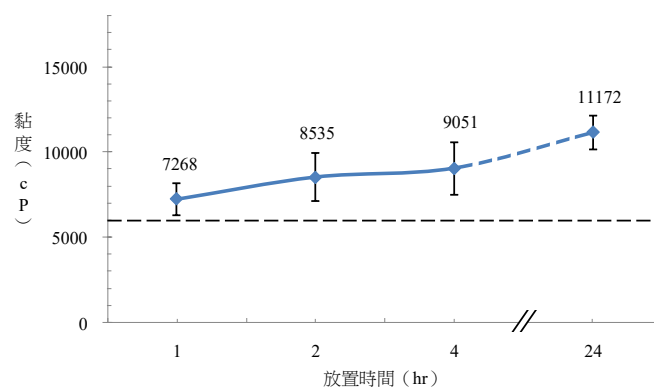
控制變因：

果膠：1%

檸檬酸：0.3%

含糖量：55%

HMP在不同放置時間下的果醬黏度



HMP 的黏度隨含糖量而提升，約在含糖量 55~60%時達標準；60%含糖量時雖略為降低，但仍符合市售果醬標準；在不同檸檬酸濃度下，需添加 0.1~1%檸檬酸時可達市售果醬標準；在不同放置時間下，隨著放置時間增長，黏度逐漸上升。

(二) 低甲氧基果膠 (LMP) 果醬凝膠

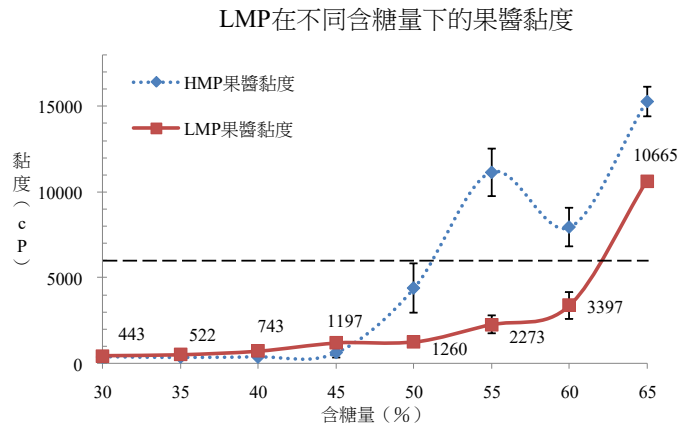
1. 含糖量：30~65%

控制變因：

果膠：1%

檸檬酸：0.3%

放置時間：24hr



LMP 的黏度亦隨含糖量而提升，但在不添加二價陽離子的環境下需含糖量 60%以上才可達到市售果醬之品質。

2. 氯化鈣水溶液：

0.001~0.07%

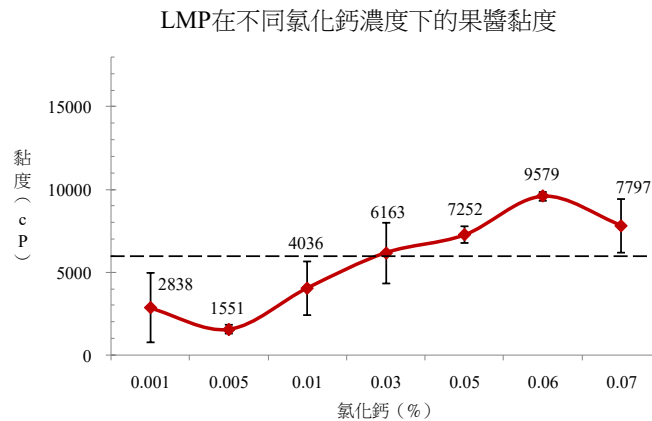
控制變因：

果膠：1%

含糖量：50%

檸檬酸：0.3%

放置時間：立即



由於鈣濃度過高會使果醬結塊、出水，導致裝置所測得之數據不準確，故選擇 0.05% 為最適濃度，在 LMP 實驗中添加 0.05% 氯化鈣水溶液試著提升果醬品質。

3. 檸檬酸濃度：0~1%

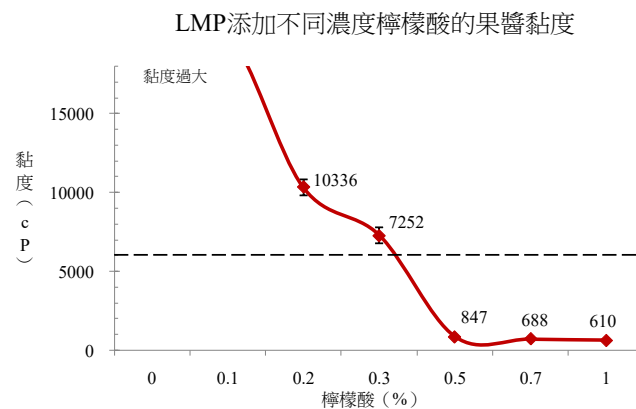
控制變因：

果膠：1%

含糖量：50%

氯化鈣水溶液：0.05%

放置時間：立即



LMP 在 50% 含糖量且不添加或添加極少量的檸檬酸環境下，會因黏度過大超過裝置負荷，添加過多檸檬酸則會導致黏度過低；約在 0.2~0.3% 檸檬酸時可達市售果醬標準。

4. 放置時間：

立即~24hr

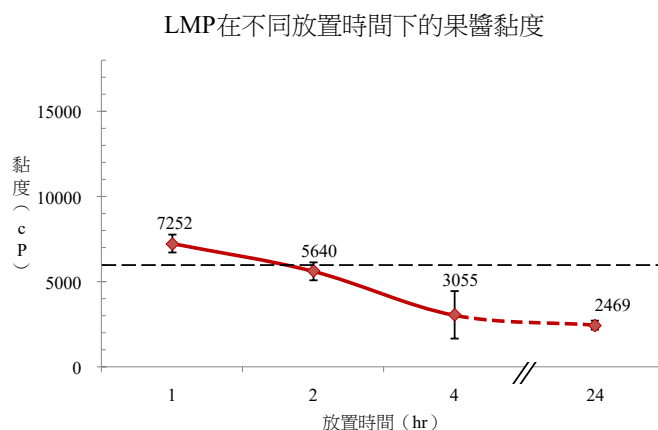
控制變因：

果膠：1%

含糖量：50%

檸檬酸：0.3%

氯化鈣水溶液：0.05%



LMP 所製成果醬放置時間越長，黏度越低，推測是因離水現象導致出水，使果醬黏度下降，但離心後，發現其出水量並無明顯差異，可能是因其他因素導致結構遭到破壞，使黏度下降。

表三、HMP 與 LMP 製作果醬之變因性質比較

	高甲氧基果膠 HMP	低甲氧基果膠 LMP
含糖量	至少要 55%以上	不含鈣要 60%以上 含鈣只要 50%以上
檸檬酸濃度	不可無酸，至少要 0.1%以上	無酸亦可凝膠，且黏度極高，有酸黏度下降，但接近民眾接受的檸檬酸濃度
放置時間	須靜置一天	須立即測試

整合上述實驗結果，我們發現 HMP 必須在高含糖量環境（至少 55%以上）才能凝膠，LMP 在含鈣環境下可在 50%含糖量時凝膠製作果醬，但缺點是放置越久其黏度越差；由於 HMP 及 LMP 的凝膠性質不同，我們接下來想進行「混膠」的實驗測試，結合兩種不同的凝膠特性，希望得到截長補短的效果。

(三) 混合 HMP 及 LMP 製作果醬凝膠

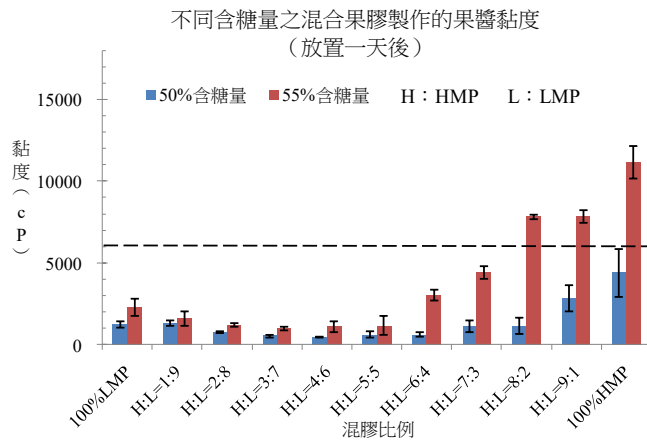
1. 含糖量：50%及 55%

控制變因：

果膠：1%

檸檬酸：0.3%

放置時間：24hr



在實驗中發現，在 50%及 55%含糖量時，以不同比例混膠製作果醬皆無法有效提升品質，反而單一種類果膠（100%HMP 或 LMP）黏度都比混膠效果更好。因此低糖環境下以混膠製作果醬的可行性不高。

2. 鈣離子：0%及 0.05%

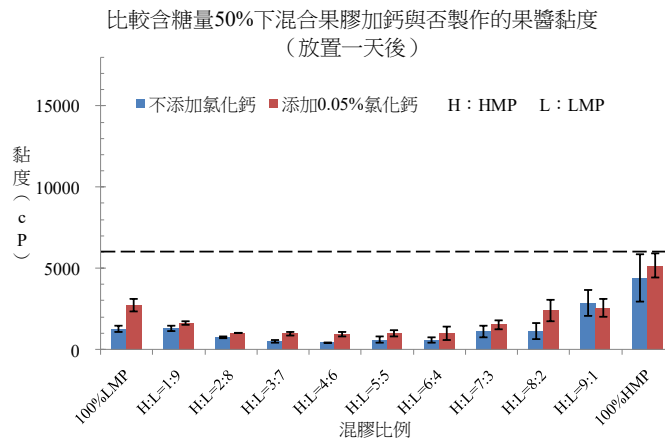
控制變因：

果膠：1%

含糖量：50%

檸檬酸：0.3%

放置時間：24hr



由實驗中發現，HMP 比例佔的越高，果醬黏度越大；混合果膠添加 Ca^{2+} 離子的果醬黏度雖略大於不添加 Ca^{2+} 離子的果醬，但無論任何混膠比例，以 50%含糖量製作果醬，距離市售標準範圍仍有一段距離，因此無論是否添加 Ca^{2+} 離子於混合果膠，對於製作降低含糖量的果醬黏度影響不大。

整合上述實驗我們發現，混膠似乎對於低糖凝膠幫助不大，且以 LMP 製作低糖果醬的可行性較高，因此接下來的實驗，我們希望利用愛玉子的 PME 將 HMP 修飾成 LMP 製作低糖果醬。

三、探討經 PME 修飾的果膠製作之果醬品質

(一) HMP 直接添加愛玉子

1. 攪打時間：0~4hr

控制變因：

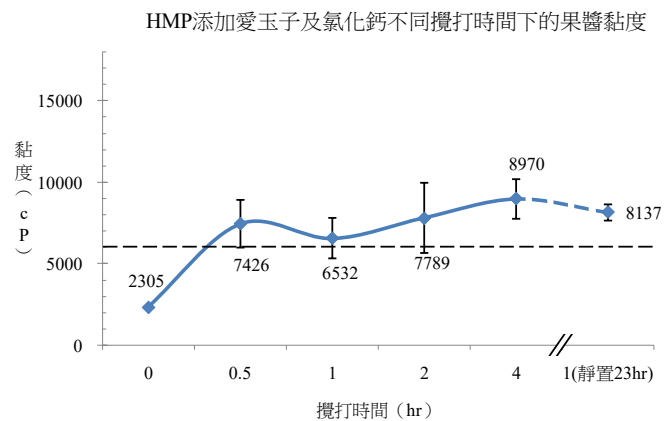
果膠：1%

含糖量：50%

檸檬酸：0.3%

氯化鈣水溶液：0.05%

愛玉子：0.5g



HMP 結合愛玉子攪打，並添加氯化鈣水溶液可使果醬黏度增加，達到市售果醬品質，並且在靜置 23hr 後依然可達市售果醬品質。但由於在攪打過程中，愛玉子本身的果膠及雜質也隨著攪打被釋出，因此數據變動性高。

(二) HMP 添加愛玉子 PME 粗萃取液

1. 攪打時間：0~4hr

控制變因：

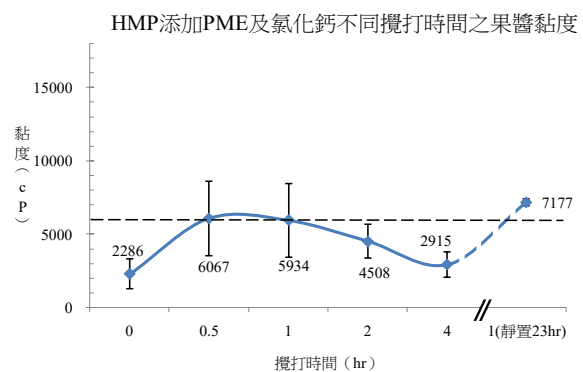
果膠：1%

含糖量：50%

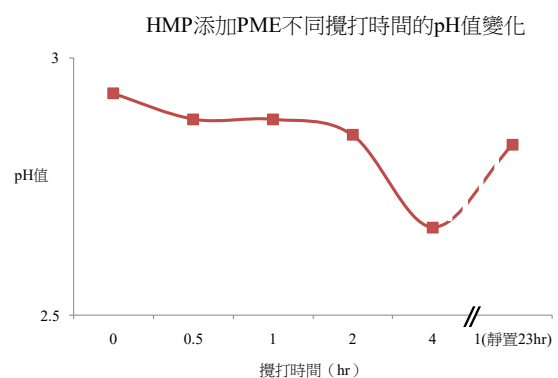
檸檬酸：0.3%

氯化鈣水溶液：0.05%

愛玉子 PME：5g



果醬黏度高峰約落在 0.5~1hr，之後黏度便會逐漸下降，推測是因發生去酯化反應，使果膠的 pH 值下降，整體的反應環境過酸而阻礙凝膠，但 24 小時後再製作果醬，黏度又再次上升，可能是轉醯基反應的影響，使果膠分子量變大，黏度提升。



接續的實驗為了數據的標準化，選擇以愛玉子 PME 進行攪打。

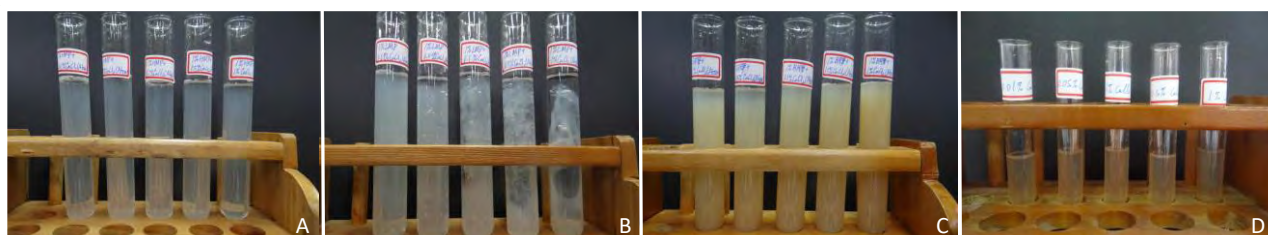
四、以 HMP 結合榕屬（薜荔、大果藤榕）果膠製作果醬

（一）觀察薜荔、大果藤榕果膠的性質（接近 HMP 或 LMP）

表四、榕屬果膠性質分析表

果膠 \ 氯化鈣濃度	0.01%	0.05%	0.1%	0.5%	1%
HMP1%	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠
LMP1%	無凝膠	凝結成果凍	凝結成果凍	結成硬塊 大量出水	結成硬塊 大量出水
薜荔果膠 1%	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠
大果藤榕果膠 1%	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠

由於 LMP 鏈上的羧基會與金屬離子（Ca²⁺離子）形成架橋，構成網狀結構凝膠，因此本實驗利用此凝膠特性分析薜荔及大果藤榕果膠的性質，取 1%HMP、1%LMP、1%薜荔果膠及 1%大果藤榕果膠分別添加不同濃度的氯化鈣水溶液，發現無論是多少濃度的氯化鈣水溶液，都不會和 HMP、薜荔果膠及大果藤榕果膠產生凝膠，亦無任何凝膠現象出現，因此便得出薜荔果膠、大果藤榕果膠之性質接近 HMP 的結論。



圖十二、果膠液中添加不同濃度的氯化鈣水溶液後之凝膠情形。A：HMP、B：LMP、C：薜荔果膠、D：大果藤榕果膠

（二）HMP 結合薜荔、大果藤榕果膠製作果醬

1. 混膠 HMP 及薜荔比例：

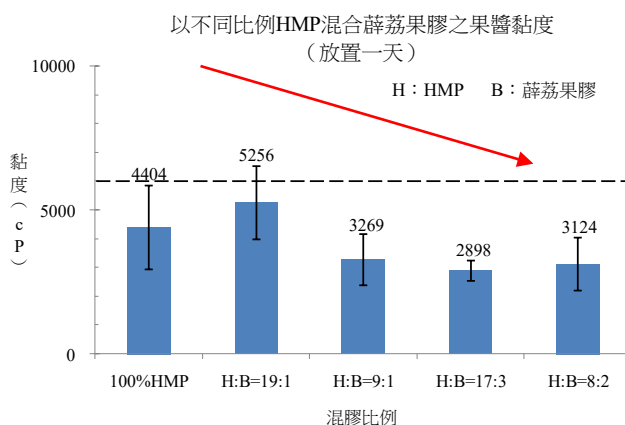
控制變因：

H&B 果膠：1%

含糖量：50%

檸檬酸：0.3%

放置時間：24hr



由圖可知，薜荔果膠所佔比例越多，果醬黏度越低，因此，薜荔果膠雖說性質接近 HMP，但與一般果膠混合後無法在低糖環境下提升凝膠品質。

2.混膠 HMP 及大果藤榕比例：

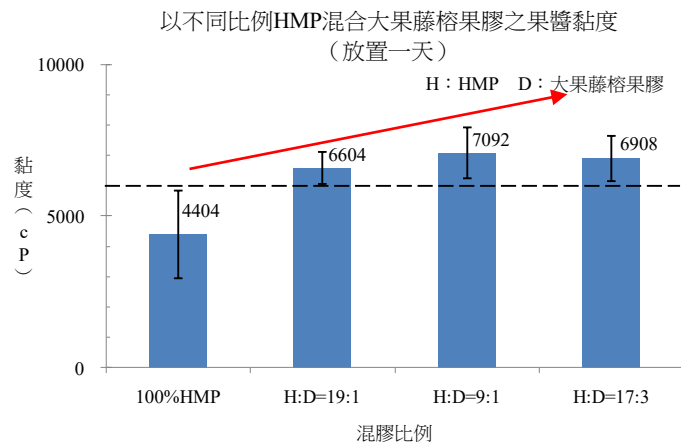
控制變因：

H&D 果膠：1%

含糖量：50%

檸檬酸：0.3%

放置時間：24hr



由圖可知，在大果藤榕果膠所佔比例為 H：D=9：1 時，果醬黏度最高，因此，在 HMP 中添加大果藤榕果膠有助於提升黏度，且能以含糖量 50%製作符合市售標準的果醬。

(三) 利用愛玉子 PME 修飾混合果膠製作果醬

1.混膠 HMP 及薜荔比例：

控制變因：

H&B 果膠：1%

含糖量：50%

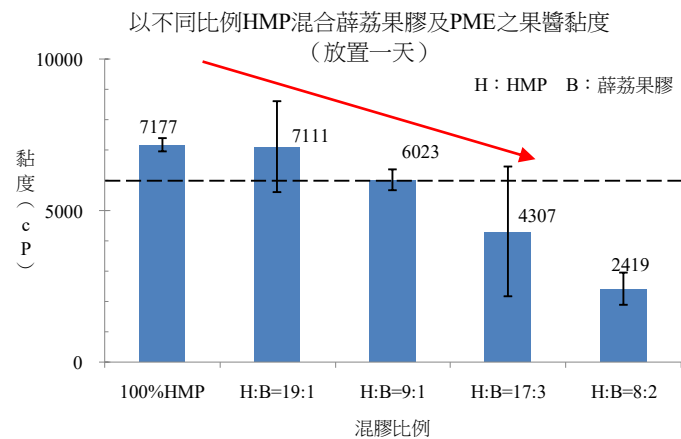
檸檬酸：0.3%

愛玉子 PME：5g

攪打時間：1hr

放置時間：23hr

氯化鈣水溶液 0.05%



此實驗結果符合上述以不同比例混合 HMP 及薜荔果膠，同樣都是薜荔果膠所佔比例越多，果醬黏度越低；但若添加少量薜荔果膠，並添加 PME 後，黏度可達市售標準。

2.混膠 HMP 及大果藤榕比例：

控制變因：

H&D 果膠：1%

含糖量：50%

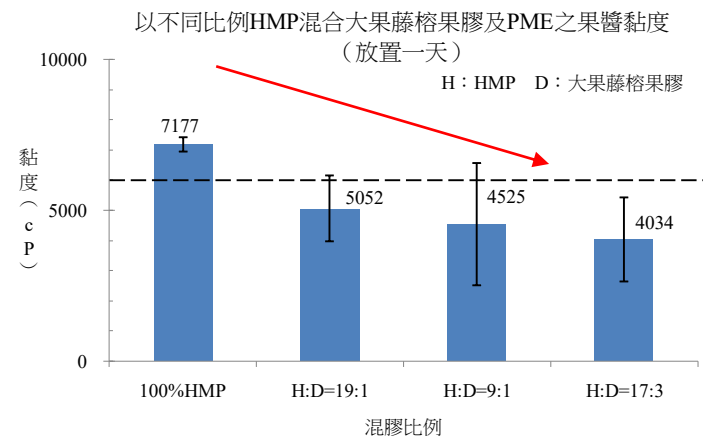
檸檬酸：0.3%

愛玉子 PME：5g

攪打時間：1hr

放置時間：23hr

氯化鈣水溶液 0.05%



由圖可知，在添加 PME 攪打後，大果藤榕果膠所占比例越高，黏度越低，和上述以不同比例混合 HMP 及大果藤榕果膠的實驗有著完全不同的結果。

五、提出低糖健康果醬之製作方法

(一) 以 HMP 製作

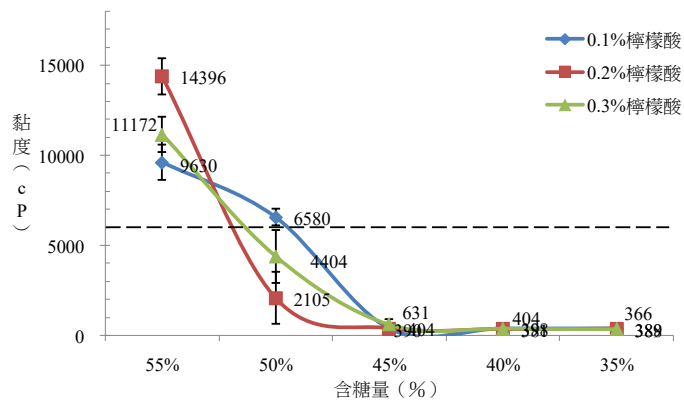
1. 降低含糖量及酸

控制變因：

果膠：1%

放置時間：24hr

HMP以不同含糖量、檸檬酸製作的果醬黏度



由實驗結果可知，HMP 果醬在含糖量 < 55% 時，所製作出的果醬黏度極低，即使添加更少量的檸檬酸，依然不會使果醬黏度提升，故利用不經修飾之純 HMP 製作低糖果醬可行性不高。

(二) 以 LMP 製作

1. 降低含糖量及酸

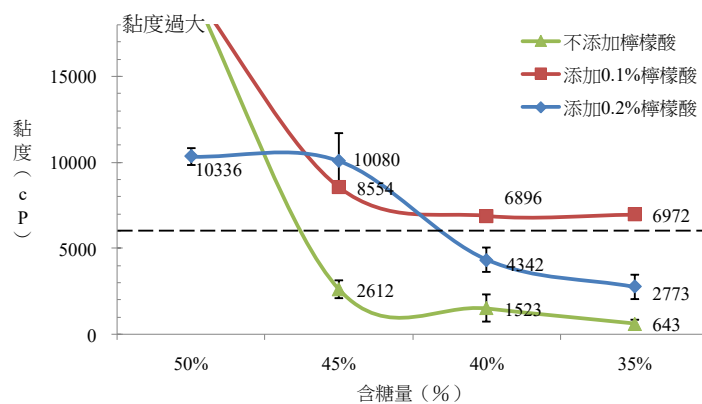
控制變因：

果膠：1%

放置時間：立即

氯化鈣：0.05%

LMP以不同含糖量、檸檬酸製作的果醬黏度



由實驗結果可知，LMP 果醬在添加 0.2% 檸檬酸的環境下，含糖量至多可降低至 45%；而在添加 0.1% 檸檬酸的環境下，含糖量降低至 35%，依然可達到市售果醬低標。

六、利用果汁（蔓越莓汁）設計果醬製程（*為以該條件製作的果醬照片）

（一）以 HMP 製作



HMP 不易製作減糖果醬，但將本研究提出之標準製程，以果汁取代水，微波後便可製作果醬。

但由於果汁本身含酸，額外添加酸可能使黏度不如預期。

果膠濃度	含糖量	檸檬酸	氯化鈣	放置時間	黏度
*1%	55%	0.3%	不添加	24hr	14.11s/7325cP

（二）以 LMP 製作



結果同 HMP 果醬，由於果汁本身含酸，若仍添加 0.3% 檸檬酸會使膠體過酸，即使添加了氯化鈣，黏度仍不如預期，使用果汁製作果醬應減少酸的使用。

果膠濃度	含糖量	檸檬酸	氯化鈣	放置時間	黏度
*1%	50%	0.3%	0.05%	0hr	6.53s/4243 cP
1%	45%	0.2%	0.05%	0hr	7.27s/4758cP
1%	45%	0.1%	0.05%	0hr	14.54s/7421cP
1%	40%	0.1%	0.05%	0hr	8.68s/5735cP

（三）以 HMP 添加 PME 製作



添加 0.3% 檸檬酸過酸，0.1% 才能使黏度達標準。

利用瘦果直接攪打因為果汁較酸，因此果膠溶不出來。

要利用 PME 攪打可使黏度較高且穩定。

果膠濃度	含糖量	PME/ 愛玉子	檸檬酸	氯化鈣	攪打時間 /放置時間	黏度
*1%	50%	5c.c.	0.3%	0.05%	1hr/23hr	8.98s/5946 cP
1%	50%	5c.c	0.1%	0.05%	1hr/23hr	21.18s/8902cP
1%	50%	0.5g 瘦果	0.1%	0.05%	1hr/23hr	1.52s/761cP

(四) 以 HMP 混合薜荔、大果藤榕果膠製作



HMP 添加少許薜荔果膠並利用 PME 攪打可使果醬黏度提升，即使在含糖量 50%時，依然能符合市售果醬品質。

H：HMP；B：薜荔果膠

果膠濃度	混膠比例	含糖量	PME	檸檬酸	氯化鈣	攪打時間 /放置時間	黏度
*1%	H：B=19：1	50%	5c.c.	0.3%	0.05%	1hr/23hr	20.05s/8650 cP



以 HMP 及大果藤榕果膠的混合果膠製作果醬，在含糖量 55%時接近市售品質。
但可能因果汁過酸，導致黏度不如預期。

H：HMP；D：大果藤榕果膠

果膠濃度	混膠比例	含糖量	檸檬酸	氯化鈣	放置時間	黏度
*1%	H：D=9：1	55%	0.3%	不添加	24hr	8.08s/5321 cP

(五) 以薜荔瘦果直接製作



由測試結果可得知，以薜荔瘦果直接攪打的減糖果醬黏度可接近市售品質。

果膠濃度	含糖量	檸檬酸	氯化鈣	放置時間	黏度
*取薜荔籽：蔓越莓汁 1：10 攪拌 1 小時，取 50g	50%	不添加	不添加	24hr	7.77s/5105cP

(六) 以大果藤榕瘦果直接製作



由測試結果得知，以大果藤榕瘦果直接攪打的果醬黏度可達至市售品質低標。

果膠濃度	含糖量	檸檬酸	氯化鈣	放置時間	黏度
*取大果藤榕籽：蔓越莓汁 1：20 攪拌 1 小時，取 50g	50%	不添加	不添加	24hr	9.83s/6580cP

七、探討其他凝膠物質製作果醬的可行性

我們在果膠之外，又挑選了三種凝膠物質，設計實驗觀察是否可製作果醬。

(一) 明膠：以 1% 比例可凝膠，加入糖後變得更黏，但加入檸檬酸 (0.3%) 會使凝膠不佳，這不利於果醬製作 (果醬通常以果汁為基底)。

(二) 洋菜膠：0.25% 時凝膠與果醬最為相似，加入糖後變得更黏，但加入檸檬酸 (0.3%) 同樣會使凝膠不佳，不利於製作果醬。

(三) 海藻酸鈉：1% 濃度，與 0.01% 氯化鈣反應後與果醬凝膠類似，但加入檸檬酸 (0.3%) 也會使凝膠品質變差。

我們發現這三種可凝膠物質，添加酸皆會降低凝膠品質，建議未來可以朝向結合兩種以上膠體的凝膠性質進行探究。

陸、討論

「果醬」是我們日常生活中常見的食品，我們查了關於果醬的相關文獻後得知，目前果醬製作多以高甲氧基果膠 (HMP) 在高糖、高酸、高溫環境下利用氫鍵產生凝膠，因此市售果醬含糖量皆在 60~80%，如此高糖量的加工食品不僅對人體造成傷害，也與現代講究少糖的健康飲食習慣不相符。

查閱許多相關文獻後，我們得知，果膠依其酯化度及甲氧基含量可分為高甲氧基果膠（HMP），酯化度 $\geq 50\%$ 、甲氧基含量 $>7\%$ ；低甲氧基果膠（LMP）酯化度 $<50\%$ 、甲氧基含量 $<7\%$ 。相較於 HMP 所需的凝膠環境，LMP 在水中含有二價陽離子時，能產生「離子鍵」進行凝膠，在含糖量較少的狀況下，能製作成低糖果醬。

表五、高甲氧基果膠及低甲氧基果膠比較

果膠種類 性質比較	高甲氧基果膠 (High Methoxyl Pectin)	低甲氧基果膠 (Low Methoxyl Pectin)
酯化度	$\geq 50\%$	$<50\%$
甲氧基含量	$>7\%$	$<7\%$
凝膠環境	高糖、高酸	含二價陽離子
凝膠特性	流體	凍狀
製造食品	果醬	果凍、低糖果醬

目前的果膠提取技術，主要從柑橘果皮或蘋果提取果膠，這種果膠為 HMP，而 LMP 較難從植物直接提取，只能從乾燥去籽向日葵盤粉碎獲得（王琨等，2013），其他方法也有以 HMP 為原料，經酸、鹼、酶等方法提取。本研究使用的高、低甲氧基果膠粉是選購自振芳股份有限公司，且經測試其 pH 值，發現相同濃度下的 LMP 液 pH 值較 HMP 液來的高，於是我們查詢了其製作方法，發現我們所購買的 LMP 粉是將 HMP 在鹼性條件下用氨處理使部分甲酯轉為伯醇胺，從而降低了酯化度，稱為醯胺化，此方法得出的酯化度相較於其他製法來的低，且易溶解凝膠。

我們測試了幾種黏度標準液，如甘油、聚丁烯、水等，並利用兩條正相關的線性函數，定義黏度與本裝置所測得秒數之關係。秒數介於 0~9.5 s 或 9.5 s~50 s 時，會有兩種不同的線性關係，推測當秒數低於 9.5s，由於果醬黏度過低，在測試過程中易在果醬中心形成漩渦，果醬液面不平均所致，我們也測試了各品牌的市售果醬，測得秒數約 10~50s，換算後約為 6000~15000 cP，我們以此作為實驗中的果醬品質標準。

一般製作果醬所使用之加熱方式，因加熱所需時間過長，易破壞水果原含有的營養成分，於是我們翻閱文獻，參考了張玲蘭在論文中以微波加熱製作果醬的方式，以微波使水分子撞擊其它分子的方式，可以快速地使整體均勻加熱，不僅製作所需時間縮短，也較能保留營養成分及食品風味（張玲蘭，2009）。

為訂出果醬標準流程進行實驗，我們參考市售果醬做法，以 1%果膠 HMP、0.3%檸檬酸加入不同含糖量微波溶解，一天後測量黏度，我們發現 HMP 製作的果醬黏度普遍隨含糖量提升，但 60%含糖量反而降低，推測在 60%含糖量時，果膠分子以特殊形狀排列，使凝膠強度下降，在 55~60%含糖量時能得到符合市售品質之果醬。LMP 在無鈣離子的條件下，需 65%含糖量製作果醬才能到達市售果醬標準，但在 0.05%氯化鈣水溶液濃度時，50%含糖量即達到標準，氯化鈣濃度更高時，果醬結塊且出水嚴重，黏度標準差極大，故我們選擇黏度穩定的 0.05%氯化鈣濃度、50%含糖量作為對照組，但 LMP 果醬會隨著時間增加而黏度下降，於是我們在果醬微波冷卻後（90g）添加進氯化鈣水溶液（10g）進行測試。

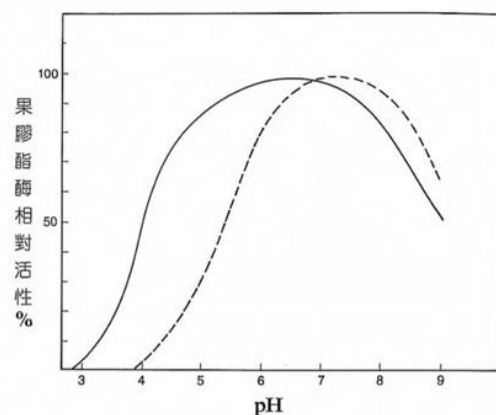
實驗中我們也發現 HMP 果醬之黏度會隨著放置時間增加，之後我們在文獻中發現，HMP 果醬在常溫下靜置 10 天後，黏度將趨於穩定（Löfgren .C，Hermansson A-M，2007），雖然靜置溫度不同，但有相同趨勢，為了方便實驗觀察，本實驗 HMP 果醬選擇放置時間為一天，再測其黏度。但 LMP 果醬之黏度則隨放置時間逐漸下降，加了氯化鈣水溶液後，黏度雖會提升，卻會使得黏度降低速度加快，因此 LMP 果醬採用立即測試。

表六、HMP 果醬與 LMP 果醬的對照組成分比例

果膠種類	果膠濃度	含糖量	檸檬酸濃度	氯化鈣水溶液	放置時間
HMP	1%	55%	0.3%	0%	24hr
LMP	1%	50%	0.3%	0.05%	0hr

本研究希望結合 HMP 及 LMP 兩者的凝膠特性，配置了不同比例的混合果膠製作果醬，發現黏度不增反降，因此得到結論：混合 HMP 及 LMP 不會結合兩者的凝膠特性，反而可能導致果膠分子不規則排列，使得黏度下降。

台灣特有種愛玉子，以其強效之 PME 聞名（林讚標，1991），耐熱且可在更低的 pH 值下反應（和番茄 PME 相比，如圖十三），PME 可催化果膠行去酯化反應，使果膠分子中的半乳糖醛酸單元第 6 號碳位置上之甲氧基水解產生甲醇及游離羧酸，降低果膠酯化度，將 HMP 修飾成 LMP，並使果膠的 pH 值下降。PME 亦可催化使其行轉醯基反應，形成新的酯鍵，使基群轉移，並增強膠體強度。



圖十三、愛玉子與番茄兩種果膠酯酶活性與 pH 值之關係愛玉子為實線，番茄為虛線表示（黃永傳，1980）

於是我們試著利用 PME 的特性，製作低糖果醬，以 1%HMP 水溶液、50%含糖量、0.05% 氯化鈣水溶液並添加 0.3%檸檬酸，加入 PME 並改變攪打時間製作果醬，發現攪打 4hr 所製作出的果醬黏度反而下降，而攪打 1hr 後靜置 23hr 所製作出的果醬黏度卻又升高。我們推測是：隨著攪打時間越長，去酯化反應導致果膠酯化度持續降低，pH 值也隨之下降，可能因反應環境過酸不易形成果醬，且杯中膠體同時含有 HMP 及 LMP，無助於提升果醬黏度，但 PME 處理的果膠液靜置 23hr 後，由於轉醯基反應開始發生，果醬黏度提高。我們建議，加入 PME 攪打完後放置一天再製作成果醬，有利於製作低糖果醬。

再來我們以愛玉子代替 PME 與 HMP 攪打，發現攪打 0.5hr 即可達到市售果醬黏度，且攪打時間越長，所製作出的果醬黏度越高，我們推測由於愛玉子本身就含有果膠、鈣離子等，在攪打的過程中除了釋出 PME 外，亦將其他物質一同釋出，果膠濃度變高，也因此 HMP 添加愛玉子所製作的果醬黏度數據變化極大，也考量到推廣到一般家庭可以製作，在果膠液中添加愛玉子亦為可參考製作低糖果醬的方式。

我們嘗試以不同來源之果膠製作減糖果醬，於是我們選擇果膠含量較多的兩種榕屬的瘦果，利用高溫滅酶且萃出了果膠進行實驗：

首先是薜荔，我們利用 LMP 會與二價陽離子鍵結的凝膠特性，將不同濃度的氯化鈣水溶液加入薜荔果膠，發現無任何凝膠現象出現，因此得知薜荔果膠性質較接近 HMP。接著我們將薜荔果膠與 HMP 混合嘗試製作 50%減糖果醬，發現當混膠比例為 H：B=19：1，黏度稍稍上升，但依舊不符合市售品質。接著我們利用薜荔果膠與愛玉子 PME 有較佳的相容性之特性，萃取了愛玉子的 PME 攪打前述混合果膠，發現經過攪打 1 小時，放置 23 小時所製作出的 50% 減糖果醬可達市售果醬品質。

接著是大果藤榕，我們翻閱前幾年的科展報告書（莊竣守等，2016），發現大果藤榕不僅果膠含量多，亦有不易出水的特性，因此我們也利用其來嘗試製作減糖果醬。同薜荔，我們亦先測試了大果藤榕果膠的性質，發現其性質較接近 HMP。接著我們將大果藤榕果膠與 HMP 混合嘗試製作 50%減糖果醬，發現不同於薜荔果膠，利用大果藤榕果膠與 HMP 混合所製作的 50%減糖果醬能增加果醬黏度使其達至市售品質。若加入愛玉子 PME 攪打，隨著大果藤榕果膠比例變高，果醬品質反而越差。

因此我們由上述實驗可得知：利用薜荔果膠混合 HMP 所製作的果醬，需經過 PME 攪打後的果醬品質較佳；而利用大果藤榕果膠混合 HMP 所製作的果醬品質較佳。至於同為榕屬植物，結果卻大相逕庭的原因，我們推測是由於製作果凍時，兩者的凝膠特性不同，薜荔為脆性果凍，而大果藤榕為不出水的彈性果凍，且薜荔與愛玉子 PME 的相容性為榕屬植物中的最佳，因此利用 PME 攪打薜荔果膠可能較攪打大果藤榕果膠能提升果醬品質。

再來本研究根據前面實驗所得到之結論，以 HMP 及 LMP，搭配不同含糖量及添加不同量檸檬酸製作低糖果醬，我們發現對 HMP 製作果醬而言，含糖量的影響大於檸檬酸濃度，當含糖量低於 55%，無論添加多少量檸檬酸，黏度皆無法達到市售果醬標準；而 LMP 製作果

醬時則發現檸檬酸濃度的影響遠大於含糖量的影響，添加檸檬酸量越少，黏度越大，即使含糖量降低至 35%，降低檸檬酸濃度後果醬黏度仍可達標準，因此可藉由減酸進而達到減糖效果，由以上結果可知，若單討論改變糖、酸等條件，以 LMP 製作低糖果醬之可行性較高，若要以 HMP 製作低糖果醬，則須添加其他物質才可能成功。

為了提高本實驗應用性，我們以蔓越莓汁替代水，結合上述實驗之結果製作低糖果醬：由 LMP 降低含糖量及檸檬酸濃度製作蔓越莓果醬，在添加 0.1%檸檬酸時黏度最高，而含糖量可減至 45%；由 HMP 添加 PME 並將水替換為蔓越莓汁的果醬得知，相較於添加 0.3%檸檬酸，添加 0.1%檸檬酸的果醬有較高且符合市售標準的黏度。我們推測因蔓越莓汁本身的 pH 值偏低，因此添加過多的檸檬酸會使整體的反應環境過酸，導致黏度不佳；由 HMP 混合蒞果膠、加入 PME 並將水替換為蔓越莓汁的實驗組中得知，以 H：B=19：1 的比例混膠所製作出的果醬，黏度落在市售果醬標準；將 HMP 與大果藤榕果膠以 H：D=9：1 混膠，製作對照組果醬，可能因為蔓越莓本身為酸性，又添加了 0.3%檸檬酸後 pH 值過低，導致果醬黏度偏低，但仍可勉強達至市售品質。

接著，本研究希望能夠接續著探討如何將其他可凝膠物質，是否可用來製作低糖果醬，於是分別加入糖及檸檬酸來測試目前取得的三種可凝膠物質（明膠、洋菜膠及海藻酸鈉）的凝膠特性，我們發現，添加糖時，黏度普遍提高，但一添加酸，黏度就明顯下降。在查詢資料後得知，明膠又稱為吉利丁，是種動物膠，其主要成分為蛋白質，溫度過高會導致膠體變質而無法凝膠，在過酸的環境中亦會抑制凝膠，用以製作凝膠時，在低溫環境靜置方可凝膠；洋菜膠溶於 90°C 以上的熱水，成品口感較脆且硬，且在室溫的環境下便可凝膠；海藻酸鈉的凝膠性質和 LMP 相似，皆可與鈣離子鍵結，但不適合在過酸的環境中反應。未來，我們也希望了解更多食用膠體的性質（例如關華豆膠、結蘭膠等），進行更深入的比較與探討。

柒、結論

一、本研究探討 HMP、LMP 製作果醬之凝膠物理性質，並結合愛玉子 PME、蒟蒻及大果藤榕果膠製作低糖果醬之研究，因此我們設計了果醬黏度測試裝置，並以黏度標準液定義黏度，找出本裝置所測得秒數與黏度之關係。經測試各種市售果醬的黏度，發現其黏度約落在 10~50 秒（6000~15000 cP）。

二、以 HMP 製作果醬之凝膠特性：

- （一）含糖量對於 HMP 黏度之影響：本研究發現含糖量提升，果醬黏度隨之提高，在含糖量 55%以上時可做出媲美市售果醬品質之果醬。
- （二）檸檬酸濃度對於 HMP 黏度之影響：HMP 果醬需添加適量的檸檬酸才可達到市售果醬標準，約在 0.1~1%時，可達到市售果醬標準範圍。
- （三）放置時間對於 HMP 黏度之影響：本研究發現放置時間越長，HMP 果醬黏滯度越大，約在四小時後，黏度趨於穩定。

三、以 LMP 製作果醬之凝膠特性：

- （一）含糖量對於 LMP 果醬黏度之影響：同 HMP，含糖量提升，果醬黏度也提高，含糖 65%以上時，才能做出媲美市售果醬品質。添加 0.05%氯化鈣，可減糖至 50%。
- （二）Ca²⁺離子對於 LMP 果醬黏度影響：LMP 不含 Ca²⁺時，黏度皆不佳，若 LMP 含有過多 Ca²⁺，雖會使黏度增加，但亦伴隨結塊、離水。
- （三）檸檬酸濃度對於 LMP 果醬黏度之影響：比起 HMP 果醬，LMP 所需之檸檬酸更少，推測是由於 LMP 所含之羧基比例較 HMP 多，約在添加 0.2~0.3%檸檬酸時有最好之果醬品質。
- （四）放置時間對於 LMP 果醬黏度之影響：放置時間越久，黏度反而會減少，且在測試過程中，攪拌過度也會使黏度遞減。

四、混合果膠對果醬黏度之影響：本實驗以不同比例混合 HMP 與 LMP，發現若 HMP 所占比例越多，黏度越大，但整體觀察後，發現黏度普遍不符合市售果醬之標準，因此混合果膠並不會結合兩種果膠之凝膠特性，混膠比單一種果膠製作還差。

五、以 HMP 結合愛玉子/愛玉子 PME 製作果醬之凝膠性質觀察：

- (一) 利用愛玉子攪打時，攪打時間越久，黏度越大，可製作減糖果醬（50%糖）。
- (二) 因愛玉子內含花被等其他雜質，且酵素活性不一，直接攪打瘦果數據變動性較大。
- (三) 利用愛玉子 PME 進行攪打時，黏度的高峰落在 0.5~1hr，且兩者在攪打一小時並靜置 23 小時後的黏度皆升高，可能是轉醯基反應造成，可製作減糖果醬(50%糖)。

六、混合薜荔、大果藤榕果膠能否提升果醬黏度：

- (一) 薜荔及大果藤榕果膠性質接近 HMP。
- (二) HMP 添加薜荔果膠製作果醬可使果醬黏度提升。
- (三) 經過 PME 修飾的薜荔果膠能夠取代 HMP 製作果醬。
- (四) HMP 混合大果藤榕果膠可減糖製作果醬（50%含糖量）。

七、以 HMP 混合薜荔果膠比例 19：1，加入 PME 攪打，再添加氯化鈣，可製作減糖果醬（50%糖）黏度可達市售標準；大果藤榕添加 PME 則效果不佳。

八、開發低糖果醬之可行性研究：我們結合前面所得到之結論，嘗試減酸製作低糖果醬，得以下結論：

- (一) HMP 果醬含糖量低於 50%，在任何條件下，所得黏度皆無法達到市售標準。
- (二) LMP 添加檸檬酸減少，黏度越大，即使含糖量降低至 35%，所製作出的果醬依然可達標準。
- (三) 薜荔果膠可以製作果醬，但無法減糖。
- (四) 混入大果藤榕果膠可提升品質，並能減糖至 50%製作果醬。
- (五) HMP 與薜荔果膠以 19：1 混合，加入愛玉子 PME 可製作 50%減糖果醬。

九、以果汁搭配本研究提出之製作果醬方法為可行的（如本研究使用的蔓越莓汁），但應考慮果汁本身的酸度再添加減量的檸檬酸。

十、以明膠、洋菜膠、海藻酸鈉等物質嘗試製作果醬時，會因為含有酸而造成凝膠不佳，也許未來可以針對其他如關華豆膠、結蘭膠等更多種食用膠體進行探討。

捌、參考文獻

1. 黃永傳、陳文彬、邵雲屏（1980）愛玉凍凝膠機構之研究。中國園藝 26（4）：177-142
2. 林讚標（1991）愛玉子專論。林業叢刊第 36 號。
3. 侯文琪（1994）I、豌豆植物之果膠鍵結模式之研究。II、豌豆植物之果膠酯酶及果膠酸甲基化酵素之分離及反應機制之研究。國立台灣大學農業化學研究所碩士論文。
4. 張玲蘭（2009）微波濃縮及微晶纖維素的添加對極柑果醬物性之影響。國立中興大學食品暨應用生物科技學系碩士論文。
5. 李川（2010）酶法制备柑橘皮渣低甲氧基果胶的工艺与特性研究。中国中南大学硕士论文
6. 連鈴嵐（2010）以果膠酯酶催化轉醯基反應之果膠製造低糖果醬之研究。國立台灣大學食品科學系碩士論文。
7. 呂宜靜（2011）探討非果膠膠體對果醬預拌粉理化性質的影響。國立宜蘭大學食品科學系碩士論文。
8. 王琨、华霄、杨瑞金、康佳琪、张文斌、赵伟（2013）正交试验优化向日葵盘果胶的提取和基本分析。※工艺技术食品科学 34（14） p. 1-5。
9. 莊竣守、曾旭宏、葉宸瑋（2016）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。第 56 屆中小學科學展覽會。國中組生物科。
10. 國立中興大學物理學系普通物理實驗室教材（2018）
http://experiment.phys.nchu.edu.tw/EZphysics/ex_g.htm
11. Löfgren .C, Hermansson A-M (2007) Synergistic rheological behaviour of mixed HM/LM pectin gels. Food Hydrocolloids. 21: 480–486
12. Glicksman.M. (1969) Pectins. In”Gum Technology in the Food Industry”.Ed.By Glicksman , M.Academic Press, New York. P.159-190.
13. Axelos, M. A. V., Thibault, J.F. (1991) The Chemistry of low-methoxyl pectin gelation. In “The Chemistry and Technology of Pectin”.Ed. By Walter, R. H. Acaemic Press, New York. P.135-164

【評語】 052201

1. 利用愛玉子含有之果膠酯酶將高甲氧基果膠(HMP)去甲基化以製備減糖果醬，並以自製黏度計檢測果醬黏度:另，添加大果藤榕果膠以提高 HMP 黏度，減少果醬製作時凝膠所需之糖量。
2. 能將營養相關之減糖概念，應用於加工食品之開發。
3. 依實驗目的自行設計模具，驗證控因及變因之關聯性，以證實結論。
4. 回答問題清楚、簡潔。
5. 實驗紀錄完整，參考資料收集豐富。

壹、研究動機

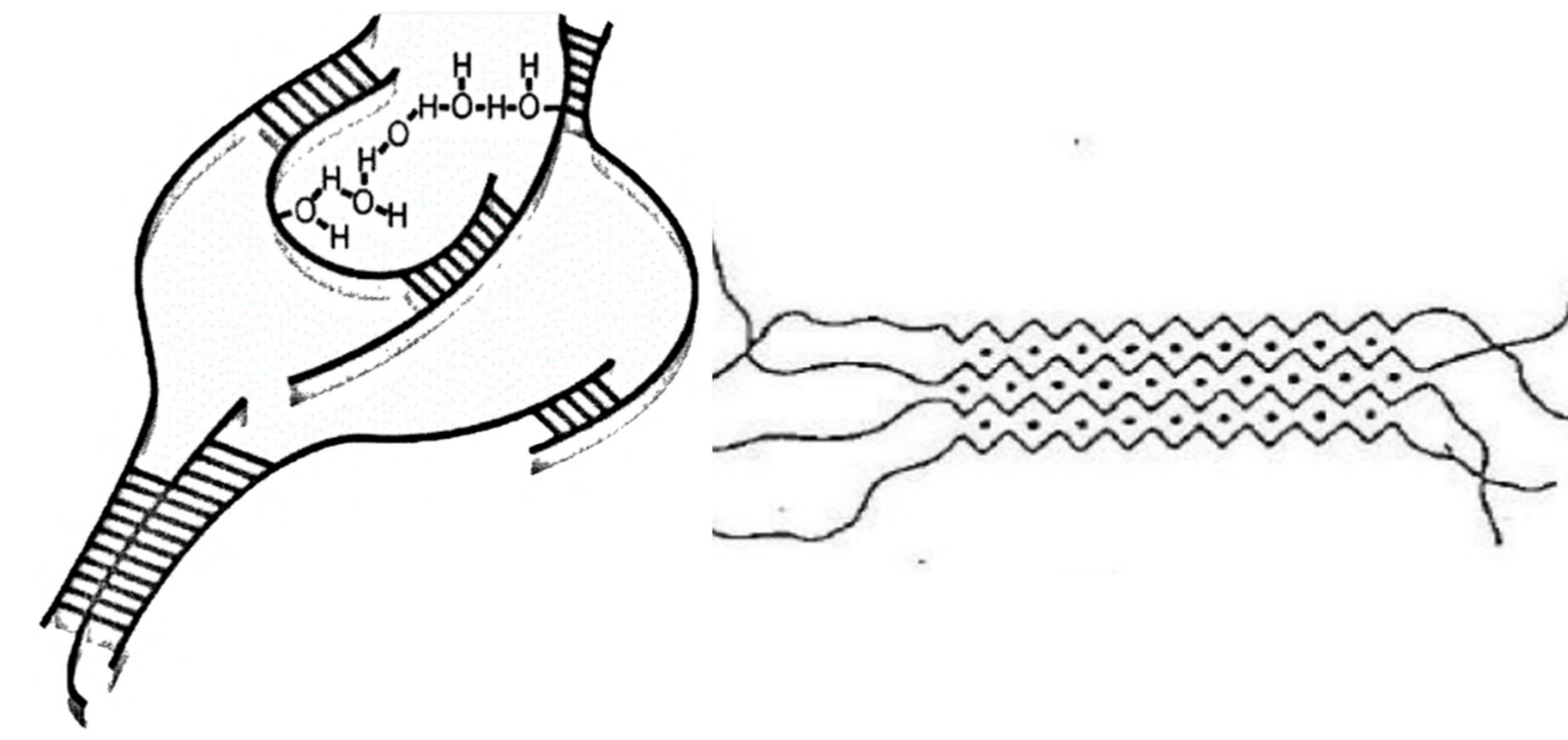
果醬是一種以水果、果膠、糖及酸在高溫下製成的食品，而一般市售果醬含糖量達60~80%，含糖量極高。這使我們希望開發低糖果醬製程。

高甲氧基果膠（High Methoxyl Pectin，以下簡稱HMP），利用氫鍵凝膠。經修飾後，可成為低甲氧基果膠（Low Methoxyl Pectin，以下簡稱LMP），以羧基與二價陽離子形成架橋，成為網狀結構，故不太受糖、酸影響（張玲蘭，2009）。

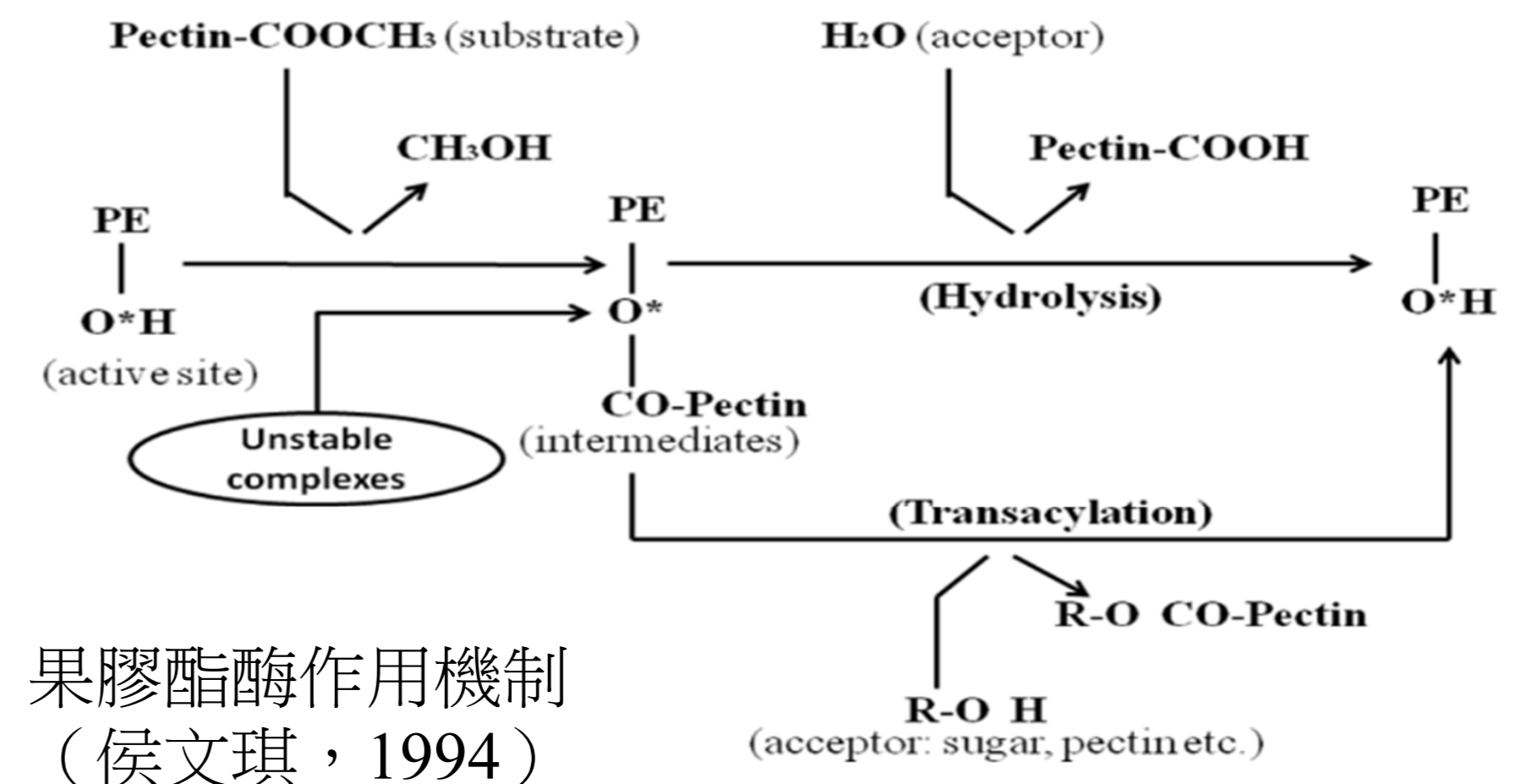
愛玉子（*Ficus pumila* var. *awkeotsang*）為台灣特有種，其果膠酯酶（PME或PE）將HMP上的甲氧基水解產生甲醇及羧酸成為LMP，進而使愛玉凝膠（林讚標，1999）。亦可催化轉醯基反應，轉移基群，增強膠體強度（連鈴嵐，2010）。

本研究假設—以愛玉子PME修飾HMP，可降解為LMP製作低糖果醬。

薜荔（*Ficus pumila*）、大果藤榕（*F. aurantiacea* Griff var. *pavifolia*）與愛玉子都屬薜荔榕亞屬植物。愛玉子與薜荔果膠成分類似。莊竣守等（2016）發現薜荔、大果藤榕果膠與愛玉子PME相容。這些榕屬植物的果膠也是本研究欲應用的材料。



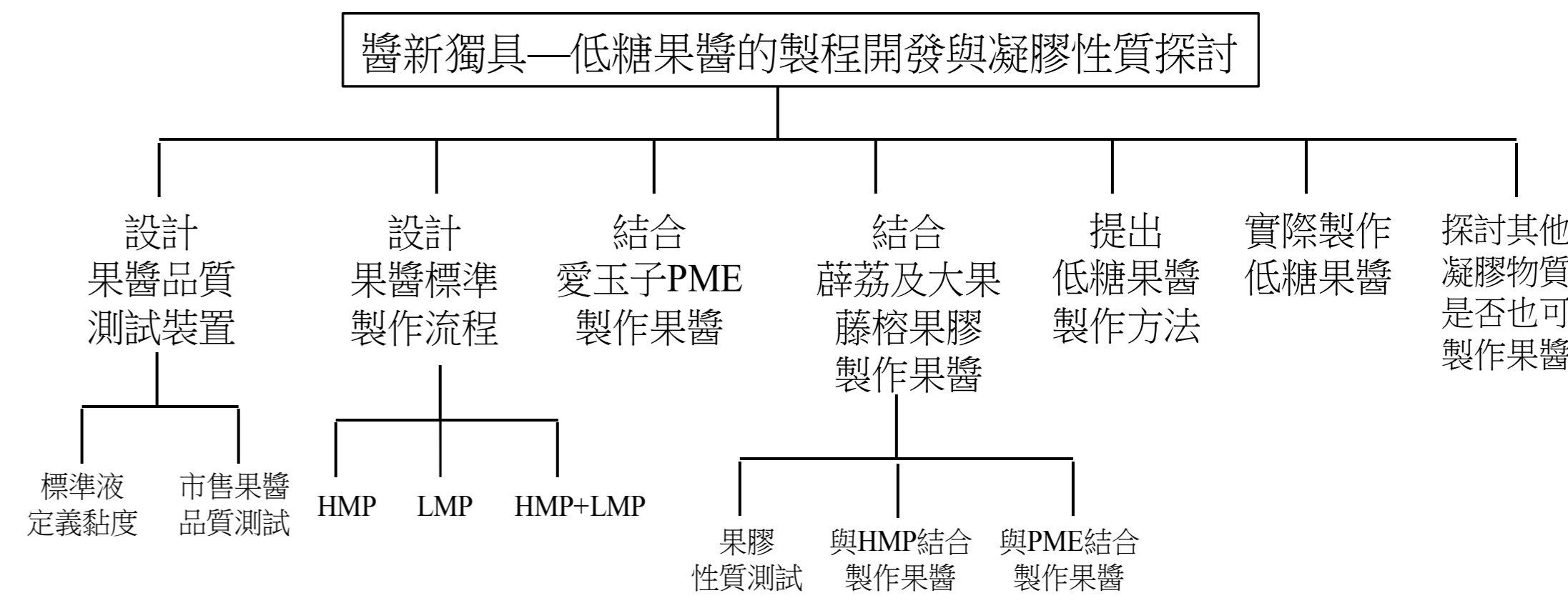
高甲氧基果膠凝膠原理 低甲氧基果膠凝膠原理
（圖自李川，2010）（圖自Axelos, M. A. V, 1991）



果膠酯酶作用機制
（侯文琪，1994）

貳、研究目的

- 一、開發果醬品質黏度測試裝置
- 二、設計標準製作流程，觀察不同條件製作之果醬品質
- 三、探討經PME修飾的果膠製作之果醬品質
- 四、以HMP結合榕屬（薜荔、大果藤榕）果膠製作果醬
- 五、提出低糖健康果醬之製作方法
- 六、利用果汁（蔓越莓汁）設計果醬製程
- 七、探討其他凝膠物質製作果醬的可行性



參、實驗設備及器材

- 一、設備材料：微波爐、磁石攪拌器、可程式控制器、電子溫度計、低溫植物培養箱、電子防爆控溫器、精密電子秤、離心機、pH meter、微量吸管、烘箱、磁石。
- 二、實驗材料：高甲氧基果膠粉（果膠B）、低甲氧基果膠粉（果膠LM-106AS）、氯化鈣、檸檬酸、氯化鈉、蒸餾水、蔗糖粉、愛玉子、薜荔、保鮮盒、紗布。



愛玉子（左）、薜荔（中）、大果藤榕（右）

肆、研究過程或方法

果醬標準製作流程

取5% 果膠液20g、蔗糖30~75g

檸檬酸0~1g加入5c.c.水中溶解後加入

將上述物質補水至100g

以微波爐微波，設定中高火力，微波20秒，重複4~6次

補水至100g以補充損失的水

於10°C培養箱靜置0~24hr

取50c.c.果醬，控溫於25°C，攪拌50下，測試黏度

果醬黏度測試裝置 & 黏度測試方法

針筒棒及滑輪作攪拌棒及轉軸

內外杯注入適溫水，控制水溫恆定並固定果凍杯

滾輪，減少摩擦力

砝碼重力攪動果醬當砝碼壓STOP即得秒數

電子溫度計觀測外杯溫度以便注入適當溫度25°C的水進而控溫

可程式控制器，可測得的數據範圍為0~3600s

發想自黏滯係數測定儀，以各種黏度標準液定義黏度，分析市售果醬黏度範圍。

黏度測試方法

- 將50c.c.果醬倒入內杯，外杯中放置適溫水控溫。
- 將攪拌棒放入果醬中，順時針將線繞轉軸捲起。
- 將可程式控制器RESET，再按下START並同時放開轉軸，待砝碼壓下STOP，即可由電腦測得秒數。

伍、研究結果

黏度測試裝置之秒數與黏度關係

經測試不同黏度標準液，我們將所得秒數對應該標準液的黏度，得到秒數與黏度關係：

秒數為0~9.5s時，黏度與秒數關係 $y = 695.0x - 295.3$ ；

秒數為9.5~50s時，黏度與秒數關係為 $y = 224.1x + 4377$ 線性函數，秒數超過50秒時黏度值僅參考。

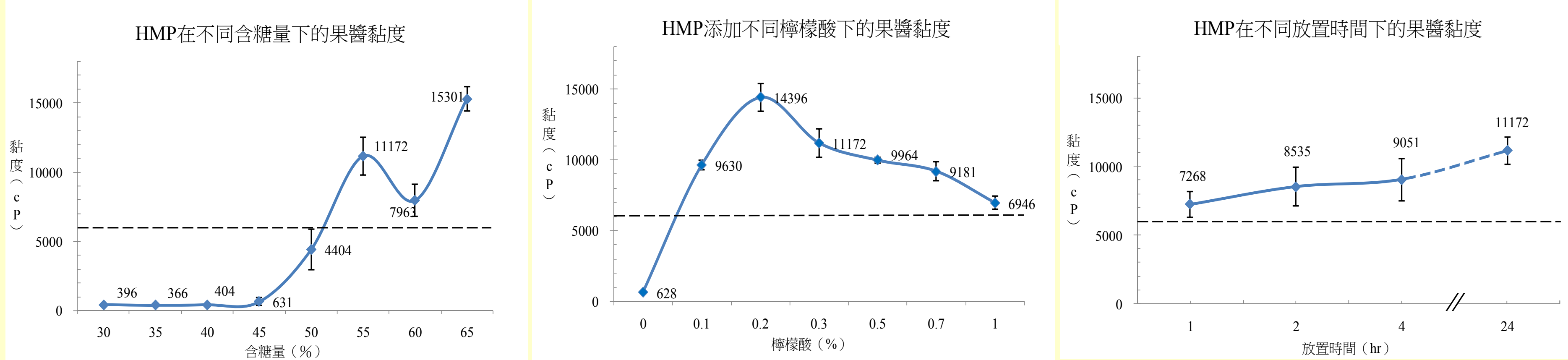
市售果醬之平均黏度

品牌	主要成分	測得秒數 (s)	換算黏度 (cP)
TYS	砂糖、羧甲基纖維素鈉、寒天、蘋果酸	12.04±1.87	7075 ±420
KB	麥芽糖、砂糖、果膠、檸檬酸	13.17±1.21	7328 ±271
KS	糖、關華豆膠、結蘭膠、羧甲基纖維素鈉	22.57 ±1.37	9436±308
LS	砂糖、羧甲基纖維素鈉、寒天、蘋果酸	25.07±1.05	9994 ±111
MK	檸檬酸、糖、蘋果果膠	51.41 ±4.79	15898±1074

測試裝置測試市售果醬黏度範圍約10~50秒，換算黏度約6000~15000 cP。

二、設計標準製作流程，觀察不同條件製作之果醬品質

(一) 高甲氧基果膠HMP果醬凝膠觀察 (含糖量、檸檬酸、放置時間)

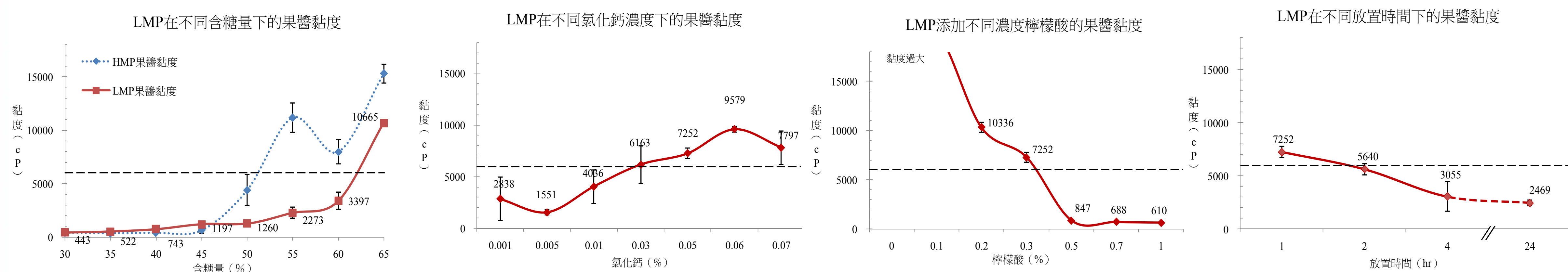


HMP標準製程：
HMP 1%
蔗糖 55%
檸檬酸 0.3%
微波後，
靜置於10°C冰箱，
一天後測試。

HMP的黏度隨著含糖量而提升，
約含糖量**55~60%**時達標準；**添加檸檬酸0.1~1%**時達市售果醬標準；
不同放置時間下的黏度隨放置時間增長，黏度趨於穩定。

HMP

(二) 低甲氧基果膠LMP果醬凝膠觀察 (含糖量、氯化鈣、檸檬酸、放置時間)



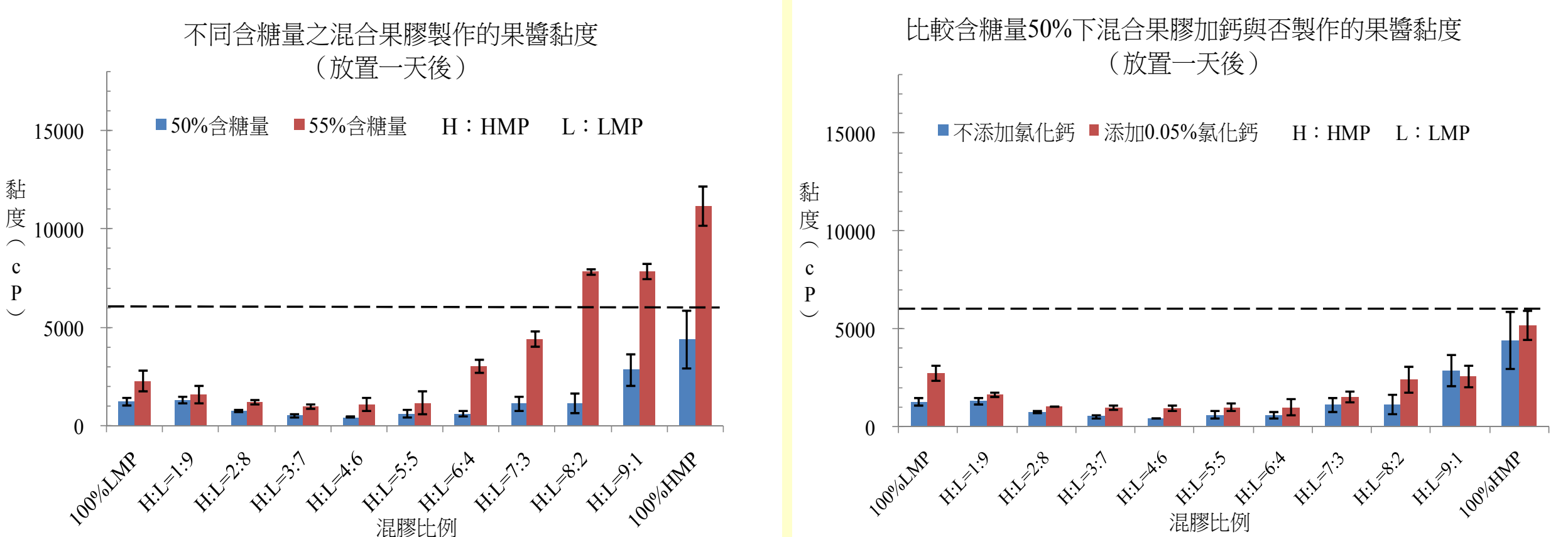
LMP標準製程：
LMP 1%
蔗糖 50%
檸檬酸 0.3%
微波後，
加入0.05% 氯化鈣水溶液
待冷卻至25°C後測試。

LMP

LMP在**不添加Ca²⁺離子**的環境下，在含糖量**60%以上**時適合製作果醬；在LMP實驗中**添加0.05%氯化鈣水溶液**以提升果醬品質；

LMP約在**0.2~0.3%檸檬酸**時可達市售果醬標準；LMP所製成果醬**放置時間越長**，果醬黏度**越低**。

(三) 混合HMP及LMP製作果醬凝膠觀察 (含糖量、氯化鈣)



控制變因：

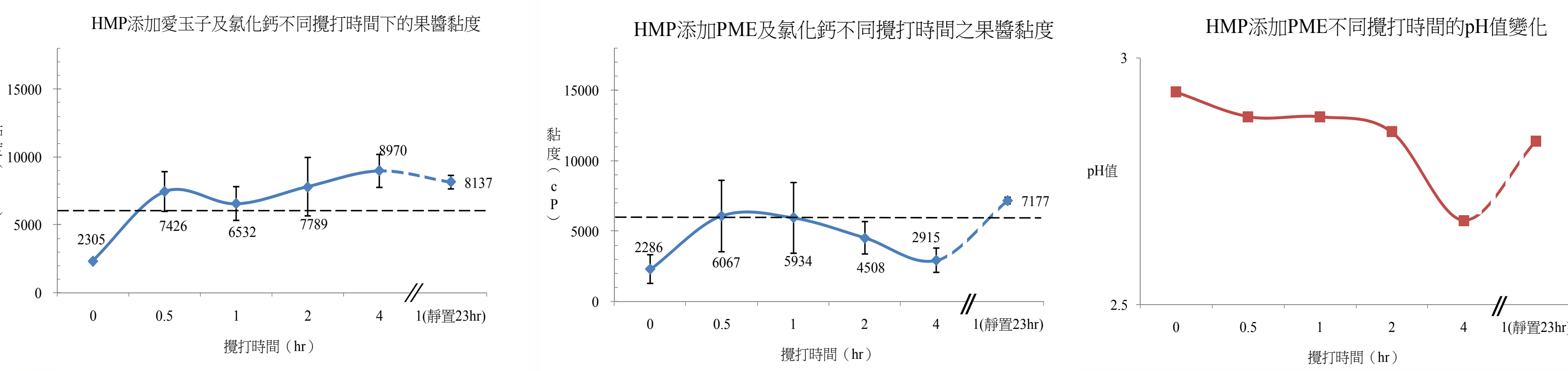
HMP+LMP 1%
蔗糖 50% or 55%
檸檬酸 0.3%
微波後，
靜置於10°C冰箱
一天後測試。

在**50%含糖量**時混膠製作低糖果醬，無論以任何混膠比例，
或添加鈣離子，皆無法達市售果醬的標準範圍。

HMP+LMP

三、探討經PME修飾的果膠製作之果醬品質

(一) 添加愛玉子攪打 (二) 加愛玉子PME粗萃取液修飾HMP



控制變因：

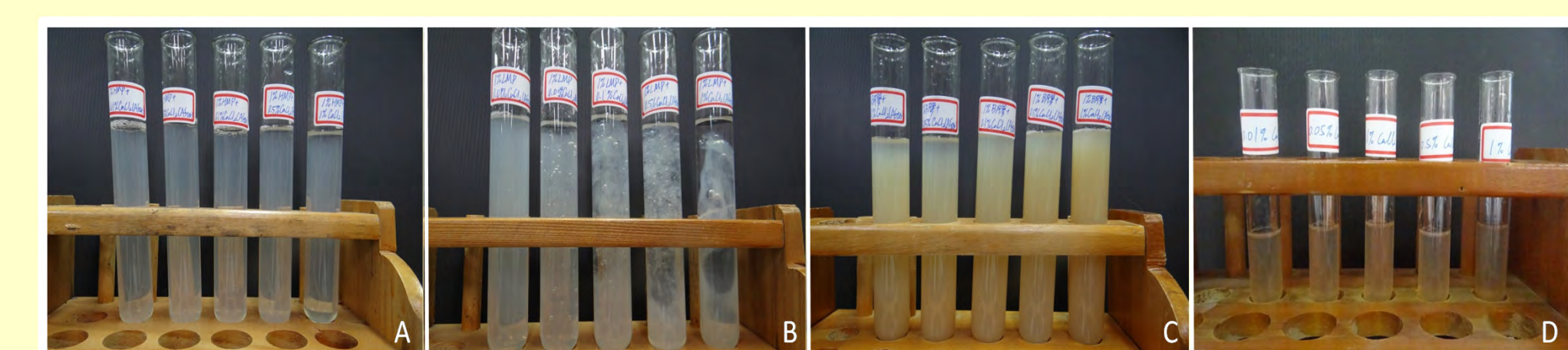
HMP 1%、蔗糖 50%、檸檬酸 0.3%、
氯化鈣水溶液 0.05%、愛玉子 0.5g or 愛玉子PME 5g

HMP結合愛玉子攪打，並添加鈣離子可使黏度達市售品質；HMP結合愛玉子PME粗萃取液攪打**0.5~1hr**時，可達黏度高峰，之後便會逐漸下降；靜置**24hr**後，推測是轉醯基反應的發生，使果膠分子量變大，黏度提升。

HMP→LMP

四、以HMP結合榕屬 (薜荔、大果藤榕) 果膠製作果醬

(一) 觀察薜荔、大果藤榕果膠的性質 (接近HMP或LMP)



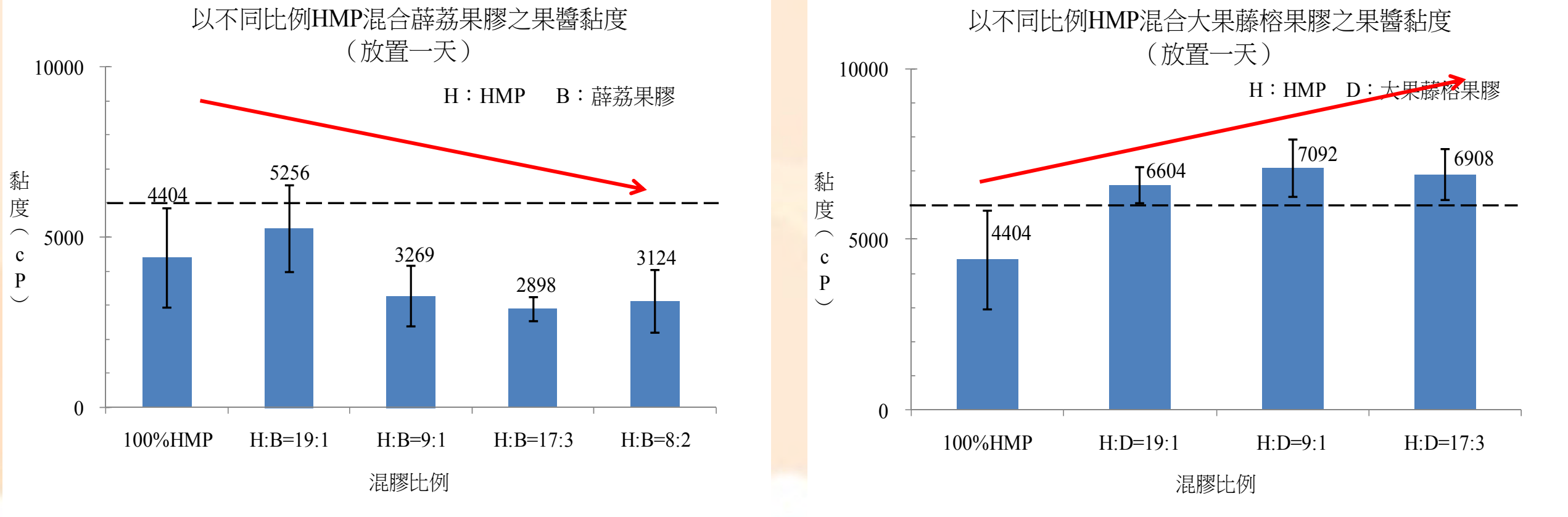
HMP (A)、LMP (B)、薜荔果膠 (C)、大果藤榕果膠 (D)
添加不同濃度氯化鈣水溶液後之凝膠情形

果膠種類 \ 氯化鈣濃度	0.01%	0.05%	0.1%	0.5%	1%
HMP 1%	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠
LMP 1%	無凝膠	凝結成果凍	凝結成果凍	結成硬塊 大量出水	結成硬塊 大量出水
薜荔果膠 1%	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠
大果藤榕果膠 1%	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠	無凝膠

本實驗取1%HMP、LMP、薜荔及大果藤榕果膠分別添加不同濃度氯化鈣水溶液，得出**薜荔、大果藤榕果膠之性質接近HMP的結論**。

(二) HMP結合薜荔、大果藤榕果膠製作果醬

1. 混膠HMP及薜荔； 2. 混膠HMP及大果藤榕：



控制變因：

(左) H&B 1%、含糖量 50%、檸檬酸 0.3%
(右) H&D 1%、含糖量 50%、檸檬酸 0.3%

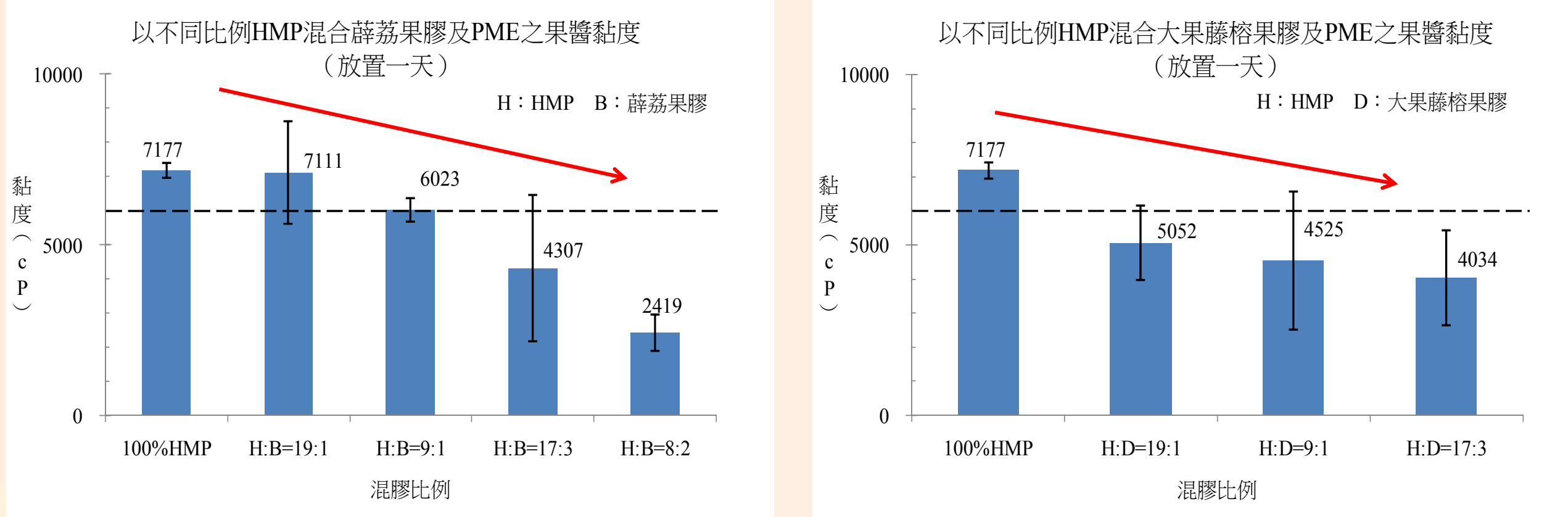
薜荔果膠所佔比例越多，果醬黏度越低，因此可知，薜荔果膠雖說性質接近HMP，但與HMP混合後無法在低糖環境下提升凝膠品質。

在大果藤榕果膠所佔比例為**H:D=9:1**時，果醬黏度最高，因此，在HMP中添加大果藤榕果膠有助於提升黏度，且能以含糖量**50%**製作符合市售標準。

HMP+榕屬植物果膠

(三) 利用愛玉子PME修飾混合果膠製作果醬

1.H&B結合PME； 2.H&D結合PME：



控制變因：

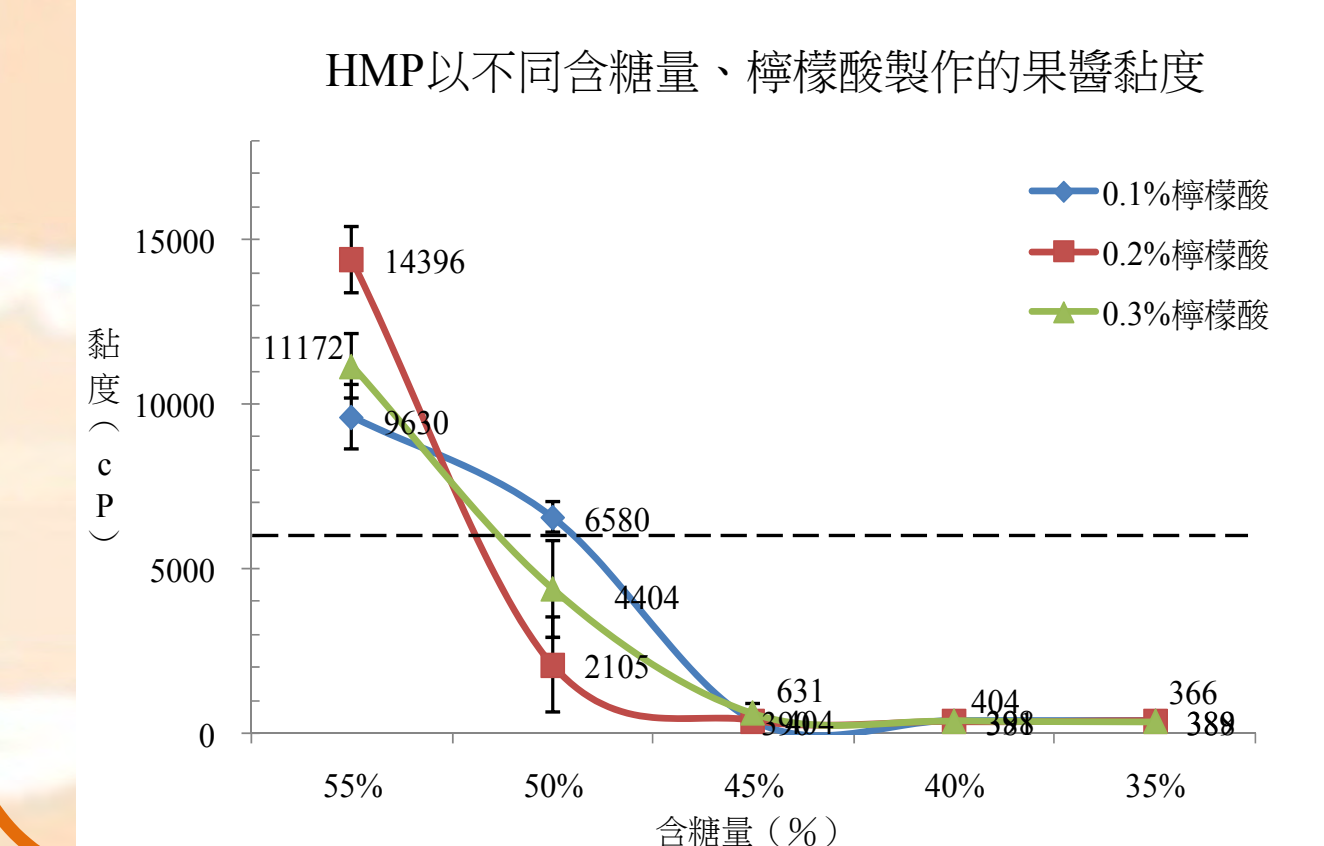
(左) H&B 1%、含糖量 50%、檸檬酸 0.3%、愛玉子PME 5g、氯化鈣水溶液 0.05%
(右) H&D 1%、含糖量 50%、檸檬酸 0.3%、愛玉子PME 5g、氯化鈣水溶液 0.05%

由圖可知，此實驗結果符合上述以不同比例混合HMP及薜荔果膠，同樣都是薜荔果膠所佔的比例越多，果醬黏度越低；但若添加少量薜荔果膠，並添加PME後，黏度可達市售標準；添加PME攪打後，大果藤榕果膠所佔比例越高，黏度越低，且皆無法達市售標準，和上述以不同比例混合HMP及大果藤榕果膠的實驗，有著完全不同的結果。

HMP+榕屬植物果膠+PME

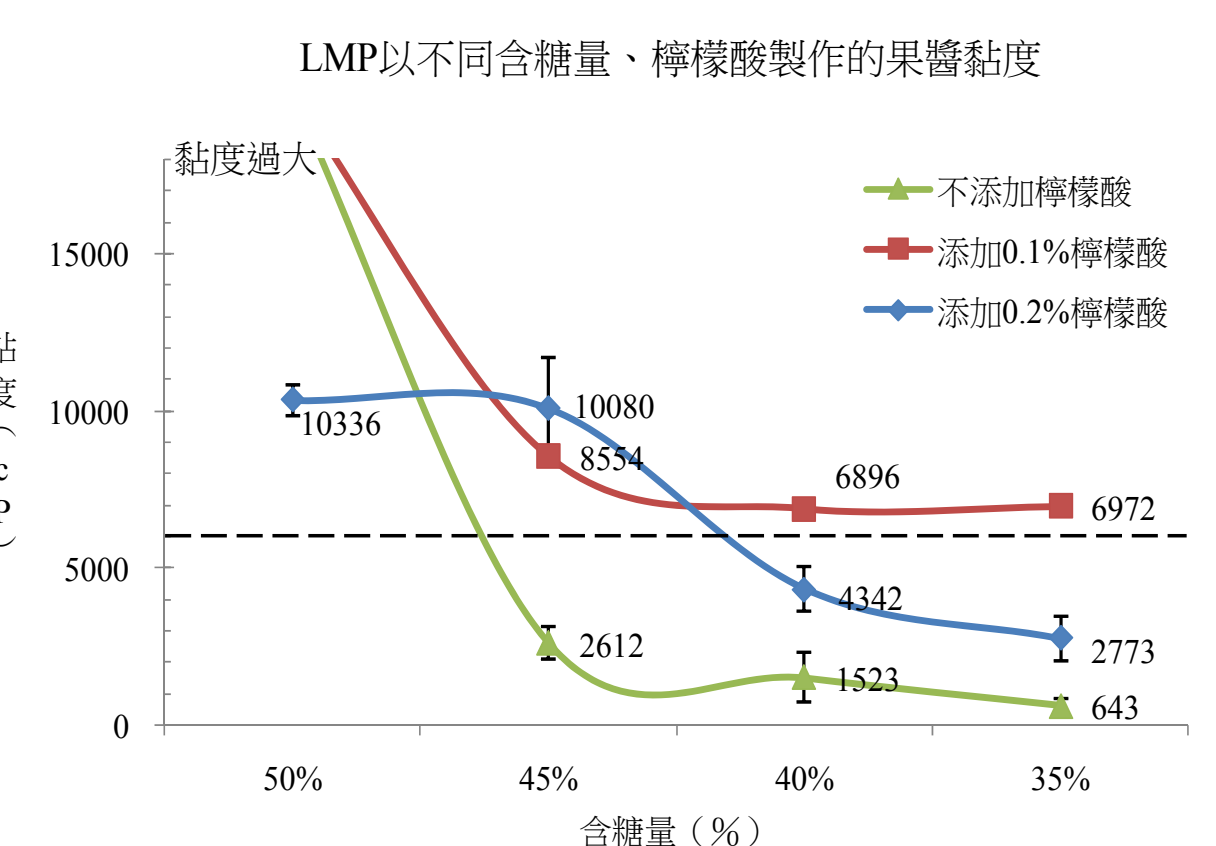
五、提出健康低糖果醬製作方法

(一) 減酸，以HMP製作果醬



HMP果醬在含糖量**<55%**時，製作的果醬黏度極低，即使減少添加檸檬酸，仍不會使果醬黏度提升，故以純HMP製作低糖果醬可行性不高。

(二) 減酸，以LMP製作果醬



由實驗結果可知，LMP果醬在**0.1%**檸檬酸的環境下，即使含糖量降低至**35%**，依然可以添加**0.05%**氯化鈣達到市售果醬低標，可以減糖製作果醬。

減酸&減糖


六、利用果汁（蔓越莓汁）設計果醬製程

本研究將上述實驗發現之可行方式，以市售蔓越莓汁代替純水，製作蔓越莓果醬。

實際製作果醬


(一) 以HMP製作 一般家庭可行

果膠濃度	含糖量	檸檬酸	氯化鈣	放置時間	黏度
*1%	55%	0.3%	不添加	24hr	14.11s/ 7325cP




(五) 以HMP混合大果藤榕果膠製作

果膠濃度	混膠比例	含糖量	PME	檸檬酸	氯化鈣	放置時間	黏度
*1%	H : D = 9 : 1	55%	不添加	0.3%	不添加	24hr	8.08s/ 5321cP




(二) 以LMP製作 一般家庭可行

果膠濃度	含糖量	檸檬酸	氯化鈣	放置時間	黏度
*1%	50%	0.3%	0.05%	0hr	6.53s/ 4243cP
1%	45%	0.1%	0.05%	0hr	14.54s/ 7421cP
1%	40%	0.1%	0.05%	0hr	8.68s/ 5735cP




(六) 以薜荔瘦果直接製作 一般家庭可行

果膠濃度	含糖量	檸檬酸	氯化鈣	放置時間	黏度
*取薜荔籽：蔓越莓汁 1 : 10攪拌1小時，取50g	50%	不添加	不添加	24hr	7.77s/ 5105cP



(七) 以大果藤榕瘦果直接製作 一般家庭可行

果膠濃度	含糖量	檸檬酸	氯化鈣	放置時間	黏度
*取大果藤榕籽：蔓越莓汁 1 : 15攪拌1小時，取50g	50%	不添加	不添加	24hr	9.83s/ 6580cP



註：H：HMP；B：薜荔果膠；D：大果藤榕果膠


(三) 以HMP添加PME製作

果膠濃度	含糖量	PME/ 愛玉子	檸檬酸	氯化鈣	攪打/放置 時間	黏度
*1%	50%	5c.c.	0.3%	0.05%	1hr/23hr	8.98s/ 5946cP
1%	50%	5c.c.	0.1%	0.05%	1hr/23hr	21.18s/ 8902cP
1%	50%	0.5g 瘦果	0.1%	0.05%	1hr/23hr	1.52s/ 761cP




(四) 以HMP混合薜荔果膠製作

果膠濃度	混膠比例	含糖量	PME	檸檬酸	氯化鈣	攪打/放置 時間	黏度
*1%	H : B = 19 : 1	50%	5c.c.	0.3%	0.05%	1hr/23hr	20.05s/ 8650cP



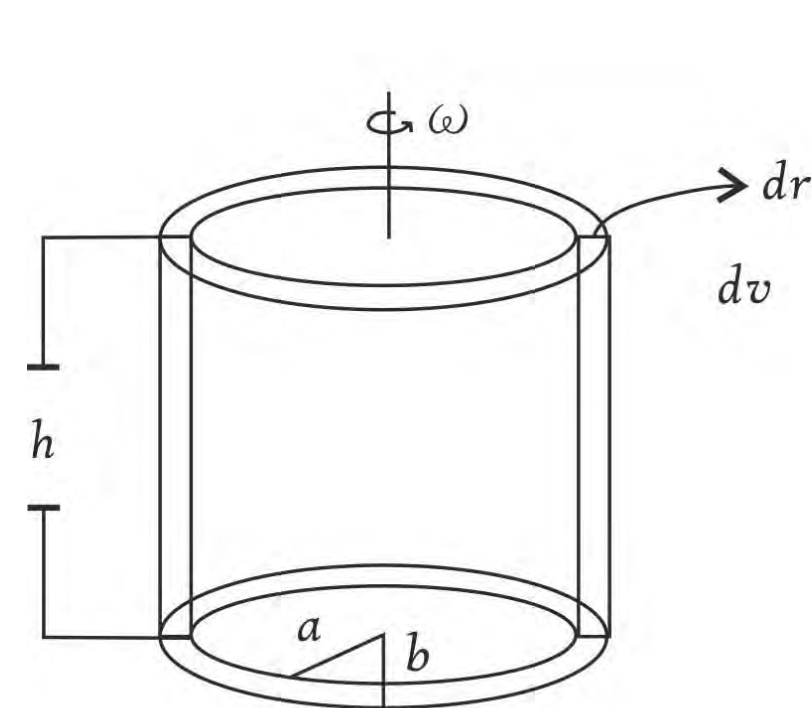
七、探討其他凝膠物質製作果醬的可行性

其他膠體

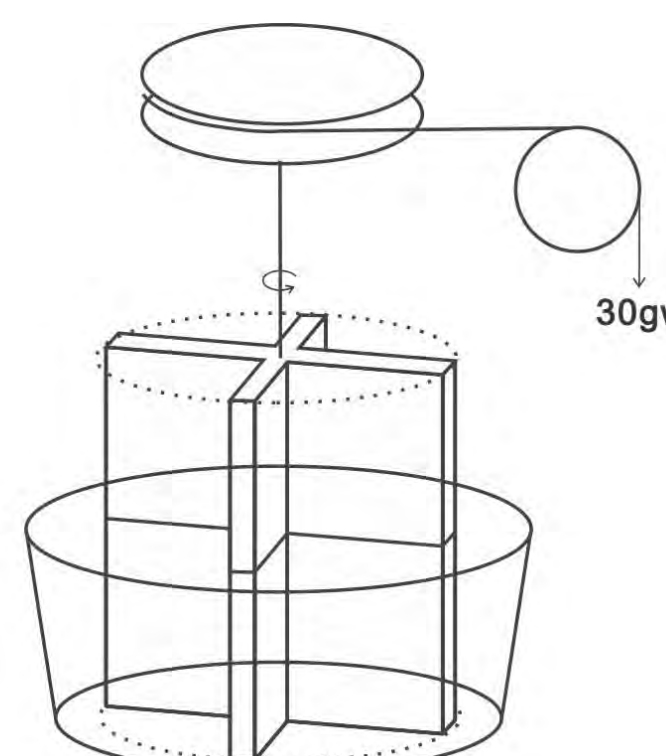
凝膠物質 操作變因	明膠	洋菜膠	海藻酸鈉
蔗糖	加糖後黏度提高（50%含糖量）		
檸檬酸	0.3%檸檬酸 抑制凝膠	0.3%檸檬酸 抑制凝膠	0.3%檸檬酸 凝膠變差
氯化鈣	不受影響	不受影響	需與鈣離子鍵 結才會凝膠
溫度	溫度過高導致 膠體變質而 無法凝膠	加熱後在 低溫環境 靜置方可凝膠	不受影響

陸、討論與結論

一、本研究探討HMP、LMP製作果醬之凝膠物理性質，並結合愛玉子PME、薜荔及大果藤榕果膠製作低糖果醬之研究，因此我們設計了果醬黏度測試裝置，並以黏度標準液定義黏度，找出本裝置所測得秒數與黏度之關係。經測試各種市售果醬的黏度，發現其黏度約落在10~50秒（6000~15000 cP）。



一般黏滯係數測定儀的測試原理，是使內筒旋轉而外筒固定，液體黏度會影響轉速，進而換算出黏度單位。



本實驗設計的黏度測試方法與一般黏度計最大的不同是「攪動」的過程，十字推棒的旋轉會與液體產生剪切力而不只有「黏度」。

二、HMP與LMP性質比較：

果膠種類 比較性質	HMP	LMP
酯化度	≥ 50%	< 50%
甲氧基含量	> 7%	< 7%
凝膠環境	高濃度糖、酸	含二價陽離子
凝膠特性	流體	凍狀
製造食品	果醬	果凍、低糖果醬

三、HMP與LMP製作果醬之凝膠特性：

果膠種類 不同變因	HMP	LMP
含糖量	黏度隨含糖量提升，55%適合製作果醬。	黏度隨含糖量提升，60%以上適合製作果醬。
放置時間	黏度隨放置時間提升。	放置越久，黏度越低。
添加檸檬酸	添加 0.1~1% 黏度最佳	添加 0.2~0.3% 黏度最佳
添加氯化鈣	添加後黏度略微提升。	添加能以50%含糖量製作符合市售品質之果醬。

柒、參考文獻

- 侯文琪（1994）I、豌豆植物之果膠鍵結模式之研究。II、豌豆植物之果膠酯酶及果膠酸甲基化酵素之分離及反應機制之研究。國立台灣大學農業化學研究所碩士論文。
- 張玲蘭（2009）微波濃縮及微晶纖維素的添加對椪柑果醬物性之影響。國立中興大學食品暨應用生物科技學系碩士論文。
- 李川（2010）酶法制备柑橘皮渣低甲氧基果胶的工艺与特性研究。中国中南大学硕士论文
- 連鈴嵐（2010）以果膠酯酶催化轉醃基反應之果膠製造低糖果醬之研究。國立台灣大學食品科學系碩士論文。
- 呂宜靜（2011）探討非果膠膠體對果醬預拌粉理化性質的影響。國立宜蘭大學食品科學系碩士論文。
- 莊竣守、曾旭宏、葉宸璋（2016）易紆而膠，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。第56屆中小學科學展覽會。國中組生物科。
- 國立中興大學物理學系普通物理實驗室教材：http://experiment.phys.nchu.edu.tw/EZphysics/ex_g.htm（2018）
- Glicksman.M.Pectins. In" Gum Technology in the Food Industry".Ed.By Glicksman, M. Academic Press, New York.1969,P.159-190.
- Axelos,M.A. V.;Thibault,J.F.The Chemistry of low-methoxyl pectin gelation. In"The Chemistry and Technology of Pectin".Ed. By Walter, R. H. Academic Press, New York. 1991,P.135-164

四、混合果膠對果醬黏度之影響：本實驗以不同比例混合HMP與LMP，發現HMP所占比例越多，黏度越大，但整體觀察發現黏度普遍不符合市售果醬之標準，因此混合果膠並不會結合兩種果膠之凝膠特性，反而可能使果膠分子不規則排列，凝膠比單一果膠還差。

五、以HMP結合愛玉子瘦果/愛玉子PME製作果醬之凝膠性質觀察

添加物 變因影響	愛玉子瘦果	愛玉子PME
攪打時間	攪打越久黏度越大，推測因攪打越久，溶出果膠、鈣離子等，使黏度提升。	攪打0.5~1hr黏度最佳，推測攪打過久會使pH值過低，不利製作凝膠。
靜置時間	靜置23hr後黏度增加，推測為轉醃基反應導致。	
減糖效果	減糖至50%仍可維持市售品質。	

六、高溫滅酶後的薜荔、大果藤榕果膠加入氯化鈣水溶液後皆未凝膠，性質較接近HMP。薜荔果膠以55%含糖量製作的果醬黏度雖不及純HMP製作，但仍可達市售品質，可作果醬果膠替代品；將大果藤榕果膠混合HMP製作果醬則可提升凝膠品質。

七、HMP與薜荔果膠混合並且加入PME反應後，凝膠品質較未添加PME攪打之果醬，能得到較好的凝膠品質，可能是因愛玉子與薜荔為孳生種，相容性較好的原因；而與大果藤榕混合可能因相容性沒有那麼好，導致添加之大果藤榕果膠越多，凝膠品質越差。

八、開發低糖果醬之可行性研究：我們結合前面所得到之結論，嘗試利用不同製程製作低糖果醬，得以下結論：

- 若HMP果醬含糖量低於55%，在任何條件下，所得黏度皆無法達到市售標準。
- LMP添加檸檬酸越少，黏度越大，即使含糖量降低至35%，所製作出的果醬依然可達標準。
- 薜荔果膠可以製作果醬，但無法降低含糖量。
- 大果藤榕果膠可以提升果醬品質，降低含糖量。
- HMP與薜荔果膠以19：1混合，加入愛玉子PME可製作50%減糖果醬。

九、以明膠、洋菜膠、海藻酸鈉等物質嘗試製作果醬時，會因為含有酸而造成凝膠不佳，也許未來可以針對其他如關華豆膠、結蘭膠等更多種食用膠體進行探討。