

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

第一名

最佳創意獎

030207

「泡膜」雲起 「膜」登寶「澱」

—澱粉起泡、成膜性質的探討及應用

學校名稱：新北市立義學國民中學

作者： 國二 鍾逢彧	指導老師： 陳又君 張世正
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：澱粉、成膜、起泡

得獎感言

一年前，我在學校的專題課加入了科展的研究，這是我以往所沒有過的經驗，放學留校和同學一起研究、假日穿著校服到校做實驗、每天晚上熬夜整理數據和打報告，這些「水深火熱」的生活，彷彿到現在還歷歷在目呢！

這組研究曾經有好幾位「過路客」，但是都無法堅持做下去，我很慶幸自己沒有放棄，在實驗遇到瓶頸的時候做出了正確的選擇，一個人雖然辛苦、寂寞，碰到問題時，沒有討論的對象，有時甚至感到無助，但是在結果收成時，我的甜果卻能夠比別人更多、更大、更甜！這是如此得來不易啊！

在這一年中，因為科展我改變了許多，以前，我是個非常膽小的人，不敢在眾人面前表現自我，但是經過老師一次又一次的教導，我一次又一次的練習，到了國展，我能夠在眾多學問淵博的教授面前，勇敢的道出我這一年的努力，心中沒有緊張，只有無比的激昂，我做到了，做到了以前的我做不到的事，我得到了，得到了以前學長姊們沒有得到的肯定！我能夠做到、得到，動力都源自那心中對科學的熱衷與執著，相信對於自己的研究，要有相當的熱情與期待，才能夠在這科學的道路上打出自己的一片天！

做科展，有辛苦，也有快樂！當實驗失敗時，是難過；當研究遇到瓶頸時，是煩惱。當研究有新的想法時，是開心；當實驗有結果時，是興奮；當報告在自己熬了三夜，終於要畫上句點時，是歡喜。當頒獎的司儀念到自己的名字時，是快樂；經過努力而得到的成果，受到眾人的肯定是最大的快樂！也許有些人認為，做科展只不過是為了得獎、為了學業加分，但是我並不這麼認為。做科展，最珍貴的無非是過程中所得到的經驗，也許為了科展，學校的課業落掉了，但是在實驗室中所學到的實驗技巧與科學精神，對我來說，才是在未來真正需要培養的！

最後，祝福未來想要向這浩瀚的科學挑戰的小科學家們，能夠盡情的在科展的研究中展現對科學的熱情！



除了用心於課業外，我也喜歡到處走走看看～。

壹、摘要

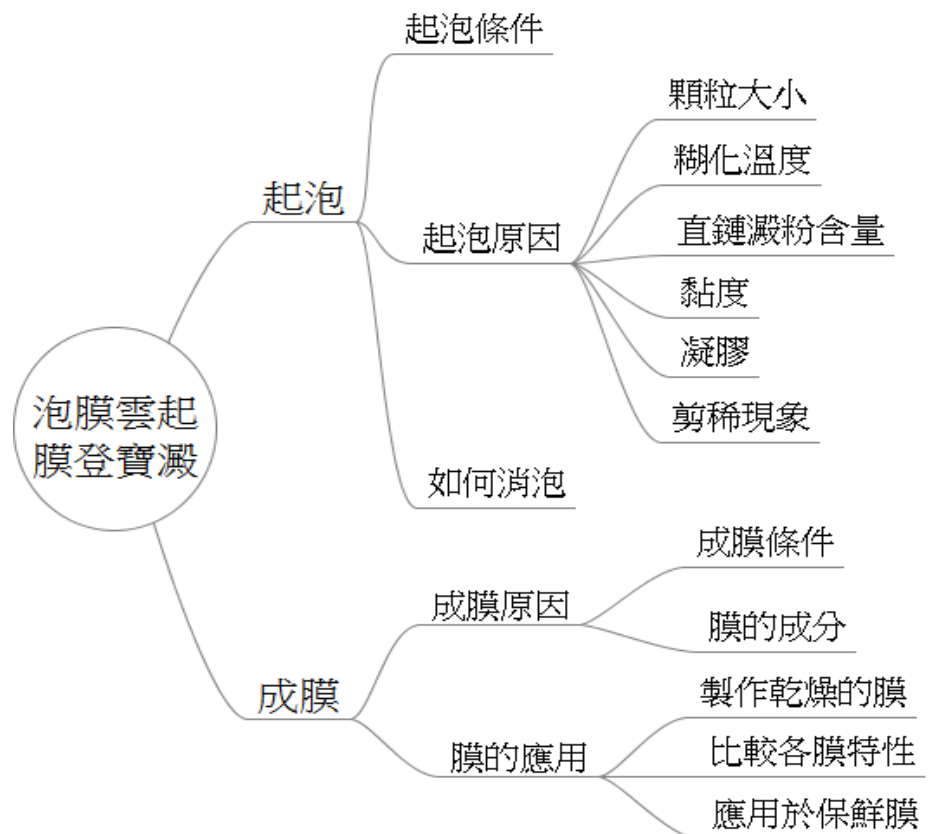
本研究先是探討為什麼烹煮某些澱粉食物會有起泡和成膜的現象，結果發現 A 型澱粉(穀類澱粉)其直、支鏈澱粉的結構，使澱粉鏈間的氫鍵連結力適中，故易起泡，可用酸、鹼破壞氫鍵或用油和澱粉形成複合物而抑制起泡。研究又發現，溶液靜置後表面會形成膜，是由支鏈和直鏈澱粉重新規則排列結合，故韌性佳、不易破，可覆蓋容器加熱。製膜的過程中添加蛋白質或甘油，並沒有提升原本澱粉膜的韌性。用於微波爐或電鍋時，因膜具有排氣和吸水性，在正常烹飪條件下都不會破，但若食物含水量太高、火力太強，會糊掉或乾掉，因膜具通透性，食物升溫情形略低於 PVC 保鮮膜。此澱粉膜和各種材質的容器黏合力較佳，且為天然聚合物，較健康、環保，具有商品化的價值。

貳、研究動機

在寒冷的冬天，想來碗熱騰騰的清粥，卻發現在煮稀飯的時候，綿密的泡沫會迅速的湧上，來不及關火，弄得爐台髒兮兮!覺得可能是因為澱粉加熱會起泡的關係，但是有些澱粉在加熱時卻不會起泡，因此想了解是哪些澱粉在加熱時會起泡，又為什麼會起泡？而在煮稀飯的時候發現一個有趣的現象，當稀飯稍微冷卻時，液面上會凝結成像是「膜」的物質，想知道這是什麼東西造成的，並把它應用在生活上。

參、研究目的

- 一、觀察各種澱粉在不同濃度下的起泡情形
- 二、探討澱粉起泡原因
- 三、如何消泡
- 四、探討膜的成因
- 五、探討膜的應用



肆、研究設備及器材

- 一、澱粉的種類：在來米粉、糯米粉、玉米粉、太白粉(馬鈴薯澱粉)、地瓜粉、樹薯粉、低筋麵粉、中筋麵粉、高筋麵粉
- 二、儀器：比色計、超音波震盪器、加熱攪拌器、顯微鏡、濾光片、電子秤、恆溫槽、植物生長箱、電磁爐、烘箱
- 三、器材：燒杯、玻棒、溫度計、紙尺、玻璃漏斗、滴管、定量瓶、安全吸球、滴定管、偏光鏡、刮勺
- 四、藥品：碘液、碘、碘化鉀、乙醇、氫氧化鈉、醋酸、純水、甘油、碳酸氫鈉、吉利丁

伍、研究方法及結果

- 一、觀察各種澱粉在不同濃度不同溫度的起泡情形

目的：煮澱粉類食物起泡程度不一，想要以澱粉的種類來探究和起泡的關係。要比較起泡的高度，加熱的方式、時間及器材都必須一致。

(一) 研究方法：

1. 配置溶液的濃度：選擇配置 1%~5% 的溶液作為代表，因為 6% 以上的溶液太過濃稠，不易攪動，且一般澱粉溶液類的料理不會這麼濃。
2. 記錄起泡高度的方式：在燒杯的杯壁貼上紙尺，紙尺在燒杯最底部由 0 算起，在 2cm 貼膠帶，並把 2cm 以下的紙尺撕掉(為避免燒杯加熱時，紙尺被燒到)(圖一)。
3. 隨溫度記錄起泡高度：從 30℃ 開始，溫度每上升 10℃ 紀錄一次高度，記錄到末溫。在加熱到 90℃ 以前要不停的攪拌，避免澱粉沉澱，造成黏鍋，90℃ 以後停止攪拌，計時三分半當作末溫。
4. 裝置圖：



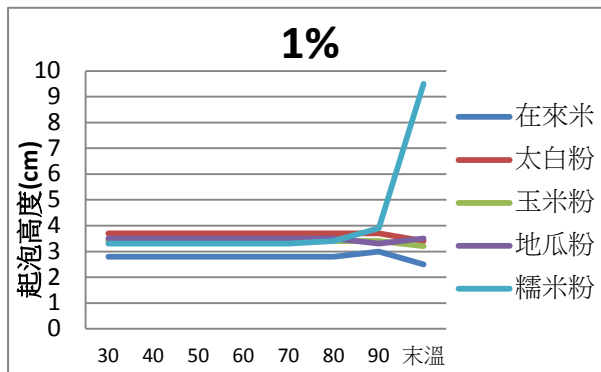
圖一、燒杯貼紙尺



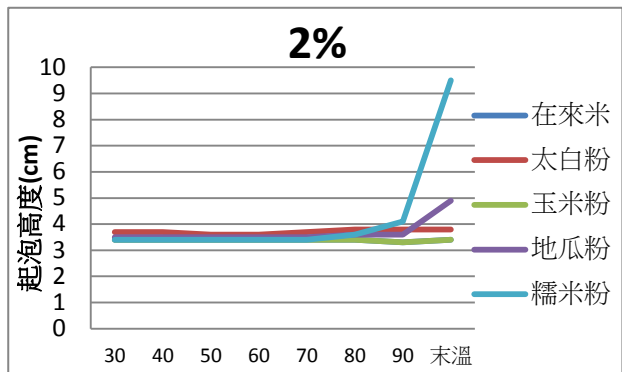
圖二、加熱澱粉測量高度的裝置圖

(二) 研究結果：

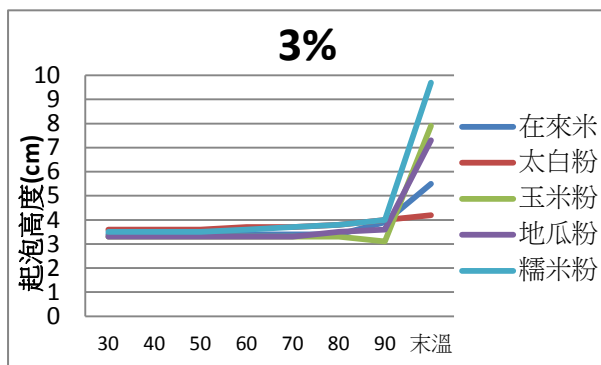
依澱粉種類和濃度區分，畫出隨時間變化的起泡高度圖。



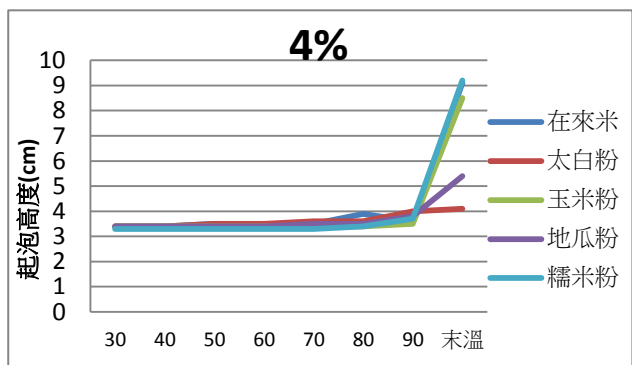
圖三、只有糯米粉有起泡，其餘的澱粉都沒有起泡。



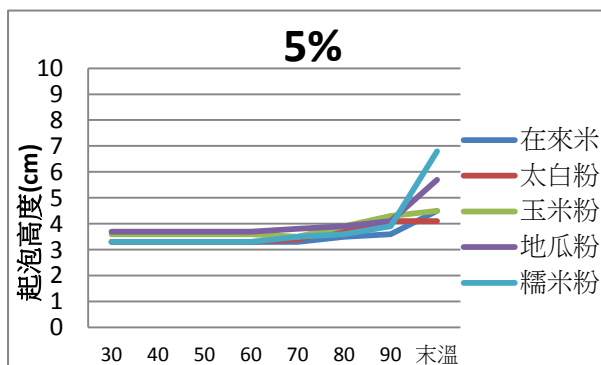
圖四、有些澱粉已經有起泡了，但是糯米粉的起泡高度依然是最高的。



圖五、明顯發現每種粉的高度有所提升，但糯米粉的高度依然最高。



圖六、糯米、在來米、玉米粉的起泡高度不相上下，地瓜粉的高度明顯降低。



圖七、每種澱粉的高度都明顯下降，但是糯米粉的起泡高度仍高出其他澱粉。

(三) 結果分析：

1. 發現每種澱粉及濃度的起泡高度在末溫時才會特別突出；不是濃度高，起泡高度就會高，3%~4%是所有澱粉起泡的高峰期。
2. 太白粉不易起泡；糯米粉起泡最高，其次是在來米粉、玉米粉、地瓜粉。

二、探討澱粉起泡原因

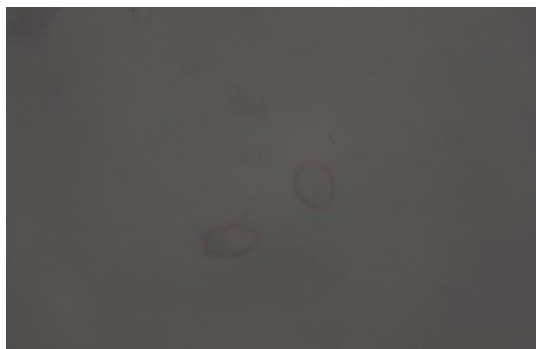
(一)顆粒大小

在煮澱粉的過程中，發現澱粉顆粒會破裂，也就是糊化，而不同澱粉的顆粒大小不同，是否會影響破裂進而影響澱粉起泡。

1.研究方法：利用複式顯微鏡觀察澱粉液，澱粉液是澱粉加上 1：1 的甘油與水混合(加入甘油是為了讓澱粉能夠均勻分散)，將觀察到的澱粉粒拍下來，用 Image J 測量澱粉顆粒的面積。觀察發現即使是同種澱粉顆粒大小也不一致，因此分別取每種澱粉大小各三個澱粉粒測量面積，取平均，當作該澱粉顆粒的面積範圍。



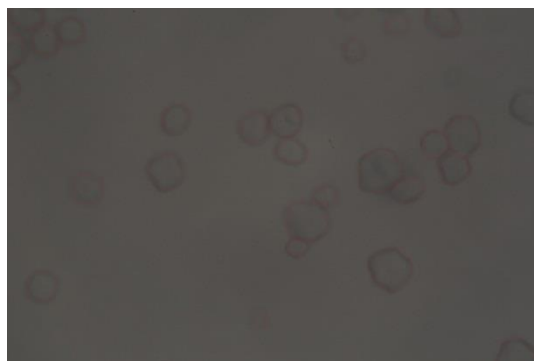
圖八、太白粉顆粒是五種澱粉中，顆粒最大的，屬於鵝卵石形。



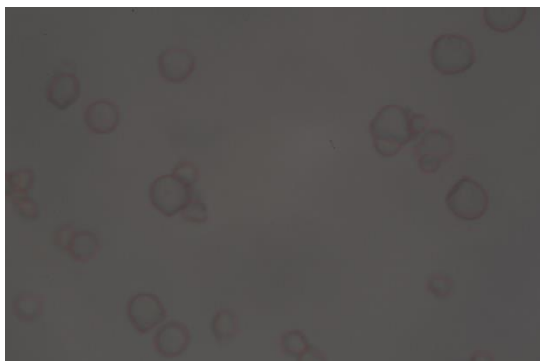
圖九、糯米粉顆粒有大有小，比起太白粉小很多，屬於圓形。



圖十、在來米粉顆粒平均偏小顆，屬於多角形。



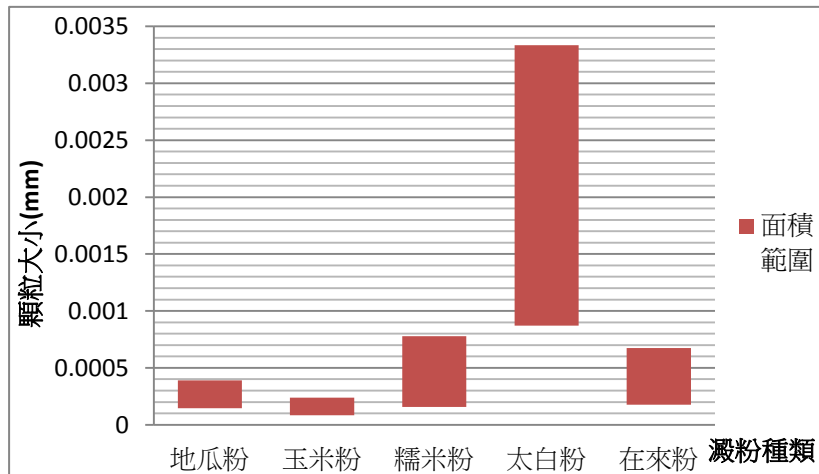
圖十一、玉米粉：是所有我們觀察的五種澱粉中，顆粒最小的，屬於多角形。



圖十二、地瓜粉顆粒平均偏小，形狀屬圓形居多。

2. 研究結果：

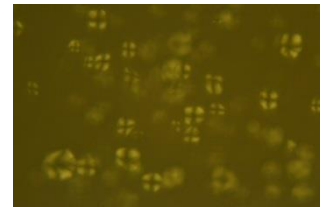
太白粉的顆粒最大且顆粒大小最不一致，起泡也最不容易；其餘澱粉皆有起泡且顆粒較小，所以推測，顆粒越大起泡越低(圖十三)。



圖十三、各澱粉的顆粒大小範圍

(二) 糊化溫度

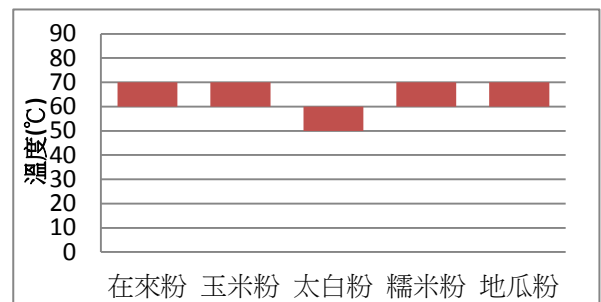
澱粉在糊化的時候，會讓澱粉粒的結晶區破碎，澱粉鏈分開，分子間的作用力也許會改變，進而影響起泡，因此想了解糊化的溫度是否和起泡有關係。



1. 研究方法：選擇3%的各種澱粉加熱澱粉液，從30℃開始，每10℃取一點澱粉液，用顯微鏡和偏光鏡檢測是否存在馬爾他十字(圖十四)，如果消失就是澱粉已經糊化。

圖十四、以馬爾他十字檢測澱粉是否糊化。

2. 研究結果：太白粉最早糊化，且不易起泡，但是其餘澱粉的糊化溫度均差不多，且都有起泡，所以推測，糊化溫度越早起泡高度越低(圖十五)。



圖十五、各種澱粉的糊化溫度比較

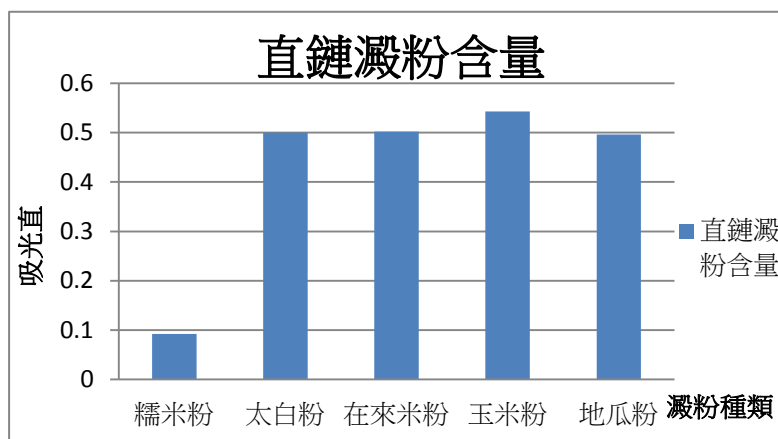
(三) 直鏈澱粉含量

1. 比較各種澱粉的直鏈澱粉含量：

澱粉由直鏈澱粉和支鏈澱粉組成，想了解直鏈澱粉含量與起泡是否有關係。

- (1) 研究方法：根據(周等人, 2008)的做法，取0.02g澱粉置入100ml定量瓶中，加入10ml 0.5N氫氧化鈉，於80℃水蘊槽加熱10分鐘冷卻，加入1N醋酸至溶液為中性後加水至100ml。抽取3ml溶液於試管中，5ml 0.01M碘液靜置20分鐘，利用分光光度計波長620nm測其吸光值(以純水為對照組)，本實驗因無標準液可比較，故只以吸光值比較這些澱粉直鏈澱粉含量的多寡。

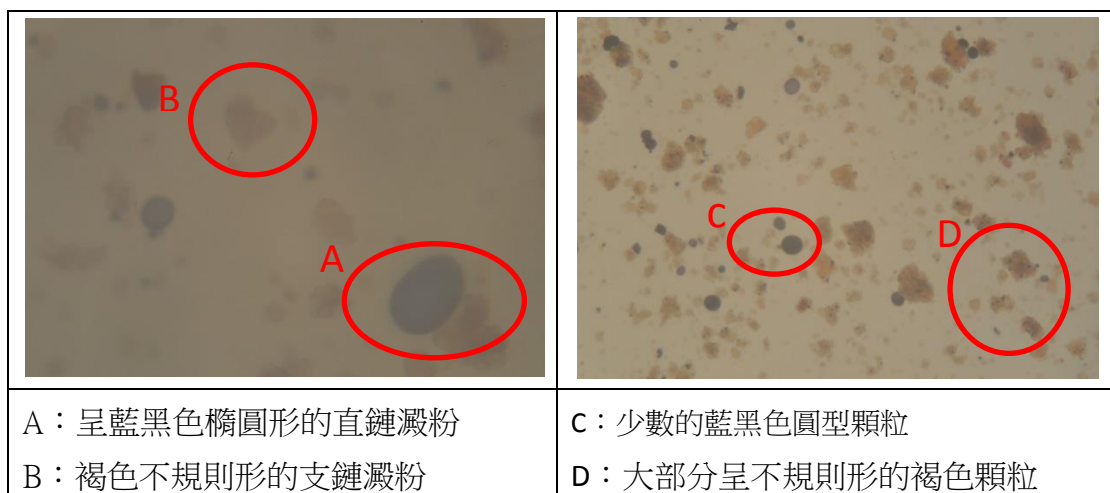
(2)研究結果：糯米粉的直鏈澱粉含量最低，起泡高度最高，所以推測直鏈澱粉含量越少，起泡越高。



圖十六、各種澱粉的直鏈澱粉含量比較

2. 檢測市售糯米粉是否有添加別種澱粉

- (1) 說明：由圖發現糯米粉含有直鏈澱粉，想要以碘液了解其是否不純。若是直鏈澱粉會呈藍黑色，因錯碘離子卡入螺旋結構中，若是支鏈澱粉則為紅褐色。(黃等人，民 84)。
- (2) 研究結果：大部分的澱粉顆粒呈不規則形的紅褐色，但有少量呈藍黑色較圓的顆粒。表示市售的糯米澱粉不是純的糯米澱粉。



(四)黏度

煮澱粉時，發現濃度增加的時候黏度會增加，故測試黏度是否會影響起泡。在 95℃ 取各種澱粉的 1%、3%、5% 黏度，了解黏度與起泡的關係。

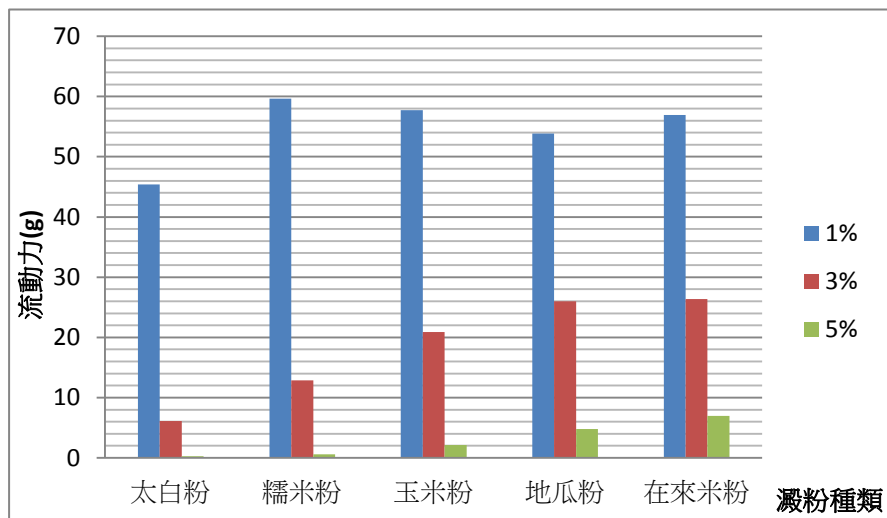
1. 研究方法：

- (1) 將澱粉液裝在漏斗中，當澱粉液流下來時，開始計時三秒鐘，測量流出的澱粉量，越輕表示越黏。
- (2) 流動力的單位：流動力=滴下的澱粉液重量(g)/3 秒



圖十七、黏度裝置圖

2.研究結果：發現 3%的黏度最平均，1%太稀、5%太黏，所以之後比較各種澱粉的黏度，我們都用 3%比較。



圖十八、各澱粉不同濃度的黏度比較

3.黏度與起泡的關係：

除了糯米粉以外，其餘四種粉都是黏度越黏，起泡高度越低；反之，黏度越黏，起泡高度越高。

(五)凝膠能力

有些澱粉在加熱後冷卻，會形成固體即為凝膠現象，想了解凝膠和起泡的關係。

1.研究方式：加熱不同濃度各種澱粉的 1%~5%，加熱至 90℃ 在計時三分半，冷卻至室溫，觀察凝膠現象(圖十九、圖二十)。

2. 研究結果：濃度 3%以上的太白粉、糯米粉、地瓜粉會凝膠，所以推測凝膠和起泡沒有關係。



圖十九、凝膠成固體



圖二十、凝膠呈固體

	1%	2%	3%	4%	5%
太白粉			○	○	○
糯米粉			○	○	○
玉米粉					
地瓜粉			○	○	○
在來粉					

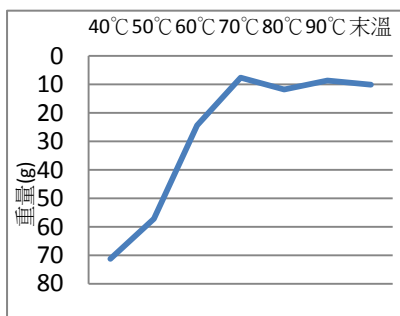
表一、各澱粉凝膠統整(○：有凝膠)

(六)剪稀力

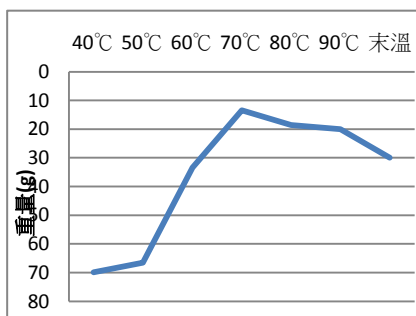
有些澱粉隨著溫度越高、攪拌越久，黏稠度就會降低，稱為剪稀現象(黃等人，民 84)，想要對照起泡情況對照兩者的關係。

1.研究方法：煮澱粉時，溫度每上升 10℃ 就測量一次黏度，看黏度變化情形。

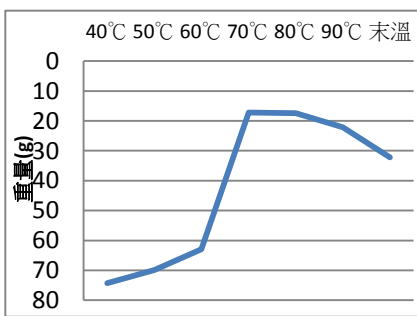
2.研究結果：只有樹薯粉和地瓜粉有剪稀現象，所以剪稀和起泡沒有關係。



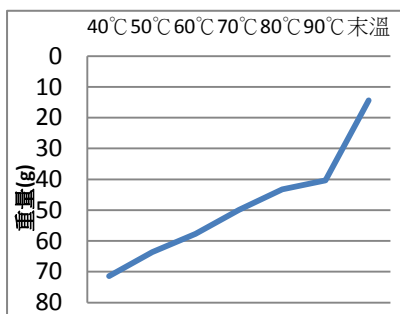
圖二十一、太白粉(馬鈴薯澱粉)沒有剪稀的現象，依照溫度越高，黏度也就越高。



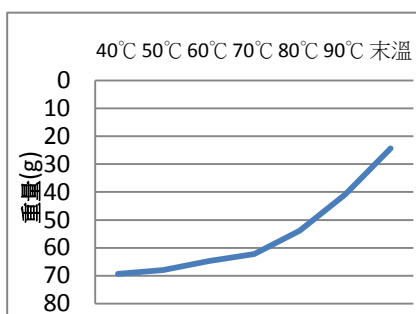
圖二十二、太白粉(樹薯粉)有剪稀的現象。



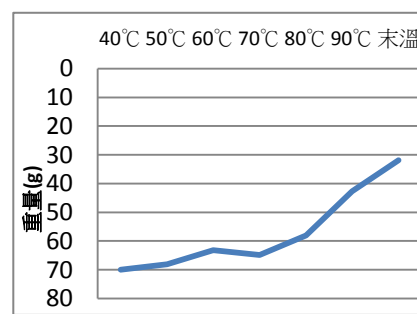
圖二十三、地瓜粉有剪稀的現象，介於 70 度~80 度之間，黏度慢慢的下降。



圖二十四、糯米粉沒有剪稀現象。



圖二十五、玉米粉的黏度平均都不高，沒有剪稀的現象。



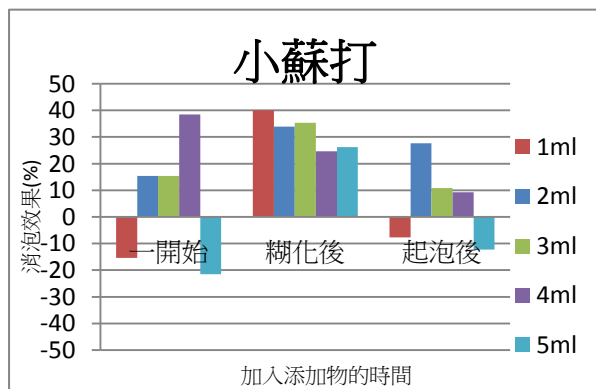
圖二十六、在來米粉沒有剪稀的現象。

三、如何消泡

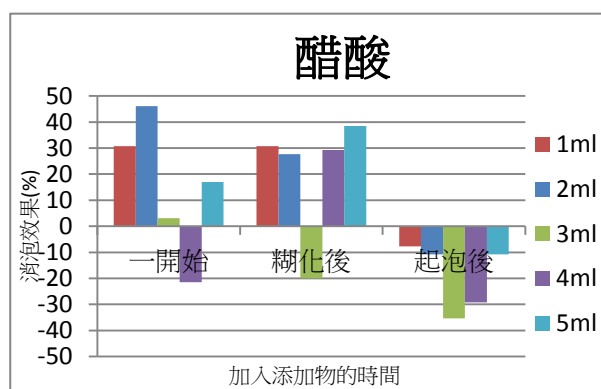
(一) 研究方法：

1. 在澱粉加熱的三個過程：未加熱、糊化、起泡，分別加入五種廚房常見的添加物：3%的醋酸、碳酸氫鈉、食鹽水、糖水及油，觀察抑制起泡的效果。
2. 抑制起泡的評估： $\text{消泡效果} = \frac{6.5\text{cm} - \text{消泡後高度}}{6.5\text{cm}} \times 100\%$
6.5cm 是 3%的糯米粉為添加物質的起泡高度

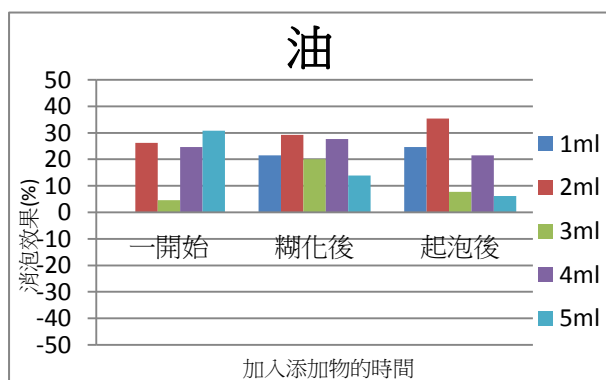
(二) 研究結果：



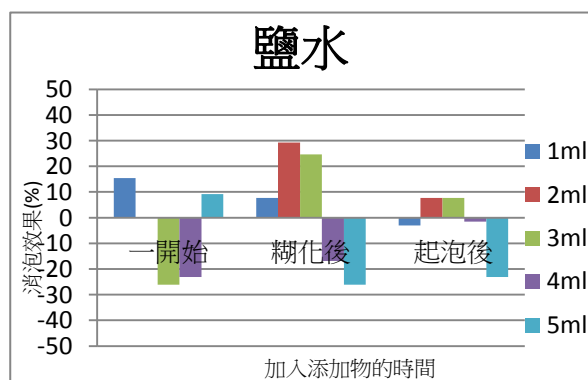
圖二十七、消泡的效果很明顯，尤其是在糊添加後加入 1ml 最優



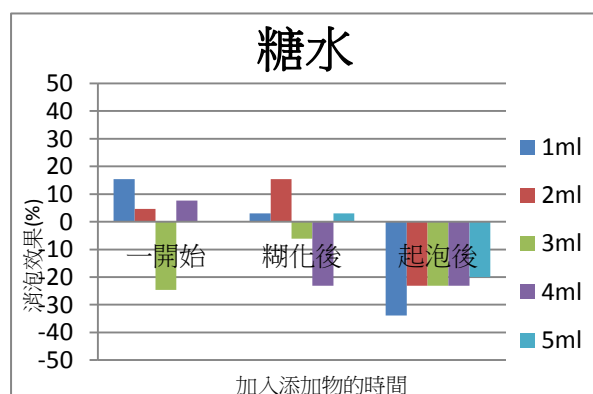
圖二十八、也具有消泡效果，開始加熱時加 2ml 效果最好



圖二十九、在任何時間加入都有不錯的效果



圖三十、糊化後的加入少量會有不錯的效果，2ml 的效果最好



圖三十一、無明顯的消泡效果。其中使起泡高度下降最多的為一開始加入 1ml

(三) 結果分析：

小蘇打、醋酸和油都有消泡效果，其中小蘇打和油的消泡效果最好，醋酸較差。小蘇打在糊添化後加入 1ml 最優、油在任何時間加入都有不錯的效果，醋酸則是開始加熱時就加 2ml 效果最好。。

四、膜的成因

煮澱粉食物冷卻後，溶液上面會飄一層膜狀物，想研究膜的特性。

(一) 觀察各種澱粉在不同濃度有無成膜

1. 研究方式：加熱不同濃度的各種澱粉的 1%~5%，加熱至末溫 90℃ 後三分半靜置後觀察。
2. 研究結果：只有糯米粉、在來米粉、玉米粉會成膜，且在低濃度(2%)時較容易取得，高濃度(5%)因為溶液太過濃稠，較難取得；太白粉、地瓜粉不會成膜。



圖三十二、成膜的澱粉液

(二) 探討成膜與直鏈澱粉含量的關係

1. 檢測蛋白質、脂質：利用雙縮脲試劑和油性色素測試各種澱粉膜是否含有蛋白質和脂質，結果發現除了糯米膜含有蛋白質，其餘地粉膜都膜沒有；全部膜都不含脂質。
2. 檢測澱粉種類：用碘液測澱粉溶液和澱粉膜，發現都呈現紫色，代表兩者都含有較多的支鏈澱粉(圖三十三、圖三十四)。



圖三十三、2%的玉米澱粉溶液糊化後加入碘液



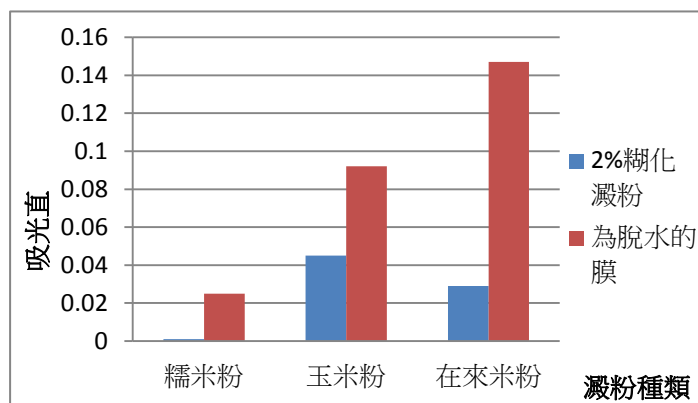
圖三十四、溼的澱粉膜加入碘液

3. 檢測澱粉膜的直鏈澱粉含量：

根據哈洛德·馬基(1984)敘述，糊化後澱粉溶液靜置，直鏈澱粉會游離出來，互相連結，想了解膜是否就是由此產生。

(1) 研究方法：分別測 2% 不同澱粉未煮過的澱粉、煮過的澱粉取膜後所剩溶液、取起來的膜的直鏈澱粉含量。

(2) 研究結果：從圖表上可以發現，膜的直鏈澱粉含量比未煮過和煮過的 2% 澱粉溶液都來的高，推測膜內含大量直鏈澱粉。



圖三十五、三種澱粉在烹煮過程中各狀態的直鏈澱粉含量比較

五、膜的應用

每種澱粉溶液所形成的膜不盡相同，想了解這些膜的差異，並運用於微波使用上。

(一) 如何製作乾燥的膜

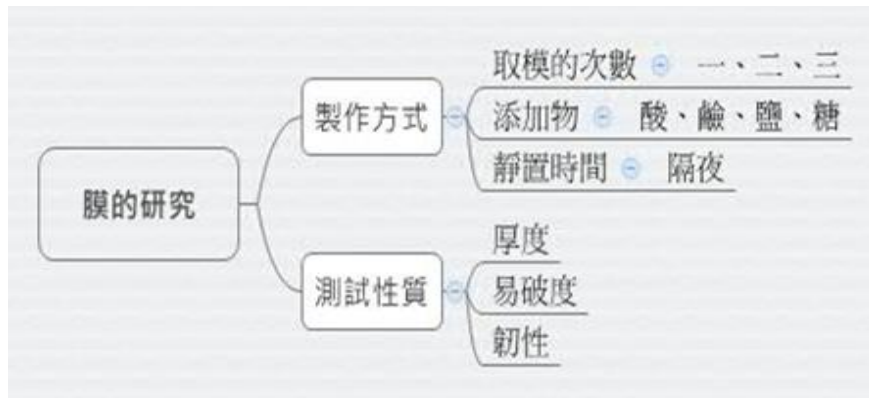
1. 以不同的方式製作膜

(1) 澱粉種類：分別取玉米粉、在來米粉、糯米粉 2% 溶液的膜。

(2) 溶液加熱的次數：取膜後，加水 100ml，重複加熱後再取膜，如此重複三次。

(3) 添加物的種類：在澱粉溶液中分別加入醋酸、小蘇打、糖水、鹽水。

(4) 膜生成的時間：澱粉溶液加熱冷卻後，靜置不同的時間取膜



2. 取膜的方法

用撈油網將膜盛起，讓膜下面的溶液流乾淨，或用滴管把溶液吸乾，接著將膜從撈油網上流到塑膠袋上，等待膜乾燥後，將膜從塑膠袋上撕下來，可得下圖。



圖三十六、乾燥的澱粉膜

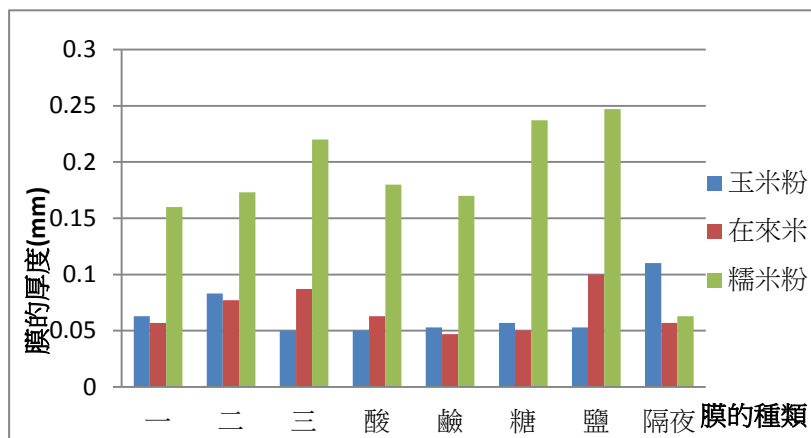
(二) 比較膜的特性

每種膜的特性不盡相同，如果想將之覆蓋在容器上，於微波加熱使用，必須考量膜的厚度、易破度、韌性，以下將測試各特性。

1. 厚度

(1)研究方式：以螺旋測微器測三點並取平均。

(2)研究結果：糯米膜最厚，尤其是加鹽水。玉米膜和在來米膜的厚度依不同製作方式而異，玉米粉隔夜取的膜、在來米粉加食鹽水最厚。

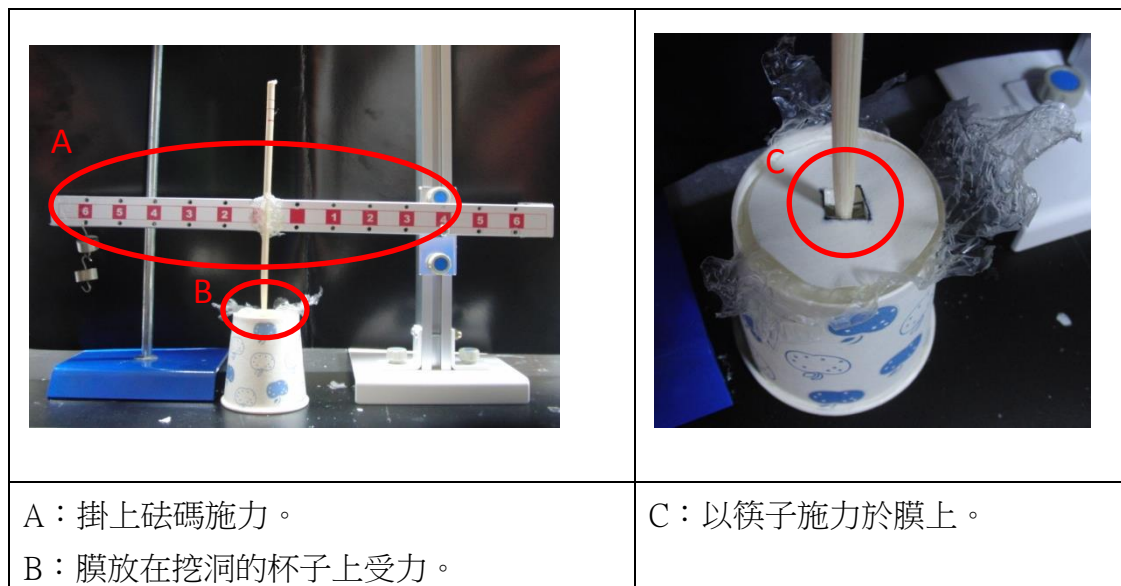


圖三十七、三種粉的各種膜厚度比較圖

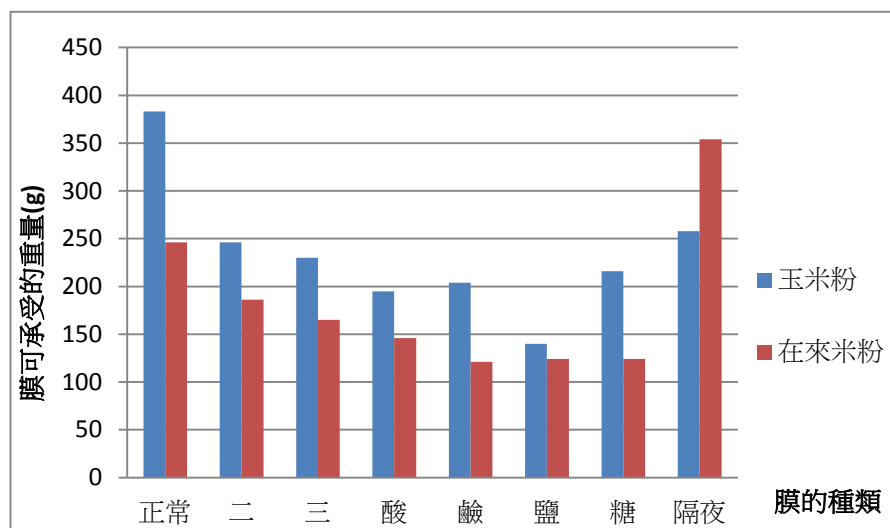
(一、二、三為不同的加熱次數)

2. 易破度

(1)研究方法：施力於膜上，紀錄使膜破掉的重量，以評估膜的易破度。



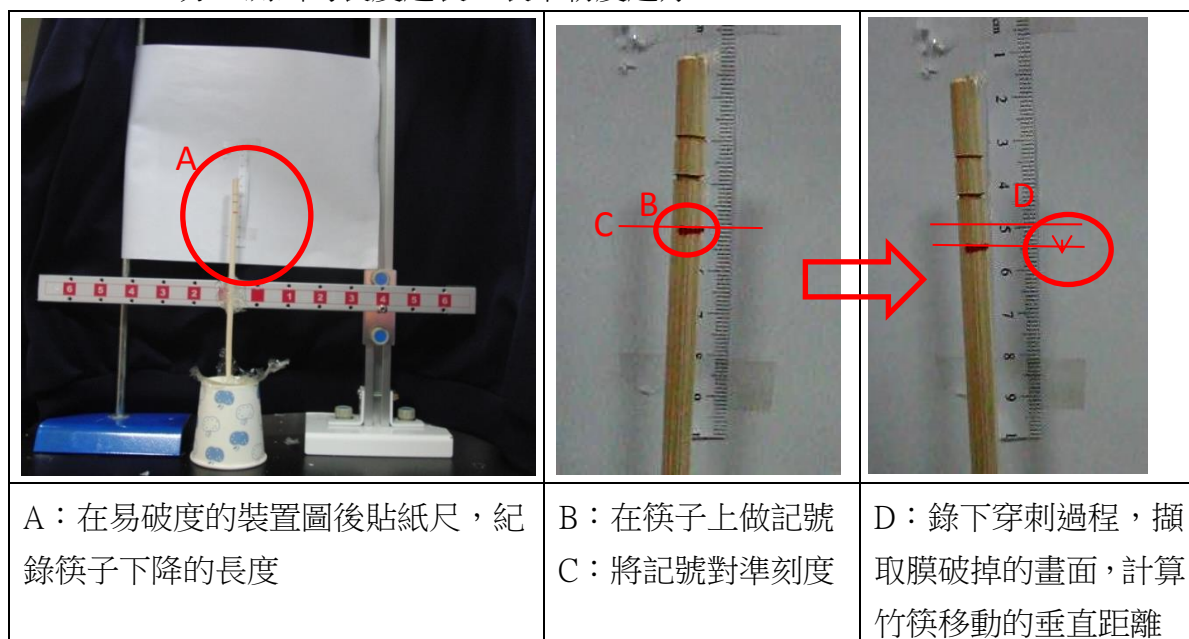
(2)研究結果：以各種方法製作糯米膜，都非常脆，因此不予量化評估。各種玉米粉做的膜都較在來米膜堅固。但是在來米隔夜取的膜例外。



圖三十八、兩種澱粉的易破度比較圖

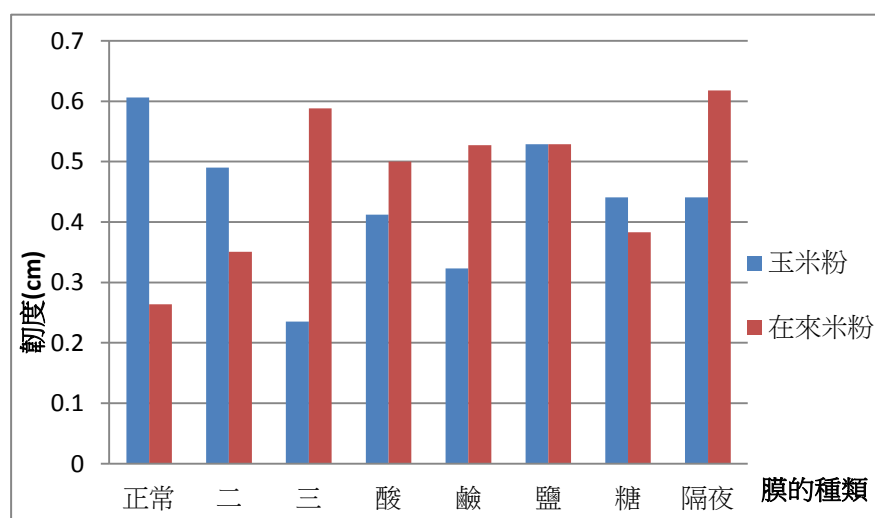
3. 韌性

(1)研究方式：使用測易破度的方式，記錄從開始壓膜到膜破掉，筷子下降幾公分。測出的長度越長，表示韌度越好。



(2)研究結果：

比較發現韌性最好的分別是直接以玉米粉製作並取膜、以在來米製作隔夜取膜。



圖三十九、兩種澱粉的韌性比較圖

(三)澱粉膜的適用性

一般民眾擔心以保鮮膜覆蓋食物會釋放出有毒物質，影響健康，所以希望運用澱粉膜做出健康又環保的天然食物保鮮膜。實驗將測試玉米膜和在來米膜用於微波的可能性。

使用時只要用水沾濕邊緣，即可黏合容器，測試發現玉米膜較易與燒杯黏合。而且加熱時不用戳洞，避免噴濺。



圖四十、玉米膜較易與容器黏合



圖四十一、在來米不易與容器黏合

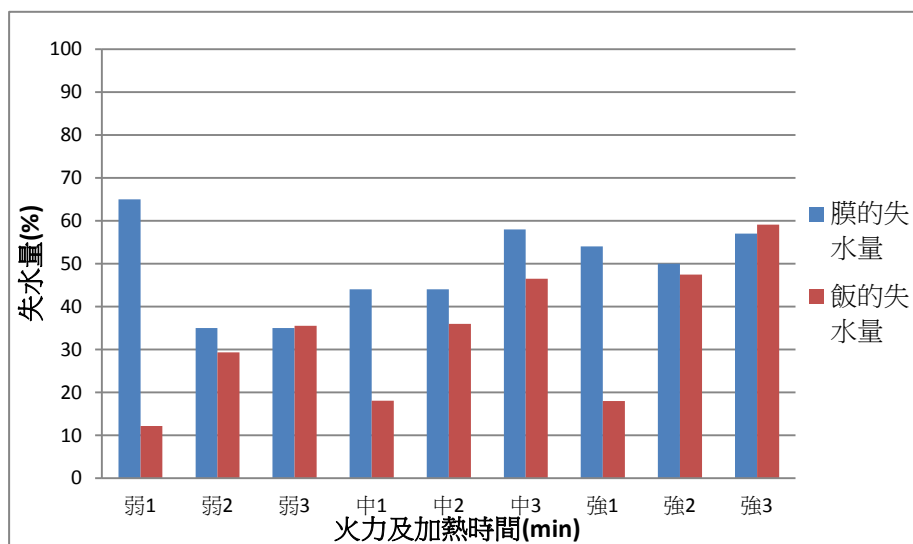
1.用於微波爐加熱

(1)失水量評估

將要微波的食物置入燒杯中，用玉米膜和市售保鮮膜以弱、中、強的火力微波 1~3 分鐘(弱 1、弱 2、弱 3、中 1、中 2、中 3、強 1、強 2、強 3)，測澱粉膜的失水量，並與市售保鮮膜比較食物的失水量。

A.評估澱粉膜和微波物的失水情形

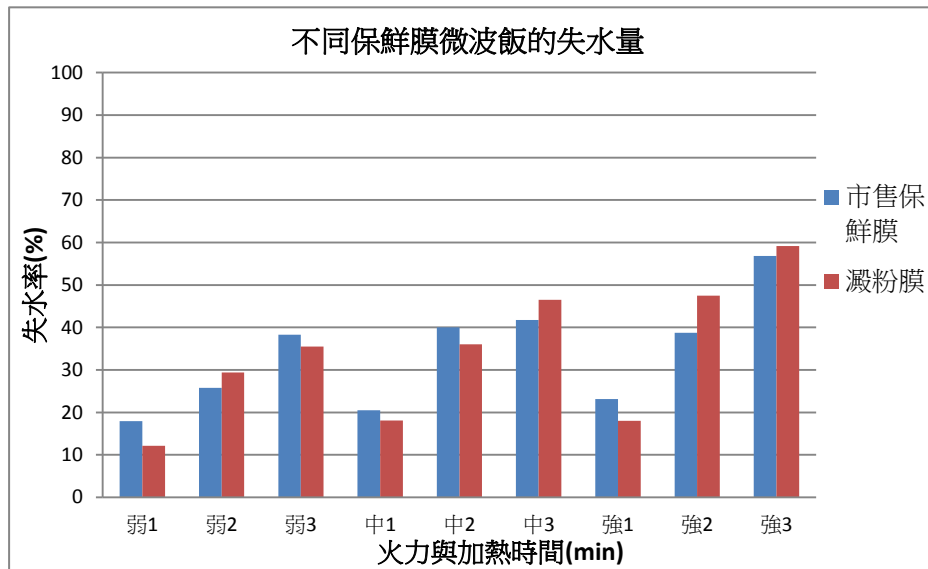
結果發現，飯的失水量會被加熱時間及火力強弱影響；膜則比較不受影響，但膜的失水量都較食物高。雖然失水量較多，但是在常用的這九項加熱方式下，澱粉膜都不會糊掉或乾裂，所以澱粉膜是可以當作微波用的保鮮膜。



圖四十二、澱粉膜和微波物的失水量比較

B.比較自製保鮮膜和市售保鮮膜對微波食物水分含量的影響

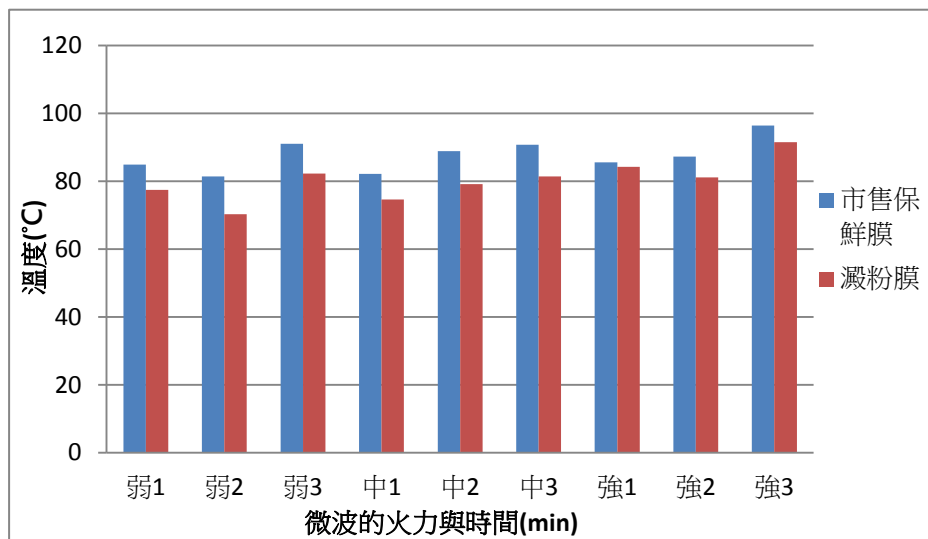
用澱粉膜微波的食物失水量和市售保鮮膜微波的食物失水量相差不到 5%，表示密封效果不錯。



圖四十三、澱粉膜和 PVC 膜對微波食物水分含水量的比較

(2)對食物升溫狀況的影響

將澱粉膜和 PVC 膜包覆食物微波，並用紅外線溫度計測其微波後的食物溫度，結果發現市售保鮮膜微波後的食物溫度皆較高，微波效能較好。



圖四十四、澱粉膜和 PVC 膜對食物加熱後升溫的比較

2.用於電鍋蒸煮

平常要吃佛跳牆時，常用保鮮膜將封住容器，再用電鍋蒸，想到澱粉膜是否也可以用於“蒸”的烹煮方式。

(1)研究方法：實驗分兩組：A 裝水 30ml 入燒杯，B 燒杯中不裝水，一起用電鍋蒸，看澱粉膜會不會破裂。

(2)研究結果：沒有裝水的膜破了一個小洞，裝水的膜沒有破洞。然而正常使用下食物都有含水量，所以將澱粉膜用於蒸煮食物是可行的。



圖四十五、A 杯的膜即使水分很多，也沒有糊掉



圖四十六、B 杯的膜因為太乾燥，破了一個洞(如圈處)

3.用於冰箱冷藏

保鮮膜除了用於微波外，也常用於保鮮食物冰在冰箱，想測試澱粉膜是否也能用於冰箱冷藏。

(1)研究方法：將兩杯水，一杯覆蓋 PVC 膜，一杯覆蓋澱粉膜，於冰箱冷藏五天，看膜是否完好。

(2)研究結果：澱粉膜因過於乾燥而乾裂，與容器無法黏合，且澱粉膜容器內的水蒸發量比 PVC 膜容器還多，所以澱粉膜不適合用於冰箱冷藏保鮮。

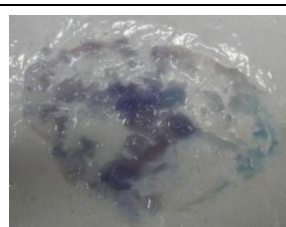
(四)添加物對膜的影響

1.蛋白質對膜的影響

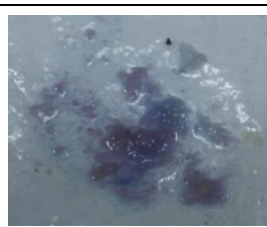
烹煮麵條時，發現溶液面上也會成膜，因此想了解麵粉膜和澱粉膜的差別，但是麵條中約含有 70%的澱粉，和少量的蛋白質，所以分別以低、中、高麵粉袋表不同蛋白質的含量對膜的影響。

(1)研究方法：考量低、中、高筋麵粉含的澱粉量不一，分別取 10g 麵粉加水 440ml、427ml 和 415ml 配成含澱粉濃度皆為 2%的溶液，製模並取膜測試其特性。

(2)研究結果：以雙縮脲試劑測試發現這三種麵粉所形成的膜都含有蛋白質，表示澱粉會和蛋白質形成膜，麵粉膜很薄且易碎，不適合作成保鮮膜，推測是因為麵粉中的蛋白質會把澱粉抓住，讓澱粉不易飄出。



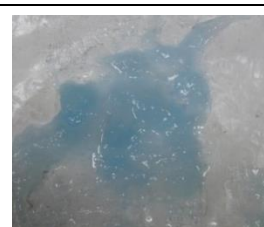
圖四十七、低筋麵粉呈紫色，含有蛋白質



圖四十八、中筋麵粉呈紫色，含有蛋白質



圖四十九、中筋麵粉呈紫色，含有蛋白質



圖五十、玉米膜無變色，無蛋白質

2.添加吉利丁對膜的影響

蛋白質和澱粉同是高分子，實驗比較吉利丁溶液乾燥成的膜和玉米澱粉膜，發現在微波下加熱，吉利丁膜耐乾及高溫，因此想測試如果加入澱粉膜中是否可

以更提升其性能。

(1)研究方法：

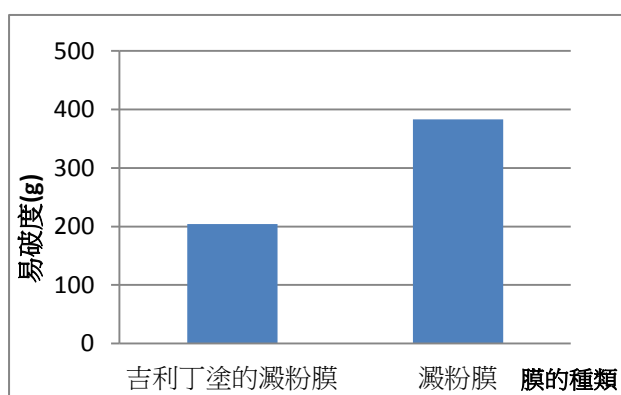
A.吉利丁和澱粉液一起加熱：將等量的吉利丁粉和澱粉膜一起加水加熱至末溫，靜置恆溫後，看是否會成膜，如果有成膜，將膜取起後，測試吉利丁膜的特性，看是否適合當作保鮮膜。

B.吉利丁外塗在澱粉膜上：將乾燥的澱粉膜塗上事先煮好的 2%吉利丁溶液，測試吉利丁澱粉膜的特性，看是否適合當作保鮮膜。

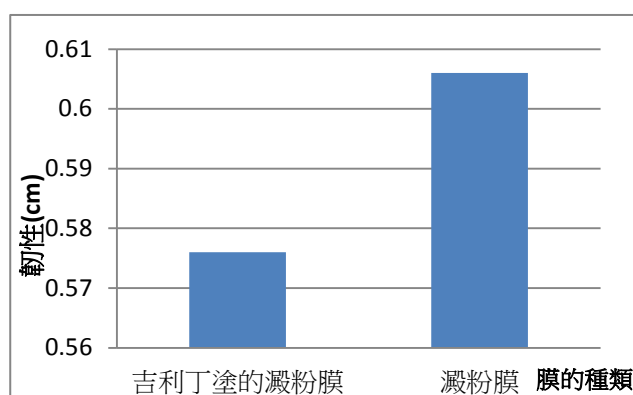
(2)研究結果：

A.吉利丁和澱粉液一起加熱：取起的膜很硬很脆，明顯無法當做保鮮膜。

B.吉利丁外塗在澱粉膜上：曬乾的膜，韌性和易破度都不如澱粉膜，而且嘗試微波食物時，膜很容易破，所以吉利丁澱粉膜不適合當保鮮膜。



圖五十一、吉利丁膜塗的澱粉膜和澱粉膜的易破度比較



圖五十二、吉利丁塗的澱粉膜和澱粉膜的韌度比較

3.添加甘油對澱粉膜的影響

參照(Rindlav-Westling et al.,1998)在一般以澱粉溶液乾燥製膜中會加入甘油，本研究想了解以甘油加入重新組合的靜置澱粉膜，有何效果。

(1)研究方法：分別在三個不同的時間將甘油加入澱粉膜：A 在澱粉液加熱至末溫時加入甘油、B 在剛取起的澱粉膜加入甘油、C 在乾燥澱粉膜加入甘油，測試其特性，並將之用於微波看效果如何。

(2)研究結果：將三個時間加入甘油的膜，用植物生長箱烘數日，膜都無法乾，所以將澱粉膜加入甘油是不可行的(圖五十三、圖五十四、圖五十五)



圖五十三、A 膜無法從袋子上拿起



圖五十四、B 膜烘了數日還是溼的

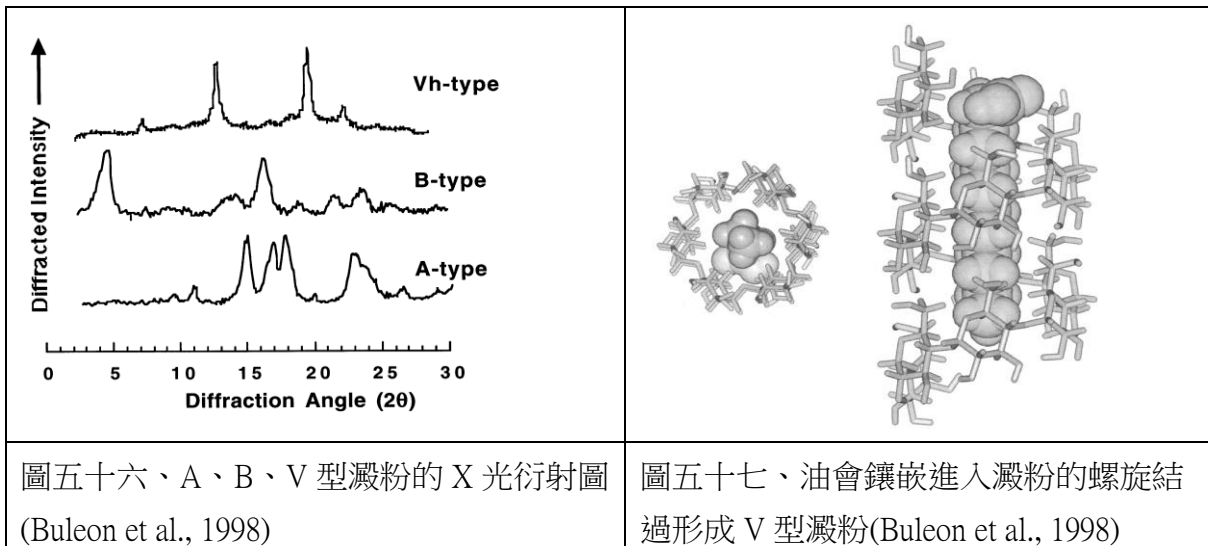


圖五十五、C 膜烘了數日還是溼的

陸、討論

一、觀察各種澱粉在不同濃度不同的起泡情形

(一)使用市售粉的原因：純種的澱粉不易取得，且為了更貼近日常生活，所以選擇市售粉當作各澱粉的代表。以 X-ray 分析澱粉顆粒，可將澱粉分成 A、B、C、V 型，C 型澱粉許多特性介於 A、B 型澱粉之間，V 型澱粉則由油鑲嵌入澱粉螺旋結構中形成(Thomasand, William 1997)，為配合 A、B、C 型澱粉，所以選擇代表 A 型澱粉的糯米粉、在來米粉、玉米粉，B 型澱粉的太白粉，C 型澱粉的地瓜粉。



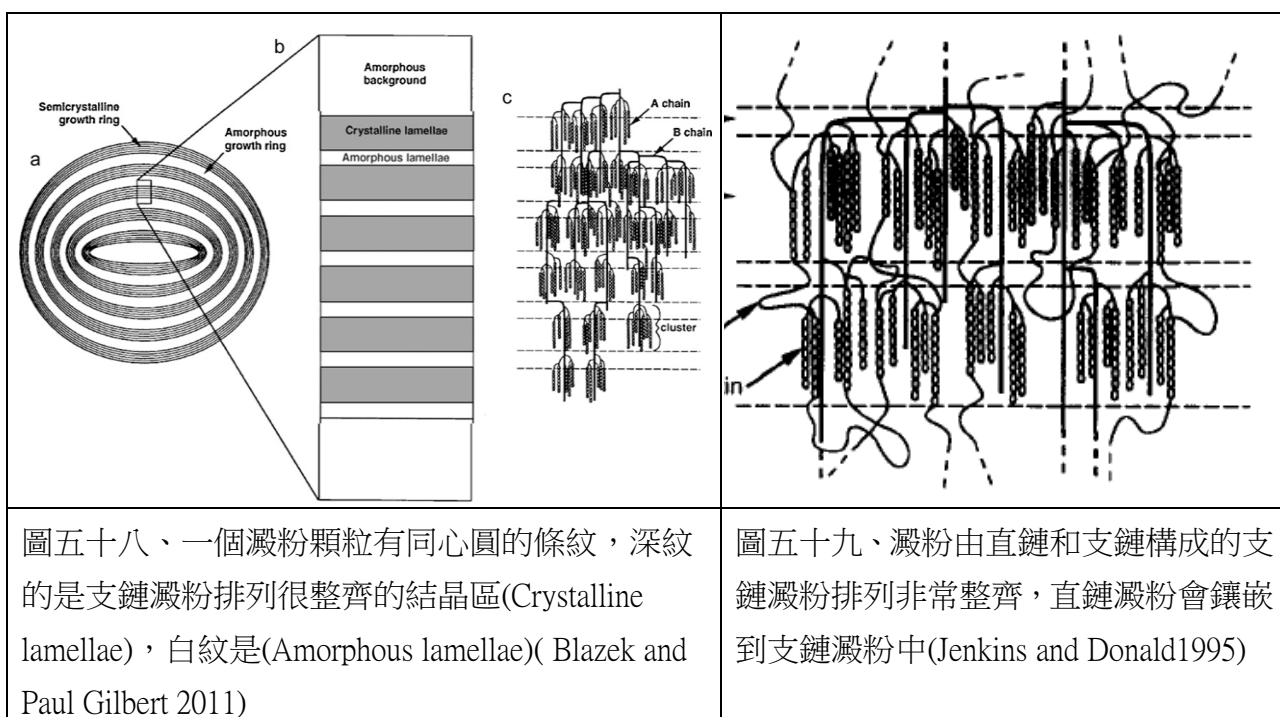
(二)澱粉種類和起泡的關係：糯米粉、在來米粉、玉米粉是五種澱粉當中起泡較高的，太白粉的起泡都不高，地瓜粉則居中間。糯米粉、在來米粉、玉米粉是屬於 A 型澱粉，故推測澱粉種類與起泡有關。

(三)濃度對起泡的關係：在 5%以下，濃度越高，起泡高度越高，但是 5%以後，會因為濃度過高，溶液太過濃稠，起泡反而越低。所以，不是濃度越高，起泡高度就越高。因此適度的濃度才能起泡。

二、探討澱粉起泡原因

(一)參考各文獻，說明澱粉的結構

- 1.澱粉顆粒中有數個同心圓，分為結晶區和非結晶區，結晶區由支鏈澱粉整齊排列構成，又分成兩個部分，定形結晶和無定形結晶(圖五十八)。
- 2.每一種澱粉顆粒都含有直鏈和支鏈澱粉，結晶區主要由支鏈澱粉整齊排列而成，直鏈澱粉則是穿插在其中(圖五十九)。

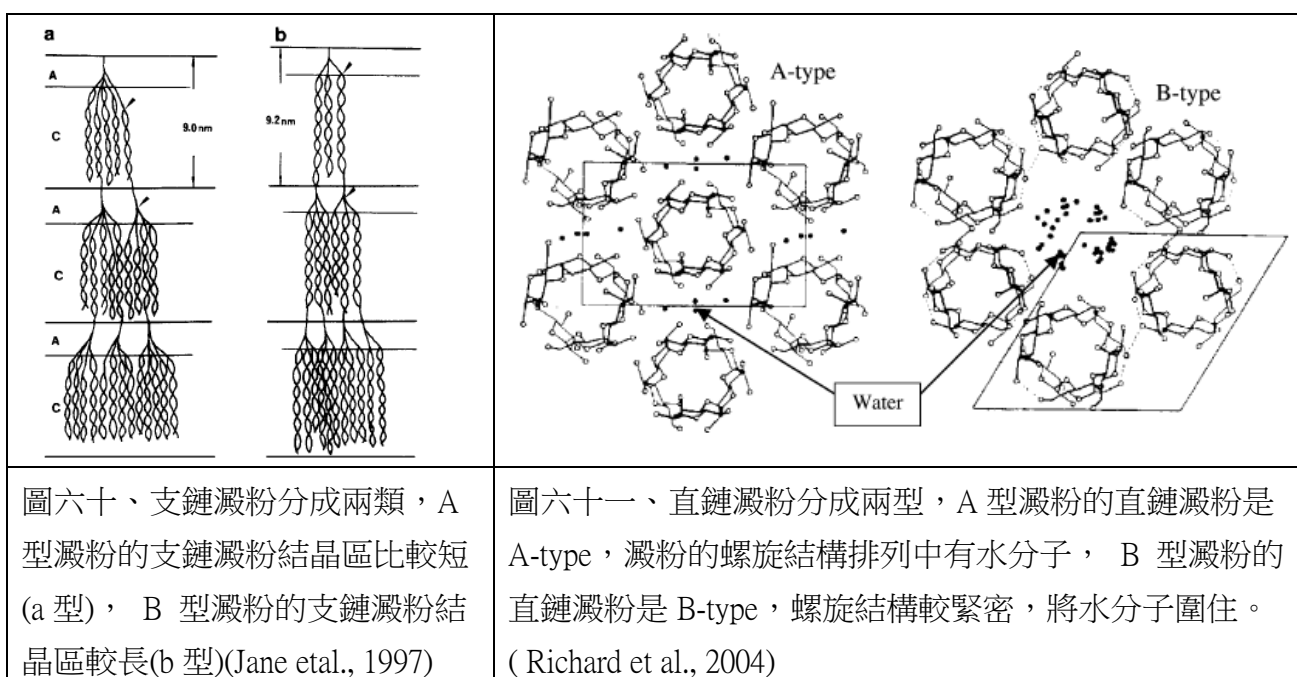


圖五十八、一個澱粉顆粒有同心圓的條紋，深紋的是支鏈澱粉排列很整齊的結晶區(Crystalline lamellae)，白紋是(Amorphous lamellae)(Blazek and Paul Gilbert 2011)

圖五十九、澱粉由直鏈和支鏈構成的支鏈澱粉排列非常整齊，直鏈澱粉會鑲嵌到支鏈澱粉中(Jenkins and Donald1995)

3. A、B 兩型的澱粉其所含的支鏈澱粉種類也不同，主要區別在於結晶區內支鏈澱粉的長度，其中 B 型的支鏈澱粉比 A 型的長(圖六十)。

4. A、B 兩型的澱粉其直鏈澱粉也不同，A 型的雙螺旋澱粉鏈之間有水分，排列較不緊密，B 型的則排列成六角形，彼此之間較緊密，中央有水分子(圖六十一)。



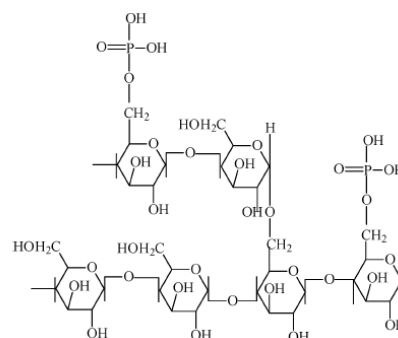
圖六十、支鏈澱粉分成兩類，A 型澱粉的支鏈澱粉結晶區比較短(a 型)，B 型澱粉的支鏈澱粉結晶區較長(b 型)(Jane et al., 1997)

圖六十一、直鏈澱粉分成兩型，A 型澱粉的直鏈澱粉是 A-type，澱粉的螺旋結構排列中有水分子，B 型澱粉的直鏈澱粉是 B-type，螺旋結構較緊密，將水分子圍住。(Richard et al., 2004)

(二) 太白粉不易起泡與成膜之因

1. 其直鏈澱粉屬於 B 型，澱粉每六個單位的螺旋鏈之間緊密結合成六角形，中間有水分子；而 A 型澱粉，螺旋鏈之間有水分子，結合較不緊密。推測因此難起泡。
2. 其支鏈澱粉屬於 B 型，長度 dp30~44 較 A 型長，高溫時水蒸氣較難吹起較長的鏈，所以太白粉較難起泡。

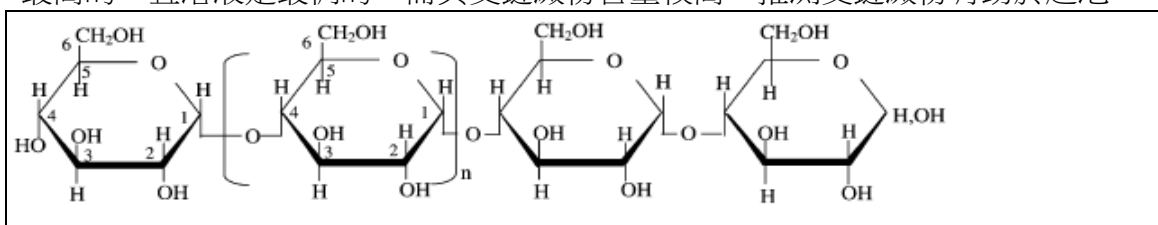
3. 太白粉顆粒較大，水容易進入澱粉顆粒中，使糊化並瓦解結晶區中原本排列整齊的澱粉鏈，鏈之間互相摩擦、鏈結，在加上太白粉又有磷酸酯(圖六十二)，讓泡泡不容易被吹起。



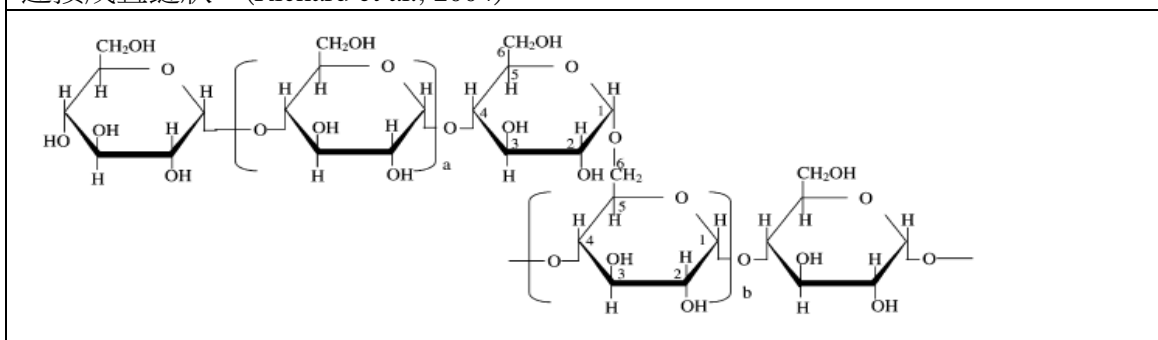
圖六十二、馬鈴薯澱粉和磷酸酯的连接結構圖(Sung et al., 2005)

(三) 澱粉其他特性與起泡的關係

1. 直鏈澱粉含量：太白粉和在來米粉的直鏈澱粉含量相當，但是兩者的起泡高度卻相差甚遠，推測直鏈澱粉含量不會影響起泡。糯米粉起泡高度是所有澱粉中起泡最高的，且溶液是最稠的，而其支鏈澱粉含量較高，推測支鏈澱粉有助於起泡。



直鏈澱粉的分子結構和支鏈澱粉不同，直鏈澱粉由葡萄糖分子以 α -1,4 配糖鍵互相連接成直鏈狀。(Richard et al., 2004)

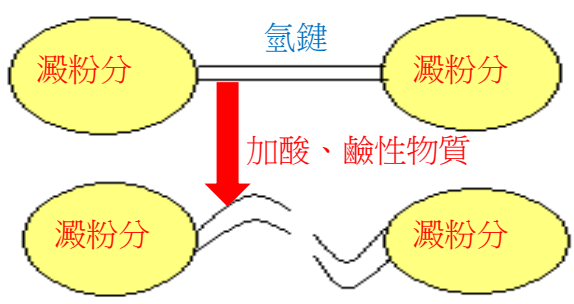
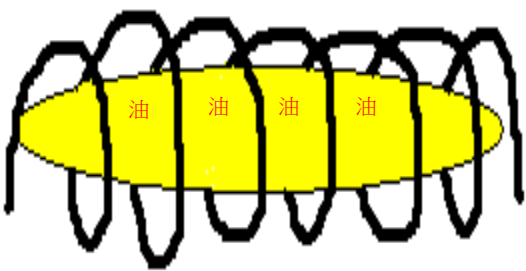


支鏈澱粉除了有直鏈外，每 20-25 個葡萄糖便有一個支鏈以 α -1,6 配糖鍵連接，造成支鏈澱粉的分子非常龐大。(Richard et al., 2004)

2. 凝膠：玉米粉、在來米粉不會凝膠但會起泡；糯米粉會凝膠又會有起泡，所以凝膠和起泡無關。
3. 剪稀力：除了地瓜粉之外，其餘澱粉都沒有剪稀力，但是地瓜粉的起泡高度沒有特別顯著，所以推測剪稀力和起泡無關。

三、消泡的方法和原理

- (一) 小蘇打：消泡的效果很明顯，因鹼性物質可破壞氫鍵，尤其是在糊化後加入 1ml 最優，是因澱粉鏈散開，易於破壞彼此間的鏈結。
- (二) 醋酸：仍有消泡效果，但效果較小蘇打差，最好的加入時間點為一開始，推測是加醋酸可抑制糊化後澱粉鏈之間的鏈結(圖六十三)。

	
圖六十三、酸和鹼性物質可以打斷澱粉分子間的氫鍵鍵結，使黏度下降，即可抑制起泡	圖六十四、油會卡在澱粉螺旋中，使澱粉分子間的連結較差，進而達到消泡效果。

(三)油：效果最佳因油會跑到澱粉的螺旋結構中，形成 V 型結構的澱粉，阻礙澱粉鏈之間的結合(圖六十四)

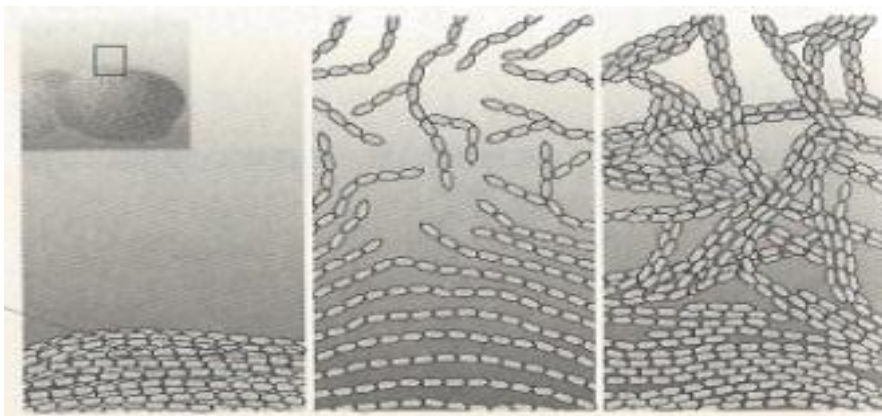
(四)鹽水：效果沒有前者佳，糊化後加入少量會有不錯的效果，加入鹽水是為了降低溫度，使水較慢到達沸點。

(五)糖水：沒有明顯的消泡效果，推測是因糖水無法對澱粉內部結構改變。

四、探討成膜的原因

1.比較各種膜的成分：測試每種膜的成分，結果發現糯米膜和各麵粉膜都含有蛋白質，其餘都沒有；全部的膜都不含脂質，推測含有蛋白質的膜都比較脆。此外，每種膜的含有支鏈澱粉，但成膜明顯的種類，膜中的直鏈澱粉含量會提高。

2.澱粉液有成膜的定義為，澱粉液加熱至末溫後，靜置至室溫，如果澱粉液面上有浮一層膜狀物，且可取起，即為有成膜。發現直接將澱粉液曬乾後也可形成膜，但是一般澱粉膜是經過分子重新排列成堅硬結構(圖六十五)，所以澱粉膜不易破。



圖六十五、澱粉糊化後會重新排列，形成堅硬結構的示意圖(哈洛德·馬基 1984)

3.添加物對膜的影響：麵粉膜很薄而且太脆，添加吉利丁的膜太硬，添加甘油的膜則是無法乾燥，添加物都無法讓膜的性能更好。推測加熱麵粉時蛋白質可能會把澱粉抓住，讓澱粉無法大量飄出成膜；吉利丁可能無法和澱粉結合，反而會破壞澱粉飄出形成的堅硬結構；甘油則是因為甘油有很強的保水性，把水抓得很緊，所以很難乾燥。

五、膜的應用

(一)選擇合適的澱粉製作微波澱粉膜

以不同方式製作膜並比較其特性

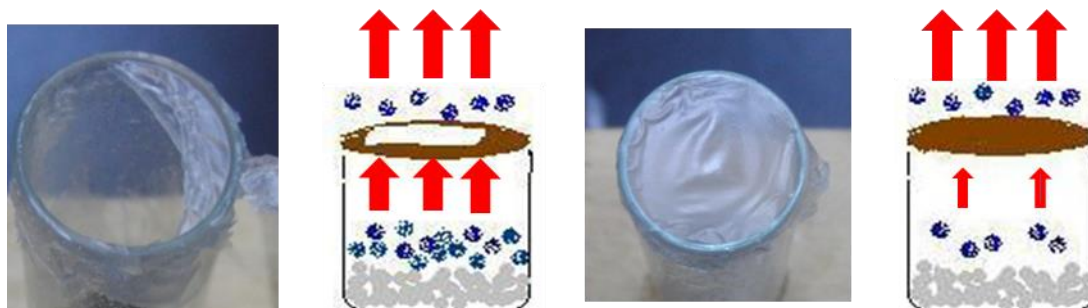
	澱粉種類	溶液加入次數	添加物的種類	膜生成的時間
厚度	糯米粉比在來米粉、玉米粉厚	糯米與玉米取膜的次數越多，膜越厚；在來米則是越多次越薄	糯米與在來米皆以添加鹽較厚；玉米四種很平均	糯米與在來米隔夜取的膜比較薄；玉米則較厚
易破度	1.糯米太脆無法比較 2.玉米粉比在來米粉不易破	玉米平均比在來米不易破碎	玉米以添加糖較不易破碎，在來米則是添加酸	玉米直接取的膜較不易碎；在來米則是隔夜取的膜較不易碎
韌性	1.糯米無法比較 2.玉米與在來米不相上下	玉米取膜的次數越多，韌性越差；在來米粉則相反	玉米以添加鹽韌性最好；在來米則是除了糖，其餘韌性都不錯	玉米直接取的膜韌性較好；在來米隔夜取的膜韌性較好

經過多項測試，發現糯米粉的膜太脆，所以不適合當保鮮膜。在來米膜和玉米膜相比，玉米粉比較容易封口。

(二)澱粉膜的適用性評估

1.用於微波：

澱粉膜對水蒸氣有通透性，在微波時澱粉膜會吸收食物蒸發的水分，本身受熱也會蒸發掉水分，因此以常使用的火力與時間膜都不會糊掉或破裂。



圖六十六、澱粉膜微波示意圖

2.用於電鍋蒸煮

電鍋是以水蒸氣，烘煮食物，澱粉膜在水蒸氣上下夾擊下，仍不糊掉，表示此膜的吸水性和透氣性仍適用於電鍋。但是有些人使用電鍋不加水，澱粉膜就會因為太乾燥破裂。

3.用於冰箱冷常

冰箱除了能夠降低溫度外，也有除溼的功能，長時間放置冰箱，澱粉膜會因為

太乾燥無法與容器黏合；另外，因為澱粉膜有通透性，食物中的水分也會漸漸蒸發，故不適合長時間冷藏。

(三)與市售保鮮膜比較

- 1.比較失水量：兩者微波後食物失水量相差不到 5%，表示澱粉膜也有不錯的密封效果。
- 2.比較食物的升溫情況：以相同的火力與時間微波，PVC 膜微波的食物溫度略高於澱粉膜，因為澱粉膜具有通透性，水蒸氣會由澱粉膜跑出容器，喪失些微熱力。
- 3.與不同材質的容器的黏合能力的比較：PVC 膜利用靜電來與容器黏合，澱粉膜則是以氫鍵和介面黏合。比較後發現，兩者皆可與陶瓷和玻璃黏合，皆不能與塑膠和鐵黏合，對紙器而言則只有澱粉粉具黏合力，可能因兩者成分皆為纖維素。
- 4.綜合比較，澱粉膜有四大優勢，
第一，澱粉膜從製作到使用都是天然的，較環保。第二，微波加熱不會產生有害人體的化學物質。第三，澱粉膜具通透性，不用在膜上面戳洞，不會爆裂，第四，澱粉膜可和紙器黏合，適用對象較 PVC 膜多。所以玉米膜可以當作環保又健康的食物保鮮膜。

柒、結論

一、探討起泡原因

起泡要有兩個條件，一個是起泡的膜，另一個是吹氣。研究發現濃度適中(3%~4%)的澱粉溶液在高溫才能起泡，是因”吹氣”是來自水蒸氣，水蒸氣在沸點附近會大量產生，澱粉濃度要適中，膜才不會太厚吹不起來，或太薄易破。A 型穀類澱粉因其直鏈澱粉的螺旋鏈間有水分，因此鏈之間結合力適中；其結晶區部分的支鏈澱粉長度較短，再加上不含 B 型澱粉的磷酸酯鍵，因此易於起泡。

二、消泡的方法和原理

添加小蘇打、及油，消泡效果較佳。因為鹼性物質會破壞澱粉間的氫鍵，油會進入澱粉的螺旋結構中，這些都使澱粉分子間的連結變差，故可消泡。

三、探討成膜的原因

太白粉和地瓜粉澱粉分子間的連結較強，溶液煮沸後靜置沒有出現膜，分析 A 型澱粉(在來米及玉米)所成的膜，發現成分有支鏈澱粉，且直鏈澱粉比例大大的提高，推測澱粉粒糊化破裂時，直鏈及支鏈澱粉鏈游離出澱粉粒，互相連結成網狀結構，飄上液面，形成膜。膜的製作不適合添加蛋白質和甘油，因這些添加物和澱粉結合情況不佳，造成膜易破。

四、膜的應用

研究發現玉米膜最適合做為保鮮膜，在一般烹煮條件下，適用於微波與電鍋蒸煮，但若食物含水量過高，超過膜的吸水量，膜會糊掉；若是長期置於冰箱或乾燒，膜會乾裂。和市售保鮮膜微波的食物失水量差不多，不需要在膜上戳洞，可與紙製品黏合，所以玉米膜可以當作環保又健康的食物保鮮膜。

捌、參考資料及其他

- 一、周芳瑜、江庭瑩、卜嘉榕、何毓倫(2008)。碘液調色盤--直鏈澱粉定量方法之改良。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 二、施明智(2004)。食物學原理。澱粉與穀類(147-158 頁)。台北市：藝軒圖書。
- 三、哈洛德·馬基(Harold McGee)著；蔡承志譯 (1984)。食物與廚藝：蔬、果、香料、穀物。台北縣。大家出版。
- 四、張介凡(2006 年 9 月 6 日)。保鮮膜都能微波加熱？材質大不同。取自：
<http://blog.udn.com/apan710/436254>。
- 五、梁勇、張本山、高大雄、楊連生(2002)。澱粉的結晶性與非結晶性研究進展。化學通報，第 65 卷。
- 六、莊雅雯、古明萱(2007)。葛鬱金與澱粉作物的澱粉性質比較。作物、環境與生物資訊 4：77-87。
- 七、黃宏隆、郭文怡、徐華強(1995)。麵條加工技術。中華穀類食品工業技術研究所。
- 八、蔡玫琳(1997)。澱粉顆粒及其分子之成糊行為。國立台灣大學食品科技研究所博士論文，台北市。
- 九、A. Buleon, P. Colonna, V. Planchot, S. Ball (1998). Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 23(1998) 85-112.
- 十、Asa Rindlav-Westling, Mats Stading, Anne-Marie Hermansson, Paul Gatenholm (1998). Structure, mechanical and barrier properties of amylose and amylopectin films. *Carbohydrate Polymers* 36(1998)217-224.
- 十一、Jaroslav Blazek, Elliot Paul Gilbert (2011). Application of small-angle X-ray and neutron scattering techniques to the characterization of starch structure: A review. *Carbohydrate Polymers* 85(2011)281-293.
- 十二、Jay-lin Jane, Kit-sum Wong, Andrew E. McPherson (1997). Branch-structure difference in starches of A- and B-type X-ray patterns revealed by their Naegeli dextrans. *Carbohydrate Research* 300(1997)219-227.
- 十三、Juliano BO (1971) A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Chem.*16:334-340
- 十四、P. J. Jenkins and A. M. Donald (1995). The influence of amylose on starch granule structure. *Int. J. Biol. Macromol.* Volume 17 Number 6 1995.
- 十五、Richard F. Tester, John Karkalas, Xin Qi (2004). Starch—composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39(2004)151-165.
- 十六、Sung, J. H., Park, D. P., Choi, H. J., Park, B. J., & Jhon M. S. (2005). Phosphorylation of Potato Starch and Its Electrorheological Suspension. *Biomacromolecules*, 6, 2182-2188.
- 十七、Thomas D. J. and William A. A. (1997). *Starches*. St. Paul, Minnesota USA: Eagan press.

【評語】 030207

雖然澱粉的結構很複雜，同學有非常用心去理解，而且認真研讀文獻，了解各項實驗的原理。在顯微照相的時候，可以更注意比例尺的問題。希望能在膜的製作上能找出更好的配方。