

# 花蓮縣第 58 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書



科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：一「糯」千金

--以導電度及透光度探討製作麻糬時澱粉糊化之關鍵

關鍵詞：傳統麻糬、導電度、透光度

編 號：

# 目錄

摘要.....	1
壹、研究動機.....	1
貳、研究目的.....	1
參、研究設備及器材.....	2
肆、研究過程.....	3
一、研究一、文獻探討.....	4
二、研究二、探討澱粉加入碘液及製作成麻糬之差異.....	7
實驗二—1：探討各式澱粉在不同情況下加入碘液後的差異.....	7
實驗二—2：各式澱粉加入充足水分後製成團狀後加入碘液的差異.....	11
三、研究三、探討在來米粉不能熟透的原因及和糯米的差異性.....	13
實驗三—1：探討改變形狀的糯米粉糰及在來米粉糰的差異性.....	13
實驗三—2：探討在不同的水量下糯米粉糰及在來米粉糰搓成糰的最佳水量比.....	14
實驗三—3：探討糯米粉液及在來米粉液在足量水分下糊化情形.....	16
四、研究四、不同酸鹼值的溶液加糯米粉在加熱後糊化情形.....	17
實驗四—1：不同濃度的糖、鹽、酸、鹼加入糯米液後糊化情形。.....	17
五、研究五、加熱過程中糊化的電阻變化情形.....	25
伍、結論.....	26
陸、心得.....	28
柒、建議.....	28
捌、參考文獻.....	28
玖、附件.....	29
附件—1：電阻感應器、校正自製溫敏程式.....	29
附件—2：光敏測量程式、測量溫度及電阻測量程式.....	30

## 摘要

台灣婚喪喜慶活動經常用麻糬招待賓客，傳統麻糬製作成分為糯米。糯米粉添加碘液的顏色是褐色與其他澱粉藍黑色明顯差異。當在來米粉在加入足量的水時是會熟透，在各類澱粉在製作麻糬糰時發現在來米粉糰無法熟透，探究結果是在來米本不應由糰狀加熱，故為何在來米粉不宜為麻糬之原料的原因。運用導電度及透光度的結果得到糯米粉較在來米粉容易糊化並嘗試添加不同濃度的酸鹼鹽糖，探討糯米糊化之差異。利用連續測定溫敏電阻裝置發現糯米粉漿糊化溫度較在來米低，糊化愈完整則電阻值愈大，導電度越小，其有趣的結果值得供給食品加工研究者參考。

## 壹、研究動機

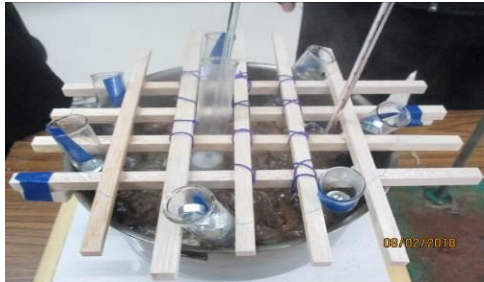
麻糬是本地的特產傳統麻糬更是各式慶典活動招待賓客重要的點心。麻糬主要成份除水之外就是糯米粉，糯米粉的糊化情形對於製作各類麻糬及糯米製品時應有著重要的影響。我們對於為何在製做麻糬的過程中只能使用糯米粉，為什麼其他粉類不能作成麻糬？感到好奇。生物課本中澱粉遇到碘液會呈藍黑色，想知道糯米粉加入碘液後會不會也相同？其中為何不能添加理化課本中的電解質有很大的疑問，理化課本中則是提到不同物質都有其電阻值，或許可以利用電阻值來觀察糊化前後？進而研究了糯米粉與其他粉類例如在來米粉之差異性與其糊化的現象。

## 貳、研究目的

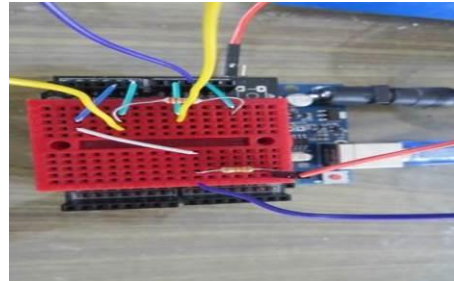
- 一、了解製作麻糬、糯米製品的歷史與製作過程、原理。
- 二、探討各類澱粉加入碘液及至成團狀後之顏色等差異性。
- 三、透過改變形狀及水量探討為何在來米粉在研究二不能熟透的原因及和糯米粉的差異。
- 四、了解糯米液加入電解質及糖後的糊化變化情形。
- 五、利用 Arduino 程式設計出不同方程式，連續測量糯米粉漿及在來米粉漿在受熱時溫敏、電阻讀數。

## 參、研究方法與設備器材

- 一、實驗藥品及器材：糯米粉、在來米粉、玉米粉、太白粉、樹薯粉、低筋麵粉、高筋麵粉、脆酥粉、白飯、小蘇打、碘液、檸檬酸、碳酸氫鈉、二號砂糖、氯化鈉



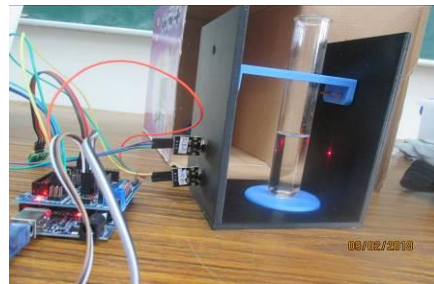
自製試管加熱架



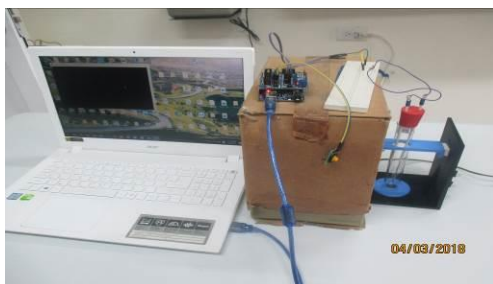
Arduino 板裝置 (每秒連續偵測)



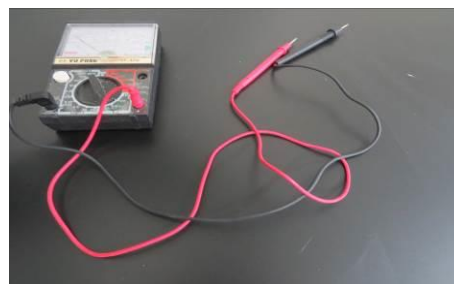
連續測量溫敏與電阻儀器



暗箱內自製光敏測量裝置



自製電阻測量裝置



三用電表



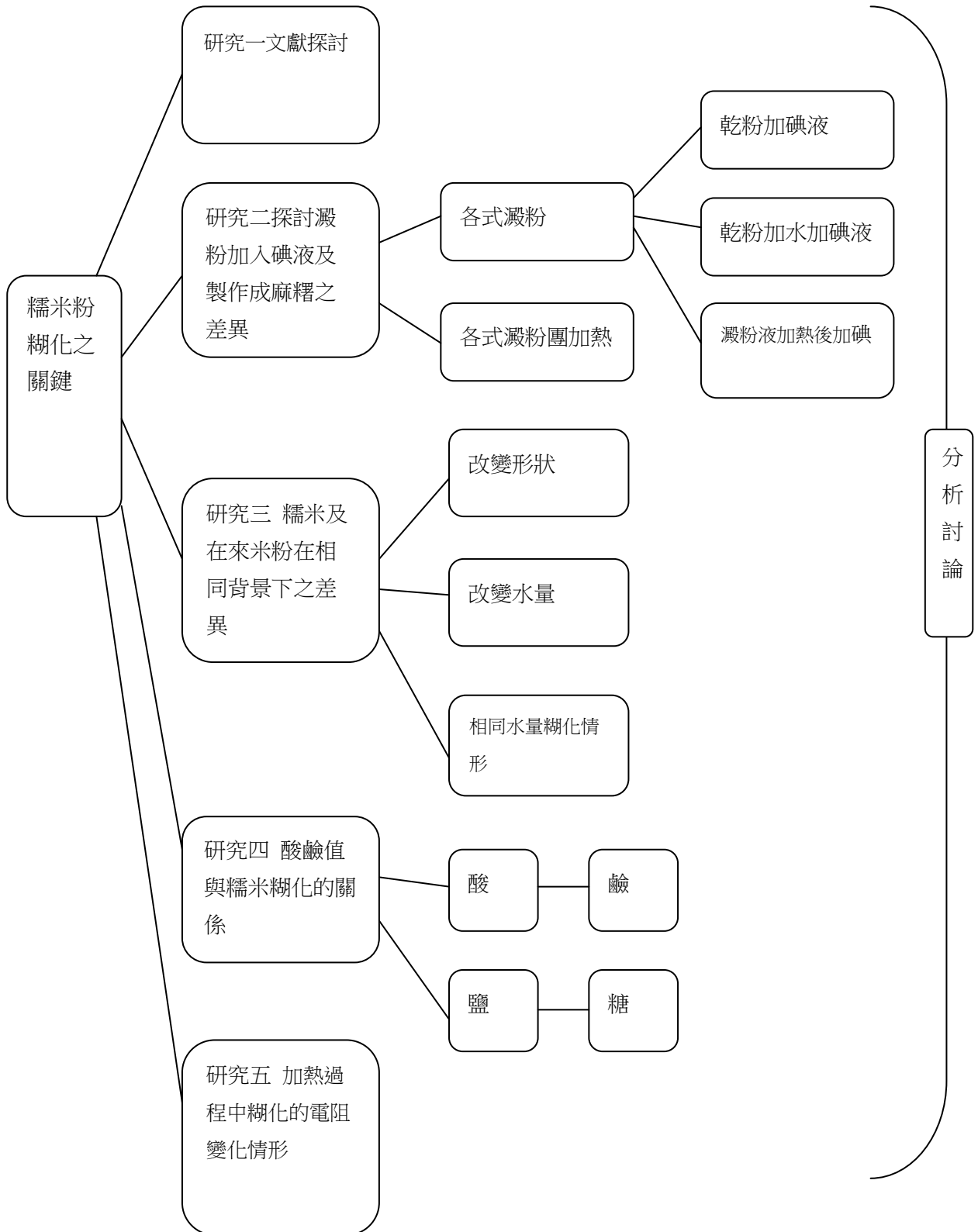
各類澱粉



碳酸氫鈉及氯化鈉

## 肆、研究過程

### 研究架構:



## 研究一、文獻探討

一、稻米的歷史：稻的栽培起源於約西元前 8200 年南中國珠江中游的聚落地帶，{楚辭}亦指：稻、稷、黍、菽、麻，故自古稻米一直是中國重要糧食，現時全世界有一半的人口食用稻，主要在亞洲、歐洲南部和熱帶美洲及非洲部分地區。2013 年稻的總產量占世界糧食作物產量第二位，僅低於玉米。

## 二、稻米的種類與特性

(一) 糯米：糯稻（學名：*Oryza sativa var. glutinosa*），禾本科一年生草本植物，是稻的粘性變種，在秈稻和粳稻品種中都有糯稻變種，糯稻脫殼的米在中國南方稱為糯米。在外貌上，糯米為不透明的白色。糯米與其他稻米的最主要分別是它所含的澱粉中以支鏈澱粉為主，達 95% 至 100%，因而煮後較具黏性，口感也比一般白米更硬，多吃不易消化。

表 1-1-1 比較糯米與其他種類的稻米特性差異

稻米種類	仙米	粳米	糯米	
	在來米	蓬萊米	秈糯	粳糯
米粒外觀	細長透明	短圓透明	細長 白色不透明	圓短 白色不透明
與碘反應	鮮藍色	暗藍色	紫紅色	
米之吸水率	最少	居中	最多	
指熟米飯的特性	粗硬不黏	介於秈米及糯米之間	較軟、黏	
黏性	弱	居中	最強	
脹姓	最大	居中	最小	



圖 1-1-1：糯米米粒（左）外觀不透明，而在來米米粒（右）外觀較為透光（傅麗玉攝，2016）

## (二) 支鏈澱粉分子和直鏈澱粉分子的結構

澱粉分子係由葡萄糖分子互相「手拉手」( $\alpha$ -鍵)構成。但隨著葡萄糖分子互相「手拉手」的方式不同而分為直鏈澱粉(amylose)和支鏈澱粉(amylopectin)，其分子結構式見圖 1-1-2 所示。一般澱粉類的食物含有直鏈澱粉和支鏈澱粉，而不同種類的食物所含的兩者的比例不同。支鏈澱粉含量越高，米粒顏色越不透明，煮成的米飯越黏。

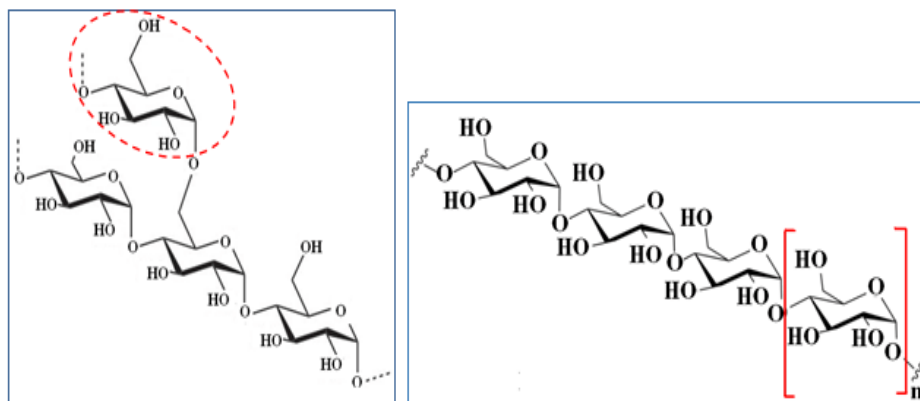


圖 1-1-2：支鏈澱粉分子(左)和直鏈澱粉分子(右)的結構

(圖片來源：由左而右，<https://en.wikipedia.org/wiki/Amylopectin>，  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amylose\\_3Dprojection.corrected.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amylose_3Dprojection.corrected.png))

## 三、米漿、漿粉團及水磨粉的差別

(一) 米漿、漿粉團及水磨粉製作方法整理如表 1-1-2

表 1-1-2

種類	製作方法
米漿	原料米→洗淨→靜漬→加冷水研磨→米漿
漿粉團	米漿→以離心或壓榨方式脫乾水分→漿粉團
水磨粉	漿團→低溫乾燥→濕(水)磨粉

(二) 水磨粉製作方式：原料米→洗淨→靜漬→加冷水研磨→米漿→以離心或壓榨方式脫乾水分→漿粉團→低溫乾燥→濕(水)磨粉

(三) 膠體溶液：粉漿為一種膠體溶液。

(四) 水磨粉成分穩定比米漿、漿粉團更能做出品質穩定的產品。

#### 四、麻糬：成分、歷史、台灣麻糬的製法

(一) 麻糬成分主要是糯米粉與水。

(二) 麻糬（日語：餅／もち *Mochi*；英語：Rice cake），又稱糍粑是一種糯米製的食物，軟而有黏性，為中國的傳統小吃，是一種傳統的節日風俗，多為慶祝新年等節日，每個地區因民族及習俗不同而各有差異在中國大陸，作為賀年食品的糍粑一般會在臘月製作，在農村，一般整個家族都會在一起打糍粑，以慶祝即將到來的新年，台灣也是在婚喪喜慶活動，或廟會拜拜聚會時，經常用糍粑招待賓客。

(三) 台灣麻糬製造過程中會引入機器代替，比如會將泡過的糯米用機器磨成米漿，之後蒸熟，再後續處理，跟由熟糯米捶搗出黏性的方法不完全一樣。傳統台灣「麻糬」裡面不含餡料，是剪成小塊狀、並撒花生粉。

#### 五、糊化作用：

(一) 糊化（Gelatinization）：澱粉與水共熱後，在一定條件下變成半透明狀膠體的現象。澱粉漿受熱後，在一定溫度範圍內，澱粉粒開頭破壞，晶體結構消失，體積膨大，黏度急劇上升，呈黏稠的糊狀，即成為非結晶性的澱粉。各種澱粉的糊化溫度隨原料種類、澱粉粒大小的不同而異。

(二) 澱粉糊化及黏度的影響因子：

1. 溫度：糊化期間，溫度越高越快糊化。
2. 水分：水量多，經長時間泡水者，越易糊化。
3. 酸鹼度：酸的存在下，澱粉顆粒表面水解，使表面的吸水性增加，糊化越快。但水解亦會造成澱粉顆粒的破裂，而降低成膠的能力。
4. 醣類：蔗糖的吸濕性大，會與澱粉互相競爭水分，抑制糊化作用。

研究一結果：傳統麻糬是各式慶典活動招待賓客重要的點心。麻糬主要成份除水之外就是糯米粉，糯米粉的糊化情形對於製作各類麻糬及糯米製品時應有著重要的影響。

#### 研究二、探討糯米粉與其他澱粉加入碘液及製作成麻糬之差異



研究目的：觀察各種澱粉在滴入碘液及做成麻糬之差異

實驗二-1：探討各種澱粉滴入碘液之變化。

### 實驗二-1-1：觀察澱粉乾粉滴上碘液後之顏色變化

一、實驗藥品：糯米粉、在來米粉、玉米粉、太白粉、木薯粉、低筋麵粉、高筋麵粉、脆酥粉、白飯、小蘇打粉。

二、實驗步驟：

(一)把每種澱粉各量 1 公克，並倒在玻片上方再把各個在玻片放到大玻璃片上面。

(二)在澱粉上滴一到兩滴的碘液；觀察澱粉的顏色變化，二十分鐘後再觀察一次。

(三)觀察澱粉的顏色變化並分析紀錄結果。

三、實驗結果：

(一)各種澱粉加入碘液後之結果照片，如下圖（圖 2-1-1 至 2-1-10）



圖 2-1-1 糯米粉

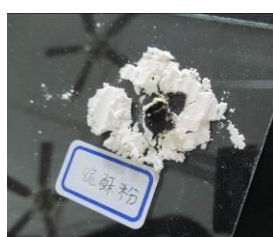


圖 2-1-2 酥脆粉



圖 2-1-3 在來米粉



圖 2-1-4 樹薯粉



圖 2-1-5 高筋麵粉



圖 2-1-6 低筋麵粉



圖 2-1-7 玉米粉



圖 2-1-8 太白粉



圖 2-1-9 白飯



圖 2-1-10 小蘇打粉

(二)各種澱粉顏色變化紀錄表格，如圖表 2-1-1

表 2-1-1 澱粉顏色變化情形

澱粉乾粉	顏色變化情形	二十分鐘後顏色之變化
糯米粉	棕色	灰棕色
在來米粉	藍紫色	藍紫色
玉米粉	藍紫色	藍紫色
太白粉	藍紫色	藍紫色
樹薯粉	藍紫色	藍紫色
低筋麵粉	藍紫色	芋頭色
高筋麵粉	藍紫色	糙米色，淡褐色
脆酥粉	深紫色	深紫色
白飯	藍紫色	藍紫色
小蘇打粉	黃綠色 (小蘇打並非澱粉)	黃綠

四、實驗二-1-1 討論：

- (一) 由表 1-1-1 情形顏色變化情形及圖 1-1-7，可知只有糯米粉在放置 1 分鐘後顏色和其他澱粉的紫色不同，糯米粉為棕色反應和其他的不同。由於糯米為支鏈澱粉，與碘液反應之顏色是偏棕色。
- (二) 當初想將所有能找到的澱粉都試試看，因小蘇打粉不是澱粉，結果和預期相同，反應顏色和其他澱粉不一樣，但糯米粉的反應顏色也和其他澱粉不同，值得進一步探討。
- (三) 以上乾粉實驗，使我們進一步設計了下一項實驗，若加入水的結果與乾粉有何不同?故設計實驗二-1-2，加以探討。

**實驗二-1-2：觀察各澱粉乾粉加水後滴上碘液之顏色變化**

一、實驗藥品：如實驗二-1-1

二、實驗步驟：

- (一) 把每種澱粉各量 1 公克，倒在試管中再加入 5ml 的飲用水後攪拌均勻。

(二) 在澱粉液中滴一滴的碘液。觀察澱粉液的顏色變化，二十分鐘後再觀察一次。

(三) 分析並紀錄結果。

### 三、實驗結果：

(一) 各種澱粉加入碘液後結果變化之照片，如下圖（圖 2-1-2-1 至 2-2-9）



圖 2-1-2-1 糯米粉液



圖 2-1-2-2 酥炸粉液



圖 2-1-2-3 在來米粉液



圖 2-1-2-4 木薯粉液



圖 2-1-2-5 高筋麵粉液



圖 2-1-2-6 低筋麵粉液



圖 2-1-2-7 玉米粉液



圖 2-1-2-8 白飯加水

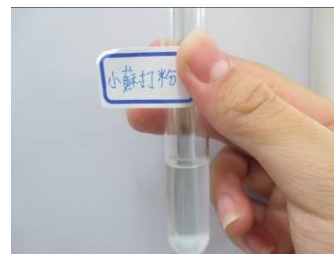


圖 2-1-2-9 小蘇打粉液

(二) 澱粉液顏色變化如表格表 2-1-2

粉類名稱	立即觀察之顏色	20 分鐘後	粉類名稱	立即觀察之顏色	20 分鐘後
糯米粉液	棕	棕色	低筋麵粉液	深紫色	紫棕
酥炸粉液	淡紫	棕色	玉米粉液	深紫色	藍紫
在來米粉液	深紫色	紅紫	白飯液	深紫色	紫色
木薯粉液	深紫色	乳白	小蘇打水	不變	透明
高筋麵粉液	深紫色	紅棕			

(三) 各式澱粉液加入碘液後之照片如圖 2-2-10



由左至右為：白飯、小蘇打粉、糯米粉、在來米粉、木薯粉、低筋麵粉、高筋麵粉、碘液、玉米粉、酥炸粉

圖 2-2-10 澱粉液加入碘液後之照片

#### 四、實驗二-1-2 討論:

- (一) 由表 2-2 得知，大多數的澱粉液滴入點液後所呈現的顏色接近紫色且顏色較深，只有糯米粉液反應後的顏色明顯接近棕色。
- (二) 澱粉粉液滴入碘液，一開始會接近藍紫色，但隨著時間流動，顏色會變得愈來愈偏棕色，但糯米粉液則一直維持棕色。

#### 實驗二-1-3:觀察各類澱粉液加熱後滴上碘液之顏色變化

一、實驗藥品：如實驗二-1

二、實驗步驟：

- (一) 每一種乾粉各量 1 公克，倒在試管中再加入 5ml 的飲用水攪拌均勻，觀察其顏色並記錄。
- (二) 利用隔水加熱並用溫度計測量，直到試管內溫度與外部水溫相同時即停止加熱。
- (三) 放置約五分鐘後在煮後澱粉液中滴一滴的碘液。
- (四) 觀察煮後澱粉液的顏色變化並分析紀錄結果。



圖 2-1-3-1 加熱裝置



圖 2-1-3-2 加熱裝置

### 三、實驗結果：

(一) 觀察澱粉液加入碘液後，並將結果紀錄於表 2-1-3

表 2-1-3 澱粉液加入碘液

粉料名稱	加熱後之顏色	加入碘液之顏色變化	觀察其他改變
糯米粉	乳白色	紅紫	放置後呈棕色偏灰
酥炸粉	金黃色(內含有乳酪成分)	藍色	加熱後黏度下降
在來米粉	乳白色	藍紫	附著力提高
木薯粉	乳白色	淡紫	顏色由淡紫到深紫
高筋麵粉	乳白色	藍紫	附著力提高
低筋麵粉	乳白色	藍紫	附著力提高
玉米粉	乳白色	藍紫	會分成上下兩層，且上層顏色較下層深
太白粉	透明	藍色	形成透明塊狀
白飯	乳白色	藍黑	附著力提高
小蘇打粉	透明(非澱粉)	黃褐色(碘液本身顏色)	粉在試管底部變透明

### 四、實驗討論：

(一) 經過加熱後發現酥炸粉顏色變化與其他澱粉不同的原因，是因內含乳酪成分，會影響實驗結果，因此只納入參考並不加以進一步研究。

(二) 發現糯米粉在放置一分鐘後即為轉呈棕色，木薯粉的顏色加深，其他粉類並無明顯顏色變化皆為藍色或藍黑色。

### 實驗二-2：探討各種澱粉搓成團製成麻糬之比較

一、實驗藥品：糯米粉、在來米粉、玉米粉、太白粉、木薯粉、低筋麵粉、高筋麵粉

二、實驗步驟：

(一) 糯米粉、在來米粉、玉米粉、太白粉、木薯粉、低筋麵粉、高筋麵粉各稱 100 公克、水 80 毫升攪拌均勻。



(二) 分成十個澱粉糰後，搓成大小相同的圓形。

(三) 放入滾水中煮並計時，待全浮起後撈起瀝乾。

(四) 測量煮後重量並觀察，分析並記錄結果。

### 三、實驗結果：

(一) 太白粉加入水後十分黏稠，無法搓成圓形；而木薯粉與玉米粉無法結成糰狀。

(二) 各澱粉搓成糰並加熱之比較：如表 2-2-1。

表 2-2-1 各澱粉搓成糰並加熱之比較

各類澱粉	可否成糰	烹煮時間	煮熟後重量(平均值)	其他
糯米粉	V	6 分鐘	20.2g	最快熟
在來米粉	V	>15 分鐘	X	不容易熟
玉米粉	X	X	X	無法成糰
太白粉	X	X	X	無法成糰
木薯粉	X	X	X	無法成糰
高筋麵粉	V	7 分鐘	21.6g	煮後的形狀不規則
低筋麵粉	V	8 分鐘	$22.15714285714286 \div 22.2g$	煮後的形狀不規則

(三) 粉團加熱時照片如圖 2-2-2，加熱後之粉糰如圖 2-2-1。



圖 2-2-1 由上而下依序為：高筋麵粉、低筋麵粉、糯米、在來米

圖 2-2-2 加熱粉糰

(四) 將可成團的粉糰加熱後剖面圖，整理如圖 2-2-3 至 2-2-6。



圖 2-2-3 糯米糰

圖 2-2-4 在來米糰

圖 2-2-5 高筋麵糰

圖 2-2-6 低筋麵糰

#### 四、實驗討論：

- (一) 太白粉、玉米粉及樹薯粉無法結成糰或塑型，故在之後實驗不使用以上粉料製作麻糬。
- (二) 糯米加熱後富有彈性，且變得較易透光，約在 6 分鐘時便全熟。
- (三) 高筋麵粉及低筋麵粉在煮前搓成的圓球，在煮後形狀變得不規則且重量變化比糯米大，雖然會熟但不具有麻糬軟且有彈性的特質，因此不適合做麻糬。
- (四) 在來米煮了 15 分鐘後仍未浮起，在撈起剖開後發現沒有全熟。粉團中央還有結塊及些許乾粉。

#### 研究二結果：

- 一、由於糯米為支鏈澱粉，不管是乾粉型態還是加熱澱粉液與碘液反應之顏色是偏棕色。
- 二、除糯米以外的澱粉粉液滴入碘液，一開始會接近藍紫色，但隨著時間流動，顏色會變得愈來愈偏棕色，糯米粉液則一直維持棕色。
- 三、太白粉、玉米粉及樹薯粉無法結成糰或塑型；糯米加熱後富有彈性，且變得較易透光；麵粉在煮後形狀變得不規則且不具有麻糬軟及有彈性的特質，因此不適合做麻糬；而在來米粉煮了 15 分鐘後仍未熟，中央有結塊及些許乾粉。
- 四、在來米煮了 15 分鐘後仍未熟是否因形狀或所含水量所致，為解答此問題，設計了研究三。

#### 研究三：探討在來米粉不能熟透的原因及和糯米的差異性

目的：透過改變形狀及水量探討在研究二在來米粉不能熟透的原因及和糯米的差異性。

##### 實驗三-1：探討改變形狀的糯米粉糰及在來米粉糰的差異性

一、實驗藥品：糯米粉、在來米粉、水

二、實驗步驟：

- (一) 各秤 100 克糯米粉與在來米粉，及二份 80ml 的水。
- (二) 分成以 20g 為單位的粉糰搓成丸狀後壓成高 0.4cm、直徑 3.5cm 的圓餅。
- (三) 放入滾水中煮並計時，待全浮起後撈起瀝乾。

#### (四) 分析並記錄結果

### 三、實驗結果：

#### (一) 扁狀在來米糰及糯米糰的比較 (如圖 3-1-1 與圖 3-1-2)



圖 3-1-1 扁狀在來米糰



圖 3-1-2 扁狀糯米糰

### 四、實驗討論:

- (一) 雖然研究 2 結果顯示再來米粉在煮了 15 分鐘都不會熟，因此在此實驗中維持實驗二粉團的量，但改變其受熱面積，即使受熱面積變大，加熱 15 分鐘以上，在來米都不會熟，米糰中間依然有塊狀及些許粉末。
- (二) 糯米糰在加熱 1 分 40 秒時就已全熟，糯米糰在受熱面積增加之下比研究二搓成丸狀的糯米糰更快煮熟。
- (三) 因形狀改變仍無法加快在來米煮熟的速度，是否因所含水分有關，故此設計了實驗三-2

### 實驗三-2: 探討在不同的水量下糯米粉糰及在來米粉糰搓成糰的最佳水量比

一、實驗藥品：在來米粉、糯米粉、水

二、實驗步驟：

- (一) 各取糯米粉與在來米粉 100 克，每加 10 毫升的水量在粉中，觀察粉的狀態並記錄。
- (二) 找出在來米粉與糯米粉能夠成團的最佳水量，並將加入其水量製成的粉糰搓成丸狀。
- (三) 放入滾水中煮並計時，待全浮起後撈起瀝乾。
- (四) 觀察分析並記錄結果。



### 三、實驗結果：

(一) 觀察在來米粉及糯米粉每多加 10 毫升的水量混和後成團的差異性。紀錄如表 3-2-1

表 3-2-1 在來米粉及糯米粉每多加 10 毫升的水量混和後成團的差異性

水	糯米粉 100 克	在來米粉 100 克	水	糯米粉 100 克	在來米粉 100 克
10ml	零星的粉結塊	零星約 1 公分的結塊	60 ml	可形成些許的麵糰	已無粉末
20 ml	零星的粉結塊	結塊多了 3、4 顆	70 ml	只剩要少的粉末	可勉強說成糰
30 ml	數十個小結塊	小結塊增多	80 ml	有易龜裂的粉糰	可輕易搓成糰
40 ml	有較大的結塊	小結塊增多	90 ml	完美的粉糰	黏手的粉糰
50 ml	結塊佔了 1/2	粉塊大小趨於平均	100 ml	黏手不易碎裂	不易塑形

(二) 由於在來米粉在加入 90 及 100ml 十分黏手且不易塑型、70ml 以下的水量會有許多粉塊也不易塑型則加入 80ml 的水是在來米成團的最佳水量，故使用 80 毫升的水量製作粉糰。

(三) 由於糯米粉加入 100ml 十分黏手、80ml 雖然能搓成團，但容易龜裂，故使用 90 毫升的水量製作粉團，是糯米粉最適合的水量。

(四) 加入 80ml 的水並搓成糰狀在來米粉糰顯示之結果與研究二相同，經過了 15 分鐘仍未煮熟。

### 四、實驗討論：

(一) 在實驗研究二-2 中，糯米粉煮了 6 分鐘便浮起;在來米粉卻煮了 15 分鐘後仍未煮熟當時懷疑加入 80 毫升對於在來米成團所需的水量不足，但透過此實驗結果發現，80 毫升已使在來米能夠加入的最多水量，加入超過 80 毫升的水，在來米粉搓成糰後黏性很大，其外表水分多，但較糯米粉容易裂開。

(二) 在來米粉在加入能夠成團的最佳水量 (80ml) 時，15 分鐘後仍未煮熟。

(三) 雖然搓成丸狀的在來米粉糰無法煮熟，但若能在不考慮是否能成糰的因素下，加入足量的水，是否能夠順利糊化?為解答此問題，故設計實驗三-3，使兩種粉料所含水分都足夠。

### 實驗三-3:探討糯米粉液及在來米粉液在足量水分下糊化情形

一、實驗藥品：糯米粉、在來米粉、水

二、實驗器材：自製試管加熱架、自製 Arduino 板電阻溫度記錄裝置、自製光敏紀錄裝置。

三、實驗步驟：

(一) 秤糯米粉、在來米粉 3g，及 18ml 的水（即粉與水之比例為 1：6），放入試管內。

各做 12 管

(二) 水加熱到沸騰時便把糯米粉液及在來米粉液液及在來米粉液一起攪拌並放入鍋中計時（會先做一測管試澱粉液何時糊化再判斷幾秒拿起一個管子，在此實驗中為每 40 秒拉一管）裝置圖如圖 3-3-3。

(三) 加熱完畢，貼上標籤並觀察結果記錄。

(四) 使用 Arduino 光敏及自製電阻測量裝置測量其讀數。

(五) 實驗裝置如圖 3-2-1：

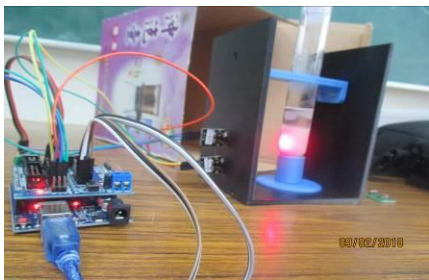


圖 3-2-1(暗箱內)自製光敏測量裝置

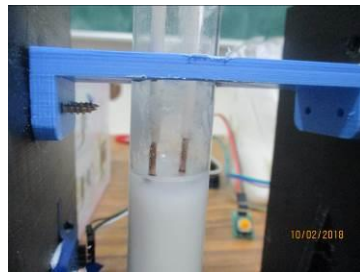


圖 3-2-2 自製電阻測量裝置

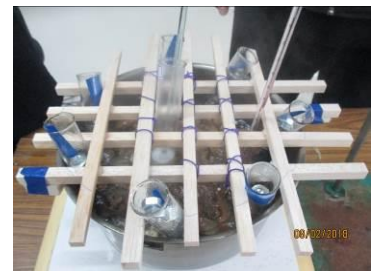
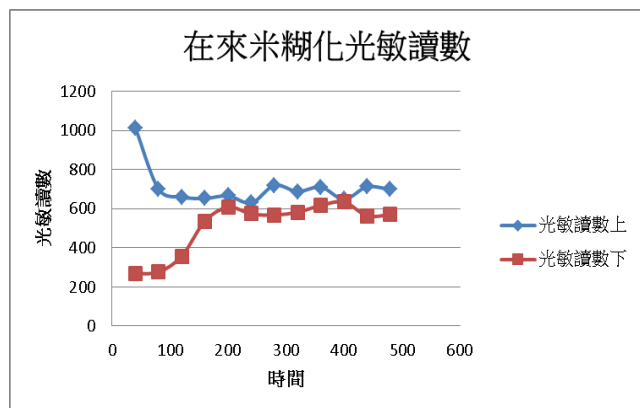
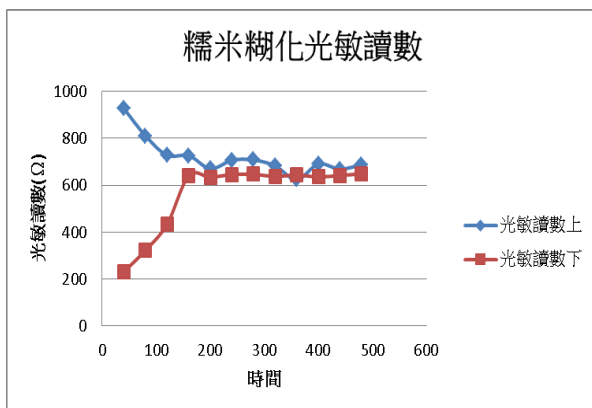


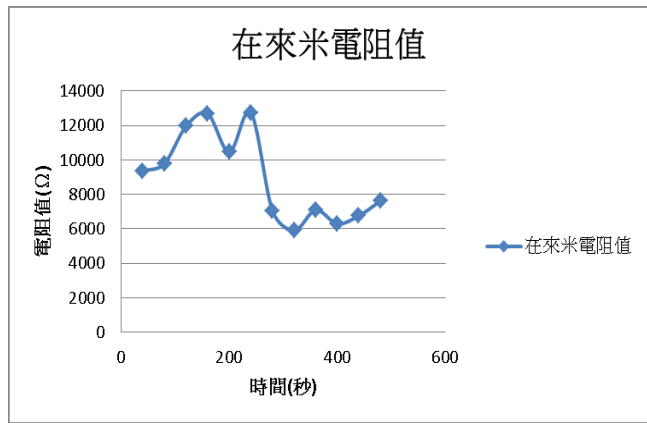
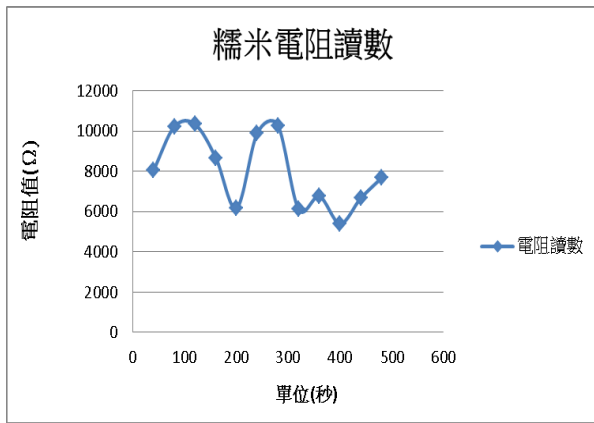
圖 3-3-3 自製加熱試管架

四、實驗結果:

(一) 光敏



(二) 電阻



### 五、實驗討論：

(一) 透過光敏的圖表得知，糯米粉液上下層的光敏讀數在第 4 管（160 秒）趨於一致，比在來米粉液第 5 管更快趨近，則糯米粉液比在來米粉液更快糊化。

(二) 透過電阻讀數圖表得知，糯米電阻起伏比在來米小，且比在來米更快趨於穩定。

### 實驗三結論：

一、由實驗三-1 得知，即使改變受熱的面積，在來米在沸水中煮 15 分鐘後也不會熟，米糰中間依然有塊狀及些許粉末。糯米糰在加熱 1 分 40 秒時就已全熟，糯米糰在受熱面積增加之下比研究二搓成丸狀的糯米糰更快煮熟。

二、由實驗三-2 得知，80 毫升已是在來米能夠成糰加入的最多水量。

三、由實驗三-1 及實驗三-2 得知：在來米粉糰不熟的原因不是受熱型狀面積大小，也不是水分，而是在來米本不應由糰狀加熱。由此可知，為何在來米粉不宜為麻糬之原料。

四、由實驗三-3 得知糯米的糊化速度的確比在來米快。

五、經過以上的實驗我們想得知若加入不同酸鹼的溶液，情況會有何不同，故設計了實驗四進行探討。

### 研究四、不同酸鹼值的溶液加糯米粉在加熱後糊化情形

一、實驗目的：在不同酸鹼值的水溶液加入糯米粉時，觀察糯米粉糊化情形和導電度的變化。為解答此問題，設計了以下實驗，並以中性的鹽水、糖水相互比較。

二、實驗器材：檸檬酸、糖、鹽、碳酸氫鈉、糯米粉、量筒、滴管、燒杯、自製試管加熱架、自製 Arduino 板電阻記錄裝置、自製透光紀錄裝置。實驗裝置 如圖 4-1-1、.4-1-2

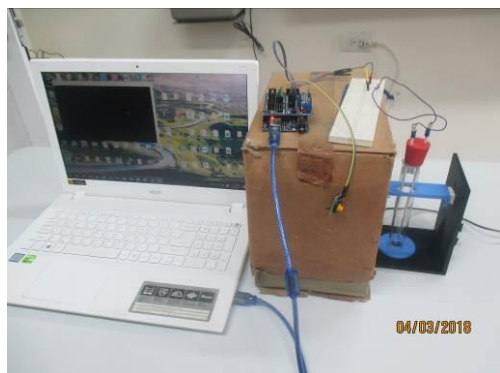


圖 4-1-1 自製電阻實驗裝置



圖 4-1-2 飽和酸 PH 值

### 三、實驗步驟：

- (一) 先把糖、鹽、碳酸氫鈉、檸檬酸與水混合攪拌至飽和並分別到入燒杯中，飽和:飽和溶液 18 毫升、1/2 飽和:水和飽和溶液各 9 毫升、1/6 飽和:水 15 毫升飽和溶液 3 毫升。並秤 3 公克糯米粉
- (二) 加熱水，到沸騰時便把糯米粉及調好的溶液一起攪拌並放入鍋中計時(會先做一測管試容液何時糊化再判斷幾秒拿起一個管子)，此實驗以 15 秒拉一管。
- (三) 加熱完畢，貼上標籤並觀察結果並記錄。
- (四) 使用 Arduino 光敏及電阻測試裝置測量其讀數。

### 四、實驗結果：

- (一) 將糯米加入不同比值的酸鹼溶液中，在自製試管加熱架中加熱、每 15 秒拉起一個試管後，測量其光敏讀數及電阻讀數，並將其結果彙整成圖。如圖 4-1-3 至 4-1-38。
- (二) 飽和糖溶液與水的比值：1、1/2、1/6 的糊化情形



圖 4-1-3 飽和糖 1-12 管

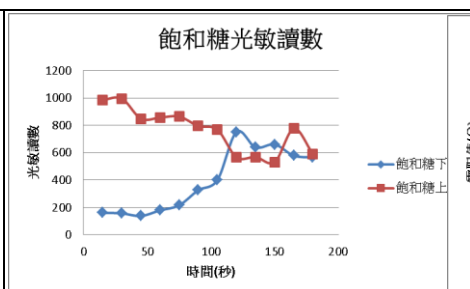


圖 4-1-4 飽和糖光敏讀數

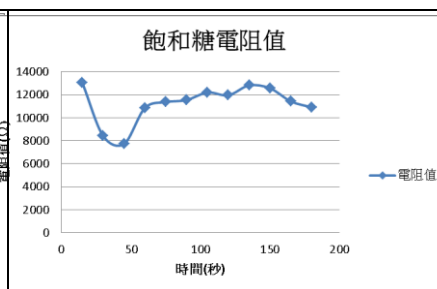


圖 4-1-5 飽和糖電阻讀數

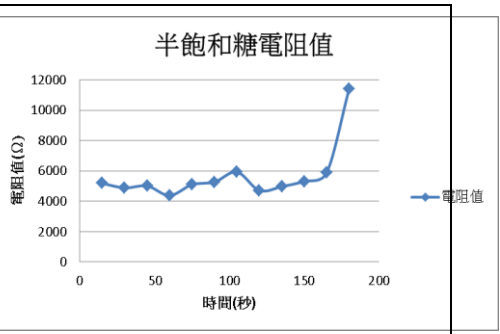
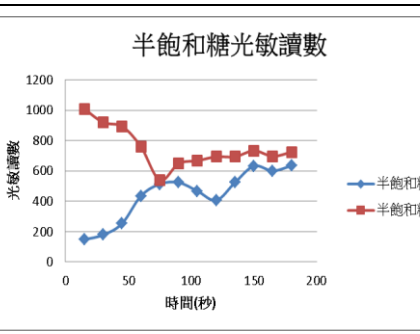


圖 4-1-6 1/2 飽和糖 1-12 管

圖 4-1-7 1/2 飽和糖光敏讀數

圖 4-1-8 1/2 飽和糖電阻讀數

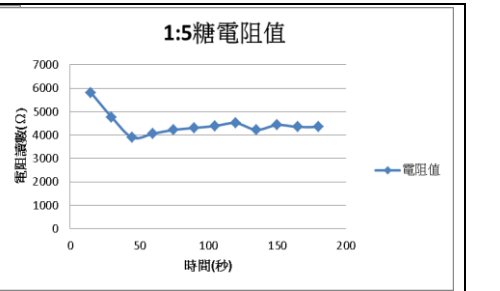
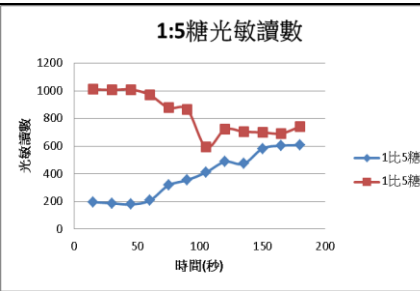


圖 4-1-9 1/6 飽和糖 1-12 管

圖 4-1-10 1/6 飽和糖光敏讀數

圖 4-1-11 1/6 飽和糖電阻讀數

(三) 飽和鹽溶液與水的比值:1、1/2、1/6 的糊化情形

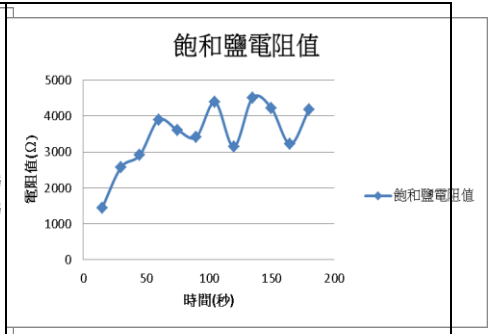
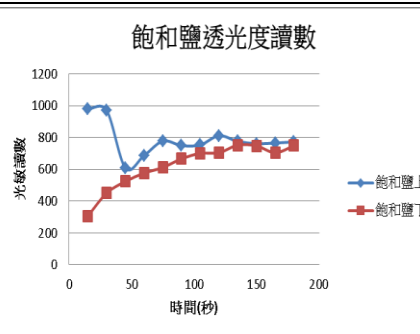


圖 4-1-12 飽和鹽 1-12 管

圖 4-1-13 飽和鹽光敏讀數

圖 4-1-14 飽和鹽電阻讀數

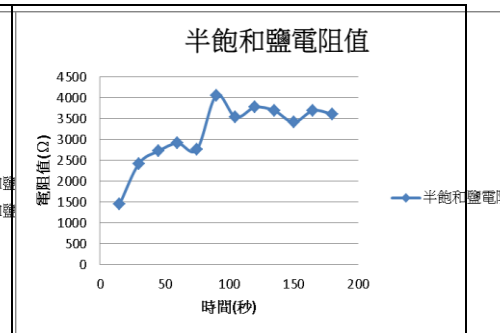
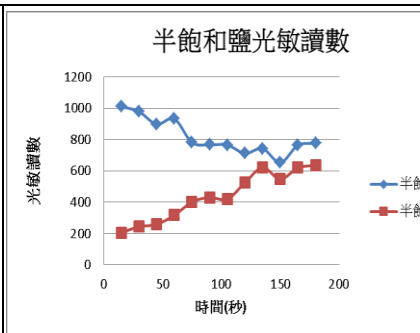


圖 4-1-15 1/2 飽和鹽 1-12 管

圖 4-1-16 1/2 飽和鹽光敏讀數

圖 4-1-17 1/2 飽和鹽電阻讀數





圖 4-1-18 1/6 飽和鹽 1-12 管

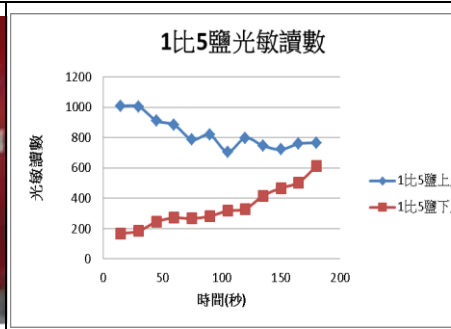


圖 4-1-19 1/6 飽和鹽光敏讀數

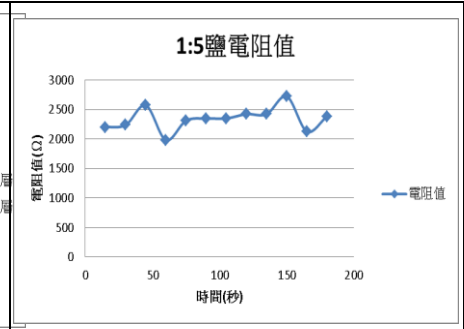


圖 4-1-20 1/6 飽和鹽電阻讀數

(四) 飽和鹼溶液與水的比值：1、1/2、1/6 的糊化情形



圖 4-1-21 飽和鹼 1-12 管

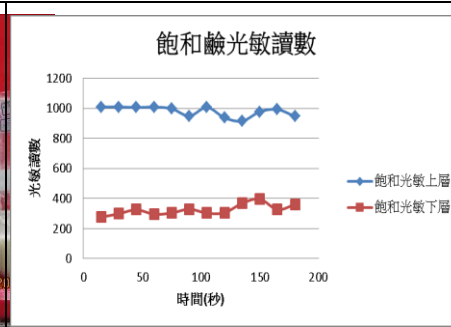


圖 4-1-22 飽和鹼光敏讀數

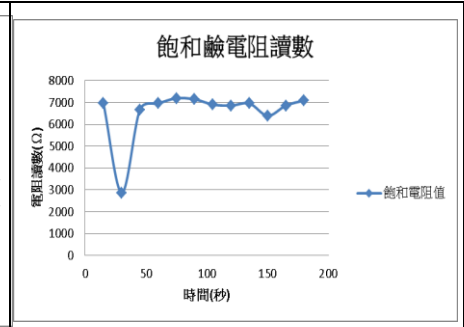


圖 4-1-23 飽和鹼電阻讀數



圖 4-1-24 1/2 飽和鹼 1-12 管

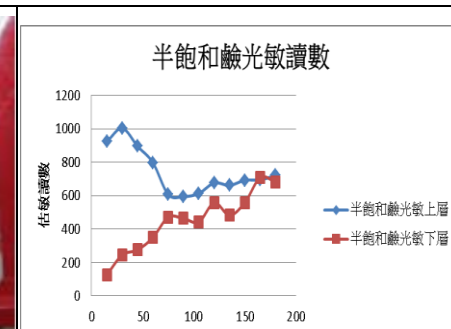


圖 4-1-25 1/2 飽和鹼光敏讀數

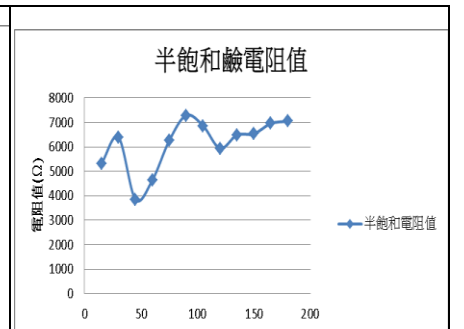


圖 4-1-26 1/2 飽和鹼電阻讀數



圖 4-1-27 1/6 飽和鹼 1-12 管

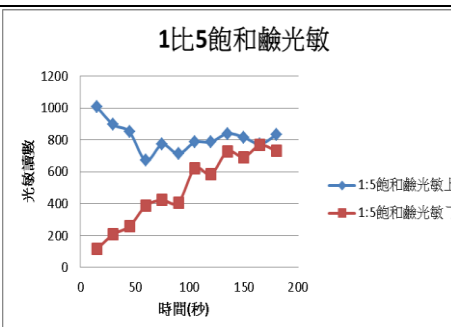


圖 4-1-28 1/6 飽和鹼光敏讀數

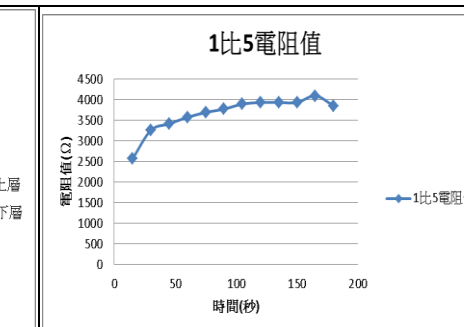
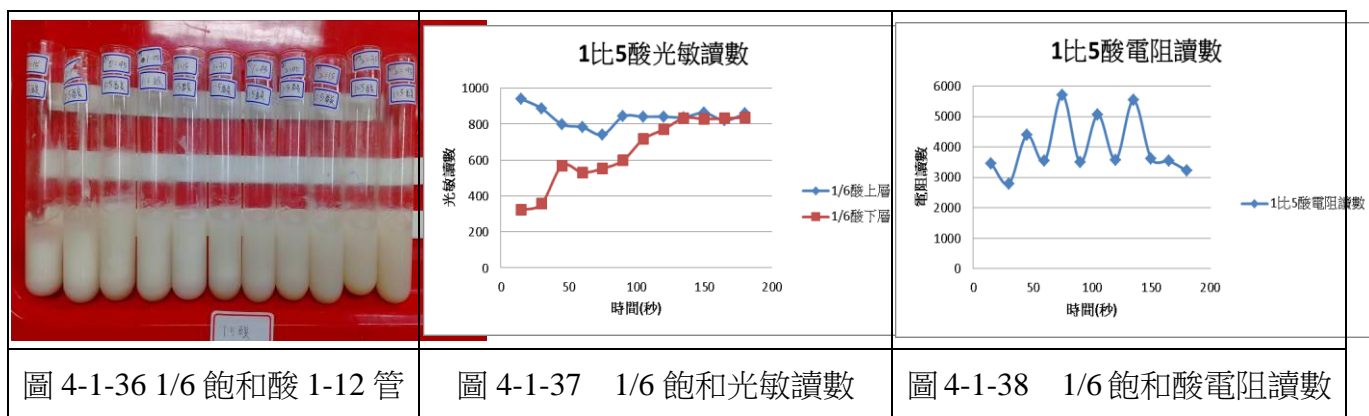
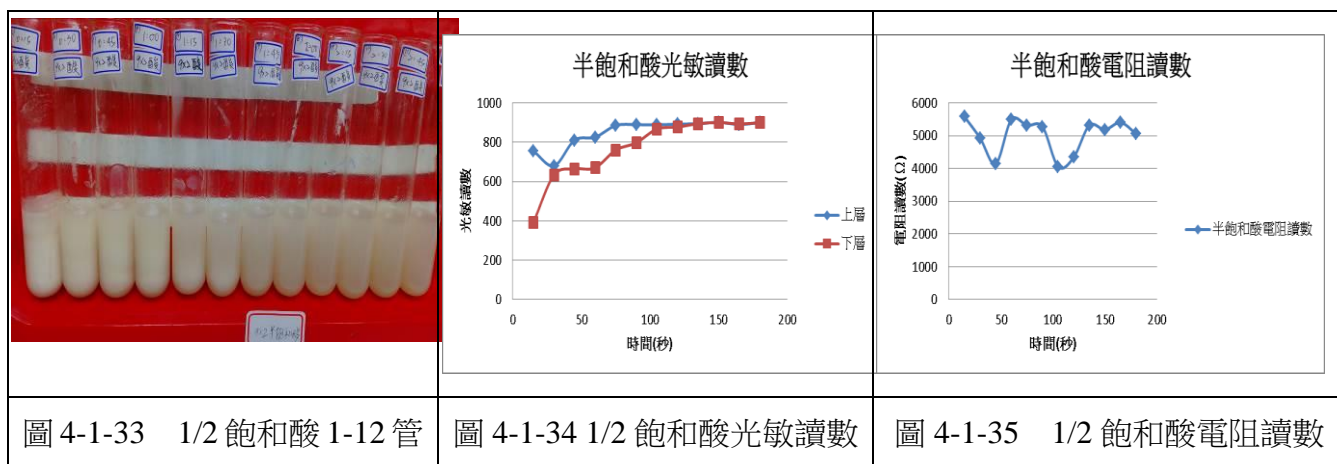
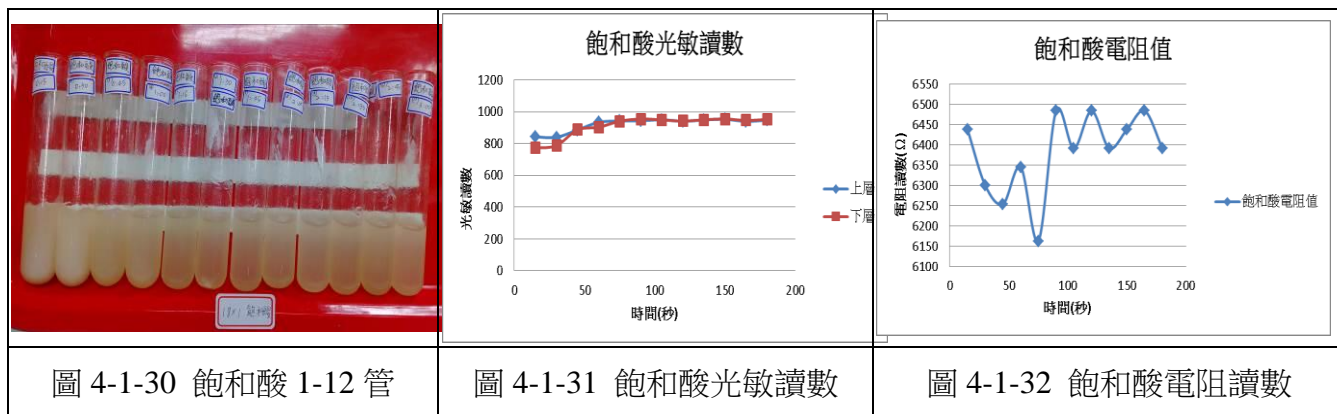


圖 4-1-29 1/6 飽和鹼電阻讀數

(五) 飽和酸溶液與水的比值：1、1/2、1/6 的糊化情形



五、實驗討論：

(一) 糖的糊化情形

1. 由圖 4-1-3、4-1-6 及 4-1-9 照片可知，不論任何溶液比例，1 到 7 管都有明顯的上下分層。
2. 由圖 4-1-7 光敏讀數最慢趨於一致的是飽和糖，依序是 1/6 飽和糖、1/2 飽和糖，由此可知過度的糖會更難糊化。

3. 由圖 4-1-5, 4-1-8 及 4-1-11 的電阻讀數綜合為右圖 4-1-39, 由此圖可知, 飽和糖最慢糊化且電阻值較大。

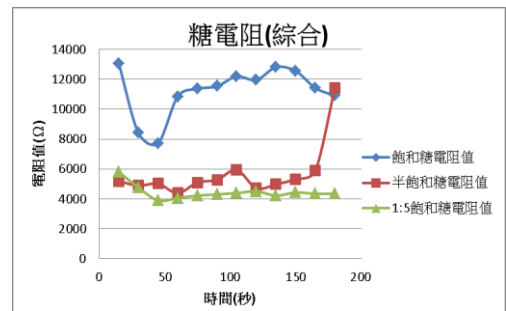


圖 4-1-39 糖綜合電阻圖

4. 1/2 飽和糖的最後一筆資料為實驗誤差, 故不取用。

5. 1/2 飽和糖糊化速度最快, 電阻是 5000 多 Ω

而且一開始就趨於穩定、1/6 飽和糖電阻在地 3 管才漸漸穩定讀數約 4000Ω、飽和糖糊化速度較慢, 電阻在第 9 管才慢慢穩定。

## (二) 鹽的糊化情形

1. 由圖 4-1-12、4-1-15 及 4-1-18 照片可知, 不論任何溶液比例, 鹽的 1 到 3 管都有明顯的上下分層。飽和鹽明顯比 1/2 飽和及 1/6 飽和更快糊化, 這與加糖的結果不同很有趣。

2. 以光敏圖表 (圖 4-1-13) 來看, 飽和鹽在第 3 管 (加熱至 45 秒) 時管內糯米粉液上下層光敏讀數已十分接近, 但到了第 4 管, 其光敏讀數又差距較大, 到了第 7 管, 上下層光敏讀數逐漸相近。以光敏圖表圖 4-1-16、圖 4-1-19 來看, 1/2 飽和鹽及 1/6 飽和鹽加熱 180 秒, 上下層的顏色仍未相同。由以上得知, 鹽份含量較少, 會延緩其糊化速度。飽和鹽比以上兩者更快糊化。

3. 由圖 4-1-14、4-1-17 及 4-1-20 綜合成圖

4-1-40 鹽綜合電阻圖, 得知鹽含量愈高, 其電阻愈大。飽和鹽在第 6 管時雖然有震盪, 不過具有規律性; 1/2 飽和

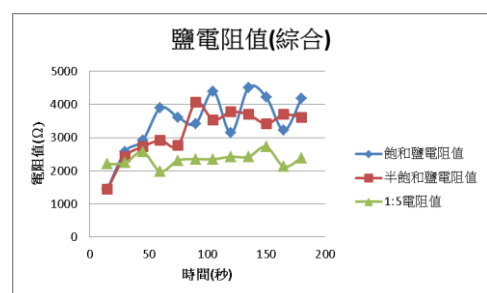


圖 4-1-40 鹽綜合電阻圖

鹽在第 7 管時震盪幅度便趨於穩定; 1/6

飽和鹽雖有許多震盪, 不過以整體而言, 其電阻讀數在同一區間內, 數值較為穩定。與光敏讀數表圖 4-1-19 一起看, 發現 1/6 飽和鹽加熱了 180 秒仍無法糊化。

4. 飽和鹽起伏較大, 直到加熱 180 秒仍未穩定, 但以光敏圖表來看, 飽和鹽的上下



層顏色是最快相近的，則飽和鹽最快糊化。

### (三) 鹼的糊化情形

1. 飽和鹼 1 至 12 管的糯米粉液上下分層皆十分明顯；1/2 飽和鹼與 1/6 飽和鹼的第 1、2 分層明顯。綜合以上發現:加入飽和鹼溶液的糯米粉無法糊化。
2. 由圖 4-1-22 飽和鹼光敏讀數得知，飽和鹼 1 至 12 管就算加熱了 180 秒，上下的光敏讀數差距仍相當大，毫無接近的跡象；由圖 4-1-25 得知，1/2 飽和鹼自加熱至第 5 管，光敏讀數的數值開始接近，繼續加熱至 11 管 (165 秒)上下層的光敏數值重合；由圖 4-1-28 得知，1/6 飽和鹼加熱至第 4 管(60 秒)，其光敏讀數的數值開始接近，持續加熱至 11 管(165 秒)時上下層的光敏數值重合。由此可知，加入飽和鹼的糯米粉液無法糊化、最快糊化的則是 1/6 飽和鹼。

3. 由圖 4-1-23、4-1-26 及 4-1-29 綜合成圖 4-41

(如右圖)可知，飽和鹼從 1 至 12 管的電阻讀數皆在 7000Ω 上下，第二筆數據參考了光敏數據，飽和的光敏讀數很穩定，因此認定為實驗誤差，故不取用其值；1/2 飽和鹼從第 3 管電阻讀數便大幅上升，直到第 6 管數值持續下降至第 8 管，後又穩定上升。

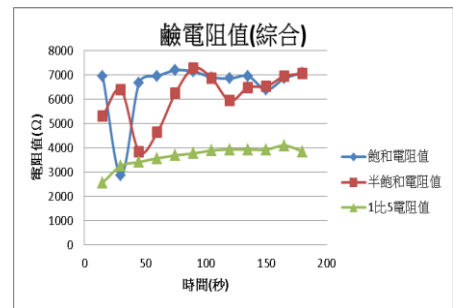


圖 4-1-41 鹼電阻綜合

### (四) 酸的糊化情形

1. 由 4-1-30 照片可知，從第 3 管開始飽和酸呈現半透明狀、1/2 飽和酸是從第 7 管開始呈現半透明狀、而 1/6 飽和酸則自第 8 管開始呈現半透明，以上三者呈現半透明狀時，其狀態接近液體酸降低成膠的能力。得知飽和酸最快糊化。
2. 由圖 4-1-31 可知飽和酸的光敏讀數自第 3 管便已幾乎重疊，1/2 飽和酸雖然在第 2 管及光敏數據幾近相同，但後差距又明顯變大，直到加熱至第 7 管 (105 秒)才又上下層數據相近。1/6 飽和酸的光敏讀數自第 1 管便穩定接近中，直到第 8 管上下層數據相近。由此可知，飽和酸的糯米粉液最快糊化，而最慢糊化的是 1/6 飽和酸，則酸的含量越多，糊化的速度越快

3. 由圖 4-1-32、4-1-35、4-1-38 綜合成圖 4-1-42

(如右圖)可知，飽和酸從 1-12 管的電阻讀數都是在  $6500\Omega$  上下，最穩定也最快糊化與其光敏數直觀察到的相符，1/2 飽和酸 1 至 8 管的數據大幅上升及下降，到第 9 管才逐漸趨於穩定，1/6 飽和糖電阻讀數震幅很大約在  $4000-5000\Omega$ ，在第 10 管時才不再大幅震盪。與酸所有的光敏圖表相符，光敏讀數上下層相同時，大約就是電阻讀數穩定的時候。

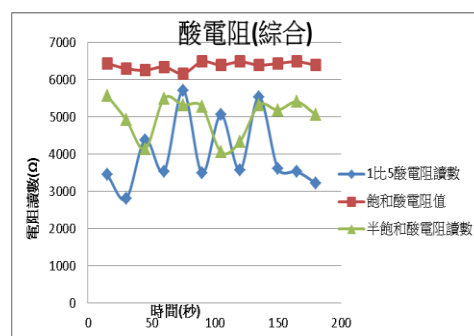


圖 4-1-42 酸電阻綜合

#### 研究四結論：

一、由實驗照片光敏讀數及電阻值讀數結果有高一致性。

(一) 過度的糖會更難糊化且糖愈多電阻愈大 ( $12k\Omega > 5k\Omega > 4k\Omega$ ) 導電度越低。

(二) 鹽含量愈低越難糊化電阻值愈小 ( $2.5k\Omega < 3.5k\Omega < 4k\Omega$ ) 導電度越高，與糖結果不同很有趣。

二、糖的糊化情形:由 圖 4-1-7 得知:光敏讀數最慢趨於一致的是飽和糖，依序是 1/6 飽和糖、1/2 飽和糖，由此可知過度的糖會更難糊化。

三、鹽的糊化情形: 飽和鹽明顯比 1/2 飽和及 1/6 飽和更快糊化，電阻  $4k\Omega$  最大最難導電。

四、鹼的糊化情形: 加入飽和鹼溶液的糯米粉無法糊化；且鹼濃度愈高，其電阻值愈大。其結果與加鹽相似，最快糊化的則是 1/6 飽和鹼電阻最小 ( $3.8k\Omega < 6.5k\Omega < 7k\Omega$ )。

五、酸的糊化情形: 飽和酸的糯米粉液最快糊化，約到第四管就已糊化完成。而最慢糊化的是 1/6 飽和酸，則酸的含量越多，糊化的速度越快。且酸的濃度愈高，電阻值愈大 ( $6.4k\Omega > 5.2k\Omega > 3.3k\Omega$ )。與其他電解質結果不同很有趣喔

六、鹽除了飽和鹽再加熱 135 秒開始糊化之外，1:5 鹽有延後糊化的情形。

七、酸、鹼的半飽和電阻值大小接近，但飽和酸與飽和鹼電阻卻相差甚遠，我們覺得需要更多導電度的電阻數據來了解糊化現象，故再進一步設計研究五。

## 研究五:探討加熱的中，糊化過程的電阻變化

一、目的：利用自製 Arduino 溫敏及電阻測試裝置觀察加熱的過程中，糊化作用時的電阻與溫度關係。

二、實驗藥品：糯米粉 21g、在來米粉 21g

三、實驗裝置：小型電磁加熱器、自製 Arduino 溫敏及電阻測試裝置（如圖 5-1-1）

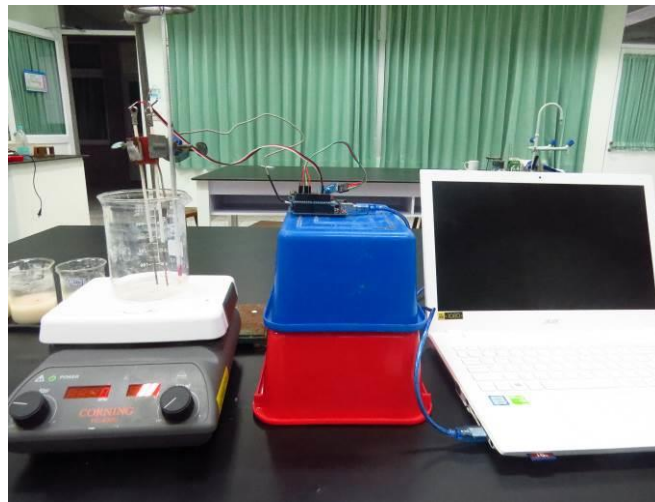


圖 5-1-1 自製 Arduino 溫敏及電阻測試裝置與小型電磁加熱器

四、實驗步驟：

（一）秤糯米粉及在來米粉各 21 公克，以及 126 毫升的水兩份。水與粉比例為 6：1。

（二）將溫敏裝置包上保鮮膜，並將溫敏裝置、溫度計及電阻裝置使用鐵架固定。

（三）將粉料隔水加熱，同時測量其電阻與溫度，開啟 putty 紀錄至溫度不再上升再加熱 10 至 20 分鐘，並繪製成圖表。

（四）靜置一天待其冷卻後再使用電阻測試裝置測量其電阻值 100 筆，再計算平均值。

五、實驗結果：

（一）以一秒測一次的電阻與溫度數據彙整成圖 5-1-1 水的電阻與趨勢圖，如下：

### 1. 水的電阻與趨勢圖

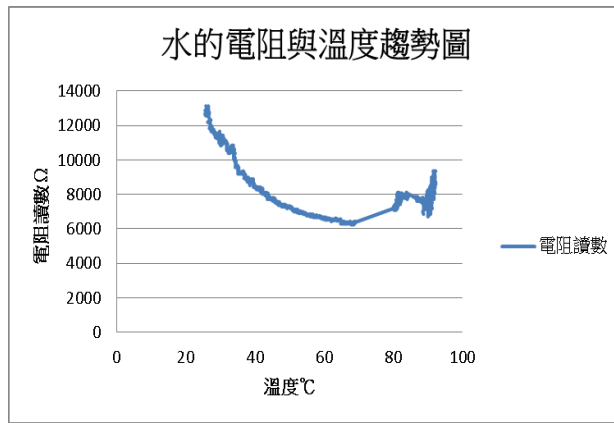
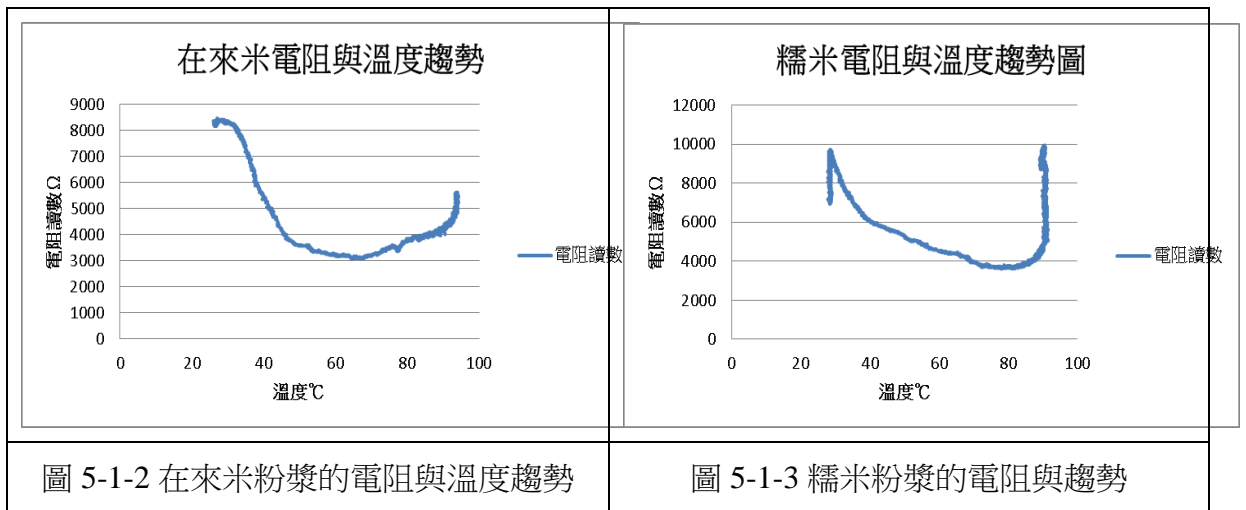


圖 5-1-1 水的電阻與趨勢圖

2.冷卻後平均電阻: 12.86821 kΩ

(二) 以一秒測一次在來米粉漿、糯米漿的電阻與溫度數據彙整成圖 5-1-2、圖 5-1-3 及冷卻後的電阻值測量結果。

1.在來米粉漿、糯米粉漿的電阻與溫度趨勢圖



2. 在來米糊化冷卻後平均電阻：13.250 kΩ、糯米粉糊化冷卻後平均電阻：11.2097kΩ

## 六、實驗討論:

- (一) 本實驗使用的水為飲水機的水，在一開始測量時溫度是 25°C，約 12.9301 kΩ，隨著溫度上升，電阻值變小，表示溫度越高導電度越大。在 91°C至 92°C時溫度較難繼續上升。電阻值在 7.5 kΩ~8.7 kΩ 之間，來回震盪是沸騰的水的大氣泡所致，影響了水的電阻讀數。
- (二) 由圖 5-1-2 及 5-1-3 發現，在來米粉漿及糯米粉漿在(91°C~92°C)之間溫度不再上升，其電阻讀數愈來愈大，表示糊化愈完整，電阻值愈大，導電度愈小。

(三)加熱在來米粉漿及糯米粉漿 30°C 至 90°C 之間每 10°C 電阻讀數之比較，整理於表 5-1。

表 5-1 糯米粉漿及在來米粉漿在不同溫度的電阻讀數表格

溫度 \ 粉料	糯米粉漿	在來米粉漿	水
30°C	8.88462 kΩ	8.32169 kΩ	10.89987 kΩ
40°C	6.07292 kΩ	5.49373 kΩ	8.42209 kΩ
50°C	5.14576 kΩ	3.57530 kΩ	7.23719 kΩ
60°C	4.51 000kΩ	3.22210kΩ	6.62324 kΩ
70°C	3.93545 kΩ	3.22210 kΩ	6.39207 kΩ
80°C	3.69457 kΩ	3.81461 kΩ	7.14150 kΩ
90°C	5.27551 kΩ	4.26159 kΩ	7.67349 kΩ

(四)由表 5-1 可知，在加熱至 30 度時，糯米粉與在來米粉漿電阻讀數相近，(分別為 8.88462 kΩ 及 8.32169 kΩ)，到了 40 度時，因溫度上升的關係電阻值下降，但下降得較緩，推測糯米已開始糊化；而在來米未開始糊化，溫度上升導致導電度佳，50 度時，此趨勢更加明顯，兩者電阻值相差 1.6 kΩ。圖 5-1-2 及圖 5-1-3 可以得知，在加熱至 30 度時，糯米粉漿的下降趨勢較緩，由表 5-1，圖 5-1-2 及 5-1-3 可之 40°C 至 60°C 之內糯米電阻值的下降率較在來米粉漿小；可知糯米粉漿在溫水時就緩緩先行糊化且在水沸騰後，電阻增加率直線上升，表示在沸水蒸煮時糯米粉漿導電度快速增加可知比在來米漿容易糊化。

(五)水、在來米及糯米在加熱時的導電度並不是成正比上升，而是呈曲線狀，很好玩。

(六)綜合以上可知，此連續測量裝置可成功測出外杯水沸騰前與沸騰後粉漿導電度差異。

研究五結論：

- 一、 糊化愈完整，電阻值愈大，導電度愈小。
- 二、 在沸水蒸煮時糯米粉漿電阻值快速增加，可知比在來米漿容易糊化。
- 三、 水的電阻讀數來回震盪是沸騰的水的大氣泡所致，影響了水的電阻讀數。
- 四、 此連續測量裝置可成功測出外杯水沸騰前與沸騰後粉漿導電度之差異。
- 五、 加熱時的導電度並不是成正比上升，而是呈曲線狀，在糊化完成時電阻又會上升

## 伍、結論

- 一、 傳統麻糬是各式慶典活動招待賓客重要的點心，麻糬主要成份除水之外就是糯米粉。
- 二、 大多數的澱粉液滴入碘液後所呈現的顏色接近紫色且顏色較深，但由於糯米為支鏈澱粉，不管是乾粉型態還是加熱澱粉液與碘液反應之顏色是偏棕色。
- 三、 太白粉、玉米粉及樹薯粉無法結成糰或塑型，糯米加熱後富有彈性，且變得較易透光，高筋麵粉及低筋麵粉在煮前搓成的圓球，在煮後形狀變得不規則；在來米煮了 15 分鐘後仍未浮起，在撈起剖開後發現沒有全熟。粉團中央還有結塊及些許乾粉。
- 四、 在來米粉糰不熟的原因不是受熱型狀面積大小，而是在不同的形狀及粉量下，水分是否充足的問題。由實驗 3-3 可知，當在來米粉在加入 6 倍的水時，是會熟透的。所以在來米本不應由糰狀加熱。可知為何在來米粉不宜為麻糬之原料的原因。
- 五、 高量糖不利糊化，電阻愈大；鹽含量愈低越難糊化電阻值愈小導電度越高，與糖結果不同很有趣。飽和鹼即使加熱了 180 秒，仍未糊化，鹼濃度愈高，其電阻值愈大；酸的濃度愈高，電阻值愈大，且能加速糯米粉液的糊化速度。
- 六、 連續測量裝置可成功測出外杯水沸騰前與沸騰後粉漿導電度之差異。而糊化愈完整，則電阻值愈大，導電度愈小。當在沸水蒸煮時糯米粉漿的導電度快速增加，由此可知糯米粉漿較在來米漿容易糊化。

## 陸、心得

這次我們很幸運地能參加科展活動，這過程很辛苦！尤其是花蓮發生了大地震時，我們冒著危險仍來到學校，咬著牙繼續完成這項工作。寒假及假日幾乎都在實驗室中度過，雖然遇到了許多困難與挑戰，不過在研究中經一番的磨鍊後，習得了該有的科學精神、得到了許多難能可貴的實驗經驗，更重要的是我們體驗到了團隊合作的重要。隨著這個實驗到現在能夠完成這整個作品，真開心。雖然糯米是膠體溶液，有著一定的困難及複雜性，有著結果難量化的問題，我們嘗試以 Arduino 偵測各項實驗數據，克服糊化過程當中，快速變化的問題。在這漫長的研究探索中，因應實驗的需要我們要克服許多像如何由網路資料學習 Arduino 基

本電路、C 語言、使用麵包板及電路接錯時，導致 Arduinoru 電路板發生錯誤找不出程式錯誤等等困難。最後，將所有成果與大家分享時，那真是好有成就感呢。

## 柒、建議

- 一、做完了全部實驗發現光敏、溫敏及導電度三者結果，能有效的探究糯米粉漿糊化。建議下次能克服光敏、溫敏及導電度無法同時測量的困境。
- 二、自製連續測電阻與溫度裝置若能有時間可考慮應用於研究四酸鹼鹽的研究中。

## 捌、參考書目

- 一、食品加工含實習總複習/謝文斌、蘇平齡 編著—初版—臺南市 復文圖書 2008.11。
- 二、中式米食必勝精選/三義編輯小組—一版—臺北市；三義文化 2010.12。
- 三、穀類加工/陳惠添、劉發勇 編著—初版—臺南市 復文圖書 2008.08。
- 四、食品加工/郭文郁、劉發勇、邱宗甫編著—初版—臺南市 復文圖書 2008.11。

## 玖、附件

### 一、電阻測量程式電阻程式

```
const float R = 33000;
const int button = 12;
int buttonState = 1;//
void setup()
{Serial.begin( 9600 );}
void loop()
{buttonState = digitalRead(button);
  if(buttonState == HIGH)
  {for(int i;i<9;i++)
  {Serial.print( "." );
    delay(1000);}
    Serial.print( "," );
    delay(1000); int value =
analogRead( A0 );
float r = ( 1023.0 - value ) / ( value / R );
  Serial.println( r ); }}
```

### 二、溫敏校正--1

```
void setup()
{pinMode(13,OUTPUT);Serial.begin(9600)}
void loop() {digitalWrite(13,HIGH);
  float real_resistance;
  double float_temp,real_temp;
  int resistance = analogRead(A0);
  int temp = analogRead(A1);
  int sensorValue =
0;sensorValue0.000000000000000 =
analogRead(A2); real_resistance = (33 *
(float) resistance) / (1023 - (float)
resistance);float_temp = (double)
temp;real_temp
```

```

=0.0000000000000007225397381420360
*float_temp*float_temp*float_temp*float
*_temp*float_temp*float_temp0.00000000001
9460930696205500000
float_temp*float_temp*float_temp*float_temp
*float_temp+0.0000000211102767808744000
00000
*float_temp*float_temp*float_temp*float_tem
p - 0.00001197983616445300000000000000
*float_temp*float_temp*float_temp+0.003873
760628079330000000000000*float_temp*floa
t_temp
-0.798965152541693000000000000000*float_
temp +
144.9082973011140000000000000000000;

```

### 三、光敏測量程式

光敏程式

```

const int button = 13;
const int sensorPin1 = A0
const int led1 = 12;
int data1 = 0;int data2 = 0;
int data3 = 0; float data4 = 0;
int buttonState = 1;
void setup() {Serial.begin(9600);
pinMode(button, INPUT);
pinMode(led1, OUTPUT); }
void loop() {
buttonState = digitalRead(button);
if (buttonState == HIGH) {
digitalWrite(led1, HIGH);
delay(50);data1=analogRead(sensorPin1)
delay(50); digitalWrite(led1, LOW);
delay(50);digitalWrite(led1, HIGH);
delay(50);//data2 =
analogRead(sensorPin1);
delay(50);//digitalWrite(led1, LOW);
delay(50);digitalWrite(led1, HIGH);
delay(50);//data3=analogRead(sensor

```

```

Pin1);// delay(50);//
digitalWrite(led1, LOW); data4
(data1+data2+data3)/3;
Serial.println(data4); delay(100);

```

### 四、連續測量溫度及電阻測量程式

```

#include "max6675.h"
int thermoDO = 4;
int thermoCS = 5;
int thermoCLK = 6;
MAX6675 thermocouple(thermoCLK,
thermoCS, thermoDO);
int vccPin = 3;
int gndPin = 2;
const float R = 33000;
const int button = 12;//
int buttonState = 1;//
void setup()
{Serial.begin( 9600 );
// use Arduino pins pinMode(vccPin,
OUTPUT); digitalWrite(vccPin, HIGH);
pinMode(gndPin, OUTPUT);
digitalWrite(gndPin,
LOW);Serial.println("MAX6675 test"); //
wait for MAX chip to stabilize delay(500);
}void loop()
{buttonState = digitalRead(button);
buttonState = HIGH ;
if(buttonState == HIGH){// for(int
i;i<9;i++){// Serial.print( "." );//
delay(1000);// }
// Serial.print( "," ); int value =
analogRead( A0 );float r = ( 1023.0 -
value ) /
( valueR );Serial.print( r );Serial.print(",");
Serial.println(thermocouple.readCelsius()
); delay(1000); }}

```