

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(二)科

**第三名**

082918

**拍「板」定案，「條」出健康！**

學校名稱：新竹縣竹北市興隆國民小學

作者：  小六 楊恭守  小六 李澈軒  小六 蘇妍雅  小六 王昀之  小六 黃婷筠	指導老師：  楊淑鈞  徐志宇
---	-----------------------------

關鍵詞：板條、抗性澱粉(Resistant Starch, RS)、澱粉酶(Amylase)

## 摘要

我們嘗試在在來米粉中添加不同種類及比例的澱粉、不同水量，找出接近市售板條軟硬度、抗拉力的製作配方，並使用澱粉酶分解澱粉轉化成葡萄糖的方法，自製 $\alpha$ 澱粉酶檢驗抗性澱粉含量是否受保存條件影響而增加，希望享受美食同時能減少熱量吸收。研究發現在來米粉加入 20%糯米粉，能煮出與市售板條軟硬度、抗拉力最接近的板條，研究中使用的各種澱粉都無法煮出抗拉力與市售板條相當的板條，可能與市售板條的食品添加物有關；將自製板條放入冰箱以 3°C 冷藏 48 小時，就能得到與未經低溫保存板條相比，以自製 $\alpha$ -澱粉酶溶液檢測減少約 10%熱量的板條。

## 壹、研究動機

台灣十大死因中有八項與肥胖有關-包括惡性腫瘤、心臟疾病、腦血管疾病、糖尿病、高血壓性疾病、慢性下呼吸道疾病、腎炎腎病症候群及腎病變、慢性肝病及肝硬化等。除了造成多種慢性疾病，也會增加罹患新冠肺炎風險並增加 3 倍住院風險，根據美國調查因新冠肺炎住院的患者中，有 48.8%需要入住加護病房，而肥胖住院者較健康體位住院者多 2 倍死亡率。減少熱量攝取是最基本且直接的方法，攝取抗性澱粉就是常被採用的方法，既能滿足食欲也能減少熱量攝取，我們嘗試自製新竹的客家美食-板條，並利用低溫保存的方式增加抗性澱粉，希望享受美食也能享瘦。

## 貳、研究目的

- 一、瞭解市售板條的特性：測量市售板條厚度、硬度、抗拉力  
(實驗一：測量市售板條的硬度與抗拉力)
- 二、探討添加水量與澱粉比例對板條硬度的關係  
(實驗二：研究添加水量與板條硬度的關係 (操縱變因：澱粉和水的比例))
- 三、探討在來米粉添加澱粉種類、比例對板條硬度的影響  
(實驗三：研究在來米粉添加澱粉種類、比例對板條硬度的影響)
- 四、探討在來米粉添加澱粉種類、比例對板條抗拉力的影響  
(實驗四：研究在來米粉添加澱粉種類、比例對板條抗拉力的影響)
- 五、製作檢測試劑： $\alpha$ -澱粉酶溶液  
(實驗五：自製 $\alpha$ -澱粉酶溶液)
- 六、探討自製板條生成第三類 (RS3) 抗性澱粉的環境條件  
(實驗六：測量降溫「速度」(耗時)與 (RS3) 抗性澱粉生成的關係)  
(實驗七：測量降溫「次數」與 (RS3) 抗性澱粉生成的關係)  
(實驗八：測量保存「溫度」與 (RS3) 抗性澱粉生成的關係)  
(實驗九：測量低溫保存「時間」與 (RS3) 抗性澱粉生成的關係)

## 參、研究設備及器材

### 一、器材準備與製作：

- (一) 器材：小燒杯、滴管、燒杯、溫度計、攪拌棒、針筒、電子秤、水槽、六孔插座、湯匙、舒肥機、糖度計 (Brix)、相機、標籤機、烘箱、卡式爐、冰箱。
- (二) 材料：高筋麵粉、中筋麵粉、低筋麵粉、樹薯粉、糯米粉、地瓜粉、玉米粉、在來米粉、馬鈴薯粉。
- (三) 試劑：優碘、自製  $\alpha$ -澱粉酶。
- (四) 耗材：濾紙、標籤紙、瓦斯罐。



烤盤專用油(噴霧式)



糖度計



蒸鍋



溫度計



恆溫水浴槽



電磁爐



電子秤(小數1位)



優碘



舒肥機(水浴槽)



輪軸實驗器材



不鏽鋼圓盤、方盤



卡式爐



冰箱(降溫實驗)



烘箱



自製硬度計



自製  $\alpha$ -澱粉酶溶液



各種澱粉



標籤機



市售板條



自製硬度計湯匙指針

## 肆、研究過程及方法

### 一、文獻探討

#### (一) 板條：

客家人將用「米」磨成漿製成的米食通稱為「板」，而板條就是將在來米磨成漿後蒸熟的「板」切成條狀，再加以烹煮的食物，因為客家人稱長條狀的東西為「板」，便有了「板條」的俗寫。新竹新埔與高雄美濃並列為客家板條美食的重鎮，有「北新埔、南美濃」之稱；新埔板條大多以純米漿製作，因為不加粉，吃起來滑嫩Q彈且比較容易斷；而美濃板條多會於糯米粉中混入少許太白粉或番薯粉，口感較有嚼勁，各有獨特風味，都是客家的傳統好味道。

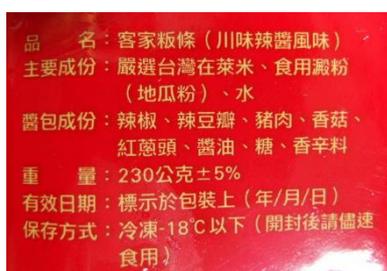


圖 4-1-1 市售板條成份-1

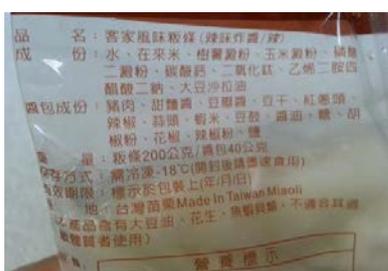


圖 4-1-2 市售板條成份-2



圖 4-1-3 市售板條成份-3



圖 4-1-4 市售板條成份-4



圖 4-1-5 市售板條成份-5

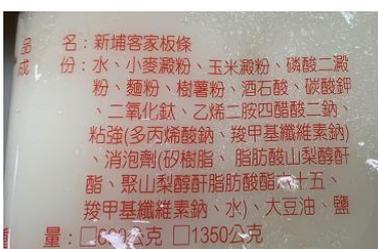


圖 4-1-6 市售板條成份-6



圖 4-1-7 新埔老街地圖

#### 學習心得：

板條多是以在來米粉作為主要澱粉，再加入玉米粉、地瓜粉、樹薯粉、麵粉、馬鈴薯粉...等副原料，有些市售板條成品還會加入三種以上的澱粉副原料，我們想做出和市售板條特性相近的板條，可以先買一份測試軟硬度、抗拉力，這樣就有模仿的目標。

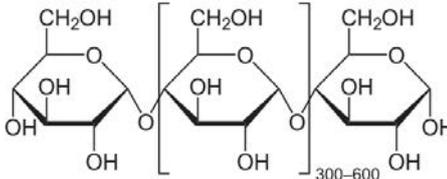
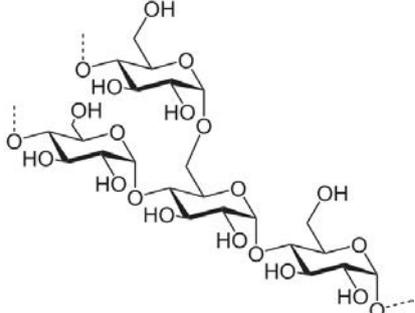
實際走訪新埔老街訪談，發現老街的板條店使用的板條都是同一家食品行製作，只有各家調味肉燥、醬料還是遵循古法，但店裡還有保留舊時炊煮器具，在特定時節還會以手工製作板條。

## (二) 澱粉 (Amylum) :

澱粉是由葡萄糖單元組成的聚合碳水化合物，是綠色植物貯存能量的一種方式，也是人類飲食中最常見的碳水化合物；作為主食，澱粉佔人類。熱量來源的 50-55%。

胰液的  $\alpha$ -澱粉酶，稱胰澱粉酶，可使澱粉變成麥芽糖、麥芽三糖、異麥芽糖、 $\alpha$ -臨界糊精及少量葡萄糖等。澱粉在口腔及腸腔中消化後的上述各種中間產物，可以在小腸黏膜上皮細胞表面進一步徹底消化，最後消化成大量的葡萄糖及少量的果糖及半乳糖。

表 4-1-1 直鏈澱粉與支鏈澱粉比較表 (自行整理資料)

	直鏈澱粉 (糖澱粉)	支鏈澱粉 (膠澱粉)
構造		
天然澱粉中比例	約占 20%	約占 80%
特徵	直鏈澱粉的水解作用比支鏈澱粉緩慢	支鏈澱粉擁有更多的末端，所以水解速度較快，有較好的抗老化能力
檢驗方法	直鏈澱粉遇碘呈藍色	與碘作用產生紅紫色

### 學習心得：

澱粉是主食 (五穀根莖類) 的主要成份，是最主要的熱量來源， $\alpha$ -澱粉酶是消化澱粉的酵素；可以用  $\alpha$ -澱粉酶檢測澱粉是否容易被消化，來判斷抗性澱粉的多寡；製作  $\alpha$ -澱粉酶溶液時，可以用碘酒檢測是否還有剩餘澱粉。

## (三) 白利糖度 (Degrees Brix) :

糖度即蔗糖的質量分數。在現實使用中，糖度一般通過測量比重查表得出。基於使用的比重表格不同，有 Balling 糖度、白利糖度 (Degrees Brix, °Bx)、Plato 糖度 (°P) 三種；白利糖度是測量糖度的單位，代表在 20°C 情況下，每 100 克水溶液中溶解的蔗糖克數。測量的原理是因為溶解在水中的大分子會改變液體的濃度和折射率，依照偏折程度的大小來計算甜度。

許多溶於水的化合物都不是蔗糖。不過這些物質不是和蔗糖物理性質類似 (如葡萄糖、果糖)，就是所占比例很小 (如礦物質、單寧酸等)。因此 °Bx 雖然不能準確代表果汁或黑麥汁的糖度，不過還是能用來提供相對糖度的比較。

### 學習心得：

白利糖度計不能準確測量出溶液中麥芽糖和葡萄糖的濃度（重量百分濃度），但可以從測得的白利糖度看出濃度變化，用白利糖度計測量澱粉在水中分解情形比使用本氏液簡便快速，而且能量化濃度。

單看溶液的白利糖度意義不大，但如果能比較經過不同方式處理後的澱粉製品被澱粉酶分解後的白利糖度，就能間接瞭解抗性澱粉增加的情況。

### （五）碘（Iodine）：

碘遇澱粉，會產生歧化反應，生成物呈藍色，由此驗證澱粉的存在。直鏈澱粉遇碘呈藍色，支鏈澱粉遇碘呈紫紅色。

學習心得：在製備  $\alpha$ -澱粉酶溶液時，可以用碘檢查是否有未分解的澱粉。

### （四）澱粉酶（Amylase）：

澱粉酶是一種水解酶，一般作用於可溶性澱粉、直鏈澱粉。根據作用的方式可分為可分為  $\alpha$ -澱粉酶與  $\beta$ -澱粉酶。種子發芽時要利用胚乳中的澱粉，所以種子來源的澱粉中都會含有澱粉酶。

表 4-1-2  $\alpha$ -澱粉酶與  $\beta$ -澱粉酶比較表（自行整理資料）

	$\alpha$ -澱粉酶（液化酵素）	$\beta$ -澱粉酶（糖化酵素）
溫度影響	93~95°C 仍能保持足夠高的活性	70°C 以上一般均會失去活性，最適作用溫度視來源差異大。
酸鹼值影響	$\alpha$ -澱粉酶最適 pH 值在 4.5~7.0 之間，當 pH 值低於 4 時，活性顯著下降，而超過 5 時，活性緩慢下降。	可耐酸， $\beta$ -澱粉酶和 $\alpha$ -澱粉酶的最適 pH 值範圍基本相同，一般均在 5.0~6.5 左右，將麥芽汁調節 pH 值為 3.6，在 0°C 下可使 $\alpha$ -澱粉酶失去活力，而餘下 $\beta$ -澱粉酶。
產物	分解直鏈澱粉時以麥芽糖為主及少量葡萄糖。 分解支鏈澱粉時，除麥芽糖、葡萄糖外，還生成極限糊精。	對直鏈澱粉能完全分解得到麥芽糖和少量的葡萄糖。 作用於支鏈澱粉生成分子量較大的極限糊精
來源	動物（唾液、胰臟等）、植物	廣佈於植物界如未發芽的大麥、小麥、燕麥、大豆、甘藷等中。也有在細菌、牛乳、黴菌中存在。
其他	<b>動物只有 <math>\alpha</math>-澱粉酶(人類只有 <math>\alpha</math>-澱粉酶)</b>	

### 學習心得：

參考表 4-1-2 使  $\alpha$ -澱粉酶失去活性的方法，我們也可以嘗試以高溫讓  $\beta$ -澱粉酶失去活性，就能從種子澱粉中得到  $\alpha$ -澱粉酶，有性質穩定且大量的  $\alpha$ -澱粉酶，就能方便檢驗抗性澱粉了。

## (六) 抗性澱粉(Resistant starch, RS)：

抗性澱粉 (resistant starch, RS) 被定義為人體上消化道 (胃和小腸) 不能消化吸收的澱粉組分(Asp, Bjorck et al. 1987)。會比較完整地進入大腸，被大腸內菌叢發酵成短鏈脂肪酸，其功能類似膳食纖維。大腸菌群中喜歡澱粉的品種會因為「食物充足」而成為優勢菌群。這些菌所產生的丁酸等短鏈脂肪酸，對人體維持健康的腸道環境，預防高血脂和腸癌等，都是有益的。因人體無法消化，故無熱量，但卻具飽足感，有助於維持血糖穩定。抗性澱粉生成與分類：

- 1.第一類 (RS1)：澱粉消化酵素無法接近的澱粉。被包埋於食物基質中，或受蛋白質成份遮蔽，致澱粉酵素無法作用。
- 2.第二類 (RS2)：具抗性的天然澱粉顆粒(含未糊化之澱粉粒)。存在生馬鈴薯、青香蕉、高直鏈玉米澱粉中。
- 3.第三類 (RS3)：為回凝澱粉，存在煮熟放冷之粉條、麵包等的老化澱粉中。常作為商業生產抗性澱粉的方法。
- 4.第四類 (RS4)：為經化學修飾或熱處理的澱粉產品。

### 學習心得：

原來抗性澱粉除了能減少熱量攝取，還能維持健康腸道環境，預防高血脂和腸癌，真是太棒了；生成抗性澱粉的關鍵在降溫，我們可以設計實驗找出抗性澱粉生成的條件。抗性澱粉較不易被分解，可以用澱粉酶分解澱粉的效果來檢查抗性澱粉是否有增加，澱粉被分解成糖的量越少，表示抗性澱粉的含量就越高。

## (七) 硬度：

硬度指「固體材料抗拒永久形變的特性」。材料局部抵抗硬物壓入其表面的能力稱為硬度。三種主要的硬度定義方式包括：刻劃硬度 (Scratch hardness)、壓入硬度 (Indentation hardness)、回彈硬度 (Rebound hardness, 動態硬度 dynamic hardness, 或絕對硬度)。

學習心得：軟硬度是粉條的重要特性，可以設計用「壓入硬度」概念測量硬度的儀器。

## (八) 能提升澱粉製品彈性的食品添加物

- 1.磷酸二澱粉：磷酸二澱粉屬「修飾澱粉」又稱為化學澱粉，主要是將天然澱粉以物理方式或加入磷酸鹽等化學物質處理，改變結構，可以耐高低溫，有 Q 彈性、不易斷裂，提升澱粉的穩定性。合法的「食用修飾澱粉」，身體通常會自然代謝掉，不會對人體造成傷害，但有些人修飾澱粉吃多了，會易出現脹氣、消化不良的狀況。
- 2.羧甲基纖維素鈉：羧甲基纖維素鈉用途非常廣泛，比如經常使用的乳化劑，還經常被當成增稠劑來使用，羧甲基纖維素鈉的毒性非常小。國際標準的安全攝入量(ADI)是 25mg/(kg·d)，是良好的乳化穩定劑、增稠劑，而且具有優異的凍結、融化穩定性，

並能提高產品的風味，延長貯藏時間安全可靠，聯合國糧農組織(FAO)和世界衛生組織(WHO)已正式稱它為“改性纖維素”。

**3.多丙烯酸鈉（聚丙烯酸鈉）：**聚丙烯酸鈉（Sodium polyacrylate, SP）是美國 FDA、日本厚生省等批准使用的食品添加劑，國外從上世紀六十年代就開始將聚丙烯酸鈉用於多種食品的增稠、增筋和保鮮等。是一種具有親水基團的高分子化合物，白色粉末、無臭無味。吸溼性極強，遇水膨脹，緩慢溶於水形成極粘稠的透明溶液，0.2%溶液的粘度約為 400cp，粘度約為羧甲基纖維素鈉(CMC)、海藻酸鈉的 15~20 倍。在麵粉中添加聚丙烯酸鈉，能增強原料麵粉中的蛋白質粘結力，使澱粉粒子相互結合，分散滲透至蛋白質的網狀結構中，形成質地緻密的麵團，表面光滑且具有光澤，形成穩定的麵團膠體，防止可溶性澱粉滲出，提高麵團的延展性，減少凍裂。

**4.碳酸鉀：**碳酸鉀，鹼性比碳酸鈉強、溶解度高，但作用緩慢，持續時間長，能使麵條在蒸煮使產生特殊的風味和淡黃色，麵條不易褐變，煮熟的麵條有韌性 透明度好，一般製麵企業都是碳酸鈉和碳酸鉀複配使用。食用鹼和食鹽對麵筋有相似的作用也能收斂麵筋質，鹼的作用能使麵條彈性更大，但在提高拉伸性方面比鹽的作用差。因食用鹼的鹼性作用，能使麵條出現淡黃色，能使麵條產生一種特有的鹼性風味（熱乾麵即是例子）吃起來比較爽口不粘黏煮製時不渾湯。能使麵條延長擱置時間不容易酸敗變質。

品名：羧甲基纖維素鈉 (CMC3285)
英文名：SODIUM CARBOXYMETHYL CELLULOSE
成分：羧甲基纖維素鈉
用途：食品添加劑-粘稠劑
劑型：結晶性粉末
原產地：荷蘭
保存期限：三年
使用限制：限於食品製造或加工必須時使用。
商品特性及說明：
1. 是一種粉末狀物質，很容易溶解在水中且冷水熱水都易溶，粘性會因為溫度的上升而下降，本品具有粘合、增稠、增強、乳化、保水、懸浮等作用。
2. CMC在食品應用中不僅是良好的乳化劑、穩定劑、增稠劑，而且具有優異的凍結、溶化穩定性，並能提高產品的風味，延長貯藏時間可形成性能穩定的乳化分散液，特別是對動、植物油、蛋白質與水溶液的乳化性能極為優異，能使其形成性能穩定的勻質乳液。
使用前請事先依照食品添加劑使用範圍及限量，秤取適當的用量添加使用。

圖 4-1-7.羧甲基纖維素鈉資料

品名：多丙烯酸鈉
英文名：SODIUM POLYACRYLATE
成分：多丙烯酸鈉
用途：食品添加劑-粘稠劑(糊料)
劑型：粉劑
原產地：日本
保存期限：二年
使用食品範圍及限量：本品可使用於各類食品中視實際需要適量使用。
商品特性及說明：為白色粉末或顆粒，無味無水膨脹，吸溼性極強具有親水和疏水基團的高分子化合物，緩慢溶於水形成極粘稠的透明液體，食品級多丙烯酸鈉的用途如下。
1. 增強厚料麵粉中的蛋白質結合力。
2. 使澱粉粒子相互結合可分散滲透至蛋白質的網狀結構中。
3. 形成質地緻密的麵團讓表面光澤且具有光澤。
4. 形成穩定的麵團防止可溶性澱粉滲出。
5. 保水性強使水分均勻保持於麵團中防止乾燥效果明顯。
6. 強化提高麵團的延展性。
7. 使厚料中的澱粉成分穩定、分散至麵團中。
使用前請事先依照食品添加劑使用範圍及限量，秤取適當的用量添加使用。
使用食品範圍及限量：本品可使用於各類食品；用量為2.0g/kg 以下。

圖 4-1-8 多丙烯酸鈉資料

品名：乙醯化磷酸二澱粉
英文名：ACETYLATED DISTARCH PHOSPHATE
用途：食品添加劑-粘稠劑(糊料)
劑型：粉狀
原產地：泰國
保存期限：二年
使用食品範圍及限量：本品可使用於各類食品中視實際需要適量使用。
商品特性及說明：
冷凍-解凍穩定性、清澈度、耐高溫、增加酸的穩定性。在受歡迎的加工食品上如發酵乳品、醬油、蕃茄醬、湯、肉汁、布丁、果凍、火腿及香腸、罐頭食品與冷凍調理食品皆可。其特性為：透明度高、提高低溫穩定性、澱粉吸水率高。使用前請事先依照食品添加劑使用範圍及限量，秤取適當的用量添加使用。

圖 4-1-9 磷酸二澱粉資料

## 二、研究流程圖

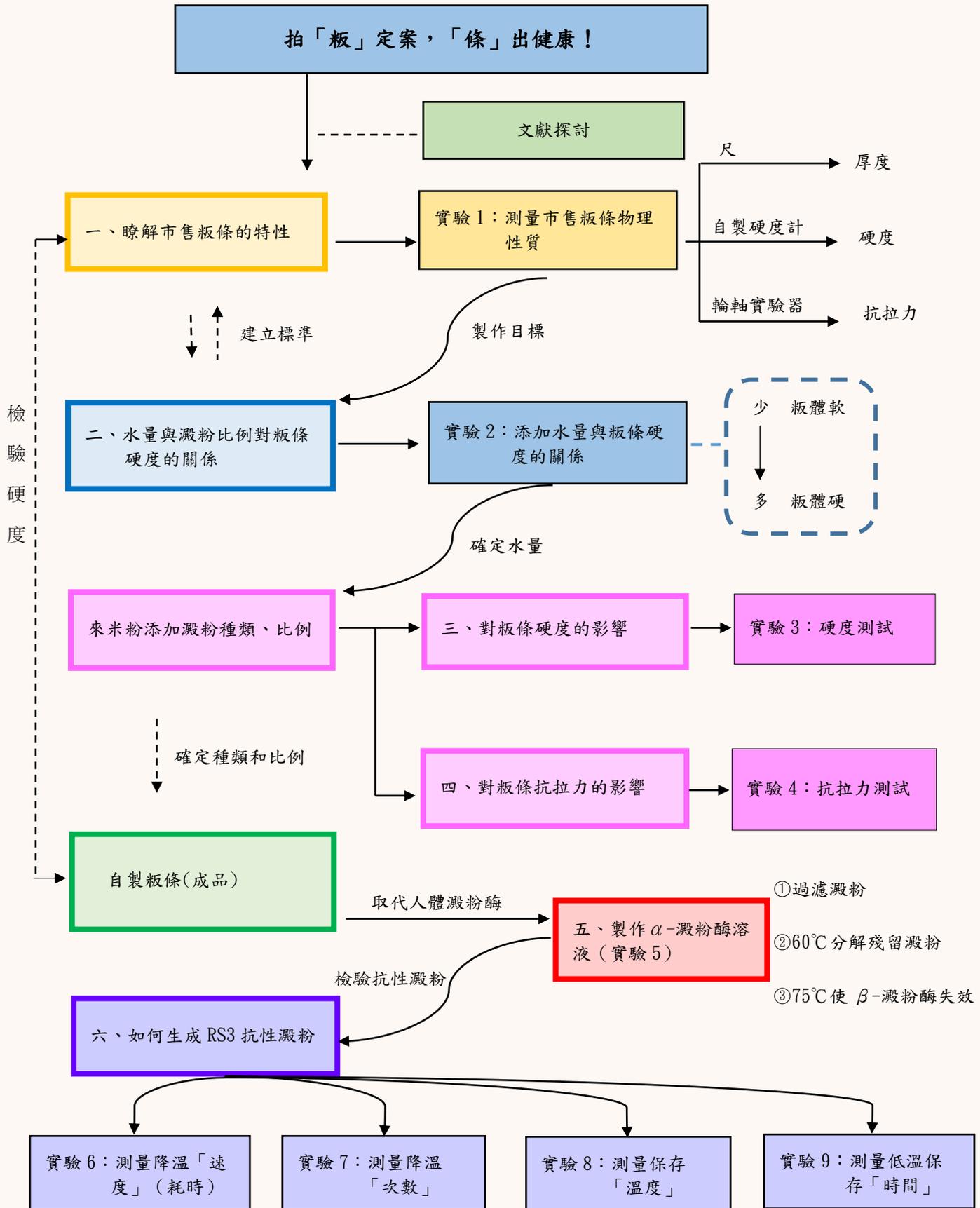


圖 4-2-1 研究流程圖

### 三、準備工作：

#### (一) 自製硬度計：

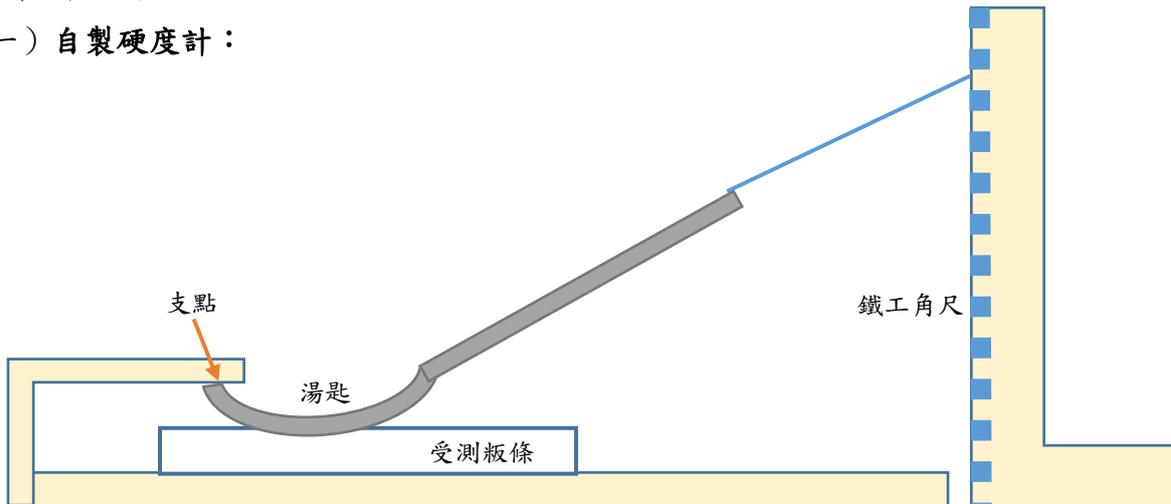


圖 4-3-1 自製硬度計示意圖

#### (二) 組裝輪軸實驗器

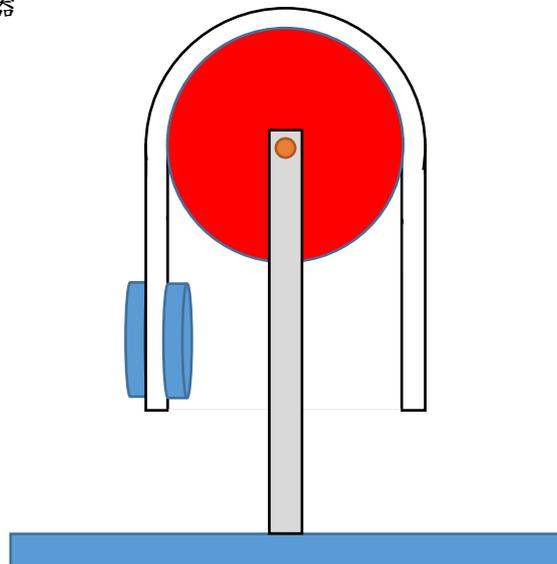


圖 4-3-2 以輪軸實驗器材測量板條抗拉力示意圖

#### (三) 試劑秤量：以電子秤秤重，秤重前先放上底紙歸零（各種澱粉）。

### 四、實驗設計步驟說明：

#### 實驗一：測量市售板條的硬度與抗拉力

(一) 實驗說明：我們想做出與市售板條厚度、軟硬度、抗拉力相近的板條，所以先買來實際測試，有了市售板條的厚度、軟硬度、抗拉力數據，就能以此為標準，嘗試用各種澱粉以不同比例製作相似的板條。

(二) 器材準備及設定：購買市售板條，裁切適當尺寸，製作硬度計，組裝輪軸實驗器材。

(三) 實驗操作：

1、厚度測量：將市售切成  $2\text{cm} \times 2\text{cm}$  方形，相疊 10 片，以鐵工角尺測量厚度 10 層的板條厚度，再除以 10 作為測量值。

2、硬度測量：以自製硬度計測量，以針尖在鐵工角尺的刻度值（單位：cm）表示硬度，數值越大表示硬度越高。第一次以小塑膠湯匙測量（記錄受力較小時的刻度），第二次以不銹鋼湯匙測量，取針尖刻度數值代表硬度，第三次再以小塑膠湯匙測量，檢查版條在第二次測量後受壓變形是否有復原。

3、抗拉力測量：以輪軸實驗器材測量，測試 1.5cm 寬度的版條承受多少自身重量拉力時會斷裂掉落，將掉落部分以電子秤稱重，作為版條的抗拉力值，版條自身重量不足時以圓形磁鐵加重。

（四）讀取數據及處理：數據輸入 Excel 製成圖表呈現。



圖 4-4-1 裁切市售版條



圖 4-4-2 疊 10 層後測量厚度

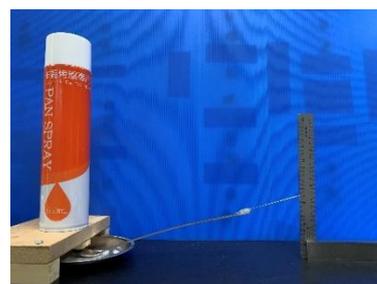


圖 4-4-3 以自製硬度計測量



圖 4-4-4 市售版條裁成條狀



圖 4-4-5 以輪軸實驗器測抗拉力

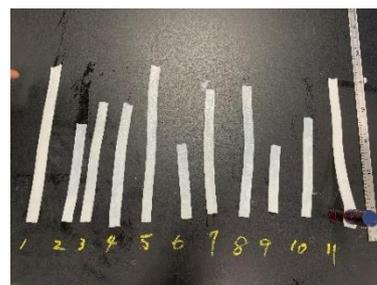


圖 4-4-6 斷裂掉落的版條

## 實驗二：研究添加水量與版條硬度的關係（操縱變因：澱粉和水的比例）

（一）實驗說明：依照網路查詢普遍的版條製作配方的水量比例（在來米粉 100g、玉米粉 25g、水 250g）為參考標準（澱粉：水=1：2），以在來米粉為主原料、玉米粉為副原料，測探討不同水量（混合澱粉 20g 時，水 30、35、40、45、50、55g）與版條硬度的關係。

（二）器材準備及設定：

- 1、模型準備：測量模具加至水深 2.2mm 時的水量，作為版條製作時澱粉漿的添加量。
- 2、調製粉漿：在燒杯中量秤冷水 30、35、40、45、50、55g，混合澱粉 125g 取 20g 六份，分別加入冷水中攪拌均勻，依製作 2.2mm 厚版條粉漿份量（體積， $\text{cm}^3$ ）倒入模具。
- 3、蒸煮版條：將模具連漿放入鍋中沸水上，蒸煮 3 分鐘，開蓋後立刻在版條上噴食用油並塗抹均勻，避免乾裂。

（三）實驗操作：同實驗一的硬度測量方式。

(四) 讀取數據及處理：數據輸入 Excel 製成圖表呈現。

表 4-4-1 版條製作配方表

混合粉	在來米粉 100g、玉米粉 25g 攪拌均勻					
取混合粉	20g	20g	20g	20g	20g	20g
水	30g	35g	40g	45g	50g	55g
粉水比例	4:6	4:7	4:8	4:9	4:10	4:11
攪拌均勻取澱粉水 29.8cm <sup>3</sup>						



圖 4-4-7 測量 2.2mm 厚度水量

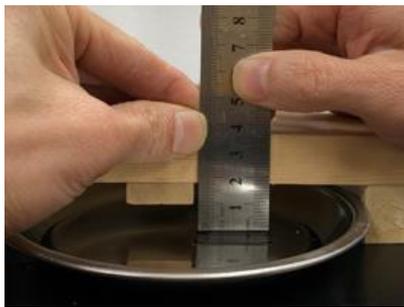


圖 4-4-8 測出 2.2mm 厚度水量後秤重



圖 4-4-9 計算並列出混合比例

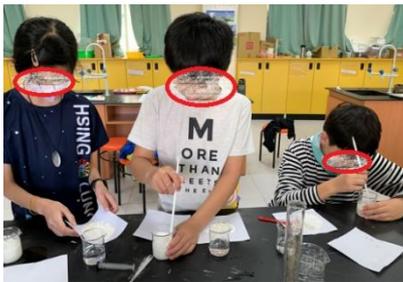


圖 4-4-10 調製混合澱粉

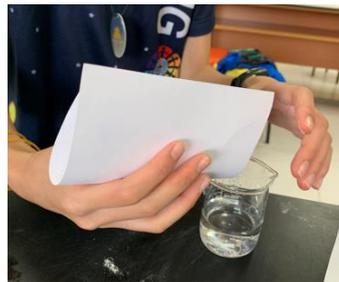


圖 4-4-11 混合澱粉加入水中



圖 4-4-12 澱粉與水攪拌均勻



圖 4-4-13 確認蒸籠是否水平



圖 4-4-14 蒸熟的版條



圖 4-4-15 受熱不均的紋路



圖 4-4-16 改用較平的容器



圖 4-4-17 改用較大的鍋子



圖 4-4-18 容器浮在水面蒸煮

### 實驗三：研究在來米粉添加澱粉種類、比例對板條硬度的影響

#### (一) 實驗說明：

- 1、依照網路查詢普遍的板條製作配方的水量比例（在來米粉 100g、玉米粉 25g、水 250g）為參考標準。以在來米粉為主原料、玉米粉為副原料，探討不同副原料、主副原料比例（0:5、1:4、2:3、3:2、4:1、5:0）與板條硬度的關係。
- 2、經過實驗二發現，澱粉與水的比例為 1:2 時，最接近市售板條的硬度。所以在本次實驗中澱粉與水的比例為=(主原料+副原料):水=1:2

表 4-4-2 板條製作配方表

主原料	在來米粉	25g	20g	15g	10g	5g	0g
副原料	樹薯粉、糯米粉、玉米粉、馬鈴薯粉、地瓜粉、低筋麵粉、中筋麵粉、高筋麵粉	0g	5g	10g	15g	20g	25g
主副原料比例		5:0	4:1	3:2	2:3	1:4	0:5
水		50g					
攪拌均勻取澱粉水 29.8cm <sup>3</sup>							

#### (二) 器材準備及設定：

- 1、模型準備：測量模具加至水深 2.2mm 時的水量，作為板條製作時澱粉漿的添加量。
- 2、調製粉漿：如表 4-4-2 板條製作配方表。
- 3、蒸煮板條：將模具連漿放入鍋中沸水上，蒸煮 3 分鐘，開蓋後立刻在板條上噴食用油並塗抹均勻，避免乾裂。

#### (三) 實驗操作：同實驗一的硬度測量方式。

#### (四) 讀取數據及處理：數據輸入 Excel 製成圖表呈現。



圖 4-4-19 作為副原料的澱粉



圖 4-4-20 調配澱粉原料



圖 4-4-21 澱粉漿放水鍋內



圖 4-4-22 以自製軟硬度計測量



圖 4-4-23 以針尖在尺上刻度代表硬度



圖 4-4-24 測試後自模具取出的板條

#### 實驗四：研究在來米粉添加澱粉種類、比例對板條抗拉力的影響

(一) 實驗說明：為了避免測量抗拉力時，將板條夾斷，所以選用輪軸實驗器材測量，測量板條懸掛多長時會被自身重量拉斷，所以受測板條長度要比較長，不能再用實驗一、二使用的圓形模具製作板條，改用較長(16cm x 20cm)的蒸盤製作；因為研究目標是要做出特性和市售板條接近的板條，所以取實驗二中特性(軟硬度、基本彈性)與市售板條接近的副原料澱粉種類和主副原料比例做實驗三。

表 4-4-3 板條製作配方表

	一	二	三	四	五	六
主原料	在來米粉 10g	在來米粉 40g	在來米粉 30g	在來米粉 30g	在來米粉 30g	在來米粉 40g
副原料	樹薯粉 40g	糯米粉 10g	玉米粉 20g	地瓜粉 20g	中筋麵粉 20g	高筋麵粉 10g
水	100g	100g	100g	100g	100g	100g
攪拌均勻取澱粉水 69.2cm <sup>3</sup>						

(二) 器材準備及設定：

- 1、模型準備：以 16cm x 20cm 蒸盤作為模具，測量模具加至水深 2.2mm 時的水量，作為板條製作時澱粉漿的添加量 (69.2cm<sup>3</sup>)。
- 2、調製粉漿：如配方表
- 3、蒸煮板條：將模具連漿放入鍋中沸水上，蒸煮 3 分鐘，開蓋後立刻在板條抹上食用油，避免乾裂。
- 4、板條切成條狀：切成 1.5cm 寬條狀。

(三) 實驗操作：依照實驗一抗拉力測量。以輪軸實驗器材測量板條抗拉力。

(四) 讀取數據及處理：數據輸入 Excel 製成圖表呈現。



圖 4-4-25 製作好的板條



圖 4-4-26 切成 1.5 公分長條



圖 4-4-27 使用輪軸實驗器測試

## 實驗五：自製 $\alpha$ -澱粉酶溶液

### (一) 實驗說明：

- 1、為了取得  $\alpha$ -澱粉酶（動物只有  $\alpha$ -澱粉酶，植物種子含有  $\alpha$ -澱粉酶和  $\beta$ -澱粉酶），方便檢測 (RS3) 抗性澱粉的生成情況，要將種子澱粉含有的澱粉完全分解，再使  $\beta$ -澱粉酶失去活性（加熱至  $75^{\circ}\text{C}$ ），以「高筋麵粉」作為製備  $\alpha$ -澱粉酶的原料。

### (二) 器材準備及設定：

- 1、水浴設備：控制水溫在  $60^{\circ}\text{C}$ 、 $75^{\circ}\text{C}$ 。
- 2、試劑秤重：高筋麵粉秤重 200 公克，燒杯加入逆滲透純水 500.0ml 備用。

### (三) 操作方式：

- 1、步驟一：**去除澱粉**。將高筋麵粉 100 公克，加入燒杯 500.0ml 純水中充份攪拌，在常溫下靜置 2 小時待澱粉沉澱，以濾紙過濾上層澄清溶液去除澱粉顆粒，濾得溶液置於  $60^{\circ}\text{C}$  水浴槽中，每隔 1 小時吸取麵粉水，滴一滴在小碟子上，再滴一滴優碘，檢驗澱粉是否完全被分解，反應至澱粉水檢驗不出澱粉為止。
- 2、步驟二：**消除  $\beta$ -澱粉酶活性**。將步驟 1 澱粉完全分解的溶液連燒杯置於  $75^{\circ}\text{C}$  水浴槽 30 分鐘，使  $\beta$ -澱粉酶在高溫下失去活性。完成  $\alpha$ -澱粉酶溶液製備用於檢驗抗性澱粉。



圖 4-4-28 過濾澱粉水



圖 4-4-29 在  $60^{\circ}\text{C}$  水浴槽分解澱粉



圖 4-4-30 定時檢查殘餘澱粉



圖 4-4-31 無殘留澱粉



圖 4-4-32 在  $75^{\circ}\text{C}$  水浴槽去  $\beta$ -澱粉酶活性



圖 4-4-33 完成的  $\alpha$ -澱粉酶

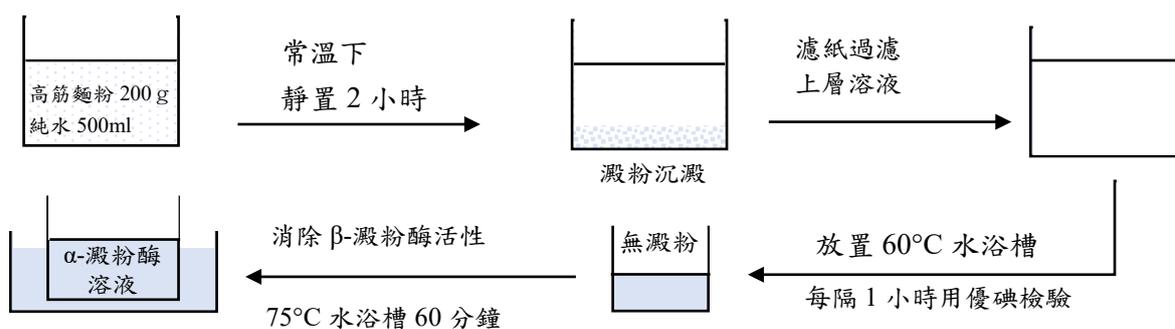


圖 4-4-34 製備  $\alpha$ -澱粉酶溶液流程圖

## 實驗六：測量降溫「速度」(耗時)與(RS3)抗性澱粉生成的關係

(一) 實驗說明：以自製  $\alpha$ -澱粉酶溶液檢驗降溫後(以不同方式保溫, 同樣降溫至  $10^{\circ}\text{C}$ ) 版條飯生成抗性澱粉(RS3)的情形, 反應後白利糖度越高, 表示生成的抗性澱粉(RS3)越少。

(二) 器材準備及設定：

- 1、水浴設備：控制水溫在  $50^{\circ}\text{C}$ 。
- 2、試劑準備：以針筒吸取自製  $\alpha$ -澱粉酶溶液 20ml 備用。
- 3、版條製作：以糯米粉 20%、在來米粉 80%、粉水比例 1:2 配方製作**五份**版條, 出爐時直接加水防止乾裂(不加油保溼, 以免油脂影響澱粉酶分解澱粉)。
- 4、版條切塊：在水中以美工刀組將版條以垂直方向各切一次後瀝乾, 得到 100 塊  $5\text{mm}\times 5\text{mm}$  版條放入燒杯, 以保鮮膜封住杯口防止水份蒸發。
- 5、降溫：將 K 型電熱偶感溫線插入燒杯版條中, 保鮮膜封口, 放入冰箱冷藏室降溫至  $10^{\circ}\text{C}$  即完成一次降溫過程, **五份**版條中以「不降溫」、「不保溫」、「保麗龍盒」、「包毛巾+收納罐」、「包濕熱毛巾+收納罐+紙盒」五種方式。其中後四種放入冰箱冷藏室降溫至  $10^{\circ}\text{C}$ 。透過 K 型電熱偶感溫線以溫度計監看溫度, 冷藏室以小電扇保持空氣流動, 使每份版條周圍溫度均勻。
- 6、實驗操作：不降溫版條直接放入水浴槽, 溫度保持  $50^{\circ}\text{C}$ , 加入 20ml 自製  $\alpha$ -澱粉酶溶液, 傾斜搖晃使  $\alpha$ -澱粉酶溶液均勻滲入版條縫隙, 每 20 分鐘傾斜搖晃, 反應至 2 小時吸取澱粉水過濾以 Brix 測量, 其餘降溫完成(降溫至  $10^{\circ}\text{C}$ ) 的版條立即取出, 測量方式與「不降溫」版條相同。

(四) 讀取數據及處理：數據輸入 Excel 製成圖表呈現。



圖 4-4-35 實驗前在黑板上演練



圖 4-4-36 放入不同保溫裝置



圖 4-4-37 放置在冰箱中



圖 4-4-38 將版條切成塊狀



圖 4-4-39 放入冰箱追縱溫度變化



圖 4-4-40 加入  $\alpha$ -澱粉酶反應

## 實驗七：測量降溫「次數」與 (RS3) 抗性澱粉生成的關係

(一) 實驗說明：以自製  $\alpha$ -澱粉酶溶液檢驗不同降溫次數後（以不保溫方式同樣降溫至  $10^{\circ}\text{C}$ ），版條生成抗性澱粉 (RS3) 的情形，反應後白利糖度越高，表示生成的抗性澱粉 (RS3) 越少。

(二) 器材準備及設定

1、水浴設備：控制水溫在  $50^{\circ}\text{C}$ 。

2、實驗準備：以針筒吸取自製  $\alpha$ -澱粉酶溶液 20ml 備用。

3、版條製作：以糯米粉 20%、在來米粉 80%、粉水比例 1:2 配方製作七份版條，出爐時直接加水防止乾裂（不加油保溼，以免油脂影響澱粉酶分解澱粉）。

4、版條切塊：在水中以美工刀組將版條以垂直方向各切一次後瀝乾，得到 100 塊  $5\text{mm}\times 5\text{mm}$  版條放入燒杯，以保鮮膜封住杯口防止水份蒸發。

5、降溫：將 K 型電熱偶感溫線插入燒杯版條中，保鮮膜封口，放入冰箱冷藏室降溫至  $10^{\circ}\text{C}$  即完成一次降溫過程，七份版條中一份不降溫，其餘分別完成一至六次降溫。

(三) 實驗操作：同實驗六。

(四) 讀取數據及處理：數據輸入 Excel 製成圖表呈現。



圖 4-4-41 蒸煮版條



圖 4-4-42 在冷藏室降溫



圖 4-4-43 持續檢查溫度



圖 4-4-44 測量 brix

## 實驗八：測量保存「溫度」與 (RS3) 抗性澱粉生成的關係。

(一) 實驗說明：以自製  $\alpha$ -澱粉酶溶液檢驗不同保存溫度下（同樣保存 24 小時），版條生成抗性澱粉 (RS3) 的情形，反應後白利糖度越高，表示生成的抗性澱粉 (RS3) 越少。

(二) 器材準備及設定：

1、水浴設備：控制水溫在  $50^{\circ}\text{C}$ 。

2、試劑準備：以針筒吸取自製  $\alpha$ -澱粉酶溶液 20ml 備用。

3、版條製作：同實驗四製作四份版條，出爐時直接加水防止乾裂。

4、版條切塊：在水中以美工刀組將版條以垂直方向各切一次後瀝乾，得到 100 塊  $5\text{mm}\times 5\text{mm}$  版條放入燒杯，以保鮮膜封住杯口防止水份蒸發。

5、降溫：將 K 型電熱偶感溫線插入燒杯版條中，保鮮膜封口，分別放在水浴槽保溫（約  $40^{\circ}\text{C}$ ），室溫下（約  $16^{\circ}\text{C}$ ）、冰箱冷藏室（約  $3^{\circ}\text{C}$ ）靜置 24 小時。

(三) 實驗操作：同實驗六。

(四) 讀取數據及處理：數據輸入 Excel 製成圖表呈現。



圖 4-4-45 本次實驗的器材



圖 4-4-46 四種保存溫度



圖 4-4-44 保存在冰箱冷藏室

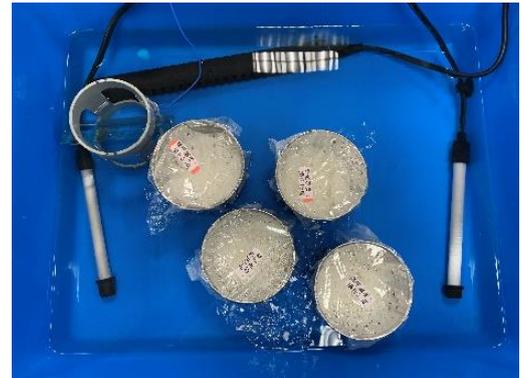


圖 4-4-48 四種保存溫度

### 實驗九：測量低溫保存「時間」與 (RS3) 抗性澱粉生成的關係 (2~4°C)

(一) 實驗說明：以自製  $\alpha$ -澱粉酶溶液檢驗在約 3°C 低溫保存不同時間，瓶條生成抗性澱粉 (RS3) 的情形，反應後白利糖度越高，表示生成的抗性澱粉 (RS3) 越少。

(二) 器材準備及設定：

- 1、水浴設備：控制水溫在 50°C。
- 2、試劑準備：以針筒吸取自製  $\alpha$ -澱粉酶溶液 20ml 備用。
- 3、瓶條製作：同實驗四，製作六份瓶條，出爐時直接加水防止乾裂。
- 4、瓶條切塊：在水中以美工刀組將瓶條以垂直方向各切一次後瀝乾，得到 100 塊 5mm×5mm 瓶條放入燒杯，以保鮮膜封住杯口防止水份蒸發。
- 5、降溫：將瓶條連同燒杯放入冰箱冷藏室 (約 3°C) 分別靜置 4、8、24、28、32、48、52、56 小時。

(三) 實驗操作：同實驗四，依序檢測不同低溫保存時間的瓶條。

(四) 讀取數據及處理：數據輸入 Excel 製成圖表呈現。



圖 4-4-49 瓶條送入「凍房」 圖 4-4-50 保存到預定時間取出一杯 圖 4-4-51 反應兩小時後測量

## 伍、研究結果

### 一、實驗一：測量市售瓶條厚度、硬度、抗拉力

表 5-1-1 市售瓶條厚度，單位，mm

測量次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
厚度	21.8	22.2	22.1	21.9	21.9	22.1	22.0	21.9	21.9	22.0	21.98

表 5-1-2 市售瓶條硬度，以自製軟硬度計測量，以針尖刻度表示，單位，cm

測量次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
硬度	8.78	9.06	8.98	8.99	8.89	8.94	9.03	9.01	8.96	8.85	8.940

表 5-1-3 市售瓶條抗拉力，以輪軸實驗器測量，掉落瓶條與磁總重量表示，單位，g

測量次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
磁鐵重	107.2	111.5	111.5	107.2	111.5	111.5	111.5	107.2	111.5	111.5	
掉落瓶條重量	11.8	9.7	13.4	8.6	9.4	8.3	9.1	10.3	11.3	10.2	
總重	119.0	121.2	124.9	115.8	120.9	119.8	120.6	117.5	122.8	121.7	120.67

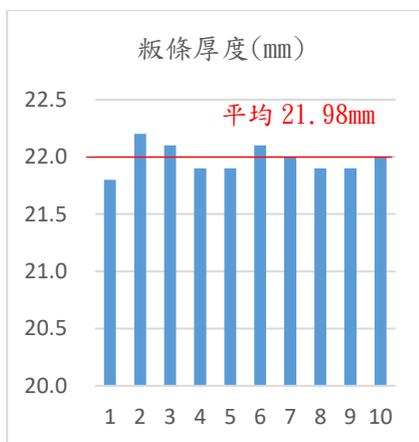


圖 5-1-1 瓶條厚度平均值

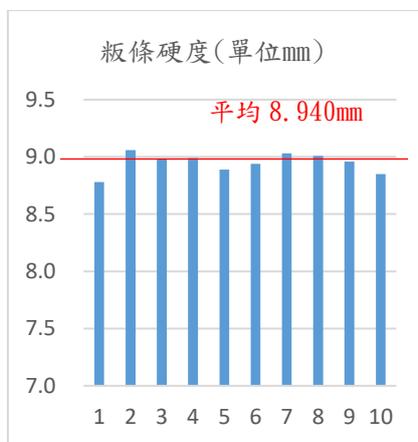


圖 5-1-2 瓶條硬度平均值

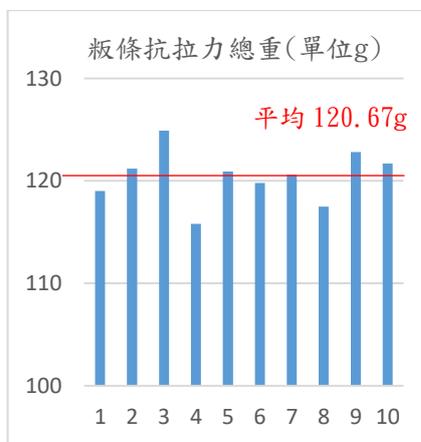


圖 5-1-3 瓶條抗拉力平均值

#### 實驗討論發現：

- 1、經過測量，得到市售瓶條厚度平均約 21.98mm。
- 2、硬度以自製軟硬度計測量時，以針尖刻度表示，平均值為 8.940cm。
- 3、瓶條裁切 1.5cm 寬的長條，其抗拉力平均 120.67g。
- 4、有了市售瓶條的物理特性，就能在自製的瓶條配方中找到與市售瓶條相近的條件，這也是往後實驗的目標。

## 二、實驗二：研究添加水量與板條硬度的關係（操縱變因：澱粉和水的比例）

表 5-2-1 水量與板條軟硬度的關係

取混合粉	20g	20g	20g	20g	20g	20g
水	30g	35g	40g	45g	50g	55g
粉水比例	4:6	4:7	4:8	4:9	4:10	4:11
軟硬度 (mm)	10.54	9.29	8.84	8.26	7.52	7.17

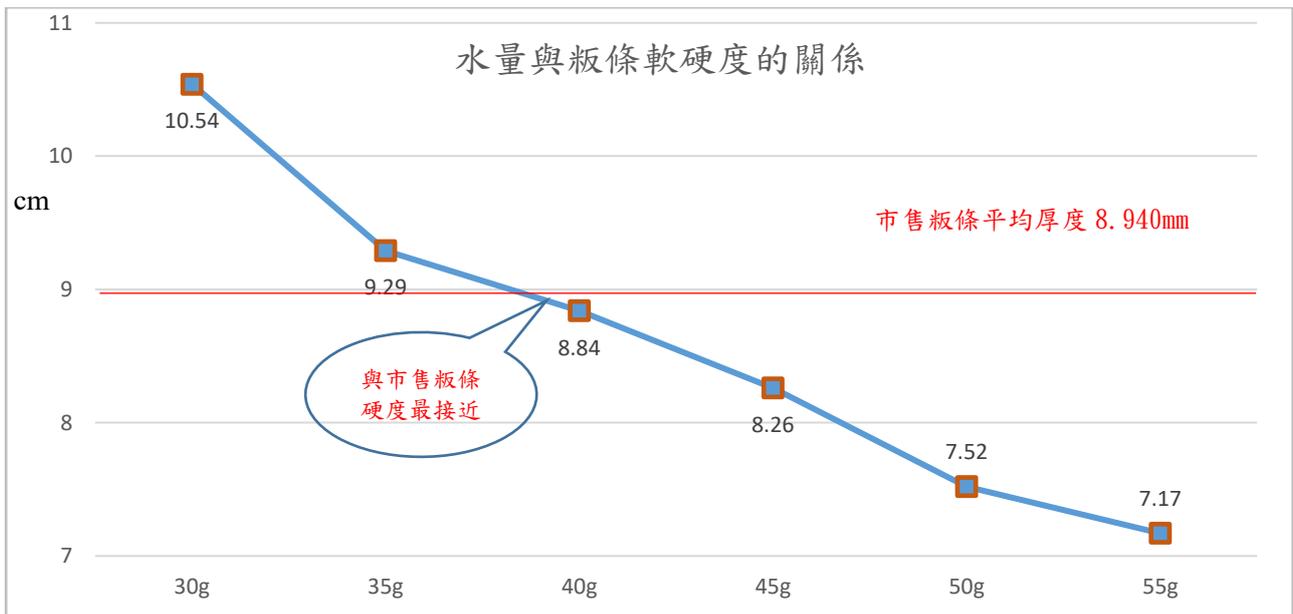


圖 5-2-1 水量與板條軟硬度的關係折線圖

### 實驗討論發現：

- 1、使用自製硬度計，我們用兩種湯匙。不鏽鋼湯匙主要是測量板條的硬度，塑膠湯匙主要是檢測板條是否無法恢復彈性限度。另外，針尖在角尺的刻度值（單位：cm）表示硬度，數值越大表示硬度越高。
- 2、相同澱粉配方，加入水量越多，板條越軟；反之，水量越少，板條越硬。
- 3、水量 45g 以上時，測量硬度後，被湯匙壓陷的板條形狀不會恢復，表示水量在 45g 以上時，板條的彈性較差，測量硬度湯匙的重量超過板條的彈性限度。
- 4、實驗中以 20g 澱粉加 40g 水製作的板條與市售板條硬度最接近，所以之後研究副原料種類與比例時，都採用相同的澱粉、水比例製作（2:1）。

### 三、實驗三：研究在來米粉添加澱粉種類、比例對板條硬度的影響

表 5-3-1 各種澱粉作為副原料時、不同比例與板條硬度的影響。

副原料比例	100%	80%	60%	40%	20%	0%
樹薯粉	8.87	<b>8.90</b>	8.85	8.78	8.73	8.72
糯米粉	9.31	9.30	9.25	9.13	<b>8.96</b>	8.72
玉米粉	9.21	9.19	9.14	9.05	<b>8.87</b>	8.72
馬鈴薯粉	9.28	9.28	9.26	9.19	9.05	8.72
地瓜粉	8.90	8.94	8.96	<b>8.94</b>	8.82	8.72
低筋麵粉	8.52	8.60	8.65	8.69	8.70	8.72
中筋麵粉	9.08	9.04	8.98	<b>8.89</b>	8.81	8.72
高筋麵粉	9.24	9.23	9.16	9.08	<b>8.89</b>	8.72

說明：以針尖在角尺的刻度值（單位：cm）表示硬度，數值越大表示硬度越高（綠色網底表示硬度測試後能恢復原狀，粗體字為硬度接近市售板條）

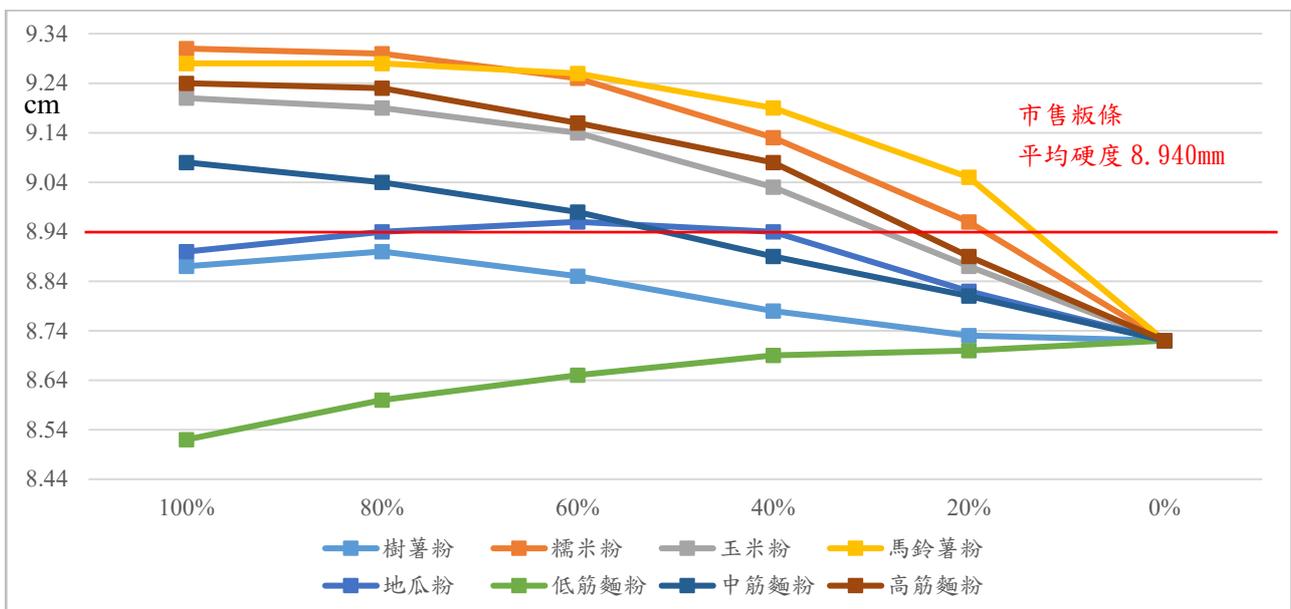


圖 5-3-1 以不同澱粉作為副原料時、不同比例與板條硬度的影響以針尖在角尺的刻度值（單位：cm）表示硬度（紅線為市售板條硬度）

#### 實驗討論發現：

- 1、在主原料（在來米粉）加入各種澱粉作為副原料時，除了加入低筋麵粉時硬度會隨比例下降，其他澱粉加入在來米粉製作板條時，都能使板條有不同程度的硬度增加。
- 2、挑出硬度接近市售板條 8.940mm (區間 8.84~9.04mm)，且硬度測量後能恢復形狀的配方。分別為副原料為樹薯粉 80%、糯米粉 20%、玉米粉 20%、地瓜粉 40%、中筋麵粉 40%、高筋麵粉 20%。
- 3、這六種澱粉配方，在實驗四測量抗拉力，看看其中有沒有與市售板條物理特性相近的配方。

#### 四、實驗四：研究在來米粉添加澱粉種類、比例對板條抗拉力的影響

表 5-4-1 各種澱粉配方製作的板條硬度、抗拉力

主原料	在來米粉 20%	在來米粉 80%	在來米粉 80%	在來米粉 60%	在來米粉 60%	在來米粉 80%	市售板條
副原料	樹薯粉 80%	糯米粉 20%	玉米粉 20%	地瓜粉 40%	中筋麵粉 40%	高筋麵粉 20%	
硬度 (cm)	8.90	8.96	9.03	8.94	8.89	8.89	8.94
抗拉力 (g)	33.50	69.80	42.60	45.60	49.30	62.20	120.67

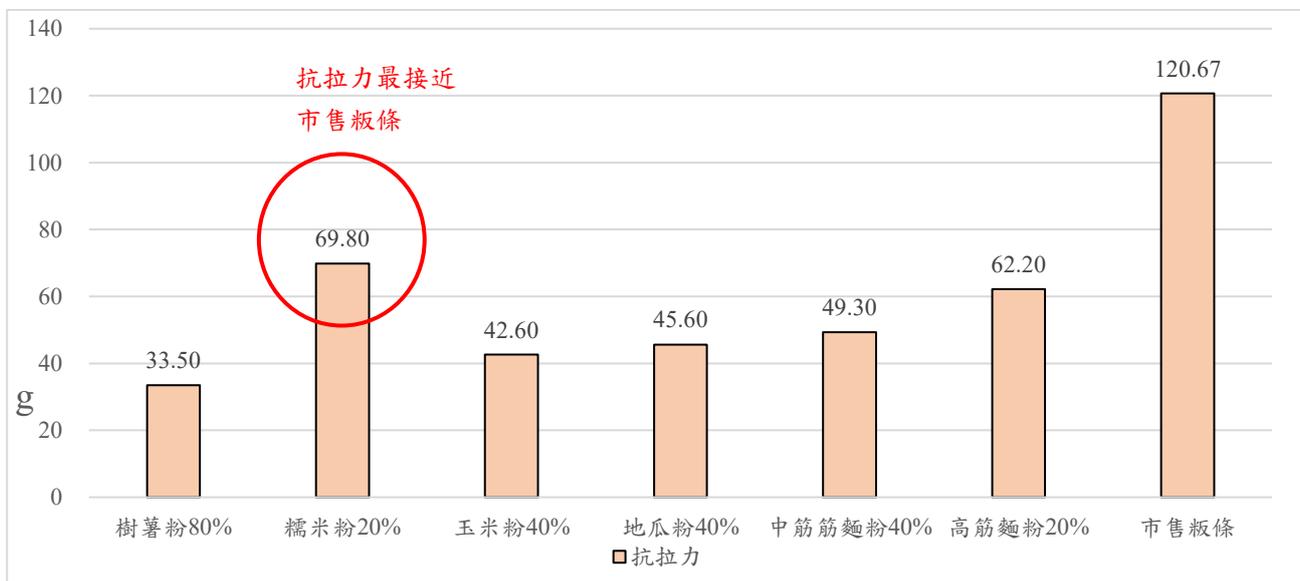


圖 5-4-1 各種澱粉配方製作的板條抗拉力 (單位：g)

#### 實驗討論發現：

- 1、在硬度與市售板條相近且在硬度測量後能恢復原狀的配方中，抗拉力最好力是 20%糯米粉與 80%在來米粉的配方，抗拉力 69.8g，所以後續有關抗性澱粉的研究就採用這個配方實驗。
- 2、但是 20%糯米粉與 80%在來米粉的配方抗拉力 69.80g 與市售板條 120.67g 的抗拉力有明顯差距。檢視市售板條的成分，其中含有的「多丙烯酸鈉」、「碳酸鉀」、「磷酸二澱粉」、「羧甲基纖維素鈉」四種食品添加物，能增加澱粉製品彈性、柔軟性、粘性，市售板條的抗拉力這麼高，可能是因為加了這些食品添加物。
- 3、雖然我們自製的板條沒有市售板條有這麼高的抗拉力，但是希望能以自製健康的板條為目標，不添加其他食品添加物。

## 五、實驗六：測量降溫「速度」(耗時)與(RS3)抗性澱粉生成的關係

表 5-5-1 不同降溫速度(降至 10°C 的時間) α-澱粉酶反應 2 小時 brix 降低百分比

保溫方式	不降溫	不保溫	保麗龍盒	毛巾+ 收納罐	熱濕毛巾+收 納罐+紙盒
降溫速度(耗時)		27 分鐘	106 分鐘	164 分鐘	191 分鐘
α-澱粉酶溶液(°Bx)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
開始 Brix(°Bx)	1	1.0	1.0	1.0	1.0
2 小時後 Brix(°Bx)	3.9	3.9	3.9	3.8	3.8
Brix 上升(°Bx)	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8
與對照組比較降低 Brix(°Bx)	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
降低百分比	0.00%	0.00%	0.00%	3.45%	3.45%

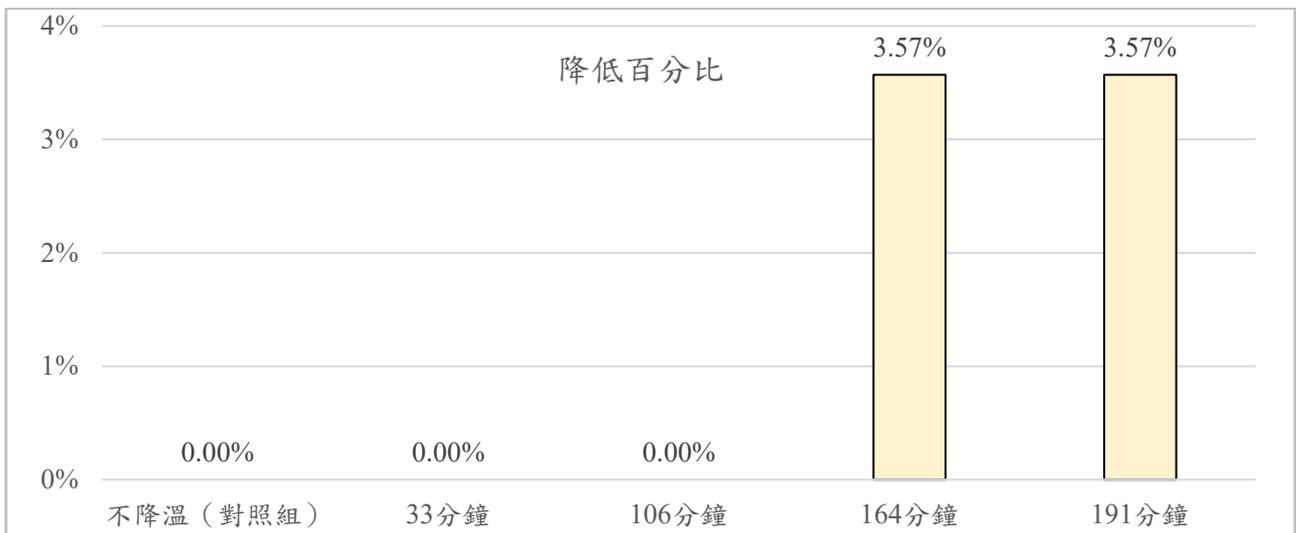


圖 5-5-1 不同降溫速度(耗時) α-澱粉酶反應 2 小時 brix 降低百分比

### 實驗討論發現：

- 1、利用保溫裝置使瓶條降溫的速度產生差異，瓶條從蒸鍋中取出後就立刻放保溫裝置中，靜置於冰箱冷藏室，降溫至 10°C，記錄所花費時間。由圖 5-5-1 得知，瓶條降溫速度越慢，brix 降幅就越大。
- 2、與文獻所述：澱粉在冷卻的過程中會產生抗性澱粉相符，降溫的速度越慢，也代表瓶條在低溫環境中越久，所以很難確定是因為降溫「速度」，還是在低溫環境下的「時間」影響抗性澱粉的生成。

## 六、實驗七：測量降溫「次數」與（RS3）抗性澱粉生成的關係

表 5-6-1 不同降溫次數（降至 10°C） $\alpha$ -澱粉酶反應 2 小時 brix 降低百分比

降到 10°C 的次數	0 次（對照組）	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次
$\alpha$ -澱粉酶溶液（°Bx）	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
開始 Brix（°Bx）	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1
2 小時後 Brix（°Bx）	3.9	3.8	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8
Brix 上升（°Bx）	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7
與對照組比較降低 Brix（°Bx）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
降低百分比	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.57%	3.57%	3.57%

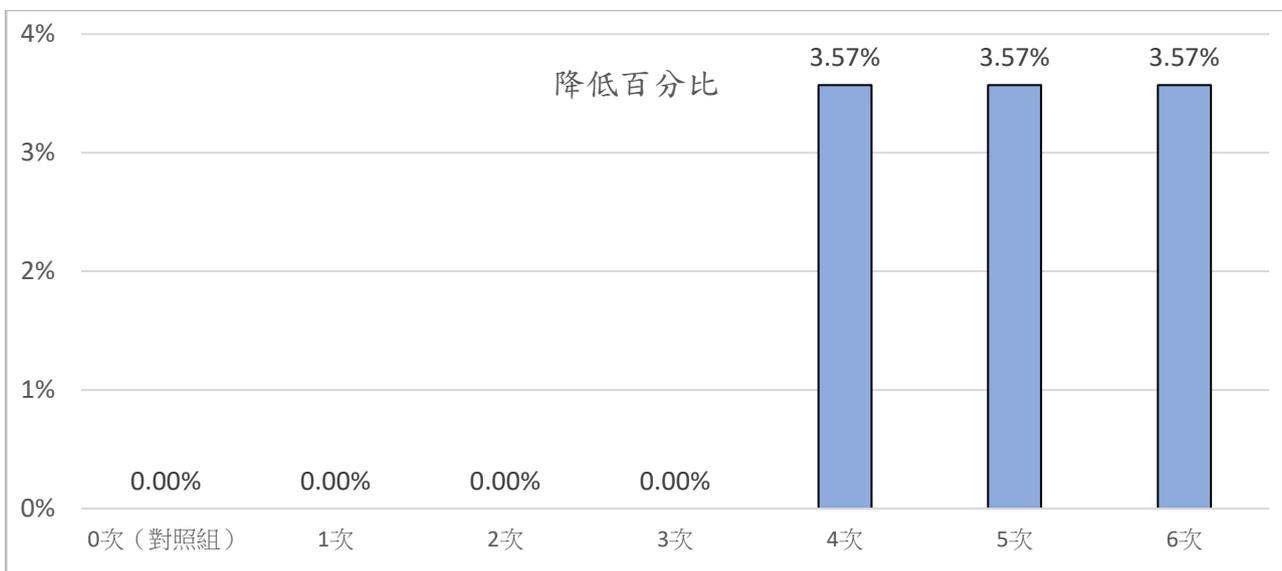


圖 5-6-1 不同降溫次數（降至 10°C） $\alpha$ -澱粉酶反應 2 小時 brix 降低百分比

### 實驗討論發現：

- 1、 瓶條中產生的抗性澱粉較不易被  $\alpha$ -澱粉酶分解，所以抗性澱粉比例較高的瓶條被分解生成的糖類較少，因此可用  $\alpha$ -澱粉酶分解的方式檢測抗性澱粉生成的情況。
- 2、 瓶條因降溫次數不同，在  $\alpha$ -澱粉酶分解下產生糖的量也不同，由圖 5-1-1 可以看出降溫四次以上的瓶條被分解生成的糖量有減少，表示多次降溫時會產生抗性澱粉。瓶條降溫次數越多，分解產生的糖類較少，表示形成抗性澱粉的量越多，但因為降溫次數越多，瓶條在低溫環境的時間也越長，很難判斷是因為「次數」還是「低溫保存時間」使瓶條產生抗性澱粉。
- 3、 降溫次數四次以上都能測出  $\alpha$ -澱粉酶反應 2 小時 brix 降低 3.57%，表示降溫次數產生抗性澱粉的效果是能累積的，所以可以預測低溫保存但被多次加熱的澱粉製品生成的抗性澱粉不會因加熱而完全消失。

## 七、實驗八：測量保存「溫度」與（RS3）抗性澱粉生成的關係。

表 5-7-1 不同保存溫度（保存 48 小時） $\alpha$ -澱粉酶反應 2 小時 brix 降低百分比

降至溫度（保存 48 小時）	40°C	30°C	24°C	3°C
$\alpha$ -澱粉酶溶液（°Bx）	0.9	0.9	0.9	0.9
開始 Brix（°Bx）	1.1	1.2	1.1	1.1
2 小時後 Brix（°Bx）	4.0	4.1	3.8	3.7
Brix 上升（°Bx）	2.9	2.9	2.7	2.6
與對照組比較降低 Brix（°Bx）	0.0	0.0	0.2	0.3
降低百分比	0.00%	0.00%	6.90%	10.34%

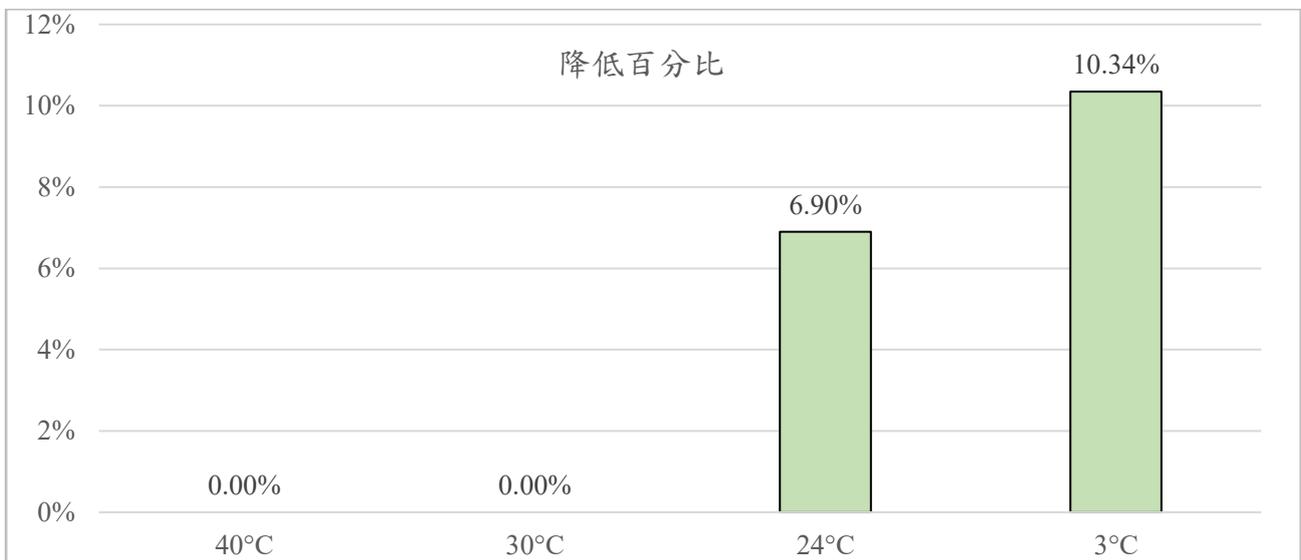


圖 5-7-1 不同保存溫度（保存 48 小時） $\alpha$ -澱粉酶反應 2 小時 brix 降低百分比

### 實驗討論發現：

- 1、實驗發現，板條保存的溫度會影響抗性澱粉的生成。
- 2、由圖 5-7-1 得知，保存的溫度越低，形成抗性澱粉的數量就越多，在  $\alpha$ -澱粉酶分解下產生的糖類越少，在冰箱 3°C 冷藏室保存能降低  $\alpha$ -澱粉酶分解下產生 10.34% 的糖類。

## 八、實驗九：測量低溫保存「時間」與 (RS3) 抗性澱粉生成的關係 (2~4°C)

表 5-8-1 不同保存時間 (保存溫度 2~4°C)  $\alpha$ -澱粉酶反應 2 小時 brix 降低百分比

保存時間 (2~4°C)	0 小時	4 小時	8 小時	24 小時	28 小時	32 小時	48 小時	52 小時	56 小時
降至溫度	3°C	3°C	3°C						
$\alpha$ -澱粉酶溶液 (°Bx)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
開始 Brix (°Bx)	1.1	1.1	1	1	1.1	1	1	1.1	1
2 小時後 Brix (°Bx)	3.9	3.8	3.7	3.6	3.7	3.6	3.5	3.6	3.5
Brix 上升 (°Bx)	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5
與對照組比較降低 Brix (°Bx)	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
降低百分比	0.00%	3.57%	3.57%	7.14%	7.14%	7.14%	10.71%	10.71%	10.71%

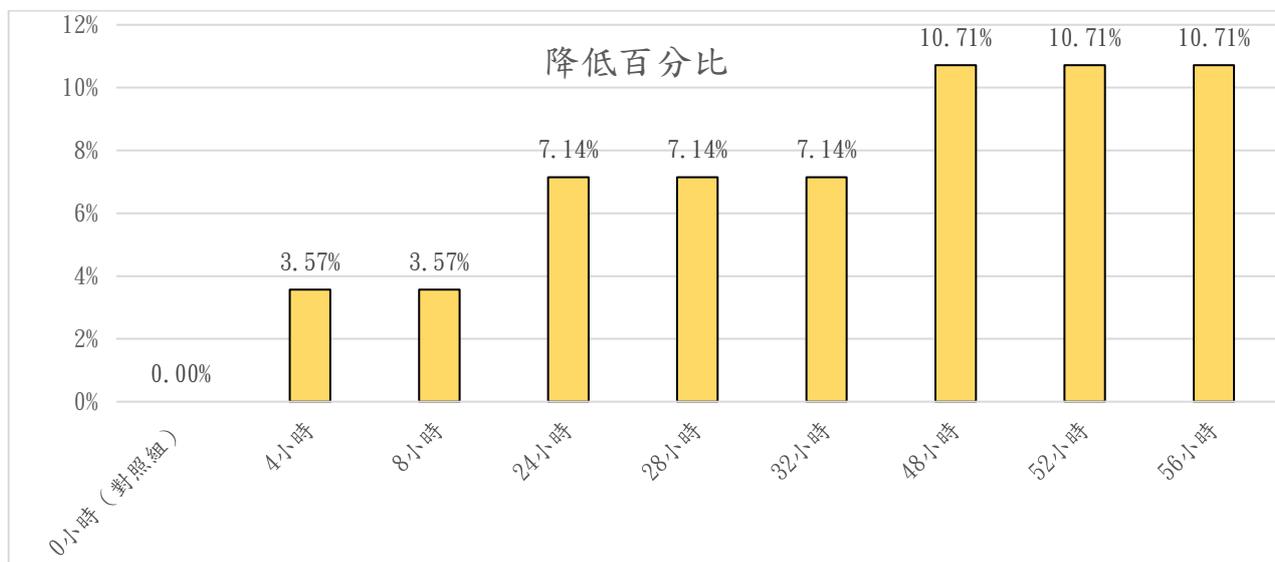


圖 5-8-1 不同保存時間 (保存溫度 2~4°C)  $\alpha$ -澱粉酶反應 2 小時 brix 降低百分比

### 實驗討論發現：

- 1、由圖 5-8-1 得知，瓶條保存在 2~4°C，低溫保存的時間越久，在  $\alpha$ -澱粉酶分解下產生的糖類越少，表示抗性澱粉會隨著低溫保存時間增加。
- 2、利用一般家用冰箱的冷藏室 (約 2~4°C) 存放 24 小時，就能減少約 7.14% 的  $\alpha$ -澱粉酶分解，存放 48 小時約減少 10.71%。

## 陸、 結論

### 一、 板條製作方面：

- (一) 要做出硬度與市售板條接近的板條是容易的，如圖 5-3-1，有多個種類的澱粉以不同比例作為副原料加入在來米粉，都能做出硬度接近的板條。
- (二) 但要做出抗拉力與市售板條接近的板條，只在在米粉中添加其他澱粉作為副原料，似乎難度頗高，只得能市售板條 57.84% 抗拉力，可以嘗試增加使用的澱粉種類，找尋與市售板條特性更接近的配方，這樣就能減少食品添加物使用，也減少身體負擔。
- (三) 經過實驗一~四得知，我們健康板條（不用食品添加物）的配方是：**主原料（在來米）：**  
**副原料（糯米粉）：水= 4：1：10**

### 二、 使板條產生抗性澱粉方面：

- (一) 因為  $\alpha$ -澱粉酶不易取得，唾液中的  $\alpha$ -澱粉酶會也因數量及各別差異較大較難取用，所以利用種子澱粉中含有  $\alpha$ -澱粉酶及  $\beta$ -澱粉酶的特性，以高筋麵粉為原料製作  $\alpha$ -澱粉酶溶液，讓實驗更精準、方便。
- (二) 板條產生的抗性澱粉越多，越不易被  $\alpha$ -澱粉酶分解，也就是測得出糖的白利糖度越低，我們製作的「健康板條」在冰箱冷藏室保存 24 小時，以  $\alpha$ -澱粉酶分解，brix 約降低 7%，保存 48 小時約降低 10%。
- (三) 經實驗得知板條產生抗性澱粉方面較明確的有：
  - 1. 低溫保存的「時間」越久可以產生較多的抗性澱粉。
  - 2. 保存的「溫度」越低可以產生較多的抗性澱粉。
  - 3. 降溫次數產生抗性澱粉的效果是能累積的，低溫保存但被多次加熱的澱粉製品生成的抗性澱粉不會因加熱而完全消失。

### 三、 未來展望：

- (一) 市售板條配方中常有三、四種以上的澱粉組合，希望能有機會嘗試更多種類澱粉組合的配方，看看能否找出抗拉力更接近市售板條的配方。
- (二) 我們的研究沒有討論板條口味與市售板條的比較，希望未來也能升級板條的美味口感。
- (三) 食品科學博大精深，食材的面向也不僅止於風味、口感，營養成份、存保性……等等都是未來能探討的方向。



- 16、羧甲基纖維素鈉·順慶實業·網址：[https://www.shunching.com.tw/product\\_d.php?lang=tw&tb=1&id=7936](https://www.shunching.com.tw/product_d.php?lang=tw&tb=1&id=7936)
- 17、羧甲基纖維素鈉有什麼危害（2018年04月25日）·取自<https://www.healthway.tips/content/313046383537433732464446.html>
- 18、碳水化合物在體內的消化和吸收過程·每日頭條·網址：<https://kknews.cc/zh-tw/health/6989yxv.html>
- 19、聚丙烯酸鈉的特性及在食品加工中的應用（2021年02月19日）·人人焦點·取自<https://ppfocus.com/0/hed95eeca.html>
- 20、瘦身不用餓肚子！營養師教你用「減醣飲食」燃燒脂肪·健康遠見·網址：<https://health.gvm.com.tw/article/68738>
- 21、澱粉酶·維基百科·網址：<https://zh.wikipedia.org/wiki/澱粉酶>
- 22、磷酸二澱粉·中鴻貿易有限公司·網址：<https://www.chunghom.com.tw/modified-starch/>
- 23、關於麵條用「鹽和鹼」和面技術深析（二）（2018年11月9日）·每日頭條·取自<https://kknews.cc/zh-tw/news/9zno6jb.html>

## 【評語】 082918

台灣米麵食的變化萬千，是很不錯的科展探究題材，作者制定的題目主要是跟“健康”相關，但報告上研究分兩階段，前後研究目的比較沒銜接，實驗一到四在探討粍條特質，嘗試製作出與市售產品相似的效果，後面實驗五到九才聚焦研究抗性澱粉的生成狀況，建議可更聚焦在抗性澱粉生成條件的研究。此外，由於後面澱粉酶實驗主要用澱粉酶來定量抗性澱粉的多寡，有些實驗橫跨多天，應該要同時準備一個標準物來量測每次實驗時澱粉酶活性，以確保澱粉酶每次的活性是差不多的，如果有衰退，也可藉由標準物的量測來校正不同天的數據。

## 作品簡報

中華民國第62屆全國科學展覽會

國小組 生活與應用科學科（二）

# 拍「**粄**」定案， 「**條**」出健康！



台灣十大死因中有八項與肥胖有關，造成多種慢性疾病，增加新冠肺炎3倍住院風險，2倍死亡率。攝取抗性澱粉減少熱量攝取是最基本且直接的方法，滿足食欲也減少熱量攝取，我們嘗試自製新竹的客家美食-粄條，利用低溫保存的方式增加抗性澱粉，希望享受美食也能享瘦。

# 研究架構與流程

瞭解市售板條的特性

測量市售板條的厚度、硬度、抗拉力

添加水量與澱粉比例對板條硬度的關係

測量不同澱粉、水比例的板條硬度

添加澱粉種類、比例對板條硬度的影響

測量不同種類澱粉比例的板條硬度

添加澱粉種類、比例對板條抗拉力的影響

測量不同種類澱粉比例的板條抗拉力

製作檢測試劑 ( $\alpha$ -澱粉酶溶液)

以去除澱粉及  $\beta$  澱粉酶方式，自製  $\alpha$ -澱粉酶溶液

板條生成抗性澱粉的環境條件

測量降溫「速度」與抗性澱粉生成的關係

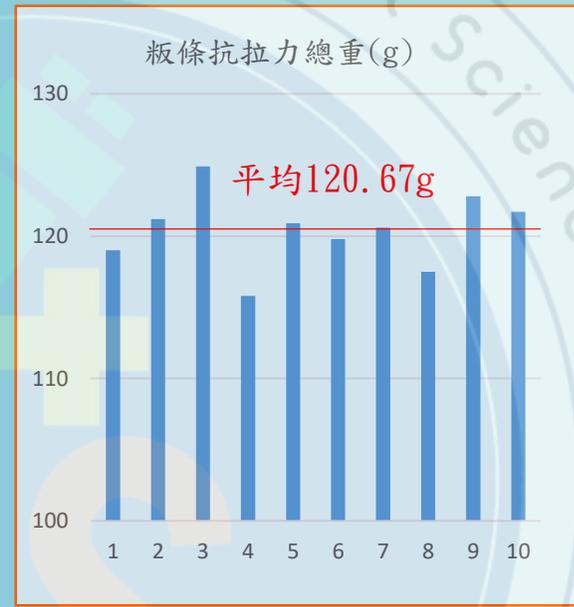
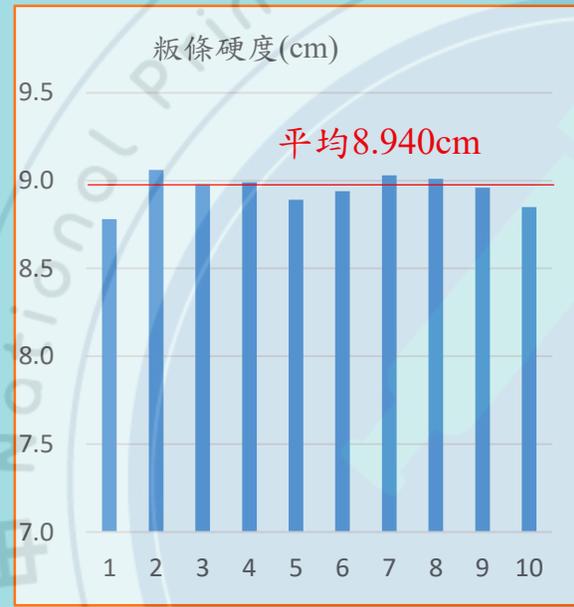
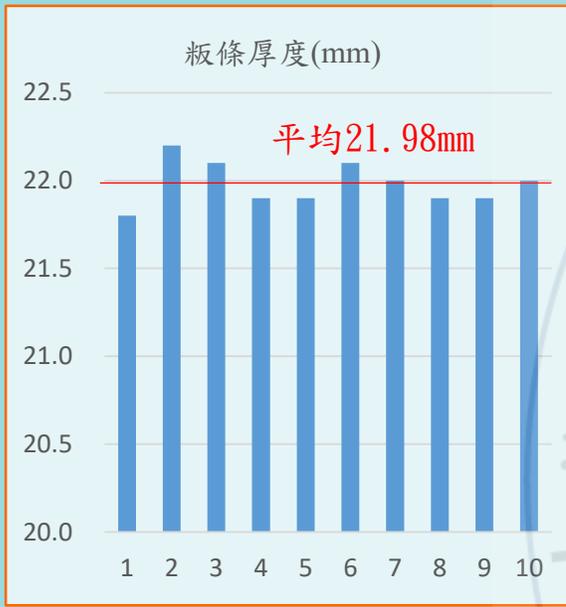
測量降溫「次數」與抗性澱粉生成的關係

測量保存「溫度」與抗性澱粉生成的關係

測量低溫保存「時間」與抗性澱粉生成的關係



# 實驗一：測量市售板條的厚度、硬度、抗拉力



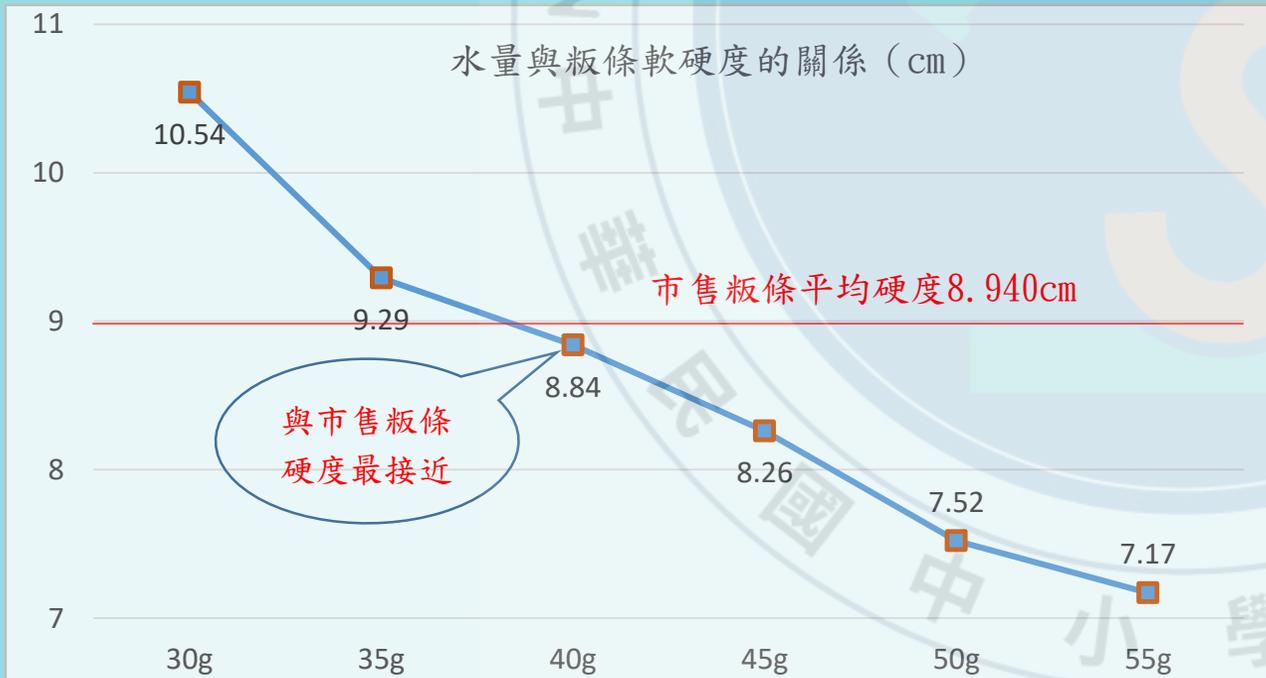
## 討論發現：

1. 市售板條厚度平均約 21.98mm。
2. 硬度以針尖刻度表示，平均值為8.940cm。
3. 1.5cm寬的板條長條，抗拉力平均120.67g。
4. 以市售板條物理特性為目標，找出特性相近板條的配方。



## 實驗二：測量不同澱粉、水比例的粿條硬度

取混合粉	20g	20g	20g	20g	20g	20g
水	30g	35g	40g	45g	50g	55g
粉水比例	4:6	4:7	4:8	4:9	4:10	4:11
軟硬度 (cm)	10.54	9.29	8.84	8.26	7.52	7.17



### 討論發現：

1. 使用自製硬度計。不鏽鋼湯匙是測量粿條的硬度，塑膠湯匙檢測粿條是否能恢復原狀。針尖在角尺的刻度值（單位：cm）表示硬度，數值越大表示硬度越高。
2. 水量越多，粿條越軟；水量越少，粿條越硬。
3. 水量45g以上時，被壓陷的粿條形狀不會恢復，表示彈性較差，測量硬度的湯匙重量超過粿條的彈性限度。
4. 20g澱粉加40g水製作的粿條與市售粿條硬度最接近，之後研究副原料種類與比例時，採用相同的澱粉、水比例製作（2:1）。

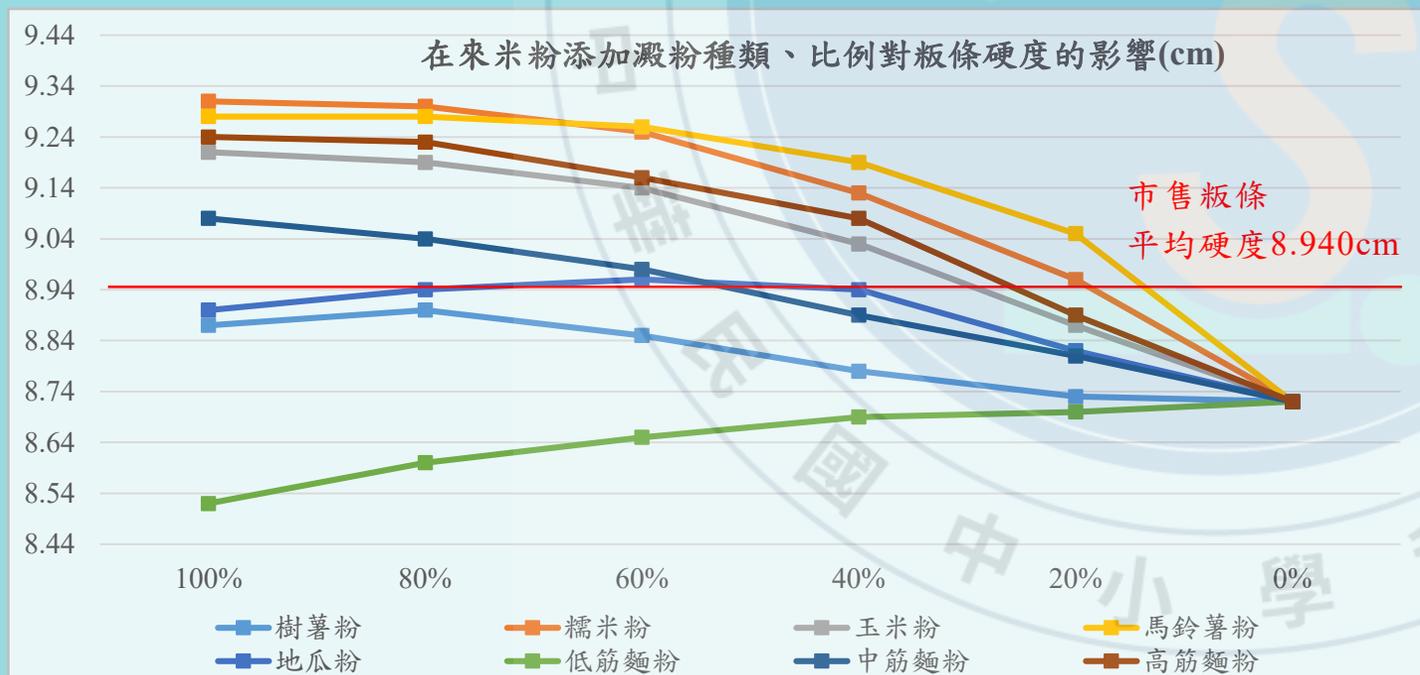


## 實驗三：研究在來米粉添加澱粉種類、比例對板條硬度的影響

副原料比例	100%	80%	60%	40%	20%	0%
樹薯粉	8.87	<b>8.90</b>	8.85	8.78	8.73	8.72
糯米粉	9.31	9.30	9.25	9.13	<b>8.96</b>	8.72
玉米粉	9.21	9.19	9.14	9.05	<b>8.87</b>	8.72
馬鈴薯粉	9.28	9.28	9.26	9.19	9.05	8.72
地瓜粉	8.90	8.94	8.96	<b>8.94</b>	8.82	8.72
低筋麵粉	8.52	8.60	8.65	8.69	8.70	8.72
中筋麵粉	9.08	9.04	8.98	<b>8.89</b>	8.81	8.72
高筋麵粉	9.24	9.23	9.16	9.08	<b>8.89</b>	8.72

### 討論發現：

- 除了加低筋麵粉時硬度會隨比例下降，其他澱粉加入在來米粉製作板條時，都能使板條有不同程度的硬度增加。
- 挑出硬度接近市售板條(區間8.84~9.04mm)，且能恢復形狀的配方。分別為副原料為樹薯粉80%、糯米粉20%、玉米粉20%、地瓜粉40%、中筋麵粉40%、高筋麵粉20%。
- 這六種澱粉配方，在實驗四測量抗拉力，看看其中有沒有與市售板條物理特性相近的配方。



## 實驗四：研究在來米粉添加澱粉種類、比例對板條抗拉力的影響

主原料	在來米粉 20%	在來米粉 80%	在來米粉 80%	在來米粉 60%	在來米粉 60%	在來米粉 80%	市售板條
副原料	樹薯粉 80%	糯米粉 20%	玉米粉 20%	地瓜粉 40%	中筋麵粉 40%	高筋麵粉 20%	
硬度 (cm)	8.90	8.96	9.03	8.94	8.89	8.89	8.94
抗拉力 (g)	33.50	69.80	42.60	45.60	49.30	62.20	120.67

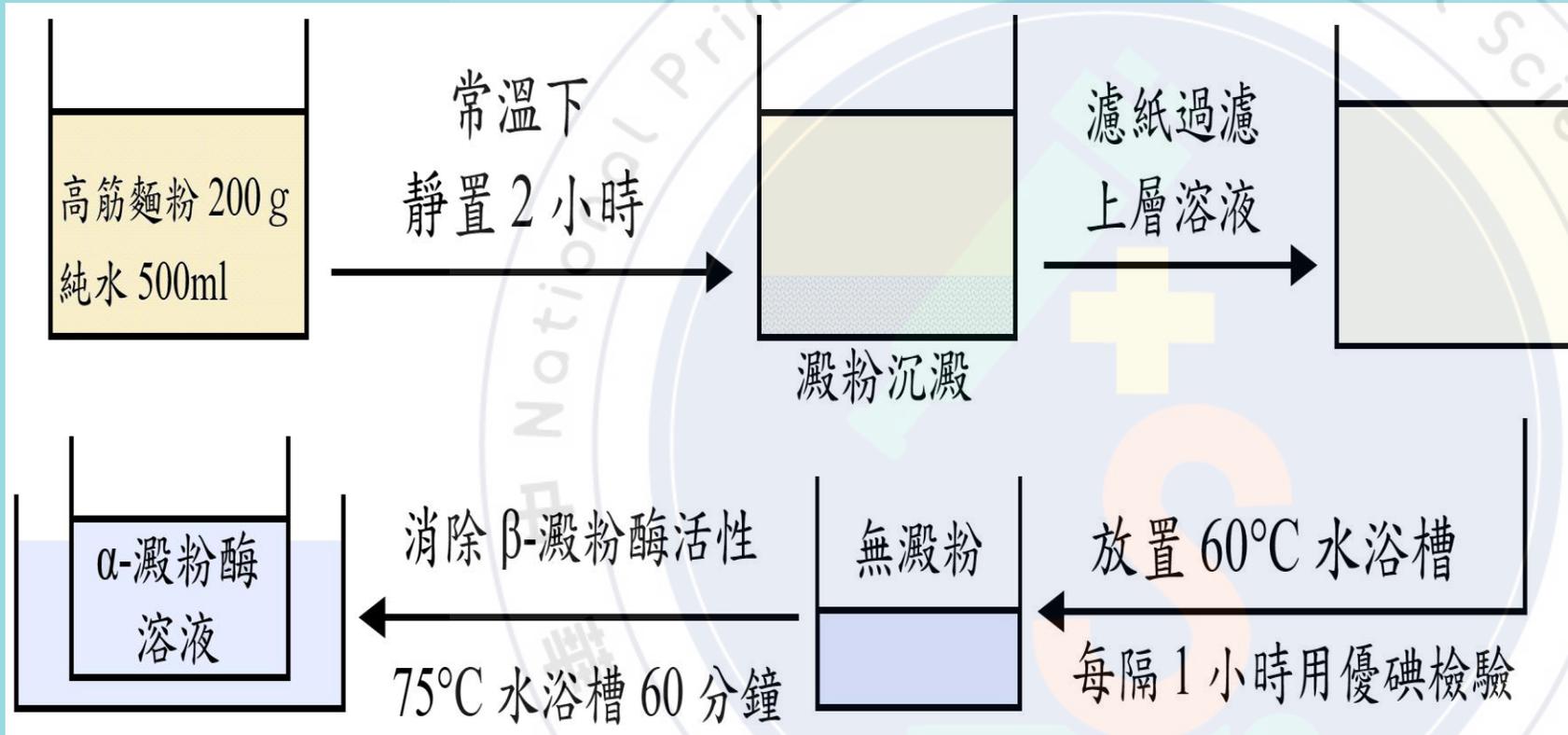


### 討論發現：

1. 硬度與市售板條相近，抗拉力最好力是20%糯米粉與80%在來米粉的配方，抗拉力69.8g。
2. 69.80g與市售板條120.67g的抗拉力有明顯差距。市售板條含「多丙烯酸鈉」、「碳酸鉀」、「磷酸二澱粉」、「羧甲基纖維素鈉」四種食品添加物，能增加澱粉製品彈性、柔韌性、粘性，市售板條抗拉力這麼高，可能是因為加了這些食品添加物。
3. 雖然自製的板條沒有這麼高的抗拉力，希望以自製健康的板條為目標，不添加其他食品添加物。

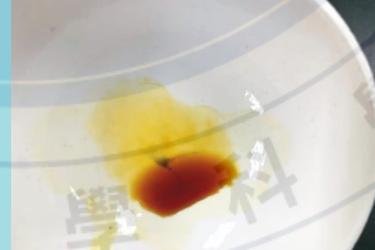


# 實驗五：以過濾、加熱去除澱粉及 $\beta$ -澱粉酶方式，自製 $\alpha$ -澱粉酶溶液



## 實驗說明：

為了取得  $\alpha$ -澱粉酶（動物只有  $\alpha$ -澱粉酶，植物種子含有  $\alpha$ -澱粉酶和  $\beta$ -澱粉酶），方便檢測（RS3）抗性澱粉的生成情況，將種子澱粉含有的澱粉完全分解，再使  $\beta$ -澱粉酶失去活性（加熱至 75°C），以「高筋麵粉」作為製備  $\alpha$ -澱粉酶的原料。



## 實驗六：測量降溫「速度」(耗時)與 (RS3) 抗性澱粉生成的關係

保溫方式	不降溫	不保溫	保麗龍盒	毛巾+收納罐	熱濕毛巾+收納罐+紙盒
降溫速度(耗時)		27分鐘	106分鐘	164分鐘	191分鐘
$\alpha$ -澱粉酶溶液(°Bx)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
開始 Brix(°Bx)	1	1.0	1.0	1.0	1.0
2小時後 Brix(°Bx)	3.9	3.9	3.9	3.8	3.8
Brix 上升(°Bx)	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8
與對照組比較降低 Brix(°Bx)	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
降低百分比	0.00%	0.00%	0.00%	3.45%	3.45%



### 討論發現：

1. 糕條降溫速度越慢，brix降幅就越大，表示產生抗性澱粉越多。
2. 與文獻所述：澱粉在冷卻的過程中會產生抗性澱粉相符，降溫的速度越慢，也代表糕條在低溫環境中越久，所以很難確定是因為降溫「速度」，還是在低溫環境下的「時間」影響抗性澱粉的生成。

## 實驗七：測量降溫「次數」與 (RS3) 抗性澱粉生成的關係

降到 10°C 的次數	0次 (對照組)	1次	2次	3次	4次	5次	6次
$\alpha$ -澱粉酶溶液(°Bx)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
開始 Brix(°Bx)	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1
2小時後 Brix(°Bx)	3.9	3.8	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8
Brix 上升(°Bx)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7
與對照組比較降低 Brix(°Bx)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
降低百分比	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.57%	3.57%	3.57%



### 討論發現：

1. 降溫四次以上的糕條被分解生成的糖量減少，表示多次降溫時會產生抗性澱粉。降溫次數越多，糕條在低溫環境的時間也越長，很難判斷是因為「次數」還是「低溫保存時間」使糕條產生抗性澱粉。
2. 降溫次數產生抗性澱粉的效果是能累積的，低溫保存但被多次加熱的澱粉製品生成的抗性澱粉不會因加熱而完全消失。



## 實驗八：測量保存「溫度」與抗性澱粉生成的關係

降至溫度（保存 48 小時）	40°C	30°C	24°C	3°C
$\alpha$ -澱粉酶溶液 (°Bx)	0.9	0.9	0.9	0.9
開始 Brix (°Bx)	1.1	1.2	1.1	1.1
2 小時後 Brix (°Bx)	4.0	4.1	3.8	3.7
Brix 上升 (°Bx)	2.9	2.9	2.7	2.6
與對照組比較降低 Brix (°Bx)	0.0	0.0	0.2	0.3
降低百分比	0.00%	0.00%	6.90%	10.34%



### 討論發現：

1. 板條保存的溫度會影響抗性澱粉的生成，溫度越低效生抗性澱粉越多。
2. 冰箱3°C冷藏室保存48小時，能降低 $\alpha$ -澱粉酶分解產生10.34%的糖類。



# 實驗九：測量低溫保存「時間」與抗性澱粉生成的關係

保存時間 (2~4°C)	0 小時	4 小時	8 小時	24 小時	28 小時	32 小時	48 小時	52 小時	56 小時
降至溫度	3°C	3°C	3°C						
α-澱粉酶溶液 (°Bx)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
開始 Brix (°Bx)	1.1	1.1	1	1	1.1	1	1	1.1	1
2 小時後 Brix (°Bx)	3.9	3.8	3.7	3.6	3.7	3.6	3.5	3.6	3.5
Brix 上升 (°Bx)	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5
與對照組比較降低 Brix (°Bx)	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
降低百分比	0.00%	3.57%	3.57%	7.14%	7.14%	7.14%	10.71%	10.71%	10.71%

## 討論發現：

1. 板條保存在2~4°C，低溫保存的時間越久，在α-澱粉酶分解下產生的糖類越少，表示抗性澱粉會隨著低溫保存時間增加。
2. 利用一般家用冰箱的冷藏室（約2~4°C）存放24小時，就能減少約7.14%的α-澱粉酶分解，存放48小時約減少10.71%。



# 結論

## 一、粿條製作方面：

1

有多種澱粉以不同比例作為副原料加入在來米粉，可做出與市售粿條硬度接近的粿條。

2

未添加額外食品添加物的情況下，自製粿條硬度只能做到市售粿條57.84%抗拉力。

3

我們健康粿條（不用食品添加物）的配方是：  
主原料（在來米）：副原料（糯米粉）：水=4：1：10



# 結論

## 二、使板條產生抗性澱粉方面：

1

以高筋麵粉為原料製作 $\alpha$ -澱粉酶溶液，讓實驗更精準、方便。

2

低溫保存的「時間」越久可以產生較多的抗性澱粉。

3

保存的「溫度」越低可以產生較多的抗性澱粉。

4

降溫次數產生抗性澱粉的效果是能累積的。

## 三、未來展望：

1

市售板條配方中常有三、四種以上的澱粉組合，希望能有機會嘗試更多種類澱粉組合的配方，看看能否找出抗拉力更接近市售板條的配方。

2

我們的研究沒有討論板條口味與市售板條的比較，希望未來也能升級板條的美味口感。

3

食品科學博大精深，食材的面向也不僅止於風味、口感，營養成份、存保性.....等等都是未來能探討的方向。

