

中華民國第 64 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

佳作

082901

「植」作未來肉之黏性與彈性研究

學校名稱：康橋學校財團法人新北市康橋高級中學

作者： 小五 王迺耀	指導老師： 林素芬
---------------	--------------

關鍵詞：植物肉、食物彈性與硬度、植物肉黏著性

## 摘要

本研究以純天然食材製作口感好且容易吞嚥咀嚼的植物肉為目標，選擇纖維量不同的食材製作植物肉，分別是芋頭、香菇、乾銀耳；在來米粉、糙米、蓬萊米、糯米、馬鈴薯作為黏著劑，比較自製與市售植物肉之彈回能力、復原能力和變形程度。

依本研究設計的【黏性測試實驗】、【彈性測試實驗】。發現攪拌40秒後的蓬萊米、攪拌20秒後的糙米和攪拌60秒後的馬鈴薯最適合作為植物肉的黏著劑。在9種植物肉的組合中，以糙米攪拌20秒+香菇的彈性最佳。彈性回復力測試中，蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳、糙米攪拌20秒+乾銀耳或香菇的組合復原能力最佳。實驗數據不僅提供植物肉的硬度分類，也能為調整纖維和黏著劑的分量提供參考，做出更好的植物肉！

# 壹、前言

## 一、研究動機

全球暖化是世界性的議題，查找資料後發現，畜牧業在全球碳排放總量就佔了百分之15%，若改成植物肉，可能可以減少畜牧業排放的溫室氣體。而在蔬食方面，臺灣有14%的人口吃素，世界排名更是高居全球第三，顯示蔬食已漸漸成為新的飲食趨勢。此外，高齡化趨勢也越來越嚴重，長輩如果吃到太硬或太黏的食物，食用時較不方便，且風險較高。因此本研究想做出更適合吞嚥咀嚼的植物肉，讓更多吃素的長輩們也能吃到植物肉。

為了達到這個目的，首先調查市售植物肉的成分發現，原來市售植物肉含有不少人工添加物，如大量的調味料、磷酸鹽等，會影響身體健康，所以想先利用天然食材就植物肉的主要組成來測試其彈性和軟硬，來驗證作為植物肉的可行性，未來再加入天然調味料做出天然又符合口感需求的植物肉。

## 二、研究目的

依據上述動機，進行文獻探討，發現植物肉雖然環保，但含有不少人工添加物，為了讓植物肉更天然，所以本研究除了了解植物肉的配方，更希望能找到人工添加物的替代品，讓植物肉能夠成為全天然食品，擬出了以下的研究目的及探究項目。

表1-2研究目的與探究項目

研究目的	探究項目
一、了解植物肉的配方與纖維。	探究一、查找關於植物肉的配方並選擇適合食材當作纖維和黏著劑
二、尋找最佳的天然植物肉黏著劑，使其容易塑形。	探究二、測試天然植物肉黏著劑的黏性
三、自製植物肉並測試彈性及軟硬度來促進口感提升	探究三、將食材黏著劑與纖維合併來製作植物肉並和市售植物肉比較彈回能力
	探究四、測試植物肉的彈性回復能力並和市售植物肉比較
	探究五、測試植物肉的變形程度並和市售植物肉比較

### 三、文獻回顧

#### (一)市售植物肉的成分比較

市面上常見植物肉的品牌如圖：



圖1-3常見市售植物肉品牌

將圖1-3市售植物肉的成分彙整如下表所示：

表1-3常見市售植物肉成分分析表

品牌	產品名稱	成分 (紅色標記是人工添加劑)
香饌	植物肉排	水、組織狀大豆蛋白(非基因改造)(大豆、麩質)、分離大豆蛋白(非基因改造)(大豆)、醬油(大豆、麩質)、大豆油、二砂、 <b>修飾澱粉(醋酸澱粉)</b> 、 <b>酵母精粉</b> 、 <b>樹薯澱粉</b> 、 <b>素食調味料(L-麩酸鈉、甘草酸鈉(甜味劑)、DL-胺基丙酸、5'-次黃嘌呤核苷磷酸二鈉+5'-鳥嘌呤核苷磷酸二鈉、琥珀酸二鈉)</b> 、 <b>素食香料</b> 、黑胡椒、白胡椒、紅麴米粉、 <b>酵素(麥芽糊精、谷氨醯胺轉氨酶)</b> 。
Omni	Ocean Burger	水, 大豆濃縮蛋白(非基改), 小麥麵粉, 芥花油, 馬鈴薯澱粉, 甲基纖維素, 鹽, 香料, 蔗糖, 玉米澱粉, 酵母, 酵母抽取物, <b>酸性焦磷酸鈉, 碳酸氫鈉</b> , 豌豆蛋白, 米蛋白, <b>磷酸二氫鈣</b> , 香菇粉, 燕麥
三機	植物肉堡排	水、豌豆蛋白、植物油(芥花油、精煉椰子油、可可脂)、調味料(香料、酵母粉、蘋果醋、陳年釀漬梅(梅子、蔗糖、鹽))、綜合水果濃縮汁(蘋果濃縮汁、石榴濃縮汁)、纖維、馬鈴薯澱粉、 <b>甲基纖維素</b> ( <b>甲基纖維素、水、氯化鈉</b> )、碳酸鈣、氯化鉀、甜菜根、大豆卵磷脂、維生素C、葡萄糖酸鋅、菸鹼醯胺、維生素B12 (麥芽糊精、檸檬酸鈉、檸檬酸、維生素B12)、維生素B2、維生素B1、維生素B6、葉酸。
Vveat	植物漢堡排	水、豌豆蛋白、非基因改造脫脂豆粉、芥花油、 <b>甲基纖維素(粘稠劑)</b> 、 <b>酵母抽出物</b> 、醬油、馬鈴薯澱粉、棕櫚油、食鹽、香料、白胡椒粉、麥芽糊精、匈牙利紅椒粉、紅麴色素。

由上表可知，各品牌大多以**大豆類**作為**植物性蛋白來源**，再以不同的麵粉、澱粉類作為**黏著劑**，添加一些**植物性纖維**增強植物肉的彈性，一些**其他營養素**提升其營養價值，還有一些植物油、調味料或色素創造不同的口味。但是，這些植物肉**加入太多的食品添加物**，有違目前減少食品添加物的趨勢，也不見得是「健康」的！**像是大量的調味料、磷酸鹽等**，會

造成腎臟和骨骼的負擔。有些含有較多的鈉離子，甚至達到真肉漢堡排的5倍之多。所以本研究選擇纖維度不同食材，分別是芋頭、香菇、乾銀耳作為植物肉的纖維，將從植物肉的黏著性方向著手，找出可以增加植物肉黏著性的天然食材，讓植物肉更天然更環保更健康。

## (二) 食物的質地

Szczesniak博士將食物質地的特徵分三類，包含：

1. 力學特性：硬度 hardness、內聚性 cohesiveness、彈性 springiness、黏附性 adhesiveness、黏稠度 viscosity；
2. 幾何特性：砂狀 gritty、顆粒狀 grainy、纖維狀 fibrous、結晶狀 crystalline 等。
3. 其它特性：水份含量、脂肪含量等。

硬度(hardness)	第一次擠壓食物時的最大力量值,計算公式是最大力量值除以測試儀器探頭的表面積。
彈性( springiness)	指物體在外力作用下發生形變，當外力撤消後能恢復原來大小和形狀的性質。
黏附性(adhesiveness)	測試樣品粘附在探頭上所消耗的功。
內聚性(cohesiveness)	表示測試樣品經過第一次壓縮與第二次壓縮變形後所表現的相對比值。

本實驗將依據Szczesniak 博士的分類，用食物的力學特性來研究。

## 貳、研究設備及器材

主要分成食材、器材和輔助工具三大類。食材方面則僅就影響植物肉力學特性的主要組成加以探討，其他添加物不列入。

### 一、食材

(一)植物肉黏著劑：馬鈴薯、糯米、蓬萊米、糙米、在來米粉

(二)植物肉彈性增強物（纖維）：芋頭、乾銀耳、香菇

(三)植物肉蛋白來源：黃豆

二、實驗器材：碼表、果汁機、尺、砝碼、軟式棒球、(電子)秤、電鍋、氣炸鍋

三、輔助工具：衛生紙、水、砧板、保鮮膜、3C電子產品(手機、電腦、iPad 等)

四、自組器材：架子(盒子、砧板)



圖2-1研究設備與器材一覽

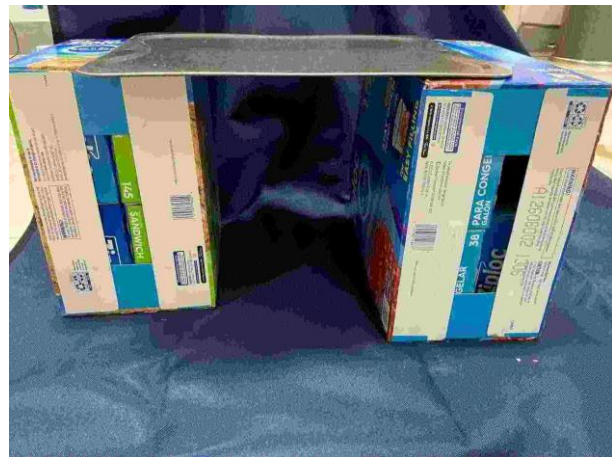
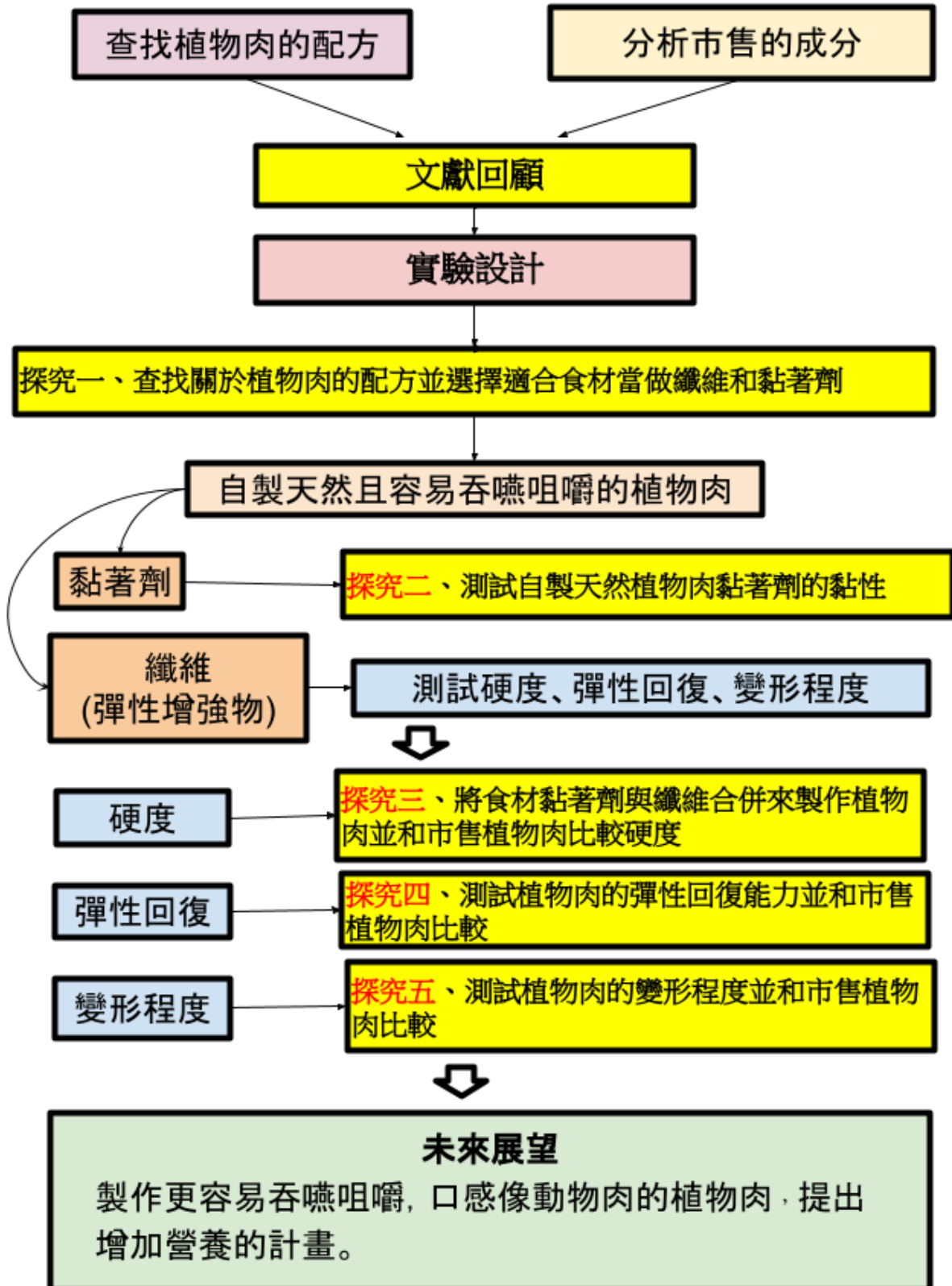


圖2-2自組器材(探究二使用)

## 參、研究過程與方法

### 一、研究流程圖





## 二、研究過程或方法

本研究作品說明書內的圖表、照片均由作者自拍自製，無法獨力完成照片由家長協助拍攝。

### 探究一、查找關於植物肉的配方並選擇適合食材當做纖維和黏著劑

我們很好奇「植物肉的組成成分是什麼?」，所以本探究也進行自製植物肉纖維和黏著劑的資料蒐集和選擇。

#### (一)實驗步驟:

- 1.查詢食材的植物纖維量、含水量與蛋白質。
- 2.查詢植物肉的組成。
- 3.選擇適合的纖維和黏著劑。

### 探究二:測試自製天然植物肉黏著劑的黏性

市面植物肉產品多以食品添加劑作為黏著劑，古代磚牆的黏著也有加入糯米的例子，本實驗探討天然食材的黏著度，作為選擇自製植物肉黏著劑的參考。

一開始想要以搗麻糬的方式來製作黏著劑，將生活中常見的米類和其他澱粉攪拌，加速反應速度探究黏性變化。但是因為用手攪拌很難控制攪拌時的力量，因此改成使用果汁機攪拌，以攪拌秒數作為操縱變因，加速反應速度探究黏性變化。

#### (一)實驗設計

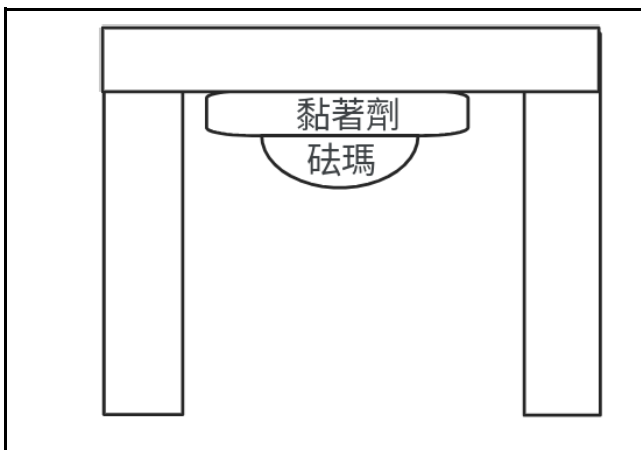


圖3-2-1黏性測試設計圖

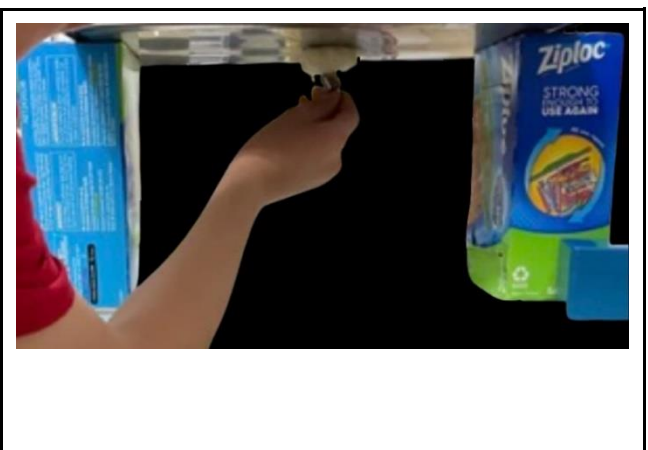


圖3-2-2黏性測試實驗照片

1. 將食材黏著劑碰到板子的面積統一為 $3*3*3$ 立方公分，食材黏著劑的體積也會統一，以黏著劑加砝碼共 50g來統一重量。
2. 將食材黏著劑黏在板子上，黏上砝碼後紀錄黏著劑和砝碼掉落的時間。



(二)實驗步驟:

- 1.將很常吃到米(糙米、蓬萊米、糯米、在來米粉)，及市售植物肉成分的馬鈴薯放入大同電鍋(1.8 升)電鍋內，內鍋 80cc 水，外鍋 280cc 水，蒸 40 分鐘後取出，當做食材黏著劑實驗材料。



圖3-2-3實驗過程照片

- 2.將處理後的材料，用 Oster 果汁機攪拌20、40和60秒。



圖3-2-4實驗過程照片

- 3.依上述實驗設計，以黏著劑加砝碼共 50g，體積為3\*3\*3立方公分，黏於板架下方，測試攪拌過後食材黏著劑的黏性，並記錄結果。



圖3-2-5實驗過程照片

### 探究三、將食材黏著劑與纖維合併來製作植物肉並和市售植物肉比較彈回能力

Szczesniak博士在食物質地的特徵中，提到食物的彈性 springiness，本實驗把探究二的食材做成自製植物肉並與市售植物肉，用軟式棒球的反彈力做為植物肉彈性的比較。

#### (一) 硬度測試實驗設計

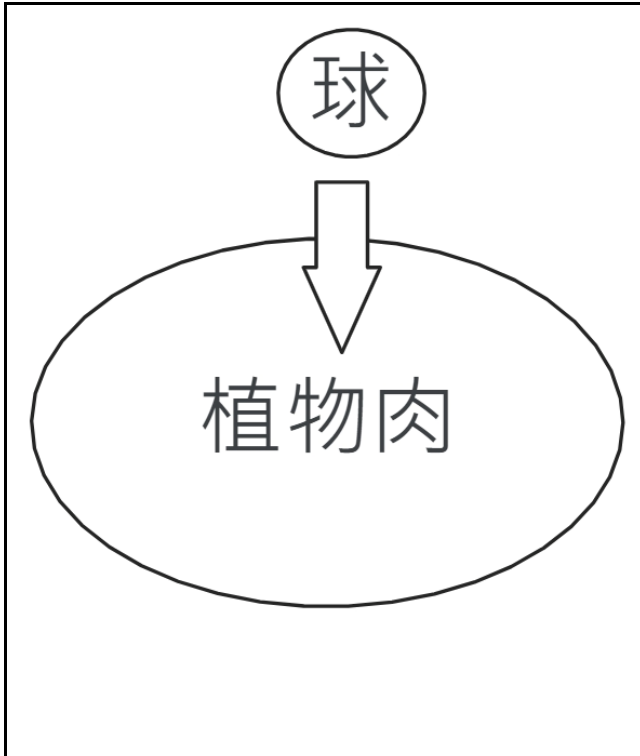


圖3-3-1彈性測試設計



圖3-3-2彈性測試實驗照片

- 1.將軟式棒球從40公分高度處用自由落體的方式，對準植物肉放下，測量棒球反彈高度。
- 2.用相機拍尺的刻度。以食材球的最下方進行記錄判斷。

#### (二) 實驗步驟:

1. 準備食材並將食材放入大同電鍋(1.8 升)電鍋內，內鍋 80cc 水，外鍋 280cc 水，蒸 40 分鐘後取出。



圖3-3-3實驗過程照片

2. 製作黏著劑與纖維(纖維攪拌30秒)。



圖3-3-4實驗過程照片

3. 將纖維與黏著劑合併來製作植物肉。



圖3-3-5實驗過程照片

4. 用氣炸鍋氣炸植物肉。



圖3-3-6實驗過程照片

5. 測試植物肉的彈性。

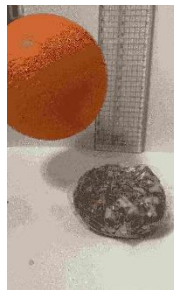


圖3-3-7實驗過程照片

6. 記錄實驗結果，並比較市售和自製植物肉。

## 探究四、測試植物肉的彈性回復能力並和市售植物肉比較

本探究依照Szczesniak博士對彈性( springiness)的解釋，測試自製與市售植物肉在200g砝碼作用下發生形變，當外力撤消後檢驗是否能恢復原來大小和形狀，來做為彈性方面的表現並進行比較。

### (一) 彈性回復能力實驗設計

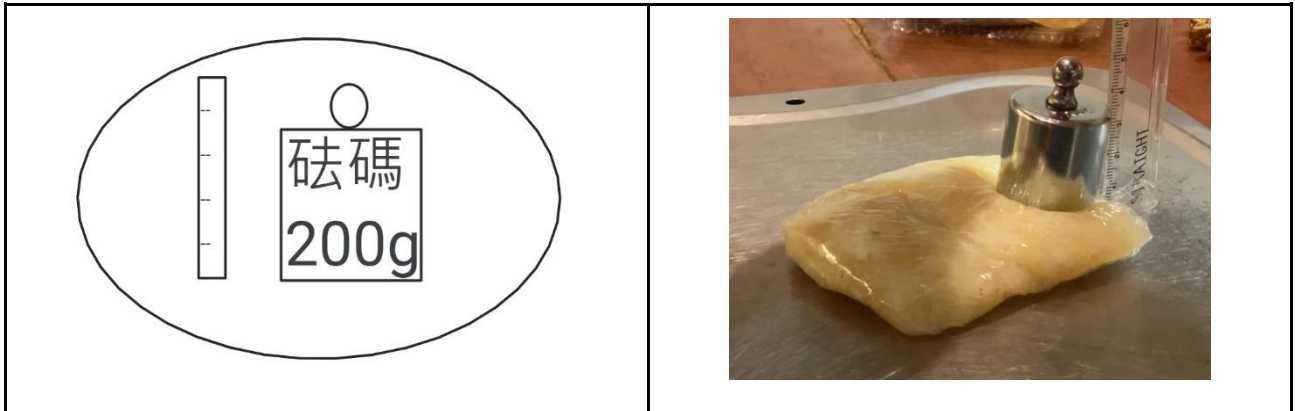


圖3-4-1彈性回復能力設計圖



圖3-4-2彈性回復能力實驗照片

- 1.將200g砝碼放置植物肉上，等待3秒後拿起砝碼。
- 2.紀錄植物肉下壓之後，下壓了多少(cm)，復原了多少。

### (二) 實驗步驟:

1. 製作植物肉



圖3-4-3實驗過程照片

2. 測試市售和自製植物肉的彈性回復能力。



圖3-4-4實驗照片

3. 記錄實驗結果並加以比較。

## 探究五、測試植物肉的變形程度並和市售植物肉比較

本探究主要是依據Szczesniak博士對食物內聚性(cohesiveness)的解釋，放下砝碼壓縮，做變形測試。

### (一) 變形測試實驗設計



圖3-5-1變形測試設計圖



圖3-5-2變形測試實驗照

### (二) 實驗步驟：

#### 1. 製作植物肉。



圖3-5-3實驗過程照片



圖3-5-4實驗過程照片

#### 2. 將300g砝碼對市售和自製植物肉壓下，並記錄變形的程度。



圖3-5-5實驗過程照片

#### 3. 記錄結果並加以比較。

## 肆、研究結果

### 探究一、查找關於植物肉的配方並選擇適合食材當做纖維和黏著劑

(一)查閱了書籍、網路資料及相關植物肉成分的研究報告，本實驗分析植物肉的成分，同時也尋找適合進行實驗的低中高纖維食材及黏著劑，發現市售植物肉的主要組成成分大致如下：

表4-1-1植物肉的組成

成分	角色	功能或用處
小麥麵粉, 馬鈴薯澱粉	澱粉	增加飽足感
芥花油、棕櫚油	油	增加香氣與黏著度
豌豆蛋白、綠豆蛋白	蛋白質	植物肉蛋白質的主要來源，有保水的奇效
甲基纖維素	纖維	增加彈性與口感
甲基纖維素、酸性焦磷酸鈉、磷酸二氫鈣	黏著劑	幫助塑形改變植物肉的質地
紅麴色素、紅麴米粉、甜菜根	仿色	幫助顏色更像肉
素食香料、黑胡椒、白胡椒、鹽	調味料	增加香氣與味道

(二)參考常見廠牌配方成分，並經過超過40種植物纖維蒐集，選擇以下纖維，見下表：

表4-1-2 芋頭、乾銀耳、香菇各100g的纖維量

食材100g	纖維量 (g)	蛋白質(g)	其他成分(g)
芋頭	2.3	2.2	95.5
乾銀耳	67.7	10.1	22.2
香菇	3.8	3.0	93.2

(三)尋找植物肉黏著劑

1.裝入450ml的水，等待90分鐘後，40g糯米吸了120ml的水，重量也增加了5g，糯米變稀稀的和吸水有關。



## 探究二:測試自製天然植物肉黏著劑的黏性

在探究一發現，糯米吸水之後具有黏著性，所以本探究把生活中常用的米類泡水後，以攪拌秒數作為操縱變因，加速反應速度探究黏性變化。以下資料均為做過三次後的平均數據，實驗結果如下：

表4-2-1黏著劑攪拌後，黏著劑的掉落時間(單位:秒)

	糙米	糯米	蓬萊米	馬鈴薯	在來米粉
攪拌20秒	1.45	1.76	2.91	0.70	5.24
攪拌40秒	1.73	0.91	1.76	1.39	7.60
攪拌60秒	4.23	0.90	3.06	3.64	3.92

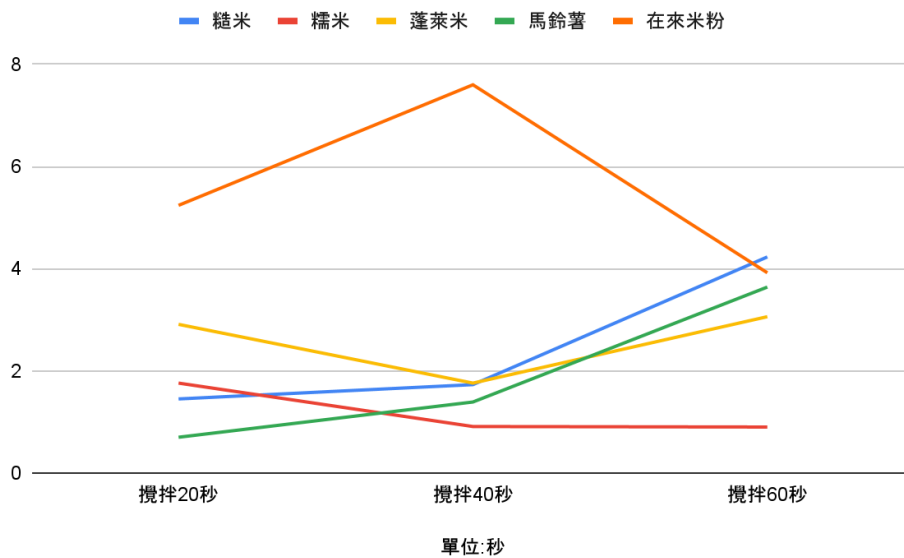


圖4-2-1黏著劑攪拌後黏性變化趨勢



表4-2-2黏著劑攪拌後，外觀變化一覽

	糙米	糯米	蓬萊米	馬鈴薯	在來米粉
攪拌 20秒		 (黑色圓圈內是糯米)			
攪拌 40秒					
攪拌 60秒					

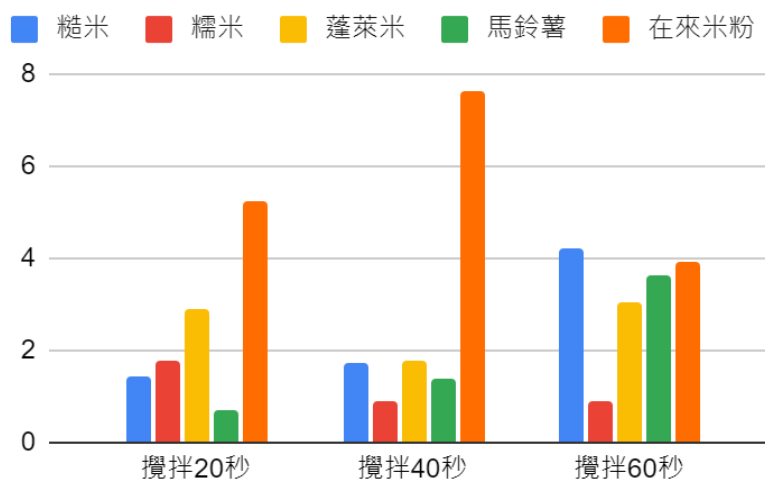


圖4-2-3黏著效果排行榜

表4-2-3黏著效果排行榜(依停留時間長短排序)

黏著效果排行	黏著劑	攪拌時間(秒)	停留時間(秒)
1	在來米粉	40	7.60
2	在來米粉	20	5.24
3	糙米	60	4.23
4	在來米粉	60	3.92
5	馬鈴薯	60	3.64
6	蓬萊米	60	3.06
7	蓬萊米	20	2.91
8	蓬萊米	40	1.76
9	糯米	20	1.76
10	糙米	40	1.73
11	糙米	20	1.45
12	馬鈴薯	40	1.39
13	糯米	40	0.91
14	糯米	60	0.90
15	馬鈴薯	20	0.70

依圖4-2-3黏著效果排行榜，發現：





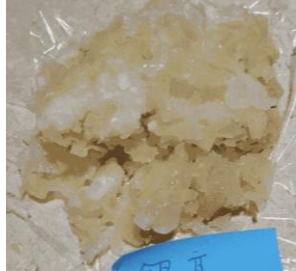




- (一)黏性最佳的是在來米粉攪拌40秒，可黏住板子7.60秒。
- (二)黏性最差的是馬鈴薯攪拌20秒，只能黏住板子0.70秒。

### 探究三、將食材黏著劑與纖維合併來製作植物肉並和市售植物肉比較彈性

依探究一和二的結果製成自製植物肉，添加纖維量不同的纖維，分別是使用乾銀耳、香菇、芋頭來測試，是否會影響彈性，也同時將五種市售植物肉做此一測試，進行比較，實驗結果如下：

(一)植物肉黏著劑攪拌後加入纖維的外觀，如下表：

表4-3-1植物肉黏著劑攪拌後加入纖維狀況一覽

糙米植物肉	糙米20秒+香菇	糙米20秒+乾銀耳	糙米20秒+芋頭
照片			
蓬萊米植物肉	蓬萊米40秒+香菇	蓬萊米40秒+乾銀耳	蓬萊米40秒+芋頭
照片			
馬鈴薯植物肉	馬鈴薯20秒+香菇	馬鈴薯20秒+乾銀耳	馬鈴薯20秒+芋頭
照片			

(二)將糙米攪拌20秒、蓬萊米攪拌40秒、馬鈴薯攪拌20秒分別加入香菇、乾銀耳、芋頭測試軟式棒球的反彈力，用軟式棒球的反彈力做為植物肉彈性的比較，實驗結果如下：

表4-3-2糙米攪拌20秒後，植物肉測試彈性實驗（單位：cm）





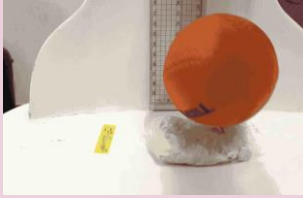




糙米植物肉	糙米20秒+香菇	糙米20秒+乾銀耳	糙米20秒+芋頭
彈回高度	3.0	2.0	0.5
第一次測試			
彈回高度	0.2	1.0	0.8
第二次測試			
彈回高度	0.1	0.1	0.5
第三次測試			
平均回彈高度	1.10	1.03	0.60



表4-3-3蓬萊米攪拌40秒後，植物肉測試彈性實驗（單位：cm）

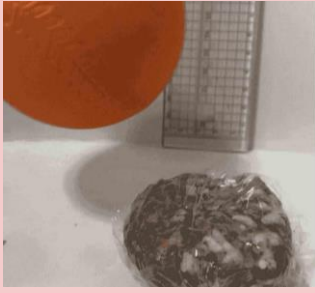

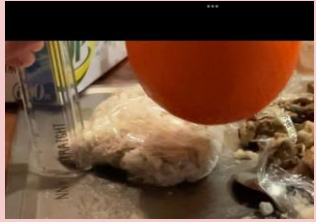








蓬萊米植物肉	蓬萊米40秒+香菇	蓬萊米40秒+乾銀耳	蓬萊米40秒+芋頭
彈回高度	0.5	0.3	1.2
第一次測試			
彈回高度	0.3	0.5	1.0
第二次測試			
彈回高度	0.5	0.5	1.5
第三次測試			
平均回彈高度	0.43	0.43	1.23

表4-3-4馬鈴薯攪拌20秒後，植物肉測試彈性實驗（單位：cm）

馬鈴薯植物肉	馬鈴薯20秒+香菇	馬鈴薯20秒+乾銀耳	馬鈴薯20秒+芋頭
彈回高度	0.0	0.0	0.1
第一次測試			
彈回高度	0.0	0.0	0.5







第二次測試			
彈回高度	0.0	0.0	0.0
第三次測試			
平均回彈高度	0.00	0.00	0.20

表4-3-5植物肉測試彈性實驗綜合比較 (單位：cm)

植物肉	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均
馬鈴薯攪拌60秒+芋頭	0.1	0.5	0.0	0.20
馬鈴薯攪拌60秒+香菇	0.0	0.0	0.0	0.00
馬鈴薯攪拌60秒+乾銀耳	0.0	0.0	0.0	0.00
蓬萊米攪拌40秒+芋頭	1.2	1.0	1.5	1.23
蓬萊米40秒+香菇	0.5	0.3	0.5	0.43
蓬萊米40秒+乾銀耳	0.3	0.5	0.5	0.43
糙米攪拌20秒+芋頭	0.5	0.8	0.5	0.60
糙米20秒+香菇	3.0	0.2	0.1	1.10
糙米20秒+乾銀耳	2.0	1.0	0.1	1.03

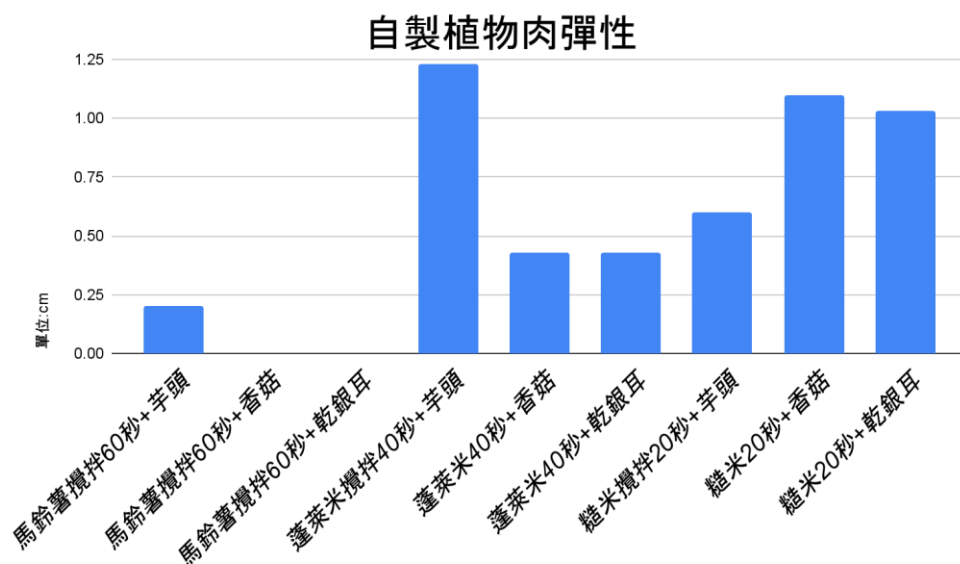


圖4-3-5植物肉測試彈性實驗綜合比較 (單位：cm)

依圖4-3-1植物肉測試彈性實驗綜合比較，發現：

- (一)糙米攪拌20秒+香菇的組合彈性最佳，彈回3cm。
- (二)彈性最差的是蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳的組合。

表4-3-6各種纖維量對彈性的影響(單位：cm)

將軟式棒球往植物肉用自由落體的方式拋下，看彈回高度		
纖維量	纖維	纖維使用在各種黏著劑的植物肉彈性平均(cm)
纖維低	芋頭	0.667
纖維中	香菇	0.51
纖維高	乾銀耳	0.4867



纖維量對植物肉彈性(軟式棒球拋下)的影響

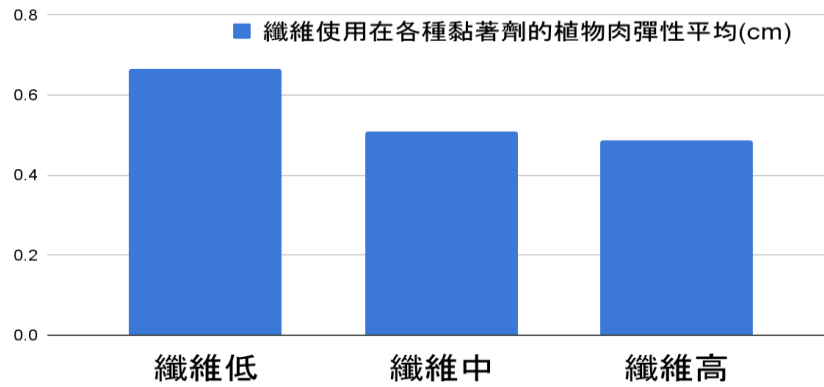


圖4-3-6各種纖維量對彈性的影響

(三)將五種市售植物肉放軟式棒球下方，不施力放下軟式棒球，測試軟式棒球的反彈力，用軟式棒球的反彈力做為植物肉彈性的比較，實驗結果如下：

表4-3-7市售植物肉彈性測試(單位：cm)

	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均
三機植物肉	6.90	5.50	5.00	5.80
Omni	2.20	1.00	1.00	1.40
香饌	6.00	4.00	4.00	4.67
Vveat	2.00	1.00	2.00	1.67
路易莎	0.50	2.00	4.50	2.33

市售植物肉 彈回能力

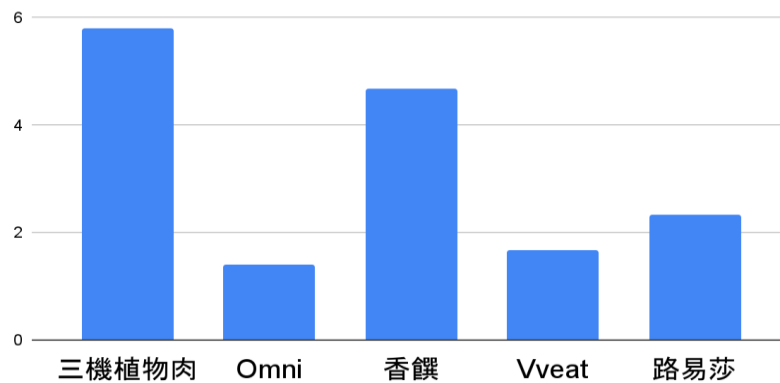


圖4-3-7市售植物肉彈性測試

#### 探究四、測試植物肉的彈性回復能力並和市售植物肉比較

本探究測試自製與市售植物肉在200g砝碼作用下發生形變，當外力撤消後檢驗是否能恢復原來大小和形狀，來做為彈性方面的表現並進行比較，實驗結果如下：

表4-4-1第一次植物肉測試彈性回復能力實驗（單位:cm）

將200g砝碼放下，下壓多少和復原多少？			
植物肉	下壓(cm)	復原(cm)	回復能力=復原-下壓 (cm)
糙米攪拌20秒+香菇	0.2	0.1	0.1
糙米攪拌20秒+乾銀耳	0.1	0.1	0.0
糙米攪拌20秒+馬鈴薯	2.5	0.0	2.5
蓬萊米攪拌40秒+香菇	0.1	0.1	0.0
蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳	1.0	0.0	1.0
蓬萊米攪拌40秒+馬鈴薯	0.1	0.1	0.0

表4-4-2第二次植物肉測試彈性回復能力實驗

植物肉下壓後的復原程度（單位:cm）			
植物肉	下壓(cm)	復原(cm)	回復能力=復原-下壓 (cm)
糙米攪拌20秒+香菇	0.2	0.1	0.1
糙米攪拌20秒+乾銀耳	0.1	0.1	0.0
糙米攪拌20秒+馬鈴薯	1.0	0.0	1.0
蓬萊米攪拌40秒+香菇	2.0	2.0	0.0
蓬萊米攪拌40秒+馬鈴薯	0.1	0.0	0.1
蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳	0.5	0.3	0.2

表4-4-3植物肉測試彈性回復能力實驗(單位: cm)

自製植物肉	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均
馬鈴薯攪拌60秒+芋頭	0.200	0.200	0.200	0.200
馬鈴薯攪拌60秒+香菇	0.500	1.000	1.000	0.833
馬鈴薯攪拌60秒+乾銀耳	0.400	1.000	1.000	0.800
糙米攪拌20秒+芋頭	0.300	0.500	0.300	0.367
糙米攪拌20秒+香菇	0.000	0.100	0.100	0.067
糙米攪拌20秒+乾銀耳	0.100	0.100	0.000	0.067
蓬萊米攪拌40秒+芋頭	0.200	0.600	0.500	0.433
蓬萊米攪拌40秒+香菇	1.000	0.500	0.000	0.500
蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳	0.000	0.000	0.200	0.067

依表4-4-3植物肉測試彈性回復能力實驗綜合比較，發現：

- (一)糙米攪拌20秒+馬鈴薯 和 蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳的組合，完全沒有復原，是因為形狀改變。
- (二)彈性最差的是蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳的組合。
- (三)糙米攪拌20秒+香菇的組合能夠復原一半。
- (四)完全沒有復原的組合不適合使用來製造植物肉。

表4-4-4各種纖維量對彈性回復的影響(單位: cm)

將200g砝碼放置植物肉上，等待3秒後拿起砝碼。		
纖維量	纖維	(下壓-復原)
纖維低	芋頭	0.3323
纖維中	香菇	0.0467
纖維高	乾銀耳	0.031167

(表格中，數字越大代表彈性越差。)

(下壓-復原) 單位:cm

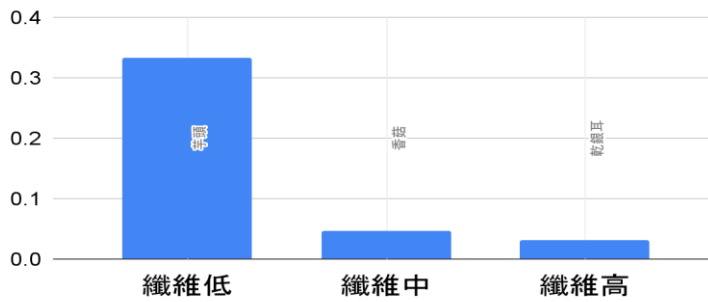


圖4-4-4各種纖維量對彈性回復的影響

表4-4-5第一次測試市售植物肉對彈性回復的影響(單位: cm)

第一次測試 (單位: cm)	下壓	復原	下壓-復原
三機植物肉	0.3	0.2	0.1
Omni	0.3	0.1	0.2
香饌	0.3	0.2	0.1
Vveat	0.7	0.3	0.4
路易莎	0.2	0.1	0.1

表4-4-6第二次測試市售植物肉對彈性回復的影響(單位: cm)

第二次測試 (單位: cm)	下壓	復原	下壓-復原
三機植物肉	0.3	0.15	0.15
Omni	0.3	0.2	0.1
香饌	0.2	0.1	0.1
Vveat	0.4	0.2	0.2
路易莎	0.1	0.05	0.05

表4-4-7第三次測試市售植物肉對彈性回復的影響(單位: cm)

第三次測試 (單位: cm)	下壓	復原	下壓-復原
三機植物肉	0.2	0.1	0.1
Omni	0.3	0.1	0.2
香饌	0.3	0.1	0.2
Vveat	0.7	0.3	0.4
路易莎	0.2	0.1	0.1

表4-4-8市售植物肉對彈性回復的影響(單位: cm)

	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均
三機植物肉	0.1	0.15	0.1	0.117
Omni	0.2	0.1	0.2	0.167
香饅	0.2	0.1	0.1	0.13
Vveat	0.4	0.2	0.4	0.33
路易莎	0.1	0.05	0.1	0.83

### 探究五、測試植物肉的變形程度並和市售植物肉比較

本探究主要是針對食物內聚性的特質，在植物肉上放下砝碼，進行變形測試，實驗結果如下：

表4-5-1自製植物肉變形程度測試

自製植物肉下壓程度	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均
糙米攪拌20秒+香菇	0.30	0.2	0.3	0.267
糙米攪拌20秒+乾銀耳	2.00	1.0	1.5	1.500
糙米攪拌20秒+芋頭	0.65	1.0	0.8	0.817
蓬萊米攪拌40秒+香菇	碎成兩半	碎成兩半	碎成兩半	碎成兩半
蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳	0.60	0.7	0.6	0.633
蓬萊米攪拌40秒+芋頭	0.8	0.5	1.1	0.800
馬鈴薯攪拌60秒+香菇	2.0	1.8	1.7	1.833
馬鈴薯攪拌60秒+乾銀耳	1.1	1.3	1.1	1.167
馬鈴薯攪拌60秒+芋頭	1	1	1	1.000

表4-5-2市售植物肉變形程度測試

市售植物肉	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均
三機植物肉	0.70	0.40	0.30	0.47
Omni	0.40	0.40	0.40	0.40
香饅	0.70	0.40	0.40	0.50
Vveat	0.60	0.50	0.40	0.50
路易莎	0.30	0.50	0.30	0.37

依表4-5-1及表4-5-2自製植物肉與市售植物肉變形程度綜合比較，發現：

(一)自製植物肉硬度測試中，下壓接近0.2~0.5cm為適中。糙米攪拌20秒+香菇下壓0.267cm，排名第一。

(二)市售植物肉下壓接近0.3~0.5cm，彈性最差的是蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳的組合。

## 伍、討論

### 探究一、查找關於植物肉的配方並選擇適合食材當做纖維和黏著劑

- (一)查找資料後，本實驗將採用的自製植物肉，纖維選擇如下：芋頭（低）、香菇（中）、乾銀耳（高）。
- (二)本次實驗將採取的植物肉黏著劑選擇是：糙米、糯米、蓬萊米和芋頭。
- (三)在增加營養時，可考慮增加黃豆來增加蛋白質，黃豆的蛋白質高達35.6g（每100g）。
- (四)此研究將進行植物肉的組成測試項目，會包括纖維與黏著劑。

### 探究二:測試自製天然植物肉黏著劑的黏性

- (一)植物肉的自然黏著劑，考慮到中老年人的吞嚥需求，我們會選擇黏性中等的黏著劑，因為太黏容易卡到喉嚨，但如果黏性不佳，效果也不好。
- (二)實驗過程中發現：糙米和馬鈴薯有越攪越黏的趨勢。
- (三)攪拌秒數和黏著劑的黏性不一定有直接的關係，但攪拌時間越久，黏性似乎漸漸趨於一致。
- (四)製作植物肉黏著劑會使用攪拌40秒後的蓬萊米、攪拌20秒後的糙米和攪拌60秒後的馬鈴薯。

### 探究三、將食材黏著劑與纖維合併來製作植物肉並和市售植物肉比較彈回能力

- (一)自製植物肉中，糙米攪拌20秒+香菇的組合彈性最佳。
- (二)自製植物肉中，對糙米和蓬萊米當做食材黏著劑的測試，彈性較好的是糙米，不管攪拌時間是20、40還是60秒，彈性都比蓬萊米好。
- (三)市售植物肉中，三機彈性最好，Omni彈性最差。
- (四)綜合比較發現，市售植物肉比自製植物肉的彈性都比較好。
- (五)彈性好的植物肉吃起來有嚼勁，口感好。但如果彈性太好，不一定適合。
- (六)市售植物肉的口感更像動物肉，自製植物肉有嚼勁，但口感並不是非常像動物肉。

## 探究四、測試植物肉的彈性回復能力並和市售植物肉比較

- (一)蓬萊米攪拌40秒+馬鈴薯、糙米攪拌20秒+乾銀耳 和 蓬萊米攪拌40秒+香菇的組合能夠完全復原，彈性回復能力表現最佳。
- (二)完全沒有復原的組合，彈性回復能力為0，會影響植物肉的口感，但適合牙口較差的中老年人食用。
- (三)馬鈴薯的質地較鬆軟，最適合牙口較差的老年人，可以幫助在植物肉的標示上，將植物肉做鬆軟程度的分類，協助消費者做選擇。
- (四)彈性好的植物肉吃起來有嚼勁，口感好。但如果彈性太好，不一定適合。
- (五)市售植物肉的口感更像動物肉，自製植物肉有嚼勁，但口感並不是非常像動物肉。

## 探究五、測試植物肉的變形程度並和市售植物肉比較

- (一)硬度測試中，下壓接近0.2~0.5cm為適中。糙米攪拌20秒+香菇下壓0.267cm, 排名第一。
- (二)市售植物肉下壓接近0.3~0.5cm。

## 陸、結論

- 一、植物肉的組成中，包括纖維與黏著劑，黏著劑選擇：糙米、糯米、蓬萊米和芋頭；纖維選擇使用馬鈴薯（低）、香菇（中）、乾銀耳（高）。
- 二、黏性測試後，選擇攪拌40秒後的蓬萊米、攪拌20秒後的糙米和攪拌60秒後的馬鈴薯作為植物肉的自然黏著劑，考慮到中老年人的吞嚥需求，我們會選擇黏性中等的黏著劑，因為太黏容易卡到喉嚨，但如果黏性不佳，效果也不好。
- 三、攪拌秒數和黏著劑的黏性沒有直接的關係，攪拌越久也不一定越黏。
- 四、蓬萊米攪拌40秒+芋頭的組合在彈回能力測試的結果最佳，彈回1.23cm，適合較年輕或是追求口感的蔬食族群。
- 五、彈性回復能力測試，蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳、糙米攪拌20秒+乾銀耳或香菇的植物肉復原能力最佳。
- 六、糙米攪拌20秒+馬鈴薯變形程度適中，最適合植物肉來進行塑型。
- 七、彈性好的植物肉吃起來有嚼勁，口感好。但如果彈性太好，口感不一定像肉。
- 八、市售植物肉的口感更像動物肉，自製植物肉有嚼勁，但口感並不是非常像動物肉。
- 九、試吃後，發現自製植物肉容易吞嚥，完成目標。



## 柒、未來展望

- 一、以天然且容易吞嚥的植物肉為目標進行探究
- 二、製作口感更像動物肉的植物肉
- 三、將不同食材加在一起來製作植物肉
- 四、製作口感更佳的植物肉
- 五、提升植物肉的營養價值

(一)方向與重點：增加蛋白質來源和其他蛋白

(二)計畫：增加黃豆與豌豆至植物肉中，計畫增加黃豆與豌豆至植物肉中，黃豆的蛋白質高達35.6g（每100g），拓展實驗的深度與廣度。

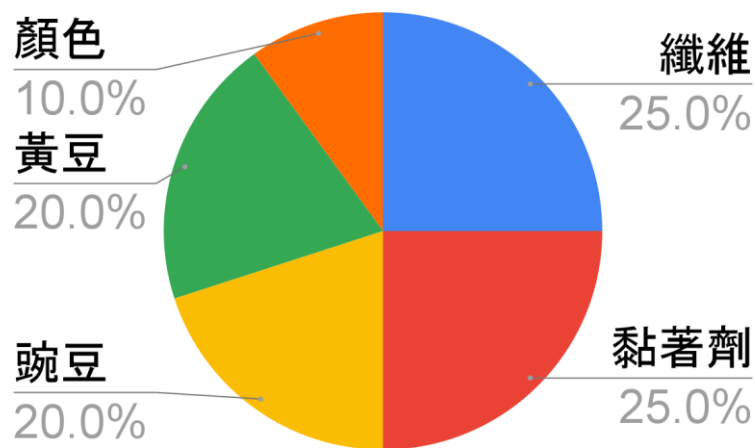


圖7-1未來植物肉成分組成規畫

(三)結果：從表中可發現，1/2是纖維和黏著劑(原本的成分)，1/2是其他的成分。纖維和黏著劑的重量不變，但增加了其他成分。

(四)備註：圖表中的顏色，成分是紅甜菜根。增加豌豆，目的是增加豌豆蛋白。

## 捌、參考文獻資料

- 一、Udn 元氣網。(2022)。食物成分與熱量查詢。2024 年 1 月 7 日，取自：<https://health.udn.com/health/foodcate/A>
- 二、SUNGIFT 三機食品。(2022)。三機植物肉。2024 年 1 月 7 日，取自：<https://sungift.tw/plan-t-based-meat/>
- 三、Beyond meat。(2024)。OUR PRODUCTS。<https://www.beyondmeat.com/en-US/products/>
- 四、櫻花集團。(2023,3)。植物肉是什麼做的?百搭料理食材，做漢堡、水餃都超好吃!2023 年 12 月 20 日，取自：<https://www.sakura.com.tw/LifeStyle/Content/1088>
- 五、陳信如。(2022,9)。你吃過植物肉嗎?旭時報。2024 年 1 月 15 日，取自：<https://sunrisemedium.com/p/202/plant-based-meat>
- 六、蔡經謙。(2023,7)。營養師解析植物肉成分。早安時報。2024 年 2 月 10 日，取自：<https://www.edh.tw/article/34261>
- 七、鄭千惠、陳珮蓉。(2020)。吞嚥困難與飲食食物質地標準。台灣老年醫學暨老年學會雜誌，15(2)，73-83。2024 年 1 月 5 日，取自：[https://doi.org/10.29461/TGGa.202005\\_15\(2\).0001](https://doi.org/10.29461/TGGa.202005_15(2).0001)
- 八、簡漢承、陳榆柔、陳庭姍、陸筠、陳映如、簡漢昇。(2008)。黏度大考驗—應用具有黏性物質製作黏著劑之探討與研究。新北市106 學年度國民中小學科學展覽會作品說明書。2023 年 11 月 17 日，取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/elementary/080821.pdf>
- 九、黎玟彤、陳妍均、陳俊佑、林威昇。探究食品添加劑在糯米粉糰中的增塑效果。中華民國第61屆科學展覽說明書。2024 年 3 月 7 日，取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/61/pdf/NPHSF2021-052205.pdf?0.3553730918850182>
- 十、蔡昀芸、吳臻育、林承頤、陳宗駿、徐謙德。「剛」「柔」並進、「硬」「軟」兼施～探討流體的「固化」與固體的「液化」現象。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會作品說明書。2024 年 5 月 17 日，取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/080110.pdf>

## 【評語】 082901

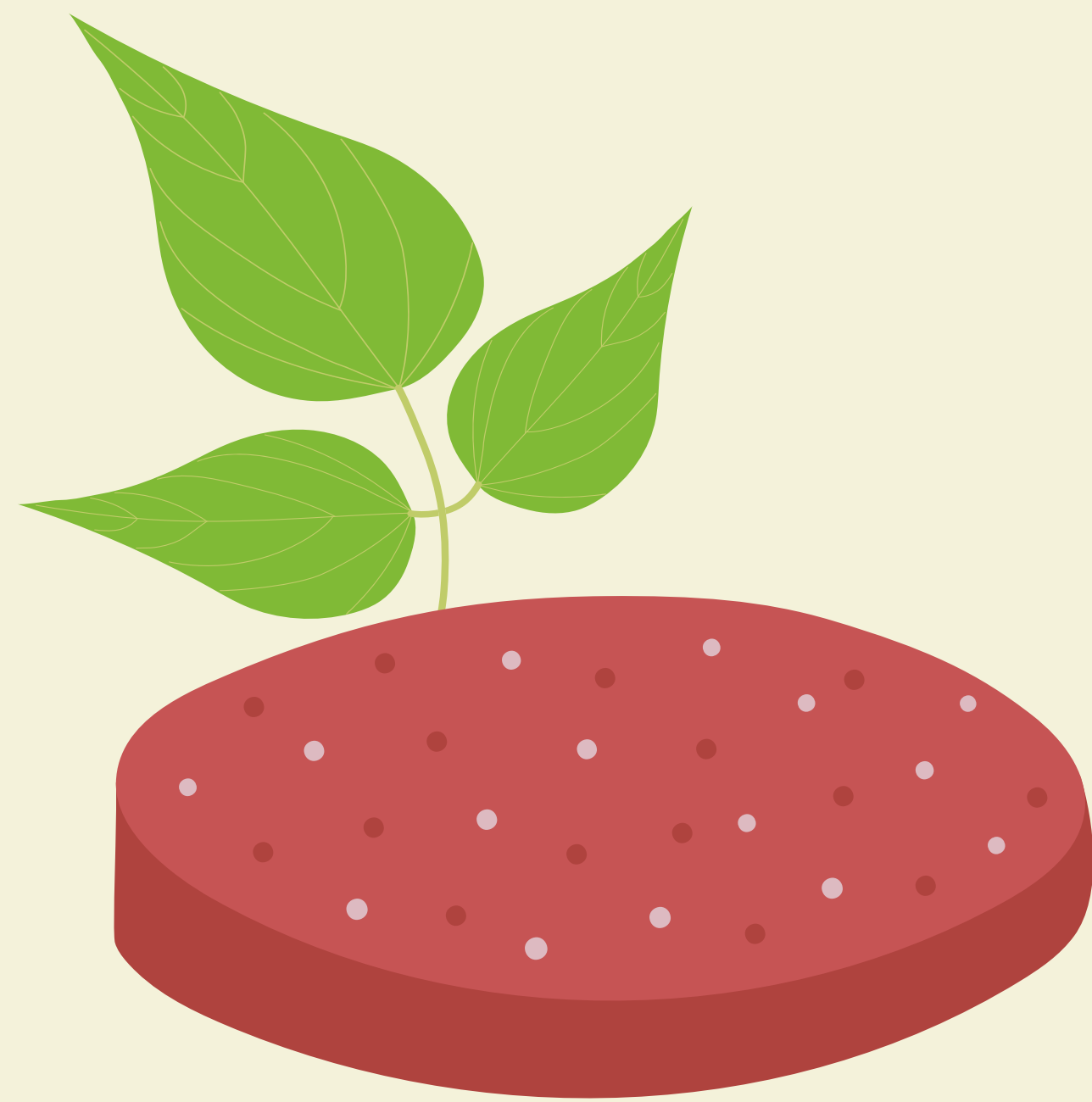
1. 本實驗利用純天然食材製作植物肉，創造出具有良好口感且易於吞嚥咀嚼的產品，研究主題具生活化，能以系統性的實驗方法，對植物肉的配方、黏性、彈性和硬度進行詳細的分析。
2. 建議可深入探討植物肉在不同儲存條件下，例如冷藏或冷凍條件的質地變化，以及與市售植物肉營養成分比較與對健康的影響，將有助於實際應用和市場化的發展。
3. 本實驗的成品將有機會滿足臺灣素食人口和高齡化社會的需求時，建議可邀請素食族群或長者納入本研究的感官評價探討，有助於獲得改進產品的反饋。

## 作品簡報



「植」 做未來肉

之黏性與彈性研究





# 摘要

本研究以純天然食材製作口感好且容易吞嚥咀嚼的植物肉為目標。



比較自製與市售植物肉之彈回能力、復原能力和變形程度。



測試其彈性和軟硬，做出天然又符合口感需求的植物肉。



# 壹、前言

## 一、研究動機



全球暖化是世界性的議題，畜牧業在全球碳排放總量就佔了百分之15%

調查市售植物肉的成分，含有不少人工添加物，所以想利用天然食材做植物肉。

臺灣是高齡社會，如果長輩吃到太硬或太黏的食物，可能會有吞嚥咀嚼的問題。因此想要製作容易吞嚥咀嚼的植物肉。

## 二、研究目的

(一)了解植物肉的配方與纖維。	探究一、查找關於植物肉的配方並選擇適合食材當作纖維和黏著劑
(二)尋找最佳的天然植物肉黏著劑，使其容易塑形。	探究二、測試天然植物肉黏著劑的黏性
(三)自製植物肉並測試彈性及軟硬度來促進口感提升	探究三、將食材黏著劑與纖維合併來製作植物肉並和市售植物肉比較彈回能力
	探究四、測試植物肉的彈性回復能力並和市售植物肉比較
	探究五、測試植物肉的變形程度並和市售植物肉比較

## 三、文獻探討與回顧

品牌	產品名稱	成分 (紅色標記是人工添加劑)
香饌	植物肉排	水、組織狀大豆蛋白(非基因改造)(大豆、麩質)、分離大豆蛋白(非基因改造)(大豆)、醬油(大豆、麩質)、大豆油、二砂、修飾澱粉(醋酸澱粉)、酵母精粉、樹薯澱粉、素食調味料(L-麩酸鈉、甘氨酸鈉(甜味劑)、DL-胺基丙酸、5'-次黃嘌呤核苷酸二鈉+5'-鳥嘌呤核苷酸二鈉、琥珀酸二鈉)、素食香料、黑胡椒、白胡椒、紅麴米粉、酵素(麥芽糊精、谷氨醯胺轉氨酶)。
Omni	Ocean Burger	水、大豆濃縮蛋白(非基改)、小麥麵粉、芥花油、馬鈴薯澱粉、甲基纖維素、鹽、香料、蔗糖、玉米澱粉、酵母、酵母抽取物、酸性焦磷酸鈉、碳酸氫鈉、豌豆蛋白、米蛋白、磷酸二氫鈣、香菇粉、燕麥
三機	植物肉堡排	水、豌豆蛋白、植物油(芥花油、精煉椰子油、可可脂)、調味料(香料、酵母粉、蘋果醋、陳年釀漬梅(梅子、蔗糖、鹽))、綜合水果濃縮汁(蘋果濃縮汁、石榴濃縮汁)、纖維、馬鈴薯澱粉、甲基纖維素(甲基纖維素、水、氯化鈉)、碳酸鈣、氯化鉀、甜菜根、大豆卵磷脂、維生素C、葡萄糖酸鋅、菸鹼醯胺、維生素B12(麥芽糊精、檸檬酸鈉、檸檬酸、維生素B12)、維生素B2、維生素B1、維生素B6、葉酸。
Vveat	植物漢堡排	水、豌豆蛋白、非基因改造脫脂豆粉、芥花油、甲基纖維素(粘稠劑)、酵母抽出物、醬油、馬鈴薯澱粉、棕櫚油、食鹽、香料、白胡椒粉、麥芽糊精、匈牙利紅辣椒粉、紅麴色素。

### 食物的質地

SZCZESNIAK博士將食物質地的特徵分三類，包含：

#### (1)力學特性

硬度 HARDNESS、內聚性 COHESIVENESS、彈性 SPRINGINESS、黏附性ADHESIVENESS、黏稠度 VISCOSITY。

#### (2)幾何特性

砂狀GRITTY、顆粒狀GRAINY、纖維狀FIBROUS、結晶狀CRYSTALLINE等。

#### (3)其它特性

水份含量、脂肪含量等。

#### 彈性

指物體在外力作用下發生形變，當外力撤消後能恢復原來大小和形狀的性質。

# 貳、研究設備及器材

## 一、食材

(一)植物肉黏著劑：馬鈴薯、糯米、蓬萊米、糙米、在來米粉

(二)植物肉彈性增強物(纖維)：芋頭、乾銀耳、香菇

(三)植物肉蛋白來源：黃豆

二、實驗器材：碼表、果汁機、尺、砝碼、軟式棒球、(電子)秤、電鍋、氣炸鍋

三、輔助工具：衛生紙、水、砧板、保鮮膜、3C電子產品(手機、電腦、iPad等)

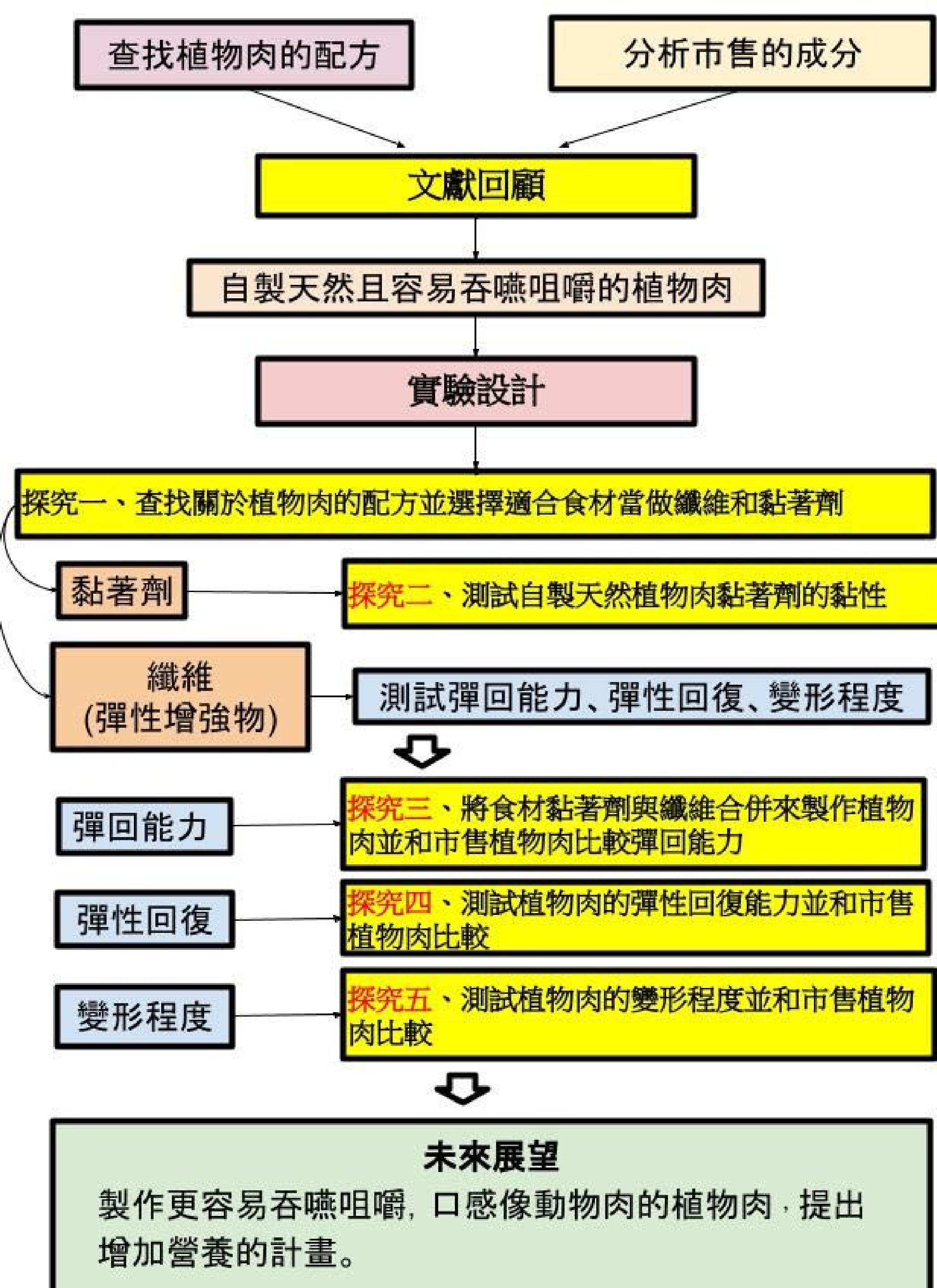
四、自組器材：架子(盒子、砧板)



本研究作品說明書內的圖表、照片均由作者自拍自製，無法獨力完成照片由家長協助拍攝；非自拍照片或圖片均來自CANVA教育版授權。

# 參、研究過程或方法

## 一、研究流程圖



## 二、研究過程或方法

### 探究一、查找關於植物肉的配方並選擇適合食材當作纖維和黏著劑

#### (一)實驗步驟:

- 1.查詢食材的植物纖維量、含水量與蛋白質。
- 2.查詢植物肉的組成。
- 3.選擇適合的纖維和黏著劑。

### 探究二、測試天然植物肉黏著劑的黏性

#### (一)實驗設計

- 1.將食材黏著劑黏在板上，並黏上砝碼。
- 2.測試並紀錄食材黏著劑的掉落時間。
- 3.將食材黏著劑碰到板子的面積統一，食材黏著劑的體積也會統一，需搭配砝碼來統一重量。

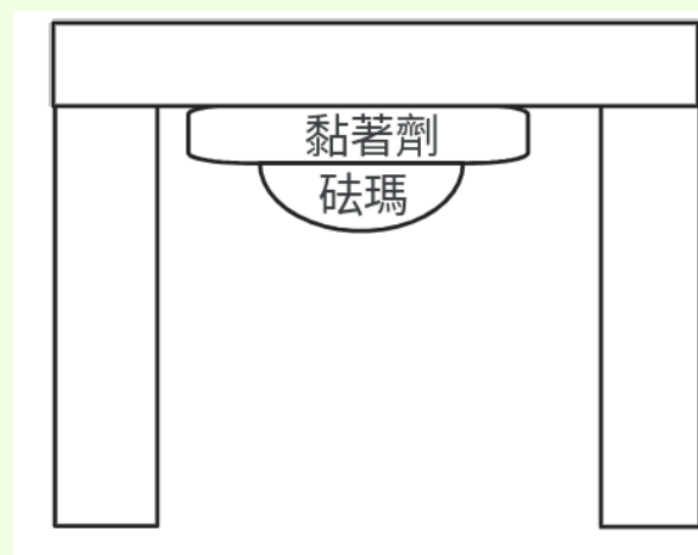
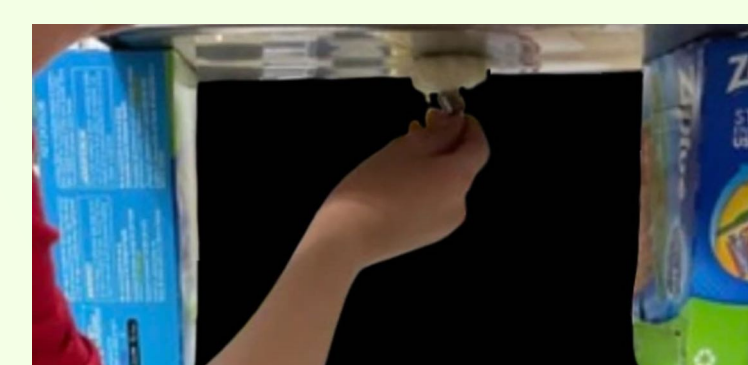
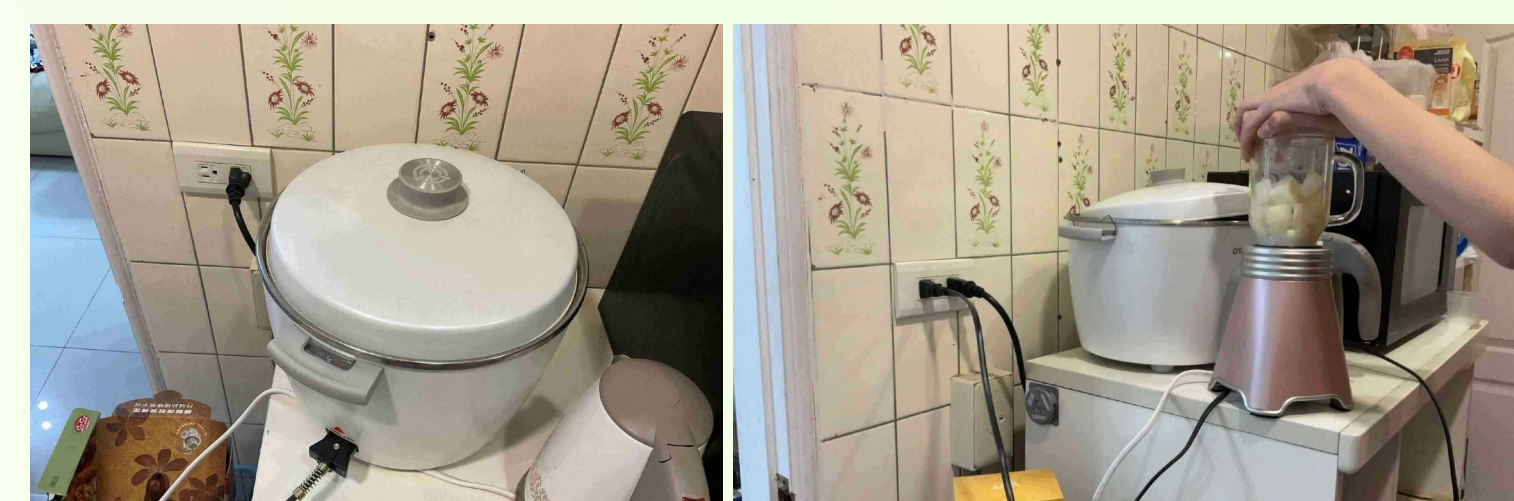


圖3-2-1黏性測試設計圖



#### (二)實驗步驟:

- 1.將選用的食材黏著劑蒸熟
- 2.將食材黏著劑用果汁機攪拌20、40和60秒
- 3.測試攪拌過後食材黏著劑的黏性
- 4.紀錄結果





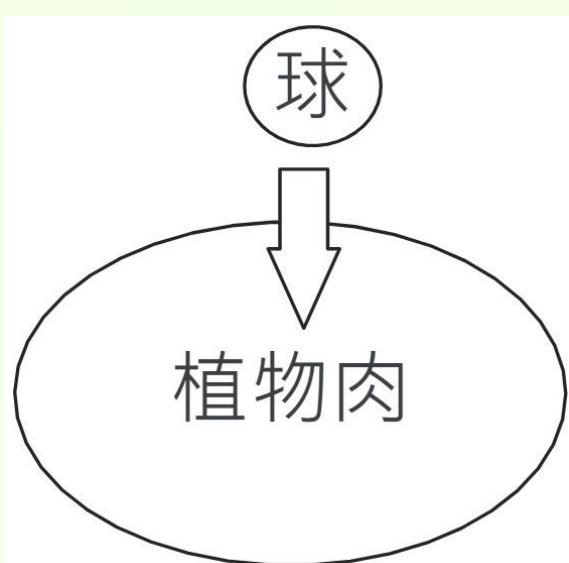
## 探究三、將食材黏著劑與纖維合併來製作植物肉並和市售植物肉比較彈回能力

### (一) 實驗設計：彈性測試1

1. 將軟式棒球從40公分高度處用自由落體的方式，對準植物肉放下，測量棒球反彈高度。
2. 用相機拍尺的刻度。以球的最下方進行記錄判斷。

### (二) 實驗步驟:

1. 準備食材並將食材放入大同電鍋(1.8 升)電鍋內，內鍋 80cc 水，外鍋 280cc 水，蒸 40 分鐘後取出。
2. 製作黏著劑與纖維(纖維攪拌30秒)。
3. 將纖維與黏著劑合併來製作植物肉。
4. 用氣炸鍋氣炸植物肉。
5. 測試植物肉的彈性。
6. 記錄實驗結果，並比較市售和自製植物肉。



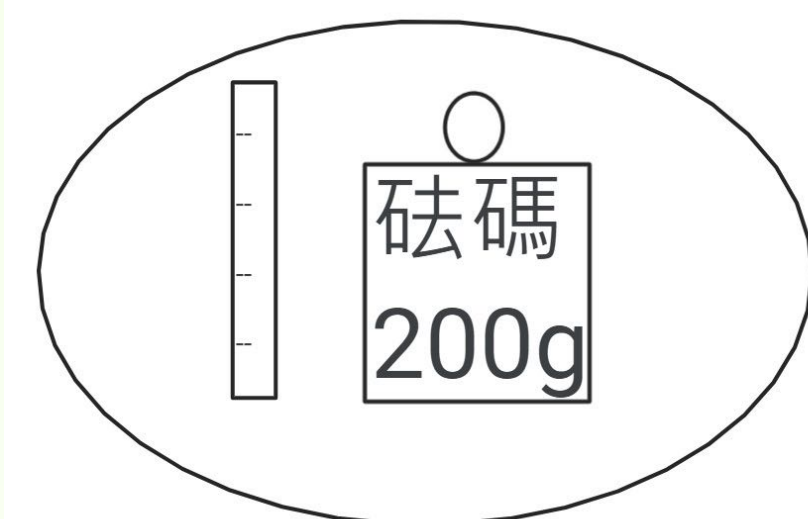
## 探究四、測試植物肉的彈性回復能力並和市售植物肉比較

### (一) 實驗設計：彈性回復能力

1. 將200g砝碼放置植物肉上，等待3秒後拿起砝碼。
2. 紀錄植物肉下壓之後，下壓了多少(cm)，復原了多少。

### (二) 實驗步驟:

1. 製作植物肉
2. 測試市售和自製植物肉的彈性回復能力。
3. 記錄實驗結果並加以比較。



## 探究五、測試植物肉的變形程度並和市售植物肉比較

### (一) 實驗設計：變形測試

1. 將300克的砝碼向植物肉壓下，並記錄下壓的程度。

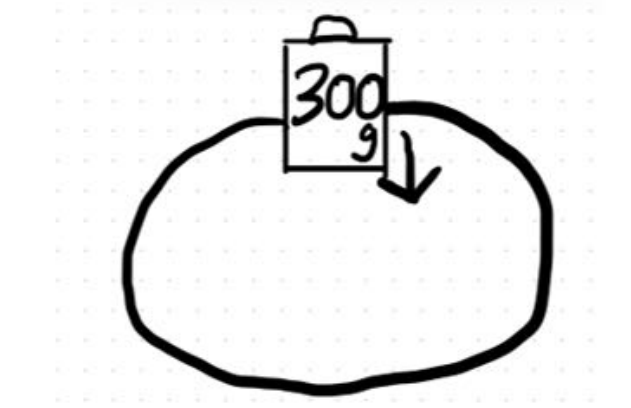


圖 3-5-2 變形測試設計圖

### (二) 實驗步驟:

1. 製作植物肉。
2. 將300g砝碼對市售和自製植物肉壓下，並記錄變形的程度。
3. 記錄結果並加以比較。



# 肆、研究結果

## 探究一、查找關於植物肉的配方並選擇適合食材當做纖維和黏著劑

(一) 查閱了書籍、網路資料及相關植物肉成分的研究報告，黏著劑，發現市售植物肉的主要組成成分大致如下：

成分	角色	功能或用處
小麥麵粉, 馬鈴薯澱粉	澱粉	增加飽足感
芥花油、棕櫚油	油	增加香氣與黏著度
豌豆蛋白、綠豆蛋白	蛋白質	植物肉蛋白質的主要來源，有保水的奇效
甲基纖維素	纖維	增加彈性與口感
甲基纖維素、酸性焦磷酸鈉、磷酸二氫鈣	黏著劑	幫助塑形改變植物肉的質地
紅麴色素、紅麴米粉、甜菜根	仿色	幫助顏色更像肉
素食香料、黑胡椒、白胡椒、鹽	調味料	增加香氣與味道

(二) 參考常見廠牌配方成分，並經過超過40種植物纖維蒐集，選擇以下纖維，見下表：

食材100g	纖維量 (g)	蛋白質 (g)	其他成分 (g)
芋頭	2.3	2.2	95.5
香菇	3.8	3.0	93.2
乾銀耳	67.7	10.1	22.2

### (三) 尋找植物肉黏著劑

1. 裝入450ml的水，等待90分鐘後，糯米吸了120ml的水，重量也增加了5g，糯米變稀稀的和吸水有關。

## 探究二、測試自製天然植物肉黏著劑的黏性

本探究把生活中常用的米類泡水後，以攪拌秒數作為操縱變因，加速反應速度探究黏性變化。以下資料均為做過三次後的平均數據，實驗結果如下：

表4-2-1 黏著劑攪拌後，黏著劑的掉落時間(單位:秒)

	糙米	糯米	蓬萊米	馬鈴薯	在來米粉
攪拌20秒	1.45	1.76	2.91	0.70	5.24
攪拌40秒	1.73	0.91	1.76	1.39	7.60
攪拌60秒	4.23	0.90	3.06	3.64	3.92

依圖4-2-3黏著效果排行榜，發現：

- (一) 黏性最佳的是在來米粉攪拌40秒。
- (二) 黏性最差的是馬鈴薯攪拌20秒。

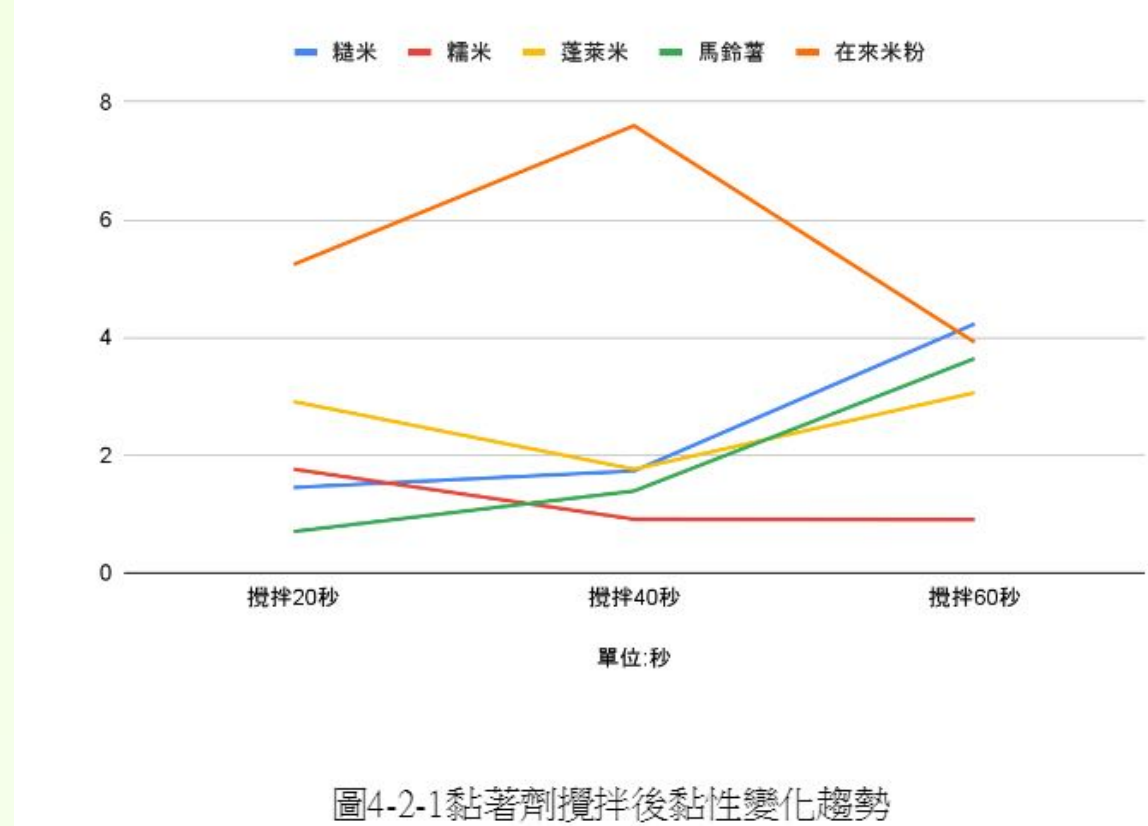


圖4-2-1 黏著劑攪拌後黏性變化趨勢

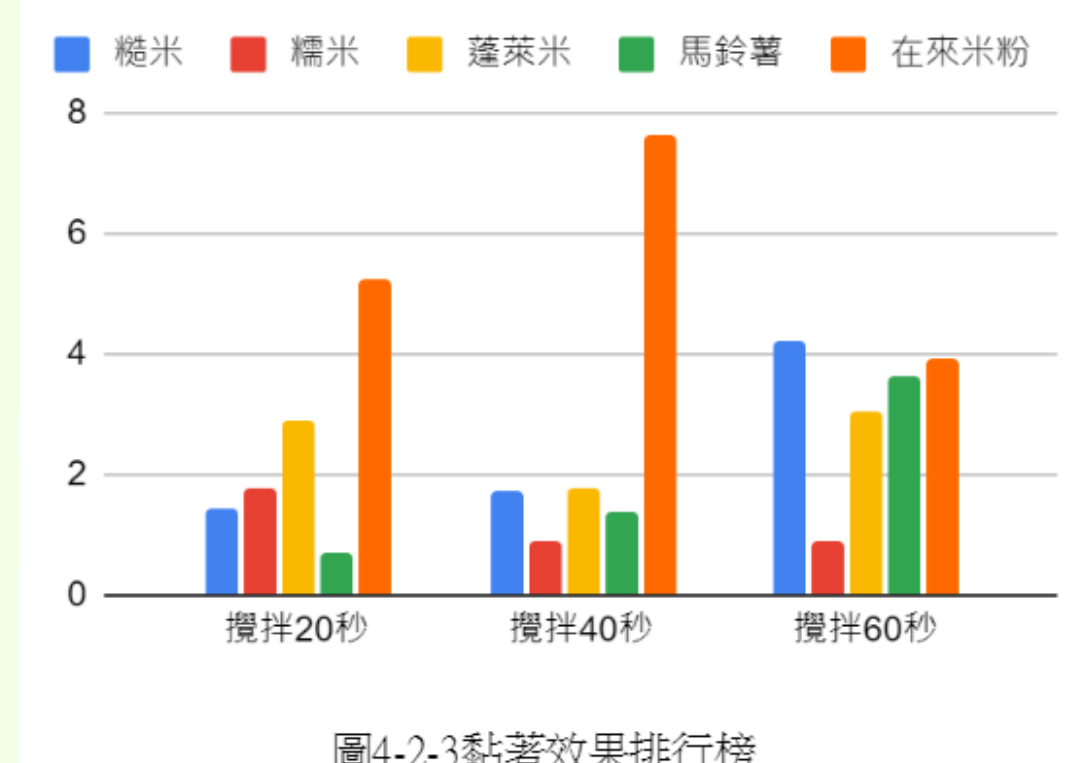
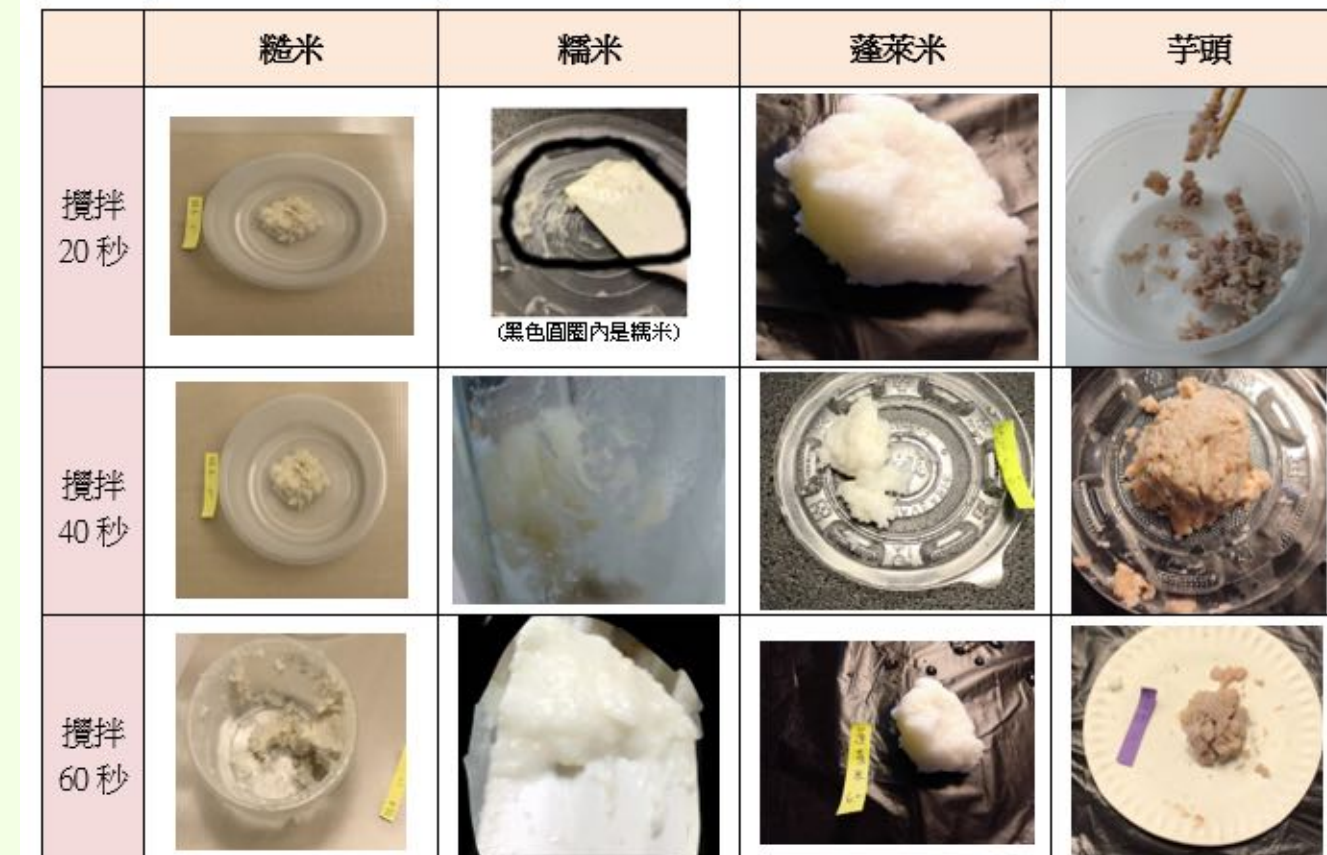


圖4-2-3 黏著效果排行榜

表 4-2-2 黏著劑攪拌後黏性變化一覽



黏性測試後，選擇攪拌40秒後的蓬萊米、攪拌20秒後的糙米和攪拌60秒後的馬鈴薯作為植物肉的天然黏著劑

## 探究三、將食材黏著劑與纖維合併來製作植物肉並和市售植物肉比較彈回能力

依探究一和二結果製成自製植物肉，添加乾銀耳、香菇、芋頭來測試，是否會影響彈性，也同時將五種市售植物肉做此一測試，實驗結果如下：

### (一) 外觀：

表4-3-1 植物肉黏著劑攪拌後加入纖維狀況一覽

糙米植物肉	糙米20秒+香菇	糙米20秒+乾銀耳	糙米20秒+芋頭
照片			
蓬萊米植物肉	蓬萊米40秒+香菇	蓬萊米40秒+乾銀耳	蓬萊米40秒+芋頭
照片			
馬鈴薯植物肉	馬鈴薯20秒+香菇	馬鈴薯20秒+乾銀耳	馬鈴薯20秒+芋頭
照片			

### (二) 彈性比較：

糙米植物肉	糙米20秒+香菇	糙米20秒+乾銀耳	糙米20秒+芋頭
彈回高度	3.0	2.0	0.5
第一次測試			
彈回高度	0.2	1.0	0.8
第二次測試			
彈回高度	0.1	0.1	0.5
第三次測試			
平均回彈高度	1.10	1.03	0.60

表4-3-5 植物肉測試彈性實驗綜合比較 (單位: cm)

植物肉	測試1	測試2	測試3	平均
馬鈴薯攪拌60秒+芋頭	0.1	0.5	0.0	0.20
馬鈴薯攪拌60秒+香菇	0.0	0.0	0.0	0.00
馬鈴薯攪拌60秒+乾銀耳	0.0	0.0	0.0	0.00
蓬萊米攪拌40秒+芋頭	1.2	1.0	1.5	1.23
蓬萊米40秒+香菇	0.5	0.3	0.5	0.43
蓬萊米40秒+乾銀耳	0.3	0.5	0.5	0.43
糙米攪拌20秒+芋頭	0.5	0.8	0.5	0.60
糙米20秒+香菇	3.0	0.2	0.1	1.10
糙米20秒+乾銀耳	2.0	1.0	0.1	1.03

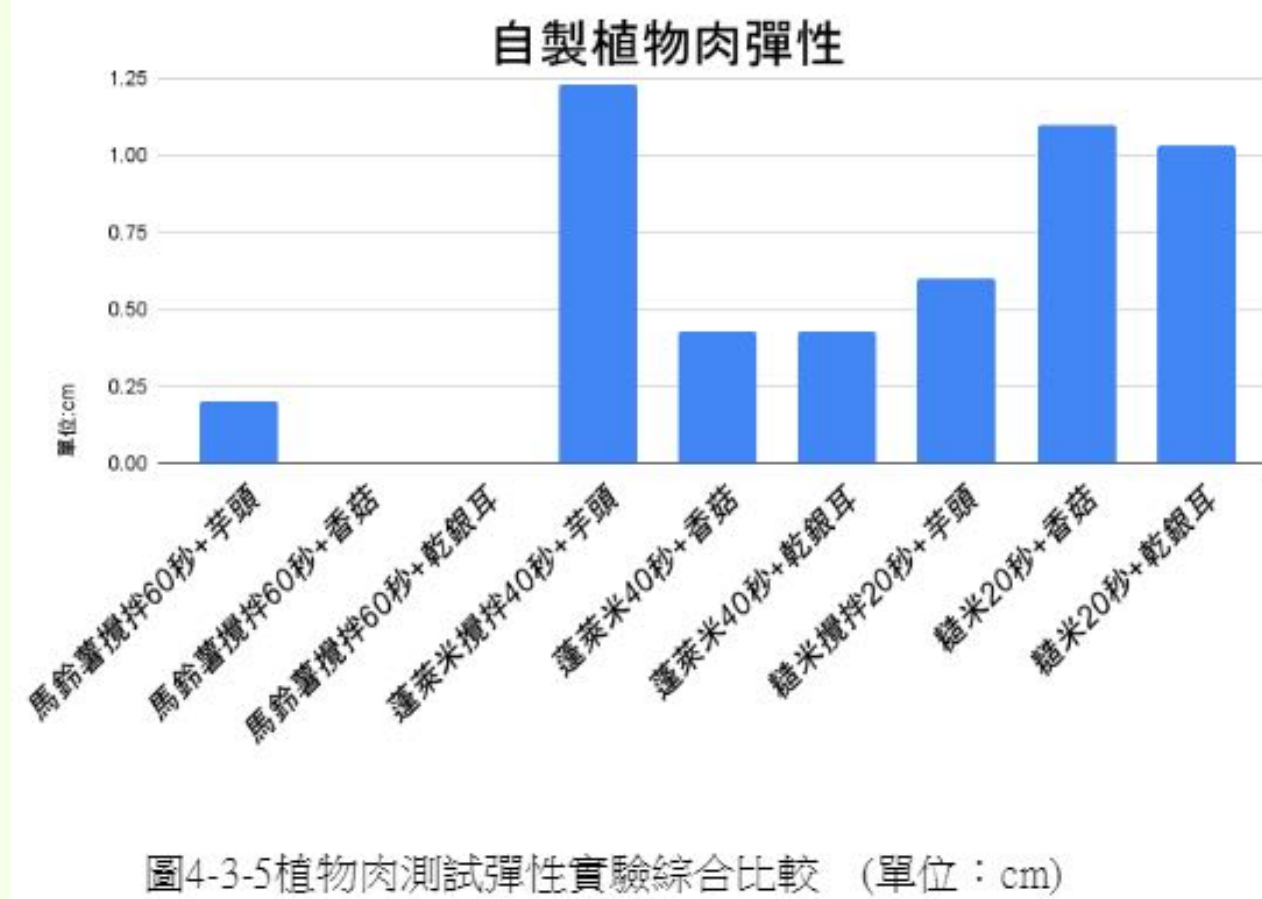


圖4-3-5 植物肉測試彈性實驗綜合比較 (單位: cm)

依表4-3-5測試彈性實驗，發現：(一) 蓬萊米攪拌40秒+芋頭的組合彈性最佳，彈回1.23cm。

(二) 彈性最差的是馬鈴薯攪拌60秒+香菇和馬鈴薯攪拌60秒+乾銀耳。

### (三) 五種市售植物肉測試彈性的比較：

表4-3-7 市售植物肉彈性測試(單位: cm)

	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均
三機植物肉	6.90	5.50	5.00	5.80
Omni	2.20	1.00	1.00	1.40
香饌	6.00	4.00	4.00	4.67
Vveat	2.00	1.00	2.00	1.67
路易莎	0.50	2.00	4.50	2.33

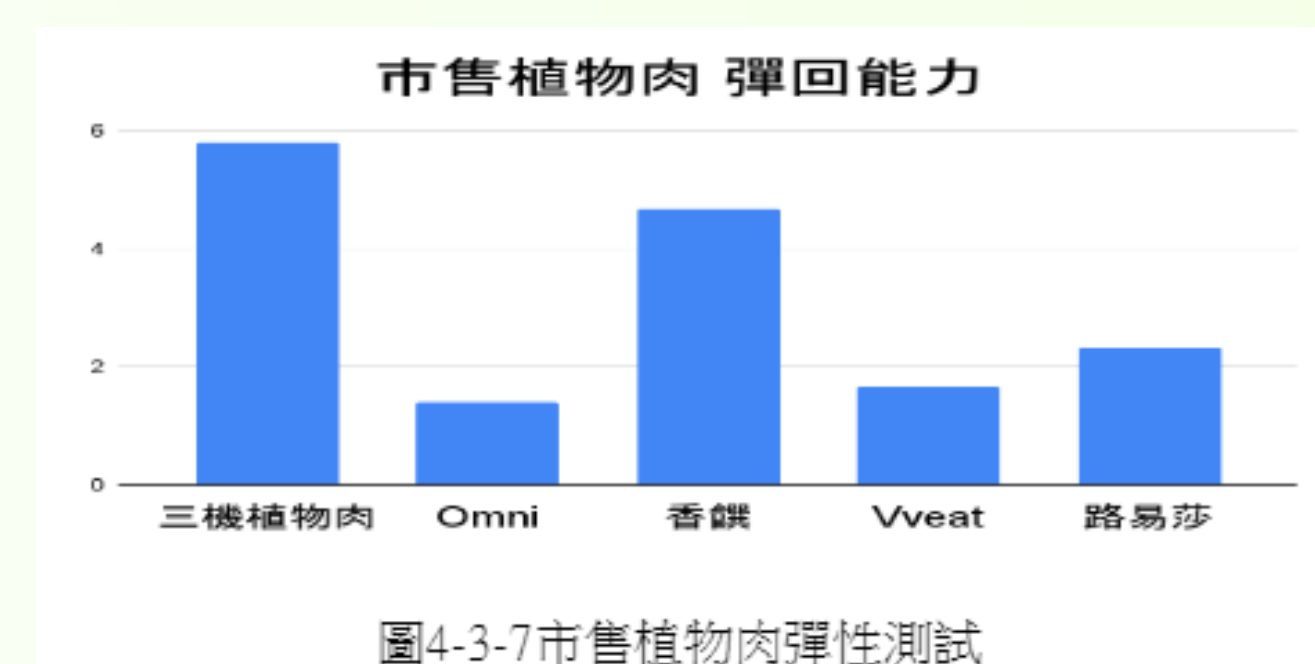


圖4-3-7 市售植物肉彈性測試

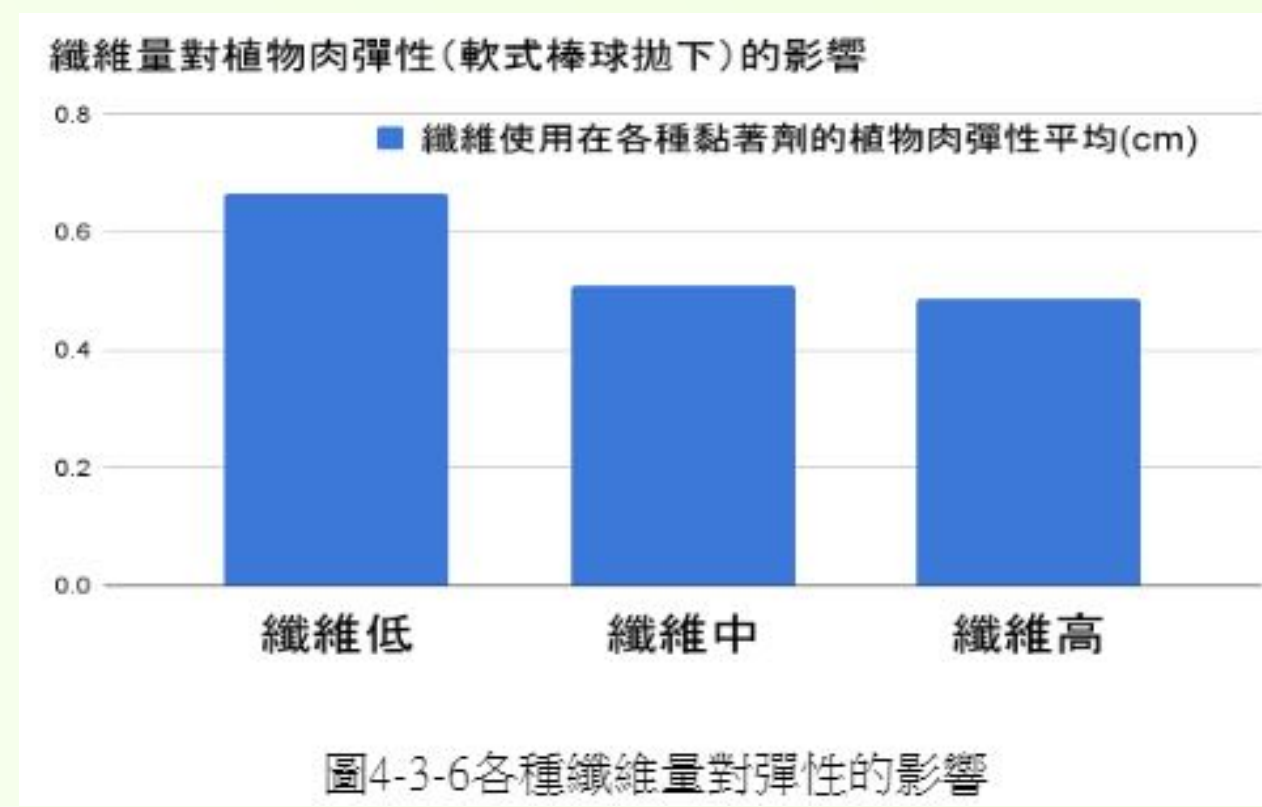


圖4-3-6 各種纖維量對彈性的影響



# 探究四、測試植物肉的彈性回復能力並和市售植物肉比較

本探究測試自製與市售植物肉在200g砝碼作用下發生形變，當外力撤消後檢驗是否能恢復原來大小和形狀，實驗結果如下：

表4-4-3植物肉測試彈性回復能力實驗(單位:cm)

自製植物肉	測試一	測試二	測試三	平均
馬鈴薯攪拌60秒+芋頭	0.200	0.200	0.200	0.200
馬鈴薯攪拌60秒+香菇	0.500	1.000	1.000	0.833
馬鈴薯攪拌60秒+乾銀耳	0.400	1.000	1.000	0.800
糙米攪拌20秒+芋頭	0.300	0.500	0.300	0.367
糙米攪拌20秒+香菇	0.000	0.100	0.100	0.067
糙米攪拌20秒+乾銀耳	0.100	0.100	0.000	0.067
蓬萊米攪拌40秒+芋頭	0.200	0.600	0.500	0.433
蓬萊米攪拌40秒+香菇	1.000	0.500	0.000	0.500
蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳	0.000	0.000	0.200	0.067

表4-4-8市售植物肉對彈性回復的影響

市售植物肉彈性回復能力	測試一	測試二	測試三	平均
三機植物肉	0.1	0.15	0.1	0.117
Omni	0.2	0.1	0.2	0.167
香饌	0.2	0.1	0.1	0.13
Vveat	0.4	0.2	0.4	0.33
路易莎	0.1	0.05	0.1	0.83

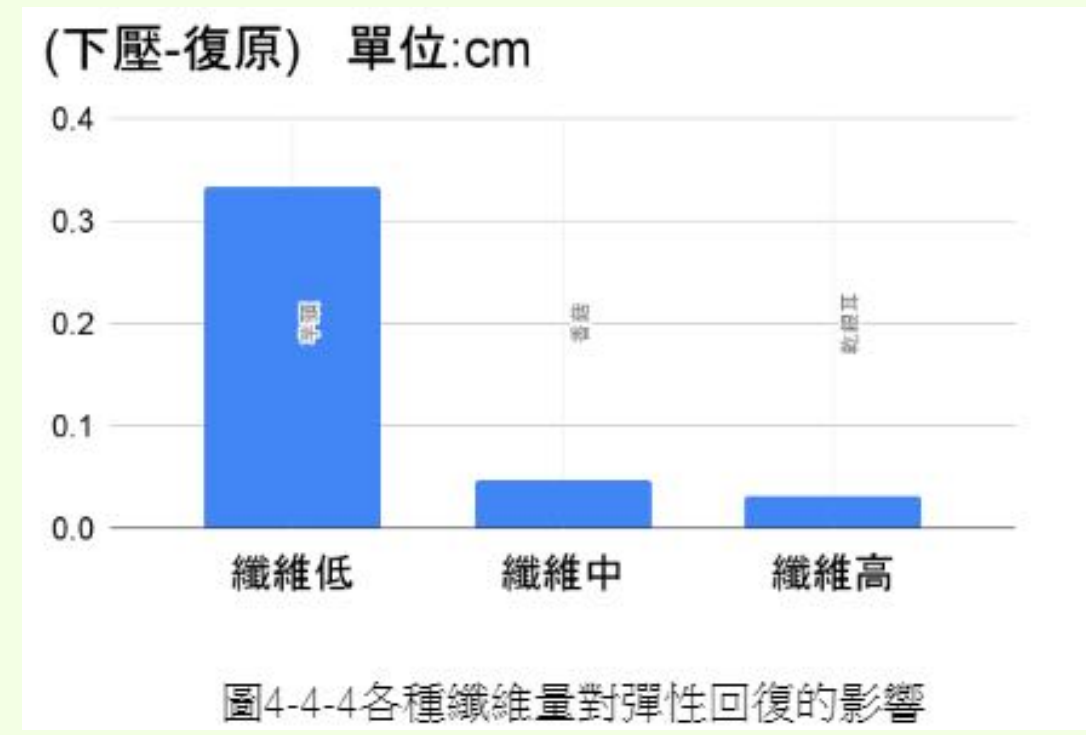
單位: cm

表4-4-4各種纖維量對彈性回復的影響

將200g砝碼放置植物肉上，等待3秒後拿起砝碼。

纖維量	纖維	(下壓-復原)
纖維低	芋頭	0.3323 cm
纖維中	香菇	0.0467 cm
纖維高	乾銀耳	0.031167 cm

(表格中，數字越大代表彈性越差。)



# 探究五、測試植物肉的變形程度並和市售植物肉比較

本探究是針對食物內聚性的特質，在植物肉上放下砝碼，進行變形測試，實驗結果如下：

表4-5-1自製植物肉變形程度測試(單位: cm)

自製植物肉下壓程度	測試一	測試二	測試三	平均
糙米攪拌20秒+香菇	0.30	0.2	0.3	0.267
糙米攪拌20秒+乾銀耳	2.00	1.0	1.5	1.500
糙米攪拌20秒+芋頭	0.65	1.0	0.8	0.817
蓬萊米攪拌40秒+香菇	碎成兩半	碎成兩半	碎成兩半	碎成兩半
蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳	0.60	0.7	0.6	0.633
蓬萊米攪拌40秒+芋頭	0.8	0.5	1.1	0.800
馬鈴薯攪拌60秒+香菇	2.0	1.8	1.7	1.833
馬鈴薯攪拌60秒+乾銀耳	1.1	1.3	1.1	1.167
馬鈴薯攪拌60秒+芋頭	1	1	1	1.000

表4-5-2市售植物肉變形程度測試

市售植物肉	測試一	測試二	測試三	平均
三機植物肉	0.70	0.40	0.30	0.47
Omni	0.40	0.40	0.40	0.40
香饌	0.70	0.40	0.40	0.50
Vveat	0.60	0.50	0.40	0.50
路易莎	0.30	0.50	0.30	0.37

依表4-5-1及表4-5-2自製植物肉與市售植物肉變形程度綜合比較，發現：

- (一)自製植物肉硬度測試中，下壓接近0.2~0.5cm為適中。糙米攪拌20秒+香菇下壓0.267cm，排名第一。
- (二)市售植物肉下壓接近0.3~0.5cm，彈性最差的是蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳的組合。

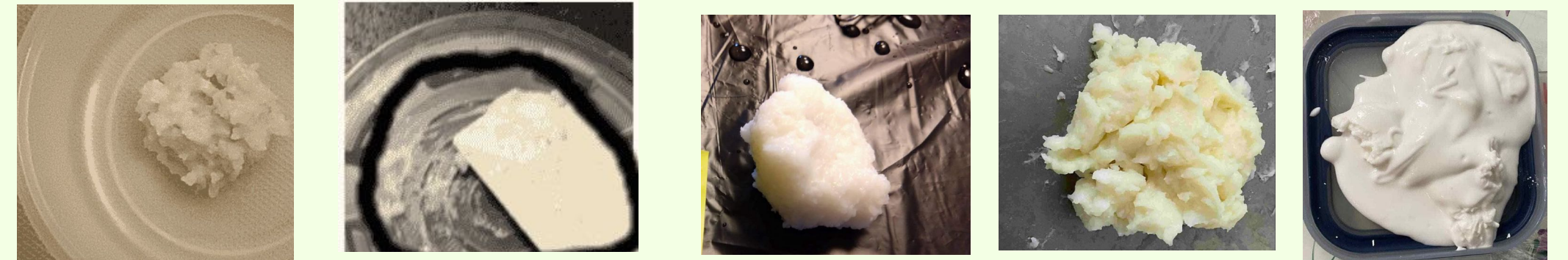
# 伍、討論

## 探究一

(一)纖維選擇：芋頭、香菇、乾銀耳。

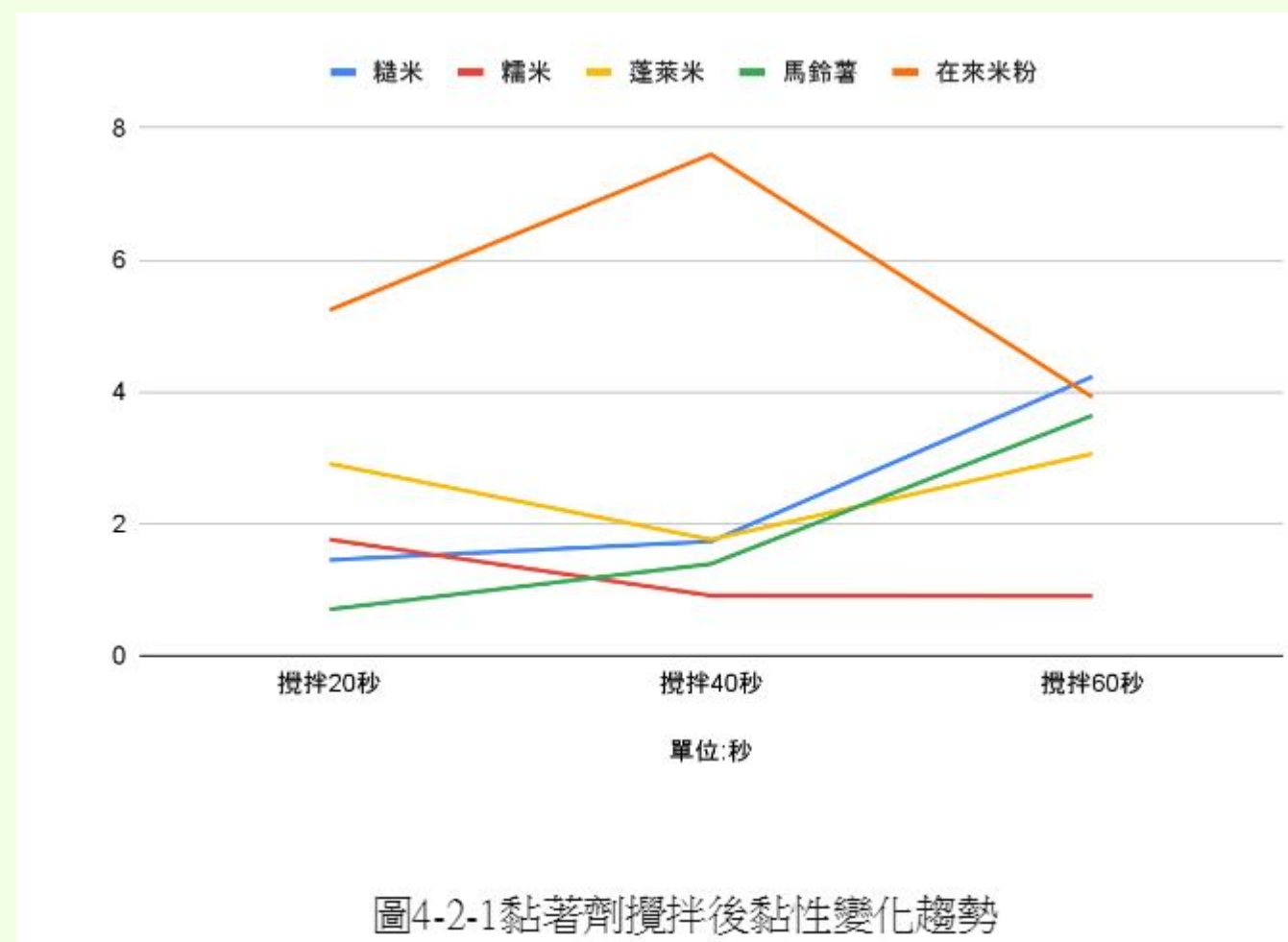


(二)黏著劑是：糙米、糯米、蓬萊米、馬鈴薯和在來米粉。(均加入80cc水,蒸40分鐘)

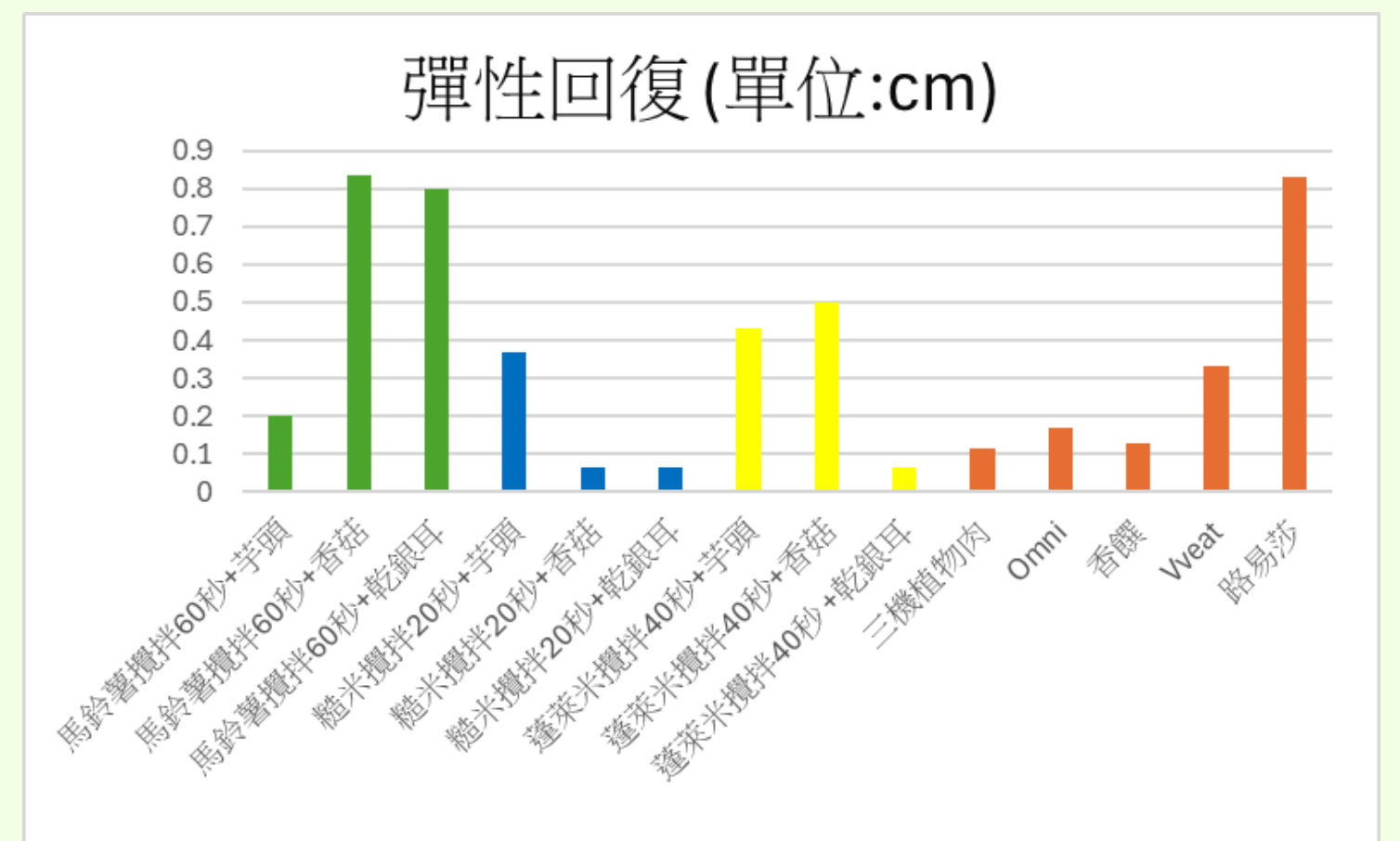


## 探究二

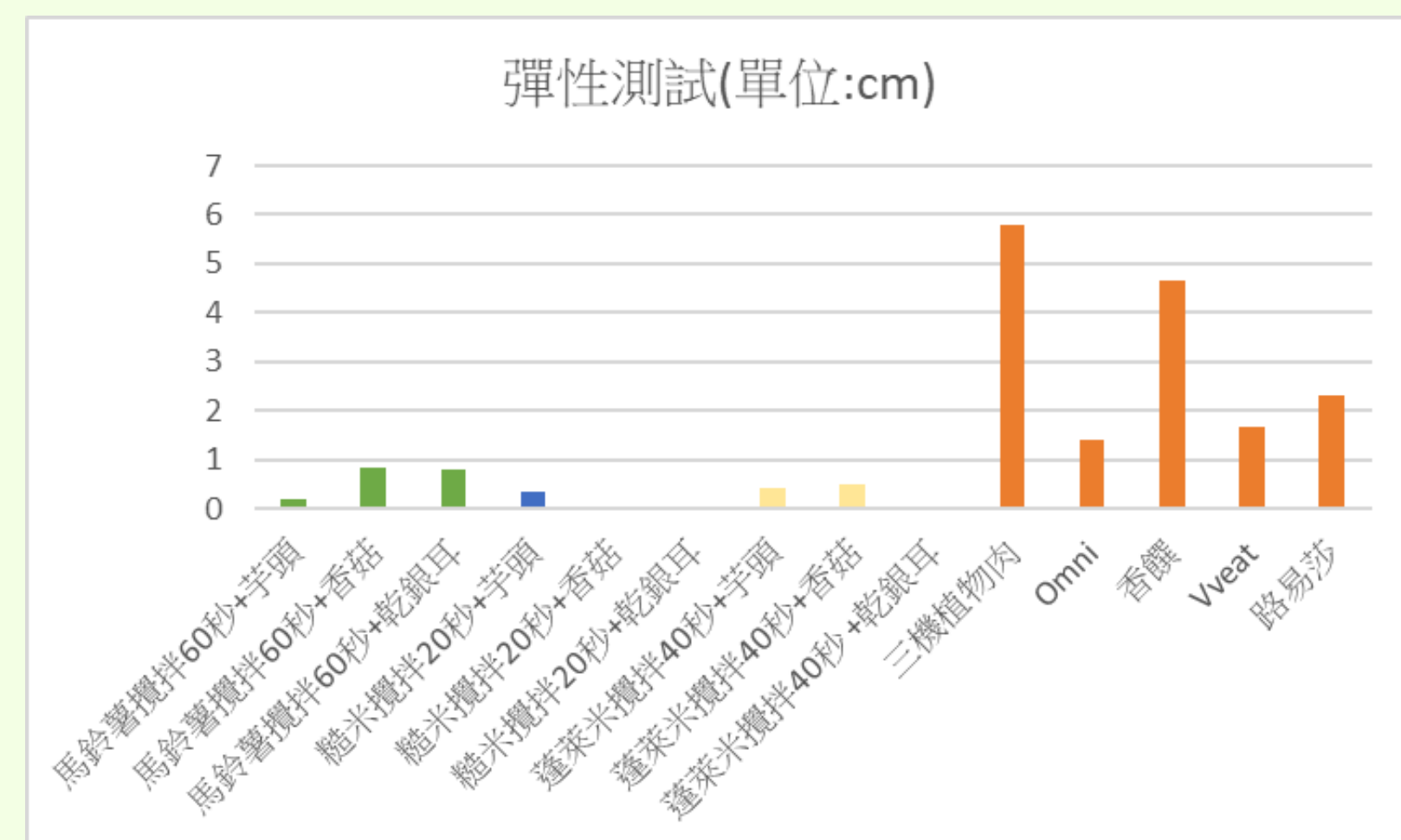
黏著劑	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
在來米粉	糙米	糯米	蓬萊米	馬鈴薯	蓬萊米	蓬萊米	蓬萊米	糯米	糙米	糙米	馬鈴薯	糯米	糯米	馬鈴薯	
攪拌時間(秒)	40	20	60	60	60	60	20	40	20	40	20	40	40	60	20
停留時間(秒)	7.6	5.24	4.23	3.92	3.64	3.06	2.91	1.76	1.76	1.73	1.45	1.39	0.91	0.9	0.7



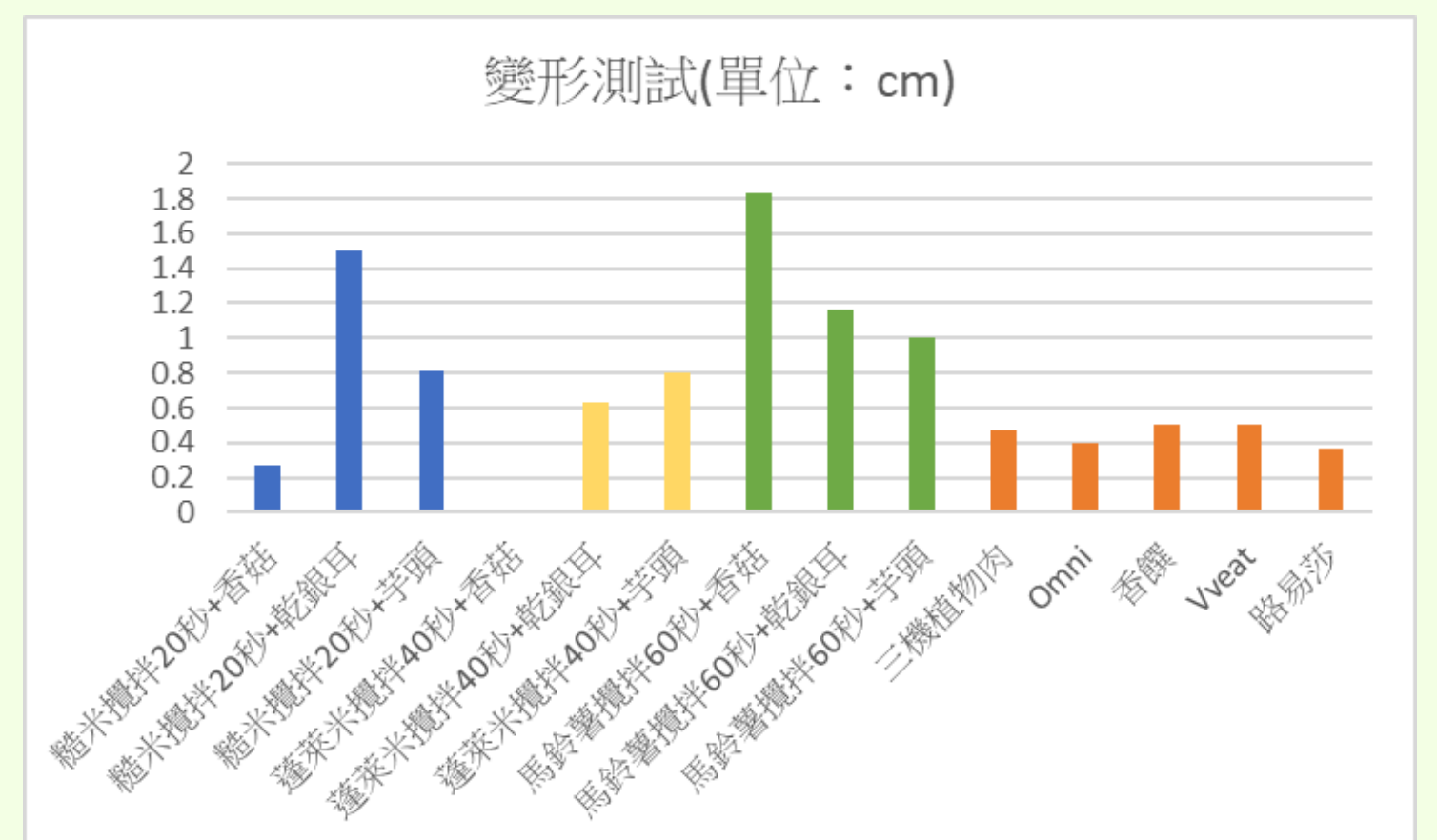
## 探究四



## 探究三



## 探究五



# 陸、結論

- 植物肉的組成包括纖維與黏著劑，黏著劑選擇：糙米、糯米、蓬萊米、在來米粉和馬鈴薯；纖維使用芋頭（低）、香菇（中）、乾銀耳（高）。
- 黏性測試後，選擇攪拌40秒後的蓬萊米、攪拌20秒後的糙米和攪拌60秒後的馬鈴薯作為植物肉的自然黏著劑，考慮到中老年人的吞嚥需求，我們會選擇黏性中等的黏著劑，因為太黏容易卡到喉嚨，但如果黏性不佳，效果也不好。
- 攪拌秒數和黏著劑的黏性沒有直接的關係，攪拌越久也不一定越黏。
- 蓬萊米攪拌40秒+芋頭的組合在彈回能力測試的結果最佳，彈回1.23cm，適合較年輕或是追求口感的蔬食族群。
- 彈性回復能力測試，蓬萊米攪拌40秒+乾銀耳、糙米攪拌20秒+乾銀耳或香菇的植物肉復原能力最佳，復原能力比市售植物肉更好
- 糙米攪拌20秒+香菇變形程度適中，最適合植物肉來進行塑型。
- 彈性好的植物肉吃起來有嚼勁，口感好。但如果彈性太好，口感不一定像肉。
- 市售植物肉的口感更像動物肉，自製植物肉有嚼勁，但口感並不是非常像動物肉。
- 試吃後，發現自製植物肉容易吞嚥。

# 柒、未來展望

- 以天然且容易吞嚥的植物肉為目標進行探究。
- 製作口感更像動物肉的植物肉。
- 將不同食材加在一起來製作植物肉。
- 製作口感更佳植物肉。
- 提升植物肉的營養價值。

