

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

080213

麵粉中的小「筋」靈~探討麵筋橡皮糖的最佳製作方法

學校名稱：國立東華大學附設實驗國民小學

作者：	指導老師：
小六 張恩慈	張慧娟
小六 蔡定瑾	林亭君
小六 郭立喆	
小六 郭曉蓉	
小六 劉芸菲	

關鍵詞：麵筋、蛋白質、水合性質

摘要

「麵筋」是澱粉還是蛋白質？除了一般市面上的罐頭麵筋或烤麩的吃法，可以製成麵筋橡皮糖嗎？這引起我們的好奇。於是透過資料蒐集及文獻探討，深入的認識麵筋的特性及製作方法，也希望找出最具韌性的麵筋橡皮糖的配方及製作方法。我們先進行基礎測試實驗，接著在正式實驗中藉由控制水溫、洗麵水、放鹽時機、靜置溫度…等變因，針對麵筋的基本特性及韌性進行一系列的實驗、觀察與記錄，最後找到最佳麵筋橡皮糖的製法與配方。

關鍵字:麵筋、蛋白質、水合性質

研究動機

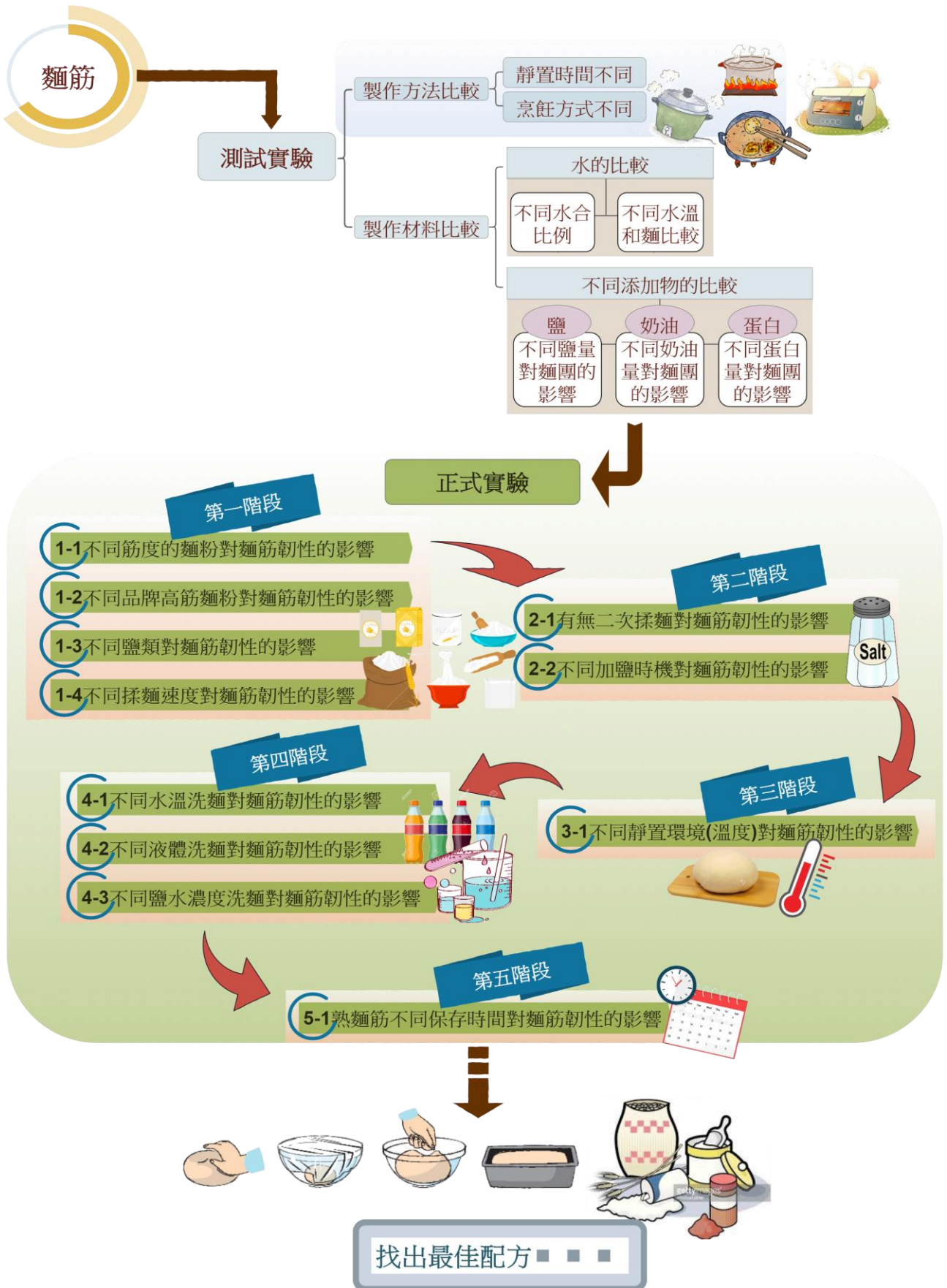
「麵筋」是澱粉還是蛋白質？除了一般市面上的罐頭麵筋或烤麩的吃法，可以製成橡皮糖嗎？我們開始蒐集資料並探討麵筋有哪些特色，希望能找出能讓麵筋韌性變好的因素，使其變成營養又天然的橡皮糖。於是我們運用五年級下學期自然課「防鏽與食品保存」及「水溶液的酸鹼性」當基礎，開始了一連串的「麵筋橡皮糖」探究之旅。

研究目的

- 一、瞭解麵筋的製作方法並自製麵筋。
- 二、設計測量麵筋韌性的裝置。
- 三、探討不同因素對麵筋韌性的影響。
- 四、探究如何做出韌性最好的麵筋。
- 五、製作出營養又天然的麵筋橡皮糖。

研究問題

- 一、藉由文獻探討及測試實驗瞭解不同水合比例、水溫、添加物、蛋白量、奶油量、鹽、烹煮方法、靜置時間等因素是否對麵筋韌性有影響?
- 二、探討不同品牌的高筋麵粉對麵筋韌性有何影響?
- 三、探討不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響?
 - (一)、 不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響?(二次揉麵)
 - (二)、 不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響?(無二次揉麵)
- 四、探討不同的揉麵速度對麵筋韌性有何影響?
- 五、探討不同鹽的種類對麵筋韌性有何影響?
- 六、探討不同水溫洗麵對麵筋韌性有何影響?
- 七、探討不同洗麵液體對麵筋韌性有何影響?
- 八、探討不同濃度鹽水洗麵對麵筋韌性有何影響?
- 九、探討不同放鹽時機對麵筋韌性有何影響?
- 十、探討不同靜置環境對麵筋韌性有何影響?
- 十一、 探討保存時間長短對麵筋的韌性有何影響?
- 十二、 最佳麵筋橡皮糖之配方



研究設備及器材

一、 耗材

表 1 研究耗材表

1.高筋麵粉	2.RO 水	3.冰塊	4.鹽	5.烘焙紙
6.中筋麵粉	7.砂糖	8. 標籤	9.免洗醬油碟	10.保鮮膜
11.低筋麵粉	12.藥材袋	13.膠帶	14.奶油	15.硫酸鎂
16.茶包	17.蛋白	18.赤藻糖醇	19.甜菊糖	20.奶粉
21.蜂蜜	22.代糖	23.氣泡水	24.衛生手套	25.吸管
26.橄欖油	27.試飲杯			

二、 器材

表 2 研究器材表

1.電磁爐	2.燒杯	3.熱水壺	4.鳳梨酥模	5.計時器
6.塑膠管	7.電子秤	8. TDS 筆	9. pH 計	10.恆溫培養箱
11.量筒	12.相機	13.攪拌棒	14.錄影機	15.真空罐
16.料理盆	17.濾袋	18.麵包機	19.平板電腦	20.電鍋
21.揉麵板	22. 尺	23.刮刀	24.蒸籠	25.行動顯微鏡
26.打氣筒	27. 刀子	28.滴管	29.荷蘭公主揉麵機	30.長尾夾
31.溫度計	32.烘箱	33.漏斗	34.檸檬擠壓器	35.湯匙
36.鐵片	37.塑膠淺盤	38.冰箱	39. 自製韌性測量平台	40.烤箱

研究過程

一、 資料蒐集與文獻探討

把麵團放在水裡沖洗，當所有可被水溶解的物質沖走後，剩下看起來像咬過的橡皮糖的就是麵筋。麵筋高蛋白又美味，在東亞食品和素食食品中，麵筋常被當作肉類的替代物。蒐集資料後，提取跟我們研究主題高相關的資料如下：

(一)、 名詞解釋

1.小麥：小麥是三大物穀之一，是一種世界各地廣泛種植的禾本科植物；小麥直接食用口感不佳，所以小麥是以磨成麵粉製作加工食品為主，是歐洲、亞洲各國家以及北方地區熟悉的主食。小麥富含澱粉、蛋白質、脂肪、礦物質、鈣、鐵、硫胺素、核黃素、煙酸等。生長在大陸性乾旱氣候區的麥粒質硬而透明，蛋白質含量較高(達 14~20%)，麩質強而有彈性。

2.麵粉: 麵粉是一種由小麥類磨成的粉末，是最常見的食品原料之一。麵粉的主要成分有澱粉、蛋白質、脂肪、水、礦物質以及少量的維生素和酶類，而蛋白質是影響麵粉製品特性的最大因素。許多澱粉類產品中的麵粉無法被其他澱粉例如地瓜粉、玉米

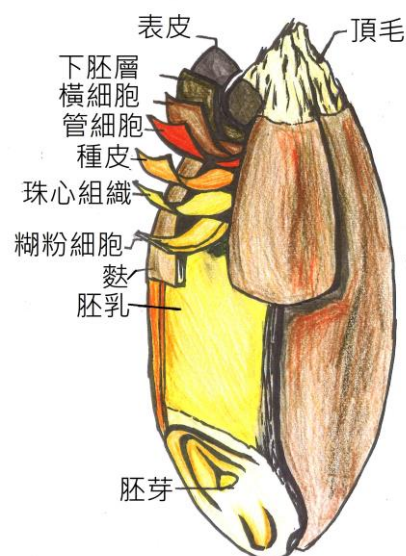
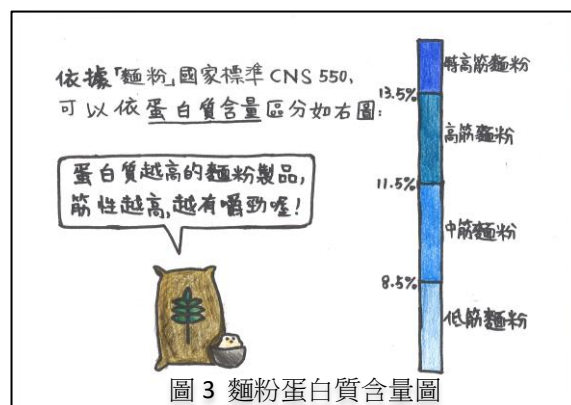


圖 2 小麥構造圖



粉等替代的原因，就是玉米粉、地瓜粉中不含可形成麵筋的蛋白質。麵粉分為 5 種，差別是黏度的不同：

- (1)特高筋麵粉：蛋白質含量 13.5%以上。
- (2)高筋麵粉：蛋白質含量 11.5~13.5%，蛋白質多，筋度強，多做成麵包。
- (3)中筋麵粉：蛋白質含量 8.5~11.5%，多做成中式點心。
- (4)低筋麵粉：蛋白質含量 8.5%以下，筋性弱，多做成鬆軟糕點
- (5)無筋麵粉：無蛋白質，可以製作蝦餃。

3. **麥蛋白**：麥蛋白主要由麥穀蛋白和穀膠蛋白(麥醇溶蛋白)兩大成份所組成。麥穀蛋白喜歡和外人十指相扣（鏈間二硫鍵）拉幫結派，肽鏈舒展成長鏈，呈纖維狀，顯示較強的彈性（被壓的麵糰恢復原狀）；而穀膠蛋白(麥醇溶蛋白)喜歡單幹（鏈內二硫鍵），是單體球狀蛋白，具有流動性（可塑性）、黏性，延伸性（耐拉）和膨脹性。麵粉在揉捏過程中，會形成很多麥蛋白的網絡結構，使得麵糰具有較強的韌性。
4. **麥穀蛋白**：麥穀蛋白兩端都有硫胺基酸，能與其他小麥穀蛋白鏈末端的同種胺基酸束縛在一起，構成牢固的雙硫鏈結。麥穀蛋白分子是長鏈螺旋的胺基酸聚合物，中段彎曲使整個分子成為馬蹄形，相似胺基酸會形成較弱的臨時鏈結，於是小麥穀蛋白鏈彼此會首尾相連，結合成好幾百個小麥穀蛋白長的超長鏈，彎曲的螺旋狀長鏈很容易就能跟相鄰麵筋蛋白的彎曲處相接觸而形成許多臨時鏈結。這些螺旋狀蛋白質最後便交統成一片綿延的網絡，就是麵筋網絡的骨架。

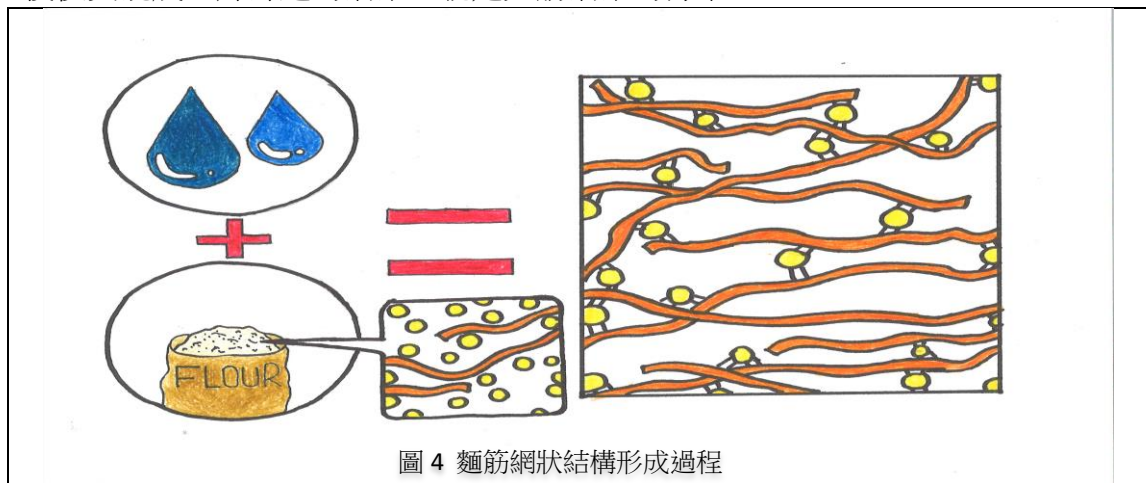


圖 4 麵筋網狀結構形成過程

在乾燥的麵粉中，小麥穀蛋白與穀膠蛋白並不會聚合在一起，但加水揉搓後，二者會聚集成塊，並藉由雙硫鍵形成具彈性與延展性的網狀結構。

5. **穀膠蛋白(麥醇溶蛋白)**：麥醇溶蛋白為球形單體蛋白，構造密實，作用有點像珠珠軸承，讓小麥穀蛋白得以任意交錯滑動，使麵團具有可塑性，是貯存在小麥種子中的大部分蛋白質。遇水作用時黏成一團，並使麵粉黏結形成麵團。
6. **水合比例**：麵粉和水的比例。麵粉中的蛋白質一旦摻水潤濕後，蛋白質結構外型會變大，彼此能相對移動、打斷鏈結再重組。而麵粉與水份的比例，就是影響蛋白質結構的重要因素。
7. **TDS**：總固體溶解量(Total dissolved solids)指水中全部溶質的總量，包括無機物和有機物兩者的含量。TDS 值越高，表示水中含有的雜質越多。
8. **pH 值**：pH，亦稱 pH 值、氫離子濃度指數、酸鹼值。是溶液中氫離子活性的一種指標，也是溶液酸鹼程度的衡量標準。一般而言，當 $\text{pH}<7$ 的時候，溶液呈酸性，當 $\text{pH}>7$ 的時候，溶液呈鹼性，當 $\text{pH}=7$ 的時候，溶液為中性。


9.韌性：韌性是指當承受應力時對於折斷的抵抗，其定義為材料在破裂前所能吸收的能量與體積的比值。韌性是指材料本身藉塑性變形所能吸收能量大小的性質。

綜上所述，麵筋具可塑性又富彈性，受外力壓擠時會改變形狀，但是壓力消除後便會回復原有外形。根據資料蒐集及統整，我們得知：麵筋是麵粉裡不溶於水的蛋白質，由兩種特殊蛋白質構成：一種是大分子、長鏈狀的麥穀蛋白（glutenin），另一種是小分子、球狀的穀膠蛋白（gliadin），麵塊加水搓揉時，二者會聚集成塊，球狀的穀膠蛋白會鑲嵌在小麥穀蛋白形成的網狀結構，讓麵糰兼具延展性與彈性。一般而言，小麥穀蛋白越多，麵糰越有彈性，越不易被氣體撐破；而穀膠蛋白越多，則可以提高麵糰延展性，使其易拉而不斷裂。

(二)、麵筋製作流程

表 3 麵筋製作流程表

	活動過程	步驟詳述	照片
1	和麵	把 60ml 的 RO 逆滲透飲用水、100g 的義峰牌高筋麵粉倒入麵包機中，並用麵包機和麵成團。	
2	揉 5 分鐘	把麵團繼續放在麵包機中，再揉 5 分鐘。	
3	靜置	將麵團放到鍋子中並蓋上濕布，然後放進恆溫培養箱中設 30°C 靜置 40 分鐘(計時器)。	
4	光滑	靜置 40 分鐘後，在麵團中加入鹽水，再揉麵 17 分鐘(計時器)。	
5	洗麵	在鍋內倒入 500ml 的 1.0%的鹽水 (25°C)，並開始洗麵。(用兩個鍋子擠壓)	
6	換水	擠壓 120 下即可換水。	
7-1	塑形	將麵筋塑形成長條狀，放在烘焙紙上。	
7-2	塑形	在醬油紙碟上鋪上烘焙紙，將麵筋壓扁，分別夾在 2 個醬油紙碟的中間，四邊用長尾夾固定。	
8	蒸麵筋	放入蒸鍋中蒸 20 分鐘(前 18 分鐘用中大火，最後 2 分鐘用小火。計時器)	

9	冷卻	蒸好的麵筋在蒸鍋內熄火靜置五分鐘(不開鍋蓋)	
---	----	------------------------	---

二、 測試實驗及測量裝置之設計組裝

(一)、 測試實驗

1. 決定水合比例

(1)程序及方法：

- A.根據蒐集資料得知，一般揉製麵團的水合比例定於 60%~80%之間。
- B.設定麵粉與水之合成比例 10:6、10:6.5、10:7、10:7.5、10:8 進行麵筋製做及觀察比較。
- C. 麵粉與水之合成比例 10:7 之麵筋生成量及延展性、韌性相對較好。

(2)結果：決定以麵粉與水之合成比例 10:7 進行後續實驗。

		
不同的水合比	洗麵後秤重	紀錄實驗結果

表 4 決定水合比例實驗相關圖片表

2. 決定和麵水溫

(1)程序及方法：

- A.根據蒐集資料得知，一般揉製麵團的水溫於 20°C~65°C 之間。
- B.設定和麵水溫 10°C、25°C、40°C、55°C、70°C 進行麵筋製做及觀察比較。
- C. 和麵水溫為 10°C 之麵筋生成量及延展性、韌性相對較好。

(2)結果：決定以和麵水溫為 10°C 進行後續實驗。

		
加熱超過 70°C 待冷卻	測量水溫變化	分組洗麵

表 5 決定和麵水溫實驗相關圖片表

3. 決定添加物

(1)程序及方法：

- A.根據蒐集資料得知，添加鹽、蛋白可以提升麵筋韌性，而油脂及糖會弱化麵筋韌性。
- B.選擇鹽、奶油、蛋白、奶粉、糖添加物製作麵筋及觀察比較。
- C. 添加鹽之麵筋生成量及延展性、韌性相對較好。

(2)結果：決定以「鹽」為揉麵時之添加物。

表 6 決定添加物實驗相關圖片表

		
選擇不同添加物	加入麵粉一起揉麵	測量洗麵後重量

4. 決定鹽量

(1)程序及方法：

- A. 依蒐集資料得知，每 100g 麵粉中添加鹽量 0.8g ~2.2g 製作麵團可以提升麵筋韌性。
- B. 選擇添加鹽量為 0.8g、1.15g、1.50g、1.85g、2.20g 進行麵筋製造及觀察比較。
- C. 添加鹽量為 1.5g 之麵筋生成量及延展性、韌性相對較好。

(2)結果：決定添加鹽量為 1.5g 進行後續實驗。

表 7 決定鹽量實驗相關圖片表

		
選擇不同鹽量	觀察洗麵狀況	塑形檢測

5. 決定靜置時間

(1)程序及方法：

- A. 根據蒐集資料得知，靜置時間為 0~120 分鐘時可使麵團鬆弛韌性。
- B. 選擇靜置時間為 0 分鐘、40 分鐘、85 分鐘、120 分鐘、165 分鐘進行麵筋製造及觀察比較。
- C. 靜置時間為 0 分鐘之麵筋生成量及延展性、韌性相對較好。

(2)結果：決定製作麵筋之靜置時間為 0 分鐘進行後續實驗。

		
不同靜置時間	靜置時間 0 分鐘揉麵後立刻取出	靜置後的麵糰表面光滑

表 8 決定靜置時間實驗相關圖片表

6. 決定烹煮方式

(1)程序及方法：

- A. 根據蒐集資料得知，烹煮方式為生、炸、蒸、煮、烤、煎時，麵筋韌性會有不同表現。
- B. 選擇烹煮方式為生、炸、蒸、煮、烤進行麵筋製造及觀察比較。
- C. 測試發現「蒸熟」之麵筋生成量及延展性、韌性相對較好。

(2)結果：決定製作麵筋之烹煮方式為「蒸熟」進行後續實驗。

表 9 決定烹煮方式實驗相關圖片表

		
蒸的麵筋	麵筋烤時會膨脹	炸麵筋冷卻後會凹陷

小結：一邊做測試實驗，我們也同時查詢資料，希望更瞭解麵筋。我們知道麵筋是某些不溶於水的小麥蛋白組合成的混合體，這些小麥蛋白不溶於水，但是彼此之間以及與水分子之間卻可以結合。蛋白質乾燥時結構固定，也不會發生反應，一旦摻水調合之後，蛋白質結構外會改變，彼此相對移動、構成或打斷鏈結。麵團含水量決定了麵筋蛋白濃度高低，還有分子彼此鏈結程度，麵粉摻水攪拌及揉捏的動作能延展及組織麵筋蛋白，形成彈性的網絡。透過文獻查詢及測試實驗，我們決定麵粉與 10°C 水的合成比例為 10:7，再添加 1.5g 鹽一起進行和麵，而靜置時間為 0 分鐘(即立即進行揉麵)，洗出的麵筋進行蒸熟再進行相關研究。

(二)、測量平台設計及確認組裝

1. 揉麵程序之改進流程

(1) 程序及方法：

- A. 用手工來將材料和成團。
- B. 用荷蘭公主牌揉麵機將材料和成團。
- C. 用土司麵包機將材料和成團。

(2) 結果：

表 10 揉麵程序優缺點分析表

演進程序	優點	缺點	照片
A. 人工和麵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 省時 2. 可改變手法 3. 容易掌握麵團 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無法固定相同力道 2. 影響因素多 3. 不可固定方向、方法 4. 會受外在環境溫溼度影響 	
B. 荷蘭公主牌揉麵機	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可固定相同力道 2. 可固定方向、方法 3. 速度變化多樣 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 會受外在環境溫溼度影響 2. 不可改變手法 3. 費時 4. 不容易掌握麵團 	
C. 土司麵包機	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不易受外在因素影響 2. 可固定相同力道 3. 可固定方向、方法 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不可改變手法 2. 不容易掌握麵團 3. 速度選擇少 	

2. 洗麵程序之改進流程







(1) 程序及方法：

- A 麵筋不裝袋，用雙手搓揉洗麵。

- B 麵筋裝袋，用雙手搓揉洗麵。
- C 麵筋裝袋，用荷蘭公主牌揉麵機洗麵。
- D 麵筋不裝袋，用荷蘭公主牌揉麵機洗麵。
- E 麵筋裝袋，用檸檬擠壓器洗麵。
- F 麵筋不裝袋，用料理盆壓疊洗麵。

(2)結果：

表 11 洗麵程序優缺點分析表

演進程序	優點	缺點	照片
A 雙手搓揉洗麵(無袋)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋洗的較乾淨 2. 洗麵時間較短 3. 較能掌控麵筋 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 洗麵時會受到每個人不同力道、方法、速度等因素的影響較大 2. 麵筋太鬆散時可能有麵筋碎屑 	
B 雙手搓揉洗麵(有袋)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋洗的較乾淨 2. 洗麵時間較短 3. 較能掌控麵筋 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 洗麵時會受到每個人不同力道、方法、速度等因素的影響較大 2. 麵筋會附著在袋子上 	
C 荷蘭公主牌揉麵機洗麵(有袋)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可控制時間、速度、力道.....等問題 2. 麵筋不會散開 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 洗麵時間長 2. 洗得不乾淨 3. 麵筋會附著在袋子上 4. 較不能掌控麵筋 	
D 用荷蘭公主牌揉麵機洗麵(無袋)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可控制時間、速度、力道.....等問題 2. 洗得比有袋乾淨 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋會鬆散 2. 洗麵時間長 3. 較不能掌控麵筋 	
E 檸檬擠壓器洗麵(有袋)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可控制範圍、面積.....等問題 2. 洗得較乾淨 3. 麵筋不會鬆散 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 洗太快水會噴出來 2. 麵筋會卡在縫隙裡 3. 麵筋會附著在袋子上 4. 較不能掌控麵筋 	
F 料理盆壓疊洗麵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可控制方向、面積.....等問題。 2. 麵筋沒有包袋，也不會附著在袋子上 3. 麵筋不會鬆散 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 費時 2. 較不能掌控麵筋 3. 洗太快水會噴出來 	

3.麵筋塑形之改進流程

(1)程序及方法：

- A.不加以塑形：直接進行蒸熟的過程:麵筋直接拿去蒸
- B.用模型來進行塑形：將麵筋放在鳳梨酥模型裡
- C.麵筋長條狀：將麵筋搓揉成長條狀來進行塑形
- D.免洗醬油碟壓疊：用免洗醬油碟壓疊麵筋，再用夾子來固定厚度進行塑形

(2)結果：

表 12 塑形方法優缺點分析表

演進程序	優點	缺點	照片
A.不加塑形	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋形狀發展自然 2. 麵筋不會過細。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋形狀不固定 2. 不易檢測 3. 麵筋可能會互相膨脹黏在一起 	
B.鳳梨酥模型	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋形狀固定 2. 麵筋不會互相膨脹黏在一起 3. 方便檢測 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋形狀發展不自然 2. 固定烘培紙的膠帶不易清理 3. 麵筋可能會過細。 	
C.長條狀(搓揉式)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋形狀固定 2. 較有固定的形狀 3. 方便檢測 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋形狀發展不自然 2. 麵筋可能會互相膨脹黏在一起 	
D.固定厚度及面積(免洗醬油碟壓疊式)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋形狀固定 2. 方便檢測 3. 麵筋不會因膨脹連接在一起 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋形狀發展不自然 2. 麵筋的孔洞分布不均 	


4.打氣實驗之改進流程

(1)程序及方法：

- A.吸管吹氣膨脹實驗:在吸管口放上生麵筋開始吹氣。
- B.打氣實驗(打氣筒):在打氣筒的出氣口，插上管子，在管子上放生麵筋開始打氣。

(2)結果：

表 13 打氣實驗優缺點分析表

演進程序	優點	缺點	照片
A 吸管吹氣膨脹實驗	<ol style="list-style-type: none"> 1. 材料取得容易 2. 操作簡易 3. 快速省時 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋會黏在吸管上 2. 很難吹成球狀 	
B 打氣實驗(打氣筒)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 材料取得容易 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 費時 2. 不容易操作 	

5. 密度測量之設計流程

(1)程序及方法：


- A.將一個漏斗裝在 50 毫升的量筒上方。
- B.在漏斗中放一個鐵片，再放一個玻璃杯。

C.將 RO 水裝到水已經從杯中流出一些後，放入麵筋，直到溢出的水滴完後再觀察水量，就可得知體積。

D.用重量除以體積即可算出密度。

(2)結果：

表 14 體積密度測量方法優缺點分析表

設計程序	優點	缺點	照片
溢水測量法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 材料取得容易 2. 操作簡易 3. 快速省時 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 因為有耗損，所以不精準 2. 量筒測到的體積單位最小只能到整數 3. 浪費水資源 	

6. 表面結構觀察之設計流程

(1)程序及方法：

A.使用手機、行動顯微鏡拍攝麵筋的表面結構。

B.使用平板電腦、行動顯微鏡拍攝麵筋的表面結構。

(2)結果：

表 15 表面結構觀察方法優缺點分析表

演進程序	優點	缺點	照片
A.手機、行動顯微鏡	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體積小 2. 麵筋好調整 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 畫質較差(手機種類) 2. 編輯不容易 3. 畫面小，不易觀看 	
B.平板電腦、行動顯微鏡	<ol style="list-style-type: none"> 1. 畫質較好 2. 畫面大 3. 編輯容易 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 麵筋不太好調整 2. 平板體積大，不好操控 	

7. 色澤變化(RGB)之改進流程

(1)程序及方法：

A.先將麵筋拍照，用平板的 APP 來測 RGB。

B.先將麵筋拍照，用平板的 APP 來測 RGB，再加上置放於攝影箱內來控制光線。

C.先將麵筋拍照，再用色輪、調色盤產生器(ADOBE)來測 RGB。

(2)結果：

表 16 麵筋表面顏色檢測方法優缺點分析表

演進程序	優點	缺點	照片
A 平板 APP(無攝影箱)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 方便操作 2. 操作簡單 3. 拍攝方便 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 會受外界光線的影響 2. 每個麵筋 RGB 觀察位置可能不一樣 	

B 平板 APP(有攝影箱)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不會受外界光線的影響 2. 操作簡單 3. 拍攝方便 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 攝影箱不易移動 2. 費時 3. 每個麵筋 RGB 觀察位置可能不一樣 	
C 色輪、調色盤產生器 (ADOBE)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 觀察時不會受外界因素影響 2. 分析較準確 3. 較省時 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 會受外界光線的影響(拍照時) 2. 每個麵筋 RGB 觀察位置可能不一樣 3. 不方便操作 	

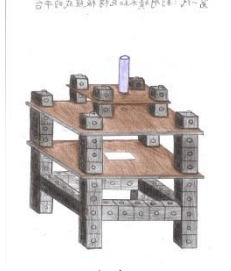


8. 旋轉韌性及承重韌性測量平台之改進流程

(1)程序及方法：

- A.下壓式第一代：利用智高積木和塑膠瓦楞版組裝(詳參下列表格計圖 A)
- B.旋轉式：利用樂高積木和滴管組裝(詳參下列表格設計圖 B)
- C.下壓式第二代-1：利用雷切木板和木棍黏合(詳參下列表格設計圖 C-1)
- 下壓式第二代-2：利用雷切木板和木條鎖合(詳參下列表格設計圖 C-2)
- D.下壓式第三代：利用雷切木板和木條鎖合(詳參下列表格設計圖 E)

(2)結果：

表 17 歷代韌性測量平台優缺點分析表

演進程序	優點	缺點	照片
A.第一代智高積木組裝	<ol style="list-style-type: none"> 1. 平台較小，方便收納 2. 組裝容易 3. 方便改裝 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不能承受重物 2. 空間小，不易換夾片 3. 觀察不易 4. 下壓柱脆弱，且容易分解 	 <p style="text-align: center;">圖 A</p>
B.旋轉式測量平台	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體積小，方便收納及移動 2. 組裝及操作容易 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 轉速慢 2. 麵筋會使轉軸停止，且容易故障 3. 無法固定 4. 脆弱 	 <p style="text-align: center;">圖 B</p>
C-1 雷切黏合版	<ol style="list-style-type: none"> 1. 很輕巧，方便收納 2. 有支撐柱，較堅固 3. 下壓柱改成木棍，較堅固 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不能承受重物 2. 木板太薄 	 <p style="text-align: center;">圖 C-1</p>

C-2 雷切鎖合版	<ol style="list-style-type: none"> 1. 平台較堅固 2. 方便觀察 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 木板容易凸起 2. 平台較重 	 <p>圖 C-2</p>
D. 第三代雷切鎖合版	<ol style="list-style-type: none"> 1. 平台堅固、耐重 2. 平台空間大 3. 可從底下看到麵筋斷裂的狀況 4. 底部有緩衝裝置 5. 下壓柱改成金屬棍，並加上刻度 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體積大 2. 不易收納 3. 重量重 4. 不便移動 	 <p>圖 D</p>

小結:在這個階段，我們試著讓實驗程序及觀測結果儘量能夠客觀及數據化，因此揉麵程序以麵包機設定 sop 流程，洗麵則以減少耗損及次數固定的料理盆壓疊換水方式進行，而外觀結構是藉助行動顯微鏡，顏色判定則是藉助色輪、調色盤產生器 ADOBE 協助，另外在承重性及延展性部分則是自行設計組裝測量平台，提升實驗結果的精確度。而針對麵筋的生成率、密度等基本特性也進行觀測及記錄。

三、正式實驗歷程

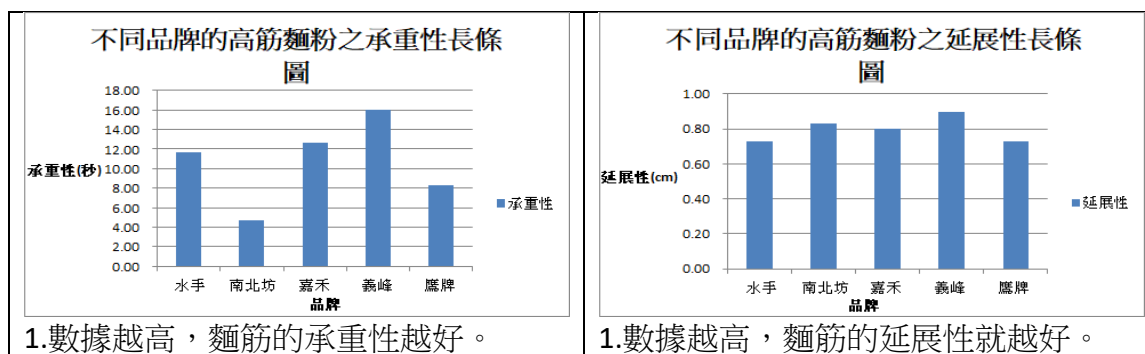
(一)、探討不同品牌的高筋麵粉對麵筋韌性有何影響?

1. 實驗步驟：



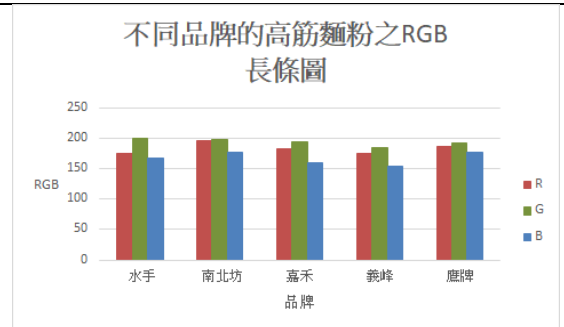
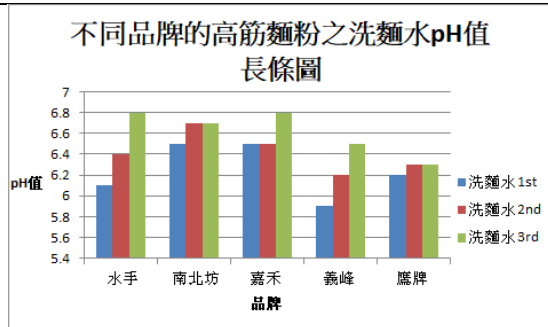
2. 實驗結果及分析討論

表 18 不同品牌高筋麵粉比較實驗之相關統計表



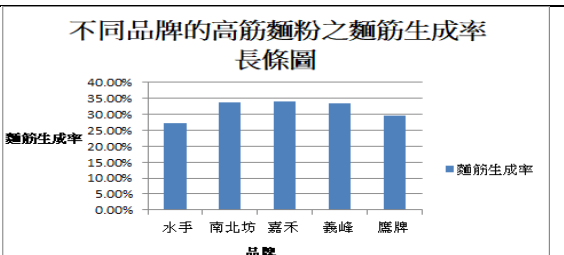
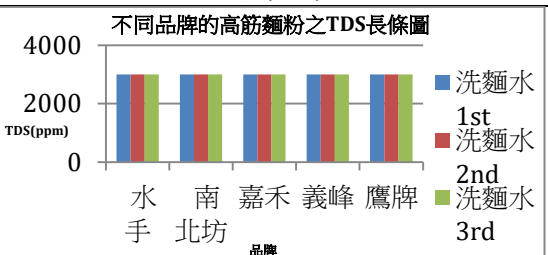
2. 承重性由高到低排序: 義峰牌高筋麵粉 (16s) > 嘉禾高筋麵粉 (12.67s) > 水手牌高筋麵粉 (11.67s) > 鷹牌高筋麵粉 (8.33s) > 南北坊牌高筋麵粉 (4.67s)。
3. 承重性最好的麵筋是義峰牌高筋麵粉製的，最差的是南北坊牌高筋麵粉製的。兩者承重性時間相差 11.33 秒。

2. 延展性由高到低排序: 義峰牌高筋麵粉 (0.9cm) > 南北坊牌高筋麵粉 (0.83cm) > 嘉禾牌高筋麵粉 (0.8cm) > 鷹牌高筋麵粉 (0.73cm) = 水手牌高筋麵粉 (0.73cm)。
3. 延展性最佳的麵筋是義峰牌高筋麵粉做的，最差的是水手牌高筋麵粉以及鷹牌高筋麵粉做的麵筋。
4. 延展性最佳和最差相差了 0.17cm。
5. 品牌對麵筋的延展性影響不大。



1. pH 值排序(由酸到鹼):
 - 1st: 義峰牌麵筋洗麵水(5.9) < 水手牌麵筋洗麵水(6.1) < 鷹牌麵筋洗麵水(6.2) < 南北坊牌麵筋洗麵水(6.5) = 嘉禾牌麵筋洗麵水(6.5)
 - 2nd: 義峰牌麵筋洗麵水(6.2) < 鷹牌麵筋洗麵水(6.3) < 水手牌麵筋洗麵水(6.4) < 嘉禾牌麵筋洗麵水(6.5) < 南北坊牌麵筋洗麵水(6.7)
 - 3rd: 鷹牌麵筋洗麵水(6.3) < 義峰牌麵筋洗麵水(6.5) < 南北坊牌麵筋洗麵水(6.7) < 嘉禾牌麵筋洗麵水(6.8) = 水手牌麵筋洗麵水(6.8)

1. 數據越高，顏色越淺；數據越低，顏色越深。
2. R：南北坊牌麵粉(195) > 鷹牌麵粉(187) > 水手牌麵粉(175) > 義峰牌麵粉(182) > 嘉禾牌麵粉。
3. G：水手牌麵粉(200) > 南北坊牌麵粉(195) > 嘉禾牌麵粉(193) > 鷹牌麵粉(192) > 義峰牌麵粉(185)。
4. B：南北坊牌麵粉(177) = 鷹牌麵粉(177) > 水手牌麵粉(168) > 嘉禾牌麵粉(159) > 義峰牌麵粉(153)。



1. TDS 數值越高，洗麵水中的雜質越多。實驗中不同品牌製之麵團，3 次的洗麵水 TDS 值都 > 3000ppm(破表)。
2. 洗麵用的 1.0% 鹽水原本的 TDS 值就 > 3000 ppm(破表)了。

1. 生成率從大到小的排序: 嘉禾牌麵粉 (34.04%) > 南北坊牌麵粉 (33.74%) > 義峰牌麵粉 (33.39%) > 鷹牌麵粉 (29.65%) > 水手牌麵粉 (27.20%)
2. 生成最多的是嘉禾牌的麵筋，最少的是水手牌的麵筋。
3. 生成率最大和最小相差 6.76%

總結:

1. 承重性、延展性最好的是用義峰牌高筋麵粉做出的麵筋。
2. 洗麵水 1st、2nd 偏酸的是義峰牌麵筋洗麵水，3rd 偏酸的是鷹牌麵筋洗麵水
3. 高筋麵粉的蛋白質含量較高，能取得較多的麵筋。但是超級市場販售的麵粉大部分都是根據指定用途來標示，不會直接說明內含哪些類的小麥(通常都是混合調配)，也不註明蛋白質的含量及品質。於是我們透過不同品牌的高筋麵粉製作麵筋的實測，考量承重性、延展性、生成率等方面後，我們決定使用**義峰牌高筋麵粉**製作麵筋。

(二)、探討不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響?

(二)-1 不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響?(有 2 次揉麵)

1. 實驗步驟:



2. 實驗結果及分析討論

表 19 不同筋度麵粉比較實驗(有二次揉麵)之相關統計表

<p>1. 承重性由高至低排序: 義峰牌高筋麵粉製(236s) > 義峰牌低筋麵粉製(149s) > 義峰牌中筋麵粉製(105s)。</p> <p>2. 承重性最好的是用義峰牌高筋麵粉製，最差的是用義峰牌中筋麵粉製。二者相差了 11.33 秒。</p>	<p>1. 延展性由大至小排序: 義峰牌低筋麵粉製(1.3cm) > 義峰牌中筋麵粉製(0.7cm) > 義峰牌高筋麵粉製(0.63cm)。</p> <p>2. 延展性最佳的是義峰牌低筋麵粉製。最差的是義峰牌高筋麵粉製。相差 0.65cm。</p>
<p>1. pH 值排序(由酸到鹼):</p> <p>1st: 義峰牌高筋麵粉製(6) > 義峰牌中筋麵粉製(6.3) > 義峰牌低筋麵粉製(6.6)。</p> <p>2nd: 義峰牌高筋麵粉製(6.8) > 義峰牌中筋麵粉製(6.9) > 義峰牌低筋麵粉製(7)。</p>	<p>1. 數據越高，顏色越淺；數據越低，顏色越深。</p> <p>2. R：義峰牌高筋麵粉製(127) > 義峰牌低筋麵粉製(110) > 義峰牌中筋麵粉製(106)</p>

<p>3rd:義峰牌高筋麵粉製(7.2)=義峰牌中筋麵粉製(7.2)>義峰牌低筋麵粉製(7.3)。</p>	<p>3.G：義峰牌高筋麵粉製(108)>義峰牌低筋麵粉製(97)>義峰牌中筋麵粉製(91)。</p> <p>4.B：義峰牌高筋麵粉製(59)>義峰牌低筋麵粉製(46)>義峰牌中筋麵粉製(44)。</p>																								
<p>不同筋度的麵粉(一般作法)之TDS長條圖</p> <table border="1"> <caption>不同筋度的麵粉(一般作法)之TDS長條圖數據</caption> <thead> <tr> <th>麵粉筋性</th> <th>洗麵水1st (ppm)</th> <th>洗麵水2nd (ppm)</th> <th>洗麵水3rd (ppm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高筋(揉)</td> <td>2125</td> <td>171</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>中筋(揉)</td> <td>1918</td> <td>171</td> <td>77</td> </tr> <tr> <td>低筋(揉)</td> <td>126</td> <td>100</td> <td>76</td> </tr> </tbody> </table>	麵粉筋性	洗麵水1st (ppm)	洗麵水2nd (ppm)	洗麵水3rd (ppm)	高筋(揉)	2125	171	92	中筋(揉)	1918	171	77	低筋(揉)	126	100	76	<p>不同筋度的麵粉(一般作法)之麵筋生成率長條圖</p> <table border="1"> <caption>不同筋度的麵粉(一般作法)之麵筋生成率長條圖數據</caption> <thead> <tr> <th>麵粉筋性</th> <th>麵筋生成率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高筋(揉)</td> <td>27.87</td> </tr> <tr> <td>中筋(揉)</td> <td>21.8</td> </tr> <tr> <td>低筋(揉)</td> <td>17.55</td> </tr> </tbody> </table>	麵粉筋性	麵筋生成率 (%)	高筋(揉)	27.87	中筋(揉)	21.8	低筋(揉)	17.55
麵粉筋性	洗麵水1st (ppm)	洗麵水2nd (ppm)	洗麵水3rd (ppm)																						
高筋(揉)	2125	171	92																						
中筋(揉)	1918	171	77																						
低筋(揉)	126	100	76																						
麵粉筋性	麵筋生成率 (%)																								
高筋(揉)	27.87																								
中筋(揉)	21.8																								
低筋(揉)	17.55																								
<p>1.TDS 值排序(由高到低):</p> <p>1st:義峰牌高筋麵粉製(2125ppm)=義峰牌低筋麵粉製(2125ppm)>義峰牌中筋麵粉製(1918ppm)。</p> <p>2nd:義峰牌中筋麵粉製(171ppm)>義峰牌高筋麵粉製(126ppm)>義峰牌低筋麵粉製(100ppm)。</p> <p>3rd:義峰牌低筋麵粉製(92ppm)>義峰牌中筋麵粉製(77ppm)>義峰牌高筋麵粉製(76ppm)。</p>	<p>1. 麵筋生成率最多的是義峰牌高筋麵粉製，最少的是義峰牌低筋麵粉製。</p> <p>2. 生成率從大到小的排序:義峰牌高筋麵粉製(27.87%)>義峰牌中筋麵粉製(21.8%)>義峰牌低筋麵粉製(17.55%)。</p> <p>3. 最大和最小相差 10.32%</p>																								
<p>總結:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 承重性最好的是用義峰牌高筋麵粉製的麵筋。 2. 延展性最好的是用義峰牌低筋麵粉製。 3. 第一次洗麵水偏酸的是義峰牌高筋麵粉製。 4. 第二次洗麵水偏酸的是義峰牌高筋麵粉製。 5. 第三次洗麵水偏酸義峰牌高筋麵粉製和義峰牌中筋麵粉製。 6. 麵筋生成率最多的是義峰牌高筋麵粉製(27.87%) 7. 根據此實驗的結果，以及考量了延展性和生成率的數據，我們決定要使用義峰牌高筋麵粉製作。 																									

(二)-2 不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響?(無 2 次揉麵)

1. 實驗步驟：



2. 實驗結果及分析討論

表 20 不同筋度麵粉比較實驗(無二次揉麵)之相關統計表

<p>不同筋度的麵粉(成團後不揉)之承重性長條圖</p> <p>1. 承重性由高至低排序: 義峰牌高筋麵粉製(72s) > 義峰牌低筋麵粉製(60s) > 義峰牌中筋麵粉製(59.5s)。</p> <p>2. 承重性最好的是用義峰牌高筋麵粉製，最差的是用義峰牌中筋麵粉製。相差了 12.5 秒。</p>	<p>不同筋度麵粉(成團後不揉)之延展性長條圖</p> <p>1. 延展性由高到低排序: 義峰牌低筋麵粉製(0.8cm) = 義峰牌中筋麵粉製(0.8cm) = 義峰牌高筋麵粉製(0.8cm)。</p> <p>2. 三種麵粉所製之麵筋的延展性都相等。</p>
<p>不同筋度的麵粉(成團後不揉)之pH值長條圖</p> <p>1. pH 值排序(由酸到鹼): 1st: 義峰牌低筋麵粉製洗麵水(6.1) < 高筋麵粉製洗麵水(6.2) < 中筋麵粉製洗麵水(6.4)。 2nd: 義峰牌高筋麵粉製洗麵水(6.8) = 低筋麵粉製洗麵水(6.8) < 中筋麵粉製洗麵水(7)。 3rd: 義峰牌高筋麵粉製洗麵水(7.2) = 低筋麵粉製洗麵水(7.2) < 中筋麵粉製洗麵水(7.4)。</p>	<p>不同筋度的麵粉(成團後不揉)之RGB長條圖</p> <p>1. 數據越高，顏色越淺；數據越低，顏色越深。</p> <p>2. R：義峰牌中筋麵粉製(135) > 高筋麵粉製(119) > 低筋麵粉製(116)</p> <p>3. G：義峰牌中筋麵粉製(112) > 高筋麵粉製(101) > 低筋麵粉製(95)。</p> <p>4. B：義峰牌高筋麵粉製(49) > 中筋麵粉製(39) > 低筋麵粉製(31)。</p>
<p>不同筋度的麵粉(成團後不揉)之TDS長條圖</p> <p>1. TDS 值由高到低排序: 1st: 義峰牌高筋麵粉製(2062 ppm) > 中筋麵粉製(1983 ppm) > 低筋麵粉製(1568 ppm)。 2nd: 義峰牌高筋麵粉製(207 ppm) > 中筋麵粉製(151 ppm) > 低筋麵粉製(97 ppm)。</p>	<p>不同筋度的麵粉(成團後不揉)之麵筋生成率長條圖</p> <p>1. 生成率從大到小的排序: 義峰牌高筋麵粉製(28.74%) > 中筋麵粉製(22.16%) > 低筋麵粉製(15.5%)。</p> <p>2. 生成最多的是高筋麵粉製，最少的是低筋麵粉製。相差 13.24%。</p>

<p>3rd:義峰牌高筋麵粉製(69ppm)>低筋麵粉製(46ppm)>中筋麵粉製(42ppm)。</p>	
<p>總結</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.承重性最好的麵筋是高筋麵粉製。 2.低筋麵粉製、高筋麵粉製、中筋麵粉製延展性相同。 3.第一次洗麵水偏酸的是低筋麵粉製洗麵水，偏鹼的是中筋粉製的洗麵水。 4.第二次跟第三次洗麵水偏酸的是高筋麵粉製洗麵水和低筋麵粉製洗麵水，偏鹼的是中筋粉製的洗麵水。 5.生成最多的是義峰牌高筋麵粉。 6.根據此實驗的結果，以及考量了延展性和生成率的數據，我們決定要使用義峰牌高筋麵粉製作。 	

綜合以上兩個實驗，我們發現:義峰牌高筋麵粉不管是用平常的作法或是成團後不揉，在承重性及生成率的表現都是最好的，因此為了更佳韌性表現、延展性、生成率，及CP值考量，我們再次確認之後的實驗要採用義峰牌高筋麵粉。

(三)、探討不同的揉麵速度對麵筋韌性有何影響?

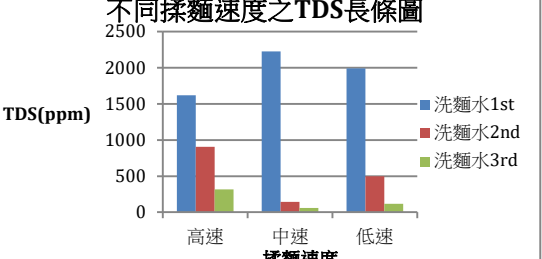
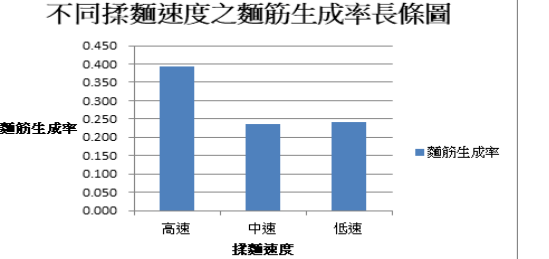
1.實驗步驟：



2.實驗結果及分析討論

表 21 不同揉麵速度比較實驗之相關統計表

<ol style="list-style-type: none"> 1. 不同揉麵速度麵筋承重性由高到低排序:高速(13s)>中速(9s)>低速(3.5s)。 2. 用高速揉麵的麵筋，承重性最好；最差的是用低速揉麵的麵筋。 3. 推論是因為揉麵的次數達到能使麵糰產生筋度的標準。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不同揉麵速度的麵筋延展性由高到低排序: 高速(2.6cm)>中速(1.75cm)>低速(1.25cm)。速度越快，麵筋的延展性越好。 2. 延展性最佳和最差相差了 1.35cm。
<ol style="list-style-type: none"> 1. 偏酸的是用高速揉麵的麵筋洗麵水 2. 偏鹼的是用中速揉麵的麵筋 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 數值越高，顏色越淺；越低，顏色越深。

<p>3.洗麵水不同揉麵速度的麵筋洗麵水 pH 排序(由酸到鹼):高速<低速<中速 pH 排序(由酸到鹼):高速<低速<中速 1st:高速(5.9)<低速(6.3)<中速(6.9) 2nd:高速(6.1)<低速(6.5)<中速(7.2) 3rd:高速(6.4)<低速(6.9)<中速(7.4)</p>	<p>2.不同揉麵速度的麵筋 RGB 排序: R:中速(138)>高速(125)>低速(126) G: 中速(133) >低速(119)>高速(118) B:中速(100)>高速(82)>低速(78)</p>
 <p>不同揉麵速度之TDS長條圖</p>	 <p>不同揉麵速度之麵筋生成率長條圖</p>
<p>1.TDS 由高到低排序： 1st:中速(2226 ppm)>低速(1991 ppm)>高速(1618 ppm) 2nd:高速(904ppm)>低速(500 ppm)>中速(145 ppm) 3rd:高速(317 ppm)>低速(118 ppm)>中速(61 ppm)</p>	<p>1.麵筋生成率(由大到小)排序: 高速所製麵筋(39.45%)>低速所製麵筋(24.28%)>中速所製麵筋(23.71%)。 2.麵筋生成率最大的是高速所製麵筋，最小的是中速所製麵筋。相差 15.74%。</p>
<p>總結：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.延展性及承重性最好的是高速揉出的麵筋。 2.洗麵水偏酸的是高速揉麵的麵筋洗麵水，偏鹼的是中速揉麵的麵筋洗麵水。 3.麵筋生成率最大的是高速所製麵筋。 4.在麵團所有材料都混合調勻後，麵團就開始發展。無論是手工或是電動攪拌機來調和，麵團都會經歷相同的物理過程：延展、摺疊、擠壓、延展、摺疊、再次擠壓，如此反覆多次。這操作處理能強化麵筋網絡，蛋白質也進一步的展開方向調節及鏈結。在經過不同揉麵速度的實驗後，我們根據此實驗的結果，考量承重性、延展性、生成率等方面後，我們決定設揉麵速度為高速。 	

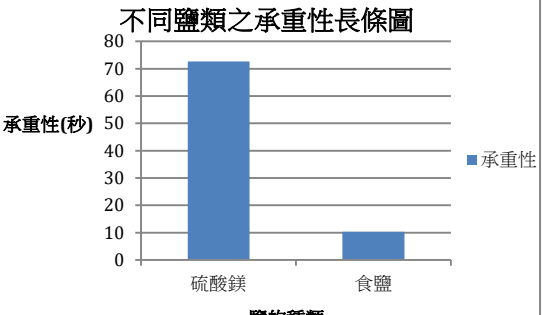
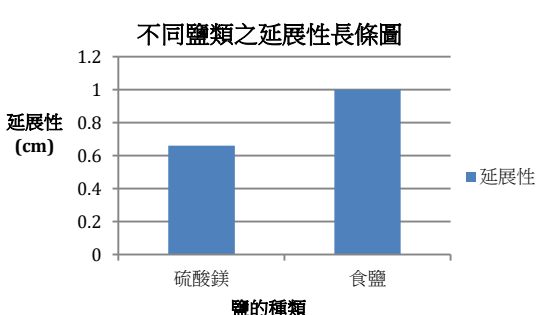
(四)、探討不同鹽的種類對麵筋韌性有何影響?

1.實驗步驟：



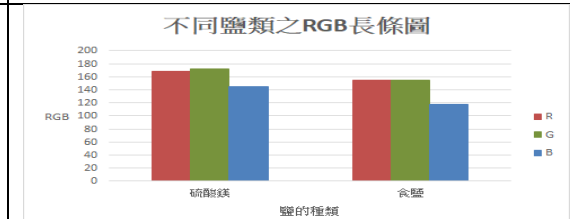
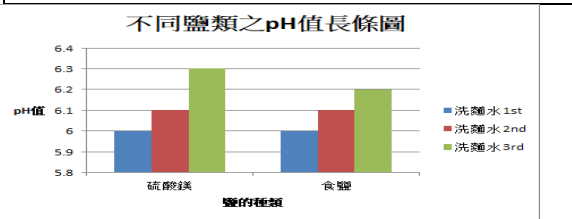
2.實驗結果及分析討論

表 22 不同鹽類比較實驗之相關統計表

 <p>不同鹽類之承重性長條圖</p>	 <p>不同鹽類之延展性長條圖</p>
--	---

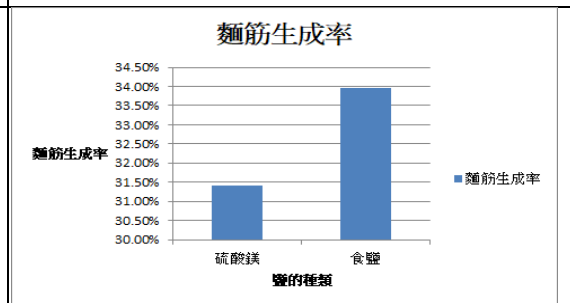
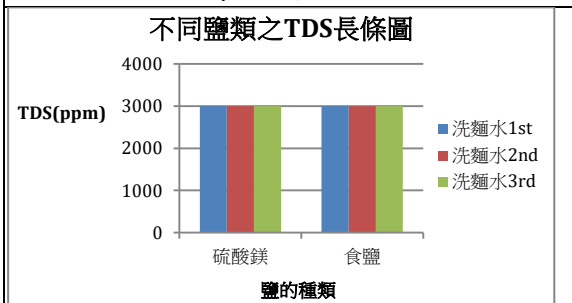
1. 承重性由高到低的排序為:加入硫酸鎂的麵筋(72.66s)>加入食鹽的麵筋(10.33s)。
2. 承重性較好的是加入硫酸鎂的麵筋，較差的是加入食鹽的麵筋。相差 62.33 秒。

1. 延展性由高到低的排序為:加入食鹽的麵筋(1cm)>加入硫酸鎂的麵筋(0.66cm)。
2. 加入食鹽的麵筋延展性較好。加入硫酸鎂的麵筋延展性較差。二者相差 0.34cm。



1. 洗麵水 1st 中，加入硫酸鎂的麵筋的洗麵水和加入食鹽的麵筋的洗麵水 pH 值都是 6.0。
2. 洗麵水 2nd 中，加入硫酸鎂的麵筋的洗麵水和加入食鹽的麵筋的洗麵水 pH 值都是 6.1。
3. 洗麵水 3rd 中，加入硫酸鎂的麵筋的洗麵水 pH 值是 6.3；加入食鹽的麵筋的洗麵水 pH 值是 6.2。

1. 數值越低，顏色越深:數值越高，顏色越淺。
2. R:加入食鹽的麵筋(155)<加入硫酸鎂的麵筋(169)。
G:加入食鹽的麵筋(155)<加入硫酸鎂的麵筋(172)。
B:加入食鹽的麵筋(118)<加入硫酸鎂的麵筋(145)。



1. 洗麵水 1st、2nd、3rd 中，加入硫酸鎂的麵筋的洗麵水和加入食鹽的麵筋的洗麵水 TDS 都超過 2999ppm(圖中以 3000 呈現)。
2. 三次洗麵水都破表的原因是鹽水本身就已經破表(>2999ppm)了。

1. 麵筋生成率(由大到小)排序: 加入食鹽的麵筋(33.95%)>加入硫酸鎂的麵筋(31%)。
2. 麵筋生成率最大的是加入食鹽的麵筋，最少的是加入硫酸鎂的麵筋。相差 2.53%。

總結

1. 延展性最好的是加入食鹽的麵筋，可是承重性最好的是加入硫酸鎂的麵筋。
2. 洗麵水偏酸性的是加入食鹽的麵筋的洗麵水，偏鹼性的是加入硫酸鎂的麵筋的洗麵水。
3. 生成率最多的是加入食鹽的麵筋。
4. 鹽在麵團中除了增加風味及抑菌，還有束緊麵筋網絡的功用，因為鈉離子帶正電，氯離子帶負電，兩種離子在小麥穀蛋白帶電部位附近聚集，因此穀蛋白的帶電部份就不會互斥，可以形成更全面的鏈結。不同的鹽類含有不同的礦物質，也許能提高麵筋的筋度。就本實驗結果，我們考量了承重性、延展性、麵筋生成率等方面，決定揉麵團時要加入的添加物為**食鹽**。

(五)、探討不同水溫洗麵對麵筋韌性有何影響?

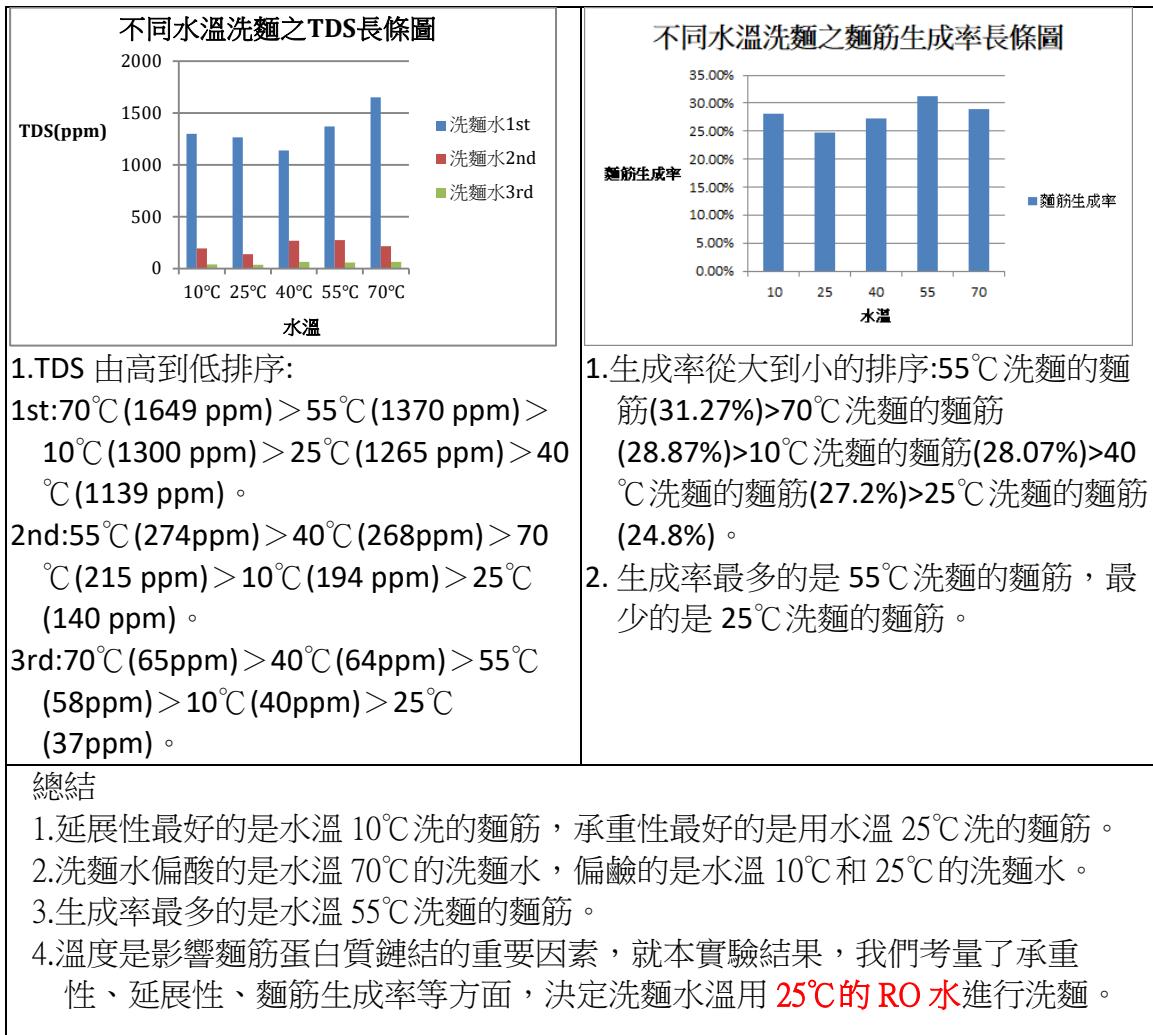
1.實驗步驟：



2.實驗結果及分析討論

表 23 不同洗麵水溫比較實驗之相關統計表

<p>不同水溫洗麵之承重性長條圖</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>水溫</th> <th>承重性 (秒)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10°C</td> <td>103.5s</td> </tr> <tr> <td>25°C</td> <td>406.5s</td> </tr> <tr> <td>40°C</td> <td>151s</td> </tr> <tr> <td>55°C</td> <td>327.5s</td> </tr> <tr> <td>70°C</td> <td>119.5s</td> </tr> </tbody> </table>	水溫	承重性 (秒)	10°C	103.5s	25°C	406.5s	40°C	151s	55°C	327.5s	70°C	119.5s	<p>不同水溫之延展性長條圖</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>水溫</th> <th>延展性 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10°C</td> <td>1.3cm</td> </tr> <tr> <td>25°C</td> <td>1.2cm</td> </tr> <tr> <td>40°C</td> <td>0.1cm</td> </tr> <tr> <td>55°C</td> <td>0.7cm</td> </tr> <tr> <td>70°C</td> <td>0.25cm</td> </tr> </tbody> </table>	水溫	延展性 (cm)	10°C	1.3cm	25°C	1.2cm	40°C	0.1cm	55°C	0.7cm	70°C	0.25cm
水溫	承重性 (秒)																								
10°C	103.5s																								
25°C	406.5s																								
40°C	151s																								
55°C	327.5s																								
70°C	119.5s																								
水溫	延展性 (cm)																								
10°C	1.3cm																								
25°C	1.2cm																								
40°C	0.1cm																								
55°C	0.7cm																								
70°C	0.25cm																								
<p>1.承重性從高到低的排序:25°C洗麵(406.5s)>55°C洗麵(327.5s)>40°C洗麵(151s)>70°C洗麵(119.5s)>10°C洗麵(103.5s)。</p> <p>2.承重性最好的是用水溫 25°C洗麵的麵筋；承重性最差的是用水溫 10°C洗麵的麵筋。承重性最好和最差相差 303s。</p>	<p>1.溫度低的洗麵水，洗出的麵筋延展性比較好。</p> <p>2.延展性由高到低排序:10°C洗麵(1.3cm)>25°C洗麵(1.2cm)>55°C洗麵(0.7cm)>70°C洗麵(0.25cm)>40°C洗麵(0.1cm)。</p> <p>3.延展性最好的是用水溫 10°C洗麵的麵筋；延展性最差的是用水溫 40°C洗麵的麵筋。延展性最好和最差相差 0.6cm。</p>																								
<p>不同水溫洗麵之pH值長條圖</p>	<p>不同水溫之RGB數值長條圖</p>																								
<p>1.70°C蛋白質發熱變性，麵筋破壞，所以比較酸</p> <p>2.用熱水洗麵的話，第一杯洗麵水都會是偏酸的</p> <p>3.1st:70°C洗麵(6.1)>55°C洗麵(6.2)>40°C洗麵(6.3)=25°C洗麵(6.3)>10°C洗麵(6.4)。</p> <p>2nd:55°C洗麵(6.5)>70°C洗麵(6.7)=40°C洗麵(6.7)>10°C洗麵(6.8)>25°C洗麵(6.9)。</p> <p>3rd:55°C洗麵(6.8)>70°C洗麵(6.9)=40°C洗麵(6.9)>10°C洗麵(7)=25°C洗麵(7)。</p>	<p>1.數值越低，顏色越深:數值越高，顏色越淺。</p> <p>2.R:25°C(108)>10°C(107)>55°C(100)>40°C(98)>70°C(86)。</p> <p>G:25°C(95)>10°C(90)>55°C(89)>40°C(86)>70°C(72)。</p> <p>B:55°C(48)>10°C(44)=40°C(44)>25°C(42)>70°C(36)。</p>																								



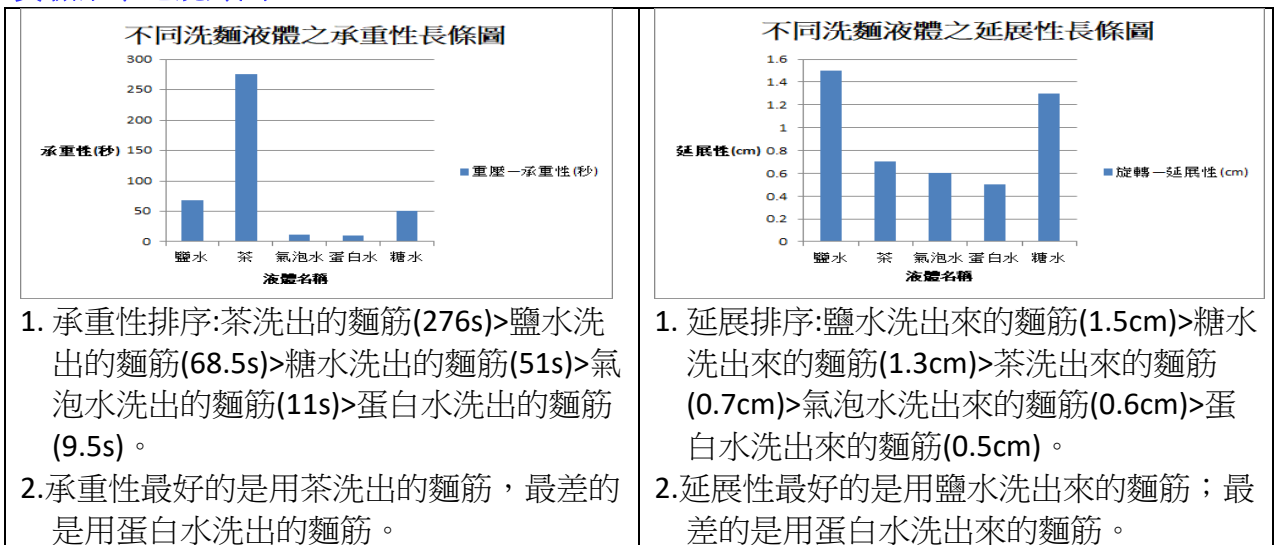
(六)、探討不同洗麵液體對麵筋韌性有何影響?

1. 實驗步驟:

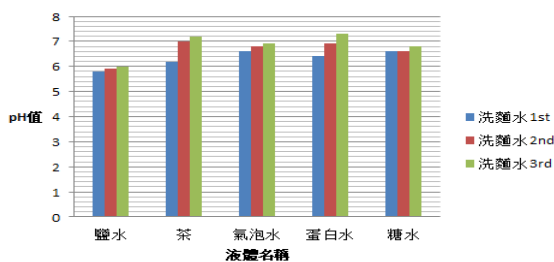


2. 實驗結果之統計圖:

表 24 不同洗麵液體比較實驗之相關統計表

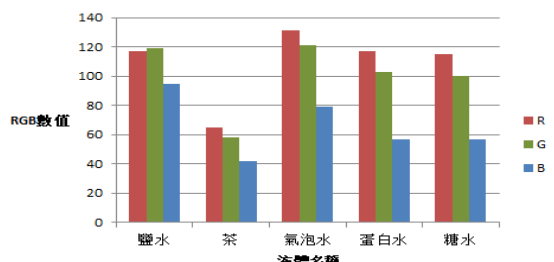


不同洗麵液體之pH值長條圖



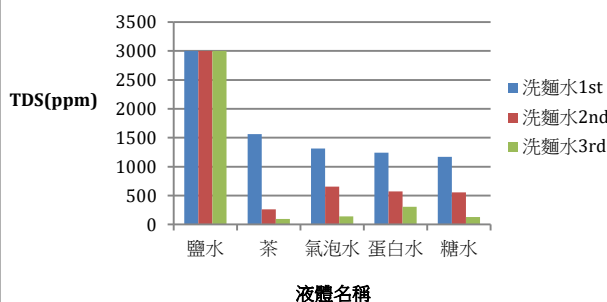
1. 洗麵水 1st: 氣泡水洗麵(6.6)=糖水洗麵(6.6)>蛋白水洗麵(6.4)>茶洗麵(6.2)>鹽水洗麵(5.8)。
2. 洗麵水 2nd: 茶洗麵(7.0) >> 蛋白水洗麵(6.9)>氣泡水洗麵(6.6)=糖水洗麵(6.6) > 鹽水洗麵(5.8)。
3. 洗麵水 3rd: 蛋白水洗麵(7.3)> 茶洗麵(7.2) > 氣泡水洗麵(6.9) > 糖水洗麵(6.8)> 鹽水洗麵(6.0)。

不同洗麵液體洗出麵筋之RGB長條圖



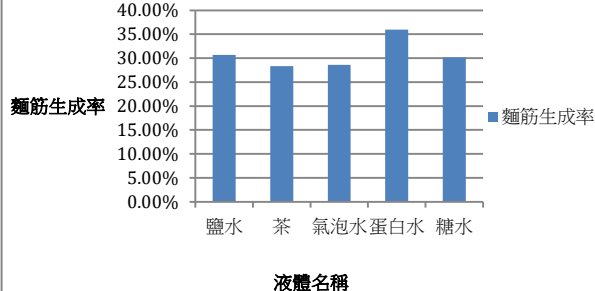
1. 數值越低，顏色越深:數值越高，顏色越淺。
2. 顏色最深的是用茶洗出的麵筋。最淺的是用鹽水和氣泡水洗出的麵筋。
3. 顏色最偏紅的是茶洗的麵筋。
4. 顏色最偏綠的是茶洗的麵筋。
5. 顏色最偏藍的是茶洗的麵筋。

不同洗麵液體洗出麵筋之TDS長條圖



1. TDS 由高到低排序：
1st: 鹽水洗麵(3000ppm)>茶洗麵(1563ppm)>氣泡水洗麵(1314ppm)>蛋白水洗麵(1241ppm)>糖水洗麵(1169ppm)。
2nd: 鹽水洗麵(3000ppm)>氣泡水洗麵(657ppm)>蛋白水洗麵(573ppm)>糖水洗麵(554ppm)>茶洗麵(204ppm)。
3rd: 鹽水洗麵(3000ppm)>蛋白水洗麵(304ppm)>氣泡水洗麵(141ppm)>糖水洗麵(131ppm)>茶洗麵(97ppm)。

不同洗麵液體之麵筋生成率長條圖



1. 麵筋生成率排序: 用蛋白水洗出的麵筋(35.84%)>用鹽水洗出的麵筋(30.66%)>用糖水洗出的麵筋(30.14%)>用氣泡水洗出的麵筋(28.62%)>用茶洗出的麵筋(28.32%)。
2. 麵筋生成率最高的是用蛋白水洗出的麵筋，最低的是用茶洗出的麵筋，二者相差2.34%。

總結：

1. 承重性最好的是用茶洗出的麵筋，延展性最好的是用鹽水洗出來的麵筋。
2. 洗麵水偏酸的是用鹽水洗的洗麵水，偏鹼的是用蛋白水洗的洗麵水。
3. 麵筋生成率最高的是用蛋白水洗出的麵筋。
4. 鹽水中含有鈉離子及氯離子，茶中含有兒茶素及單寧酸等多樣成份，氣泡水中含有二氧化碳會偏酸，蛋白水中含有蛋白質。而根據此實驗的結果，考量了承重性、延展性、麵筋生成率等方面，因此決定要使用**鹽水洗麵**。

(七)、探討不同濃度鹽水洗麵對麵筋韌性有何影響?

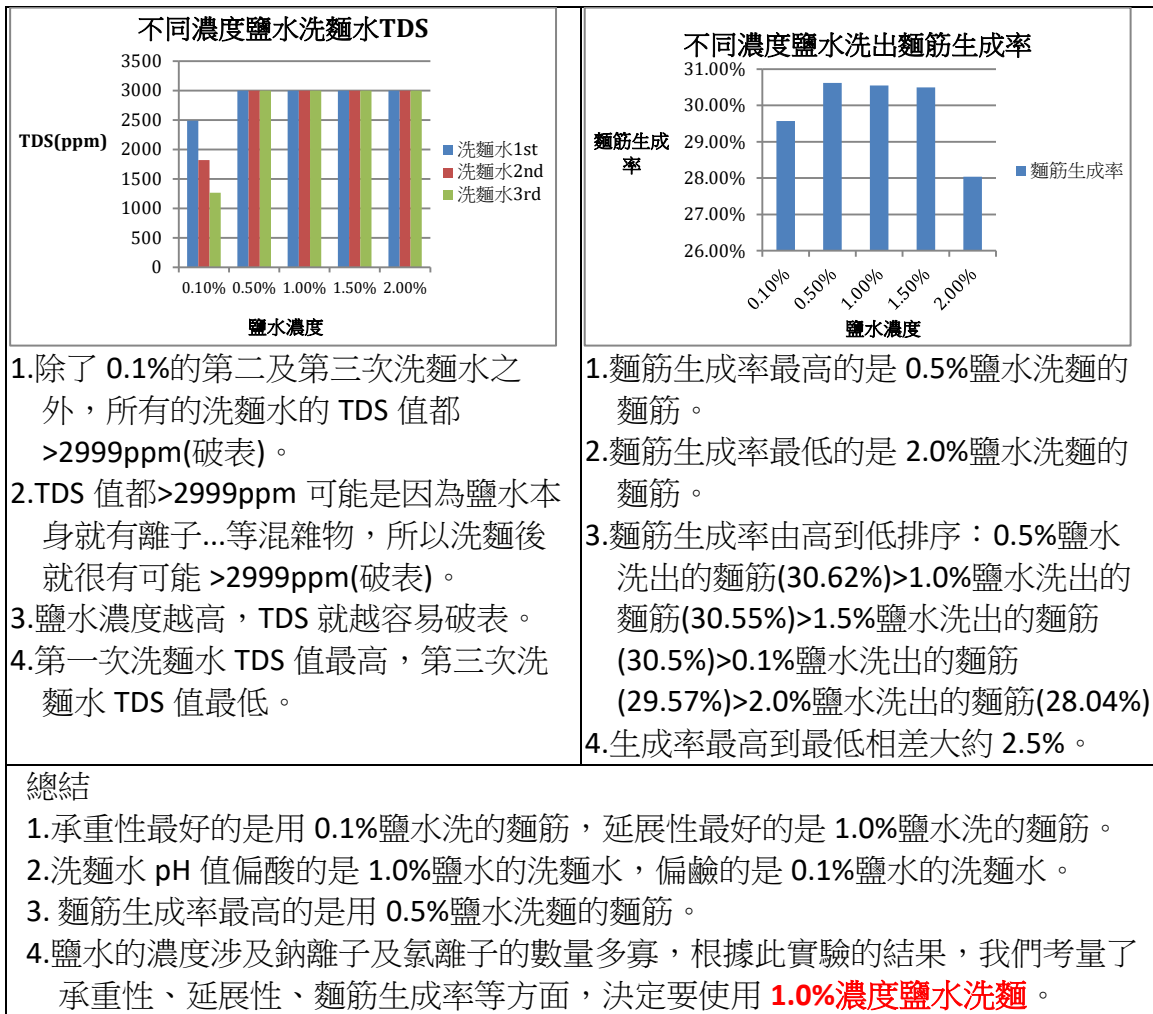
1.實驗步驟：



2.實驗結果及分析討論

表 25 不同濃度鹽水洗麵比較實驗之相關統計表

<p>不同濃度鹽水洗出麵筋承重性</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>鹽水濃度</th> <th>承重性 (sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.10%</td> <td>40.67</td> </tr> <tr> <td>0.50%</td> <td>29.67</td> </tr> <tr> <td>1.00%</td> <td>8.00</td> </tr> <tr> <td>1.50%</td> <td>10.67</td> </tr> <tr> <td>2.00%</td> <td>8.00</td> </tr> </tbody> </table>	鹽水濃度	承重性 (sec)	0.10%	40.67	0.50%	29.67	1.00%	8.00	1.50%	10.67	2.00%	8.00	<p>不同濃度鹽水洗出麵筋延展性</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>鹽水濃度</th> <th>延展性 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.10%</td> <td>1.20</td> </tr> <tr> <td>0.50%</td> <td>1.07</td> </tr> <tr> <td>1.00%</td> <td>1.33</td> </tr> <tr> <td>1.50%</td> <td>1.20</td> </tr> <tr> <td>2.00%</td> <td>1.20</td> </tr> </tbody> </table>	鹽水濃度	延展性 (cm)	0.10%	1.20	0.50%	1.07	1.00%	1.33	1.50%	1.20	2.00%	1.20																								
鹽水濃度	承重性 (sec)																																																
0.10%	40.67																																																
0.50%	29.67																																																
1.00%	8.00																																																
1.50%	10.67																																																
2.00%	8.00																																																
鹽水濃度	延展性 (cm)																																																
0.10%	1.20																																																
0.50%	1.07																																																
1.00%	1.33																																																
1.50%	1.20																																																
2.00%	1.20																																																
<p>1. 承重性排序:0.1%鹽水洗麵的麵筋(40.67s)>0.5%鹽水洗麵的麵筋(29.67s)>1.5%鹽水洗麵的麵筋(10.67s)>1.0%鹽水洗麵的麵筋(8s)=2.0%鹽水洗麵的麵筋(8s)。</p> <p>2. 承重性最好的是 0.1%鹽水洗麵的麵筋。最差的是 1.0%鹽水洗麵的麵筋。相差 32.67 秒。</p>	<p>1. 延展性由高到低的排序為:1.0%鹽水洗出的麵筋(1.33cm)>0.1%鹽水洗出的麵筋(1.2cm)=2.0%鹽水洗出的麵筋(1.2cm)>0.5%鹽水洗出的麵筋(1.07cm)>1.5%鹽水洗出的麵筋(1.03cm)。</p> <p>2. 延展性最好的是 1.0%鹽水洗麵的麵筋，延展性最差的是 0.5%鹽水洗麵的麵筋。</p>																																																
<p>不同濃度鹽水洗麵水pH值</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>鹽水濃度</th> <th>洗麵水1st</th> <th>洗麵水2nd</th> <th>洗麵水3rd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.10%</td> <td>6.8</td> <td>6.8</td> <td>6.8</td> </tr> <tr> <td>0.50%</td> <td>6.5</td> <td>6.5</td> <td>6.5</td> </tr> <tr> <td>1.00%</td> <td>6.2</td> <td>6.2</td> <td>6.2</td> </tr> <tr> <td>1.50%</td> <td>6.0</td> <td>6.0</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>2.00%</td> <td>5.8</td> <td>5.8</td> <td>5.8</td> </tr> </tbody> </table>	鹽水濃度	洗麵水1st	洗麵水2nd	洗麵水3rd	0.10%	6.8	6.8	6.8	0.50%	6.5	6.5	6.5	1.00%	6.2	6.2	6.2	1.50%	6.0	6.0	6.0	2.00%	5.8	5.8	5.8	<p>不同濃度鹽水洗出麵筋RGB</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>鹽水濃度</th> <th>R</th> <th>G</th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.10%</td> <td>175</td> <td>172</td> <td>122</td> </tr> <tr> <td>0.50%</td> <td>176</td> <td>172</td> <td>137</td> </tr> <tr> <td>1.00%</td> <td>176</td> <td>170</td> <td>134</td> </tr> <tr> <td>1.50%</td> <td>128</td> <td>116</td> <td>82</td> </tr> <tr> <td>2.00%</td> <td>130</td> <td>117</td> <td>72</td> </tr> </tbody> </table>	鹽水濃度	R	G	B	0.10%	175	172	122	0.50%	176	172	137	1.00%	176	170	134	1.50%	128	116	82	2.00%	130	117	72
鹽水濃度	洗麵水1st	洗麵水2nd	洗麵水3rd																																														
0.10%	6.8	6.8	6.8																																														
0.50%	6.5	6.5	6.5																																														
1.00%	6.2	6.2	6.2																																														
1.50%	6.0	6.0	6.0																																														
2.00%	5.8	5.8	5.8																																														
鹽水濃度	R	G	B																																														
0.10%	175	172	122																																														
0.50%	176	172	137																																														
1.00%	176	170	134																																														
1.50%	128	116	82																																														
2.00%	130	117	72																																														
<p>1.第一次洗麵水偏酸的是 2.0%鹽水的洗麵水。</p> <p>2.第二次洗麵水偏酸的是 1.0%、2.0%鹽水的洗麵水。</p> <p>3.第三次洗麵水偏酸的是 1.5%鹽水的洗麵水。</p> <p>4.洗麵水最接近中性的是 0.1%鹽水洗麵水。</p>	<p>1.數值越高，顏色越淺。</p> <p>2.R:1.0%鹽水洗出的麵筋(176)>0.5%鹽水洗出的麵筋(175)>0.1%鹽水洗出的麵筋(172)>2.0%鹽水洗出的麵筋(130)>1.5%鹽水洗出的麵筋(128)</p> <p>3.G:0.5%鹽水洗出的麵筋(172)>1.0%鹽水洗出的麵筋(170)>0.1%鹽水洗出的麵筋(160)>2.0%鹽水洗出的麵筋(117)>1.5%鹽水洗出的麵筋(116)</p> <p>4.B:0.5%鹽水洗出的麵筋(137)>1.0%鹽水洗出的麵筋(134)>0.1%鹽水洗出的麵筋(122)>2.0%鹽水洗出的麵筋(82)>1.5%鹽水洗出的麵筋(72)</p>																																																



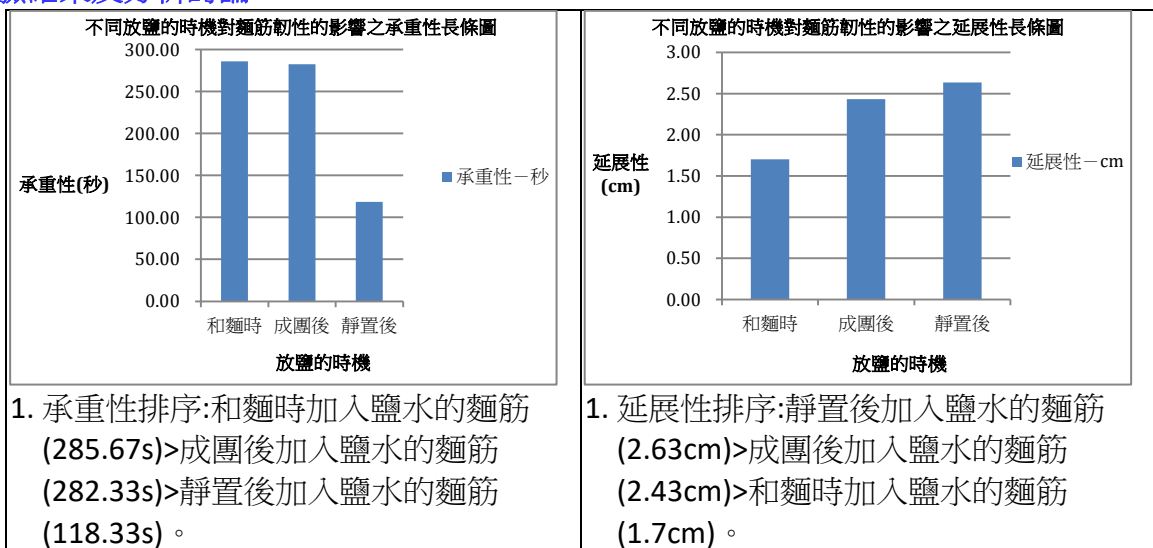
(八)、探討不同放鹽時機對麵筋韌性有何影響?

1. 實驗步驟：



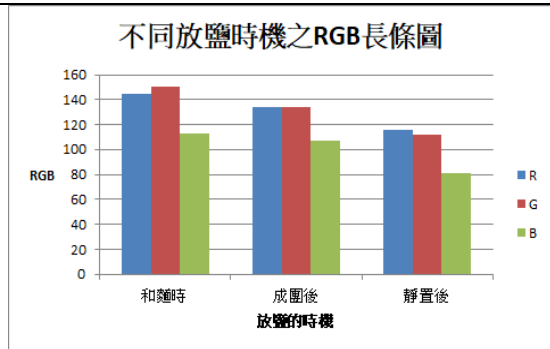
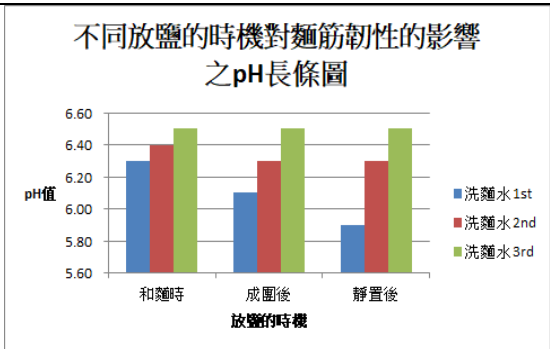
2. 實驗結果及分析討論

表 26 不同放鹽時機比較實驗之相關統計表



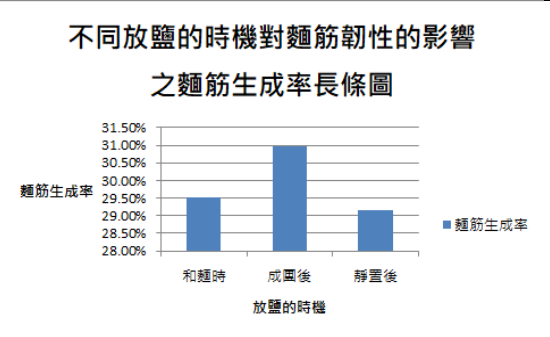
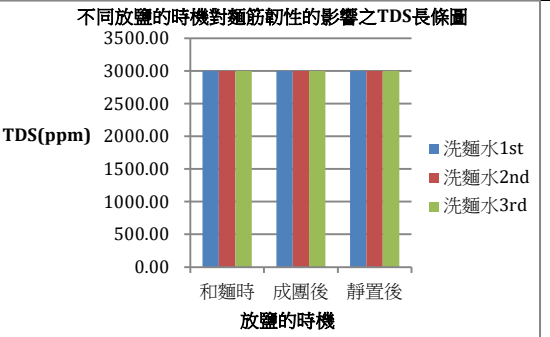
2. 承重性最好的是和麵時加入鹽水的麵筋，最差的是靜置後加入鹽水的麵筋。

2. 延展性最好的是靜置後加入鹽水的麵筋，最差的是和麵時加入鹽水的麵筋。



- 1.1st 洗麵水 pH 值排序:和麵時加入鹽水的麵筋洗麵水(6.3)>成團後加入鹽水的麵筋洗麵水(6.1)>靜置後加入鹽水的麵筋洗麵水(5.9)。
- 2.2nd 洗麵水 pH 值排序:和麵時加入鹽水的麵筋洗麵水(6.4)>成團後加入鹽水的麵筋洗麵水(6.3)=靜置後加入鹽水的麵筋洗麵水(6.3)。
- 3.3rd 洗麵水 pH 值排序:靜置後加入鹽水的麵筋洗麵水(6.5)=成團後加入鹽水的麵筋洗麵水(6.5)=和麵時加入鹽水的麵筋洗麵水(6.5)。

1. 數值越低，顏色越深。
2. RGB 排序:
R:和麵時加入鹽水的麵筋(145)>成團後加入鹽水的麵筋(134)>靜置後加入鹽水的麵筋(116)。
G:和麵時加入鹽水的麵筋(150)>成團後加入鹽水的麵筋(134)>靜置後加入鹽水的麵筋(112)。
B:和麵時加入鹽水的麵筋(113)>成團後加入鹽水的麵筋(134)>靜置後加入鹽水的麵筋(81)。



1. TDS 值越高，洗麵水中的雜質越多。
2. 3 次的洗麵水 TDS 值都是超過 3000ppm(破表)。
3. 洗麵用的 1.0%鹽水原本的 TDS 值就超過 3000ppm(破表)了。

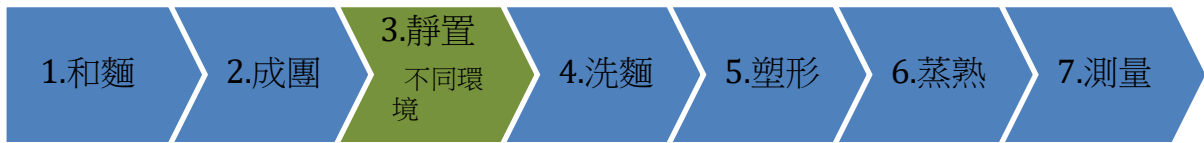
1. 麵筋生成率排序:成團後加入鹽水的麵筋(30.96%)>和麵時加入鹽水的麵筋(29.53%)>靜置後加入鹽水的麵筋(29.17%)。
2. 麵筋生成率最高的是成團後加入鹽水的麵筋，最低的是靜置後加入鹽水的麵筋。兩者相差 1.79%。

總結

1. 承重性最好的是和麵時加入鹽水的麵筋，延展性最好的是靜置後加入鹽水的麵筋。
2. 洗麵水偏酸的是和麵時加入鹽水的麵筋洗麵水，偏鹼的是靜置後加入鹽水的麵筋洗麵水。
3. 麵筋生成率最高的是成團後加入鹽水的麵筋。
4. 鹽在麵團發展的不同時程進入到麵團中，果然有很豐富的筋性表現。根據此實驗的結果，我們參考了延展性的數據，決定要在靜置後加入鹽水。

(九)、探討不同靜置環境對麵筋韌性有何影響?

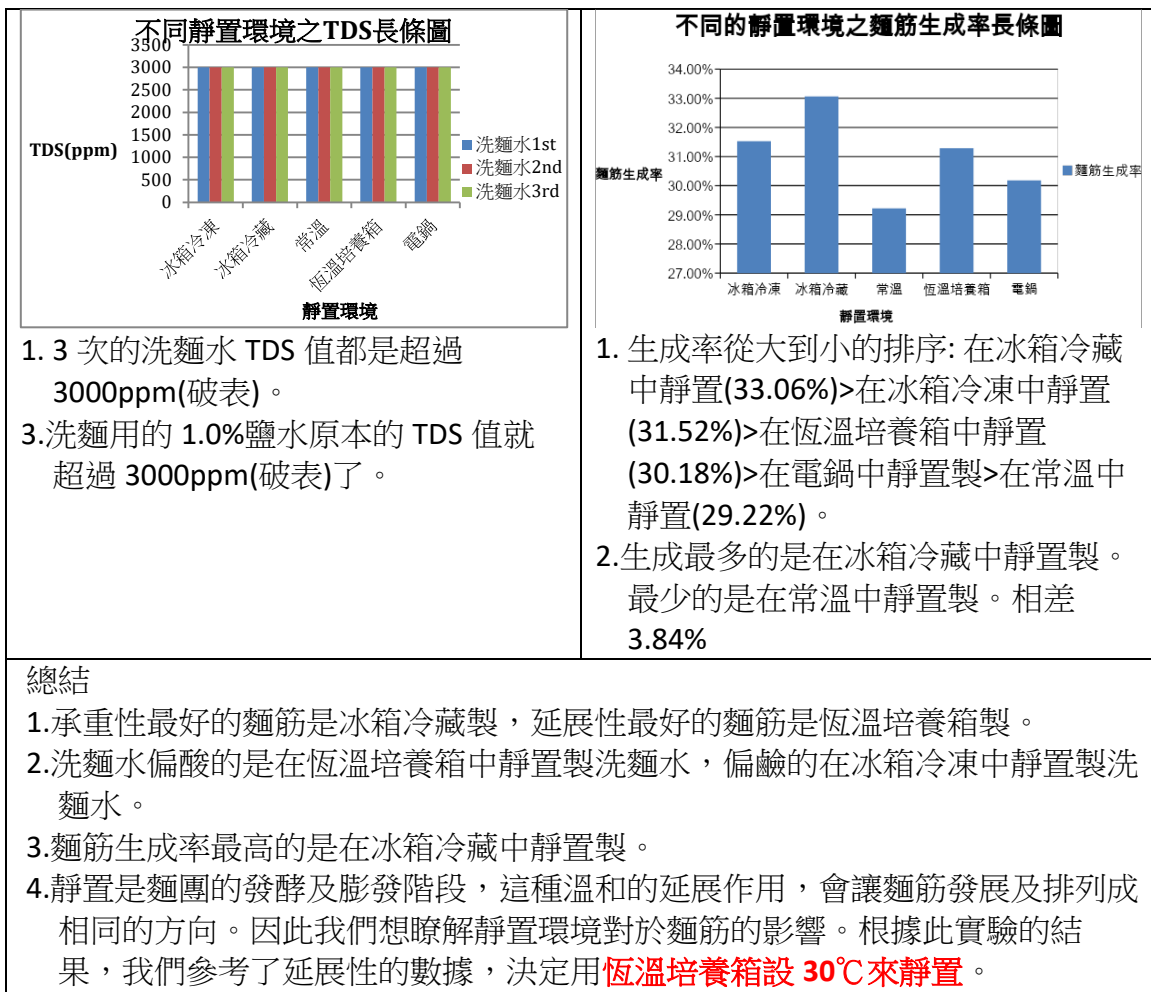
1.實驗步驟：



2.實驗結果及分析討論

表 27 不同靜置環境比較實驗之相關統計表

<p>不同的靜置環境之承重性長條圖</p>	<p>不同靜置環境之延展性長條圖</p>
<p>承重性:</p> <ol style="list-style-type: none"> 承重性排序: 在冰箱冷藏中靜置製(130.67s)>在常溫中靜置製(76.67s)>在電鍋中靜置製(64.33s)>在恆溫培養箱中靜置製(44.33s)在冰箱冷凍中靜置製(44s)。 承重性最佳的麵筋是冰箱冷藏製，最差的麵筋是恆溫培養箱製。相差 90.34 秒。 	<p>延展性:</p> <ol style="list-style-type: none"> 延展性排序: 在恆溫培養箱中靜置(2.1cm7)>在常溫中靜置(2.1cm)=在電鍋中靜置(2.1cm)>在冰箱冷凍中靜置(2.03cm)>在冰箱冷藏中靜置(1.87cm)。 延展性最佳的麵筋是恆溫培養箱製，最差的麵筋是冰箱冷藏製。延展性最佳和最差相差了 0.3cm。
<p>不同靜置環境之pH值長條圖</p>	<p>不同靜置環境之 RGB 長條圖</p>
<p>pH 值排序(由酸到鹼):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1st: 在常溫中靜置(6)=在恆溫培養箱中靜置(6)<在電鍋中靜置(6.3)=在冰箱冷藏中靜置(6.3)<在冰箱冷凍中靜置(6.5)。 2nd: 在常溫中靜置(6.1)=在恆溫培養箱中靜置(6.1)<在電鍋中靜置(6.4)=在冰箱冷藏中靜置(6.4)<在冰箱冷凍中靜置(6.6)。 3rd: 在恆溫培養箱中靜置(6.1)<在常溫中靜置(6.2)<在電鍋中靜置(6.4)=在冰箱冷藏中靜置(6.4)<在冰箱冷凍中靜置(6.6)。 	<p>R：在電鍋中靜置(175)>在常溫中靜置(170)>在冰箱冷藏中靜置(161)>在冰箱冷凍中靜置(152)>在恆溫培養箱中靜置(149)。</p> <p>G：在電鍋中靜置(178)>在常溫中靜置(173)>在冰箱冷藏中靜置(171)>在冰箱冷凍中靜置(160)>在恆溫培養箱中靜置(155)。</p> <p>B：在電鍋中靜置(147)>在常溫中靜置(146)>在冰箱冷藏中靜置(143)>在恆溫培養箱中靜置(133)>在冰箱冷凍中靜置(129)。</p>



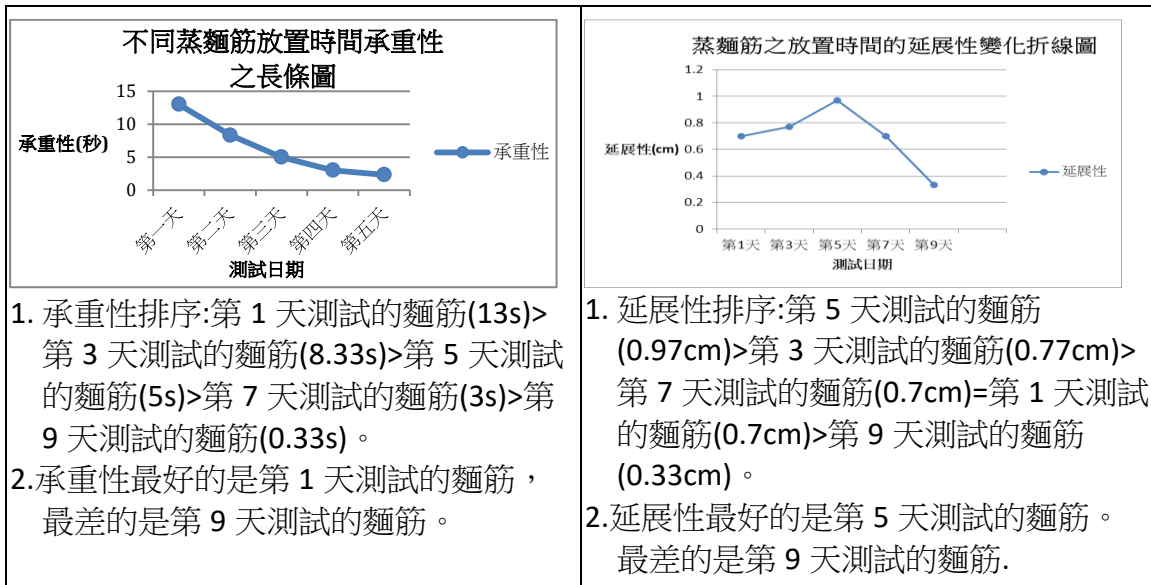
(十)、探討放置時間長短對麵筋韌性有何影響?

1. 實驗步驟：



2. 實驗結果及分析討論

表 28 放置時間長短實驗之相關統計表



總結

1. 承重性最佳的是第 1 天測試的麵筋，延展性最佳的是第 5 天測試的麵筋。
2. 麵筋會有生成、穩固、成熟及老化現象，我們希望藉由這個實驗瞭解時間對於麵筋的承重性及延展性的影響。麵筋在第 1 天至第 5 天延展性越來越好，到第 5 天達最佳狀態，超過 5 天就呈下降趨勢(延展性慢慢變差)。麵筋放越多天，承重性就越差。

結論與建議

一、藉由文獻探討及測試實驗瞭解不同水合比例、水溫、添加物、蛋白量、奶油量、鹽、烹煮方法、靜置時間等因素是否對麵筋韌性有影響？

A：以上因素會對麵筋的韌性產生影響。

二、研究問題與結果



三、最佳麵筋橡皮糖配方



圖 6 最佳配方製作過程

四、**研究心得與建議**：我們在探究麵筋橡皮糖的歷程中，大部分都只能找到麵包的參考書籍，因此我們一邊查資料一邊做，再配合討論及修正，才找到目前的最佳製作方法。受限於時間及交件日期，我們將目前的研究進行整理及統整。因此在調味的部分還沒有深入研究，若還有時間，我們會繼續實驗，希望能跟大家分享不同口味的麵筋橡皮糖。

參考文獻

- 一、康軒版六下第二單元「微生物與食品保存」。
- 二、艾力克斯·弗斯、麗莎·葛拉斯彼等著，陳偉民譯，觀念化學小學堂，小天下出版。
- 三、吉野精一著，麵包的科學：令人感到幸福的香氣與口感的祕密，晨星出版。
- 四、竹谷光司著，麵包科學·終極版：日本麵包師人手一本，將專業秘訣科學化，271個發酵基礎知識與烘焙原理，屹立不搖的唯一聖經，大境出版。
- 五、蓋·克羅斯比，美國實驗廚房編輯群著料理的科學：50個圖解核心觀念說明，破解世上美味烹調祕密與技巧，陳維真、張簡守展譯，大寫出版。
- 六、武子靖著，麵包學，質人文化創意事業有限公司出版。

【評語】 080213

本研究探討麵筋橡皮糖的製作，主題有趣。洗麵筋的實驗在體力與時間上相對辛苦，可惜沒有明確指出研究的目的，為何要得到韌性強的麵筋及如何應用。另外應說明為何選用這些變因，所得數據也應根據變因詳加討論，例如：多項實驗皆有量測不同洗麵水的 pH 值，但未對結果進一步探討 pH 值是否會影響麵筋的韌性。再者由於涉及到人工洗麵筋的過程，在樣品製備上不準確性相對高，其他的控制變因也是相對薄弱，如樣品的形貌對於物理性質有極大影響，需要進一步探討。

壹、研究動機

「麵筋」是澱粉還是蛋白質？除了一般市面上的罐頭麵筋或烤麩的吃法，可以製成橡皮糖嗎？我們開始蒐集資料並探討麵筋有哪些特色，希望能找出能讓麵筋韌性變好的因素，使其變成營養又天然的橡皮糖。於是我們運用五年級下學期自然課「防鏽與食品保存」及「水溶液的酸鹼性」當基礎，開始了一連串的「麵筋橡皮糖」探究之旅。

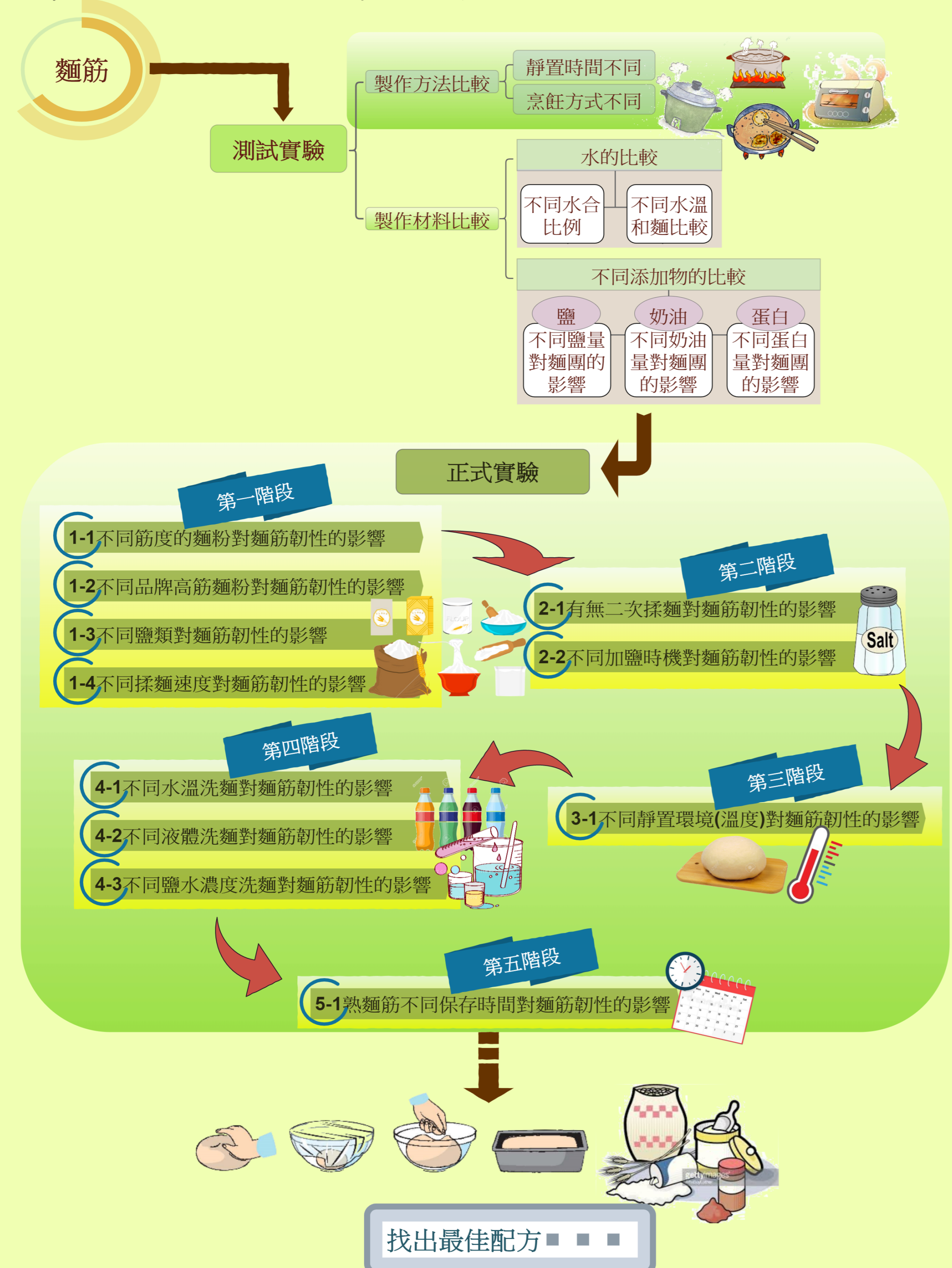
貳、研究目的

- 一、瞭解麵筋的製作方法並自製麵筋。
- 二、設計測量麵筋韌性的裝置。
- 三、探討不同因素對麵筋韌性的影響。
- 四、探究如何做出韌性最好的麵筋。
- 五、製作出營養又天然的麵筋橡皮糖。

參、研究問題

- 一、藉由文獻探討及測試實驗瞭解不同水合比例、水溫、添加物、蛋白量、奶油量、鹽、烹煮方法、靜置時間等因素是否對麵筋韌性有影響？
- 二、探討不同品牌的高筋麵粉對麵筋韌性有何影響？
- 三、探討不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響？
 - (一)三-1 不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響?(有二次揉麵)
 - (二)三-2 不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響?(無二次揉麵)
- 四、探討不同的揉麵速度對麵筋韌性有何影響？
- 五、探討不同鹽的種類對麵筋韌性有何影響？
- 六、探討不同水溫洗麵對麵筋韌性有何影響？
- 七、探討不同洗麵液體對麵筋韌性有何影響？
- 八、探討不同濃度鹽水洗麵對麵筋韌性有何影響？
- 九、探討不同放鹽時機對麵筋韌性有何影響？
- 十、探討不同靜置環境對麵筋韌性有何影響？
- 十一、探討保存時間長短對麵筋的韌性有何影響？
- 十二、最佳麵筋橡皮糖之配方

肆、研究架構



伍、研究設備及器材

陸、研究過程

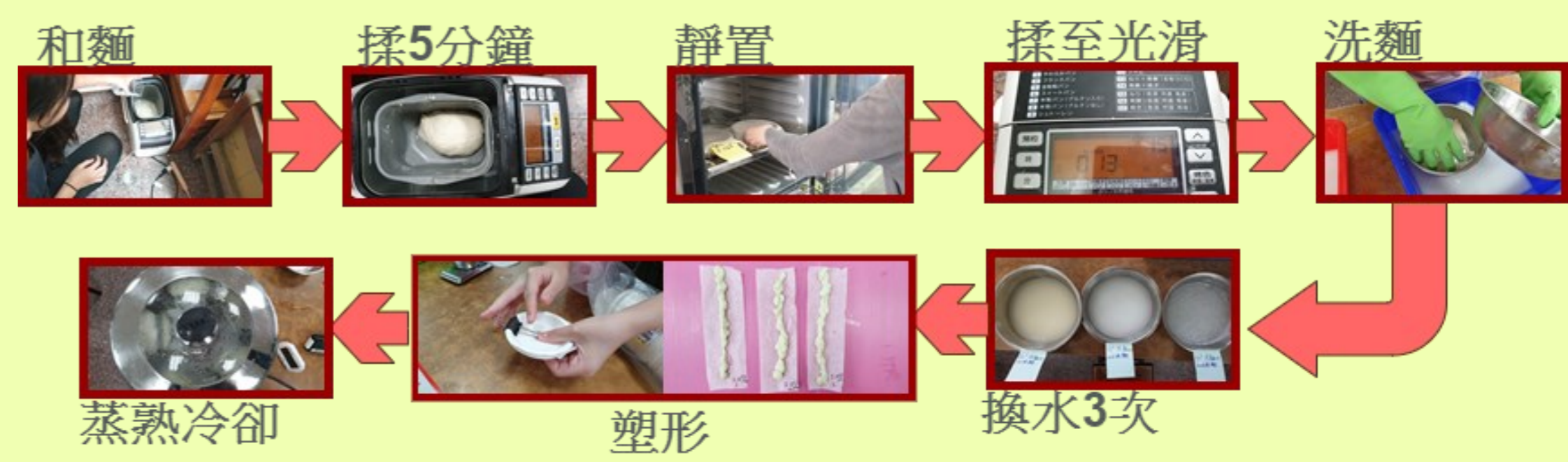
一、資料蒐集與文獻探討

(一) 名詞解釋



麵筋具可塑性又富彈性，受外力壓擠時會改變形狀，但是壓力消除後便會回復原有外形。根據資料蒐集及統整，我們得知：麵筋是麵粉裡不溶於水的蛋白質，由兩種特殊蛋白質構成：一種是大分子、長鏈狀的麥穀蛋白 (glutenin)，另一種是小分子、球狀的穀膠蛋白 (gliadin)，麵塊加水搓揉時，二者會聚集成塊，球狀的穀膠蛋白會鑲嵌在小麥穀蛋白形成的網狀結構，讓麵糰兼具延展性與彈性。一般而言，小麥穀蛋白越多，麵糰越有彈性，越不易被氣體撐破；而穀膠蛋白越多，則可以提高麵糰延展性，使其易拉而不斷裂。

(二) 麵筋製作流程



二、測試實驗及測量裝置之設計組裝

(一) 測試實驗

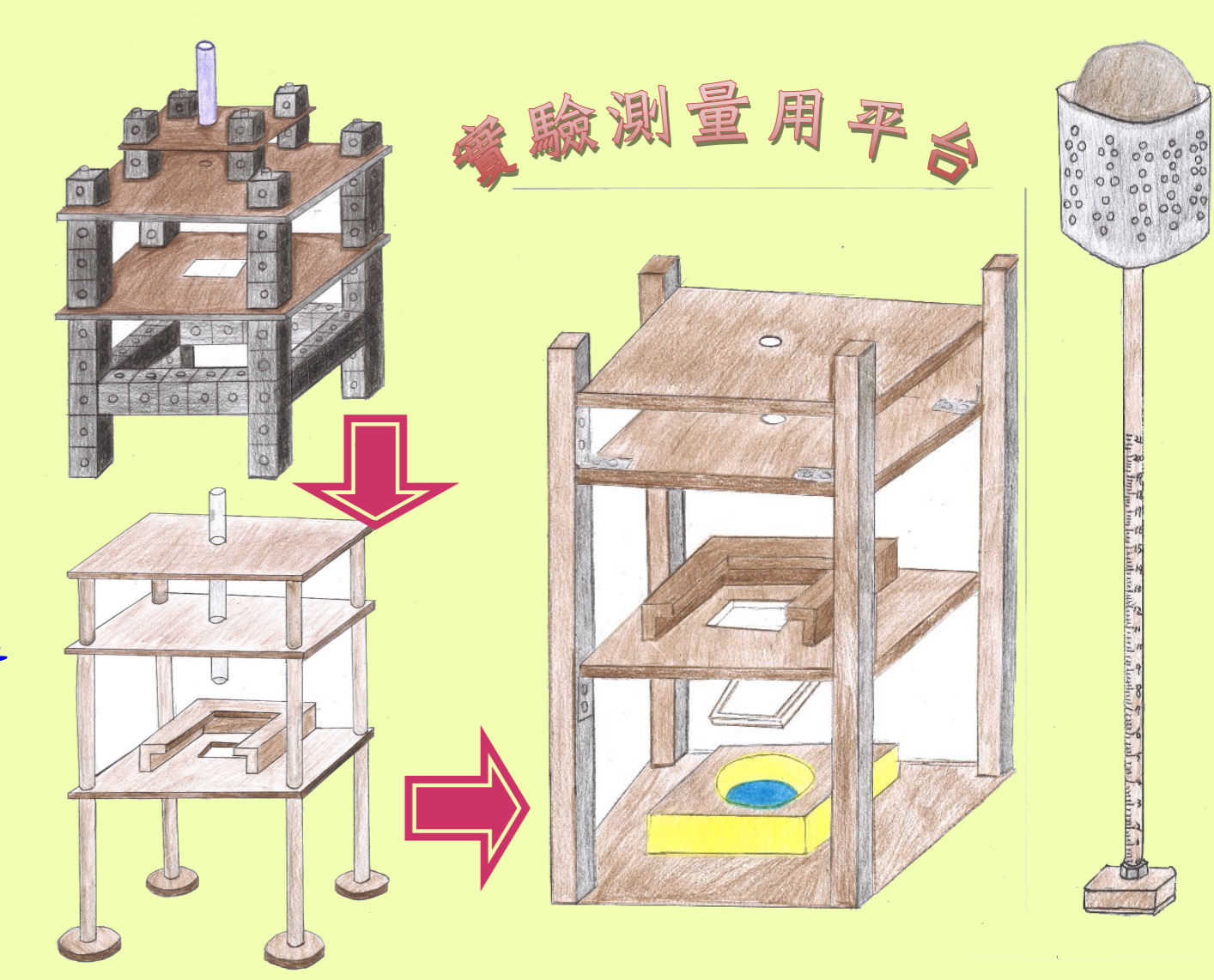
1. 決定水合比例-決定以麵粉與水之合成比例 10:7 進行後續實驗
2. 決定和麵水溫-決定以和麵水溫為 10°C 進行後續實驗
3. 決定添加物-決定以「鹽」做為揉麵時之添加物
4. 決定鹽量-決定添加鹽量為 1.5g 進行後續實驗
5. 決定靜置時間-決定製作麵筋之靜置時間為 0 分鐘進行後續實驗
6. 決定烹煮方式-決定麵筋的烹煮方式為「蒸熟」進行後續實驗

不同的水合比	洗麵後秤重	紀錄實驗結果
加熱超過 70°C 待冷卻	測量水溫變化	分組洗麵
選擇不同添加物	加入麵粉一起揉麵	測量洗麵後重量
選擇不同鹽量	觀察洗麵狀況	塑形檢測
不同靜置時間	靜置時間 0 分鐘揉麵後立刻取出	靜置後的麵糰表面光滑
蒸的麵筋	麵筋烤時會膨脹	炸麵筋冷卻後會凹陷

小結：一邊做測試實驗，我們也同時查詢資料，希望更瞭解麵筋。我們知道麵筋是某些不溶於水的小麥蛋白組合成的混合體，這些小麥蛋白不溶於水，但是彼此之間以及與水分子之間卻可以結合。蛋白質乾燥時結構固定，也不會發生反應，一旦摻水調合之後，蛋白質結構外會改變，彼此相對移動、構成或打斷鏈結。麵團含水量決定了麵筋蛋白濃度高低，還有分子彼此鏈結程度，麵粉摻水攪拌及揉捏的動作能延展及組織麵筋蛋白，形成彈性的網絡。透過文獻查詢及測試實驗，我們決定麵粉與 10°C 水的合成比例為 10:7，再添加 1.5g 鹽一起進行和麵，而靜置時間為 0 分鐘(即立即進行揉麵)，洗出的麵筋進行蒸熟再進行相關研究。

(二) 測量平台設計及確認組裝

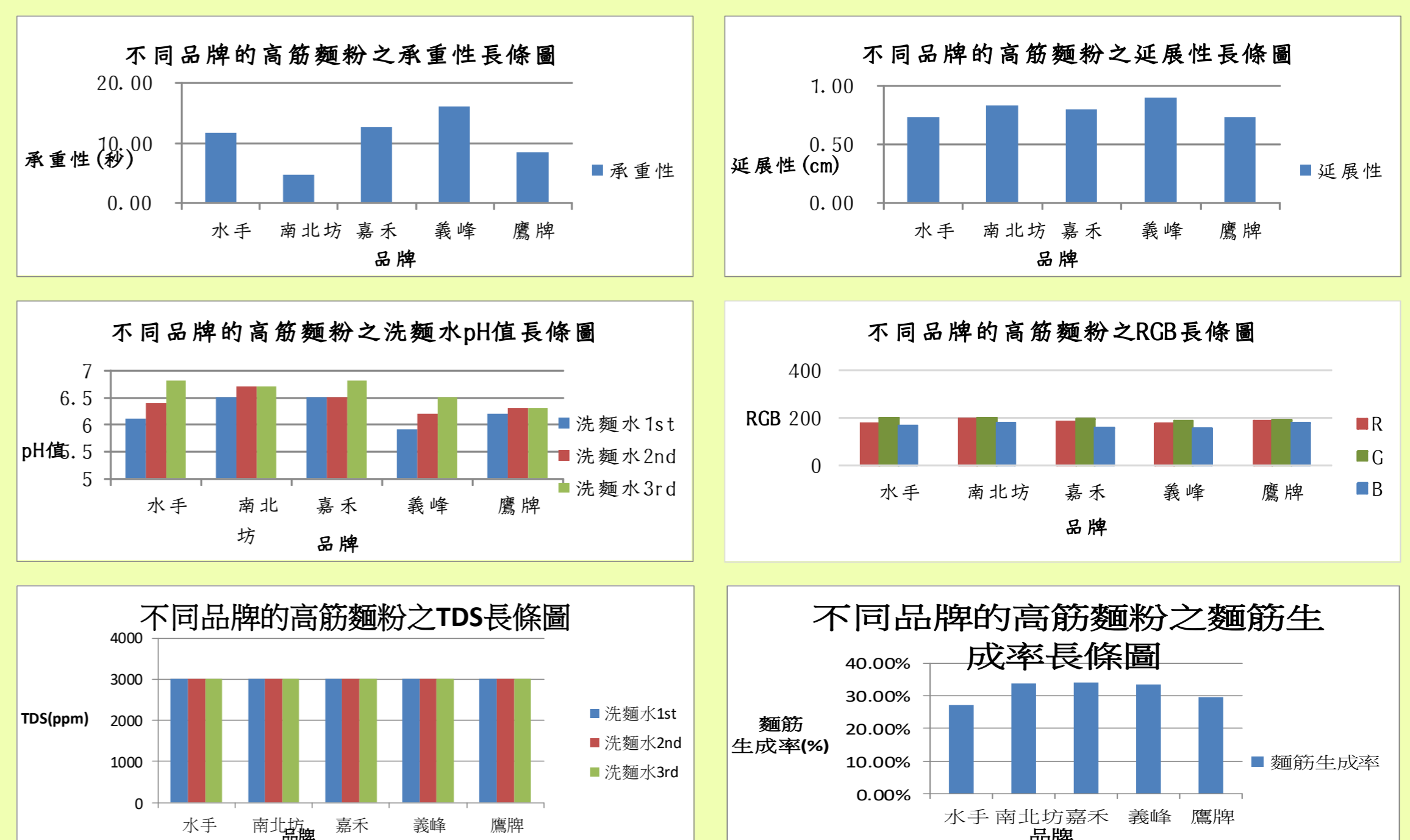
1. 揉麵程序之改進流程
2. 洗麵程序之改進流程
3. 麵筋塑形之改進流程
4. 打氣實驗之改進流程
5. 密度測量之設計流程
6. 表面結構觀察之設計流程
7. 色澤變化 (RGB) 之改進流程
8. 旋轉韌性及承重韌性測量平台之改進流程



小結：在這個階段，我們試著讓實驗程序及觀測結果儘量能夠客觀及數據化，因此揉麵程序以麵包機設定 sop 流程，洗麵則以減少耗損及次數固定的料理盆壓疊換水方式進行，而外觀結構是藉助行動顯微鏡，顏色判定則是藉助色輪、調色盤產生器 ADOBE 協助，另外在承重性及延展性部分則是自行設計組裝測量平台，提升實驗結果的精確度。而針對麵筋的生成率、密度等基本特性也進行觀測及記錄。

三、正式實驗歷程

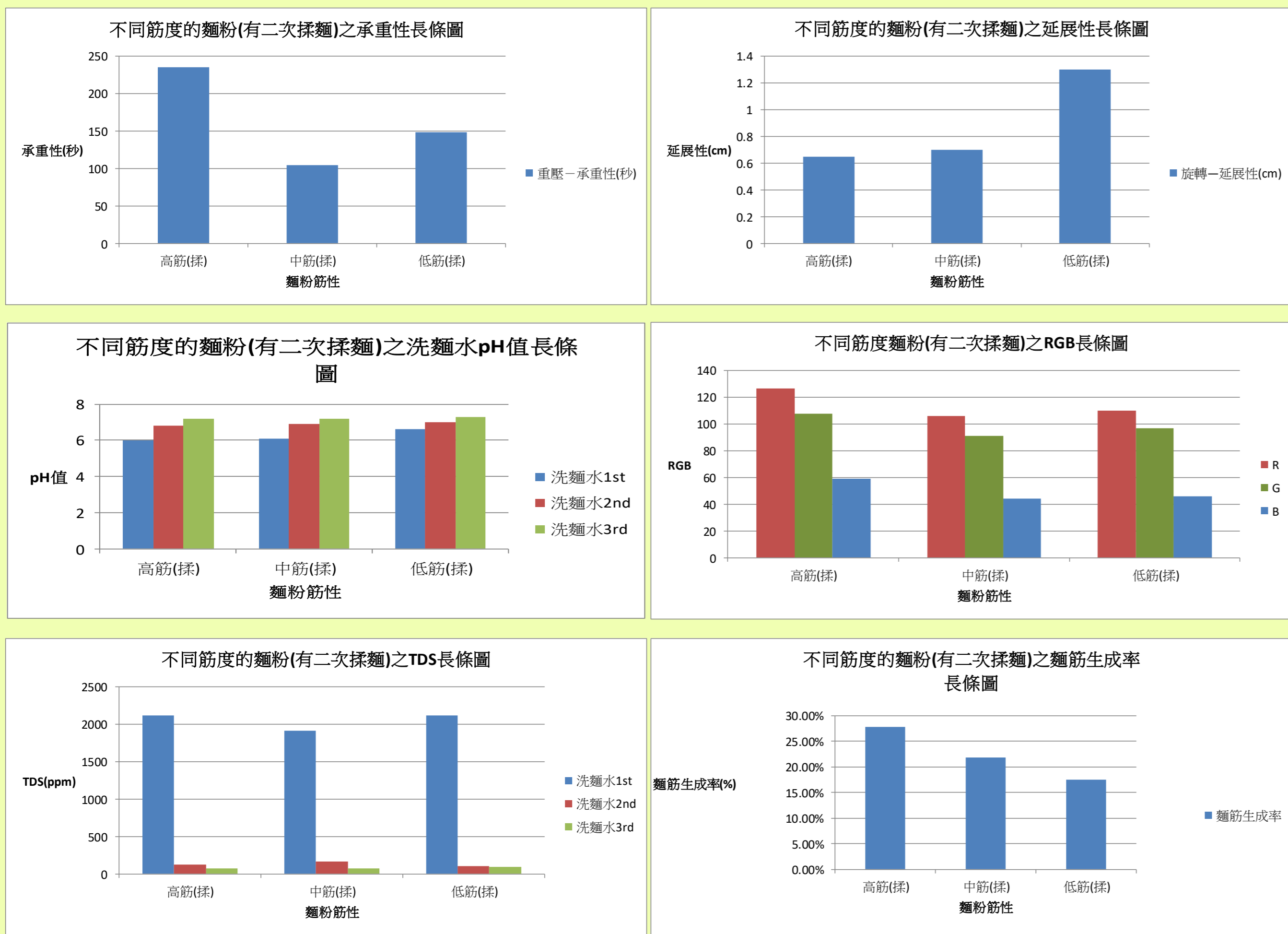
(一) 探討不同品牌的高筋麵粉對麵筋韌性有何影響？



1. 承重性、延展性最好的是用義峰牌高筋麵粉做出的麵筋。
2. 1st、2nd 偏酸的是義峰牌麵筋洗麵水，3rd 偏酸的是鷹牌麵筋洗麵水
3. 超級市場販售的麵粉大多都是根據指定用途來標示，不會直接說明內含哪些的麥(通常都是混合調配)，也不註明蛋白質的含量及品質。於是我們透過不同品牌的高筋麵粉製作麵筋的實測，考量承重性、延展性、生成率等方面後，我們決定使用義峰牌高筋麵粉製作麵筋。

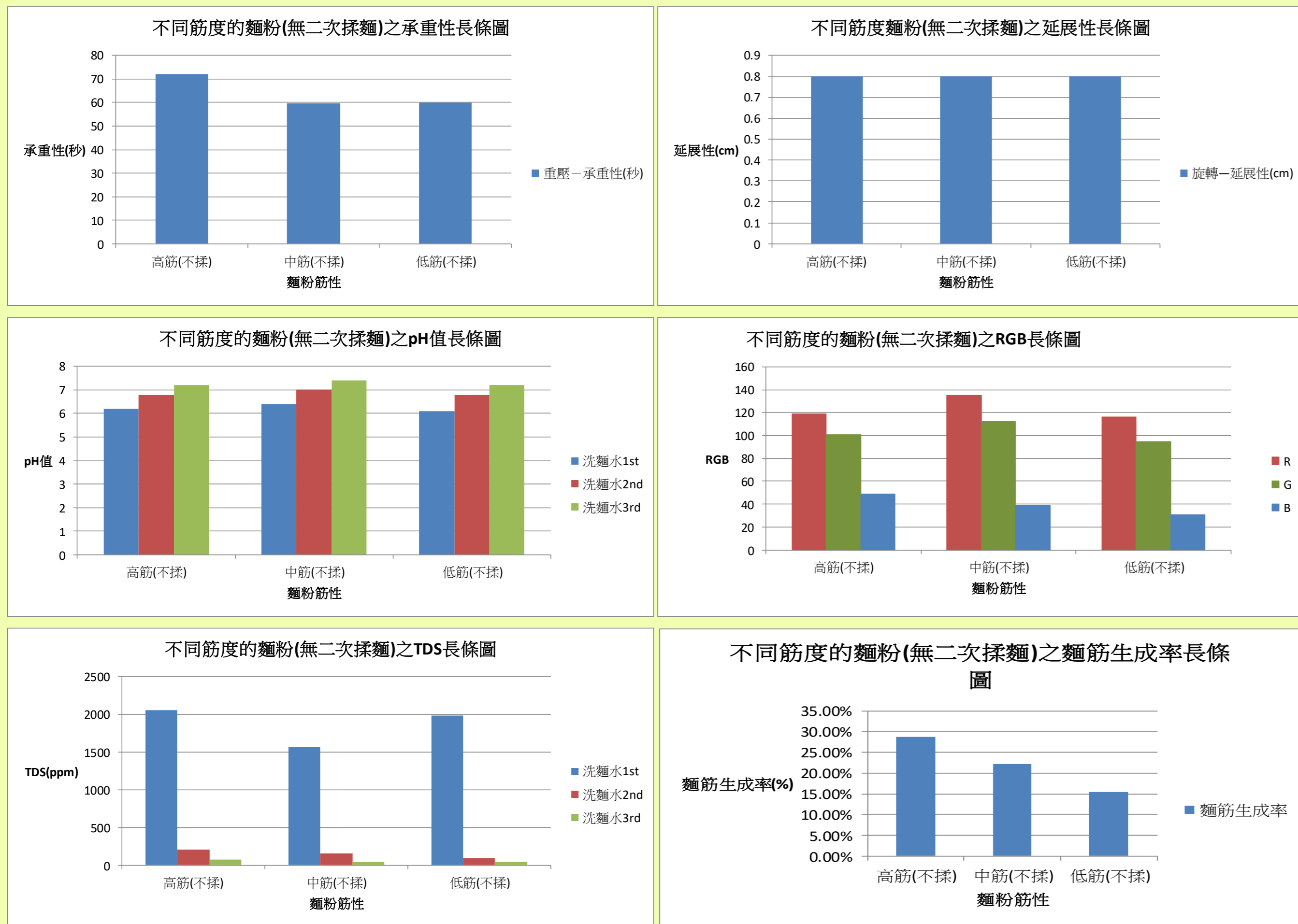
(二) 探討不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響？

1. (二)-1 不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響？(有二次揉麵)



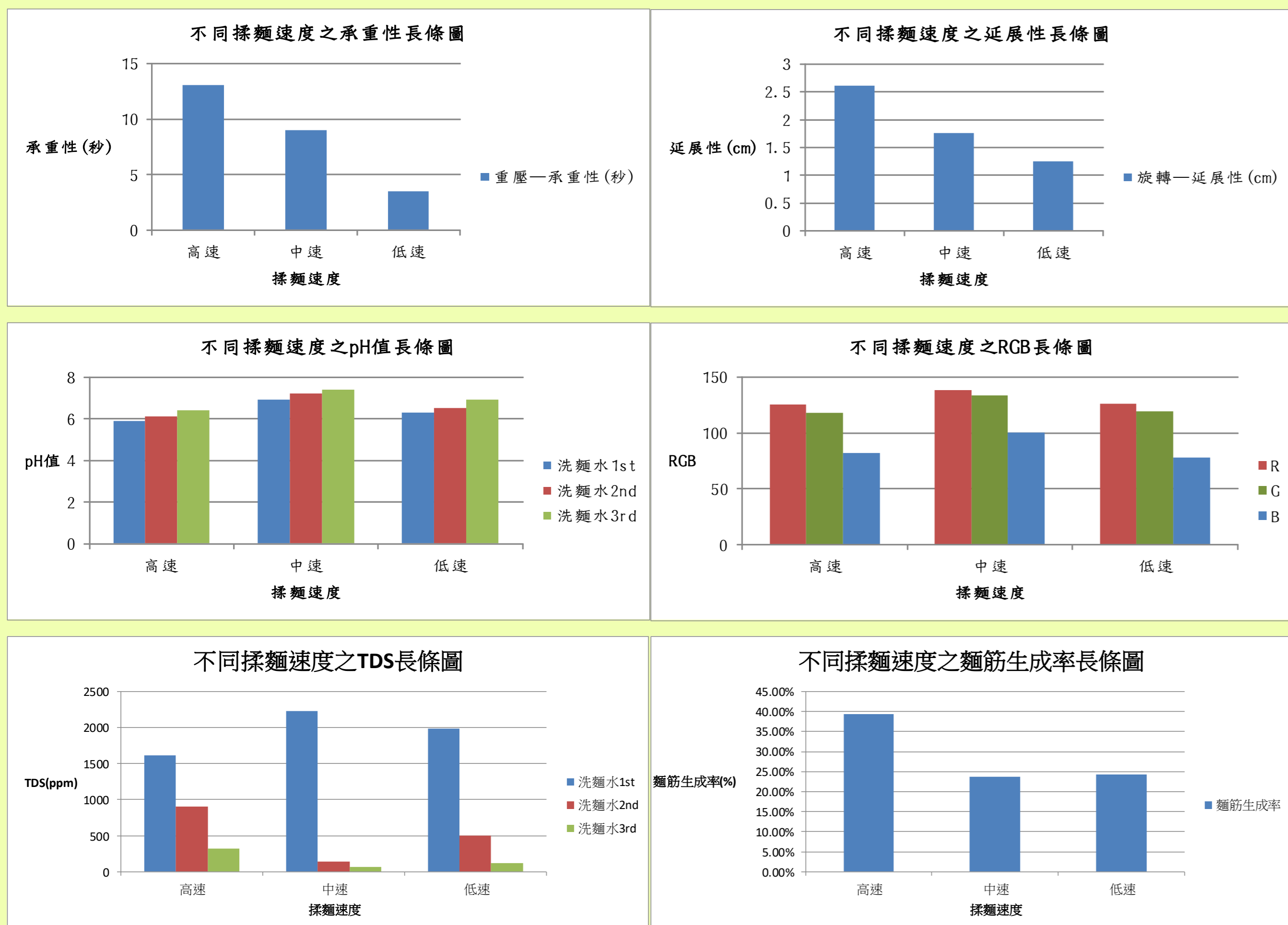
1. 承重性最好的是用義峰牌高筋麵粉製的麵筋。
2. 延展性最好的是用義峰牌低筋麵粉製。
3. 第一次洗麵水偏酸的是義峰牌高筋麵粉製。
4. 第二次洗麵水偏酸的是義峰牌高筋麵粉製。
5. 第三次洗麵水偏酸的是義峰牌高筋麵粉製和義峰牌中筋麵粉製。
6. 麵筋生成率最多的是義峰牌高筋麵粉製(27.87%)
7. 根據此實驗的結果，以及考量了延展性和生成率的數據，我們決定要使用義峰牌高筋麵粉製作。

2. (二)-2 不同筋度的麵粉對麵筋韌性有何影響？(無二次揉麵)



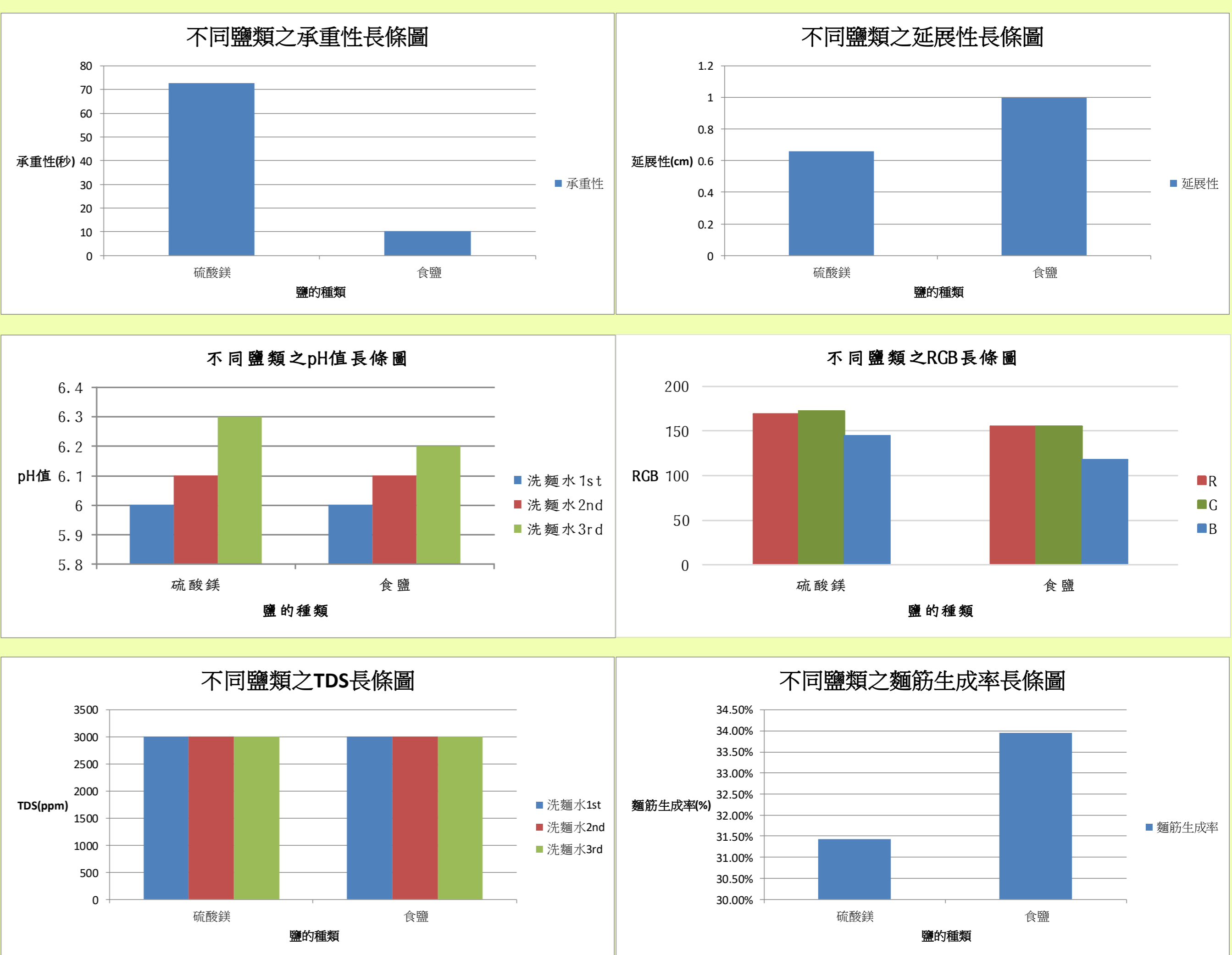
1. 承重性最好的麵筋是高筋麵粉製。
2. 低筋麵粉製、高筋麵粉製、中筋麵粉製延展性相同。
3. 第一次洗麵水偏酸的是低筋麵粉製洗麵水，偏鹼的是中筋麵粉製的洗麵水。
4. 第二次跟第三次洗麵水偏酸的是高筋麵粉製洗麵水和低筋麵粉製洗麵水，偏鹼的是中筋粉製的洗麵水。
5. 生成最多的是義峰牌高筋麵粉。
6. 根據此實驗的結果，以及考量了延展性和生成率的數據，我們決定要使用義峰牌高筋麵粉製作。

(三) 探討不同的揉麵速度對麵筋韌性有何影響？



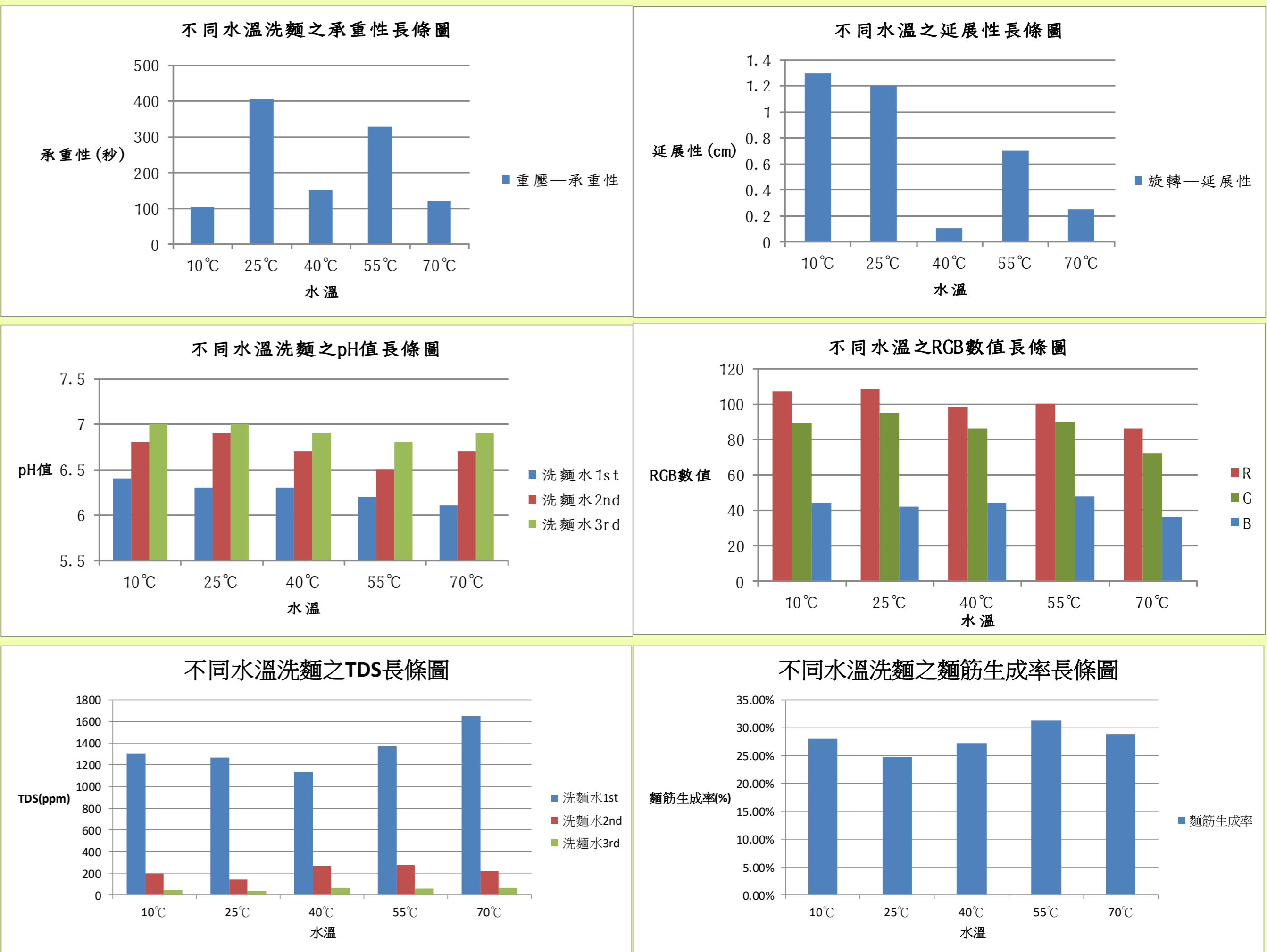
1. 延展性及承重性最好的是高速揉出的麵筋。
2. 洗麵水偏酸的是高速揉麵的麵筋洗麵水，偏鹼的是中速揉麵的麵筋洗麵水。
3. 麵筋生成率最大的是高速所製麵筋。
4. 在麵團所有材料都混合調勻後，麵團就開始發展。無論是手工或是電動攪拌機來調和，麵團都會經歷相同的物理過程：延展、摺疊、擠壓、延展、摺疊、再次擠壓，如此反覆多次。這操作處理能強化麵筋網絡，蛋白質也進一步的展開方向調節及鏈結。在經過不同揉麵速度的實驗後，我們根據此實驗的結果，考量承重性、延展性、生成率等方面後，我們決定設揉麵速度為高速。

(四) 探討不同鹽的種類對麵筋韌性有何影響？



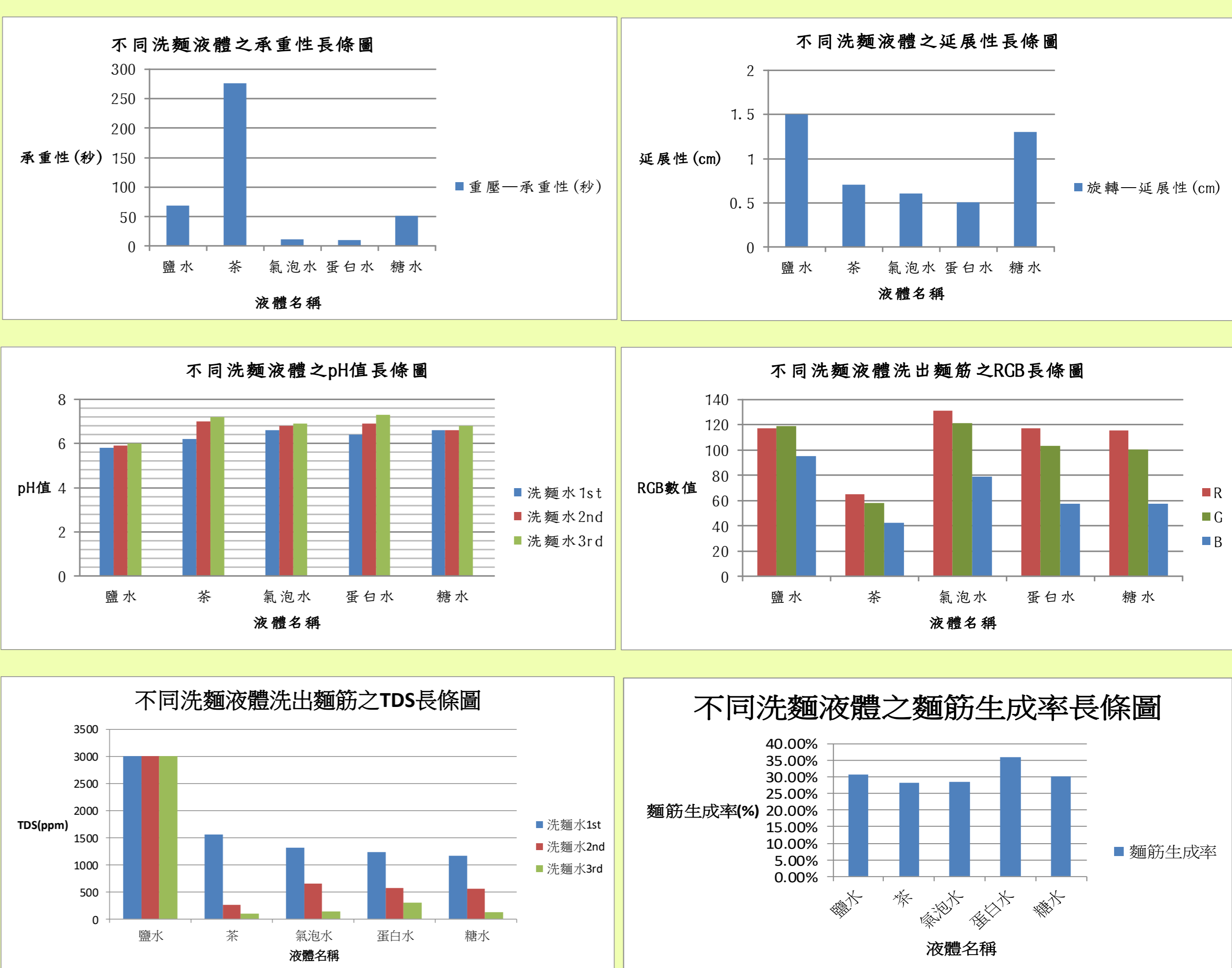
1. 延展性最好的是加入食鹽的麵筋，可是承重性最好的是加入硫酸鎂的麵筋。
2. 洗麵水偏酸性的是加入食鹽的麵筋的洗麵水，偏鹼性的是加入硫酸鎂的麵筋的洗麵水。
3. 生成率最多的是加入食鹽的麵筋。
4. 鹽在麵團中除了增加風味及抑菌，還有束緊麵筋網絡的功用，因為鈉離子帶正電，氯離子帶負電，兩種離子在小麥穀蛋白帶電部位附近聚集，因此穀蛋白的帶電部份就不會互斥，可以形成更全面的鏈結。不同的鹽類含有不同的礦物質，也許能提高麵筋的筋度。就本實驗結果，我們考量了承重性、延展性、麵筋生成率等方面，決定揉麵團時要加入的添加物為食鹽。

(五) 探討不同水溫洗麵對麵筋韌性有何影響？



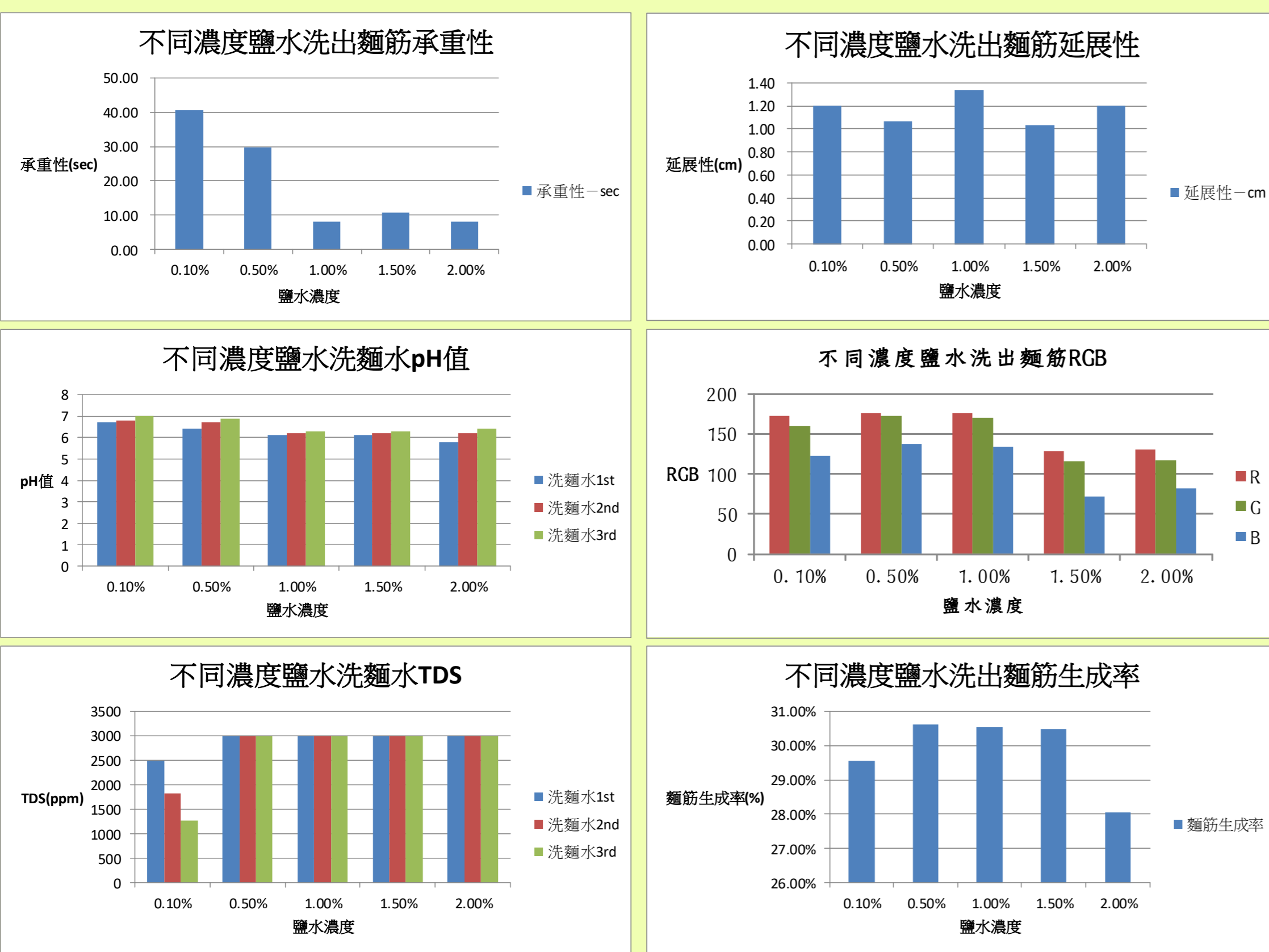
1. 延展性最好的是水溫 10°C 洗的麵筋，承重性最好的是用水溫 25°C 洗的麵筋。
2. 洗麵水偏酸的是水溫 70°C 的洗麵水，偏鹼的是水溫 10°C 和 25°C 的洗麵水。
3. 生成率最多的是水溫 55°C 洗麵的麵筋。
4. 溫度是影響麵筋蛋白質鏈結的重要因素，就本實驗結果，我們考量了承重性、延展性、麵筋生成率等方面，決定洗麵水溫用 25°C 的 RO 水進行洗麵。

(六) 探討不同洗麵液體對麵筋韌性有何影響？



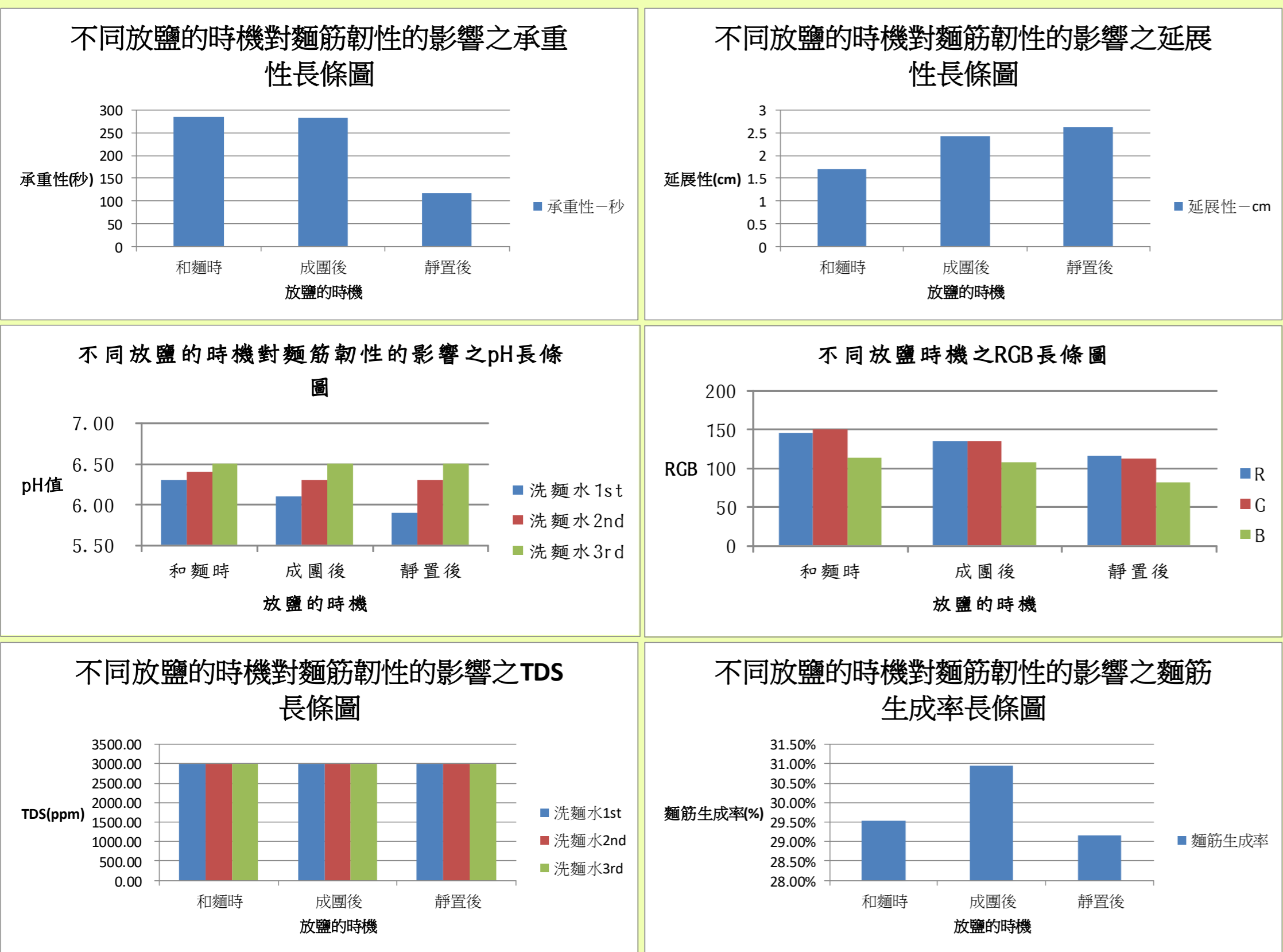
1. 承重性最好的是用茶洗出的麵筋，延展性最好的是用鹽水洗出來的麵筋。
2. 洗麵水偏酸的是用鹽水洗的洗麵水，偏鹼的是用蛋白水洗的洗麵水。
3. 麵筋生成率最高的是用蛋白水洗出的麵筋。
4. 鹽水中含有鈉離子及氯離子，茶中含有兒茶素及單寧酸等多樣成份，氣泡水中含有二氧化碳會偏酸，蛋白水中含有蛋白質。而根據此實驗的結果，考量了承重性、延展性、麵筋生成率等方面，因此決定要使用鹽水洗麵。

(七) 探討不同濃度鹽水洗麵對麵筋韌性有何影響?



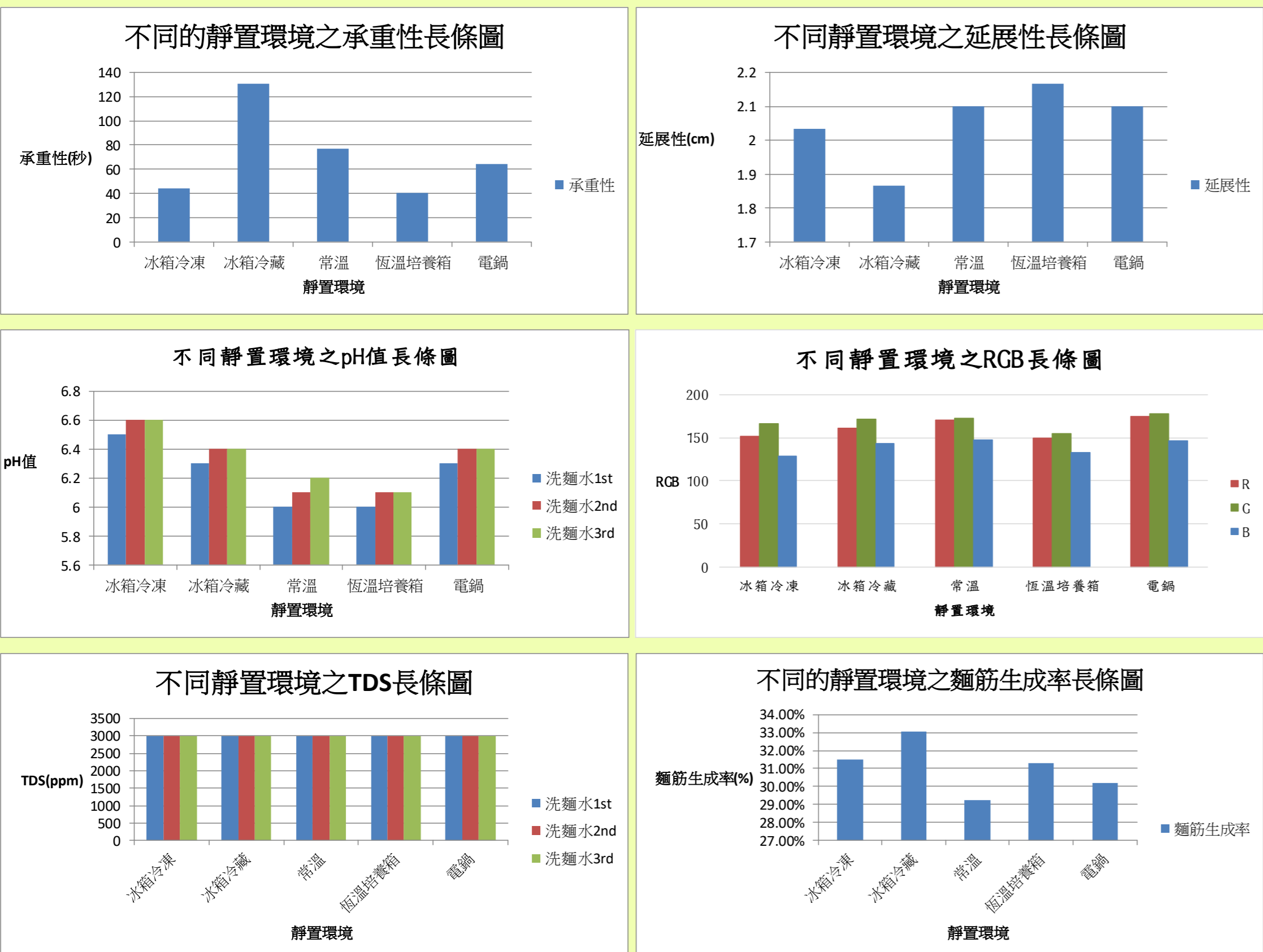
1. 承重性最好的是用 0.1% 鹽水洗的麵筋，延展性最好的是 1.0% 鹽水洗的麵筋。
2. 洗麵水 pH 值偏酸的是 1.0% 鹽水的洗麵水，偏鹼的是 0.1% 鹽水的洗麵水。
3. 麵筋生成率最高的是用 0.5% 鹽水洗麵的麵筋。
4. 鹽水的濃度涉及鈉離子及氯離子的數量多寡，根據此實驗的結果，我們考量了承重性、延展性、麵筋生成率等方面，決定要 **使用 1.0% 濃度鹽水洗麵**。

(八) 探討不同放鹽時機對麵筋韌性有何影響?



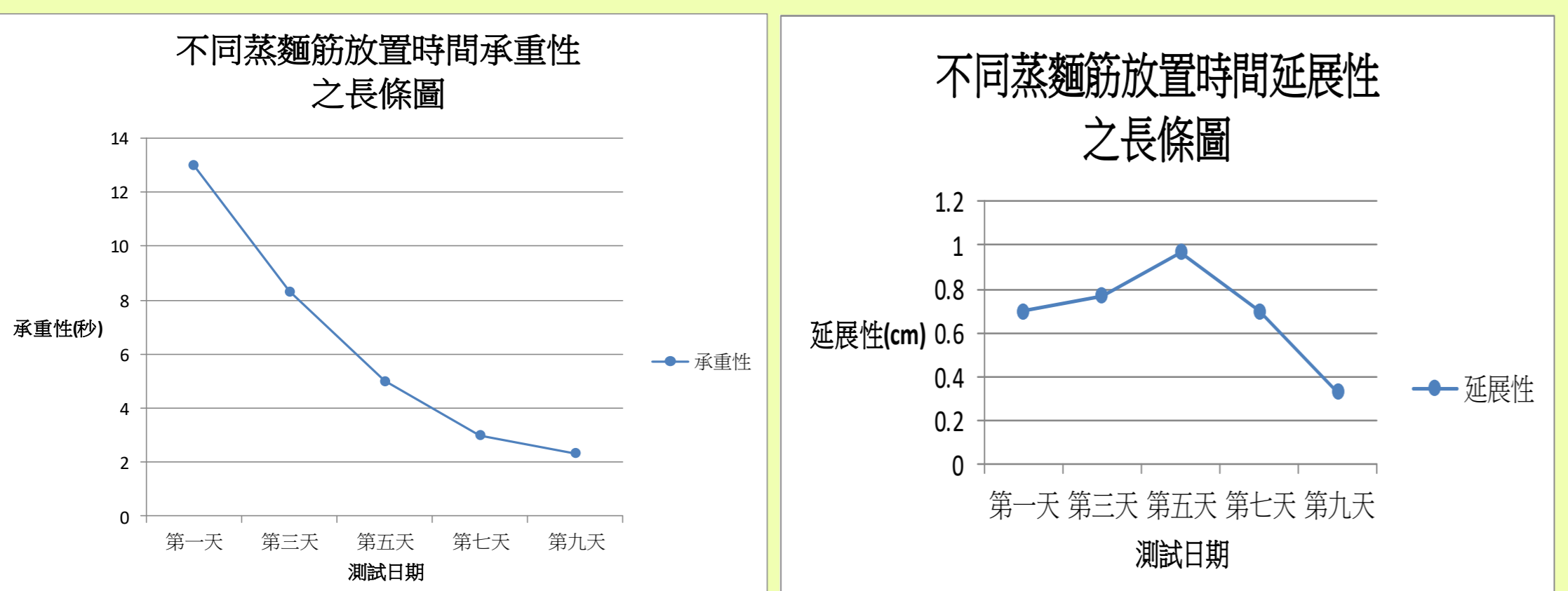
1. 承重性最好的是和麵時加入鹽水的麵筋，延展性最好的是靜置後加入鹽水的麵筋。
2. 洗麵水偏酸的是和麵時加入鹽水的麵筋洗麵水，偏鹼的是靜置後加入鹽水的麵筋洗麵水。
3. 麵筋生成率最高的是成團後加入鹽水的麵筋。
4. 鹽在麵團發展的不同時程進入到麵團中，有很豐富的筋性表現。根據此實驗的結果，我們參考了延展性的數據，決定要 **在靜置後加入鹽水**。

(九) 探討不同靜置環境對麵筋韌性有何影響?



1. 承重性最好的麵筋是冰箱冷藏製，延展性最好的麵筋是恆溫培養箱製。
2. 洗麵水偏酸的是在恆溫培養箱中靜置製洗麵水，偏鹼的在冰箱冷凍中靜置製洗麵水。
3. 麵筋生成率最高的是在冰箱冷凍中靜置製。
4. 靜置是麵團的發酵及膨脹階段，這種溫和的延展作用，會讓麵筋發展及排列成相同的方向。因此我們想瞭解靜置環境對於麵筋的影響。根據此實驗的結果，我們參考了延展性的數據，決定 **用恆溫培養箱設 30°C 來靜置**。

(十) 探討放置時間長短對麵筋韌性有何影響?



1. 承重性最佳的是第 1 天測試的麵筋，延展性最佳的是第 5 天測試的麵筋。
2. 麵筋會有生成、穩固、成熟及老化現象，我們希望藉由這個實驗瞭解時間對於麵筋的承重性及延展性的影響。麵筋在第 1 天至第 5 天延展性越來越好，到第 5 天達最佳狀態，超過 5 天就呈下降趨勢(延展性慢慢變差)。麵筋放越多天，承重性就越差。

柒、結論與建議

一、藉由文獻探討及測試實驗瞭解不同水合比例、水溫、添加物、蛋白量、奶油量、鹽、烹煮方法、靜置時間等因素是否對麵筋韌性有影響?

答:以上因素會對麵筋的韌性產生影響。

二、結論與建議

1. 探討不同品牌高筋麵粉對麵筋韌性的影響
建議: 用義峰牌高筋麵粉製作的麵筋韌性最好
2. 探討不同筋度的麵粉對麵筋韌性的影響
建議: 用高筋麵粉製作的麵筋韌性最好
3. 探討有無二次揉麵對麵筋韌性的影響
建議: 不同筋度的麵粉韌性都一樣
4. 探討不同揉麵速度對麵筋韌性的影響
建議: 高速揉麵出的麵糰麵筋韌性最好
5. 探討不同鹽類對麵筋韌性的影響
建議: 加入食鹽的麵筋韌性最好
6. 探討不同水溫洗麵對麵筋韌性的影響
建議: 25°C 跟 10°C 洗出來的麵筋延展性及承重性表現都比 25°C 以上水溫的麵筋好，綜合比較後我們認為 25°C 的表現較佳。
7. 探討不同洗麵液體對麵筋韌性的影響
建議: 鹽水中的成分能使麵筋的韌性更好
8. 探討不同濃度鹽水洗麵對麵筋韌性的影響
建議: 濃度 1% 的鹽水能使麵筋韌性更好
9. 探討不同放鹽時機對麵筋韌性的影響
建議: 在靜置後加入鹽水能使麵筋韌性更好
10. 探討不同靜置環境對麵筋韌性的影響
建議: 在溫度約 30°C 的恆溫培養箱中靜置能使麵筋的韌性更好
11. 探討熟麵筋不同保存時間對麵筋韌性的影響
建議: 冷藏保存至第 5 天時麵筋的韌性最好

三、最佳麵筋橡皮糖配方



四、研究心得與建議: 我們在探究麵筋橡皮糖的歷程中，大部分都只能找到麵包的參考書籍，因此我們一邊查資料一邊做，再配合討論及修正，才找到目前的最佳製作方法。受限於時間及交件日期，我們將目前的研究進行整理及統整。因此在調味的部分還沒有深入研究，若還有時間，我們會繼續實驗，希望能跟大家分享不同口味的麵筋橡皮糖。