

花蓮縣第 66 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學科（二）組

組 別：國小組

作品名稱：拒絕硬道理 喚醒『Q』彈奇蹟

-影響麻糬澱粉老化的因素及澱粉糊化方法之探討

關 鍵 詞：麻糬、澱粉老化、澱粉糊化

編 號：

# 目錄

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 壹、研究動機.....                                 | 1  |
| 貳、研究目的.....                                 | 1  |
| 參、研究架構.....                                 | 2  |
| 肆、研究問題.....                                 | 2  |
| 伍、研究設備與器材.....                              | 3  |
| 陸、文獻探討.....                                 | 3  |
| 柒、研究歷程.....                                 | 5  |
| 一、測試實驗.....                                 | 5  |
| 二、正式實驗..                                    | 10 |
| 研究(一)、製作麻糬最佳的米水比例.....                      | 10 |
| 研究(二)-1、圓糯米在不同保存溫度所製作的麻糬，對澱粉老化之影響.....      | 12 |
| 研究(二)-2、圓糯米在不同保存溫度所製作的麻糬，澱粉老化對照組(未回復) ..... | 14 |
| 研究(二)-3、圓糯米在不同保存溫度所製作的麻糬，澱粉老化後以蒸氣烤箱進行澱粉糊化.. | 15 |
| 研究(二)-4、圓糯米在不同保存溫度所製作的麻糬，澱粉老化後以隔水加熱進行澱粉糊化.. | 16 |
| 研究(三)-1、添加桑葚原液做出的麻糬，對澱粉老化之影響.....           | 18 |
| 研究(三)-2、添加桑葚原汁做出的麻糬，澱粉老化對照組(未回復) .....      | 20 |
| 研究(三)-3、添加桑葚原汁做出的麻糬，澱粉老化後以蒸氣烤箱進行澱粉糊化.....   | 21 |
| 研究(三)-4、添加桑葚原汁做出的麻糬，澱粉老化後以隔水加熱進行澱粉糊化.....   | 22 |
| 研究(四)、檢測市售麻糬的硬度、延展性、老化程度與水分含量，與自製麻糬之差異..... | 24 |
| 捌、討論.....                                   | 27 |
| 玖、結論.....                                   | 29 |
| 拾、未來研究與建議.....                              | 29 |
| 壹拾壹、參考資料.....                               | 30 |

## 拒絕硬道理 喚醒『Q』彈奇蹟

### —影響麻糬澱粉老化的因素及澱粉糊化方法之探討 摘要

本研究改變米水比例、米的保存溫度及添加桑葚原液於製作麻糬過程中的不同時機等因素，探討澱粉老化的程度與尋找最佳糊化方式，建立麻糬製作標準流程。

我們透過實驗發現，米水比例 1：1 製作出的麻糬軟硬度最佳，兼具硬度及延展性的考量，再使用冷藏保存的米並在煮米時加入桑葚原液，是對於硬度、延展性、老化程度和水分含量等實驗效果最佳的製作方式。本研究亦使用蒸氣烤箱及卡式爐來完成蒸氣烤箱、隔水加熱兩種老化後再次糊化的檢測模式，檢測麻糬剛製作完、澱粉老化及再糊化後的差異。我們也進一步設計出檢測麻糬硬度的實驗平台，以及使用智高積木搭建而成、靠著馬達來帶動機器運作的延展性實驗平台，未來這兩套實驗平台亦能廣泛應用。

## 壹、研究動機

生長在花蓮，麻糬幾乎是從小吃到大的日常，不僅是拜訪親友的首選，也是製作下午茶點心的美好回憶。然而，在享受麻糬的背後，常面臨一個共同的難題，買回家的麻糬若未即時食用，往往會因放置時間過久或存放方法不當而導致口感變硬。本研究在探討麻糬的澱粉老化現象，進而分析製作麻糬時的米水比例、圓糯米的保存溫度、添加桑葚原液對麻糬老化程度的影響，並透過蒸氣烤箱、隔水加熱等方式使得麻糬糊化，觀察其變化；讓這份美味即便在忙碌的生活中，依然能維持其軟嫩扎實的原味，解決食物浪費的問題並提升食用體驗，尋找讓麻糬「起死回生」恢復 Q 彈的方法。

## 貳、研究目的

本研究希望找出影響麻糬澱粉老化的因素及讓麻糬澱粉老化回復的方法，並探討各變因的影響機制：

- 一、藉由文獻探討了解製作麻糬的原理與過程
- 二、建立用圓糯米自製麻糬的標準作業程序
- 三、探討麻糬製作過程中，煮米時的最佳水量比例
- 四、探討製作麻糬前，圓糯米在不同保存溫度下，對麻糬的澱粉老化之影響
- 五、探討添加桑葚原液所做出的麻糬，對澱粉老化之影響
- 六、比較市售麻糬與自製麻糬在硬度、延展性、水分含量、老化程度等因素的差異

## 參、研究架構

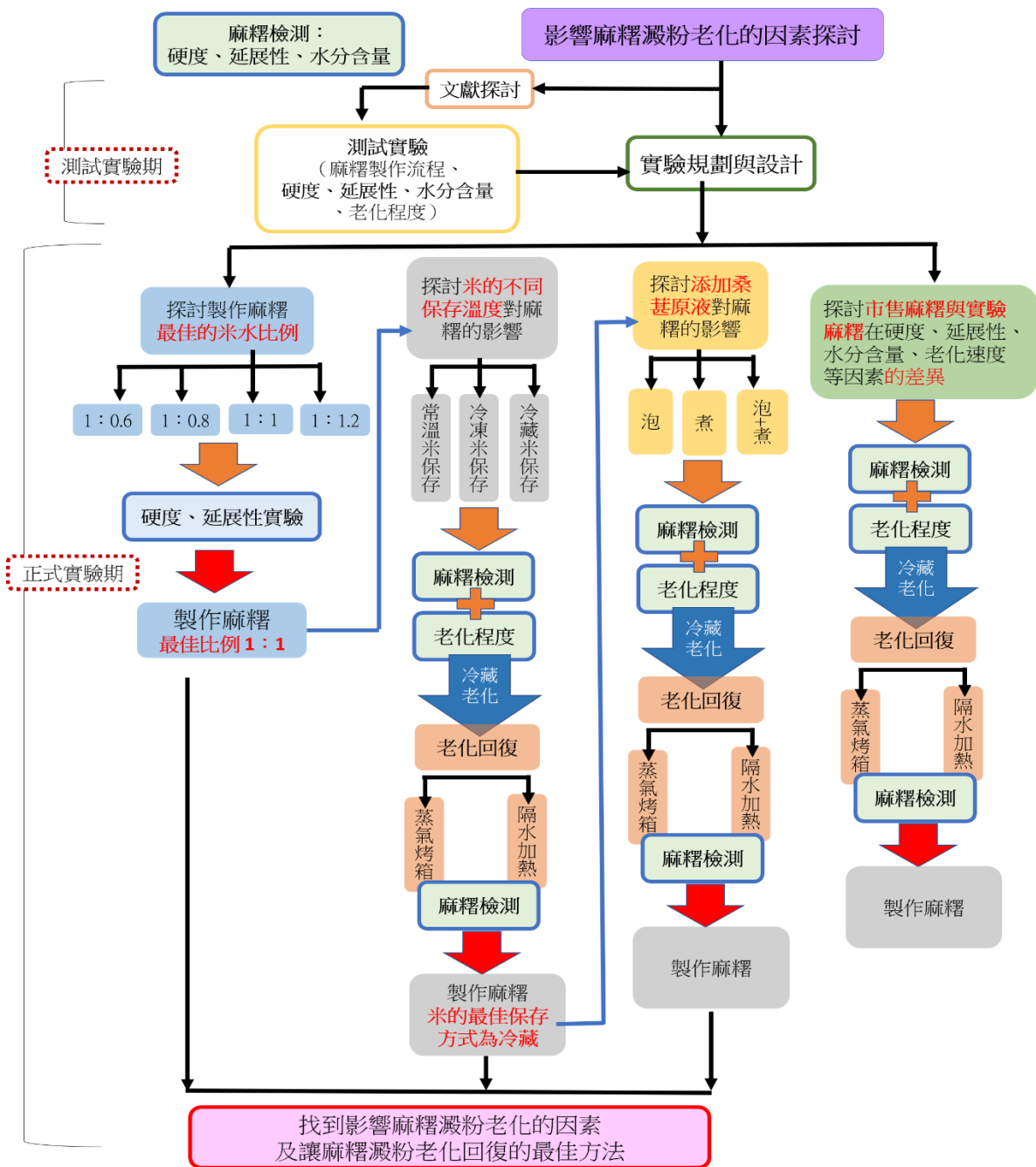


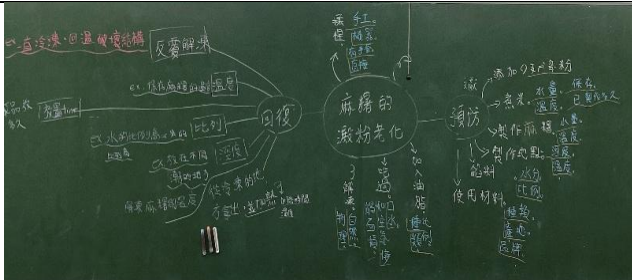
圖 1 研究架構圖

## 肆、研究問題

- 一、製作麻糬的最佳米水比例為何？
- 二、圓糯米在不同保存溫度，在製作麻糬時是否會影響麻糬的澱粉老化？
- 三、製作麻糬時，在泡米、煮米階段添加桑甚原液，是否會影響澱粉老化？
- 四、市售麻糬與自製麻糬在硬度、延展性、水分含量、老化程度，是否有差異？

## 伍、研究設備與器材

- 一、製作麻糬：花蓮富里圓糯米、大同電鍋（TAC-11K）、蒸氣烤箱（YB1202CB）、電子溫度計、湯匙、鐵鍋、計時器、電子秤（TP-3000 3kg / 0.1g）、慢磨萃取原汁機（CJP-04）、電動攪拌機（RO-700D）
- 二、硬度實驗：30 毫升藥杯、雷切木板、65 毫升餵食用針筒活塞柄、100 公克砝碼
- 三、延展性實驗：智高積木、馬達、4 號電池、電線壓條、攝影工具
- 四、水分含量實驗：烤箱、蛋塔圓鋁杯、計時器、電子秤、電子溫度計
- 五、老化程度實驗：冰箱、30 毫升藥杯、計時器、電子秤
- 六、麻糬糊化實驗：卡式爐、大小鐵鍋、鐵筷、蒸氣烤箱、小鐵盆
- 七、紀錄：平板、標籤、紀錄紙、筆
- 八、善後：洗潔精、菜瓜布、保鮮膜、小蘇打粉

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    |  |                                                                                      |   |
| 討論題目與研究方向                                                                           | 擬定實驗架構與子題                                                                           |                                                                                      | 大同電鍋                                                                                  |
|  |  |  |  |
| Coway 慢磨萃取原汁機                                                                       | Rungo 電動攪拌機                                                                         | 三菱電子溫度計                                                                              | 廣田牌專業型電子秤                                                                             |
|  |  |  |  |
| 針筒                                                                                  | 100 公克砝碼                                                                            | 攝影工具                                                                                 | TECO 蒸氣烤箱                                                                             |

## 陸、文獻探討

### 一、基本概念的建立

- (一) 圓糯米：外觀呈現圓短、乳白色且不透明狀，主要產於台灣花蓮玉里及宜蘭三星等地。其澱粉結構富含支鏈澱粉且幾乎不含直鏈澱粉，具有吸水性強、加熱後極易糊化的特性。加熱後容易糊化，冷卻後口感依然軟 Q。

- (二) 支鏈澱粉 (Amylopectin)：由許多葡萄糖組成的澱粉，除了  $\alpha$ -1,4 鍵外，還有  $\alpha$ -1,6 鍵形成多分支的樹狀結構。這種結構使它容易吸水膨脹，加熱後產生高黏性與彈性，讓食物口感軟 Q。因不易形成規則結晶，所以不易老化變硬，也較容易被人體消化吸收。
- (三) 直鏈澱粉 (Amylose)：由葡萄糖以  $\alpha$ -1,4 鍵連成的長條狀結構，幾乎沒有分支。因排列緊密、吸水性較低，加熱後黏性較小。冷卻時分子容易重新排列並形成結晶，使食物變硬、出水（老化）。此外，還會形成抗性澱粉，讓消化速度變慢。
- (四) 桑葚原液 (Mulberry)：本研究所使用的桑葚原液為花蓮在地生產，主要成分為桑葚及水，果汁含量為 99% 的桑葚原液。

## 二、 和本研究有關的化學概念

- (一) 澱粉老化 (Starch Retrogradation)：指澱粉加熱糊化後，在冷卻或存放時，分子動能降低，澱粉鏈重新排列並透過氫鍵形成較有序的結晶結構，同時排出水分（離水現象）。使得食物由柔軟黏稠變得較硬、乾燥，甚至變不透明。直鏈澱粉含量越高、老化程度越快、越容易變硬。
- (二) 澱粉糊化 (Starch Gelatinization)：指澱粉在加熱且水分充足時，水分子進入顆粒內部，破壞原本的氫鍵，使有序的結晶結構轉為鬆散混亂。此時澱粉顆粒會吸水膨脹，部分直鏈澱粉溶出，形成黏稠、半透明的糊狀或凝膠。這個過程會提高黏性與延展性，讓食物變得軟 Q，也更容易被人體消化吸收。

## 三、 製作麻糬的相關資料蒐集

### (一) 麻糬製作流程

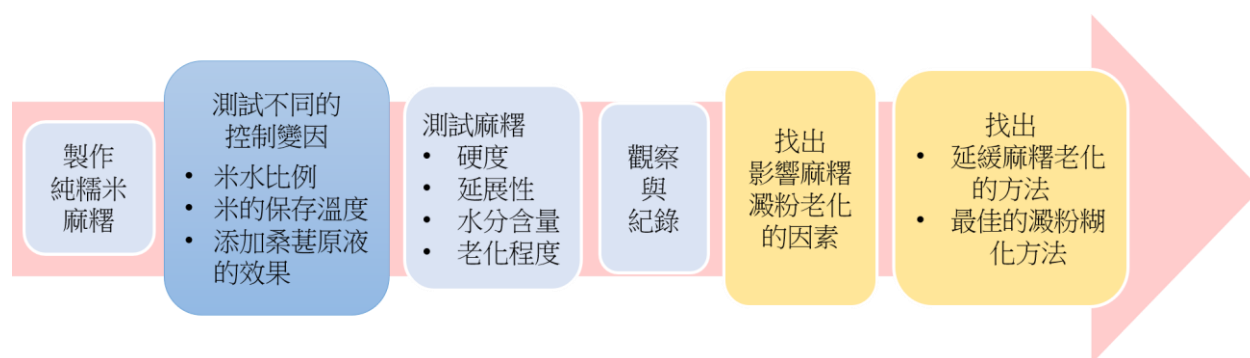
1. 用電子秤量取 150 克圓糯米
2. 將米洗淨 3 次，再加入 150 毫升水（約 24°C）浸泡四小時（米：水=1：1）
3. 浸泡完成後，用篩網將水完全瀝乾，內鍋與外鍋均加入 150 毫升的水，放入內鍋蒸煮，並計時
4. 蒸煮完成後不打開鍋蓋，直接進行悶飯。悶飯時間為蒸煮時間的一半。
5. 將蒸好的熱米飯立即放入慢磨萃取原汁機(以下簡稱慢磨機)中碾碎，並預先在慢磨機中加入 5 克的油，避免糯米沾黏
6. 將碾碎的糯米糊放置電動攪拌機(以下簡稱攪拌機)中，以馬力 5 攪打 5 分鐘，形成麻糬。

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| (1) 使用在地圓糯米作為原料                                                                     | (2) 洗米後加水泡米                                                                         | (3) 蒸煮完不開蓋，繼續悶飯                                                                       |

|                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| (4) 在慢磨機加入油，並放入蒸煮完後的糯米                                                            | (5) 將碾碎的糯米放入攪拌機，進行攪打                                                               | (6) 形成麻糬                                                                            |

表 1 麻糬製作流程

(二)依資料蒐集統整出本研究相關實驗流程如下：

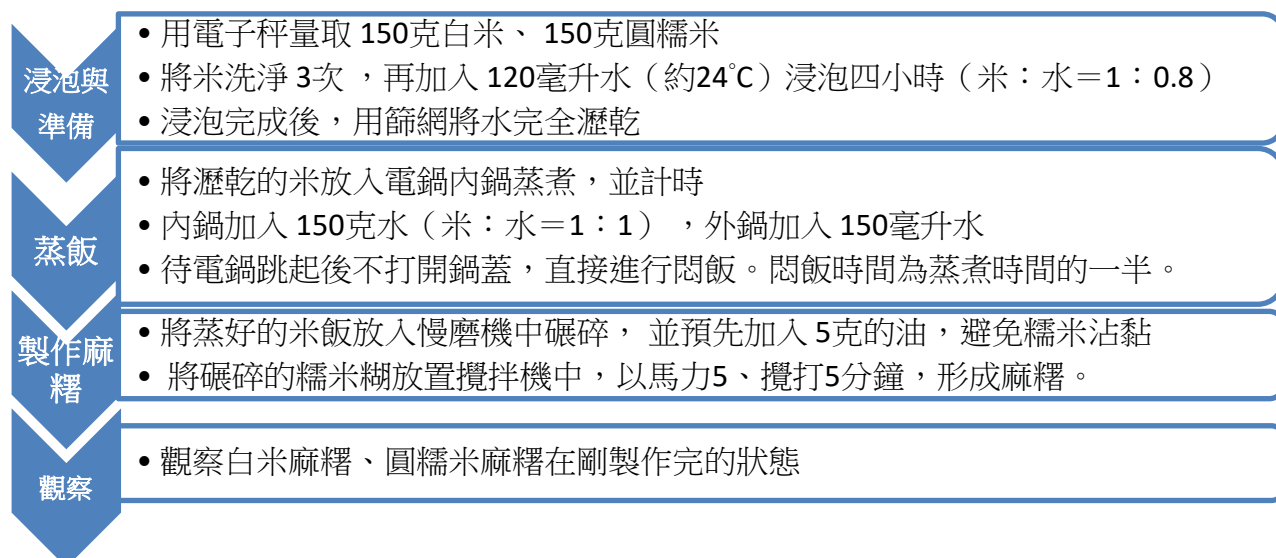


## 柒、研究歷程

### 一、測試實驗

#### (一) 選用圓糯米製作

1. 實驗目的：白米與圓糯米皆能製成麻糬。我們先個別試做兩種不同米的麻糬，觀察其製作過程的狀態、結果，再決定本實驗的主要使用米。
2. 實驗步驟



### 3. 發現與討論

- (1) 白米製成的麻糬用筷子拉伸的長度較短，在製作完後放置碗中更容易變硬，且在使用慢磨機碾碎時較難讓米粒的顆粒感消失。
- (2) 圓糯米製作成的麻糬較黏，用筷子可以拉伸得比較長，且在使用慢磨機碾碎時容易將米粒碾碎。**故本研究最終使用圓糯米製作麻糬與實驗主題。**

### (二) 麻糬澱粉老化觀察（選用冷藏保存）

1. 實驗目的：我們想要觀察麻糬放置一段時間後變硬的狀態、多久會變硬，來決定後續觀察澱粉老化的時間、溫度等控制因素。

#### 2. 實驗步驟

準備麻糬

- 電子秤量取三份圓糯米麻糬，每份皆為60克並用保鮮膜包好、放置夾鏈袋中
- 將三份麻糬分別放入冷凍、冷藏與常溫保存（常溫存放在不直射太陽的櫃子中）

觀察與紀錄

- 每一小時後拿出來觀看，以及存放24小時以後的狀態
- 每次觀察皆從冰箱中拿出後退冰15分鐘再進行觀察
- 觀察要點：麻糬外觀、手指觸碰（硬度）、重量

#### 3. 實驗記錄

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 剛分裝好的麻糬                                                                             | 冷凍保存的麻糬                                                                             | 冷藏保存的麻糬                                                                              | 常溫保存的麻糬                                                                               |

### 4. 發現與討論

- (1) 冷凍保存的麻糬外觀會有冰晶、結冰的現象，且硬度會因為結冰的關係較硬；冷藏麻糬一開始拿出冰箱會較硬，但在退冰 15 分鐘後變軟、手指按壓後有痕跡；常溫麻糬則一直都會是軟的狀態。
- (2) 在存放 24 小時之後，冷凍麻糬雖保存良好但是外表的冰晶會變多、不易觀察麻糬的重量與外觀；冷藏麻糬雖會變硬但較容易觀察硬化的過程；常溫麻糬會開始出現發霉的黑點、紅點，顯示常溫保存雖能使麻糬不易老化卻容易壞掉。**綜上所述，在後續實驗中，我們選擇以冷藏保存作為刻意讓麻糬老化的保存溫度，觀察麻糬老化的現象，以及老化後用不同加熱方式使得麻糬糊化的狀況。**

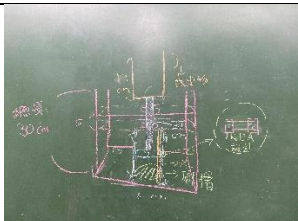
### (三) 建立麻糬檢測實驗

#### A. 麻糬硬度實驗與硬度檢測平台製作

##### 1. 實驗步驟

|        |                                                                                                                                                                                                                           |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 驗證構想   | <ul style="list-style-type: none"> <li>準備市售麻糬，作為硬度測試實驗的對象</li> </ul>                                                                                                                                                      |
| 測試與修正  | <ul style="list-style-type: none"> <li>構想一：將餵食用針筒的椎頭堵住、外筒側邊打洞，把麻糬放進針筒中，再將活塞軸連接重物，測試麻糬在承重情況下的變化。</li> <li>測試後發現：1. 針筒內的壓力使得活塞無法持續下降、2. 麻糬不易放入針筒</li> </ul>                                                                 |
| 新設計    | <ul style="list-style-type: none"> <li>觀摩歷屆科展的實驗設計，繪製實驗平台草圖，並使用智高積木實際組裝模型，再進行草圖修正；最後使用雷射進行檢測度平台的製作。</li> </ul>                                                                                                            |
| 製作、修正  | <ul style="list-style-type: none"> <li>製作硬度檢測平台，隨測試實驗進行修正</li> </ul>                                                                                                                                                      |
| 標準實驗流程 | <ul style="list-style-type: none"> <li>根據已建立好的麻糬製作標準流程，製作<b>150克</b>的麻糬</li> <li>將麻糬裝至底部標有編號的小杯，每一杯皆裝到滿杯，約為<b>30公克</b></li> <li>使用硬度平台檢測，從無重量開始，每次增加<b>100公克</b>重的砝碼，至<b>600公克</b></li> <li>記錄數據結果，測試五杯麻糬，取平均值</li> </ul> |

##### 2. 實驗記錄

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 實驗平台設計草圖                                                                            | 實驗平台第一代<br>(針筒)                                                                     | 合作用智高組裝實驗<br>平台模型                                                                    | 根據討論結果，調整<br>模型的位置                                                                    |
|  |  |  |  |
| 智高組裝實驗平台的<br>模型                                                                     | 實驗平台第二代<br>(細長鐵棒)                                                                   | 實驗平台第三代<br>(雷射)                                                                      | 將硬度平台應用在實<br>驗檢測                                                                      |

##### 3. 發現與討論

- (1) 構想一原本使用針筒作為硬度測試的器材，但實際測試後發現針筒管頭堵住的情況下，針筒內的壓力使得活塞無法持續下降，麻糬本身也不易放入針筒。我們認為麻糬受到擠壓後會出現變形、溢流的情形，需要開放的空間讓麻糬可以

流出，故而將硬度實驗的構想從「檢測麻糬可以承受多少重量不變形」改為「檢測麻糬在不同重量下會下陷多少公分」。

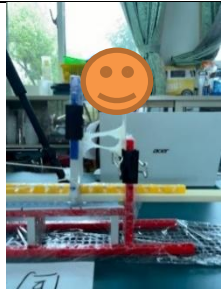
- (2) 原本的設計是使用貼有公分數的長型圓柱來觀看麻糬下陷的程度，但實際檢測後發現圓柱下壓後麻糬會滿溢出來，使得公分數的判別有誤，且圓柱直徑小，麻糬的表面無法均勻受力。經過幾次嘗試後，我們發現 30 毫升的小藥杯（以下簡稱小杯）直徑與 65 毫升餵食用針筒的活塞柄直徑相符合，既可以使麻糬表面均勻受力、下陷時又能觀測到藥杯內的活塞柄的位置，最終改將量尺貼在小杯外側進行觀察。

## B. 麻糬延展性實驗與延展性檢測平台製作

### 1. 實驗步驟

|         |                                                                                                                                                                                                                |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 初步構想與測試 | <ul style="list-style-type: none"> <li>初步構想：將麻糬塞入12毫升的針筒，將麻糬擠在以平方公分為單位的隔板上，擠滿20平方公分。完成後立起隔板並計時，觀察麻糬往下流的現象</li> <li>測試後發現：1. 麻糬不易下滑，需要長時間觀察、2. 不易掌握麻糬的量</li> </ul>                                              |
| 新構想     | <ul style="list-style-type: none"> <li>與校內老師討論、詢問生活中的經驗</li> <li>以虎鉗的構想，設計可以固定一邊、拉開一邊的器材，測試麻糬的斷裂公分數</li> </ul>                                                                                                 |
| 測試      | <ul style="list-style-type: none"> <li>使用智高積木內的馬達、齒輪、滑輪組等零件，嘗試組裝</li> <li>使用馬達與滑輪組製作自動捲線器，並將線段綁在樂高積木上拉動</li> </ul>                                                                                             |
| 製作、修正   | <ul style="list-style-type: none"> <li>使用雷射切割透明片、背面貼上透明標籤標示麻糬放置的位子，以長尾夾固定兩片板子；一片固定在起始點、另一片則綁上棉線，在馬達轉動時拉開</li> <li>在軌道兩旁貼上量尺，判斷麻糬斷裂的公分數</li> <li>兩顆電池的馬達轉速太快，改用一顆電池的馬達</li> </ul>                               |
| 標準實驗流程  | <ul style="list-style-type: none"> <li>根據已建立好的麻糬製作標準流程，製作25克的麻糬</li> <li>以12毫升的針筒將麻糬擠在透明片的有效區域，每片須放置5公克的麻糬並用另一片透明片覆蓋，保留0.5公分的縫隙</li> <li>依照編號放至延展性平台檢測，開啟機器馬達進行實驗</li> <li>從上方以平板拍攝記錄數據結果。測試五次，取平均值</li> </ul> |

### 2. 實驗記錄

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 用智高組裝延展性實驗平台                                                                        | 將延展性平台應用在實驗檢測                                                                       | 延展性平台檢測中（未拉開麻糬）                                                                      | 延展性平台檢測中（拉開麻糬）                                                                        |

### 3. 發現與討論

- (1) 初步構想是將麻糬擠在以平方公分為單位的隔板上，擠滿 20 平方公分後立起隔板並計時，觀察麻糬下流的現象。測試後發現：麻糬不易下滑，約莫 10 分鐘後才會超出格線、20 分鐘後開始明顯往下流；擠出的麻糬無法秤重，不易掌握麻糬的量；最後是因麻糬往下流時會呈現波浪狀，不好判斷麻糬的延展性。故最後改用虎鉗的拉力測試，將延展性實驗的構想從「檢測同樣分量的麻糬往下流的公分數」改為「檢測麻糬在同樣大小的拉力下可以拉長多少公分才斷裂」。
- (2) 以 12 毫升的針筒將麻糬擠在透明片的有效區域時，會將透明片放置在電子秤上，一邊擠麻糬、一邊秤重，使得每片皆放置 5 公克的麻糬。在用另一片透明片覆蓋時亦統一保留 0.5 公分的縫隙，避免因過多的壓力影響延展性測試。此外，麻糬在實驗過程中可能會往下流、沾黏，所以使用的智高積木都包了保鮮膜，避免麻糬卡在縫隙中乾掉而影響實驗。
- (3) 由於兩顆電池的馬達轉速太快，影片拍攝後的效果不好判斷麻糬斷裂的公分數，所以改用單顆電池的馬達進行實驗。為了確保電池的電力部會影響馬達的拉力大小，每次進行延展性實驗時都會使用全新的電池進行實驗。

## C. 麻糬的老化實驗

### 1. 實驗步驟

製作  
麻糬

- 根據已建立好的麻糬製作標準流程，製作麻糬

老化  
實驗

- 將麻糬分裝在十個杯底標示編號的小杯，每杯10公克的麻糬。
- 把十杯麻糬同時放在冷藏保存，每30分鐘依序拿出一個，並使用電子秤測量重量
- 紀錄麻糬拿出後的重量變化

### 2. 實驗記錄

|                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| 將麻糬分裝在十個小杯，每杯 10 公克                                                                 | 把十杯麻糬同時放在冷藏室，進行澱粉老化實驗                                                                | 使用電子秤測量重量並紀錄                                                                          |

### 3. 發現與討論

- (1) 為避免保鮮膜影響麻糬的老化情形，所以我們沒有替麻糬包包鮮膜

## D. 麻糬的水分含量

### 1. 實驗步驟

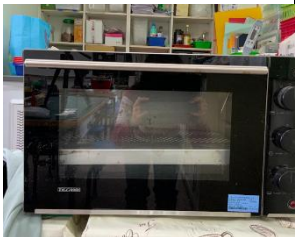
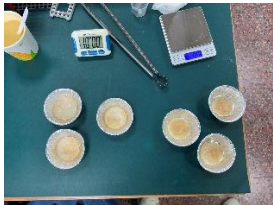
製作  
麻糬

- 根據已建立好的麻糬製作標準流程，製作麻糬

水分含量  
實驗

- 將5公克的麻糬放至蛋塔圓鋁杯上，鋪平在蛋塔圓鋁杯底部
- 將蛋塔圓鋁杯放在105°C的烤箱烘烤，每十分鐘拿出秤重，紀錄重量與外型變化
- 當重量不再變化時，表示麻糬內的水分已經被烤乾。根據公式可以推斷麻糬內含有的水分重量百分比。

### 2. 實驗記錄

|                                                                                    |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 將 5 公克的麻糬鋪平在蛋塔圓鋁杯底部                                                                | 以 105°C 的烤箱烘烤                                                                     | 每十分鐘拿出秤重，紀錄重量與外型變化                                                                 | 使用電子秤測量重量並紀錄                                                                         |

### 3. 發現與討論

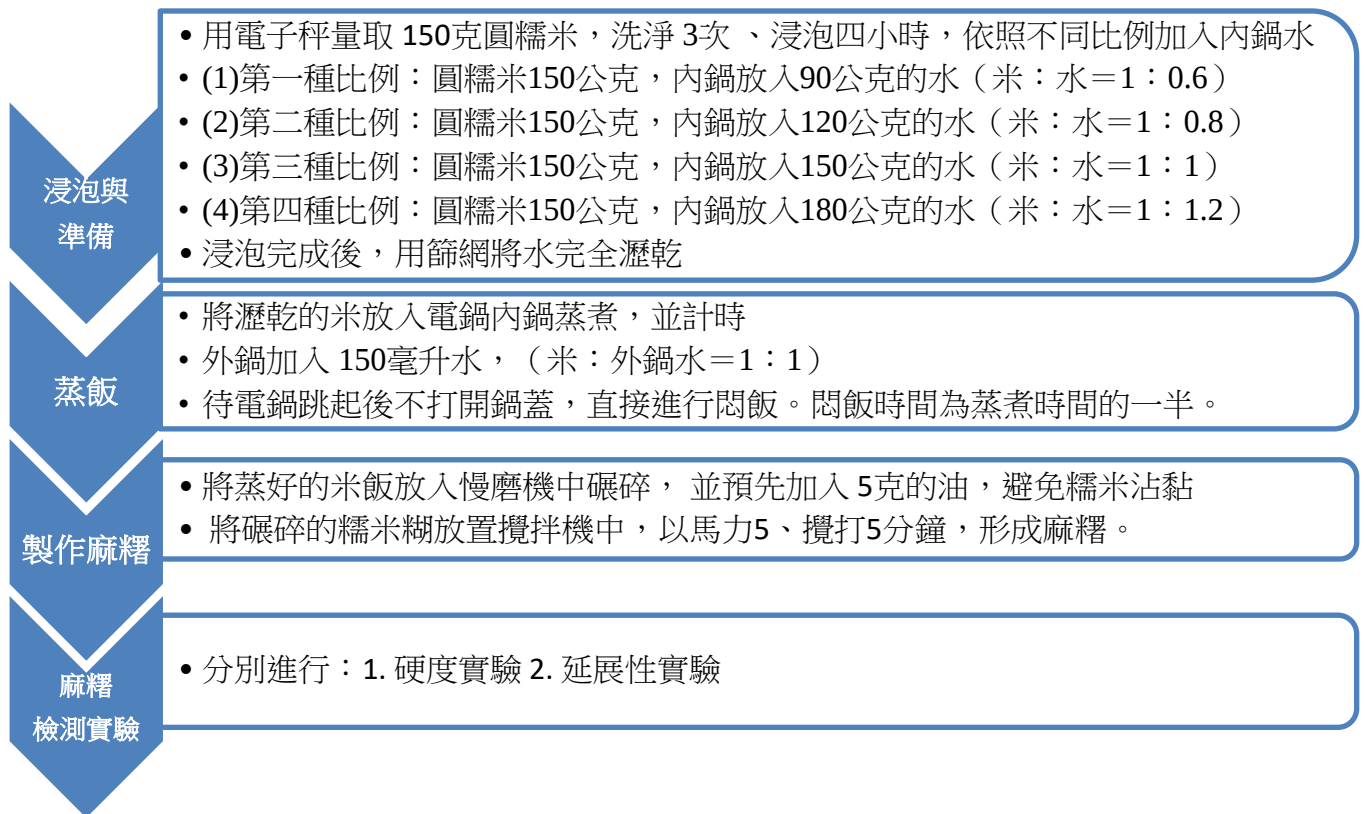
- (1) 水分散失實驗所秤重量皆包含麻糬重量+蛋塔圓鋁杯重量。每個蛋塔圓鋁杯約重 1.6 公克。故所有水分散失實驗的起始數據皆為 6.6 公克。
- (2) 計算麻糬內含有的水分重量百分比公式為：
$$\frac{\text{起始的重量}-\text{最終的重量}}{\text{起始的重量}} \times 100\%$$
- (3) 根據水分重量百分比公式，可以得知該麻糬內所含有的水分含量。在後續測試麻糬澱粉老化後、使用蒸氣烤箱進行澱粉糊化的實驗設計時，我們會依照這個水分含量實驗時得知的麻糬內水分重量百分比公式結果，放入相等重量的水分在蒸氣烤箱，補足麻糬在老化後的流失的水分。

## 二、正式實驗

### 研究(一)、製作麻糬最佳的米水比例

1. 實驗目的：研究煮圓糯米時的不同水量對所製成麻糬的影響，分別以 1：0.6、1：0.8、1：1 及 1：1.2 等四種米和水的比例進行探討。

## 2. 實驗流程



## 3. 實驗記錄（每組重複五次，取平均值）

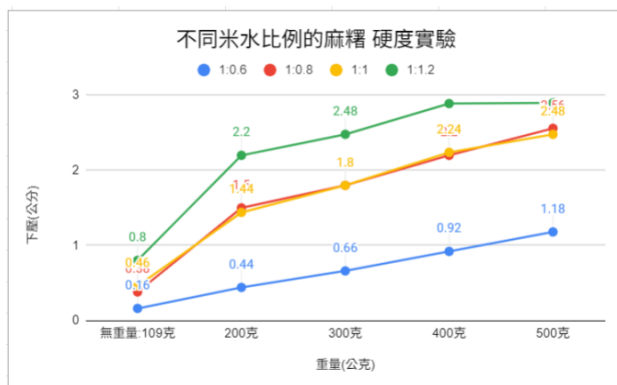


圖 2 不同米水比例的麻糬 硬度實驗

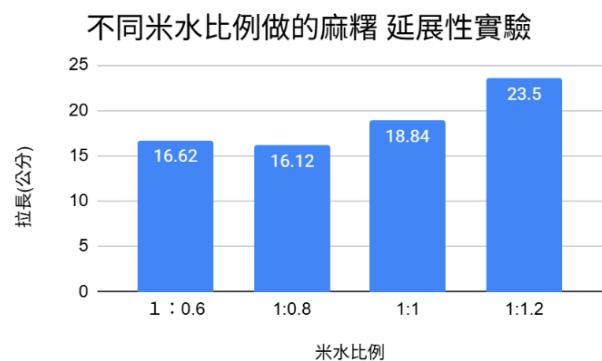


圖 3 不同米水比例的麻糬 延展性實驗

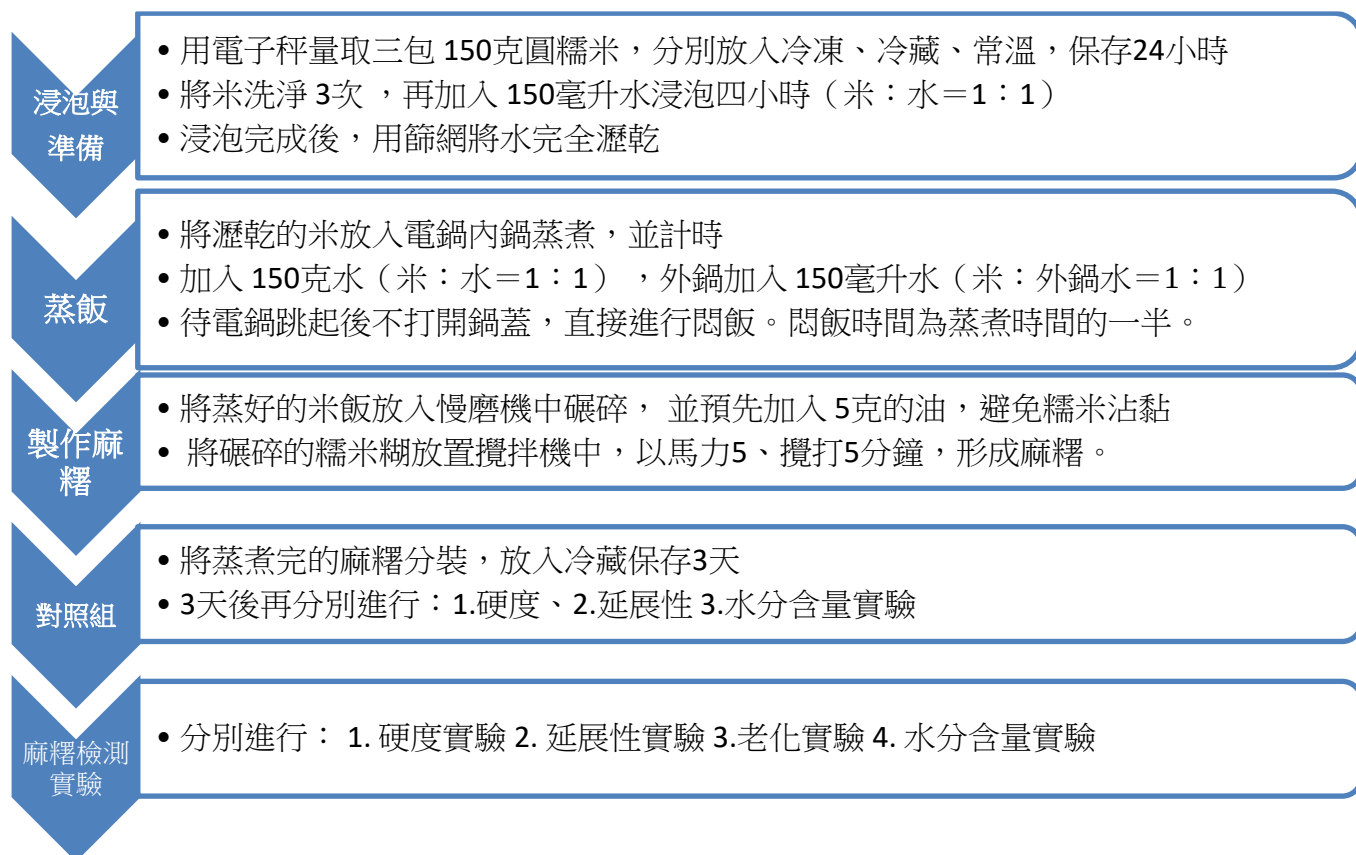
## 4. 發現與討論

- (1) 在硬度實驗中，我們發現，承重 500 公克砝碼的麻糬，在 1：1.2 的米水比例會下壓最多，平均 2.9 公分；1：0.6 的米水比例下壓最少，平均 1.18 公分。
- (2) 在延展性實驗中，米水比例為 1：1.2 的麻糬延展性最長，平均可拉伸 23.5 公分；而 1：0.8 的麻糬延展性最差，平均只可拉伸 16.12 公分，相較 1：0.6 的米水比例延展性，平均卻可拉伸 16.62 公分。

- (3) 製作麻糬後，將四種米水比例的麻糬放到冰箱冷藏三十六小時後拿出來觀察，其中米水比例 1：0.8 的麻糬已無法回彈，而 1：1 的麻糬卻還可以回彈也較有彈性。**綜上所述，我們認為製作麻糬最佳的米水比例是 1：1，以後的實驗也選擇用 1：1 的米水比例來做實驗。**

## 研究(二)-1、圓糯米在不同保存溫度所製作的麻糬，對澱粉老化之影響

- 實驗目的：我們想知道，用來製作麻糬的圓糯米在不同保存溫度之下所製作的麻糬，澱粉老化程度是否會有不同。
- 實驗流程



- 實驗記錄（硬度、延展性實驗每組重複五次，取平均值）

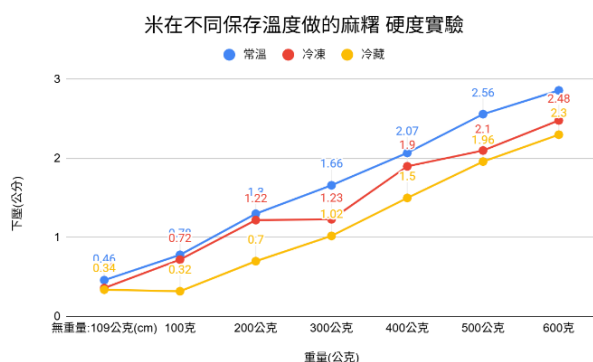


圖 4 米在不同保存溫度的麻糬 硬度實驗

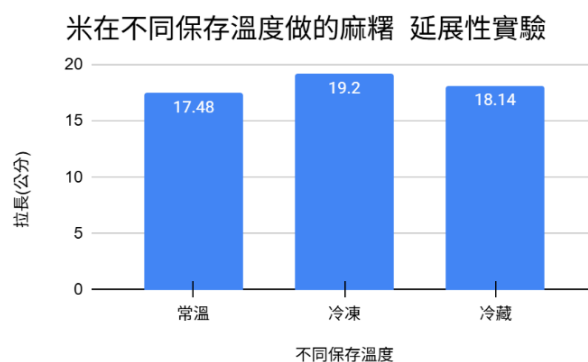


圖 5 米在不同保存溫度的麻糬 延展性實驗

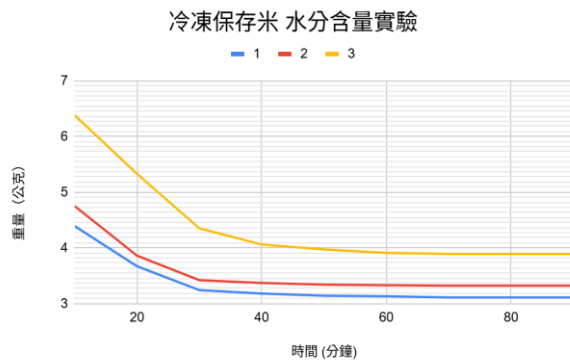


圖 6 冷凍保存米 水分含量實驗

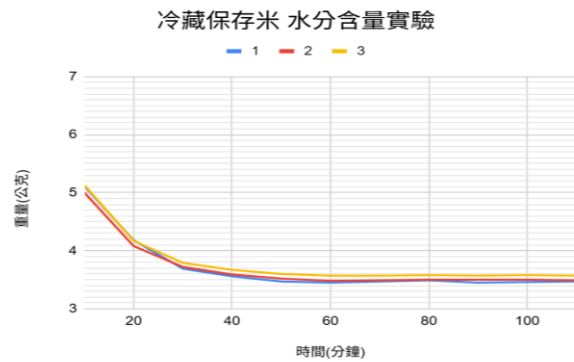


圖 7 冷藏保存米 水分含量實驗

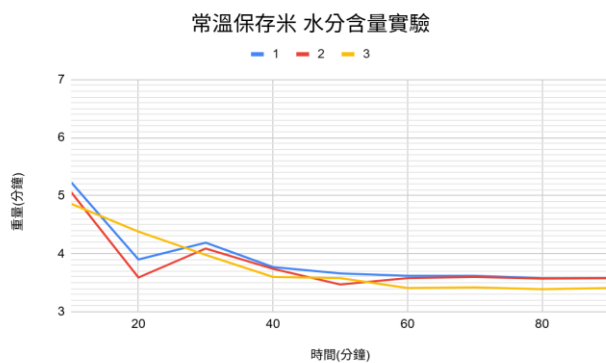


圖 8 常溫保存米 水分含量實驗

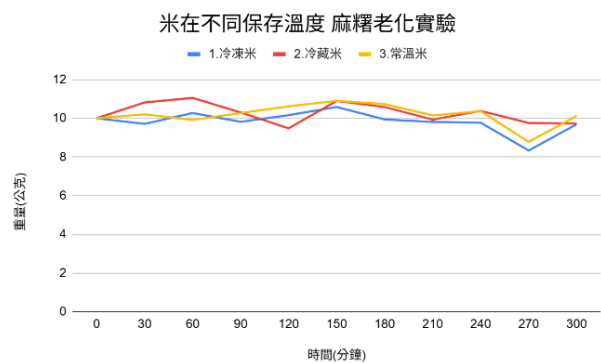


圖 9 米在不同保存溫度 麻糬老化實驗

#### 4. 發現與討論

- (1) 在硬度實驗中，我們發現冷藏米所做的麻糬，下壓的數最少，在 100 克減少 0.02 公分之後便隨著承受的重量下陷，每次都比前一次多下陷 0.38 公分左右。冷凍米所做的麻糬在 200~300 公克時僅多下陷 0.01 公分後便不動，之後在 300~400 公克的區間，多下陷 0.78 公分。常溫米所做的麻糬是下陷公分數最多的，每一個都穩定增加 0.3~0.4 公分左右，在 100 克時和冷凍米只差 0.06 公分。
- (2) 在延展性實驗中發現，冷凍米製作出的麻糬延展性最長，平均可拉伸 19.2 公分；常溫米製作的麻糬延展性最差，平均只可拉伸 17.48 公分；冷藏米製作出的麻糬延展性，平均可拉伸 18.14 公分。
- (3) 水分含量實驗每組皆有三組實驗數據，結果發現：冷凍米製成的麻糬實驗中樣本 3 一開始就和樣本 2 相差 1.63 公克，最後重量卻仍下降至 4 公克以下，和樣本 2 只差 0.57 公克，樣本 2 與樣本 3 則差 0.21 公克。冷藏米的麻糬 3 個樣本的下陷重量就很接近，10~20 分鐘時，三個下降平均 0.93 公克，從 80 分鐘後下陷重量趨於維持，僅下降或上升 0.01 公克左右。最終重量相近，分別為 3.47 公克、3.49 公克、3.57 公克。常溫保存米的麻糬樣本 1、2 在 10~20 分鐘的區間下降 1.52 公克，樣本 3 僅下降 0.48 公克，而在 30 分鐘時樣本 3 依舊穩定下將，樣本 1、2 則上升約 0.4 公克，最終重量則一致為 3.58 公克重。

- (4) 在老化實驗中我們發現，每杯麻糬一開始都是 10 公克重，在冰進冰箱 30 分鐘之後除冷凍米下降為 9.71 公克以外，冷藏米與常溫米分別增重為 10.82 公克與 10.21 公克，第 60 分鐘時只有常溫米的麻糬變輕 0.3 公克，且冷藏米從 60~120 分鐘間重量急速減輕 1.57 公克，120~150 分鐘之間卻又增重 1.41 公克，起伏很大。

## 研究(二)-2、圓糯米在不同保存溫度所製作的麻糬，澱粉老化對照組(未回復)

1. 實驗目的：為了想知道圓糯米在不同保存溫度之下所製作的麻糬，在澱粉老化之後使用蒸氣烤箱、隔水加熱的方法進行澱粉糊化的效果並做比較，設計了單純澱粉老化而不進行澱粉糊化的對照組。

2. 實驗流程

對照組

- 用電子秤量取三包 150 克圓糯米，分別放入冷凍、冷藏、常溫，保存 24 小時
- 根據已建立好的麻糬製作標準流程，製作麻糬
- 將蒸煮完的麻糬分裝，放入冷藏保存 3 天
- 3 天後再分別進行：1. 硬度、2. 延展性 3. 水分含量實驗

3. 實驗記錄

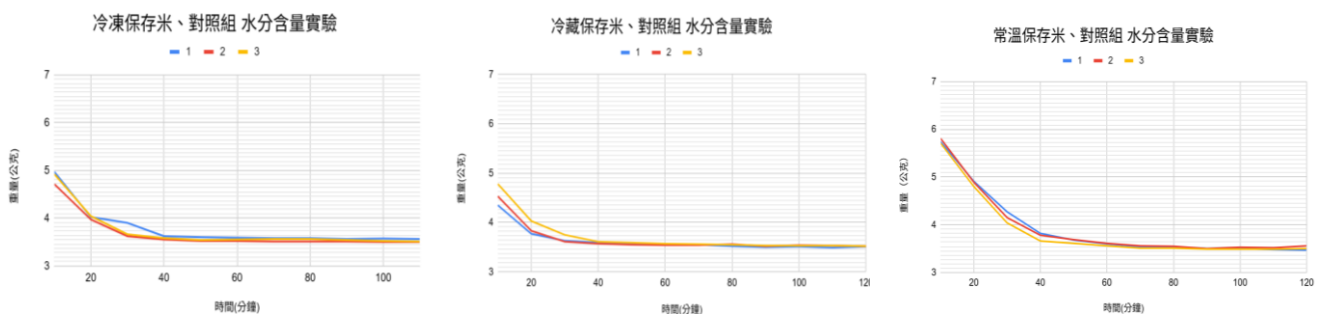


圖 10 冷凍保存米、冷藏保存米、常溫保存米與對照組 水分含量實驗

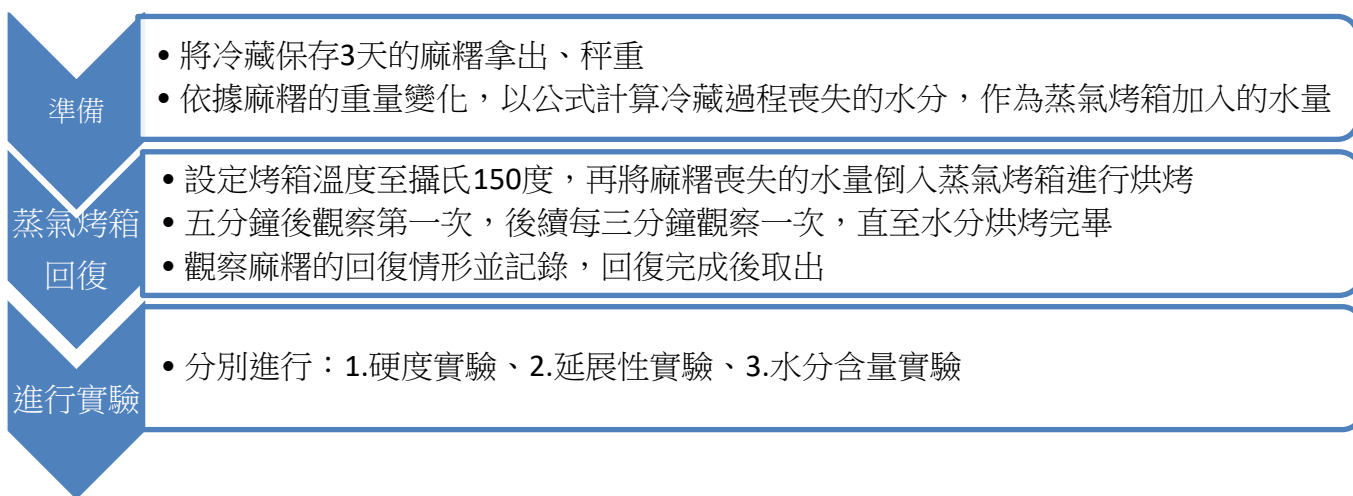
4. 發現與討論

- (1) 進行硬度實驗時發現，對照組因放入冷藏三天已經老化，在沒有進行澱粉糊化的情況下麻糬非常硬且沒有彈性，表層會有一層約 0.5 公分的膜，使麻糬完全沒有彈性及柔軟度，所以在硬度實驗中無論放多少公克的砝碼，麻糬皆完全壓不下去、也不會變形。
- (2) 在延展性實驗我們發現，老化過後的麻糬就像石頭一樣結塊、完全失去黏性及延展的能力，連壓克力板都無法黏上，所以我們無法進行對照組的延展性實驗，改用手按壓、用尺切開麻糬，觀察並紀錄老化後的現象，我們發現老化的麻糬中心都心會結塊，呈現顆粒狀，也不會沾黏手指。
- (3) 在水分含量實驗我們發現，冷凍、冷藏與常溫保存米三者雖然前 40 分鐘下降的

趨勢與重量減少的速度不同，但在烘烤 50 分鐘以後下降的重量都趨於平緩，每一次測量重量上升或減少不超過 0.1 公克，且最終重量都在 3.5 公克左右，與未老化、老化後使用不同方式進行澱粉糊化的麻糬有很大的不同。

## 研究(二)-3、圓糯米在不同保存溫度所製作的麻糬，澱粉老化後以蒸氣烤箱進行澱粉糊化

1. 實驗目的：探討用來製作麻糬的圓糯米在不同保存溫度之下所製作的麻糬，在澱粉老化後使用蒸氣烤箱進行澱粉糊化後的改變。
2. 實驗流程



3. 實驗記錄（硬度、延展性實驗每組重複五次，取平均值）

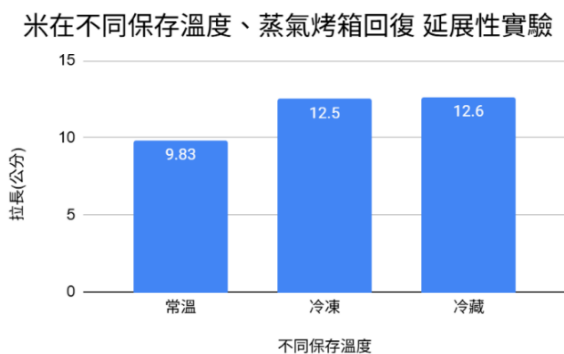
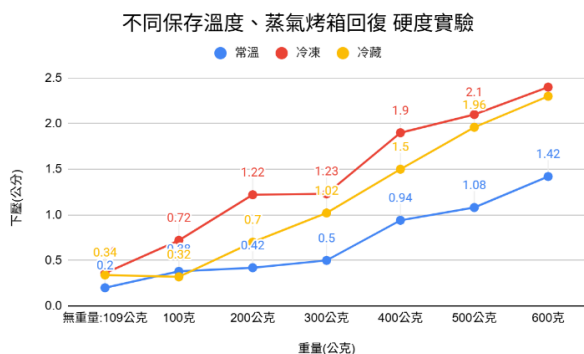


圖 11 米在不同保存溫度 蒸氣烤箱回復後 硬度實驗

圖 12 米在不同保存溫度 蒸氣烤箱回復後延展性實驗

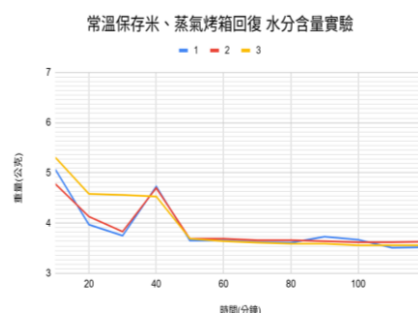
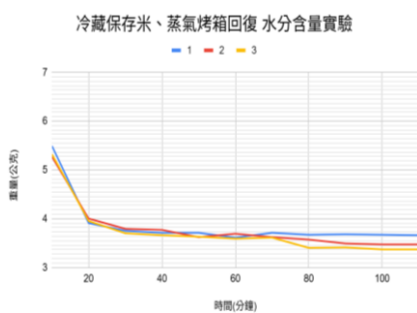
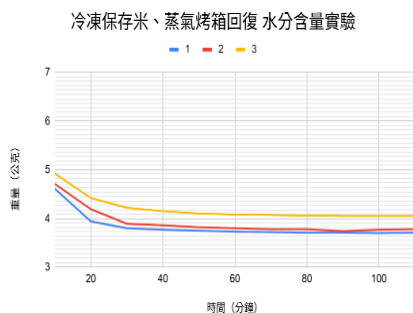


圖 13 冷凍保存米、冷藏保存米、常温保存米 蒸氣烤箱回復後 水分含量實驗

#### 4. 發現與討論

- (1) 在硬度測試時我們發現：冷藏保存的米製成的麻糬從無重量(109 公克)~100 克的區間時，下壓高度減少 0.02 公分，之後便隨著砝碼的重量越重而下陷越深，平均每增加 100 公克重的砝碼會多下陷 0.4 公分；冷凍米製成的麻糬承重從 200 ~300 公克時下壓高度僅多 0.01 公分，300~400 公克時則多下陷 0.67 公分；常溫米製成的麻糬從無重量(109 公克)~300 克都有隨著承重下陷，平均 0.1 公分，從 300~400 則下陷較多，約 0.4 公分。
- (2) 在延展性實驗中我們發現：在老化前的延展性表現為：冷凍>冷藏>常溫，澱粉老化、使用蒸氣烤箱回復後的延展性表現則改為：冷藏>冷凍>常溫。其中，冷藏米與冷凍米的延展性表現差不多，分別在 12.6 公分及 12.5 公分時斷裂，常溫米則在 9.83 公分斷裂，相較老化前與延展性最佳的冷凍米相差的 1.72 公分，使用蒸氣烤箱回復後與延展性最佳的冷藏米相差 2.67。
- (3) 在水分含量實驗中發現：冷凍米及冷藏米製成麻糬，三份樣本的水分散失情形相似，且不論冷凍米或是冷藏米，皆在 10~20 分鐘時重量急速下降，冷凍米下降約 0.6 公克，冷藏米下降約 1.41 公克；且冷凍米在 60 分鐘開始重量穩定維持，僅下降或上升約 0.1 公克；冷凍米則是在 30~70 分鐘的區間內重量變化不大，70 分鐘後又開始有較大的波動再趨緩。常溫米則比較特殊，樣本 3 號在前 20 分鐘減輕的重量與樣本 1、2 相比更輕，20~40 分鐘內的重量變化僅 0.05 公克，樣本 1、2 卻在 30~40 分鐘的區間重量加重約 1 公克，又在 40~50 分鐘的區間下降 1 公克後趨於平緩，兩者的重量變化數值十分相近。僅樣本 1 在 90 分鐘微微增重 0.12 公克後又下降。

#### 研究(二)-4、圓糯米在不同保存溫度所製作的麻糬，澱粉老化後以隔水加熱進行澱粉糊化

1. 實驗目的：探討用來製作麻糬的圓糯米在不同保存溫度之下所製作的麻糬，在澱粉老化後使用隔水加熱的方法進行澱粉糊化後的改變。
2. 實驗流程

準備

用冷藏保存3天的麻糬拿出、秤重  
利用卡式爐將大鍋子內的水加熱至沸騰

隔水加熱回復

- 將裝有麻糬的小鍋放入大鍋中隔水加熱
- 觀察麻糬的回復情形並記錄
- 回復完成後取出

進行實驗

- 分別進行：1. 硬度實驗、2. 延展性實驗、3. 水分含量實驗

### 3. 實驗記錄（硬度、延展性實驗每組重複五次，取平均值）

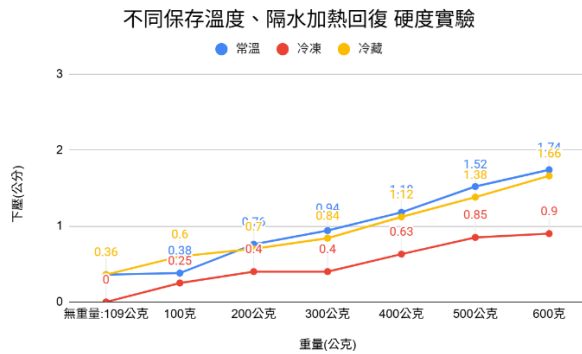


圖 14 米在不同保存溫度 隔水加熱回復後 硬度實驗

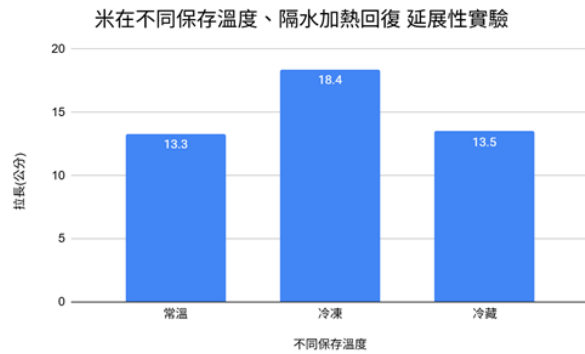


圖 15 米在不同保存溫度 隔水加熱回復後延展性實驗

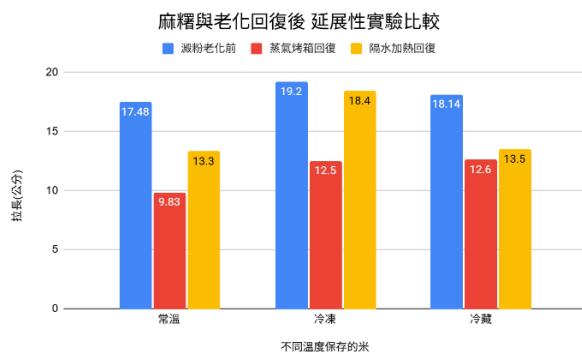


圖 16 麻糬老化回復後 延展性實驗比較

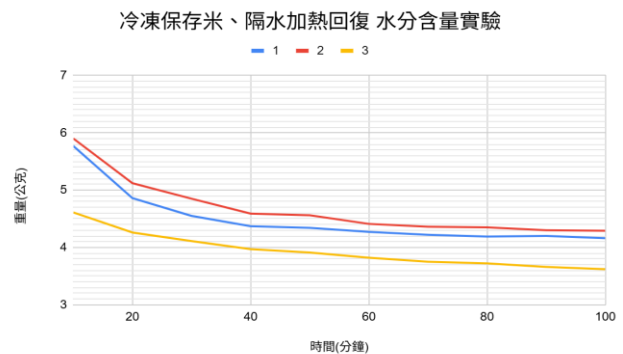


圖 17 冷凍保存米 隔水加熱回復後 水分含量實驗

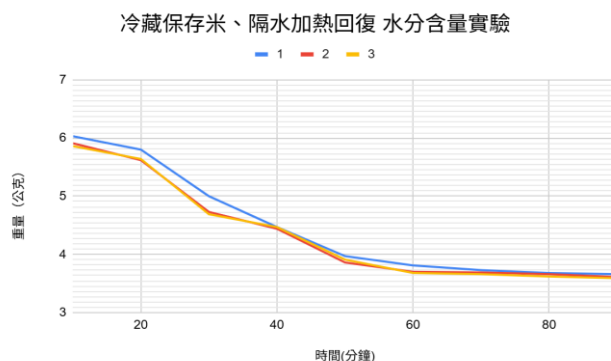


圖 18 冷藏保存米 隔水加熱回復後 水分含量實驗

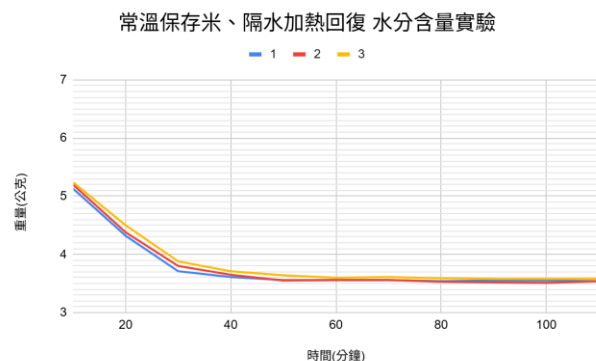


圖 19 常溫保存米 隔水加熱回復後 水分含量實驗

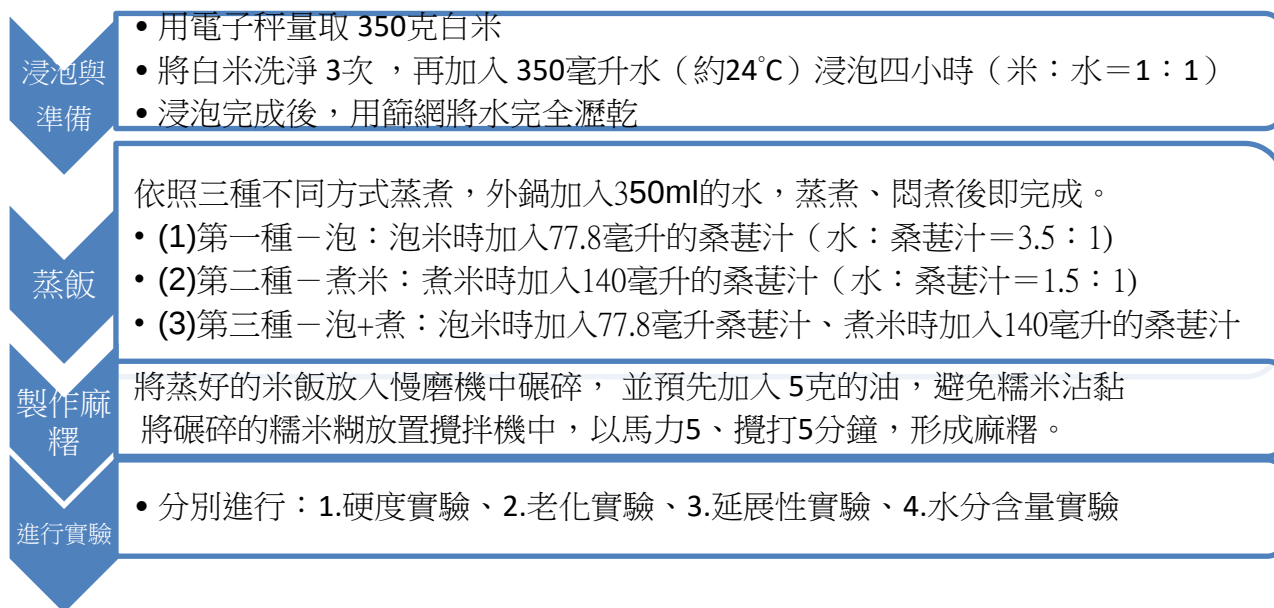
### 4. 發現與討論

- (1) 根據硬度實驗發現：冷凍米在 600 公克砝碼的重壓之下只下陷 0.9 公分，但是在研究 2-2 蒸氣烤箱回復時同重量卻下陷了 2.4 公分。顯示蒸氣烤箱的回復方法會讓冷凍米變軟，所以在承受同樣重量時下陷的也較深，推測可能原因是蒸氣烤箱在烘烤時會先根據麻糬的水分散失量補充水分，使得麻糬恢復得更加柔軟。而常溫米跟冷藏米除了在 100 克和 500 克相差 0.22 公分和 0.14 公分，其他各重量的下陷公分數都不超過 0.1 公分。
- (2) 在延展性實驗中發現：隔水加熱糊化後的延展性為：冷凍 > 冷藏 > 常溫；蒸氣烤箱糊化後的延展性為：冷藏 > 冷凍 > 常溫。

- (3) 麻糬在澱粉老化不論使用哪種糊化方式，延展性都下降，且蒸氣烤箱糊化後的延展性都較隔水加熱差，尤其是冷凍米在兩種糊化方式下的延展性相差最多，為 5.9 公分。我們推測是因為使用蒸氣烤箱烘烤時發現麻糬表層會被烤出一層膜，糊化狀況比隔水加熱差。
- (4) 在水分含量實驗發現：常溫米麻糬的三個樣本數據幾乎一樣，在前 40 分鐘明顯下降 1.53 公分，40 分鐘後幾乎沒有下降，最多只下降 0.13 公分。冷藏米的三個樣本的下降趨勢大致相同，前 30 分鐘下降最多、60 分鐘開始趨於平緩，樣本 1 雖相較樣本 2、3 有較為不同的線段變化，但最終的重量為 3.66 公克，與樣本 2、3 僅差 0.05 公克和 0.07 公克。冷凍米三個樣本不重疊但下降的趨勢相仿，重量皆隨著時間下降，沒有增加；其中，樣本 3 與樣本 2 重量差異最大，最終重量亦差 0.67 公分。

### 研究(三)-1、添加桑葚原液做出的麻糬，對澱粉老化之影響

1. 實驗目的：我們想了解在麻糬裡加入桑葚原液，對於麻糬澱粉老化的影響與改變。
2. 實驗流程



3. 實驗記錄（硬度、延展性實驗每組重複五次，取平均值）

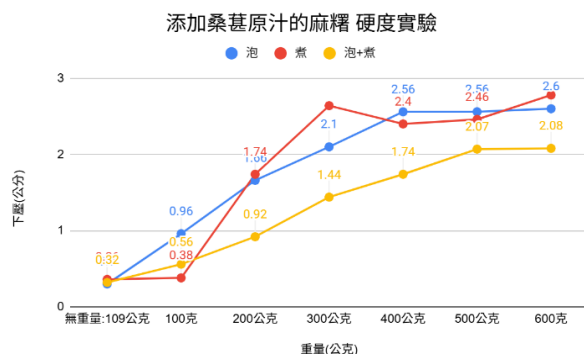


圖 20 添加桑葚原液 硬度實驗

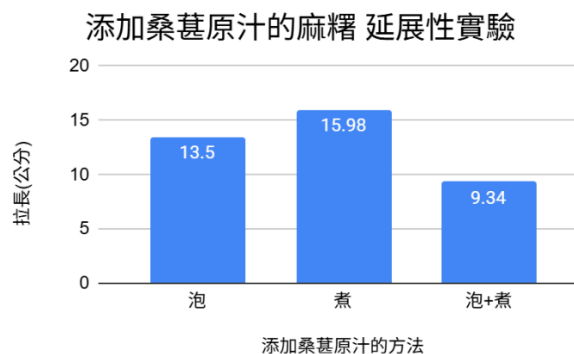


圖 21 添加桑葚原液 後延展性實驗

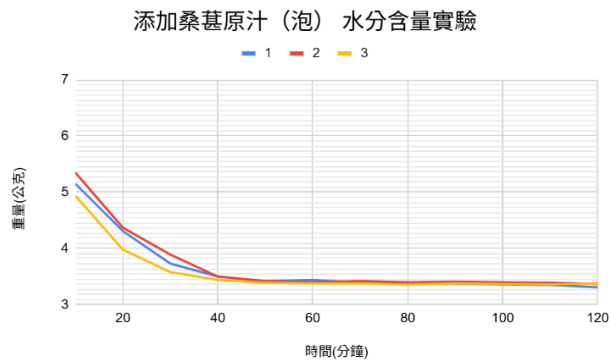


圖 22 添加桑葚原液(泡) 水分含量實驗

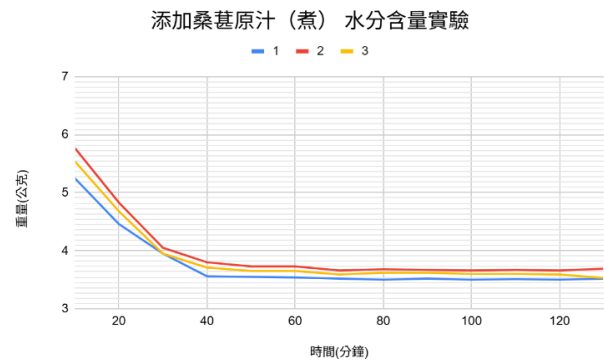


圖 23 添加桑葚原液(煮) 水分含量實驗

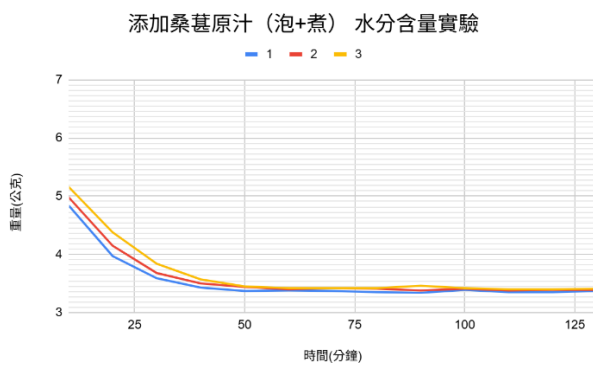


圖 24 添加桑葚原液(泡+煮) 水分含量實驗

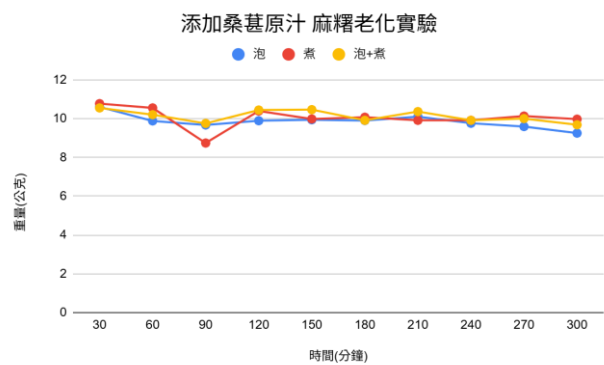


圖 25 添加桑葚原液 麻糬老化實驗

#### 4. 發現與討論

- (1) 使用三種方式添加桑葚原液的麻糬在硬度實驗中，皆會隨砝碼添加的重量增加下陷的公分數。根據圖表可知：在承受相同砝碼重量時下陷的公分數：泡 > 煮 > 泡+煮。不論在何種砝碼重量下，泡桑葚原液的麻糬皆下陷最深。其中，泡與煮的麻糬皆在無重量到 300 公克的區間，承重後下陷的公分數變化較大，泡+煮的麻糬則是在承重 400 公克以後有較明顯的下陷。
- (2) 延展性實驗結果：煮 > 泡 > 泡+煮。煮的麻糬延展性最佳，可拉到 15.98 公分，泡+煮的麻糬延展性最差，僅能拉長 9.34 公分。我們推測與製作過程中煮米、蒸米的步驟有關係，在蒸完米後，煮的過程添加桑葚原液的米飯是最濕、水分含量最多的，所以再將其做成麻糬也會含有比較多的水分。
- (3) 根據水分含量實驗的結果可以發現：泡桑葚原液的麻糬前 40 分鐘重量就持續減少，40 分鐘後減少的幅度越來越小。煮的過程添加桑葚原液的麻糬在烘烤 10 分鐘後的重量仍大於 5 公克，前 40 分鐘是重量快速下降的期間，之後變化開始趨緩。泡+煮的麻糬在烘烤 10 分鐘後的重量約在 5 公克，前 50 分鐘烘烤過程中重量持續下降，之後重量變化不明顯。不論是泡、煮、泡+煮這三種添加方式的麻糬，皆在烘烤 30 分鐘時麻糬開始出現裂開，泡+煮的麻糬還能聽見劈哩啪啦的聲音；且三者皆在 80 分鐘時裂開情況變嚴重，呈現破碎的樣子。
- (4) 根據老化實驗的結果可以發現：三種麻糬在前 30 分鐘都有重量增加的狀況，而

煮的過程添加桑葚原液的麻糬明顯在 90 分鐘時重量突然下降 1.81 公克，後續又增加 1.65，是其他兩種添加方式的麻糬沒有出現的現象。在 180 分鐘時，三種添加方式的麻糬重量幾乎差不多（最大只差 0.17 公克），後續的重量起伏卻又各不相同，直到 240 分鐘時再次趨近（最大只差 0.14 公克），之後除了泡桑葚原液的麻糬是持續減輕以外，煮、泡+煮皆是微微增重後再減輕重量。

### 研究(三)-2、添加桑葚原汁做出的麻糬，澱粉老化對照組(未回復)

1. 實驗目的：我們想了解在麻糬裡加入桑葚原液，對於麻糬澱粉老化、老化之後使用蒸氣烤箱、隔水加熱的方法進行澱粉糊化的效果並做比較，設計了單純澱粉老化而不進行澱粉糊化的對照組。

#### 2. 實驗流程

##### 對照組

- 用電子秤量取三包 150 克圓糯米，根據已建立好的麻糬製作標準流程，製作麻糬，並在泡、煮、泡+煮，三個階段依照比例添加桑葚原液
- 將蒸煮完的麻糬分裝，放入冷藏保存 3 天
- 3 天後再分別進行：1. 硬度實驗、2. 延展性實驗、3. 水分含量實驗

#### 3. 實驗記錄

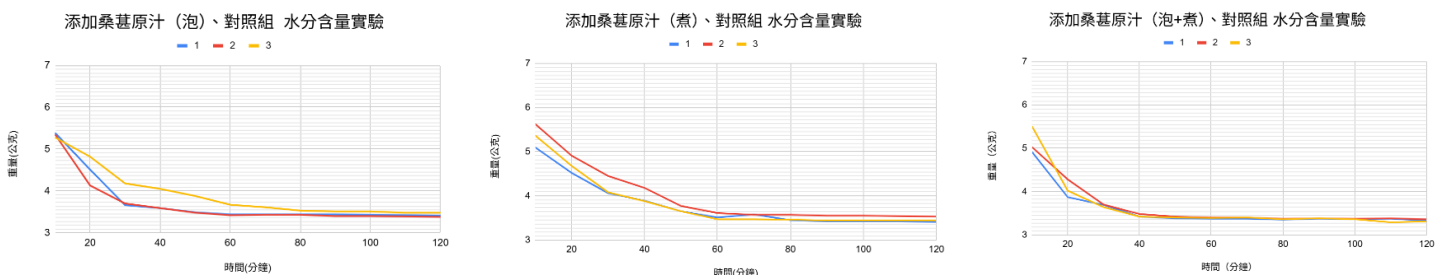


圖 26 添加桑葚原液(泡、煮、泡+煮)與對照組 水分含量實驗



#### 4. 發現與討論

- (1) 因為麻糬沒有糊化，應到無法進行硬度實驗，故僅以手指按壓、用尺切開內部進行觀察與紀錄。我們發現對照組放入冰箱冷藏中放 3 天後，表層全部都有了厚厚的膜，煮的外膜平整、厚度約 0.4 公分，泡的外膜凹凸不平、厚度約 0.6 公分

分，煮+泡的外膜兩旁都陷下去、厚度約 0.5 公分。經討論後，我們認為：最硬的是煮，第二硬是泡，第三硬是煮+泡。

- (2) 根據水分含量的實驗發現：泡桑葚原液的麻糬重量大多在前 30 分鐘快速喪失，除樣本 3 的較為不同，烘烤 80 分鐘後才與其他兩個樣本的重量接近；煮的過程添加桑葚原液的麻糬前 60 分鐘烘烤時，重量一直呈現緩緩下降的狀態，其中的樣本 1 在 70 分鐘時有增重又下降，後續的變化都趨於平緩；泡+煮的麻糬則是在前 30 分鐘明顯減輕重量，50 分鐘後變化趨緩，一直到 110 分鐘開始有些微起伏再趨緩。

### 研究(三)-3、添加桑葚原汁做出的麻糬，澱粉老化後以蒸氣烤箱進行澱粉糊化

- 實驗目的：探討用在製作過程中用不同方式添加桑葚原液所製作的麻糬，在澱粉老化後使用蒸氣烤箱進行澱粉糊化後的改變。
- 實驗流程

準備  
蒸氣  
烤箱  
回復  
進行實驗

- 將冷藏保存3天的麻糬拿出、秤重
- 依據麻糬的重量變化，以公式計算冷藏過程喪失的水分，作為蒸氣烤箱加入的水量
- 設定烤箱溫度至攝氏150度，再將麻糬喪失的水量倒入蒸氣烤箱進行烘烤
- 五分鐘後觀察第一次，後續每三分鐘觀察一次，直至水分烘烤完畢
- 觀察麻糬的回復情形並記錄，回復完成後取出
- 分別進行：1.硬度實驗、2.延展性實驗、3.水分含量實驗

- 實驗記錄（硬度、延展性實驗每組重複五次，取平均值）

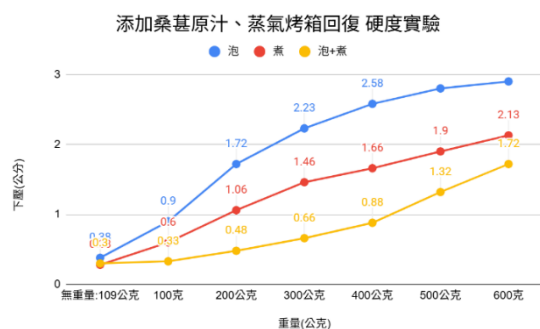


圖 27 添加桑葚原液 蒸氣烤箱回復後 硬度實驗

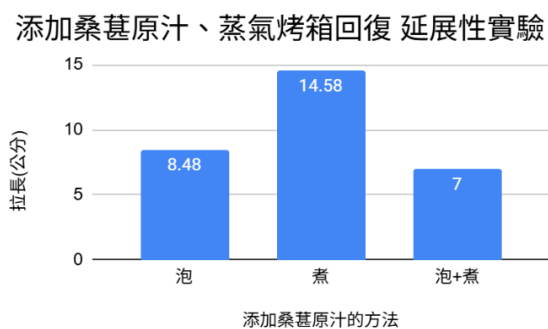


圖 28 添加桑葚原液 蒸氣烤箱回復後 延展性實驗

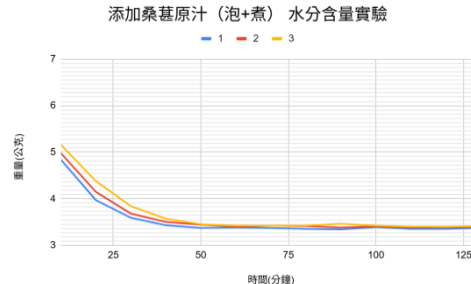
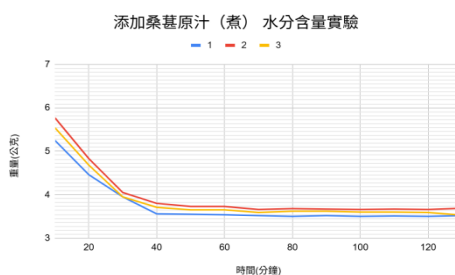
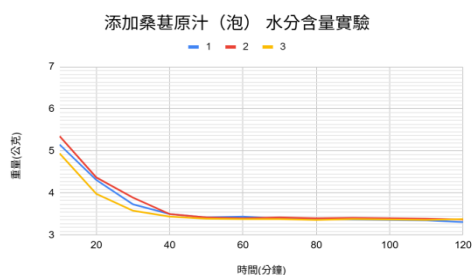


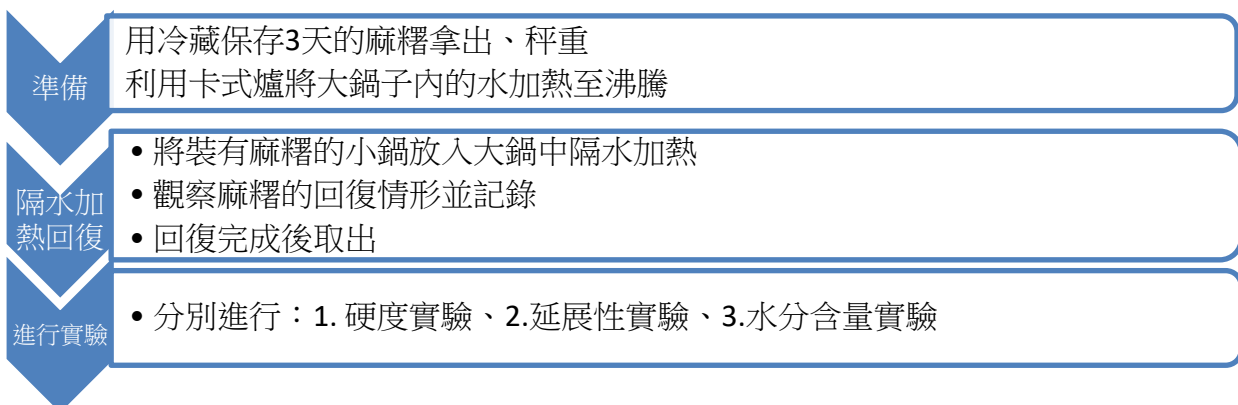
圖 29 添加桑葚原液(泡、煮、泡+煮) 蒸氣烤箱回復後 水分含量實驗

#### 4. 發現與討論

- (1) 根據硬度實驗結果發現：泡>煮>泡+煮。泡桑葚原液的麻糬不論在哪一個砝碼重量下，皆是下陷公分數最深的，顯示其麻糬硬度最軟，泡+煮的麻糬硬度則最硬；煮的過程添加桑葚原液的麻糬下陷程度介於兩者之間，軟硬適中。
- (2) 煮的過程添加桑葚原液的麻糬可以拉長 14.58 公分才斷裂，顯見其延展性佳、泡+煮的麻糬拉長 7 公分就斷裂，顯見其延展性最差。過程中也發現，在蒸氣烤箱糊化的延展性實驗中，麻糬拉越長也會越黏，因此泡桑葚原液的麻糬雖然延展性僅能達到 8.48 公分，但不會使人黏的滿手。
- (3) 水分含量的實驗發現：三種添加桑葚原液的麻糬都在前 40 分鐘減輕大部分的重量，之後重量便僅有微小的變化，50 分鐘後重量變化趨於平緩，甚至不再變化。煮的過程添加桑葚原液的麻糬與其他兩種添加方式相比，烘烤 10 分鐘之後重量還是大於 5 公克，但最後的重量約 3.58 公克，與其他兩者差不多；泡+煮的麻糬最後的重量約 3.41 公克，是這三種方法中重量最輕的。
- (4) 綜上所述，我們可以發現煮的過程添加桑葚原液的麻糬，在硬度實驗、延展性實驗皆有最適中的表現，且在水分含量實驗中與其他兩者的最終重量差不多，顯見其口感最佳、軟硬皆具。

#### 研究(三)-4、添加桑葚原汁做出的麻糬，澱粉老化後以隔水加熱進行澱粉糊化

1. 實驗目的：研究添加桑葚原汁對麻糬澱粉老化糊化後的影響，並用隔水加熱的方式進行澱粉糊化，觀察其變化。
2. 實驗流程



3. 實驗記錄（硬度、延展性實驗每組重複五次，取平均值）

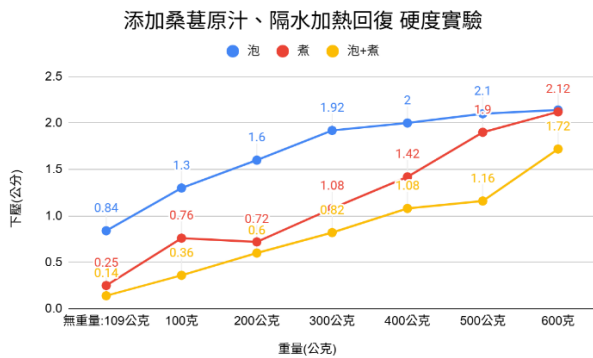


圖 30 添加桑葚原液 隔水加熱回復後 硬度實驗

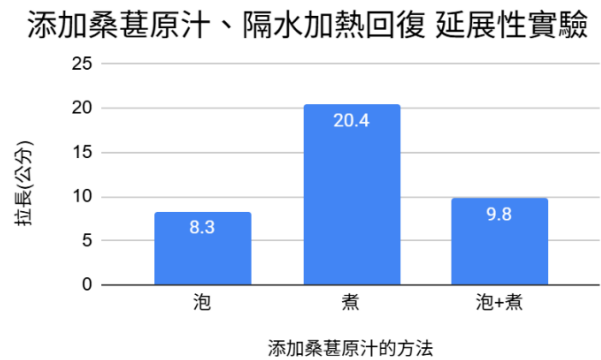


圖 31 添加桑葚原液隔水加熱回復後 延展性實驗

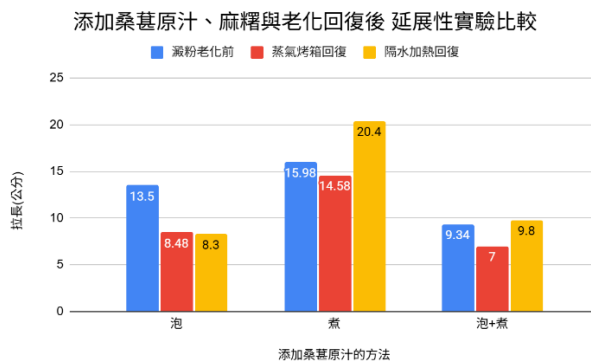


圖 32 麻糬老化回復後 延展性實驗比較

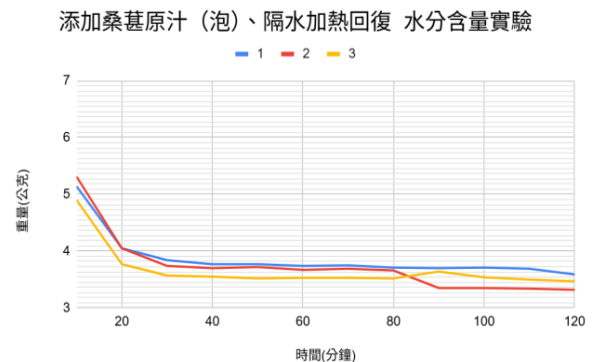


圖 33 添加桑葚原液(泡) 隔水加熱回復後 水分含量實驗

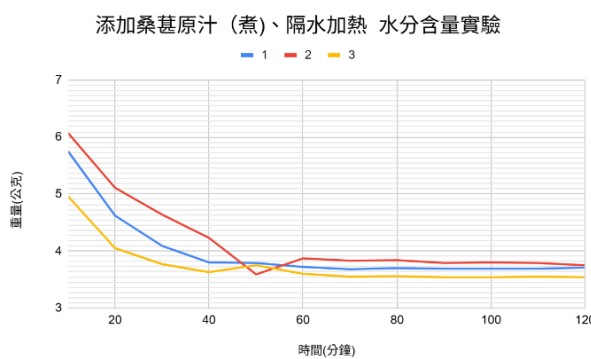


圖 34 添加桑葚原液(煮) 隔水加熱回復後 水分含量實驗

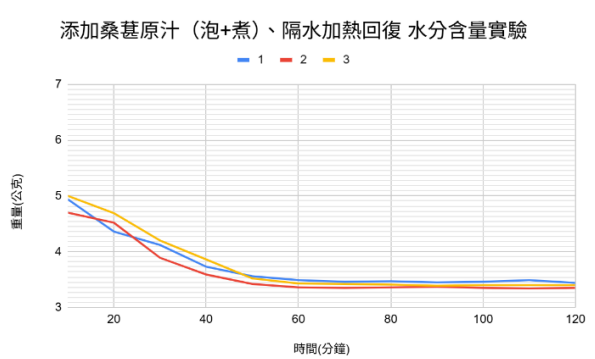


圖 35 添加桑葚原液(泡+煮) 隔水加熱回復後 水分含量實驗

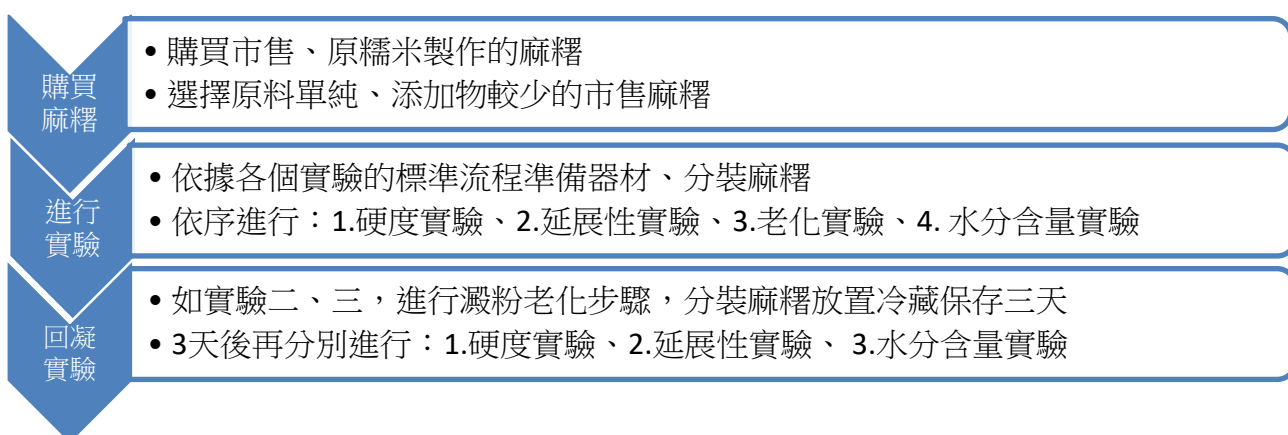
#### 4. 發現與討論

- (1) 使用隔水加熱糊化的硬度實驗中發現：泡+煮的麻糬則是在所有承重下下陷最淺；煮米添加桑葚原液的麻糬，硬度實驗下陷深度介於其他兩者之間，不過承重 300 公克後下壓公分數超過 1 公分；泡桑葚原液的麻糬承重 300 公克後都下陷超過 1.9 公分，也是三種方式中在所有承重情況下下陷最深的麻糬。我們推測煮米過程加入桑葚原液對於圓糯米有一定程度的影響，但單純浸泡桑葚原液的效果更加，可能是因為泡米需 4 小時，糯米吸收的桑葚原液較多，使得桑葚原液的酵素深入米粒中。

- (2) 麻糬承重 600 公克時，煮米添加桑葚原液的麻糬和泡桑葚原液的麻糬下陷深度卻很接近，分別是 2.12 公分 和 2.14 公分；而泡+煮的麻糬，承重 100~400 公克時都隨重量增加穩定下陷，但到 500 公克時才多下陷 0.08 公分，幅度較低，而承重 600 克時卻多下陷了 0.56 公分，比其他的重量下陷幅度還高。
- (3) 在延展性實驗發現：煮、泡+煮的麻糬，使用隔水加熱糊化後的延展性超越澱粉老化前的延展性。煮的過程添加桑葚原液的麻糬可以被拉長到 20.4 公分，雖然他在硬度實驗測試的結果並不是最軟的，但推測是因為很有彈性才能拉最長，顯見其軟硬適中；泡+煮的麻糬可以被拉長到 9.8 公分，硬度實驗的結果最硬，我們認為是拉伸性好、不容易斷；泡桑葚原液的麻糬在隔水加熱糊化的延展性差（8.3 公分），在硬度實驗測試的結果卻是下陷最深、最軟的，我們認為是因為它的麻糬最軟，也最脆弱、容易斷。
- (4) 在水分含量實驗發現：泡桑葚原液的麻糬在烘烤 10~20 分鐘時重量下降最快，煮米添加桑葚原液的麻糬、泡+煮的麻糬，前 50 分鐘時重量都持續有下降的趨勢，後續都平穩下降。
- (5) 煮米時添加桑葚原液的麻糬，水分含量最多，含有 1.9 毫升的水分；泡桑葚原液的麻糬水分含量是 1.72 毫升；泡+煮米做出的麻糬，水分重 1.49 毫升，含量最少。我們認為這與添加桑葚原液的方式、比例有關係。

#### 研究(四)、檢測市售麻糬的硬度、延展性、老化程度與水分含量，與自製麻糬之差異

1. 實驗目的：研究市售麻糬和我們自製的麻糬在各個實驗中有什麼差別。
2. 實驗流程



3. 實驗記錄（硬度、延展性實驗每組重複五次，取平均值）

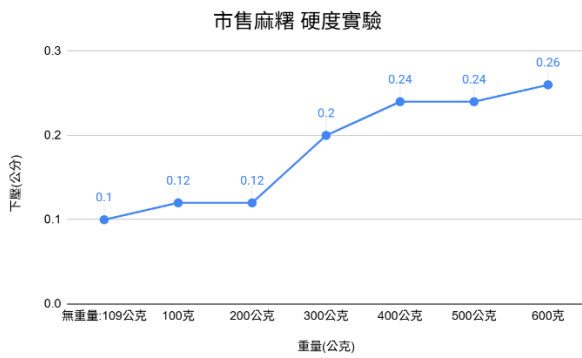


圖 36 市售麻糬 硬度實驗

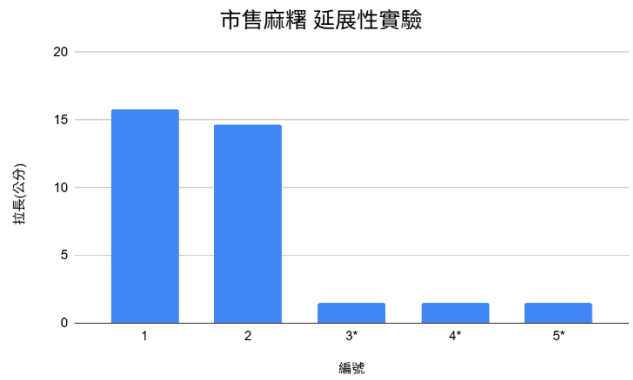


圖 37 市售麻糬 延展性實驗

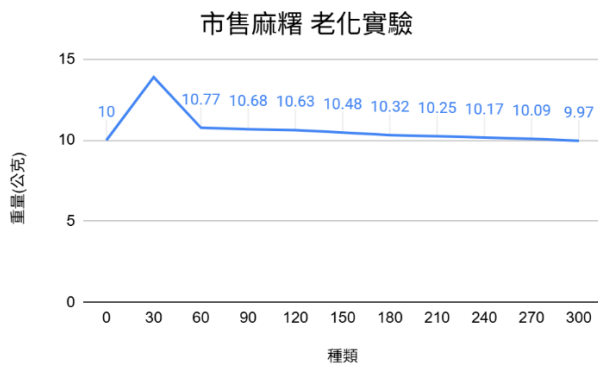


圖 38 市售麻糬 老化實驗

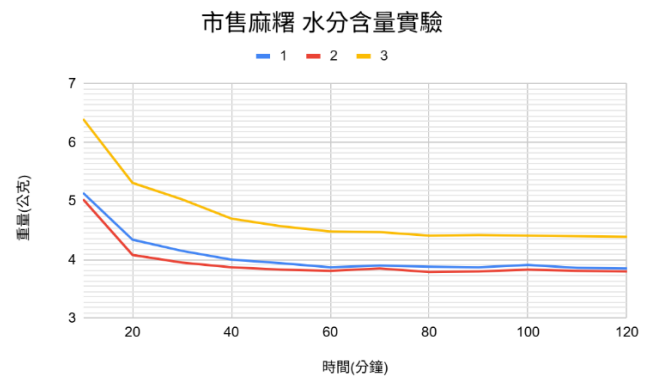


圖 39 市售麻糬水分含量 實驗

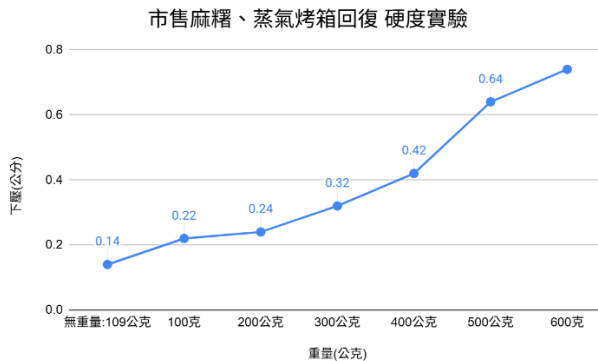


圖 40 市售麻糬 蒸氣烤箱回復後 硬度實驗

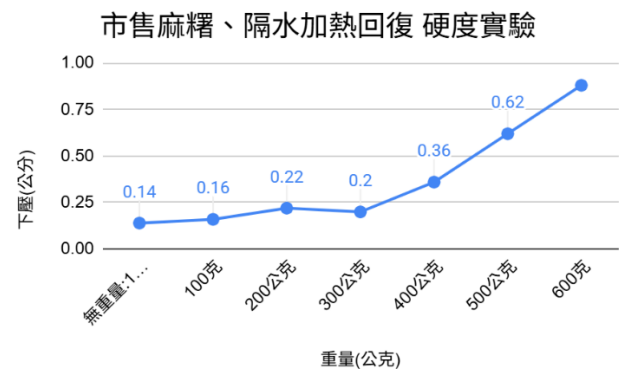


圖 41 市售麻糬 隔水加熱回復後 硬度實驗

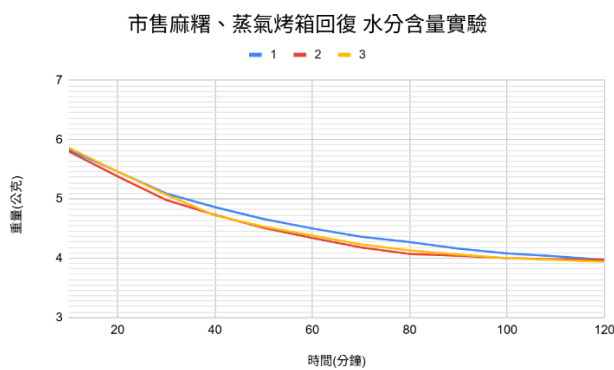


圖 42 市售麻糬 蒸氣烤箱回復後 水分含量實驗

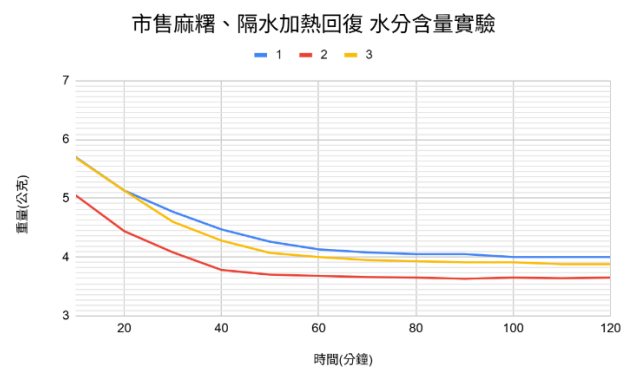


圖 43 市售麻糬 隔水加熱回復後 水分含量實驗

#### 4. 發現與討論

##### A. 老化前的測試實驗（硬度實驗、延展性實驗、老化實驗、水分含量實驗）

- (1) 市售麻糬在硬度實驗中大多只能下壓 0.2 公分左右，我們認為市售麻糬添加了其他的修飾澱粉、和單純糯米所做的麻糬質地不一樣、很有嚼勁，所以承重時也不易變形、造成壓不下去的情況。
- (2) 延展性實驗發現：平均只能拉到 7 公分，且須要花 2 分鐘以上；樣本 3、4、5 超過 5 分鐘都無法拉過 1.5 公分（拉不斷），在圖表中有特別標註。
- (3) 市售麻糬在老化實驗前 30 分鐘上升 3.89 公克，又快速減輕 3.12 公克，之後的變動則緩慢減少。與我們自己做的麻糬相比，60 分鐘後的麻糬重量穩定下降，不會有突然增加重量或是波折的狀況，且最終的重量為 9.97 公克，與最初的 10 公克僅差 0.03 公克，差異甚小，推測市售麻糬中的水分含量較少、也添加了其他修飾澱粉。
- (4) 在水分含量實驗中發現，前 20 分鐘重量下降的速度很快，40 到 120 分鐘時都保持平穩，其中一個樣本的重​​量變化與其他兩者較不同。根據結果可以發現，市售麻糬的水分含量約 1.49 毫升，比我們自製的麻糬水量還要少，所以麻糬比較硬、也不易變形。我們也有實際試吃，發現它很有嚼勁且 Q 彈，用手拉開時也需要很大的力氣；**綜上所述，市售麻糬比我們自己做的麻糬硬度更硬、Q 彈、延展性較差。**

##### B. 蒸氣烤箱糊化

- (1) 在硬度實驗發現：經過蒸氣烤箱糊化的麻糬狀況和老化前的麻糬情形極度相似，都有一定的韌性所以很難下壓。從無重量到承重 600 克下壓數僅增加 0.74 公分，與自製麻糬相比算是非常小。不過，蒸氣烤箱糊化後與未澱粉老化的數據比較，發現下壓數竟然增加 0.48 公分。討論後認為：可能是利用蒸氣烤箱糊化時會給與麻糬水分，進而增加麻糬的柔軟程度。
- (2) 根據延展性實驗結果發現：結果和未澱粉老化有一樣的狀況，都無法在延展性實驗中拉開，故僅以文字記錄。樣本 1 在 6 分 28 秒時拉開約 8.6 公分，其餘樣本 2、4、5 都以馬達拉 5 分鐘仍無法延展開，樣本 3 最為特別，約 2 分 32 秒時從其中一側的壓克力板上脫離，因為實驗結果出乎意料所以我們又多做了一次測試，二次測試在 2 分 36 秒時又和壓克力板脫離。

- (3) 水分含量實驗中發現 3 份樣本的下降趨勢大致相同，只有在 80 分鐘時 3 份樣本差了 0.2 公分；樣本 1、2、3 在 0 分鐘到 60 分鐘時，水分有明顯散失，重量下降了 1.73 公克；樣本 2、3 在 80 分鐘到 60 分鐘時，重量只有下降 0.1 公分，數據漸漸固定。

### C. 隔水加熱糊化

- (1) 隔水加熱後的硬度從無重量到承重 600 克下壓數增加 0.88 公分，與自製麻糬相比非常小，但已比蒸氣烤箱糊化的市售麻糬下陷更多。承重 300 克後每一次下壓的公分數均比前次多下陷 0.16 公分以上。
- (2) 市售麻糬的韌性十分強，不管是澱粉老化前還是隔水加熱糊化後都無法拉開，甚至要花 5 分鐘以上才勉強拉開。樣本 1、2、4、5 都以馬達拉超過 10 分鐘仍無法拉開，樣本 5 甚至到 17 分鐘仍無法拉開；只有樣本 3 在 1 分 30 秒時拉到 2.1 公分，之後到十分鐘時仍然沒有再改變。
- (3) 根據水分含量結果發現：烘烤 10 分鐘時，樣本 2 就和樣本 1、3 相差平均 0.65 公克(樣本 1、3 的平均重量－樣本 2 的重量)，樣本 1 及 2 的重量則相對接近，只差 0.12 公克。樣本 2 的重量從頭到尾都與樣本 1、3 有一段距離，平均相差 0.45 公克。
- (4) 隔水加熱糊化的麻糬在烘烤 100 分鐘之後，重量才逐漸維持，我們推測市售麻糬會需要那麼久的時間才能維持，可能是因為市售的麻糬有添加較多的油、或其他修飾澱粉，才會需要花更多的時間才能將水分全部烤到乾，無法再減輕重量。

## 捌、討論

### 一、研究(一)：製作麻糬最佳的米水比例

在延展性實驗，我們原先預測水分比例越高、麻糬越軟、延展性也較佳。實驗結果顯示延展性排序為  $1:1.2 > 1:1 > 1:0.6 > 1:0.8$ 。我們發現米水比例  $1:0.8$  的麻糬延展性平均可拉伸 16.12 公分，而  $1:0.6$  的麻糬平均可拉伸 16.62 公分，和原先的預測不同。我們推測這樣的結果不只和水分比例有關，也和澱粉的糊化程度及結構是否均勻有關。在  $1:1$  和  $1:1.2$  的比例中，水分較高、澱粉顆粒能充分糊化、分子間比較容易滑動，因此延展性較佳；而  $1:0.6$  的水分較低、糊化程度也低，但可能形成緊密而且具有支撐力的結構可以被拉伸。相較之下， $1:0.8$  的比例可能同時

出現糊化不完全與結構不均的情形，導致延展性反而較差。由此可知，麻糬的延展性並不是水分越多越好，適中的水分比例反而能形成兼具彈性與支撐力的結構，使麻糬更容易拉伸。

## 二、 研究(二)：圓糯米在不同保存溫度所製作的麻糬，對澱粉老化之影響

冷凍米麻糬的硬度介於常溫與冷藏之間，推測是因為冷凍時水分結成冰晶，破壞部分澱粉結構，使麻糬回溫後保水能力下降、變得較乾，結構也較鬆散，所以不會像冷藏組那麼硬。而冷凍米使用蒸氣烤箱糊化之後的硬度最軟，使用隔水加熱的硬度卻最硬，我們認為是蒸氣烤箱的水蒸氣提供較多水分讓澱粉再次糊化；而隔水加熱補充的水分較少，甚至可能讓水分流失，因此硬度較高。在延展性方面，冷凍米麻糬的延展性為 19.2 公分是三者之中最佳的，隔水加熱糊化後的延展性為 18.4 公分，比蒸氣烤箱糊化後的 12.5 公分更好。我們認為延展性不只是看軟不軟，而是和水分與澱粉結構是否穩定有關，當兩者達到平衡時，麻糬才最容易被拉長。

## 三、 研究(三)：添加桑葚原液做出的麻糬，對澱粉老化之影響

在硬度實驗中，不論承重多少，泡桑葚原液的麻糬皆下陷最深；煮時添加桑葚原液的麻糬在隔水加熱糊化後的延展性最佳，可以被拉長到 20.4 公分；煮的過程添加桑葚原液、使用蒸氣烤箱糊化的麻糬，在硬度、延展性皆有最適中的表現。我們認為這些結果與製作過程中添加桑葚原液的方式有關係；在蒸完米後，煮的過程添加桑葚原液的米飯是最濕、水分含量最多的，所以再將其做成麻糬也會含有比較多的水分。

## 四、 研究(四)：檢測市售麻糬的硬度、延展性、老化程度與水分含量，與自製麻糬之差異

市售麻糬與自製麻糬相比硬度較高、延展性較差，推測與其中添加修飾澱粉及水分含量較低有關；其水分變化較不穩定，也影響質地。在糊化實驗中，蒸氣烤箱可增加水分，使麻糬稍微變軟，但延展性改善有限；隔水加熱則較能增加下壓變形，但仍難拉開，五份樣本中有三份樣本都以馬達拉 5 分鐘仍無法延展開，其中一份則從壓克力板上脫離兩次，經過文獻探討與小組討論後，我們發現當麻糬老化後進行糊化時，澱粉中的分子會重新排列，將部分的油脂擠出來、使麻糬表面變油，推測是因為這樣才會有麻糬從壓克力板上脫落的情形。整體而言，在比較市售麻糬與自製麻糬後發現，麻糬澱粉老化後已改變的澱粉結構不易完全恢復；水分含量與加工方式會影響麻糬的硬度與糊化效果。

## 玖、結論

- 一、本研究發現製作麻糬最佳的米水比例是 1：1，在硬度及延展性的結果顯示麻糬軟硬適中又有彈性。而將放入冷藏進行老化後發現，米水比例 1：0.8 已無法回彈，而米水比例 1：1 的麻糬卻還可以回彈且更有彈性，因此，我們選擇米水比例 1：1 做為製作麻糬的最佳比例。
- 二、常溫米製程的麻糬比冷凍米和冷藏米的麻糬具有更高的硬度，延展性則是冷凍米最佳、冷藏米其次、常溫米則最差。冷藏米製成的麻糬柔軟且延展性適中，所以我們選擇冷藏作為保存米的溫度。
- 三、煮米時加入桑葚原液的麻糬在老化前、後的硬度都介於泡桑葚原液以及泡+煮桑葚原液之間，延展性也最佳，且老化速度穩定且下降平緩；隔水加熱糊化後的延展性達 20.4 公分，比老化前的延展性更好。
- 四、市售麻糬比自製麻糬硬度更硬、Q 彈、延展性較差，不過以蒸氣烤箱和隔水加熱糊化後，硬度下降為 0.74 公分和 0.88 公分，比老化前的麻糬（0.26 公分）更軟。
- 五、以蒸氣烤箱糊化的麻糬表層會形成一層膜，影響口感、硬度與延展性，而隔水加熱糊化後的麻糬會變柔軟、硬度適中，延展性雖不及老化前的麻糬但比蒸氣烤箱的麻糬有更佳的延展性。因此，我們認為隔水加熱是最好的糊化方式。
- 六、本研究設計與製作的硬度實驗平台、延展性實驗平台除了可以檢測麻糬，也能檢測麵筋、糰子、湯圓或豆皮等食品，亦可廣泛應用於健康機能和文化象徵。

## 壹拾、 未來研究與建議

- 一、油脂殘留影響實驗結果：每次製作麻糬都需在手套、機器上塗抹 5 公克的油脂，避免麻糬沾黏，但若未完全清潔，殘留的油脂會混入下一批製作的麻糬中，使後續麻糬的含油量增加，進而影響麻糬的硬度、延展性等結果。未來實驗可以思考應如何兼顧麻糬的製作流程以及產出的品質。
- 二、設備清潔改進方式：本次實驗所使用的慢磨機、攪拌機，都只有各一台，因清潔時間較長且不易清潔，後續我們發現使用小蘇打粉加熱水浸泡約 30 分鐘，能有效軟化殘留的麻糬，再刷洗即可快速清潔，也能利用等待時間進行其他觀察，提升整體實驗效率。建議未來實驗應準備兩組相同設備交替使用，讓每一組設備都有足夠時間進行清潔，確保

每次製作麻糬的條件與品質。

三、選用合適的研磨設備：本研究使用慢磨機將糯米磨碎在進行攪打，但此設備原本並非用於研磨米粒，麻糬中仍有一小部分的糯米未完全磨碎，顆粒大小不一致。這種差異可能影響麻糬的結構與口感，未來實驗時建議使用專用研磨設備，以達到卻實碾米的功效。

四、延伸不同米的應用：本研究僅討論以圓糯米製作成的麻糬之硬度、延展性、老化現象與糊化現象，尚未考慮其他種米製成的麻糬。未來實驗可以考慮以不同米種，如：黑米、紅米等原料製成麻糬，比較不同米種之麻糬在澱粉老化、糊化、硬度與延展性上的差異，讓研究結果更完整。

## 壹拾壹、參考資料

Ü BAKERYU（2025 年 5 月 29 日）。澱粉回凝。取自 <https://reurl.cc/vE6zQN>

台塑企業（2021 年 5 月 17 日）認識抗性澱粉。取自 <https://www.fpg.com.tw/tw/issue/5/140>

食話食說 FOODTALKINGTW（2022 年 4 月 8 日）。煮飯的學問遠超過你想像一澱粉的糊化與老化到底是什麼？取自 <https://foodtalkingtw.com/%E7%85%AE%E9%A3%AF%E7%9A%84%E5%AD%B8%E5%95%8F%E9%81%A0%E8%B6%85%E9%81%8E%E4%BD%A0%E6%83%B3%E5%83%8F%E6%BE%B1%E7%B2%89%E7%9A%84%E7%B3%8A%E5%8C%96%E8%88%87%E8%80%81%E5%8C%96%E5%88%B0%E5%BA%95/>

健康 2.0（2025 年 5 月 19 日）。麻糬、草仔粿吃不完怎麼辦？冷藏變硬難吃！營養師揭保存祕訣可放冰箱。取自 <https://health.tvbs.com.tw/nutrition/349869>

衛生福利部南投醫院（2024 年 9 月 27 日）。吃不完的麻糬放冰箱 隔天乾硬難入口 營養師說：要冷凍別冷藏。取自 <https://health.tvbs.com.tw/nutrition/349869>

簡單隨手做的筆記（2026 年 3 月 8 日）。古早味 花生粉麻糬（電鍋）~簡單隨手做。取自 <https://icook.tw/recipes/488622>