

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科(二)

第三名

082921

麵麵俱到—不同原料取代比例降低熱量之口感
探討

學校名稱：臺中市私立明道普霖斯頓國民小學

作者：	指導老師：
小五 黃以晴	陳昱勳
小六 楊詠淇	劉原旭
小五 張廷緯	
小四 康彧綺	

關鍵詞：咀嚼度、低熱量、延展性

麵麵俱到－不同原料取代比例降低熱量之口感探討

摘要

全球以麵條為經常主食的人口超過 20 億，此次研究將利用原料的分析、製作的標準化、以及器材的設計與測量，找出最佳比例，目的是製作出降低熱量又健康的麵條！

自製【**延展性測試機**】測量自製麵條的**彈性與軟爛程度**，從嚼勁的口感，自製【**咀嚼度測試機**】，模擬門牙切斷麵條的方式**搭配電子紀錄**測量**麵條的咀嚼度**，從原料分析熱量以及營養元素，綜合以上判斷找出最佳比例！

最佳比例麵條板豆腐 50%、黃豆粉 20%、麵粉 30%結合【**麵條感官評測**】，綜合評比後高達 96 %民眾願意嘗試，獲得民眾青睞！

實驗歸納，最佳比例麵條，吃下相同重量可以**減少熱量 34.6 %**、**蛋白質增加 82%**、**膳食纖維增加 92 %**，且【**冷藏最佳品質可保持 7 天**】，我們的麵條低熱量又不造成負擔！

壹、前言

一、研究動機

有一天在家發現家人在吃麵條，媽媽說這是健康低熱量的豆腐麵，嘗試了一口發現，這根本不是麵！是像麵條形狀的豆腐，口感一點都不像麵條！根據新聞報導，過多的攝取精緻澱粉容易造血糖波動大、缺乏膳食纖維、心血管、血脂容易囤積脂肪等狀況，因此我們想要製作出一款熱量較低且過敏原較白麵條少的健康麵條！吃我們自製麵條的同時也能享受健康與口感！

二、文獻回饋

作品名稱	研究大綱	優點	缺點
全國 52 屆科學「麵」	<ul style="list-style-type: none">● 探討麵條麵條的咬勁與彈性● 探討不同煮麵時間、醒麵時間、麵粉種類對麵條的彈性影響	<ul style="list-style-type: none">● 主題具有實用性與應用價值● 實驗紀錄完整，資料整理清楚● 自製測量器具	<ul style="list-style-type: none">● 不同粉類的探討可以再延伸
全國 62 屆拍「板」定案，「條」出健康！	<ul style="list-style-type: none">● 不同比例的澱粉對於板條特性的影響● 抗性澱粉形成的環境與條件測試	<ul style="list-style-type: none">● 紀錄詳實● 應用於生活	<ul style="list-style-type: none">● 樣本數太少，可能有誤差● 樣本準備的時間和標準需要更加注意
我們的作品： 麵麵俱到-不同比	<ul style="list-style-type: none">● 自製麵糰攪拌器● 自製麵條切割器	<ul style="list-style-type: none">● 本次研究特色<ul style="list-style-type: none">■ 為了實驗公平，自製器具減少人為誤差	

例降低熱量之口感探討	<ul style="list-style-type: none"> ● 自製咀嚼度測試器 ● 自製延展性測試機 ● 不同比例對於熱量之探討 ● 不同比例對於麵條口感的影響 ● 不同烹煮時間對於麵條口感的影響 ● 麵條的保鮮期 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 吃麵同時可以兼顧健康不造成負擔 ■ 真實數據討論不同取代比例對口感影響 ■ 真實數據討論不同烹煮時間對口感影響 ■ 用科學的方法討論麵條的營養成分 ■ 利用科學方法測試麵條的保鮮期 ■ 實際自製麵條試吃測試大家喜好程度 <p>我們的【麵麵俱到-不同原料取代比例降低熱量之口感探討】不但具有麵條口感並且兼顧健康，不造成身體健康負擔，可以大膽享用！</p>
------------	---	---

貳、研究目的

- 研究一：搜尋各種粉類與麵條製作相關資料
- 研究二：取代原料的選擇
- 研究三：製作和麵機、壓麵機、麵條切割機
- 研究四：自製麵條延展測試機
- 研究五：自製麵條咀嚼度測試機
- 研究六：不同比例麵條延展性之探討
- 研究七：不同比例麵條咀嚼度之探討
- 研究八：不同比例麵條熱量、營養元素之探討
- 研究九：最佳比例麵條製作
- 研究十：麵條最佳品質保鮮期測試

參、研究設備與器材

自製麵糰攪拌器	木板、馬達、齒輪、攪拌盆、電源供應器、螺絲、電鑽
自製麵條切割器	雷射切割機、金屬旋鈕、鐵線、螺絲、木條、螺絲
自製麵條延展測試器	木板、電子秤、水管、束帶、熱熔膠、擠麵器
自製咀嚼度測試器	Adurino 板、強力磁鐵、金屬膠帶、電動推桿、電源供應器、鱈魚夾、鐵齒、電子秤、木條、螺絲、開關
自製壓麵機	木板、木條、擀麵棍、電鑽、螺絲、齒輪組、電源供應器
麵條材料	高筋麵粉、黃豆粉、玉米粉、樹薯粉、在來米粉、蓬萊米粉、馬鈴薯粉、水、板豆腐
其他	電磁爐、鍋子、相機、電腦、計時器、刀子、切割墊、試管、碘液
保鮮期測試	黴菌培養基、鑷子、紫外燈、蒸餾水、pH 儀、酒精、酒精燈

肆、研究過程與方法

文獻資料 探討

- 了解取代原料的基本特性
- 麵條的製作過程
- 麵條製作的規範
- 食品的非添加物的保存方法<低溫、冷凍、脫水>

設計 實驗方法

- 測量澱粉含量作為取代目標
- 設計統一規格化的攪拌方法
- 自製厚度均質機確保厚度進行比較
- 烹煮時間對於麵條的影響
- 自製延展性測試機
- 自製咀嚼度測試機
- 最佳品質保鮮期測試

實際應用

- 提供配方，讓在家裡也可以輕鬆製作無負擔的麵條
- 相同主食的分量提供更多的蛋白質與膳食纖維

結果分析

- 最佳比例：板豆腐 50 %、黃豆粉 20 %、麵粉 30%
- 降低熱量 34.6 %
- 蛋白質含量增加 82 %
- 膳食纖維攝取提升 95 %
- 三餐吃自製健康麵條也不超標！
- 可輕鬆在家自行製作
- 經過測試最佳保鮮期可以達7天！
- 一般民眾接受度高，願意嘗試高達96 % ！

一、搜尋各種粉類與麵條製作相關資料

(一)、麵條製作的原料種類

種類	熱量 (每 100g)	膳食纖維 (每 100g)	蛋白質 (每 100g)	特性	常用用途
高筋麵粉	352 大卡	1.9 g	12.5 g	有麩質，含有較高蛋白、具有較高延展性	麵包、麵條、饅頭
玉米粉	369 大卡	0.2 g	0.3 g	無麩質，質地較粗，略帶甜味	製作玉米餅、勾芡、濃湯使用
樹薯粉	360 大卡	0.2 g	0.1 g	無麩質、可增稠、具有較高透明性	製作粉圓、勾芡
在來米粉	351 大卡	2.4 g	7.1 g	無麩質，黏性低，口感較紮實	製作蘿蔔糕、米粉、湯圓等米製品
蓬萊米粉	364 大卡	0.4 g	6.6 g	無麩質、黏度介於糯米與在來米中間	米漿、米果、米蛋糕、米鬆餅等米製品
黃豆粉	401 大卡	13.1 g	37.4 g	無麩質、植物性蛋白質	豆漿、豆花、烘焙使用
馬鈴薯粉	320 大卡	0.2 g	0.1 g	無麩質、吸水性佳、口感較綿密	製作薯泥、勾芡、炸物使用
燕麥片	380 大卡	6.5 g	13 g	天然麥片無麩質、有效降低膽固醇、提供健康脂肪	直接食用、降低膽固醇、提供營養元素
義 X 傳統板豆腐	90.6 大卡	0.6 g	9.8 g	無麩質、植物性蛋白質	直接食用

粉類的選擇相當多元，要製作出低熱量且過敏原較低的麵條，可以將部分的麵粉取代，都可以降低過敏原，若需要降低熱量的部分，馬鈴薯粉、樹薯粉、在來米粉會是一項不錯的選擇，不過還需要經過綜合性的比較才有辦法製作出最理想的麵條。

(二)、麵條的製作流程

1. 經過市場調查，詢問黃昏市場賣麵條的商家，商家透露，利用麵粉加上部分的水，比例的部分則是憑著多年的實務經驗。
2. 根據市售中式麵食加工丙級技術士技能檢定書上建議，麵團含水量約麵粉重量 35%~45% 左右，厚度約 1.2 mm~1.5 mm。


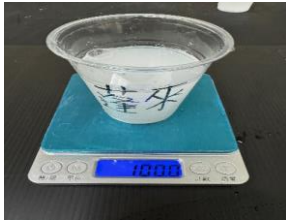


(三)、市場調查大家喜歡的麵條的特性(問卷總共 100 分)

1. 有彈性：78 人
2. 較柔軟：12 人
3. 有麵香：17 人
4. 有咬勁：66 人
5. 硬一點(有粉心)：10 人
6. 熱食：10 人
7. 冷食：13 人

經過市場調查，大家定義的好吃的麵條具有彈性與咬勁。往後我們測試的麵條也會以大家喜歡的口感進行測試！此次科展也定義具有彈性的麵條較不軟爛，經過擠壓之後面積的變化、咬勁則是定義為咀嚼度的大小。

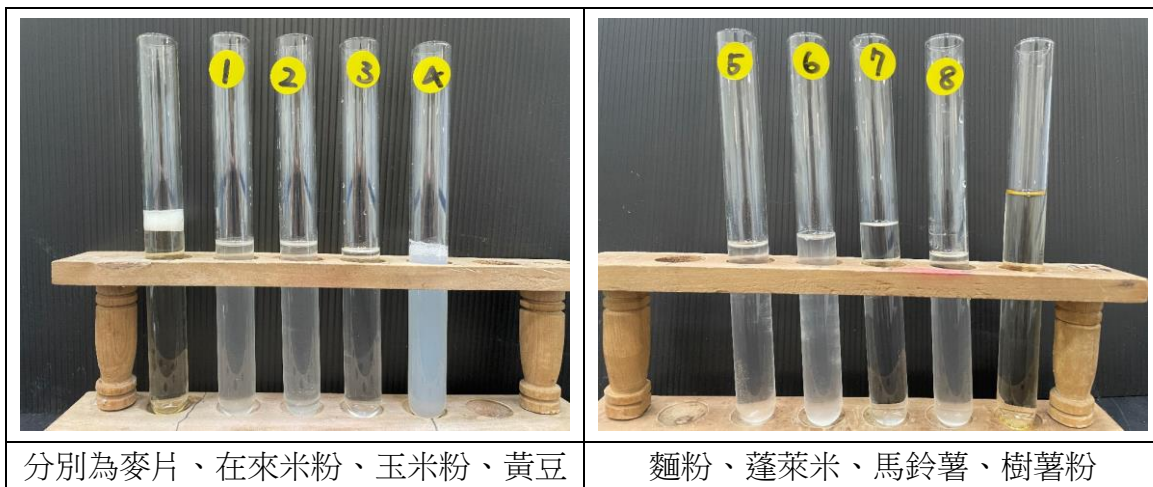
二、取代原料的選擇

- (一)、此次主題目的是要製作出更健康的麵條，將更健康定義為，**降低熱量、減少過敏原、增加健康元素**。
- (二)、根據取代原料的性質來分析，取代原料可以提供的元素具有**蛋白質、膳食纖維、脂肪**以及一些**微量元素**。
- (三)、大部分的粉類都具有澱粉，澱粉可分為長鏈澱粉、支鏈澱粉，對於人體的吸收來看，支鏈澱粉對於人體的消化效率較直鏈澱粉高，抗性澱粉則是可以提供較少的熱量，因此若是可以選擇**抗性澱粉含量較高的取代原料**，則可以降低熱量。
- (四)、各種粉類的測試
 1. 碘液會和澱粉產生化學作用，因此可以利用碘液來檢測澱粉的含量，根據顏色的變化可以知道該水溶液中的澱粉含量。
 2. 澱粉水溶液的配置，重量百分濃度為 2%，取 1 克的溶質加水至 50 克，接著利用磁石攪拌器設定轉速 600 rpm 攪拌 5 分鐘當作標準溶液。
 3. 攪拌完後待測水溶液接放置 40 分鐘後取澄清部分進行測量。(以下照片為第一作者拍攝)

			
碘液直接滴入澱粉	配置檢測標準濃度	利用磁石攪拌器攪拌	標準碘液配置

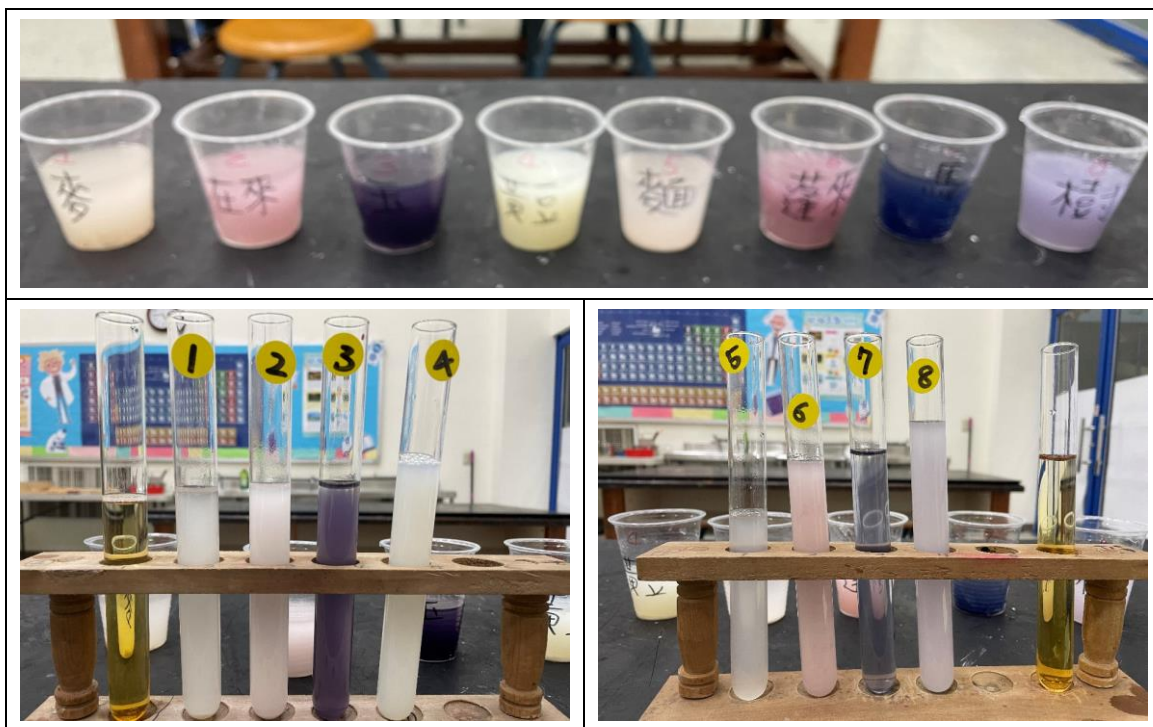
發現若直接將碘液滴入取代原料測量發現，每種材料顏色都呈現深色無法判斷，所以我們利用澄清的待測容液進行檢測。

4. 利用澄清水溶液測量(以下照片為第一指導老師拍攝)



發現一個問題，判斷水溶液澱粉含量太少，測量出來後分析，發現顏色差異不大，判斷水溶液中的澱粉含量太少，因此最後利用攪拌後來判斷。

5. 利用混和水溶液待測(以下照片為第二作者拍攝)



顏色判定的方法，將圖片放到小畫家中分析其中 R、G、B 的比例來判定碘粉的含量。結果如下表：

顏色	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5	編號 6	編號 7	編號 8
	淡米白	淺粉紅	灰紫色	淡灰白	淡粉白	粉紅	深灰藍	淡紫色
R	213	205	132	198	197	193	105	174
G	203	181	126	199	189	166	105	168
B	194	184	132	192	183	173	115	187

將碘液和澱粉的反應，將顏色變化分為三個等級，如下表：

低澱粉含量(0~10%)	中澱粉含量(10~50%)	高澱粉含量(50~80%)
淡藍色、淡灰色	藍紫色	深藍色、深紫色

可以利用藍/紅的比值來判定顏色，顏色對應如下：

<0.85	0.85-1.1	1.1-1.4	>1.4
灰白色、粉色	灰紫色、淡藍色	藍紫色	深藍色、深紫色

分析如下表：

	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5	編號 6	編號 7	編號 8
B/R	0.91	0.90	1.00	0.97	0.93	0.90	1.10	1.07
澱粉含量	低	低	少量	低	低	低	較高	中

檢驗結果發現，玉米粉、馬鈴薯粉、樹薯粉的澱粉含量較高！若是從澱粉含量中考量取代物，可以選擇蓬萊米粉、在來米粉、黃豆粉、燕麥片。

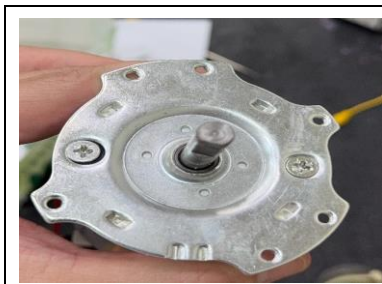
三、製作和麵機、壓麵機、麵條切割機

【標準麵條製作】

經過調查有些人喜歡寬麵條、有些人喜歡細麵條，麵條的種類非常多，為了實驗公平，必須製作出標準形狀的麵條進行比較，因此這次科展將標準麵條的形狀設定為寬度 5 mm、厚度為 1.5 mm 的麵條進行測試。

(一)、【自製和麵機】<此研究照片為第三作者拍攝>

1. 在詢問過市場麵條攤的老闆，攪拌的程度與力道也會影響麵條的口感，這次科展主要研究麵條的口感，要讓測試公平我們必須利用機器來和麵，用相同的時間、力道來攪拌，避免人為的因素造成實驗結果的誤差。
2. 經過詢問後來徵得一台沒有在使用的麵包機作為此次實驗的攪拌機器，接上電源後發現，有聲音卻不會轉動，把麵包機拆開後發現長時間未使用，皮帶的部分已經分解，因此我們決定自己重新打造他！
3. 【底部帶動機構】採購二手馬達電、皮帶等材料重新打造！



將原本交流電馬達改成直流電馬達，較為安全



將架子固定在木板鎖上齒輪，以利帶動攪拌器



換上新齒輪配上皮帶，底部帶動的機構完成

4. **【接上電源】**底部機構完成，接上直流電源供應器，可以利用電壓輸出的控制馬達的轉速，起初一開始我們會設定小電壓攪拌，一段時間過後會採用大電壓輸出攪拌。
5. 麵團攪拌要三光(麵團光滑、麵盆光的、手也不黏麵粉)才算完成，經過實驗測試一開始需要低速攪拌避免麵粉噴出，麵粉成團之後攪拌需要更大的力道，經過測試，我們攪拌的標準流程會設定為：

0-2 分鐘 低速攪拌	2-4 分鐘 中速攪拌	4-10 分鐘 高速攪拌
電壓 6V	電壓 12V	電壓 18V

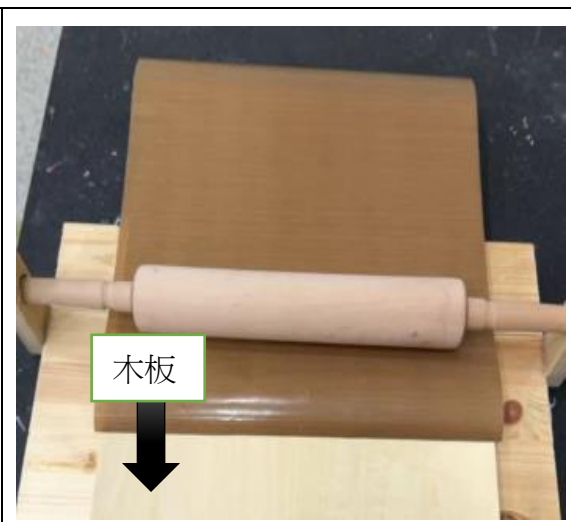


(二)、 **【自製壓麵機】**<此研究照片為第四作者拍攝>

1. 麵條的厚度會影響到食用的口感，厚的麵條口感相對較有彈性且不容易咬斷，因此在實驗比較的時候我們**需要統一規格**，經過討論我們設計了一台壓麵機，經過壓麵機之後，麵條的厚度就會固定了！
2. 第一代機器



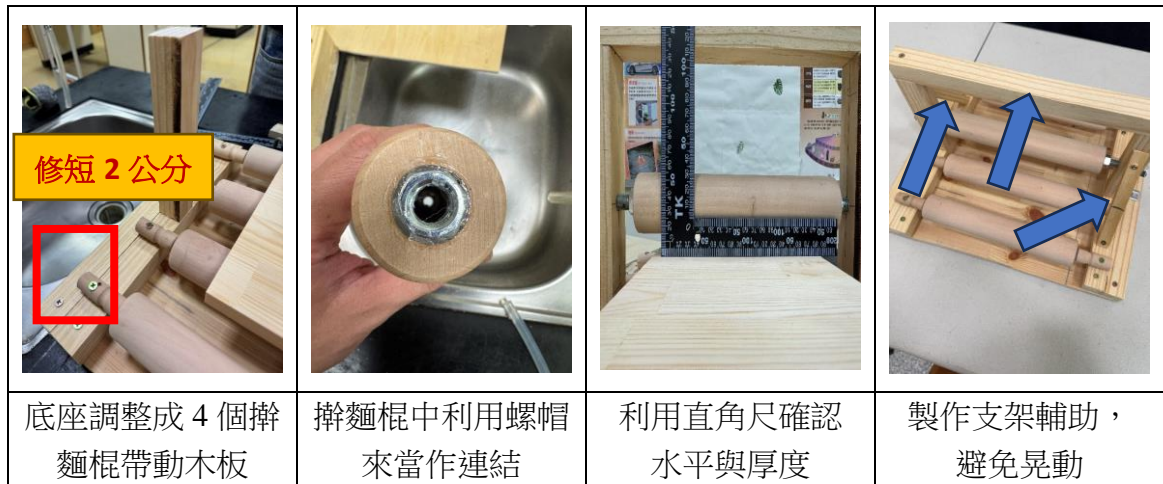
利用擀麵棍來製作壓麵機



移動木板來讓麵糰移動

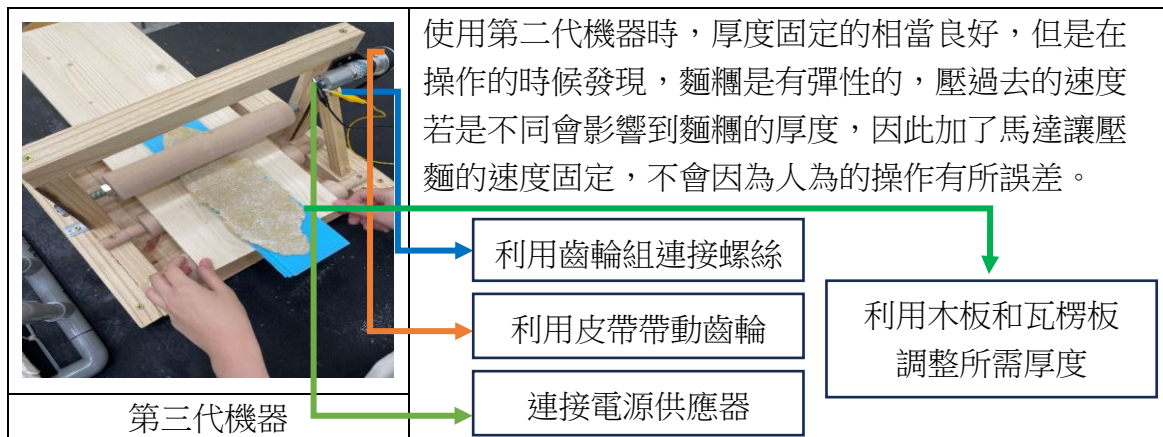
第一代壓麵機發現，麵糰在通過擀麵棍時會有阻力，導致原本設計的厚度因為麵糰經過而有所誤差，經過研究判斷發現，擀麵棍是一個槓桿機械的運用，當兩側握把固定在木板上力矩較大會讓中間的擀麵棍因為彈力有所移動，影響了原本設計的厚度，因此設計了第二代壓麵機來克服中間會移動的問題，讓誤差降到最低。

3. 第二代機器



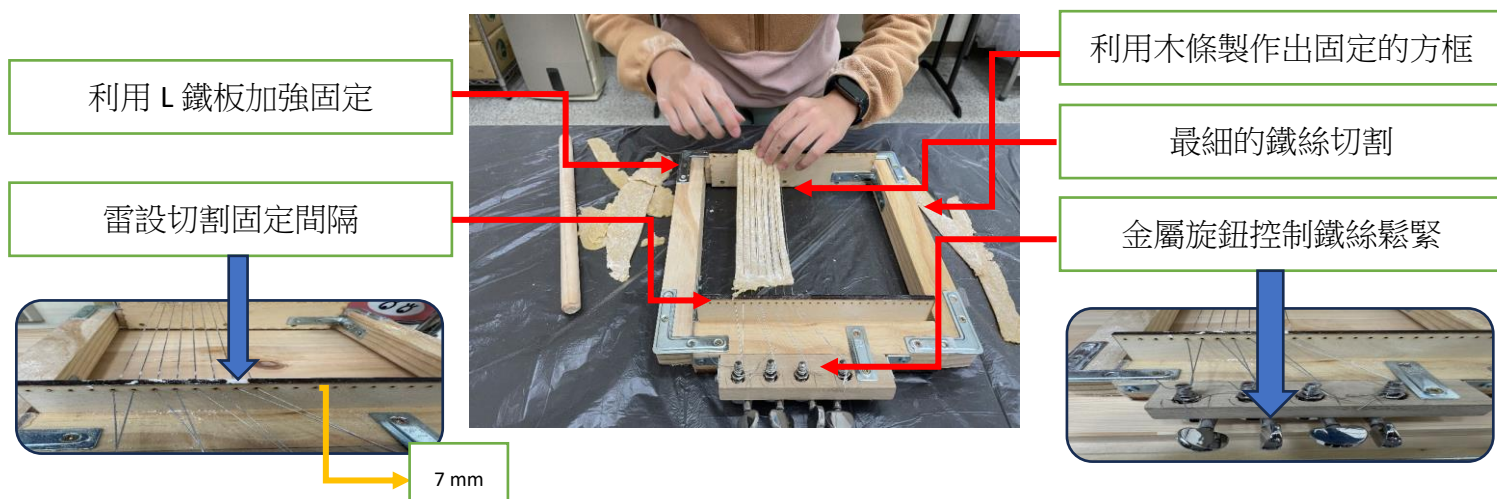
第一代機器發現一支擀麵棍的支撐不夠，且握把較長會影響到厚度，第二代特別把握把的地方修短兩公分，讓支撐的位置較短，如此一來就不易變形。滾輪中間帶動利用熱融膠和螺帽固定，接下來用直角尺來確定厚度，第二代機器就完成了。

4. 第三代機器



(三)、【自製切麵機】<此照片為第一指導老師拍攝>

1. 麵條的厚度固定後就差在麵條的寬度了，為了控制實驗的準確性，我們也利用自製切麵機將麵條的寬度固定！此次科展研究麵條寬度參考市售常見麵條的寬度，寬度設定在 5 mm。
2. 製作過程



- 將經過壓麵機後的麵糰，放到麵條切割器後，再利用擀麵棍從上方滾過去，就可以切出寬度都一樣的麵條。

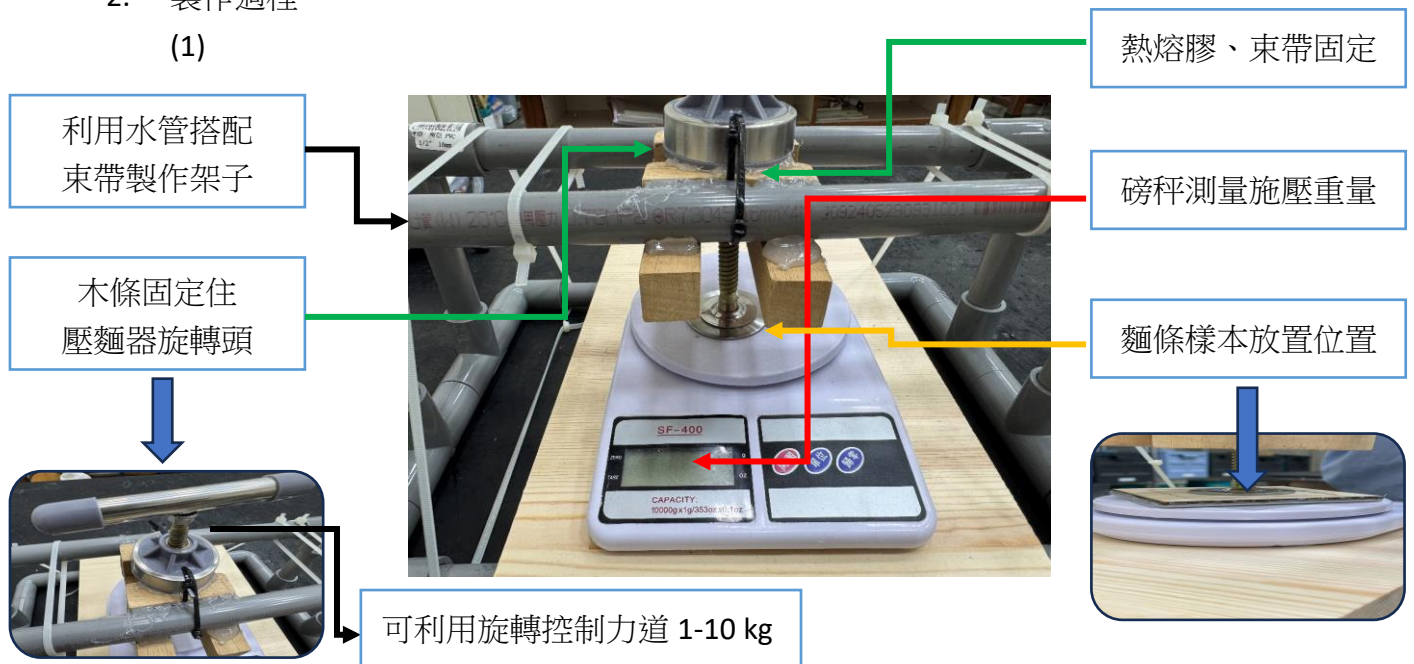


四、自製麵條延展性測試機

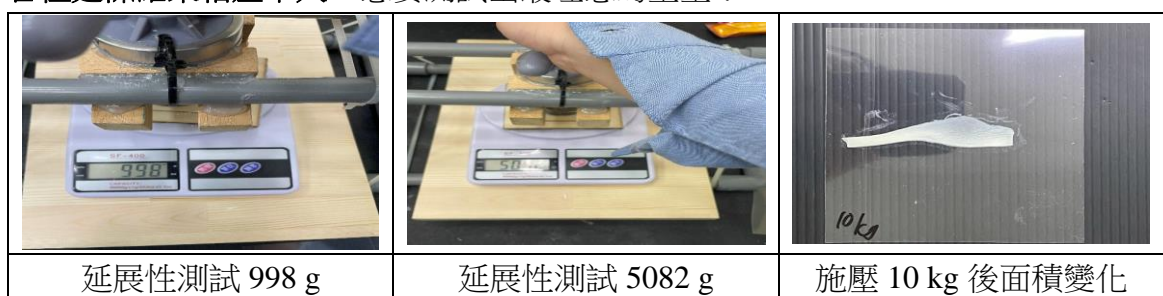
(一)、【延展性測試機製作】<此研究照片為第一作者拍攝>

- 經過麵條喜好口感調查，柔軟、彈性都是大家喜歡的麵條的條件之一，想要知道究竟我們自製的麵條到底口感如何？我們設計了延展性測試機來測試麵條的柔軟程度與彈性，利用面積的變化來測試麵條的延展性如何！
- 製作過程

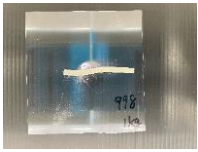
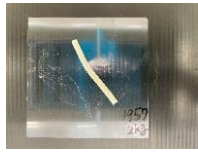
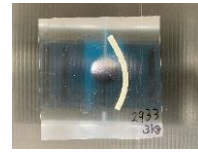

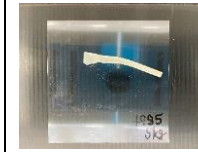
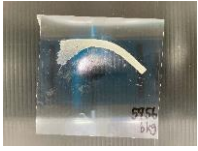
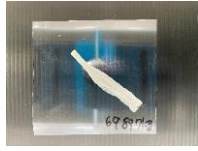

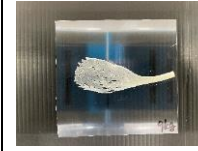
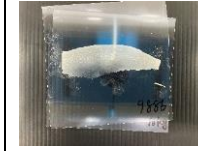
(1)



- 壓麵重量選擇：壓麵的重量，越大力的施壓則面積變化越明顯，但是壓太大力發現各種麵條結果相差不大，想要測試出最理想的重量！



- (1) 延展測試機下放置電子秤，電子秤的最重可測得 10 kg 的力量，但是不確定究竟施壓幾公斤的力道是最理想的，因此測試了 10 種不同的力道，每種力道測試來選擇往後實驗施壓的重量。
- (2) 利用市售營養麵條找出最佳施壓重量，烹煮時間越長麵條則越爛，因此搭配麵條包裝後面建議烹煮時間，用沸水煮 6 分鐘結果如下：<此研究製片為第二作者拍攝>

				
1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg
				
6 kg	7 kg	8 kg	9 kg	10 kg

為了避免拍照的距離與麵條的長度影響觀測結果，採用相同長度的麵條，接著利用自製的拍攝架，從相同的高度、相同的相機參數設定，往下拍攝施壓後面積的照片，搭配 Image J 軟體分析施壓後面積的差異，壓後面積如下：

(單位：pixels)

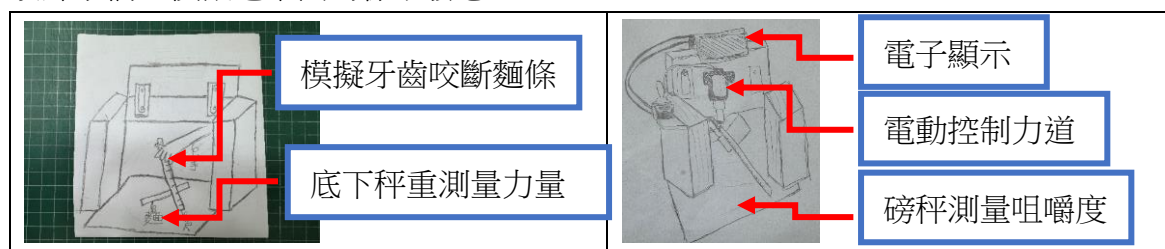
1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 kg	8 kg	9 kg	10 kg
63.03	63.22	63.52	63.63	63.90	63.93	64.36	64.71	64.93	64.93

從面積變化中觀察，發現重量大於 7 kg 都有明顯的變化，但是超過 9 kg 時再打開塑膠片時很容易會有殘留在上面，推測力道太過強大導致麵條會殘留而黏在透明片上，影響面積大小的判斷且超過 9 kg 之後麵條的面積觀測下來相差小於 1% 以內，認為超過一定重量的測試，面積變化已經達到極限，因此最佳的施壓力道我們選擇以 8 kg 當作後續測試的施壓重量。

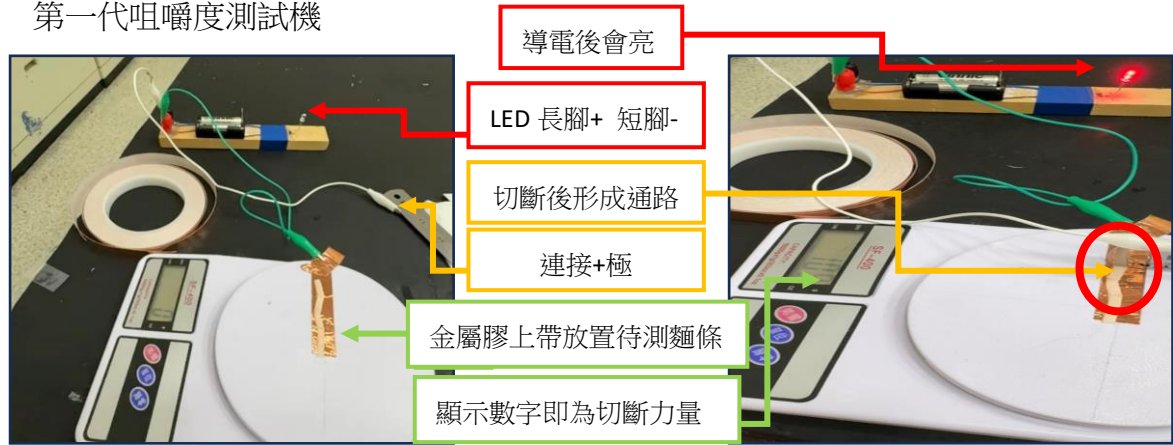
五、自製麵條咀嚼度測試機

(一)、【咀嚼的測試機製作】<此研究照片為第一指導老師拍攝>

1. 經過市場調查發現，大家認為好吃的麵條口感中，咬勁也是一個很重要的指標，因此我們構思要自行設計一種機器可以測試咬勁的機器，我們以牙齒咀嚼東西的樣子當做發想製作咀嚼度測試機
2. 設計手稿，模擬吃東西的樣子發想



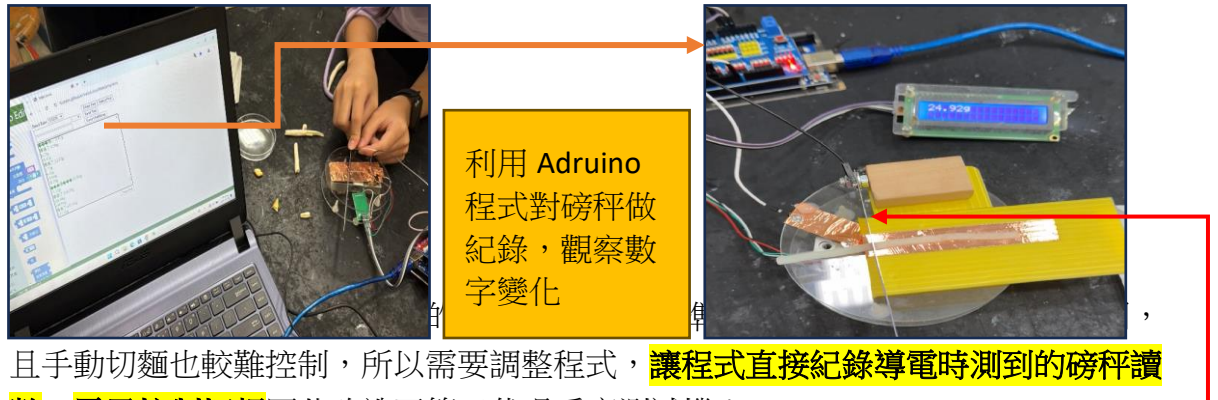
3. 第一代咀嚼度測試機



使用第一代咀嚼度測試機時，切斷的麵條的部份我們採用 30 cm 的鐵尺當作切斷工具，當切斷時整組設備會變成通路，當 LED 燈泡亮起，此時測量到的重量就是麵條的咀嚼度。**但是發現問題！**因為是人為切斷，切的工具選擇也要考量，實驗過程中很難時記錄到燈泡亮起時的磅秤數字，這樣子的人為誤差太大且切的同時其實只要麵條碰到鐵尺就會形成通路，判斷煮熟的麵條中含有電解質，才會讓整個形成通路，這是必須要調整的！調整了實驗過程和設備！

4. 第二代咀嚼度測試機

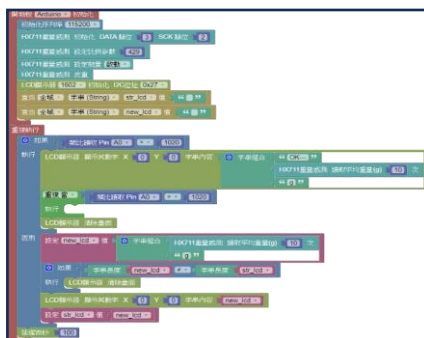
在第一代測試的時候發現，若是直接使用學校飲水機的水煮麵會有電解質，接著第二代咀嚼度測試機測試樣本的時候都會採用不會導電的超純水進行實驗！人為誤差的部分包含了施力與觀察記錄，第二代將對於這幾點進行改造！



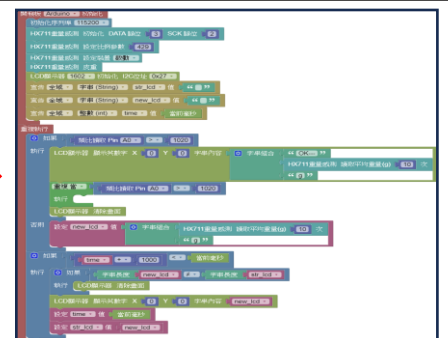
且手動切麵也較難控制，所以需要調整程式，**讓程式直接紀錄導電時測到的磅秤讀數，電子控制切麵**因此改造了第三代咀嚼度測試機！

5. 第三代咀嚼度測試機

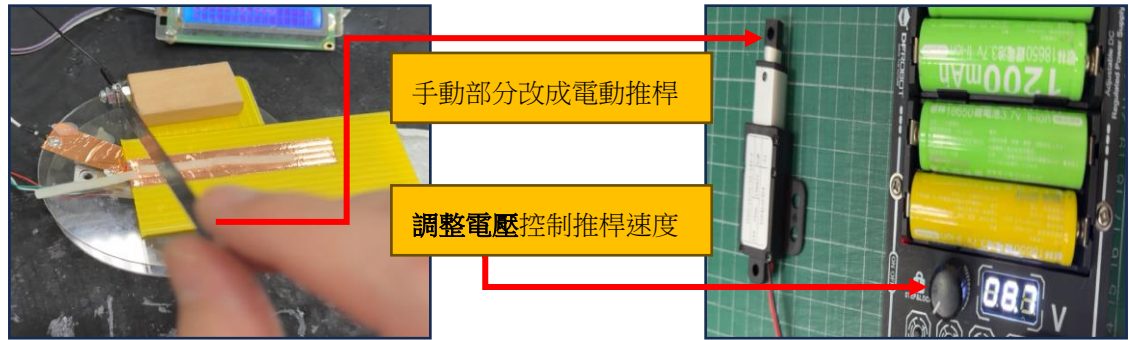
(1) 修正程式



將讀取的秒數調整，顯示重量為切斷剎那時刻的咀嚼度。

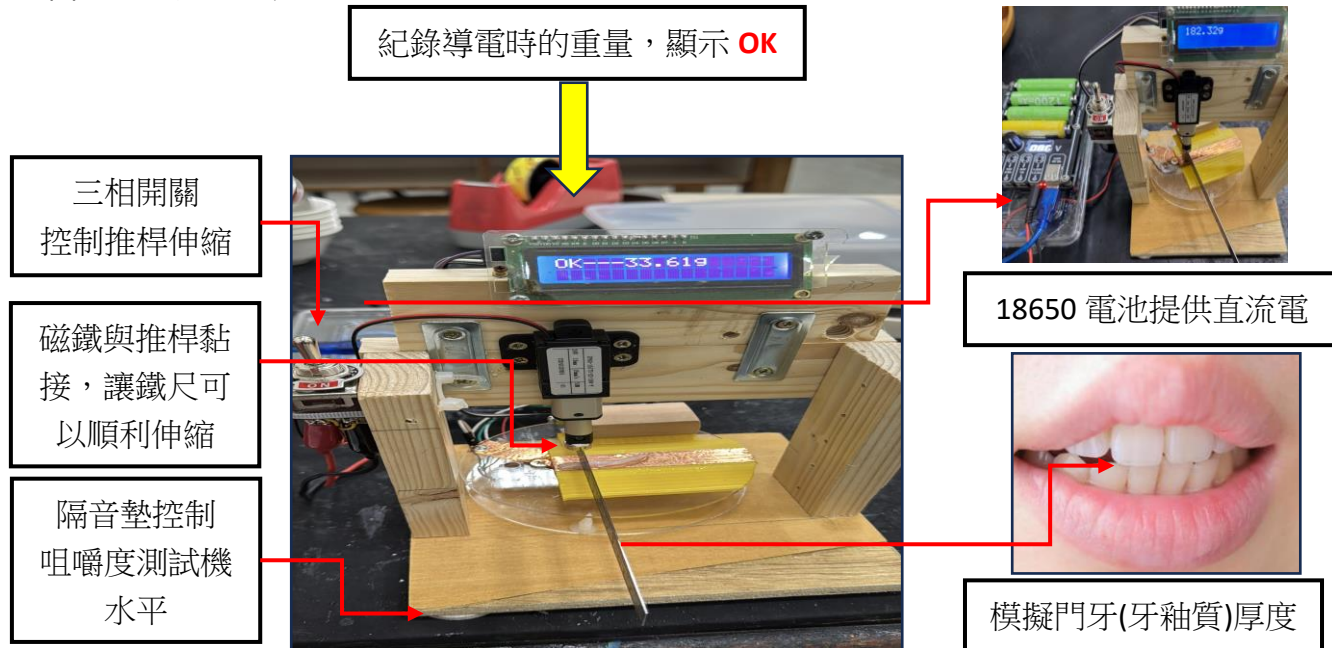


(2) 將手動調整成電子控制



使用 12 V 的電動推桿最高有 7 kg 的推力，且不同電壓會影響推桿的速度，經過測試 8 V 為最理想的速度，推桿的伸縮也要利用電流方向來控制。

(3) 咀嚼度測試機：



六、不同比例麵條延展性之探討

(一)、【不同取代比例是否全部成糰?】**並不是!**

- 研究一相關資料中取代的原料，搭配麵粉與水的比例，將其中麵粉的部分以上述八種不同的粉類取代，取代的比例如下：(單位：g)











(1) 各種粉類取代麵粉：

取代比例	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
麵粉	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
黃豆粉	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
馬鈴薯粉	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
樹薯粉	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
在來米粉	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
蓬萊米粉	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50











大燕麥片	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
玉米粉	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

2. 不同比例進行標準流程的和麵，利用 50 克粉末材料搭配 20 g 的水進行 10 分鐘的和麵程序，接著用自製壓麵器、麵條切割器製作出麵條，結果如下：











(1) 黃豆粉取代麵粉：<此研究照片為第二作者拍攝>

取代比例	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
是否成團	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
成團結果										











(2) 馬鈴薯粉取代麵粉：

取代比例	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
是否成團	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
成團結果										











(3) 樹薯粉取代麵粉：

取代比例	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
是否成團	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
成團結果										











(4) 在來米粉取代麵粉：

取代比例	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
是否成團	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
成團結果										

(5) 蓬萊米粉取代麵粉：

取代比例	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
是否成團	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
成團結果										

(6) 燕麥片取代麵粉：無法均勻混合

取代比例	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
是否成團	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
成團結果										

(7) 玉米粉取代麵粉：

取代比例	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
是否成團	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗



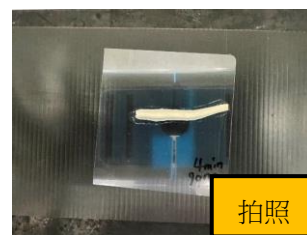
根據不同比例混合成的麵團，**發現僅有黃豆粉可以完全取代**製作成麵糰且切割成麵條形狀，**其他的取代極限為 70 %**，太多因為原料的特性無法成團，大燕麥片則是吸水會膨脹且無法和麵粉均勻混合擀平時會裂開，需要再加工才有辦法製成麵條。

(二)、【延展性測試】<此研究照片為第二作者拍攝>

- 不同比例的麵條製作完成後，接著測試所有麵條的延展性測試，根據煮麵的經驗，將延展性測試分為**不同烹煮時間的測試**，分別烹煮 1-9 分鐘，分別測量施壓 8 kg 力量後面積的變化比例。但是在烹煮的時候發現 1-2 分鐘用手捏開麵團粉心還在，延展性測試則從 3-9 分鐘進行面積變化測試。

2. 測量方法：

- (1) 將樣本麵條切成每段 5 公分的長度，分別放入沸水烹煮
- (2) 計時烹煮取出麵條，馬上放到冷水降溫，進行測量
- (3) 放在 8 cm × 8 cm 透明片進行施壓 8 kg 測試面積變化



3. 測量結果：<此研究照片為第二作者拍攝>

- (1) 純麵粉測試結果如下表：表格內數字為三次平均


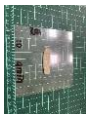





1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	6 分	7 分	8 分	9 分
沒熟	沒熟	17.28%	19.37%	20.78%	24.73%	26.78%	31.24%	36.33%

- (2) 黃豆粉取代測試結果：表格內數字為三次平均

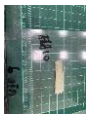

取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
3 分	19.98%	2.30%	3.03%	4.70%	7.81%	8.14%	9.13%	13.27%	14.55%	23.20%
4 分	18.11%	2.70%	4.33%	5.33%	9.32%	12.36%	12.34%	15.96%	14.78%	33.72%
5 分	17.92%	3.22%	5.93%	6.71%	10.22%	23.33%	15.96%	21.44%	30.27%	37.21%
6 分	17.52%	3.78%	6.98%	7.66%	13.40%	40.89%	23.36%	28.63%	40.16%	43.22%
7 分	16.42%	5.66%	7.12%	12.33%	17.33%	43.78%	32.55%	32.44%	43.33%	45.37%
8 分	15.33%	10.83%	8.77%	15.36%	18.69%	48.61%	37.41%	42.64%	45.24%	47.83%
9 分	14.62%	13.78%	9.15%	17.32%	20.08%	56.95%	57.33%	58.42%	59.11%	59.73%
測試照片										

- (3) 馬鈴薯粉取代測試結果：

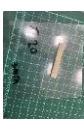

取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
3 分	8.16%	6.20%	26.46%	16.95%	8.16%	9.88%	65.85%

4 分	12.32%	5.12%	26.32%	18.32%	9.33%	7.33%	63.22%
5 分	23.88%	33.21%	24.55%	22.47%	10.23%	6.12%	78.38%
6 分	34.85%	48.87%	26.76%	32.55%	11.78%	1.15%	75.20%
7 分	37.21%	46.21%	23.12%	16.33%	18.32%	5.78%	69.22%
8 分	42.33%	43.17%	11.78%	18.32%	19.33%	11.63%	67.36%
9 分	54.71%	41.32%	8.85%	0.89%	22.17%	16.04%	68.15%
測試 照片							

(4) 樹薯粉取代測試結果：







取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
3 分	22.13%	22.94%	7.67%	1.42%	9.83%	12.53%	44.44%
4 分	21.33%	23.74%	8.63%	2.35%	14.25%	13.78%	45.32%
5 分	15.32%	32.77%	9.21%	4.78%	21.33%	14.32%	44.15%
6 分	16.47%	43.77%	9.94%	11.18%	27.42%	15.27%	46.48%
7 分	18.32%	42.33%	12.33%	7.89%	26.78%	16.88%	46.33%
8 分	33.17%	12.78%	22.78%	6.33%	23.88%	17.32%	43.17%
9 分	51.18%	7.55%	37.25%	2.50%	28.73%	18.30%	44.04%
測試 照片							

(5) 在來米粉取代測試結果：




取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
3 分	15.31%	33.87%	43.93%	1.55%	11.70%	38.67%	0.42%
4 分	17.33%	34.77%	40.14%	2.11%	10.24%	28.33%	1.44%
5 分	20.18%	41.32%	23.72%	2.63%	9.12%	12.75%	2.67%
6 分	27.88%	55.99%	17.04%	3.13%	8.03%	1.18%	3.85%
7 分	23.45%	32.44%	15.33%	4.55%	7.39%	13.47%	4.42%
8 分	24.53%	37.12%	7.25%	23.84%	7.64%	17.55%	5.28%
9 分	26.24%	41.36%	5.83%	34.28%	7.95%	25.10%	6.14%
測試 照片							

(6) 蓬萊米粉取代測試結果：

取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
3 分	15.72%	31.78%	41.23%	2.73%	10.11%	34.43%	0.52%
4 分	17.36%	32.14%	38.12%	3.14%	9.11%	26.33%	1.30%
5 分	21.18%	39.11%	21.33%	2.88%	8.12%	14.21%	3.47%

6 分	26.33%	51.89%	15.42%	4.69%	7.12%	16.55%	4.12%
7 分	22.78%	31.58%	14.15%	6.33%	6.47%	15.44%	5.36%
8 分	25.96%	36.18%	8.69%	31.15%	6.33%	18.22%	5.78%
9 分	27.42%	42.34%	7.83%	35.55%	8.78%	27.32%	6.11%
測試 照片							

(7) 玉米粉取代測試結果：

取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
3 分	21.33%	21.14%	20.14%	1.42%	9.47%	11.36%	43.22%
4 分	22.41%	29.32%	19.33%	2.35%	13.25%	14.96%	43.17%
5 分	16.47%	28.34%	21.32%	4.78%	23.17%	15.58%	41.58%
6 分	17.32%	41.22%	33.41%	11.18%	25.42%	17.32%	45.33%
7 分	17.77%	37.42%	18.32%	6.67%	24.32%	19.33%	44.78%
8 分	31.25%	11.63%	21.69%	8.32%	21.58%	20.12%	42.33%
9 分	52.44%	9.32%	36.42%	4.52%	31.15%	22.23%	43.58%
測試 照片							

4. 測試結果分析：

1. 黃豆粉取代	<p>1. 烹煮的時間越長，面積變化的越明顯，代表烹煮時間越長，黃豆取代麵條越軟爛沒有彈性。</p> <p>2. 黃豆取代的比例可以 100 %，但是取代的比例越高，彈性較差、也較軟爛。</p> <p>3. 黃豆取代麵烹煮的時間約 5 分鐘最為理想，超過 5 分鐘彈性和軟爛程度都會大幅度增加。</p> <p>4. 黃豆粉取代的比例越高，麵條豆生味也越重。</p>
2. 馬鈴薯粉取代	<p>1. 有馬鈴薯粉取代的麵條煮完之後發現，麵條外觀顏色呈現較透明的狀態，看起來比較像是 QQ 圓的樣子。</p> <p>2. 不同比例中，烹煮的時間越長，面積變化也更大，代表烹煮太久也會造成麵條口感軟爛失去彈性。</p> <p>3. 馬鈴薯粉過多會無法形成麵糰，取代比例 70 % 為極限。</p> <p>4. 若馬鈴薯粉比例超過 70 %，需要靠加熱糊化馬鈴薯澱粉來製作，類似傳統米製品的粿脆。</p> <p>5. 烹煮時間約 5 分鐘最為理想，超過 5 分鐘數據變化較大。</p> <p>6. 70 % 取代的面積變化不管烹煮時間都相差不大，推測馬鈴薯比例超過 70 % 就失去麵條原有的特性。</p>
3. 樹薯粉取代	<p>1. 樹薯粉取代的麵條烹煮完外觀也較為透明。</p>

	2.不同比例中，烹煮的時間越長，面積變化也越大。 3.樹薯粉比例超過 70 %就無法成行，澱粉結構無法成團。 4.樹薯粉比例超過 30 %之後發現，相同的粉水比，製作出來的麵條手感也較軟爛，不好塑形。
4.在來米粉取代	1.在來米粉取代的麵糰製作時發現，比例超過 30 %在塑形的時候很容易斷裂，與在來米粉的結構有關。 2.在來米粉取代的比例最高為 70 %，超過 70 %需要靠糊化的過程來幫忙塑形。 3.烹煮的時間越長，面積的變化越大。烹煮的時間 5 分鐘口感最為理想。 4.取代比例 70 %時變化不大，且已經與麵條口感差異很大。
5.蓬萊米粉取代	1.蓬萊米粉取代的麵條，製作時發現若是蓬萊米的比例超過 30 %時，在操作壓麵與切割時，較容易斷裂，且麵糰顏色也較白。 2.蓬萊米粉取代比例最高為 70 %，超過 70 %需要靠糊化的過程來幫忙塑形。 3.烹煮的時間越長，面積的變化越大，口感較差。烹煮的時間 5 分鐘口感最理想，烹煮時間較短發現面積變化很大，觀察發現麵糰沒有熟，呈現軟爛糊糊的狀態。 4.取代比例 70 %數據差異不大，推測已經與麵條的口感差異很大，基本上已經是蓬萊米粉條了！
6.玉米粉取代	1.玉米粉取代的麵條，外觀顏色較麵粉白，在相同的粉水比製作時，取代的比例越高麵糰的手感越軟，不好操作整形。 2.玉米粉取代的比例最高為 70 %，超過 70 %需要靠糊化的過程幫忙成團。 3.烹煮的時間越長，面積的變化越大，口感較差。

七、不同比例麵條咀嚼度之探討

(一)、不同麵條咀嚼度測試

咀嚼度判斷麵條是否容易咬斷以及嚼勁，根據上面實驗發現，麵條煮熟需要 3 分鐘，接著按照軟爛和彈性的測試發現，煮麵 5 分鐘會最理想，超過則數字變化較大，接著我們測試麵條咀嚼度則會以沸水烹煮 3 分鐘、5 分鐘、9 分鐘，分別以剛煮熟、最佳烹調時間、烹調過久時間進行測試與分析。

1. 不同比例麵條咀嚼度測試

(1) 純麵粉麵條(以下數字為三次平均，單位：g)

3 分	672.83
5 分	657.33
9 分	601.34

麵條的烹煮時間越長，咀嚼度則越低。

(2) 黃豆取代

取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90%	100%
3 分	649.24	593.83	772.14	662.61	656.71	691.31	231.14	312.66	478.19	625.93
5 分	643.43	636.51	621.57	709.43	642.88	685.30	386.90	335.29	495.48	769.86
9 分	660.38	596.48	693.04	667.40	631.67	560.60	281.96	538.53	399.63	690.72

(3) 馬鈴薯粉取代

取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
3 分	675.24	672.63	597.35	687.09	670.34	711.05	578.52
5 分	639.11	590.19	631.33	583.27	673.37	715.50	591.54
9 分	667.78	539.51	564.24	636.38	722.07	718.99	763.99

(4) 樹薯粉取代

取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
3 分	658.81	632.31	632.31	722.52	655.78	616.74	720.48
5 分	664.98	637.18	655.19	735.66	696.45	732.15	684.28
9 分	511.98	522.54	522.543	700.47	695.48	701.48	668.14

(5) 在來米粉取代

取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
3 分	688.73	695.97	664.13	560.84	533.12	396.45	467.85
5 分	671.27	583.25	647.45	569.10	438.14	465.69	445.98
9 分	670.46	696.64	257.33	469.52	437.77	226.78	176.64

(6) 蓬萊米粉取代

取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
3 分	679.88	694.25	664.14	578.32	543.38	355.63	488.71
5 分	663.78	633.12	612.22	543.26	438.14	465.69	445.98
9 分	533.12	696.60	257.34	469.53	437.75	226.78	176.64

(7) 玉米粉取代

取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
3 分	688.73	690.63	699.12	702.65	704.8	705.66	743.14
5 分	664.19	668.67	689.36	700.17	701.7	712.39	733.25
9 分	605.66	643.28	678.32	698.77	703.3	707.33	712.33

(二)、 測試綜合結果：

黃豆粉取代	1. 取代的比例越高，咀嚼度測試後越低。 2. 烹煮的時間越長，咀嚼度也降低。 3. 取代比例超過 70 %時，咀嚼度大幅降低。
馬鈴薯粉取代	1. 取代的比例在 30 %、70 %時，咀嚼的突然降低。 2. 烹煮的時間越長，咀嚼度降低，但取代超過 50 %時，咀嚼度反而增加。

樹薯粉取代	1. 取代的比例越高，相同烹煮時間，咀嚼度增加。 2. 烹煮的時間超過 5 分鐘後，咀嚼度差異不大。
在來米粉取代	1. 取代的比例越高，咀嚼度降低。 2. 烹煮的時間越長，咀嚼度降低。 3. 取代比例 70 %時，烹煮時間 9 分，咀嚼度很低。
蓬萊米粉取代	1. 取代的比例越高，咀嚼度降低。 2. 烹煮的時間越長，咀嚼度越低。 3. 烹煮時間過久，咀嚼度都會大幅下降。
玉米粉取代	1. 取代的比例對於咀嚼度影響不大。 2. 烹煮的時間對於咀嚼度的測試影響不大。

八、不同比例營養標示之探討

不同比例的麵條營養成分都不太相同，我們將不同比例的麵條進行營養標示討論，分別討論了熱量、蛋白質含量、膳食纖維含量、過敏原之一的麩質有無進行比較。

(一)、 不同比例熱量(每 100 g 麵團所含有的熱量，單位：Kcal)

	黃豆粉	馬鈴薯粉	樹薯粉	在來米粉	蓬萊米粉	玉米粉
純麵條	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
取代 10 %	253.64	247.85	250.14	250.07	251.00	250.71
取代 20 %	257.29	245.71	250.29	250.14	252.00	251.43
取代 30 %	260.93	243.57	250.43	250.21	253.00	252.14
取代 40 %	264.57	241.42	250.57	250.29	254.00	252.86
取代 50 %	268.21	239.28	250.71	250.36	255.00	253.57
取代 60 %	271.86	237.14	250.86	250.43	256.00	254.29
取代 70 %	275.50	235.00	251.00	250.50	257.00	255.00
取代 80 %	279.14					
取代 90 %	282.79					
完全取代	286.43					

(二)、 不同比例蛋白質含量(每 100 g 麵團所含有的蛋白質，單位：g)

	黃豆粉	馬鈴薯粉	樹薯粉	在來米粉	蓬萊米粉	玉米粉
純麵條	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57
取代 10 %	10.26	8.21	7.75	8.14	8.18	8.14
取代 20 %	11.94	7.86	6.93	7.71	7.79	7.71
取代 30 %	13.63	7.50	6.11	7.29	7.39	7.29
取代 40 %	15.31	7.14	5.29	6.86	7.00	6.86
取代 50 %	17.00	6.79	4.46	6.43	6.61	6.43
取代 60 %	18.69	6.43	3.64	6.00	6.21	6.00

取代 70 %	20.37	6.07	2.82	5.57	5.82	5.57
取代 80 %	22.06					
取代 90 %	23.74					
完全取代	25.43					

(三)、 不同比例膳食纖維含量(每 100 g 麵團所含有的膳食纖維)

	黃豆粉	馬鈴薯粉	樹薯粉	在來米粉	蓬萊米粉	玉米粉
純麵條	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
取代 10 %	2.64	2.04	1.68	1.75	1.71	1.96
取代 20 %	3.50	2.29	1.57	1.71	1.64	2.14
取代 30 %	4.36	2.54	1.46	1.68	1.57	2.32
取代 40 %	5.21	2.79	1.36	1.64	1.50	2.50
取代 50 %	6.07	3.04	1.25	1.61	1.43	2.68
取代 60 %	6.93	3.29	1.14	1.57	1.36	2.86
取代 70 %	7.79	3.54	1.04	1.54	1.29	3.04
取代 80 %	8.64					
取代 90 %	9.50					
完全取代	10.36					

(四)、 麩質的有無(含量少至多，數字分別從 0-10 表示)

	黃豆粉	馬鈴薯粉	樹薯粉	在來米粉	蓬萊米粉	玉米粉
純麵條	10	10	10	10	10	10
取代 10 %	9	9	9	9	9	9
取代 20 %	8	8	8	8	8	8
取代 30 %	7	7	7	7	7	7
取代 40 %	6	6	6	6	6	6
取代 50 %	5	5	5	5	5	5
取代 60 %	4	4	4	4	4	4
取代 70 %	3	3	3	3	3	3
取代 80 %	2					
取代 90 %	1					
完全取代	0					

九、最佳比例麵條製作

(一)、 綜合以上的實驗歸納，從不同的營養來選擇

	推薦 1	推薦 2	推薦 3
熱量	馬鈴薯粉	在來米粉	樹薯粉
蛋白質	黃豆粉	馬鈴薯粉	蓬萊米粉
膳食纖維	黃豆粉	馬鈴薯粉	玉米粉

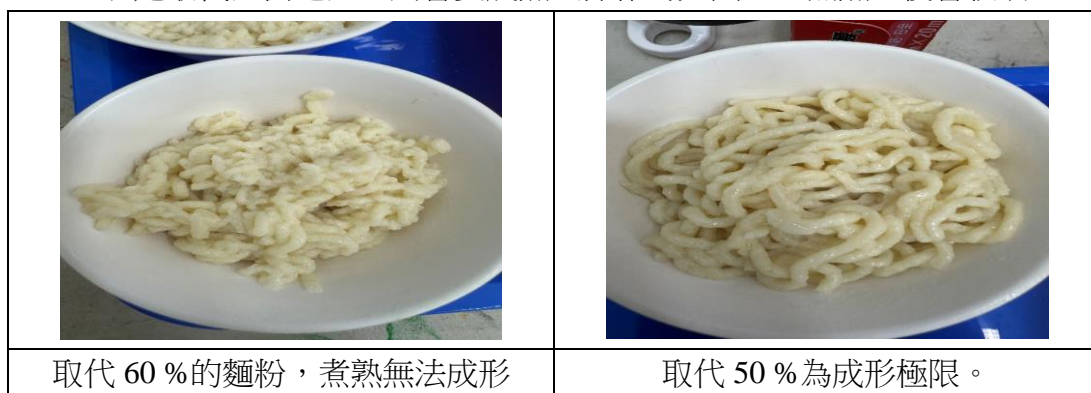
(二)、自製豆腐麵

1. 從先前實驗數據推得，從熱量的部分來看會選擇馬鈴薯粉取代；從蛋白質選擇會從黃豆粉取代；從膳食纖維部分會選擇以黃豆粉取代為主，我們想，若是可以黃豆粉中取代又降低熱量就太棒了！
2. 市售的豆腐麵只是麵條形狀的豆腐，我們想豆腐是低熱量的材料，若是取用豆腐中的低熱量來當作部分的取代材料，是否可行？但按照豆腐的營養標示來看，使用豆腐取代會熱量會降低、蛋白質也降低，算是其中最好的選擇，若是可以找到豆腐和黃豆粉互相搭配的最佳比例就更棒了！

【測試豆腐當做取代原料】<此研究照片為第三作者拍攝>

(1) 豆腐的取代比例是否會成團？

利用市售盒裝板豆腐測是，按照相同的取代比例發現，板豆腐取代比例最高達 50%，若是取代比例超過，則會變成無法操作的麵團，且煮熟之後會軟爛。



根據實驗結果判斷，若是板豆腐的比例過高，提供的黏性以及筋性也較低，無法變成麵團，無法塑形，左邊是利用擠壓的方式直接在沸水中烹調 5 分鐘，所以根據實驗結果，豆腐取代比例最高為 50%。

(2) 以板豆腐取代極限 50% 來看各項含量，資料如下表：(每 100 g 麵團)

	純麵條	50 % 板豆腐取代麵條	相差
熱量	250.00 Kcal	220.30 Kcal	-11.88 %
蛋白質	8.57 g	10.90 g	+27.18 %
膳食纖維	1.79 g	1.86 g	+3.91 %
麩質	✓	✓	-50 %

(3) 以板豆腐 50%、麵粉與黃豆粉混和比例來分析熱量與成團與否，資料如下表：(每 100 g 麵團)

板豆腐	黃豆粉	麵粉	熱量	蛋白質	是否成團
50%	0	50%	221.40	10.90	✓(稍軟)
50%	10%	40%	235.10	13.26	✓
50%	20%	30%	238.70	15.62	✓
50%	30%	20%	242.30	17.98	✓
50%	40%	10%	245.90	20.34	✗
50%	50%	0	249.50	22.70	✗

- (4) 根據上面實驗是否能夠形成麵團來討論，接下來進行三組的延展性測試、咀嚼度測試，結果如下表：(延展性測試、咀嚼度測試為三次平均)

● 烹煮三分鐘

板豆腐	黃豆粉	麵粉	延展性測試	咀嚼度測試
50%	10%	40%	21.78 %	575.15 g
50%	20%	30%	23.61 %	679.01 g
50%	30%	20%	23.52 %	644.47 g

● 烹煮五分鐘









板豆腐	黃豆粉	麵粉	延展性測試	咀嚼度測試
50%	10%	40%	22.78 %	569.31 g
50%	20%	30%	24.33 %	634.40 g
50%	30%	20%	25.12 %	575.58 g

● 烹煮九分鐘

板豆腐	黃豆粉	麵粉	延展性測試	咀嚼度測試
50%	10%	40%	24.11 %	532.71 g
50%	20%	30%	25.63 %	554.35 g
50%	30%	20%	28.78 %	499.23 g

十、麵條最佳品質保鮮期測試

- (一)、 麵條製作後，測試最佳保鮮期有多久，分別利用了脫水烘乾、冷藏保存、冷凍保存來測試麵條的保鮮期，利用咀嚼度測試、延展性測試、pH 值變化、黴菌培養、外觀觀察以及味道評測來判斷最佳保鮮期
- (二)、 測試方法：利用最佳配方在消毒過的環境中自製麵條，並且切割成 4.5 cm 長，5 mm 寬的麵條，分裝成 17 袋置於冰箱冷藏保存、1 袋冷凍保存、1 袋烘乾。
- (1) 麵條烹煮 5 分鐘後進行，延展性測試與咀嚼度測試，方法如前面實驗。
 - (2) pH 值測試：撷取測試 2g 麵條樣本搭配 8 g 蒸餾水，利用 pH 儀檢測酸鹼值。
 - (3) 黴菌培養：利用培養基(PDA)將冷藏不同天的麵條樣本，壓在培養基室溫觀察 2 天是否有菌落產生。
 - (4) 外觀與味道評測：觀察麵條外觀是否出水、味道是否改變。〈此研究照片為第二作者拍攝〉

			
配置檢測溶液	自製烘乾箱烘麵	檢測麵條樣本	消毒器具培養
			
pH 儀測量酸鹼	烘乾後秤重	對照組黴菌培養	麵條黴菌培養

(三)、測試結果

(1) 冷藏天數 pH 值紀錄：

冷藏天數	1 天	2 天	3 天	4 天	5 天
pH 值	8.0	7.9	8.1	7.9	7.8
冷藏天數	6 天	7 天	8 天	9 天	10 天
pH 值	7.7	7.5	7.4	6.5	6.2

pH 值在冷藏 7 天後開始酸化，到第 9 天時，已經變成酸性。

(2) 烘乾麵條室溫存放 pH 值紀錄：

存放天數	1 天	2 天	3 天	4 天	5 天
pH 值	7.9	7.7	8.0	7.6	7.4
存放天數	6 天	7 天	8 天	9 天	10 天
pH 值	7.3	6.4	6.4	6.5	6.3

乾燥後保鮮袋室溫存放，第 7 天開始變成酸性。

(3) 冷凍天數 pH 值紀錄：

冷凍天數	1 天	2 天	3 天	4 天	5 天
pH 值	8.0	7.9	8.1	7.9	7.8
冷凍天數	6 天	7 天	8 天	9 天	10 天
pH 值	7.7	7.6	7.9	7.6	7.7

冷凍 10 天保存 pH 變化不大。

(4) 室溫培養 48 小時菌落是否產生：

	冷凍保存	冷藏保存	乾燥保存	市售麵條	自製麵條	豆腐麵
1 天	×	×	×	×	×(變色)	×
2 天	×	×	×	×	✓	×
3 天	×	×	×	×	✓	✓
4 天	×	×	×	✓	✓	✓
5 天	×	×	×	✓	✓	✓
6 天	×	×	×	✓	✓	✓
7 天	×	✓	×	✓	✓	✓
8 天	×	✓	✓	✓	✓	✓
9 天	×	✓	✓	✓	✓	✓
10 天	×	✓	✓	✓	✓	✓

(5) 咀嚼度和延展性測試(咀嚼度單位：g)

	冷凍 1 天	乾燥 1 天	冷藏 1 天	冷藏 2 天	冷藏 3 天	冷藏 4 天	冷藏 5 天	冷藏 6 天	冷藏 7 天
咀嚼度	437.12	337.12	650.34	633.14	620.14	637.12	653.12	611.25	607.78
延展性	34.33%	31.78%	25.72%	26.77%	24.32%	25.78%	26.32%	27.11%	28.3%

伍、研究結果與討論

研究一：搜尋各種粉類與麵條製作相關資料

- (一)、大部分的粉類已常見的為主，所以我們選擇了玉米粉、樹薯粉、馬鈴薯粉、在來米粉、燕麥片、蓬萊米粉為主。
- (二)、製作麵條的方式很多種，參考了丙級麵食檢定的書籍和市場麵攤的老闆經驗來製作麵條，最後**制定了一套標準流程**來製作我們的麵條。
- (三)、調查 100 位民眾，了解一般民眾喜歡麵條的條件是什麼，**大部分的民眾以有彈性、有嚼勁為麵條好不好吃的標準。**

研究二：取代原料的選擇

- (一)、此次研究主題以**降低熱量、降低過敏原**、像是**麵條口感**為出發點，因此在原料的選擇分了幾種項目來選擇。

1. 選擇順序：

	推薦 1	推薦 2	推薦 3
熱量	傳統豆腐	馬鈴薯粉	在來米粉
蛋白質	黃豆粉	高筋麵粉	傳統豆腐
膳食纖維	黃豆粉	在來米粉	高筋麵粉
麩質有無	僅麵粉含有麩質		

2. 利用碘液檢測澱粉的含量：

	麥片	在來米	玉米粉	黃豆粉	麵粉	蓬萊米	馬鈴薯	樹薯粉
B/R	0.91	0.90	1.00	0.97	0.93	0.90	1.10	1.07
澱粉含量	低	低	少量	低	低	低	較高	中

根據澱粉的含量和提供的養分，綜合性判斷會建議**以黃豆粉、馬鈴薯粉、傳統豆腐當作取代的原料。**

研究三：製作和麵機、壓麵機、麵條切割機

一、製作和麵機 <此研究照片為第一指導老師拍攝>

根據市場麵條攤老闆經驗，攪拌的**時間和力道**也會影響到麵團的特性，因此我們自製了和麵機，確保每次攪拌的過程都是相同，不會因為攪拌的不同而影響了實驗結果，利用**電壓控制馬達**的轉速來控制，將標準流程設計如右表。

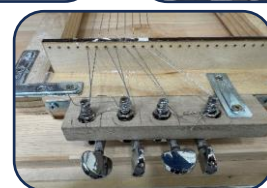


0-2 分鐘	2-4 分鐘	4-10 分鐘
低速攪拌	中速攪拌	高速攪拌
電壓 6V	電壓 12V	電壓 18V

二、 壓麵機 <此研究照片為第一指導老師拍攝>
麵條的厚度選擇也很多種，根據麵食加工丙級技術士技能檢定書上建議，將此次麵條厚度設定在 1.5 mm，也自製的電動壓麵機，確保每一次製作的麵條規格都相同。



三、 麵條切割機 <此研究照片為第一指導老師拍攝>
麵條的寬度也會影響到口感的不同，利用了鐵絲和金屬旋鈕，搭配雷射切割機精準控制寬度，自製了麵條切割機。

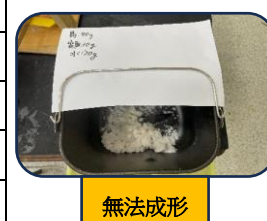


為了實驗精準與公平，此次研究自製了一系列器材，從攪拌到切割都可以精準控制。

研究四、五：自製麵條延展性測試機

(一)、 不同取代原料是否會成團 <此研究照片為第一作者拍攝>

取代比例	黃豆粉	馬鈴薯	在來米	蓬萊米	樹薯粉	玉米粉
10 -70%	✓	✓	✓	✓	✓	✓
80 %	✓	✗	✗	✗	✗	✗
90 %	✓	✗	✗	✗	✗	✗
100 %	✓	✗	✗	✗	✗	✗



取代成團的比例除了黃豆粉外，其餘最高取代極限為 70 %。

(二)、 不同取代原料麵條的外觀與延展性比較，延展性比較麵條以烹煮 5 分鐘為標準。



【黃 豆】80 %時與麵條相差 3.17 %
【馬鈴薯】40 %時與麵條相差 8.13 %
【在來米】10 %時與麵條相差 2.88 %
【蓬萊米】10 %時與麵條相差 1.92 %
【樹薯粉】50 %時與麵條相差 2.64 %
【玉米粉】30 %時與麵條相差 2.59 %
以上是與麵條最相近的比例。

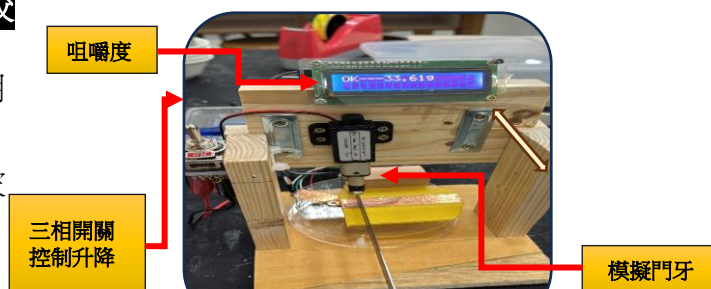
根據不同比例以烹煮五分鐘分析，不同取代的原料有不一樣的結果，根據分析，以上是和麵條最相近的比例，若是要以延展性來看，可以利用以下的取代比例得到延展性最相似麵條的，比例如下表：

取代原料	黃豆粉	馬鈴薯粉	在來米粉	蓬萊米粉	樹薯粉	玉米粉
取代比例	80 %	40 %	10 %	10 %	50 %	30 %

但是在製作時發現，若是黃豆粉取代比例過高，豆味會太濃，會影響到吃的味道。

研究六、七：自製麵條咀嚼度測試機與比較

- (一)、咀嚼度測試機主要測量麵條的咀嚼度，利用切斷的力量來判斷是否好咬，根據市場調查，一般民眾認知好吃的麵條咬勁也是大家的主要考量之一。
- (二)、機器模擬門牙切斷麵條的型式製作。
- (三)、咀嚼度與純麵條差異比較表(純麵條-取代/純麵條，烹煮五分鐘)



取代 比例	黃豆粉	馬鈴 薯粉	在來 米粉	蓬萊 米粉	樹薯粉	玉米粉	純麵條
10 %	2.11%	2.77%	-2.12%	-0.98%	-1.16%	-1.04%	
20 %	3.17%	10.21%	11.27%	3.68%	3.07%	-1.73%	
30 %	5.44%	3.95%	1.50%	6.86%	0.33%	-4.87%	
40 %	-7.93%	11.27%	13.44%	17.35%	-11.91%	-6.52%	
50 %	2.20%	-2.44%	33.35%	33.35%	-5.94%	-6.75%	
60 %	-4.26%	-8.85%	29.15%	29.15%	-11.37%	-8.38%	
70 %	10.71%	10.01%	32.15%	32.15%	-4.10%	-11.55%	
80 %	48.99%						
90 %	85.47%						
100 %	-17.12%						657.33

根據實驗分析，在玉米粉取代中，麵條的咀嚼度會變更高，其餘取代的比例越高，咀嚼度會較原本麵條較差，若是以咀嚼度來看，麵粉的比例建議不要低於 70 %，才能保有與原本較相似的口感。

	推薦比例 1	推薦比例 2
取代原料	黃豆粉	馬鈴薯粉
取代比例	10 %	30 %

研究八：不同比例營養之探討

- (一)、熱量的來源為三大營養素，蛋白質、醣類、脂質，此次科展討論熱量部分以營養標示來提供資訊來做為計算，並納入了膳食纖維以及麩質的有無進行討論。
- (二)、根據研究一的資料發現，若是越營養的取代材料則熱量越高，所以必須找到一個恰到好處的比例，因此以降低熱量為首、蛋白質次要和膳食纖維的部分考量，馬鈴薯粉以及黃豆粉是取代粉類中相較較好的原料。黃豆雖然提供了大量的蛋白質和膳食纖維，不過相對的熱量也對於其他粉類高出許多。相較其他粉類大部分只有降低熱量，若是可以找到黃豆恰到好處的比例就更棒了！下表是與純麵條相比：

	熱量	蛋白質	膳食纖維	咀嚼度	麩質含量	延展性
黃豆粉 10 %	+0.65 %	+19 %	+48 %	+2.11 %	-10 %	+13 %

馬鈴薯粉 30 %	-1.2 %	-12.5 %	+42 %	3.95%	-30 %	18 %
--------------	---------------	---------	-------	-------	--------------	------

任何取代的原料都會降低麩質，所以麩質不列入最主要的考量，若是以這兩者比較來看，雖然黃豆粉熱量會增加 0.65 %，但是**蛋白質、膳食纖維、麩質含量、咀嚼度、延展性**各方面都來的比其他粉類理想，**黃豆粉取代是最好的選擇**。

研究九：最佳比例麵條製作

- (一)、綜合以上取代原料，發現只要是要**營養成分較高，熱量一定會跟著提升**，因為營養素同時也提供大量的熱量，所以必須找到恰到好處的比例，製作出無負擔的麵條。
- (二)、降低熱量、更多營養是我們製作麵條目標，因此我們選擇了黃豆粉取代，但是在黃豆粉取代的同時，熱量會增加 0.65 %，因此想到市售的豆腐麵，提供我們靈感，若是我們可以**搭配豆腐、黃豆粉、麵粉**製作出麵條，找到恰到好處的比例就更棒了！此次以**傳統豆腐(板豆腐)**為主，因為板豆腐的添加物較少，原料相對單純，符合健康原則。
- (三)、根據測試整理與麵條比較，如下表：

	板豆腐	黃豆粉	麵粉	延展性	咀嚼度	熱量	蛋白質	膳食纖維
配方 1	50%	10 %	40 %	10 %	-13 %	-35.59 %	+55%	33%
配方 2	50%	20 %	30 %	17 %	-3 %	-34.60 %	+82%	95%
配方 3	50%	30 %	20 %	21 %	-12 %	-33.62 %	+110%	158%

根據實驗結果，若是有加入板豆腐的麵條在**熱量上都可以減少 30 %以上、蛋白質可以增加 50 %以上、膳食纖維在特定比例可以增加超過一倍**，結合板豆腐製作的麵條不管在熱量上、蛋白質、膳食纖維都是最佳選擇！口感中的彈性差異 3 %、延展性差異為 10 %。經過調查，**配方 3**豆味太重、搭配國人膳食營養素參考攝取蛋白質量建議，故以**配方 2**為**最佳比例**進行問卷調查！

- (四)、感官評測調查**配方 2**麵條，結果如下：

今天嘗試的麵條 與往日麵條 豆腐麵相比				
1: 彈性(與往日麵條相比) (3 代表與以往經驗相似，數字越大，表示越好)				
1	2	3	4	5
2: 彈性(與豆腐麵相比)				
1	2	3	4	5
3: 香氣(與往日麵條相比)				
1	2	3	4	5
4: 香氣(與豆腐麵相比)				
1	2	3	4	5
5: 嚼勁(與往日麵條相比)				
1	2	3	4	5
6: 嚼勁(與豆腐麵相比)				
1	2	3	4	5
7. 我們自製的麵條熱量較一般麵條熱量降低 34.6 %、蛋白質增加 82 %、膳食纖維增加 95 %，會不會願意嘗試我們的麵條				
<input type="checkbox"/> 願意 <input type="checkbox"/> 不願意				

- 統計後，3 分以上達 79 %，**彈性口感接受度高！**
- 統計後，3 分以上達 **93 %**，彈性口感**較豆腐麵佳！**
- 統計後，3 分以上達 **93 %**，香氣比**往日麵條佳！**
- 統計後，3 分以上達 82 %，香氣比**豆腐麵佳！**
- 統計後，3 分以上達 86 %，嚼勁**接受度高！**
- 統計後，3 分以上達 **93 %**，嚼勁比**豆腐麵好！**
- 統計後，願意嘗試高達 **96 % 成功！**

感官評測調查結果，**願意嘗試我們自製的麵條高達 96 %**，

研究十：麵條最佳品質保鮮期測試

- (一)、最佳保鮮期我們按照咀嚼度測試、延展性測試、酸鹼值測試、外觀味道評測、菌落的產生來判斷保鮮期的長短，標準設定為：**酸鹼值、外觀、味道、菌落**只要有一項不符合標準，即為超過最佳品質保鮮期。

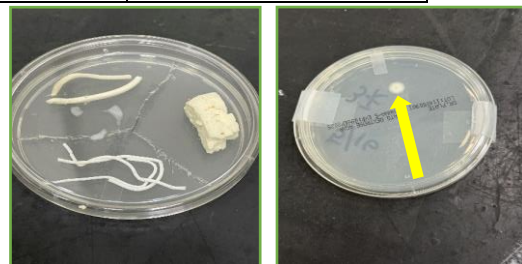
(二)、本次主題為降低熱量又有口感的麵條，冷凍以及烘乾的方式不符合標準，麵條本身原料的特性，經過冷凍之後咀嚼度與原本自製麵條相差約 31%、延展性相差約 11%；烘乾之後咀嚼度與原本自製麵條相差約 46%、延展性相差約 7.54%，故自製麵條不推薦冷凍或乾燥的方式保存。

(三)、根據標準

酸鹼值(明顯變酸)	外觀是否出水	味道(與原本差異)	菌落出現(48H)
7 天	9 天	8 天	10 天

根據判斷標準，最佳品質保鮮期應在 7 天內食用完畢。

發現問題！市售冷藏包裝的麵條存放 20 天~45 天，是因為市售產品有添加食品添加劑，可以抑制腐壞，我們自製的麵條尚未加入任何抑菌劑，因此建議自製麵條完後，在 7 天內食用完畢。



<照片為第一指導老師拍攝>

陸、結論

麵粉製作的麵條含有蛋白質、麩質、碳水化合物，麩質中的蛋白和水的結合控制了麵團的延展性與彈性，因此若是要有麵條的口感少不了麵粉的參與，此次科展測試不同取代的原料發現，若是原料提供不足的蛋白則無法做出類似麵條口感的產品。

此次研究以更健康為出發點，降低熱量、提供更多的營養元素是我們追求的目標！自製【標準麵團攪拌機】、【厚度一致電動壓麵機】製作標準麵團，設計了【延展性測試機】、【咀嚼度測試機】來檢測自製麵條的口感特性，以及設定一套標準烹調測試流程，經過澱粉含量實驗的測試、原料特性的分析、以及實際操作的結果，發現黃豆粉、馬鈴薯粉、在來米粉、蓬萊米粉是可以作為替代。

在【延展性實驗中】發現，取代的比例過高延展性與麵條相差越多，僅黃豆與馬鈴薯取代有較好的表現，在【咀嚼度實驗中】取代的比例建議不超過 30%，超過則與麵條咀嚼口感相差太大！

在【最佳比例麵條】實驗中發現，板豆腐、黃豆粉、麵粉分別以 50%、20%、30% 最佳的比例製作出的麵條，吃下一份麵條，可以降低熱量 34.6%、增加蛋白質 82% 吸收、增加 95% 膳食纖維攝取，成功製作出營養又可以減輕負擔的麵條！

經過感官評測調查發現，與食用【白麵條】的經驗來比，在五點量表中，彈性部分我們平均分數為 3.51 分與比過往經驗好、在香氣平均分數為 4.33 分，香氣較白麵條佳、嚼勁平均分數為 3.51 分，比白麵條更有嚼勁。與【市售豆腐麵】相比，彈性平均分數 4.37 分，比市售豆腐麵彈性更好、香氣平均分數為 4.55 分，比市售豆腐麵香、嚼勁平均分數 4.37 分，比市售豆腐麵更有嚼勁。民眾願意為了降低熱量、同時可以攝取更多的蛋白質與膳食纖維嘗試我們自製最佳比例麵條！

在【最佳品質保鮮期】實驗中，經過酸鹼值的變化、菌落的產生、味道的變異、外觀是否出水中，在完全沒有額外添加食品添加劑自製的麵條，在冷藏中保鮮期可達 7 天。

我們用板豆腐和黃豆粉取代部分麵粉，成功做出低熱量又有高蛋白和膳食纖維的健康麵條。這樣的麵條口感好、低熱量、營養高，冷藏保存可維持新鮮度達 7 天！

柒、未來展望

- 1.攪拌的過程未來可利用不同的攪拌模式來測試，是否會影響麵糰的彈性。
- 2.可以嘗試更多種類的取代原料測試，降低熱量增加營養元素。
- 3.可以測試不同方法製作的豆腐是否會影響麵條的口感，使麵條的熱量更低，口感增加。
- 4.探討不同的保存方式是否也會影響麵條的口感。

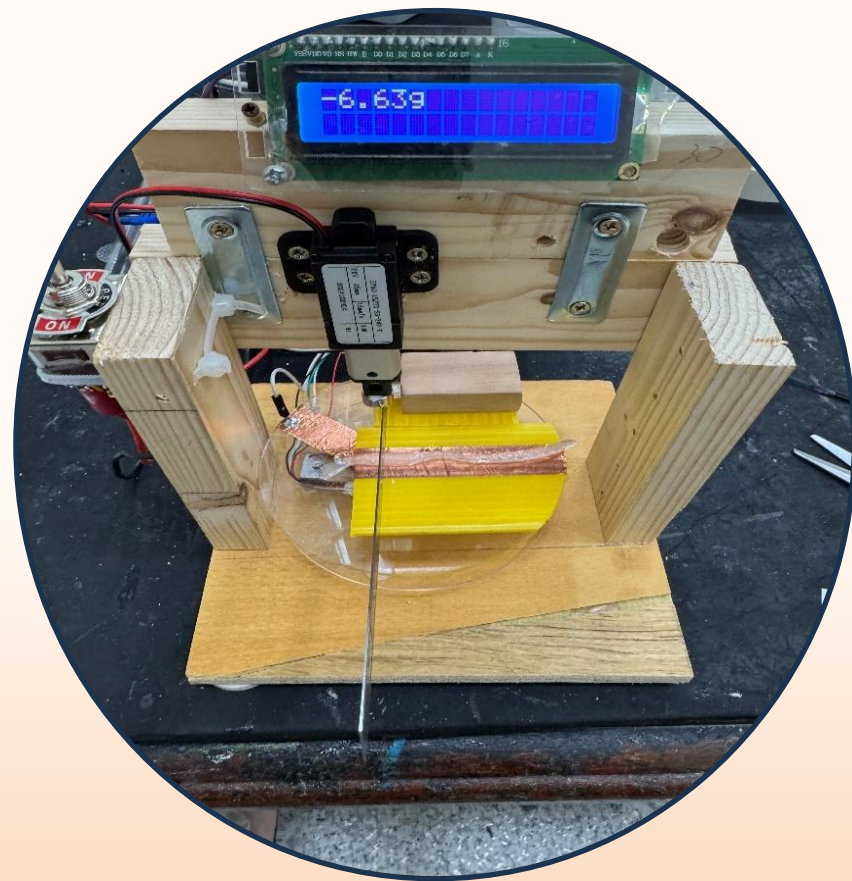
捌、參考資料及其他

1. <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/169714/nutrients>(原料成分)
2. 屏東農產網站(在來米粉、蓬萊米粉)
3. https://zh-tw.photo-ac.com/search/%E9%96%80%E7%89%99?is_tag=true 門牙圖片
4. https://consumer.fda.gov.tw/index.aspx_jo4g/ 衛生福利部食品藥物管理署
5. <https://www.zwickroell.com/tw/industries/food-packaging/test-fixtures-for-texture-analysis/> 咀嚼度測試機參考
6. <https://www.yilinkibun.com.tw/product.php?act=view&id=9> 豆腐麵
7. <https://www.ksp-noodle.com/process/%E9%BA%B5%E6%A2%9D%E8%A3%BD%E4%BD%9C%E6%B5%81%E7%A8%8B.htm> 麵條製作流程
8. 「國人膳食營養素參考攝取量」第八版_線上說明會之重點紀要
9. 康軒三上自然第四單元，廚房裡的科學
10. 康軒三下自然第二單元，溫度變化對物質的影響
11. 康軒五下自然第四單元，熱的作用與傳播
12. 康軒六上自然第二單元，水溶液
13. 康軒四上健康與體育第一單元，食在有營養
14. 康軒五下健康與體育第二單元，健康安全飲食
15. 康軒六下健康與體育第一單元，食品安全解密

【評語】 082921

1. 本研究主題明確，依熱量、低過敏原原料選擇下找出最佳配方比自製麵條，並使用自製和麵機、壓麵機、麵條切割機及咀嚼、延展測量器，設計製作及測量標準化流程，具實驗精神，並提升實驗手作的挑戰及趣味性。
2. 本研究成品低熱量、低過敏原且兼具麵條口感的健康麵條，具有創新與應用性，學生在實驗原料及食品製作過程中學習健康飲食科學知識，並實踐在生活中。
3. 此實驗牽涉不同原料對麵團成團的成功與否，建議加入實驗原理說明及探討，並輔以科學數據之結果呈現。

作品海報



麵麵俱到



-不同原料取代比例降低熱量之口感探討

壹、摘要

全球以麵條為經常主食的人口超過20億，此次研究將利用原料的分析、製作的標準化、以及器材的設計與測量，找出最佳比例，目的是製作出降低熱量又健康的麵條！

自製【**延展性測試機**】測量自製麵條的**彈性與軟爛程度**，從嚼勁的口感，自製【**咀嚼度測試機**】，模擬門牙切斷麵條的方式**搭配電子紀錄**測量**麵條的咀嚼度**，從原料分析熱量以及營養元素，綜合以上判斷找出最佳比例！

最佳比例麵條板豆腐50%、黃豆粉20%、麵粉30%結合【**麵條感官評測**】，綜合評比後**高達96 %**民眾願意嘗試，獲得民眾青睞！實驗歸納，最佳比例麵條，吃下相同重量可以**減少熱量34.6 %**、**蛋白質增加82%、膳食纖維增加92 %**，且【**冷藏最佳品質可保持7 天**】，我們的麵條**低熱量**又不造成負擔！

貳、研究動機

有一天在家發現家人在吃麵條，媽媽說這是健康低熱量的豆腐麵，嘗試了一口發現，這根本不是麵！是像麵條形狀的豆腐，口感一點都不像麵條！根據新聞報導，**過多的攝取精緻澱粉容易造血糖波動大、缺乏膳食纖維、心血管、血脂容易囤積脂肪等狀況**，因此我們想要製作出一款**熱量較低**且**過敏原較白麵條少**的健康麵條！吃我們自製麵條的同時也能享受健康與口感！。

參、研究目的

- ★研究(一)：搜尋各種粉類與麵條製作相關資料
- ★研究(二)：取代原料的選擇
- ★研究(三)：自製和麵機、壓麵機、麵條切割機
- ★研究(四)：自製麵條延展測試機
- ★研究(五)：自製麵條咀嚼度測試機
- ★研究(六)：不同比例麵條**延展性**之探討
- ★研究(七)：不同比例麵條**咀嚼度**之探討
- ★研究(八)：不同比例麵條熱量、營養元素之探討
- ★研究(九)：**最佳比例**麵條製作
- ★研究(十)：麵條最佳保鮮期測試

陸、研究方法、過程

【研究一】
搜尋各種粉類與麵條製作相關資料？

- (一)原料的選擇
- 粉類的選擇相當多元，要製作出低熱量且過敏原較低的麵條，可以將部分的麵粉取代，都可以降低過敏原，若需要降低熱量的部分，**馬鈴薯粉、樹薯粉、在來米粉**會是一項不錯的選擇，不過還需要經過綜合性的比較才有辦法製作出最理想的**健康低熱量**又有口感的麵條。
- (二)麵條的製作流程
- 經過市場調查，詢問黃昏市場賣麵條的家，商家透露，利用麵粉加上部分的水，比例的部分則是憑著多年的實務經驗。
 - 根據市售中式麵食加工丙級技術士技能檢定書上建議，麵團含水量約麵粉重量35%~45%左右，厚度約1.2 mm~1.5 mm。
 - 市場調查大家喜歡的麵條的特性(問卷總共100分)

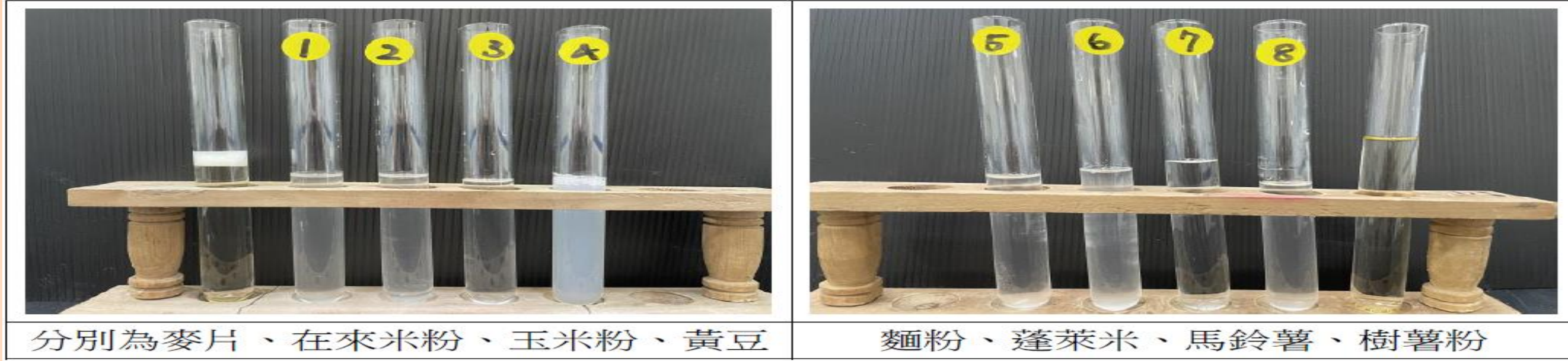
- 有彈性：78人
- 較柔軟：12人
- 有麵香：17人
- 有咬勁：66人
- 硬一點(有粉心)：10人
- 熱食：10人
- 冷食：13人

經過市場調查，大家定義的好吃的麵條具有彈性與咬勁。往後我們測試的麵條也會以大家喜歡的口感進行測試！此次科展也定義具有彈性的麵條較不軟爛，經過擠壓之後面積的變化、咬勁則是定義為咀嚼度的大小。

- (四)各種粉類的測試
- 碘液會和澱粉產生化學作用，因此可以利用碘液來檢測澱粉的含量，根據**顏色的變化**可以知道該水溶液中的澱粉含量。
 - 碘液和澱粉的反應，將顏色變化分為三個等級，如下表：

低澱粉含量(0~10%)	中澱粉含量(10~50%)	高澱粉含量(50~80%)
淡藍色、淡灰色	藍紫色	深藍色、深紫色

- 可利用藍(B)/紅(R)的比值來判定顏色
- | <0.85 | 0.85-1.1 | 1.1-1.4 | >1.4 |
|--------|----------|---------|---------|
| 灰白色、粉色 | 灰紫色、淡藍色 | 藍紫色 | 深藍色、深紫色 |
- 澱粉水溶液的配置，重量百分濃度為2%，取1克的溶質加水至50克，接著利用磁石攪拌器設定轉速600 rpm攪拌5分鐘當作標準溶液。
 - 攪拌完後待測水溶液接放置40分鐘後取澄清部分進行測量。
 - 澄清部分檢測結果如下：



圖為第一指導老師拍攝

肆、設備與器材

自製麵糰攪拌器	木板、馬達、齒輪、攪拌盆、電源供應器、螺絲、電鑽
自製麵條切割器	雷射切割機、金屬旋鈕、鐵線、螺絲、木條、螺絲
自製麵條延展測試器	木板、電子秤、水管、束帶、熱熔膠、擠麵器
自製咀嚼度測試器	Adurino 板、強力磁鐵、金屬膠帶、電動推桿、電源供應器、鱈魚夾、鐵齒、電子秤、木條、螺絲、開關
自製壓麵機	木板、木條、擀麵棍、電鑽、螺絲、齒輪組、電源供應器
麵條材料	高筋麵粉、黃豆粉、玉米粉、樹薯粉、在來米粉、蓬萊米粉、馬鈴薯粉、水、板豆腐
其他	電磁爐、鍋子、相機、電腦、計時器、刀子、切割墊、試管、碘液
保鮮期測試	黴菌培養基、鑷子、紫外燈、蒸餾水、pH 儀、酒精、酒精燈

伍、實驗架構圖

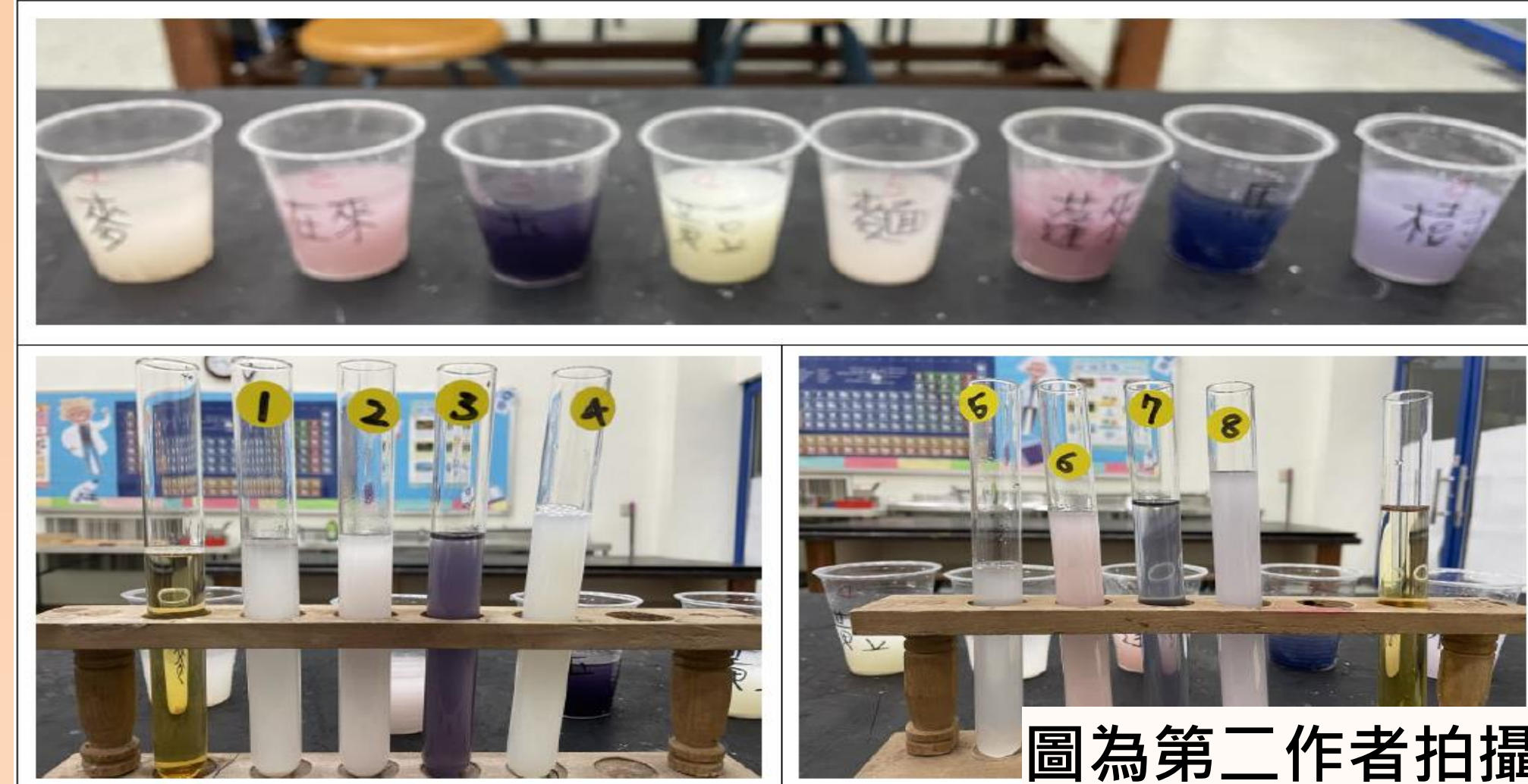


【研究二】
取代原料的選擇

- (一)此次主題目的是要製作出更健康的麵條，將更健康定義為，**降低熱量、減少過敏原、增加健康元素**。
- (二)根據取代原料的性質來分析，取代原料可以提供的元素具有**蛋白質、膳食纖維、脂肪**以及一些微量元素。
- (三)大部分的粉類都具有澱粉，澱粉的種類很多可分為長鏈澱粉、支鏈澱粉，對於人體的吸收來看，支鏈澱粉對於人體的消化效率較直鏈澱粉高，抗性澱粉則是可以提供較少的熱量，因此若是可以選擇**抗性澱粉**含量較高的取代原料，則可以**降低熱量**。

發現一個問題，判斷**水溶液澱粉含量太少**，測量出來後分析，發現顏色差異不大，判斷水溶液中的澱粉含量太少，因此最後利用攪拌後來判斷。

7.接著攪拌後再進行測試，測試結果如下：



圖為第二作者拍攝

	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5	編號 6	編號 7	編號 8
B/R	0.91	0.90	1.00	0.97	0.93	0.90	1.10	1.07
澱粉含量	低	低	少量	低	低	低	較高	中

檢驗結果發現，**玉米粉、馬鈴薯粉、樹薯粉**的澱粉含量較高！若是從澱粉含量中考量取代物，可以選擇**蓬萊米粉、在來米粉、黃豆粉、燕麥片**。

【研究三】 自製和麵機、壓麵機、麵條切割機

【標準麵條製作】

經過調查有些人喜歡寬麵條、有些人喜歡細麵條，麵條的種類非常多，為了實驗公平，必須製作出標準形狀的麵條進行比較，因此這次科展將標準麵條的形狀設定為寬度5 mm、厚度為1.5 mm的麵條進行測試。

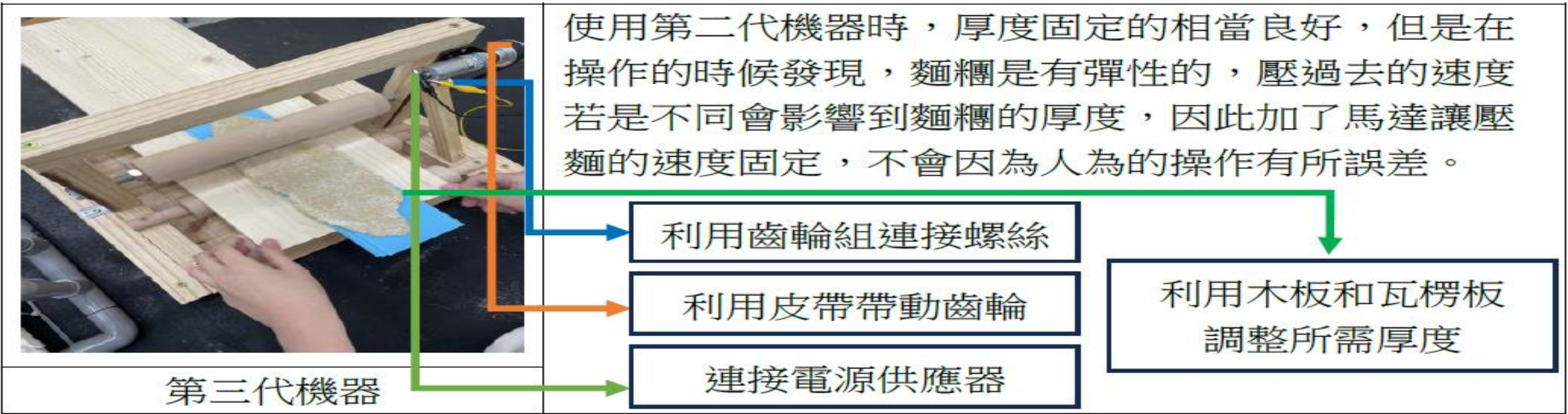
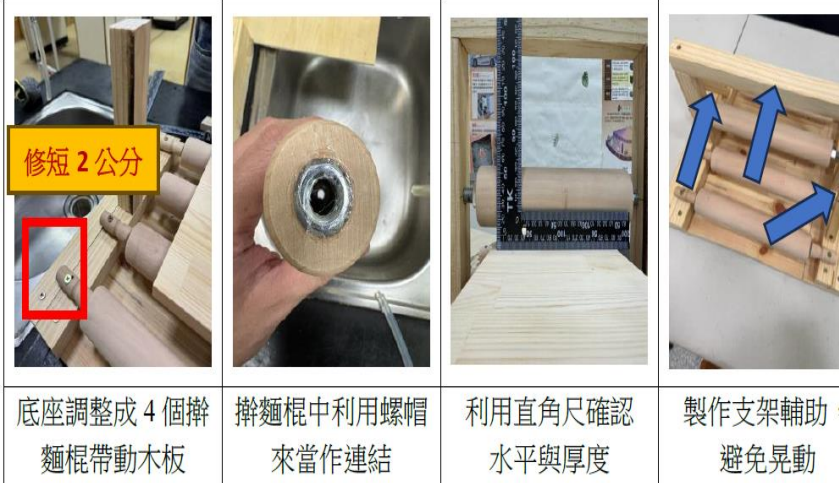
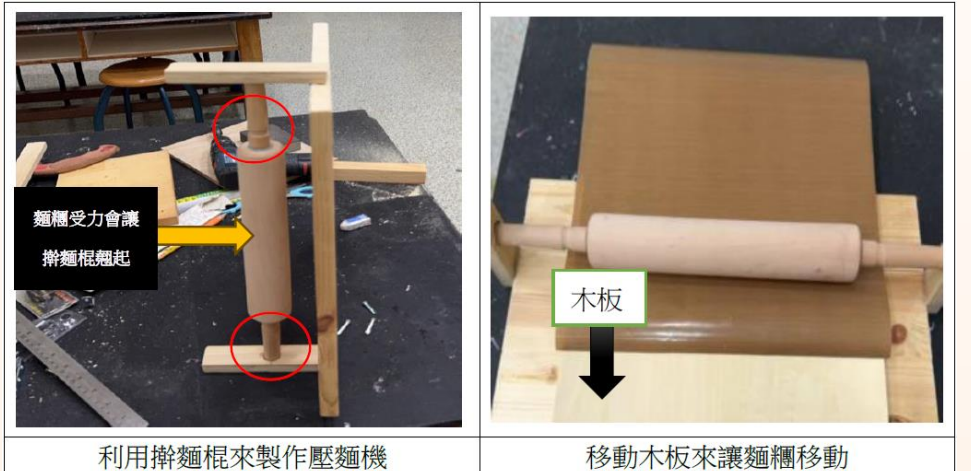
(一) 【自製和麵機】 (圖為第三作者拍攝)

- 攪拌的程度與力道也會影響麵條的口感，這次科展主要研究麵條的口感，要讓測試公平我們必須利用機器來和麵，用相同的時間、力道來攪拌，避免人為的因素造成實驗結果的誤差。
- 【底部帶動機構】採購二手馬達電、皮帶等材料重新打造！
- 【接上電源】底部機構完成，接上直流電源供應器，可以利用電壓輸出的控制馬達的轉速，起初一開始我們會設定小電壓攪拌，一段時間過後會採用大電壓輸出攪拌。
- 麵團攪拌要三光(麵團光滑、麵盆光的、手也不黏麵粉)才算完成，經過測試後，攪拌行程如下：



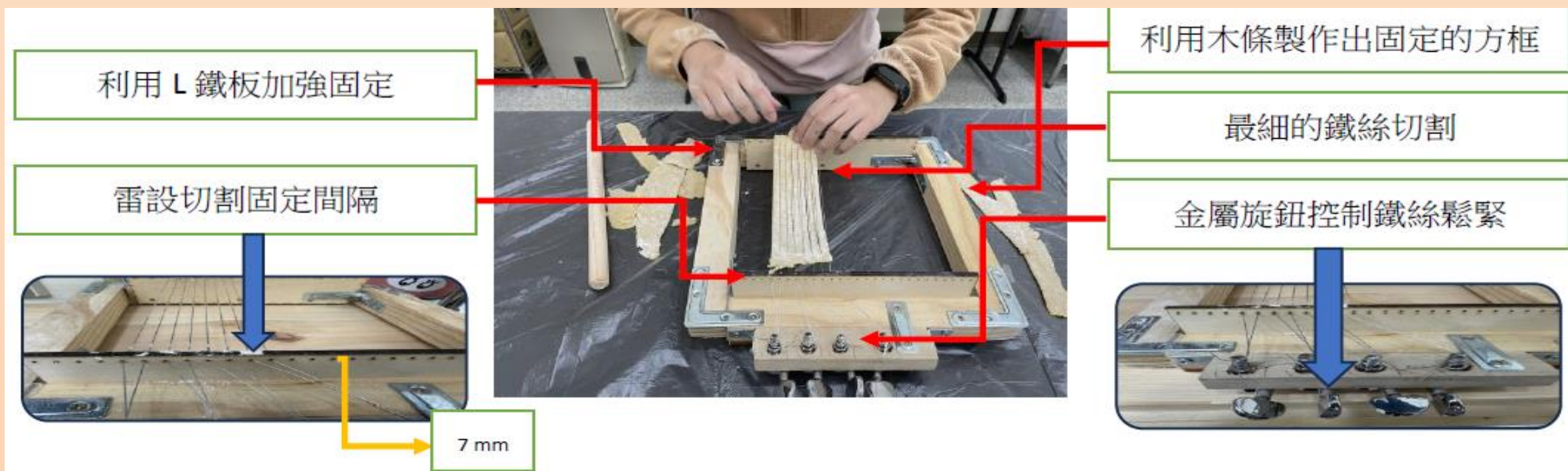
(二) 【自製壓麵機】 (此研究圖為第四作者拍攝)

- 麵條的厚度會影響到食用的口感，厚的麵條口感相對較有彈性且不容易咬斷，因此在實驗比較的時候我們需要統一規格，經過討論我們設計了一台壓麵機，經過壓麵機之後，麵條的厚度就會固定了！
- 第一代壓麵機發現，麵糰在通過擀麵棍時會有阻力，導致原本設計的厚度因為麵糰經過而有所誤差，經過研究判斷發現，擀麵棍是一個槓桿機械的運用，當兩側握把固定在木板上力矩較大會讓中間的擀麵棍因為彈力有所移動，影響了原本設計的厚度，因此設計了第二代壓麵機來克服中間會移動的問題，讓誤差降到最低。
- 第二代特別把握把的地方修短兩公分，讓支撐的位置較短，如此一來就不易變形。滾輪中間帶動利用熱融膠和螺帽固定，接下來用直角尺來確定厚度，第二代機器就完成了。
- 第三代機器



(三) 【自製切麵機】 (圖為第四作者拍攝)

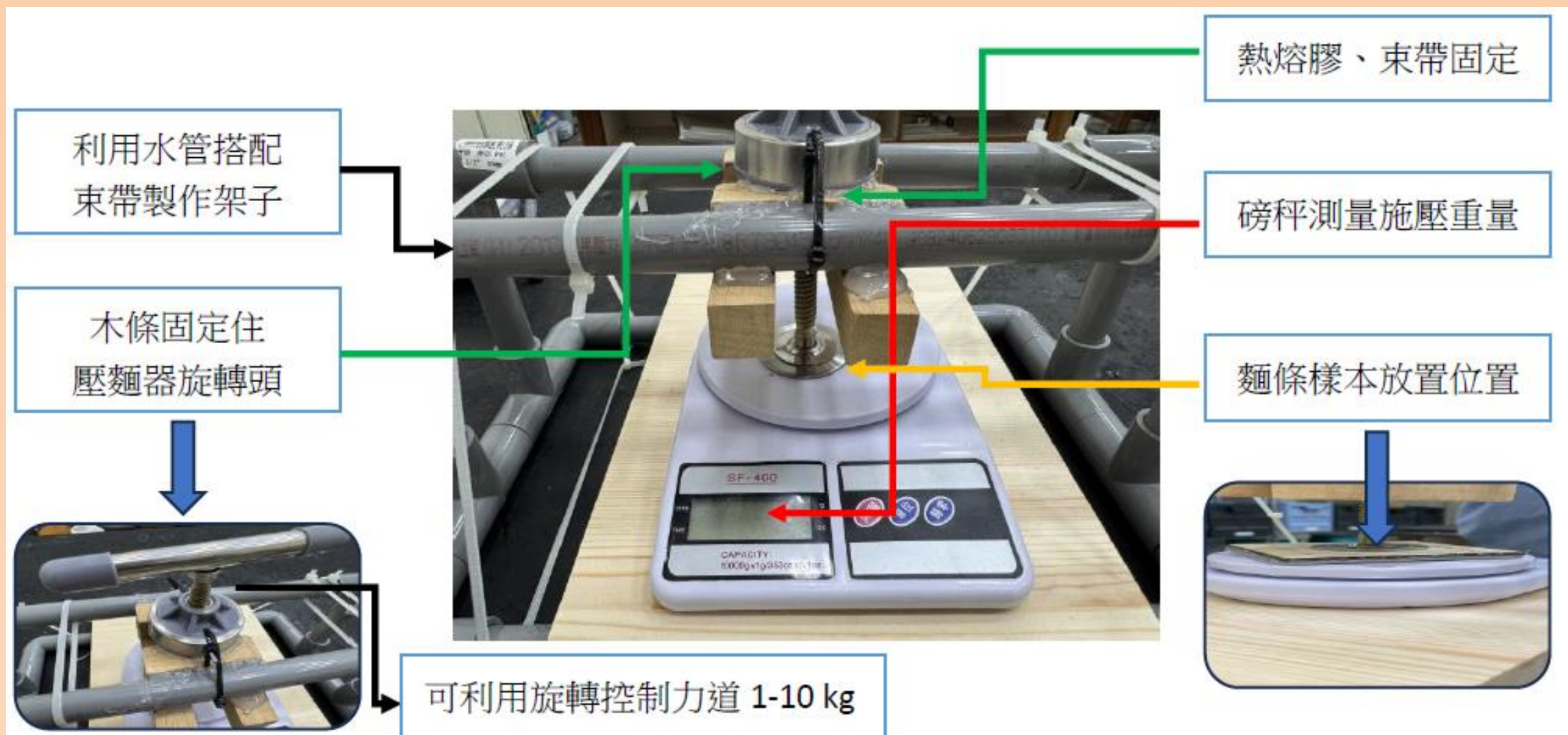
- 麵條的厚度固定後就差在麵條的寬度了，為了控制實驗的準確性，我們也利用自製切麵機將麵條的寬度固定！此次科展研究麵條寬度參考市售常見麵條的寬度，寬度設定在5 mm。



【研究四】 自製麵條延展測試機

(一) 【延展性測試機製作】 (此研究圖為第一作者拍攝)

- 經過麵條喜好口感調查，柔軟、彈性都是大家喜歡的麵條的條件之一，想要知道究竟我們自製的麵條到底口感如何？我們設計了延展性測試機來測試麵條的柔軟程度與彈性，利用面積的變化來測試麵條的延展性如何！
- 製作過程



- 壓麵重量選擇：壓麵的重量，越大力的施壓則面積變化越明顯，但是壓太大力發現各種麵條結果相差不大，想要測試出最理想的重量！

- (1)利用市售營養麵條找出最佳施壓重量，烹煮時間越長麵條則越爛，因此搭配麵條包裝後面建議烹煮時間，用沸水煮6分鐘結果如下：

(單位：pixels)

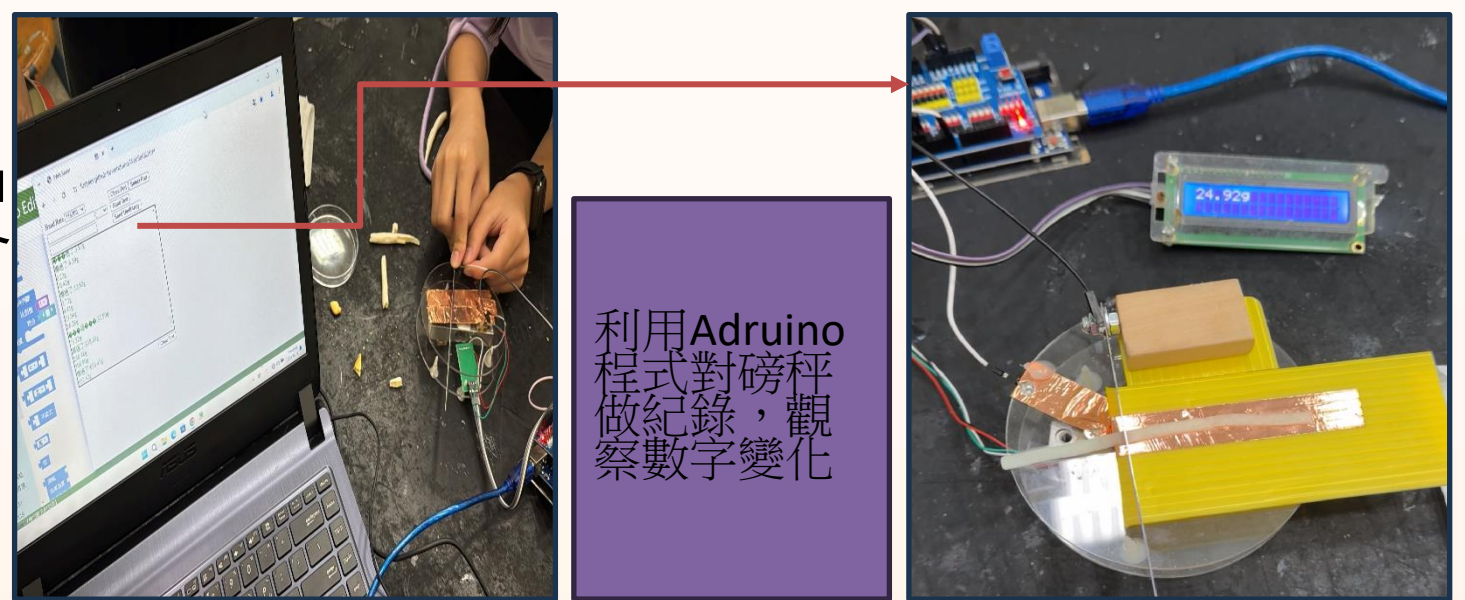
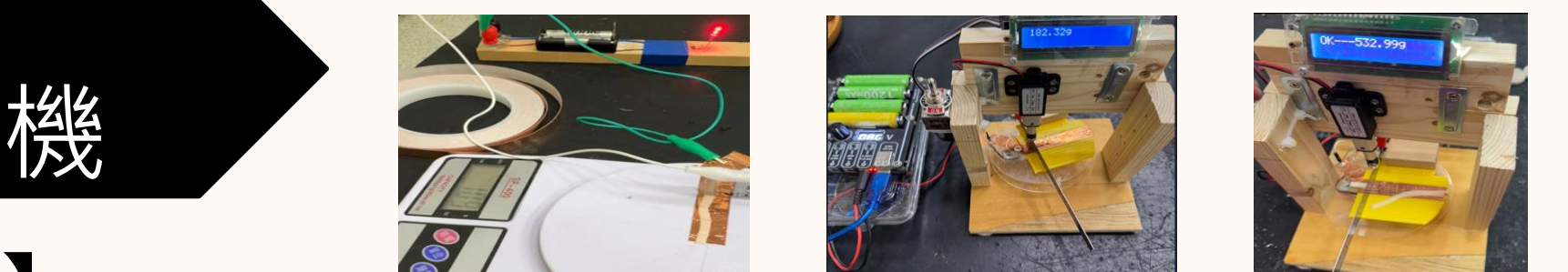
1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 kg	8 kg	9 kg	10 kg
63.03	63.22	63.52	63.63	63.90	63.93	64.36	64.71	64.93	64.93
1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 kg	8 kg	9 kg	10 kg
6 kg	7 kg	8 kg	9 kg	10 kg					

從面積變化中觀察，發現重量大於7 kg都有明顯的變化，但是**超過9 kg時再打開塑膠片時很容易會有殘留在上面**，推測力道太過強大導致麵條會殘留而黏在透明片上，影響面積大小的判斷且超過9 kg之後麵條的面積觀測下來相差小於1%以內，認為**超過一定重量的測試，面積變化已經達到極限，因此最佳的施壓力道我們選擇以8 kg當作後續測試的施壓重量。**

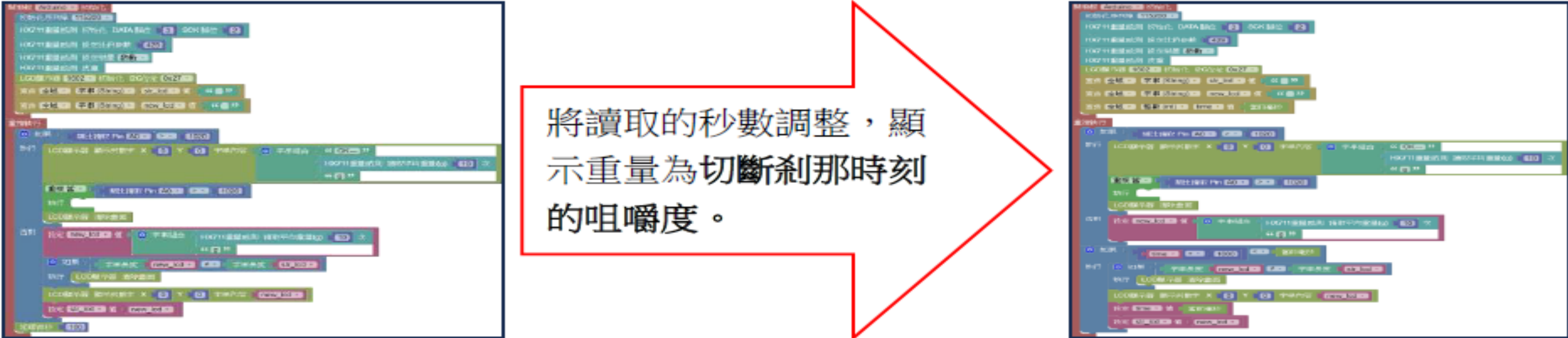
【研究五】 自製麵條咀嚼度測試機

(一) 【咀嚼的測試機製作】 (此研究圖為第一指導老師拍攝)

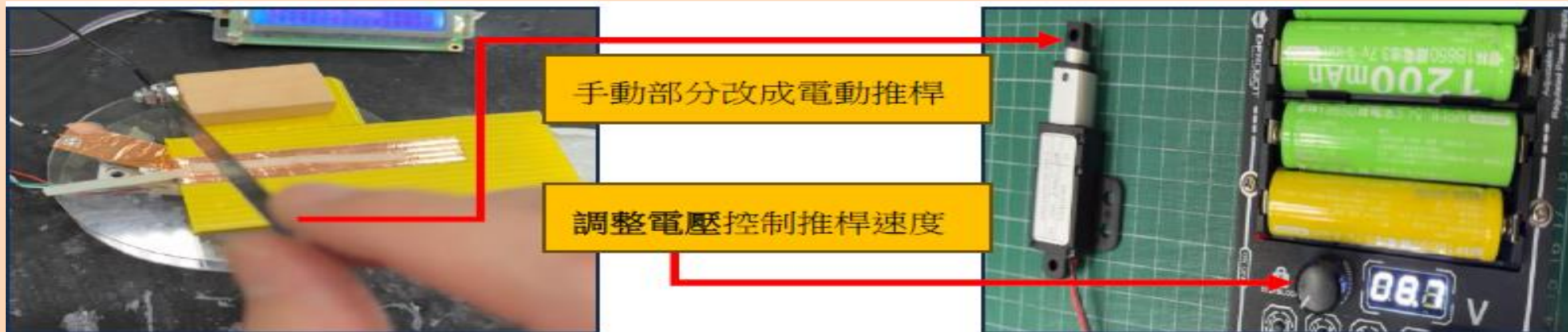
- 經過市場調查發現，大家認為好吃的麵條口感中，咬勁也是一個很重要的指標，因此我們構思要自行設計一種機器可以測試咬勁的機器，我們以牙齒咀嚼東西的樣子當做發想製作咀嚼度測試機。
- 第一代咀嚼度測試機時，切斷的麵條的部份我們採用30 cm的鐵尺當作切斷工具，當切斷時整組設備會變成通路，當LED燈泡亮起，此時測量到的重量就是麵條的咀嚼度。**但是發現問題！**因為是人為切斷，切的工具選擇也要考量，實驗過程中很難時記錄到燈泡亮起時的磅秤數字，這樣子的人為誤差太大且切的同時其實只要麵條碰到鐵尺就會形成通路，判斷煮熟的麵條中含有電解質，才會讓整個形成通路，這是必須要調整的！調整了實驗過程和設備！
- 第二代咀嚼度測試機測試樣本的時候都會採用不會導電的超純水進行實驗！人為誤差的部分包含了施力與觀察記錄，第二代將對於這幾點進行改造！**測試的時候發現問題**，在紀錄的時候還是無法很準確的測試到LED燈泡亮的時間，且手動切麵也較難控制，所以需要調整程式，**讓程式直接紀錄導電時測到的磅秤讀數，電子控制切麵**因此改造了第三代咀嚼度測試機！
- 第三代咀嚼度測試機，**修正程式並且將手動的部分改成電子控制，減少人為誤差。**



(1)程式修正>紀錄切斷刹那的力氣，精準測量咀嚼度

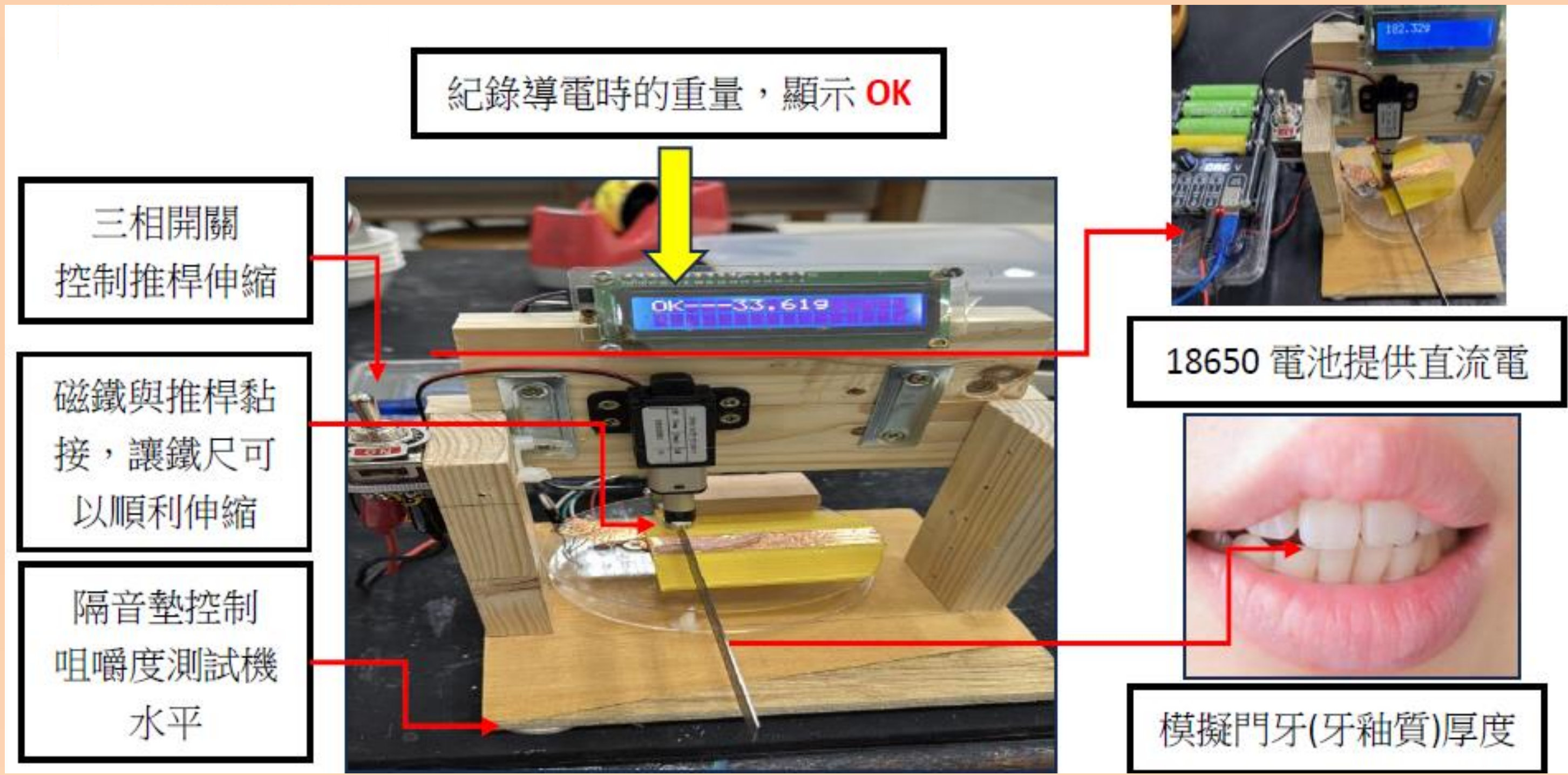


(2)將手動部分調整成電子控制，減少人為誤差



使用12 V的電動推桿最高有7 kg的推力，且不同電壓會影響推桿的速度經過測試8 v為最理想的速度，推桿的伸縮也要利用電流方向來控制。

(3)第三代咀嚼度測試器(最終版)



【研究六】 不同比例麵條延展性之探討

(一) 【不同取代比例是否全部成糰?】並不是！

- 研究一相關資料中取代的原料，搭配麵粉與水的比例，將其中麵粉的部分以上述八種不同的粉類取代，取代的比例如下：(單位：g)

取代比例	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

2. 不同比例進行標準流程和麵，利用50克粉末材料搭配20 g的水進行10分鐘的和麵程序，接著用自製壓麵器、麵條切割器製作出麵條，結果如下

取代比例	黃豆粉	馬鈴薯	在來米	蓬萊米	樹薯粉	玉米粉
10-70%	✓	✓	✓	✓	✓	✓
80%	✓	✗	✗	✗	✗	✗
90%	✓	✗	✗	✗	✗	✗
100%	✓	✗	✗	✗	✗	✗

根據不同比例混合成的麵團，**發現僅有黃豆粉的部分可以完全取代**製作成麵糰且切割成麵條形狀，**其他的取代極限約為70 %**，太多因為原料的特性無法成團，大燕麥片則是吸水會膨脹且無法和麵粉均勻混合擀平時會裂開，需要再加工才有辦法製成麵條。

(二)【延展性測試】（此研究圖為第二作者拍攝）

1. 不同比例的麵條製作完成後，測試所有麵條的延展性，根據煮麵的經驗將測試分為不同烹煮時間的，分別1-9分鐘，施壓8 kg力量後面積的變化比例。**但是在烹煮的時候發現1-2分鐘用手捏開麵團粉心還在**，延展性測試則從3-9分鐘進行面積變化測試

2. 測量方法：

- 將樣本麵條切成每段5公分的長度，分別放入沸水烹煮
- 計時烹煮取出麵條，馬上放到冷水降溫，進行測量
- 放在8 cm × 8 cm透明片進行施壓8 kg測試面積變化

3. 實驗結果



【黃 豆】80 %時與麵條相差3.17 %
【馬鈴薯】40 %時與麵條相差8.13 %
【在來米】10 %時與麵條相差2.88 %
【蓬萊米】10 %時與麵條相差1.92 %
【樹薯粉】50 %時與麵條相差2.64 %
【玉米粉】30 %時與麵條相差2.59 %
以上是與麵條最相近的比例。

以上是和麵條最相近的比例，以**延展性來看**，可以利用以下的取代比例得到**延展性最相似麵條**的，比例如下表：(但黃豆太多，味道太濃)

取代原料	黃豆粉	馬鈴薯粉	在來米粉	蓬萊米粉	樹薯粉	玉米粉
取代比例	80 %	40 %	10 %	10 %	50 %	30 %

【研究七】不同比例麵條咀嚼度之探討

(一)【咀嚼度測試】

1. 咀嚼度判斷麵條是否容易咬斷以及嚼勁，根據實驗，麵條煮熟需要3分鐘，接著按照軟爛和彈性的測試發現，煮麵5分鐘會最理想，超過則數字變化較大，接著我們測試麵條咀嚼度則會以沸水烹煮3分鐘、5分鐘、9分鐘，分別以剛煮熟、最佳烹調時間、烹調過久時間進行測試與分析。

2. 純麵粉麵條測量結果：

3. 其他原料取代測量結果：

3分	672.83
5分	657.33
9分	601.34

黃豆取代										
取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
3分	649.24	593.83	772.14	662.61	656.71	691.31	231.14	312.66	478.19	625.93
5分	643.43	636.51	621.57	709.43	642.88	685.30	386.90	335.29	495.48	769.86
9分	660.38	596.48	693.04	667.40	631.67	560.60	281.96	538.53	399.63	690.72
馬鈴薯粉取代										
取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %			
3分	675.24	672.63	597.35	687.09	670.34	711.05	578.52			
5分	639.11	590.19	631.33	583.27	673.37	715.50	591.54			
9分	667.78	539.51	564.24	636.38	722.07	718.99	763.99			
樹薯粉取代										
取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %			
3分	658.81	632.31	632.31	722.52	655.78	616.74	720.48			
5分	664.98	637.18	655.19	735.66	696.45	732.15	684.28			
9分	511.98	522.54	522.543	700.47	695.48	701.48	668.14			
在來米粉取代										
取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %			
3分	688.73	695.97	664.13	560.84	533.12	396.45	467.85			
5分	671.27	583.25	647.45	569.10	438.14	465.69	445.98			
9分	670.46	696.64	257.33	469.52	437.77	226.78	176.64			
玉米粉取代										
取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %			
3分	688.73	690.63	699.12	702.65	704.8	705.66	743.14			
5分	664.19	668.67	689.36	700.17	701.7	712.39	733.25			
9分	605.66	643.28	678.32	698.77	703.3	707.33	712.33			
蓬萊米粉取代										
取代	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %			
3分	679.88	694.25	664.14	578.32	543.38	355.63	488.71			
5分	667.78	633.12	612.22	543.26	438.14	465.69	445.98			
9分	533.12	696.60	257.34	469.53	437.75	226.78	176.64			

【研究八】不同比例麵條熱量、營養元素之探討

*不同比例麵粉(每100g麵團所含的熱量、單位：Kcal)										
純麵粉	黃豆粉	馬鈴薯粉	樹薯粉	在來米粉	蓬萊米粉	玉米粉				
純麵粉	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00				
取代10%	253.64	247.85	250.14	250.07	251.00	250.71				
取代20%	257.29	245.51	250.29	250.14	252.00	251.43				
取代30%	260.93	243.57	250.43	250.21	253.00	251.14				
取代40%	264.57	241.42	250.57	250.29	254.00	252.86				
取代50%	268.21	239.28	250.71	250.36	255.00	253.57				
取代60%	271.86	237.14	250.86	250.43	256.00	254.29				
取代70%	275.50	235.00	251.00	250.50	257.00	255.00				
取代80%	279.14									
取代90%	282.79									
完全取代	286.43									

【研究九】最佳比例麵條製作

(一)綜合以上的實驗歸納，從不同的營養來選擇

	推薦 1	推薦 2	推薦 3
熱量	馬鈴薯粉	在來米粉	樹薯粉
蛋白質	黃豆粉	馬鈴薯粉	蓬萊米粉
膳食纖維	黃豆粉	馬鈴薯粉	玉米粉

(二)自製豆腐麵 (每100 g麵團)

1. 以板豆腐取代極限50 %來看各項含量，資料如下表：

	純麵條	50 %板豆腐取代麵條	相差
熱量	250.00 Kcal	220.30 Kcal	-11.88 %
蛋白質	8.57 g	10.90 g	+27.18 %
膳食纖維	1.79 g	1.86 g	+3.91 %
麩質	✓	✓	-50 %

2. 進行三組的延展性測試、咀嚼度測試，結果如下表：(為三次平均)

● 煮後3分鐘					● 煮後5分鐘					● 煮後9分鐘				
板豆腐	黃豆粉	麵粉	延展性測試	咀嚼度測試	板豆腐	黃豆粉	麵粉	延展性測試	咀嚼度測試	板豆腐	黃豆粉	麵粉	延展性測試	咀嚼度測試
50%	10%	40%	21.7%	575.1g	50%	10%	40%	22.7%	569.3g	50%	10%	40%	24.1%	552.7g
50%	20%	30%	23.6%	679.0g	50%	20%	30%	24.5%	624.0g	50%	20%	30%	25.6%	554.5g
50%	30%	20%	25.5%	644.7g	50%	30%	20%	25.1%	575.9g	50%	30%	20%	26.7%	499.5g

結論

一般麵條含有蛋白質、麩質、碳水化合物，**麩質中的蛋白和水的結合控制了麵團的延展性與彈性**，因口感少不了麵粉的參與，此次科展測試不同取代的原料發現，若是原料提供不足的蛋白則無法做出類似麵條口感的產品。此次研究以**更健康為出發點，降低熱量、提供更多的營養元素**是我們追求的目標！自製【標準麵團攪拌機】、【厚度一致電動壓麵機】製作標準麵團，設計了【延展性測試機】、【咀嚼度測試機】來檢測自製麵條的口感特性，以及設定一套標準烹調測試流程，經過澱粉含量實驗的測試、原料特性的分析、以及實際操作的結果，發現黃豆粉、馬鈴薯粉、在來米粉、蓬萊米粉是可以作為替代。在【延展性實驗中】發現，取代的比例過高延展性與麵條相差越多，僅黃豆與馬鈴薯取代有較好的表現，在【咀嚼度實驗中】取代的比例建議不超過30 %，超過則與麵條咀嚼口感相差太大！在【最佳比例麵條】實驗中發現，板豆腐、黃豆粉、麵粉分別以50 %、20 %、30 %最佳的比例製作出來的麵條，吃下一份麵條，可以降低熱量34.6 %、增加蛋白質82 %吸收、增加95 %膳食纖維攝取，成功製作出營養又可以減輕負擔的麵條！經過感官評測調查發現，與食用【白麵條】的經驗來比，在五點量表中，彈性部分我們平均數為3.51分比過往佳經驗好、在香氣平均分數為4.33分，香氣較白麵條佳、嚼勁平均分數為3.51分，比白麵條更有嚼勁。與【市售豆腐麵】相比，彈性平均分數4.37分，比市售豆腐麵彈性更好、香氣平均分數為4.55分，比市售豆腐麵香、嚼勁平均分數4.37分，比市售豆腐麵更有嚼勁。民眾願意為了降低熱量、同時可以攝取更多的蛋白質與膳食纖維嘗試我們自製最佳比例麵條！在【最佳品質保鮮期】實驗中，經過酸鹼值的變化、菌落的產生、味道的變異、外觀是否出水中，在完全沒有額外添加食品添加劑自製的麵條，在冷藏中保鮮期可達7天。我們用板豆腐和黃豆粉取代部分麵粉，成功做出低熱量又有高蛋白和膳食纖維的健康麵條。這樣的麵條**口感好、低熱量、營養高、冷藏保存可維持新鮮度達7天！**

【研究十】最佳保鮮期測試

(一)【保鮮期測試】

利用脫水烘乾、冷藏保存、冷凍保存來測試麵條的保鮮期，利用咀嚼度測試、延展性測試、pH 值變化、黴菌培養、外觀觀察以及味道評測來判斷最佳保鮮期。

(1) 冷藏天數 pH 值紀錄：

冷藏天數	1 天	2 天	3 天	4 天	5 天
pH 值	8.0	7.9	8.1	7.9	7.8
冷藏天數	6 天	7 天	8 天	9 天	10 天
pH 值	7.7	7.5	7.4	6.5	6.2

pH 值在冷藏 7 天後開始酸化，到第 9 天時，已經變成酸性。

(2) 烘乾麵條室溫存放 pH 值紀錄：

存放天數	1 天	2 天	3 天	4 天	5 天
pH 值	7.9	7.7	8.0	7.6	7.4
存放天數	6 天	7 天	8 天	9 天	10 天
pH 值	7.3	6.4	6.4	6.5	6.3

乾燥後保鮮袋室溫存放，第 7 天開始變成酸性。

(3) 冷凍天數 pH 值紀錄：

冷凍天數	1 天	2 天	3 天	4 天	5 天
pH 值	8.0	7.9	8.1	7.9	7.8
冷凍天數	6 天	7 天	8 天	9 天	10 天
pH 值	7.7	7.6	7.9	7.6	7.7

冷凍 10 天保存 pH 變化不大。

(4) 室溫培養 48 小時菌落是否產生：

	冷凍保存	冷凍保存	乾燥保存	市售麵條	自製麵條	豆腐麵
1 天	✗	✗	✗	✗	✗ (變色)	✗
2 天	✗	✗	✗	✗	✓	✗
3 天	✗	✗	✗	✗	✓	✗
4 天	✗	✗	✗	✗	✓	✗
5 天	✗	✗	✗	✗	✓	✗
6 天	✗	✗	✗	✗	✓	✗
7 天	✗	✗	✗	✗	✓	✗
8 天	✗	✗	✗	✗	✓	✗
9 天	✗	✓	✓	✓	✓	✓
10 天	✗	✓	✓	✓	✓	✓

(5) 咀嚼度和延展性測試(咀嚼度單位：g)

	冷凍 1 天	乾燥 1 天	冷凍 1 天	冷凍 2 天	冷凍 3 天	冷凍 4 天	冷凍 5 天	冷凍 6 天	冷凍 7 天
咀嚼度	437.12	437.12	650.34	633.14	620.14	637.12	653.12	611.25	607.78
延展性	34.33%	31.78%	25.72%	26.77%	24.32%	25.78%	26.32%	27.11%	28.3%

柒、研究結果與討論

★研究一：搜尋各種粉類與麵條製作相關資料

- (一)大部分的粉類已常見的為主，所以我們選擇了玉米粉、樹薯粉、馬鈴薯粉、在來米粉、燕麥片、蓬萊米粉為主。
- (二)制定了一套標準流程來製作我們的麵條
- (三)大部分的民眾以**有彈性、有嚼勁**為麵條好不好吃的標準。

★研究二：取代原料的選擇

- (一)此次研究主題以**降低熱量、降低過敏原**、**像麵條口感**為出發點，因此在原料的選擇分了幾種項目來選擇。
- (二)利用碘液檢測澱粉的含量：
- (三)根據澱粉含量和提供的養分綜合性判斷會建議以黃豆粉、馬鈴薯粉、傳統豆腐當作取代的原料。

★研究三：製作和麵機、壓麵機、麵條切割機

- (一)自製和麵機-確保每次攪拌的過程都是相同，不會因為攪拌的不同而影響了實驗結果，利用電壓控制馬達的轉速來控制，將標準流程設計如右表。
- (二)自製壓麵機-麵條厚度設定在1.5 mm，也自製的電動壓麵機
- (三)自製麵條切割機-利用了鐵絲和金屬旋鈕，搭配雷射切割機精準控制寬度，自製了麵條切割機

★研究四、五：自製麵條延展性測試機

(一)成團條件

取代比例	黃豆粉	馬鈴薯	在來米	蓬萊米	樹薯粉	玉米粉
10-70%	✓	✓	✓	✓	✓	✓
80%	✗	✗	✗	✗	✗	✗
90%	✗	✗	✗	✗	✗	✗
100%	✗	✗	✗	✗	✗	✗

(二)不同比例延展性比較