

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

佳作

080201

從”食”招來~二氧化碳的擇”粉”條件

學校名稱：高雄市左營區舊城國民小學

作者： 小五 陳秉鉸 小五 洪家樂	指導老師： 蕭妃茹 余虹滿
-------------------------	---------------------

關鍵詞：發糕、二氧化碳、體積膨脹率

## 摘要

本研究透過發糕來研究泡打粉產生的二氧化碳在麵糊內，如何影響發糕體積膨脹及裂痕情況，並找出各種麵粉膨發的最佳條件。透過實驗得到二氧化碳的最佳擇”粉”條件如下：

- 一、低筋麵粉：糖60公克、水65公克溶解放涼，加100公克低筋麵粉與4%泡打粉攪拌6分鐘，麵糊完成後立即入鍋蒸20分。
- 二、中筋麵粉：糖60公克、水65公克溶解放涼，加100公克中筋麵粉與4%泡打粉攪拌6分鐘，麵糊完成後靜置60分鐘再入鍋蒸20分。
- 三、高筋麵粉：糖60公克、水75公克溶解，熱糖水加100公克高筋麵粉，攪拌9分鐘(倒數1分鐘加4%泡打粉)，麵糊完成後立即入鍋蒸20分。

只要找到各種麵粉和二氧化碳的最佳配合條件，大家都可以做出”膨”而且”發”的發糕。

## 壹、研究動機

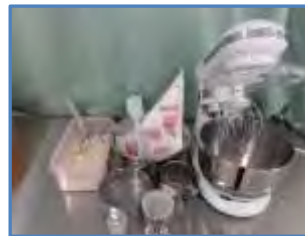
老師帶全班做發糕，照著老師取得的配方及指導，將調好的麵糊放進電鍋中蒸，但是有些組別做出的發糕沒有大裂痕，有的組別蒸了好久，感覺還是沒熟，我們想到到底是技術問題，還是食譜配方有問題呢？於是我們決定從發糕”發”的原理，逐一探討低筋麵粉、中筋麵粉、高筋麵粉最適合二氧化碳”膨”和”發”的條件。（5年級康軒自然與生活科技第六冊燃燒與生鏽）

## 貳、研究目的

- 一、發糕膨發的化學原理探討
- 二、麵粉種類對發糕膨發的影響
- 三、低筋、中筋、高筋麵粉最佳膨發條件探討
  - （一）泡打粉最佳用量之探討
  - （二）攪拌時間對發糕膨發的影響
  - （三）麵糊靜置時間對發糕膨發的影響
  - （四）糖水量對發糕膨發的影響
  - （五）糖量對發糕膨發的影響
  - （六）燙麵法對發糕膨發的影響

## 參、研究設備及器材

捷寶電鍋（JRC-2110M）、臺灣衡器-微量化學天平（NHB-300）、大賀桌上型強力攪拌機（TM-8020）、高筋麵粉、中筋麵粉、低筋麵粉、砂糖、布丁杯、紙模、蒸籠、計時器、擠花袋



## 肆、研究過程與方法

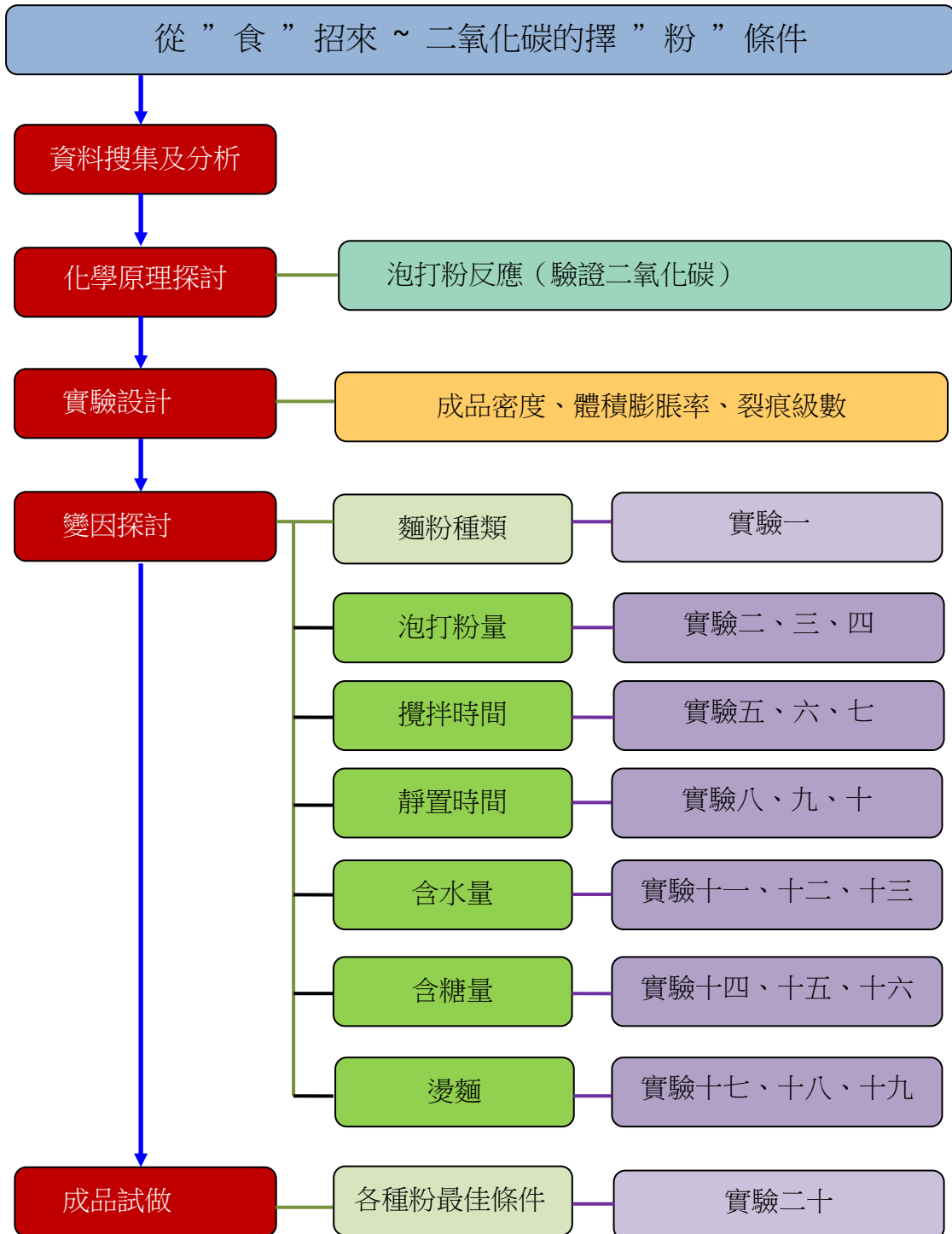


圖 1 研究架構流程圖

## 一、文獻探討：

### (一) 發糕介紹：

發糕又名發糰，取諧音發財、高升，因此流傳過年吃發糕以求好運，且外型發的越大，裂痕越深，象徵新的一年運勢越好。做發糕的成份為粉類、糖、水、膨脹劑，各種成份的功能及角色如下：

- 1、粉類：傳統發糕是使用水磨再來米漿，現代為求方便會用以麵粉取代。
- 2、糖類：黑糖、紅砂糖，提供甜味的成份。
- 3、膨脹劑：可以使用泡打粉或是酵母菌讓麵糊膨脹。
- 4、水：可以調整麵糊濃稠度。

### (二) 發糕的化學變化：

1、無鋁泡打粉通常是由碳酸氫鈉( $\text{NaHCO}_3$ )，混合玉米粉及磷酸二氫鈣所得到的混合粉末。碳酸氫鈉  $50^\circ\text{C}$  以上開始逐漸分解生成碳酸鈉、二氧化碳和水， $270^\circ\text{C}$  時完全分解。 $(\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow)$

表 1 觀察泡打粉的化學變化：

	泡打粉+水	(泡打粉+水)隔天再加熱
反應裝置		
蠟燭燃燒情形		
氣體通入澄清石灰水反應	 對照組 澄清      實驗組 混濁	 對照組 澄清      實驗組 混濁

## 二、發糕品質判斷指標

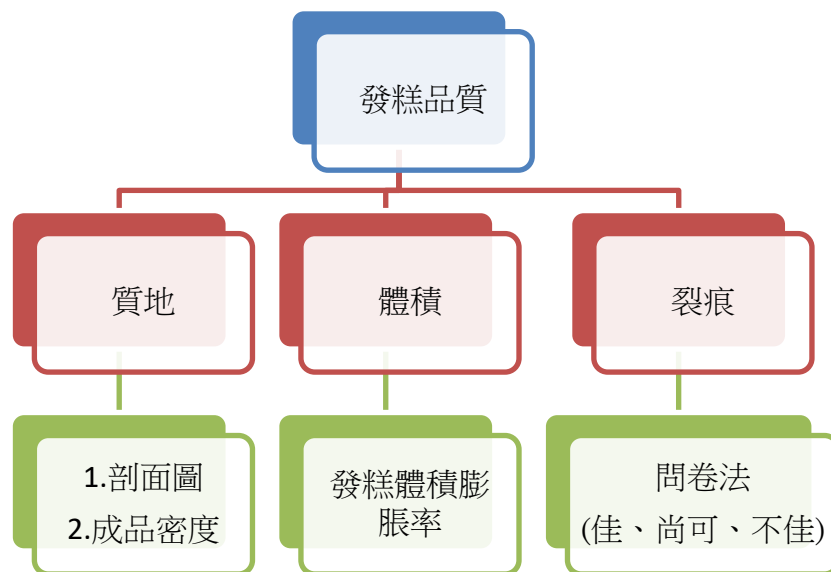



圖 2 發糕品質判斷指標

### (一) 發糕成品密度：

表 2 發糕成品密度算法

發糕重量	發糕體積	成品密度
 <p>以電子秤測量發糕重量</p>	由表五求得發糕成品的體積 (J)	$\text{成品密度} = \frac{\text{發糕重量}}{\text{發糕體積}}$ <p>密度越大代表成品越紮實 密度越小代表成品越膨鬆</p>

### (二) 發糕體積膨脹率：

#### 實驗設計：

因考慮填入麵糊可能因麵糊比重不同而造成同重量的麵糊原始體積就不同，如果只觀察最後膨脹後的體積會產生誤差，所以本實驗以體積膨脹率來看膨脹效果，因此分別**求出麵糊比重**及利用**米粒置換法**換算出發糕的體積。

表 3 利用麵糊比重求麵糊體積








求麵糊比重 $C=B/A$		求麵糊總體積 $E=D/C$
		
以水測量杯子體積(A)	測量同杯麵糊重量 (B)	秤發糕原麵糊重量 (D)

表 4 利用米粒置換法求發糕體積膨脹率

求米重相對應體積 $H=G/F$		求發糕體積 $J=(G-I)/H$	
			
以水填充鋼杯，求鋼杯體積 (F)	以米入鋼杯，求鋼杯裝滿之米重量 (G)	發糕放入鋼杯內，歸零	以米填充，刮平匙，秤填充的米重 (I)

**計算發糕體積膨脹率= $J/E*100%$**

(三) 發糕裂痕情況

發糕為取吉祥外形，本研究採用問卷法，研究者將裂痕情況分為三個級數分別為佳、尚可、不佳，參考指標如下表，請 11 位受訪者（4 師 7 生）依參考指標給予發糕裂痕級數，進行統計，超過 80%以上認同者，給予該級數。

表 5 裂痕情況判斷指標

級數	佳	尚可	不佳
參考指標	 表面呈十字裂痕或三叉裂痕、深度超過 1 公分。	 表面呈十字裂痕或三叉裂痕、深度不超過 1 公分。	 表面裂痕數超過 5 條或是深度不深。

### 三、《實驗一》麵粉種類對發糕膨發的影響

**前言：**查資料發現比較多人用低筋、中筋麵粉，比較少人用高筋麵粉，不同的麵粉做出的發糕品質有何差異呢？所以我們用相同比例及相同條件來做低、中、高筋麵粉的發糕，並觀察成品差異。

#### 實驗步驟：

- 1、100 公克的水加入 45 公克的砂糖攪拌到砂糖溶解，加入過篩後 100 公克的低筋麵粉及 3 公克泡打粉，以攪拌機速度 1 攪拌 3 分鐘後，入蒸籠蒸 20 分鐘，觀察膨發情形。
- 2、重覆步驟 1，改成中筋麵粉及高筋麵粉。

### 四、低筋、中筋、高筋麵粉最佳膨發條件探討

#### 條件一：泡打粉量對發糕膨發的影響

**前言：**發糕體積膨脹是以泡打粉加熱後產生的二氧化碳將麵糊撐開，有的食譜會添加許多泡打粉來增加”發”的效果，但過多的泡打粉會使發糕帶苦味，所以我們想知道泡打粉添加量對發糕膨發情形的影響，並且找出較適當的泡打粉比例來做健康的發糕。

《實驗二》泡打粉量對低筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗三》泡打粉量對中筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗四》泡打粉量對高筋麵粉發糕膨發的影響

#### 實驗步驟：

- 1、100 公克的水加入 45 公克的砂糖攪拌到砂糖溶解，加入過篩後 100 公克的低筋麵粉及 1%、2%、3%、4%泡打粉，以攪拌機速度 1 攪拌 3 分鐘後，分別取出 2 杯倒入約 80 公克的麵糊，入蒸籠蒸 20 分鐘，觀察膨發情形。
- 2、重覆步驟 1，改成中筋麵粉及高筋麵粉。



## 條件二：攪拌時間對發糕膨發的影響

**前言：**由《實驗一》結果推測麵筋含量可能是影響發糕膨發的主要原因，麵粉遇水攪拌時，蛋白質會產生交聯作用，使麵糊產生筋性，我們想知道如果改變麵糊攪拌時間否會對發糕膨發有影響嗎？

《實驗五》攪拌時間對低筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗六》攪拌時間對中筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗七》攪拌時間對高筋麵粉發糕膨發的影響

### 實驗步驟：

- 1、100 公克的水加入 45 公克的砂糖攪拌到砂糖溶解，加入過篩後 100 公克的低筋麵粉及 4 公克泡打粉，以攪拌機攪拌 3 分鐘、6 分鐘、9 分鐘分別取出 2 杯倒入約 80 公克的麵糊，入蒸籠蒸 20 分鐘，觀察膨發情形。
- 2、重覆步驟 1，改成中筋麵粉及高筋麵粉。

## 條件三：麵糊靜置時間對發糕膨發的影響

**前言：**在做麵糊點心時，有些麵糊一拌好，就要立刻進鍋子去加熱，可是有些麵糊又要靜置一段時間再加熱，我們試著用不同種類的麵糊來分析靜置時間對發糕膨發的影響。

《實驗八》麵糊靜置時間對低筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗九》麵糊靜置時間對中筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗十》麵糊靜置時間對高筋麵粉發糕膨發的影響

### 實驗步驟：

- 1、100 公克的水加入 45 公克的砂糖攪拌到砂糖溶解，加入過篩後 100 公克的低筋麵粉及 4 公克泡打粉，以攪拌機攪拌 6 分鐘，攪拌好的麵糊分別在 0 分鐘、60 分鐘、120 分鐘、180 分鐘分別取出 2 杯倒入約 80 公克的麵糊，入蒸籠蒸 20 分鐘，觀察膨發情形。
- 2、重覆步驟 1，改成中筋麵粉攪拌 6 分鐘及高筋麵粉攪拌 9 分鐘。

#### 條件四：糖水量對發糕膨發的影響

**前言：**水量會影響麵糊的濃稠，麵糊很稠時，麵筋強度較大，我們想知道相同濃度但不同糖水量對麵糊筋性是否有影響，進而影響到發糕品質？

《實驗十一》糖水量對低筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗十二》糖水量對中筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗十三》糖水量對高筋麵粉發糕膨發的影響

#### 實驗步驟：

- 1、 配相同濃度的糖水，分別秤量 125 公克、135 公克、145 公克、155 公克的糖水，加入過篩後 100 公克的低筋麵粉及 4 公克泡打粉，以攪拌機攪拌 6 分鐘，攪拌好的麵糊取出 2 杯倒入約 80 公克的麵糊，靜置 0 分鐘後入蒸籠蒸 20 分鐘，觀察及測量膨發情形。
- 2、 重覆步驟 1，改成中筋麵粉（靜置 60 分鐘，攪拌時間 6 分鐘）及高筋麵粉（靜置 0 分鐘，攪拌時間 9 分鐘）。

#### 條件五：含糖量對發糕膨發的影響

**前言：**有時看到食譜的糖量太多，很多人為自動減糖，我們想試著增減糖量，看看是否會對發糕的成品有影響，於是我們固定糖水總量，改變不同糖量進行探究。

《實驗十四》含糖量對低筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗十五》含糖量對中筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗十六》含糖量對高筋麵粉發糕膨發的影響

#### 實驗步驟：

- 1、分別加入 0 公克、20 公克、40 公克、60 公克的糖，加水溶解，調配成糖水量為 125 公克的糖水溶液，加入過篩後 100 公克的低筋麵粉及 4 公克泡打粉，以攪拌機攪拌 6 分鐘，分別取出 2 杯倒入約 80 公克的麵糊，入蒸籠蒸 20 分鐘，觀察膨發情形。
- 2、重覆步驟 1，改成中筋麵粉（糖水量為 125 公克，攪拌時間 6 分鐘）及高筋麵粉（糖水量為 135 公克，攪拌時間 9 分鐘）。

## 條件六：燙麵法對發糕膨發的影響

**前言：**由上面實驗發現麵筋強度是影響發糕品質的關鍵因素，做中式麵食常用燙麵法來改變麵筋強度，我們想知道如果將燙麵法運用在發糕上，是否可以改善發糕品質？

《實驗十七》燙麵法對低筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗十八》燙麵法對中筋麵粉發糕膨發的影響

《實驗十九》燙麵法對高筋麵粉發糕膨發的影響

### 實驗步驟：

- 1、65 公克的熱水分別加入 60 公克的糖，先溶解，熱糖水直接加入過篩後 100 公克的低筋麵粉略加攪拌後，靜置放涼，加 4 公克的泡打粉後以攪拌機攪拌 6 分鐘(倒數 1 分鐘加泡打粉)，取出 80 公克的麵糊 2 杯，入蒸籠蒸 20 分鐘，觀察膨發情形。
- 2、65 公克的熱水分別加入 60 公克的糖，先溶解，熱糖水直接加入過篩後 100 公克的中筋麵粉略加攪拌後，靜置放涼，加 4 公克的泡打粉後以攪拌機攪拌 6 分鐘(倒數 1 分鐘加泡打粉)，取出 80 公克的麵糊 2 杯，入蒸籠蒸 20 分鐘，觀察膨發情形。
- 3、75 公克的熱水分別加入 60 公克的糖，先溶解，熱糖水直接加入過篩後 100 公克的高筋麵粉略加攪拌後，靜置放涼，加 4 公克的泡打粉後以攪拌機攪拌 9 分鐘(倒數 1 分鐘加泡打粉)，取出 80 公克的麵糊 2 杯，入蒸籠蒸 20 分鐘，觀察膨發情形。

## 五、《實驗二十》：各種麵粉最佳比例、條件試做

### 實驗步驟：

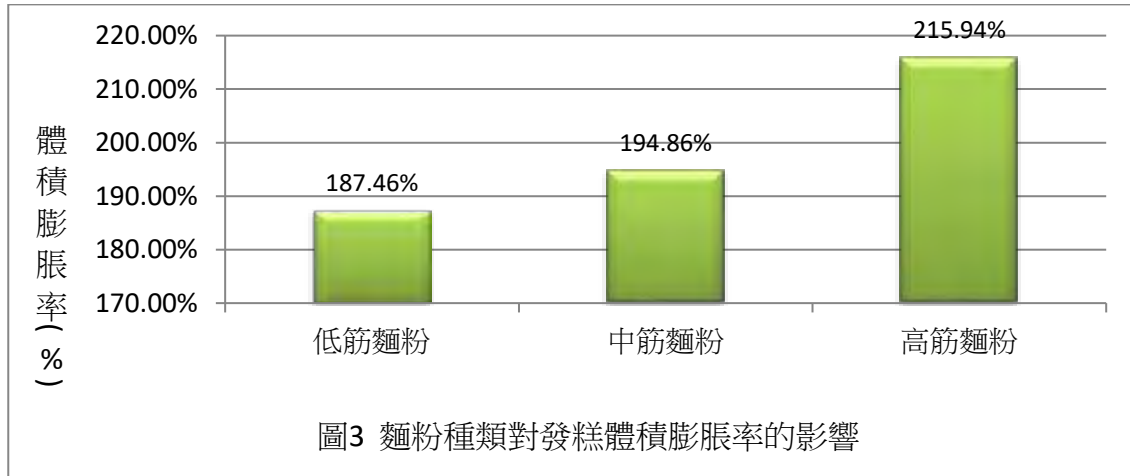
- 1、低筋麵粉：以 65 公克熱水溶解 60 公克糖，放涼備用，100 公克低筋麵粉加入 4 公克泡打粉，攪拌時間 6 分鐘。麵糊完成後立即入鍋蒸 20 分鐘。觀察膨發情形。
- 2、中筋麵粉：以 65 公克熱水溶解 60 公克糖，放涼備用，100 公克中筋麵粉加入 4 公克泡打粉，攪拌時間 6 分鐘。麵糊完成後靜置 60 分鐘後入鍋蒸 20 分鐘。觀察膨發情形。
- 3、高筋麵粉：以 75 公克熱水溶解 60 公克糖，直接加入 100 公克高筋麵粉攪拌後放涼，再加入 4 公克泡打粉，以攪拌機攪拌 9 分鐘(倒數 1 分鐘加泡打粉)。麵糊完成後立即入鍋蒸 20 分鐘。觀察膨發情形。

## 伍、結果

### 一、《實驗一》麵粉種類對發糕膨發的影響

表 6 麵粉種類對發糕膨發的影響

麵粉種類 記錄	低筋麵粉	中筋麵粉	高筋麵粉
成品照片			
質地情況	 密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.57g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	尚可	不佳
體積膨脹率	187.46%	194.86%	215.94%









#### 總結：

- 1、使用低筋麵粉做出的發糕裂痕情況最佳，但體積膨脹率最低。
- 2、使用高筋麵粉做出的發糕體積膨脹率最高，但發糕裂痕情況不佳。
- 3、中筋麵粉為高筋麵粉與低筋麵粉等比例混合，所以一般食譜會選用中筋麵粉可以得到體積膨脹率和發糕裂痕情況都尚可的發糕。
- 4、綜合以上結果 推論體積膨脹率和裂痕情況無法同時兼得。

## 二、發糕最佳膨發條件探討









### 《實驗二》泡打粉量對低筋麵粉發糕體積膨發的影響

表 7 泡打粉量對低筋麵粉發糕體積膨發的影響

泡打粉用量 紀錄	泡打粉 1%	泡打粉 2%	泡打粉 3%	泡打粉 4%
成品照片				
質地情況	 底部有粉塊	 密度 0.67g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.53g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	尚可	佳	佳	佳
體積膨脹率	168.77%	182.58%	191.40%	214.43%

### 《實驗三》泡打粉量對中筋麵粉發糕體積膨發的影響

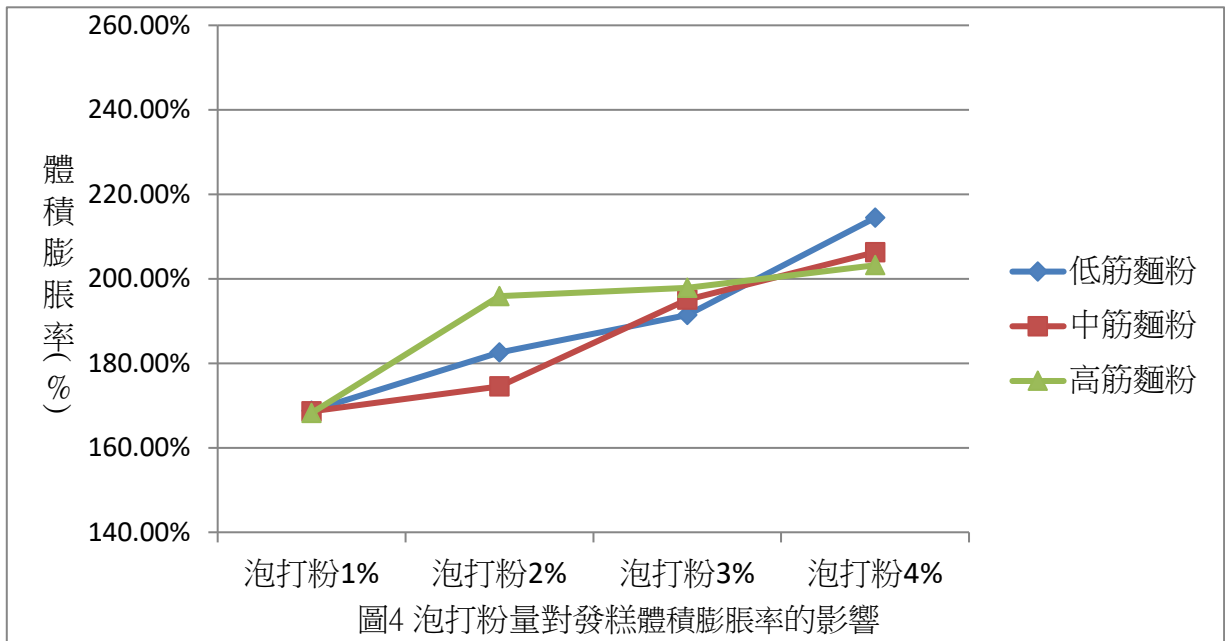
表 8 泡打粉量對中筋麵粉發糕體積膨發的影響

泡打粉用量 紀錄	1%	2%	3%	4%
成品照片				
質地情況	 有大粉塊	 中心有粉塊	 密度 0.61g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.60g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	佳	佳
體積膨脹率	168.63%	174.49%	195.08%	206.28%

《實驗四》泡打粉量對高筋麵粉發糕體積膨發的影響

表 9 泡打粉量對高筋麵粉發糕體積膨發的影響

泡打粉用量 紀錄	泡打粉 1%	泡打粉 2%	泡打粉 3%	泡打粉 4%
成品照片				
質地情況	 大片粉塊	 少部份粉塊	 密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.60g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	不佳	尚可	尚可	尚可
體積膨脹率	168.23%	195.89%	197.83%	203.21%









總結：

- 一、由《實驗二》發現低筋麵粉用 4%的泡打粉會做出體積膨鬆、裂痕情況最佳的發糕。
- 二、由《實驗三》發現中筋麵粉用 4%的泡打粉會做出體積膨鬆、裂痕情況最佳的發糕。
- 三、由《實驗四》發現高筋麵粉用 4%的泡打粉會做出體積膨鬆、但裂痕情況尚可的發糕。









《實驗五》攪拌時間對低筋麵粉發糕膨發的影響

表 10 攪拌時間對低筋麵粉發糕膨發的影響

攪拌時間 紀錄	3 分鐘	6 分鐘	9 分鐘
成品照片			
質地情況	 密度 0.58g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.58g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.61g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	佳
體積膨脹率	191.58%	217.28%	199.5%







《實驗六》攪拌時間對中筋麵粉發糕膨發的影響

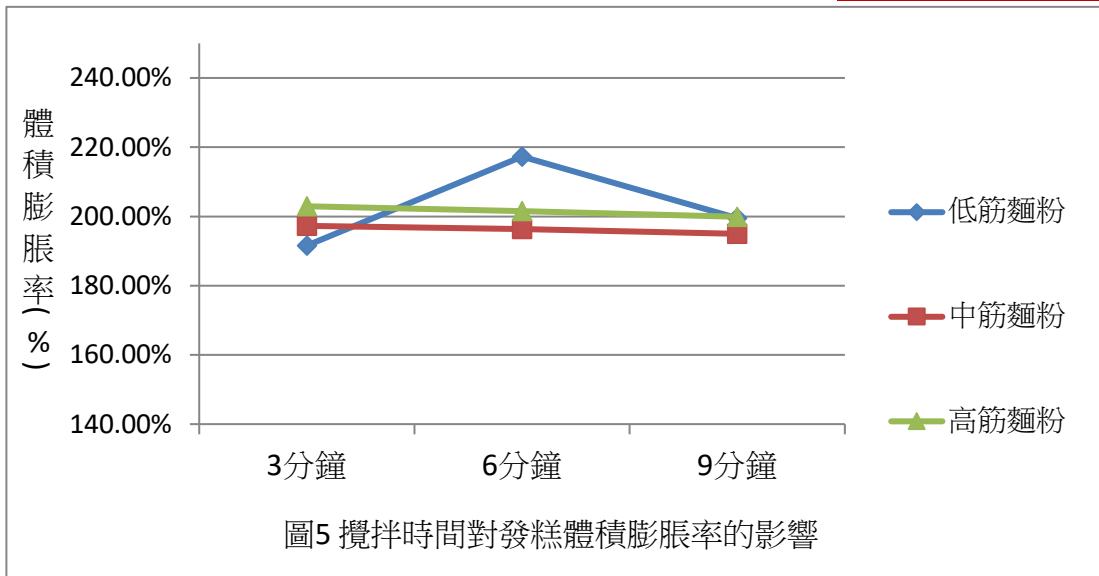
表 11 攪拌時間對中筋麵粉發糕膨發的影響

攪拌時間 紀錄	3 分鐘	6 分鐘	9 分鐘
成品照片			
質地情況	 密度 0.63g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.63g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.66g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	尚可	佳	佳
體積膨脹率	197.27%	196.38%	194.98%

《實驗七》攪拌時間對高筋麵粉發糕膨發的影響

表 12 攪拌時間對高筋麵粉發糕膨發的影響

攪拌時間 紀錄	3 分鐘	6 分鐘	9 分鐘
成品照片			
質地情況	 密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.62g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	不佳	不佳	尚可
體積膨脹率	202.93%	201.51%	199.89%











總結：

- 一、由《實驗五》發現低筋麵糊攪拌時間 6 分鐘，發糕的裂痕佳，體積膨脹率最大。
- 二、由《實驗六》發現攪拌時間對中筋麵粉做出的發糕體積膨脹率影響較不明顯，但是攪拌時間超過 6 分鐘可以提升裂痕程度。所以中筋麵粉攪拌 6 分鐘可以得到裂痕佳、體積膨脹率最大且較膨鬆的發糕。
- 三、由《實驗七》發現高筋麵粉攪拌時間越久，發糕的體積膨脹率變化不大(差異在 3%以內)，但裂痕情況有改善。其中以高筋麵粉攪拌 9 分鐘可以做出裂痕尚可的發糕。











《實驗八》麵糊靜置時間對低筋麵粉發糕膨發的影響

表 13 麵糊靜置時間對低筋麵粉發糕膨發的影響

靜置時間 紀錄	0 分	60 分	120 分	180 分
成品照片				
質地情況	 密度 0.53g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.54g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.56g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.57g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	佳	佳
體積膨脹率	214.43%	196.26%	189.17%	188.44%









《實驗九》麵糊靜置時間對中筋麵粉膨發率的影響

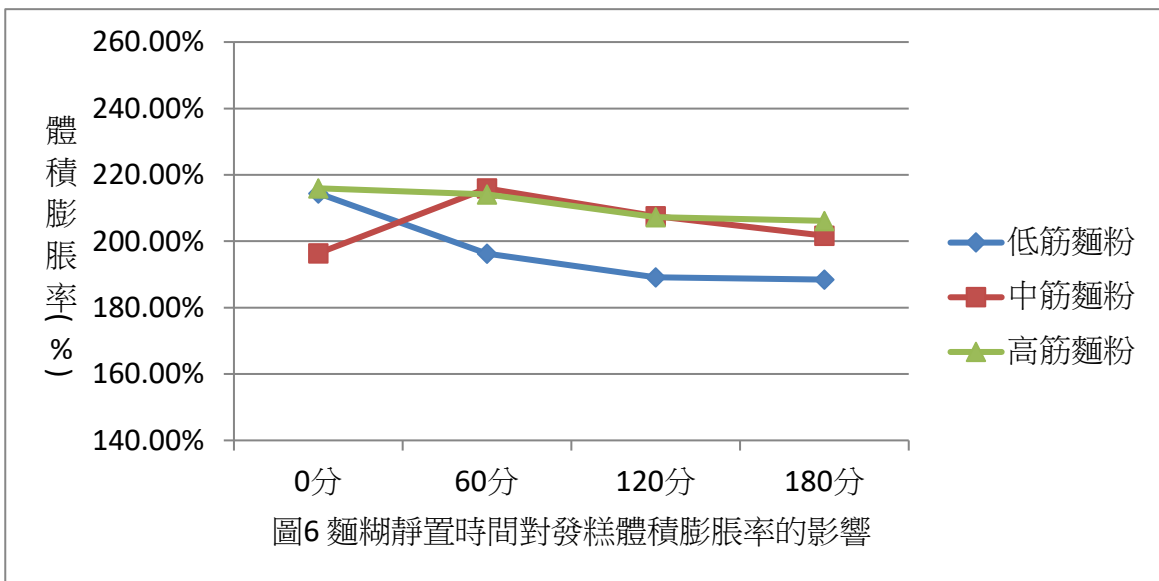
表 14 麵糊靜置時間對中筋麵粉膨發率的影響

靜置時間 紀錄	0 分	60 分	120 分	180 分
成品照片				
質地情況	 密度 0.63g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.55g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.56g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.58g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	尚可	尚可
體積膨脹率	196.38%	215.90%	207.60%	201.66%

《實驗十》麵糊靜置時間對高筋麵粉發糕膨發的影響

表 15 麵糊靜置時間對高筋麵粉發糕膨發的影響

靜置時間 紀錄	0 分	60 分	120 分	180 分
成品照片				
質地情況	 密度 0.59g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.59g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.59g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.59g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	尚可	尚可	不佳	不佳
體積膨脹率	215.94%	214.11%	207.30%	206.14%











總結：

- 一、由《實驗八》得知低筋麵粉麵糊靜置時間為 0 分鐘，發糕的裂痕佳，體積膨脹率最大。
- 一、由《實驗九》得知中筋麵粉麵糊靜置時間為 0 分鐘，發糕的裂痕佳，體積膨脹率最大。
- 一、由《實驗十》得知高筋麵粉麵糊靜置時間為 0 分鐘，體積膨脹率最大。









《實驗十一》含水量對低筋麵粉發糕膨發的影響

表 16 含水量對低筋麵粉發糕膨發的影響

糖水量 紀錄	125 公克	135 公克	145 公克	155 公克
成品照片				
質地情況	 密度 0.48g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.51g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.55g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.56g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	佳	佳
體積膨脹率	252.75%	236.11%	215.50%	214.61%

《實驗十二》含水量對中筋麵粉發糕膨發的影響

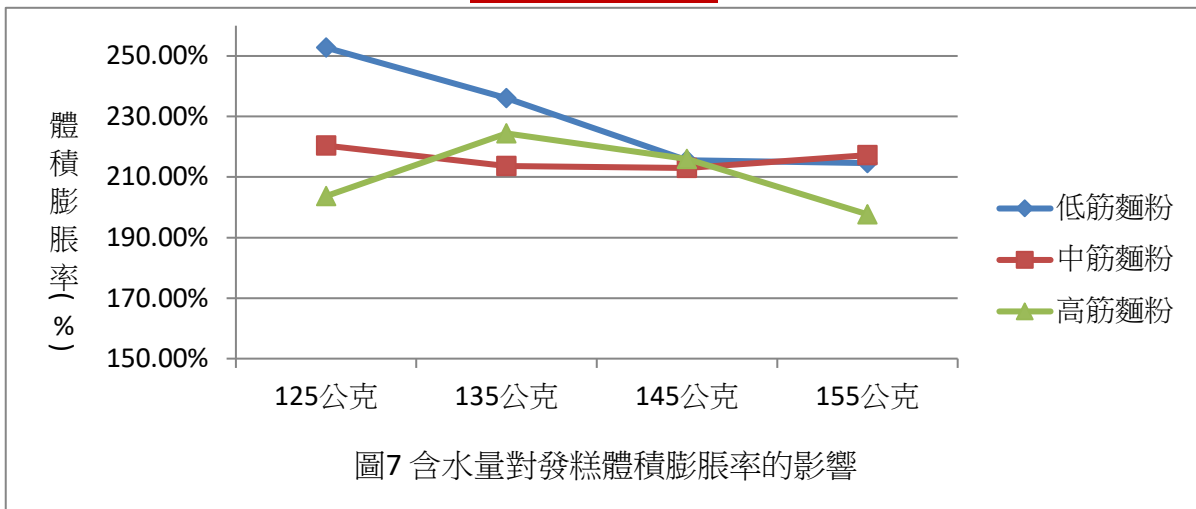
表 17 含水量對中筋麵粉發糕膨發的影響

糖水量 紀錄	125 公克	135 公克	145 公克	155 公克
成品照片				
質地情況	 密度 0.56g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.58g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.58g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.56g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	佳	佳
體積膨脹率	220.38%	213.67%	212.99%	217.29%

《實驗十三》含水量對高筋麵粉發糕膨脹的影響

表 18 含水量對高筋麵粉發糕膨脹的影響

糖水量 紀錄	125 公克	135 公克	145 公克	155 公克
成品照片				
質地情況	 密度 0.57g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.55g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.59g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.56g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	尚可	尚可
體積膨脹率	203.73%	224.41%	215.94%	197.68%











總結：

- 一、由《實驗十一》得知含水量會影響高筋麵粉做出的發糕膨脹體積，其中以糖水 125 公克 /100 公克麵粉的比例，發糕的體積膨脹率最大，裂痕情況最佳。
- 二、由《實驗十二》得知含水量會影響中筋麵粉做出的發糕膨脹體積，其中以糖水 125 公克 /100 公克麵粉的比例，發糕的體積膨脹率最大，裂痕情況最佳。
- 三、由《實驗十三》得知含水量會影響高筋麵粉做出的發糕膨脹體積及裂痕情況，其中以糖水 135 公克/100 公克麵粉的比例，發糕的體積膨脹率最大，裂痕情況最佳。









《實驗十四》含糖量對低筋麵粉發糕膨發的影響

表 19 含糖量對低筋麵粉發糕膨發的影響

糖量	0 公克	20 公克	40 公克	60 公克
水量	125	105	85	65
成品照片				
質地情況	 大粉塊，大氣洞	 有粉塊，有氣洞	 密度 0.56g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.53g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	不佳	佳	佳	佳
體積膨脹率	157.31%	176.44%	214.17%	231.32%

《實驗十五》含糖量對中筋麵粉發糕膨發的影響









表 20 含糖量對中筋麵粉發糕膨發的影響

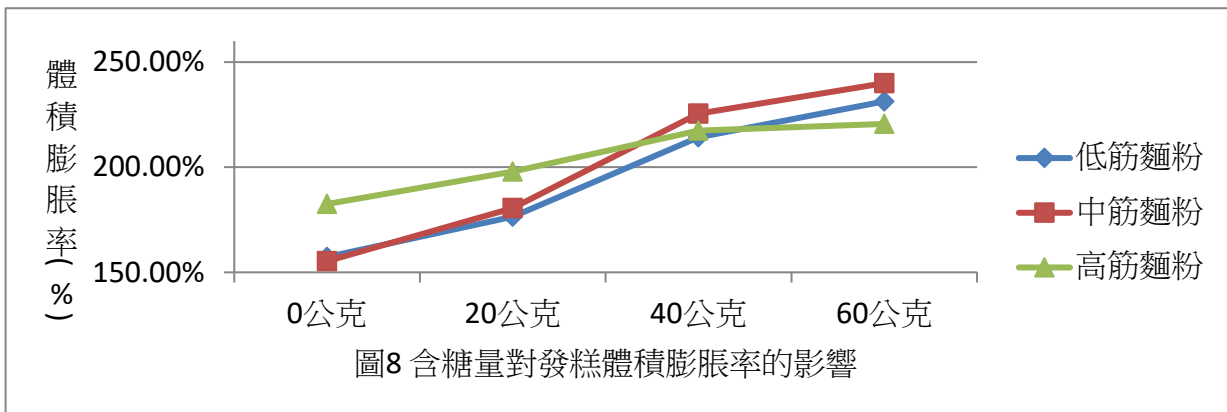
糖量	0 公克	20 公克	40 公克	60 公克
水量	125	105	85	65
成品照片				
質地情況	 大粉塊，大氣洞	 有粉塊，有氣洞	 密度 0.56g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.51g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	尚可	尚可	佳	佳
體積膨脹率	155.32%	180.51%	225.41%	239.97%



《實驗十六》含糖量對高筋麵粉發糕膨發的影響

表 21 含糖量對高筋麵粉發糕膨發的影響













糖量	0 公克	20 公克	40 公克	60 公克
水量	135	115	95	75
成品照片				
質地情況	 內部有大氣洞	 有大氣洞、糊塊	 中心有糊塊	 密度 0.51g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	不佳	尚可	尚可	佳
體積膨脹率	182.48%	197.92%	217.39%	220.60%

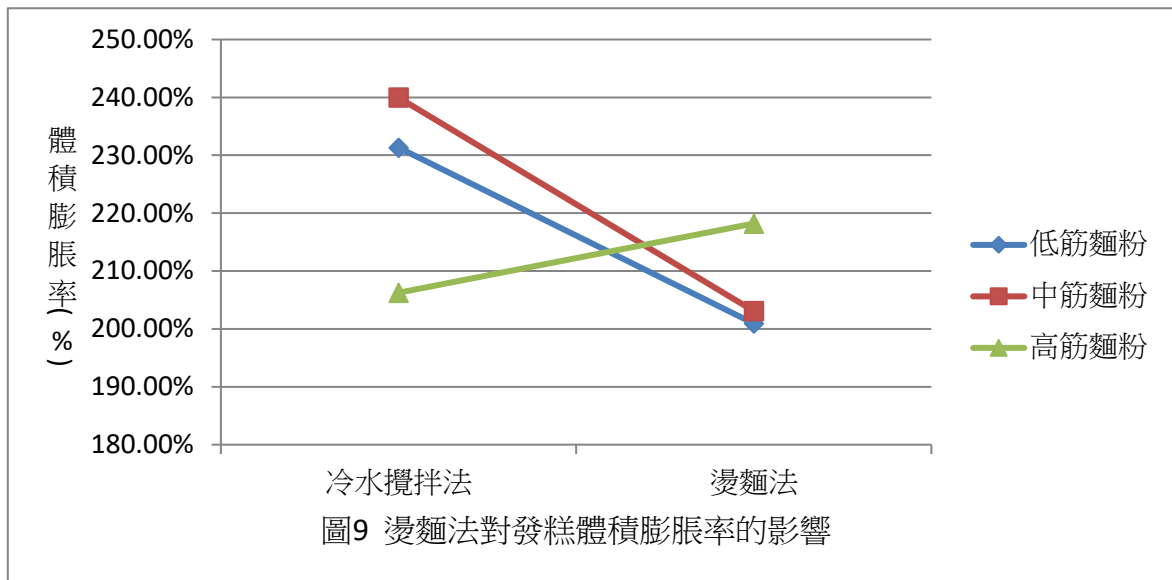


總結：

- 一、含糖量越少，麵糊會產生粉塊，無法膨鬆。含糖量越多，體積膨脹越明顯，裂痕情況變好。
- 二、由《實驗十四》得知 60 公克糖/100 公克低筋麵粉的比例做出的發糕裂痕最佳，體積膨脹率最高。
- 三、由《實驗十五》得知 60 公克糖/100 公克中筋麵粉的比例做出的發糕裂痕最佳，體積膨脹率最高。
- 四、由《實驗十六》得知 60 公克糖/100 公克高筋麵粉的比例做出的發糕裂痕最佳，體積膨脹率最高。

表 22 燙麵法對發糕膨發的影響

麵粉種類與紀錄		有無燙麵		
		冷水攪拌法	燙麵法	
《實驗十七》	低筋麵粉	成品照片		
		質地情況	 密度 0.52g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.52g/cm <sup>3</sup>
		裂痕情況	佳	佳
		體積膨脹率	231.32%	225.98%
《實驗十八》	中筋麵粉	成品照片		
		質地情況	 密度 0.51g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.54g/cm <sup>3</sup>
		裂痕情況	佳	尚可
		體積膨脹率	239.97%	215.57%
《實驗十九》	高筋麵粉	成品照片		
		質地情況	 密度 0.51g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.60g/cm <sup>3</sup>
		裂痕情況	佳、尚可	佳
		體積膨脹率	206.25%	218.21%






**總結：**

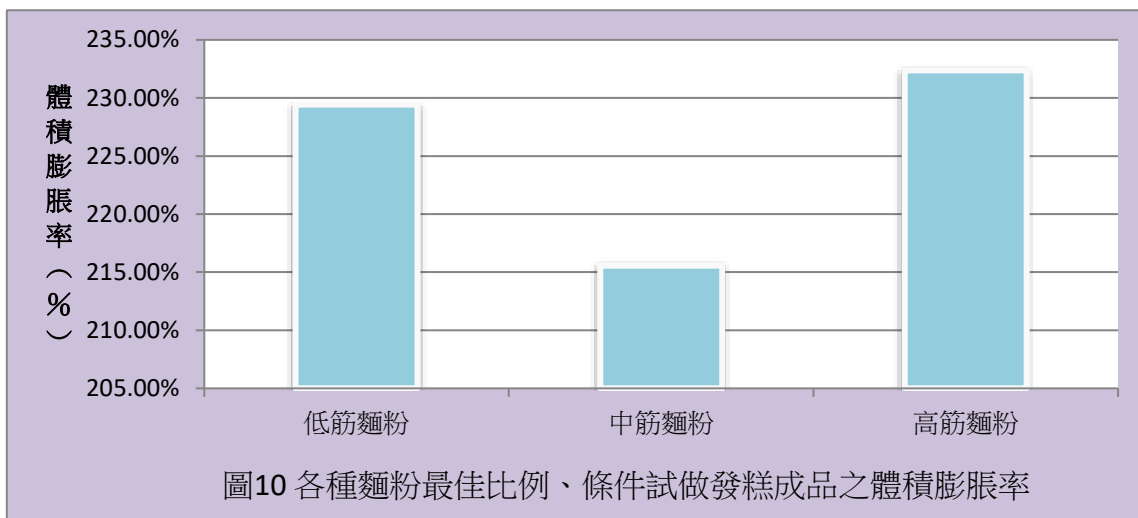
- 一、高溫的糖水不會影響低筋麵粉的裂痕程度，但使筋性變得太多，使體積膨脹率降低。
- 二、高溫的糖水會使中筋麵粉的裂痕程度稍微變弱，而因為筋性變得太多，使體積膨脹率降低。
- 三、高溫的糖水可以減弱高筋麵粉的強筋性，使得二氧化碳在逸出產生裂痕時，不會被筋性拌住，可以改善高筋麵粉做出發糕裂痕程度。

**《實驗二十》各種麵粉最佳比例、條件試做發糕成品**

表 23 各種麵粉最佳比例、條件試做發糕成品

	低筋麵粉	中筋麵粉	高筋麵粉
成品照片			
質地情況	 密度 0.52g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.54g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.52g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	尚可	佳
體積膨脹率	229.43%	215.57%	232.38%





**總結：**各種麵粉都可配合不同條件做出又膨又發的發糕，**大家可以依喜歡的口感選用不同的麵粉**，做出自己喜愛的發糕。

## 陸、討論

- 一、麵粉是由小麥研磨得到的產品，它的主要成份有澱粉、蛋白質，及少許礦物質，而影響麵食的加工操作特性的最大因素是麵粉內小麥蛋白質，因小麥蛋白質遇水後，這些蛋白質的結構外形會改變，這些糾結在一起的結構就是一般麵粉產品所說的筋性。
- 二、麵粉產品會因為麵筋性質造成不同的口感和外觀，而影響麵筋結構可能的原因包括麵粉種類、麵糊含水量、攪拌、糖、鹽、麵粉添加物、酸性添加物等，上述原因可能強化麵筋結構，也可能弱化麵筋結構。二氧化碳在麵筋結構中是否穩固，決定著產品體積大小及可能造成表面產生裂痕。
- 三、發糕裂口形成以十字分四瓣或3條交叉分3瓣的效果最佳，從實驗中觀察到加熱約5分鐘左右，麵糊會鼓起來，再持續加熱二氧化碳會由表面衝出，使表面產生裂縫，經由持續加熱，裂縫持續擴大，但若麵糊內部筋性較強，二氧化碳無法自裂縫順利逸出，造成裂痕情形不佳。
- 四、由《實驗一》可知麵粉因麵筋蛋白質含量不同，經過相同條件攪拌成的麵糊，因為高筋麵粉形成較強的筋性，在麵筋的網絡中可以有效抓住形成的二氧化碳，所以體積膨脹率比低筋麵粉大，但強麵筋卻也拌住二氧化碳逸出，造成裂痕情況不佳。

- 五、泡打粉是糕點體積膨脹材料，每種點心成品對體積膨脹的要求都不同，發糕就是要體積大，所以許多配方為求膨脹，常加過量的泡打粉，造成口感帶苦味，研究《實驗二》、《實驗三》、《實驗四》發現泡打粉的量越多，可以提升發糕的體積膨脹率，以 4% 的用量可讓各種麵粉的體積膨脹率最大，若超過 4%，會使發糕吃起來有澀澀的感覺。
- 六、由《實驗五》、《實驗六》、《實驗七》發現攪拌時間會影響發糕成品品質。使用低筋麵粉適度的攪拌可以得到體積較大，裂痕情形也較好的發糕，因為攪拌 6 分鐘時，低筋麵粉內的麵筋可以形成較強的麵筋結構，使二氧化碳可以在網絡中產生較大的體積膨脹率的發糕。使用中筋麵粉來做發糕，攪拌時間對體積膨脹率的影響不大，顯示攪拌 3 分鐘應該已把麵筋完全形成，所以體積膨脹率接近，但再多加攪拌可以使裂痕情況更好一些。至於高筋麵粉攪拌 9 分鐘成品最好，因本身麵筋蛋白含量高，所以透過多加攪拌可以將麵筋結構整理到更整齊，反而有利二氧化碳從裂痕逸出，提高裂痕的程度。
- 七、由本研究《實驗八》、《實驗十》發現靜置時間不利低筋、高筋麵糊的體積膨脹，因為泡打粉內含有鹼性的小蘇打和固態結晶酸及澱粉，小蘇打一遇到水就會立刻溶解，如果酸的溶解度很高，混合初期就會形成第一批氣泡，所以麵糊靜置時間太久，第一批氣泡無法有效撐起麵糊，只能利用第二批因加熱而使小蘇打分解生成的氣泡來讓麵糊膨脹。
- 八、由《實驗九》發現中筋麵糊卻是以靜置 60 分鐘最好，我們猜測可能是中筋麵粉的麵筋在不斷吸水膨脹後，靜置可以讓麵筋有足夠的時間成長，如此形成的麵筋較柔軟，可以提高體積膨脹率及裂痕情況。
- 九、由《實驗十一》、《實驗十二》、《實驗十三》發現麵糊的吸水量會影響麵筋的形成，高筋麵粉麵筋含量較多，如果水量太少，麵筋會成長的不完全，質地也變得易碎，含水量太多，表面麵糊硬化慢，導致裂痕情況更差。低筋或中筋麵粉因麵筋含量少，如果麵糊內有太多水份，會使麵筋結構鬆軟，反而不利發糕的膨發，所以以糖水 125 公克/100 公克低筋麵粉、糖水 125 公克/100 公克中筋麵粉、糖水 135 公克/100 公克高筋麵粉的比例，發糕的膨發最優。

- 十、由《實驗十四》、《實驗十五》、《實驗十六》發現糖類溶解可以增強麵筋的筋性，所以不管使用何種麵粉做出的無糖發糕都因麵筋強度不夠，使得蒸的過程中可以看到表面不斷有氣泡冒出，沒有逸出的二氧化碳在麵糊內聚集，造成大氣洞及麵糊塊，所以 60 公克/100 公克低、中、高筋麵粉的比例可以做出裂痕佳、體積膨脹率高的發糕。
- 十一、中式麵食常以燙麵法來減少麵筋的強度，由《實驗十九》發現高溫的糖水可以減弱高筋麵粉的強筋性，使得二氧化碳在逸出產生裂痕時，不會被筋性拌住，可以改善高筋麵粉做出發糕裂痕程度。但《實驗十七》發現低筋麵粉以燙麵法會將原來少量的筋性阻斷，會稍降低體積膨脹率。由《實驗十八》發現中筋麵粉可能因為麵糊部份已吸熱水糊化，造成二氧化碳無法順利逸出，使裂痕情況變差。

## 柒、結論

由研究結果發現二氧化碳留在麵糊內可以使發糕體積膨脹，而二氧化碳由糊化的麵糊表面逸出卻可以造成裂痕，低、中、高筋麵粉因麵筋蛋白質含量不同，所以二氧化碳與麵糊配合之後產生不同效果的發糕。二氧化碳的擇”粉”條件分別為：

- 一、低筋麵粉：成份比例(糖60公克/水65公克/100公克低筋麵粉，泡打粉用量4%)，攪拌時間6分鐘，麵糊完成後立即入鍋蒸20分鐘。
- 二、中筋麵粉：成份比例(糖60公克/水65公克/100公克中筋麵粉，泡打粉用量4%)，攪拌時間6分鐘，麵糊完成後靜置60分鐘後再入鍋蒸20分鐘。
- 三、高筋麵粉：成份比例(糖60公克/熱水75公克/100公克高筋麵粉，泡打粉用量4%)，以燙麵法，再攪拌9分鐘(倒數1分鐘加泡打粉)，麵糊完成後立即入鍋蒸20分鐘。

## 捌、參考資料

- 一、全國科展作品”發糕膨條件之探討” 中華民國第54屆中小學科學展覽會作品說明書
- 二、哈洛得·馬基（2004）·食物與廚藝【麵食·醬料·甜點·飲料】，大家出版。p9-35
- 三、鍾莉婷（2014）·揉麵團·新北市：幸福文化出版。p15
- 四、專題報導：美味又好吃的傳統食品－發糕- COCO01<http://www.coco01.today/post/438623>
- 五、[http://bread-std.blogspot.com/2011/05/blog-post\\_5955.html](http://bread-std.blogspot.com/2011/05/blog-post_5955.html) 麵筋結構的控制
- 六、  
<http://homeeconomics.pixnet.net/blog/post/66280727-27.%E5%86%B7%E6%B0%B4%E9%BA%B5%E5%8F%8A%E7%87%99%E9%BA%B5> 冷水麵及燙麵
- 七、嘉義市第二十八屆中小學科學展覽~發糕！發！發！發！今年一路發！
- 八、台南市第五十二屆中小學科學展覽作品~發財高升~製作發糕的最適化條件

## 【評語】 080201

此作品研究泡打粉所產生的二氧化碳如何影響發糕體積膨脹及裂痕情況，利用比重法與米粒法估算體積膨脹率，並找出各種麵粉膨發的最佳條件。題目有趣且具實用價值，實驗設計架構簡明有系統。下列幾項建議供作者參考：

1. 因歷年來已有多次相似主題之參展作品，建議作者可比較與文獻作品研究方向及結論的異同處，並強調本作品有別於其他報導或作品的重要發現。
2. 如果可以比較兩種體積估算方法的優劣與精準度會更好。
3. 實驗數據缺少多組重複，所以無法得知膨脹比例的差異是否在誤差範圍。
4. 可對結果做更多化學方面的解釋。



# 摘要

本研究透過發糕來研究泡打粉產生的二氧化碳在麵糊內，如何影響發糕體積膨脹及裂痕情況，並找出各種麵粉膨發的最佳條件。透過實驗得到二氧化碳的最佳擇”粉”條件如下：

- 一、低筋麵粉：糖 60 公克、水 65 公克溶解放涼，加 100 公克低筋麵粉與 4 公克泡打粉攪拌 6 分鐘，麵糊完成後立即入鍋蒸 20 分。
- 二、中筋麵粉：糖 60 公克、水 65 公克溶解放涼，加 100 公克中筋麵粉與 4 公克泡打粉攪拌 6 分鐘，麵糊完成後靜置 60 分鐘再入鍋蒸 20 分。
- 三、高筋麵粉：糖 60 公克、水 75 公克溶解，熱糖水加 100 公克高筋麵粉，攪拌 9 分鐘(倒數 1 分鐘加 4 公克泡打粉)，麵糊完成後靜置 60 分鐘再入鍋蒸 20 分。

只要找到各種麵粉和二氧化碳的最佳配合條件，大家都可以做出”膨”而且”發”的發糕。

## 壹、研究動機

老師帶全班做發糕，照著老師取得的配方及指導，將調好的麵糊放進電鍋中蒸，但是有些組別做出的發糕沒有大裂痕，有的組別蒸了好久，感覺還是沒熟，我們想到底是技術問題，還是食譜配方有問題呢？於是我們決定從發糕”發”的原理，逐一探討低筋麵粉、中筋麵粉、高筋麵粉最適合二氧化碳”膨”和”發”的條件。(5年級康軒自然與生活科技第六冊燃燒與生鏽)

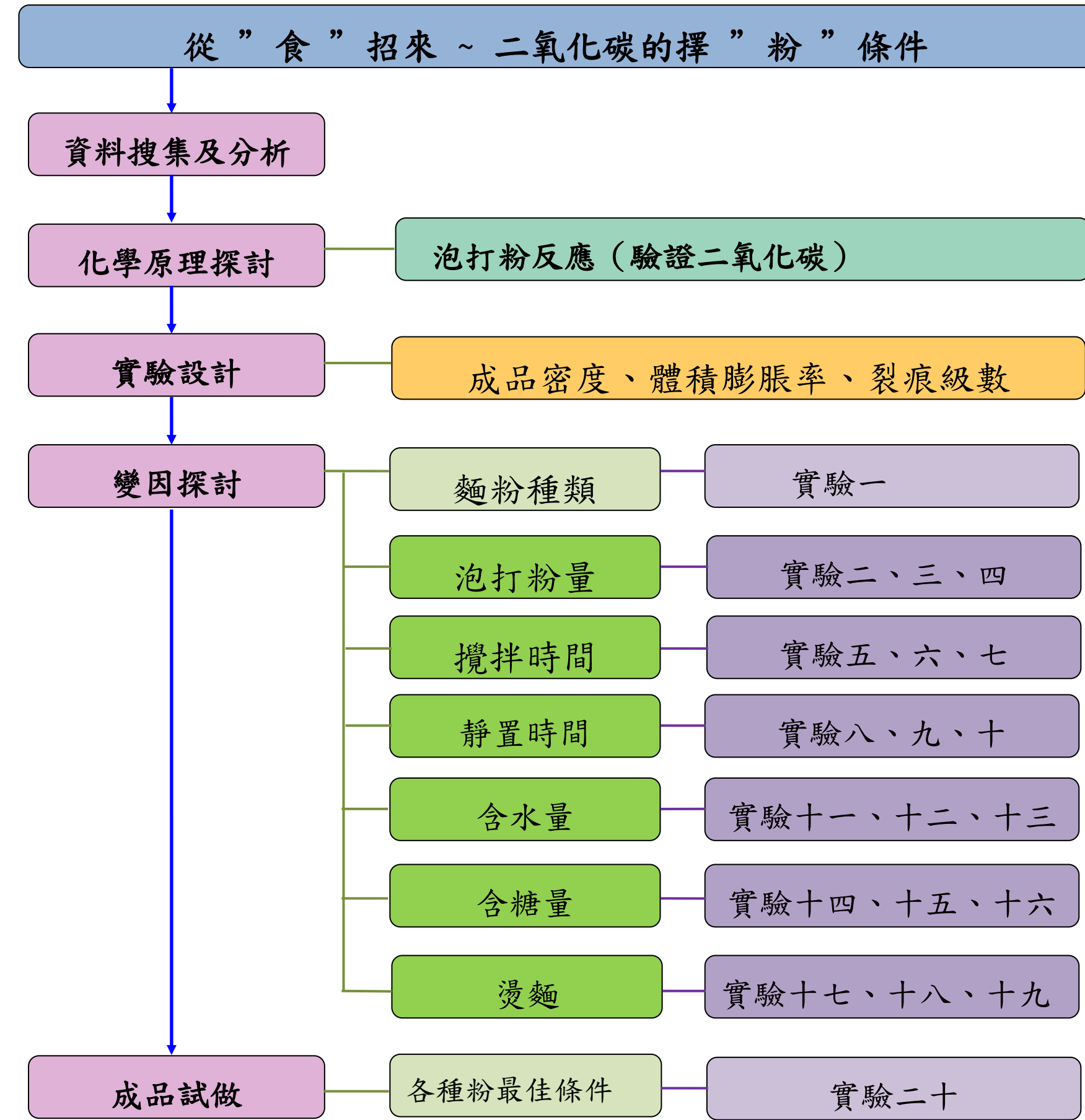
## 貳、研究目的

- 一、發糕膨發的化學原理探討
- 二、麵粉種類對發糕膨發的影響
- 三、低筋、中筋、高筋麵粉最佳膨發條件探討
  - (一) 泡打粉最佳用量之探討
  - (二) 攪拌時間對發糕膨發的影響
  - (三) 麵糊靜置時間對發糕膨發的影響
  - (四) 糖水量對發糕膨發的影響
  - (五) 糖量對發糕膨發的影響
  - (六) 燙麵法對發糕膨發的影響

## 參、研究設備及器材



## 研究架構流程圖



## 肆、研究過程與方法

### 一、發糕的化學變化

無鋁泡打粉通常是由碳酸氫鈉(NaHCO<sub>3</sub>)，混合玉米粉及磷酸二氫鈣所得到的混合粉末。碳酸氫鈉 50°C 以上開始逐漸分解生成碳酸鈉、二氧化碳和水，270°C 時完全分解。  
(NaHCO<sub>3</sub> → Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> ↑)

	泡打粉+水	(泡打粉+水) 隔天再加熱
反應裝置		
蠟燭燃燒情形		
氣體通入澄清石灰水反應		

### 二、發糕品質判斷指標



### (1)發糕成品密度

發糕質量	 以電子秤測量發糕質量
發糕體積	由表五求得發糕成品的體積 (J)
成品密度	$\text{成品密度} = \frac{\text{發糕質量}}{\text{發糕體積}}$ 密度越大代表成品越紮實 密度越小代表成品越膨鬆

### (2)發糕裂痕情況

發糕為取吉祥外形，本研究以分級程度為發糕”發”的情形訂定三個級數分別為佳、尚可、不佳。它的參考指標如右表圖示及說明，以問卷調查法收集 11 位師生給予之級數，達 80% 同意者給予該級數。

級數	佳	尚可	不佳
參考指標	 表面呈十字裂痕或三叉裂痕、深度超過 1 公分	 表面呈十字裂痕或三叉裂痕、深度不超過 1 公分。	 表面裂痕數超過 5 條或是深度不深。

### (3)發糕體積膨脹率

$$\text{發糕體積膨脹率} = \frac{\text{發糕體積 (J)}}{\text{麵糊體積 (E)}} * 100\%$$

#### 求麵糊比重再換算麵糊總體積

求麵糊比重 C=B/A		求麵糊總體積 E=D/C
以水測量杯子體積 (A)	測量同杯麵糊質量 (B)	秤發糕原麵糊質量 (D)

#### 米粒置換法換算出發糕的體積

求米重相對應體積 H=G/F		求發糕體積 J=(G-I)/H	
以水填充鋼杯，求鋼杯體積 (F)	以米入鋼杯，求鋼杯裝滿之米質量 (G)	發糕放入鋼杯內，歸零	以米填充，刮平匙，秤填充的米質量 (I)

## 伍、研究結果

### 《實驗一》麵粉種類對發糕膨發的影響

麵粉種類	低筋麵粉	中筋麵粉	高筋麵粉
成品照片			
質地情況	 密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	 密度 0.57g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	尚可	不佳
體積膨脹率	187.46%	194.86%	215.94%



#### 結果：

- 1、使用低筋麵粉做出的發糕裂痕情況最佳，但體積膨脹率最低。
  - 2、使用高筋麵粉做出的發糕體積膨脹率最高，但發糕裂痕情況不佳。
  - 3、中筋麵粉為高筋麵粉與低筋麵粉等比例混合，所以一般食譜會選用中筋麵粉可以得到體積膨脹率和發糕裂痕情況都尚可的發糕。
- 綜合以上結果推論體積膨脹率和裂痕情況無法同時兼得。



# 低筋、中筋、高筋麵粉最佳膨發條件探討

## 條件一：泡打粉量對發糕膨發的影響

### 《實驗二》泡打粉量對低筋麵粉發糕體積膨發的影響

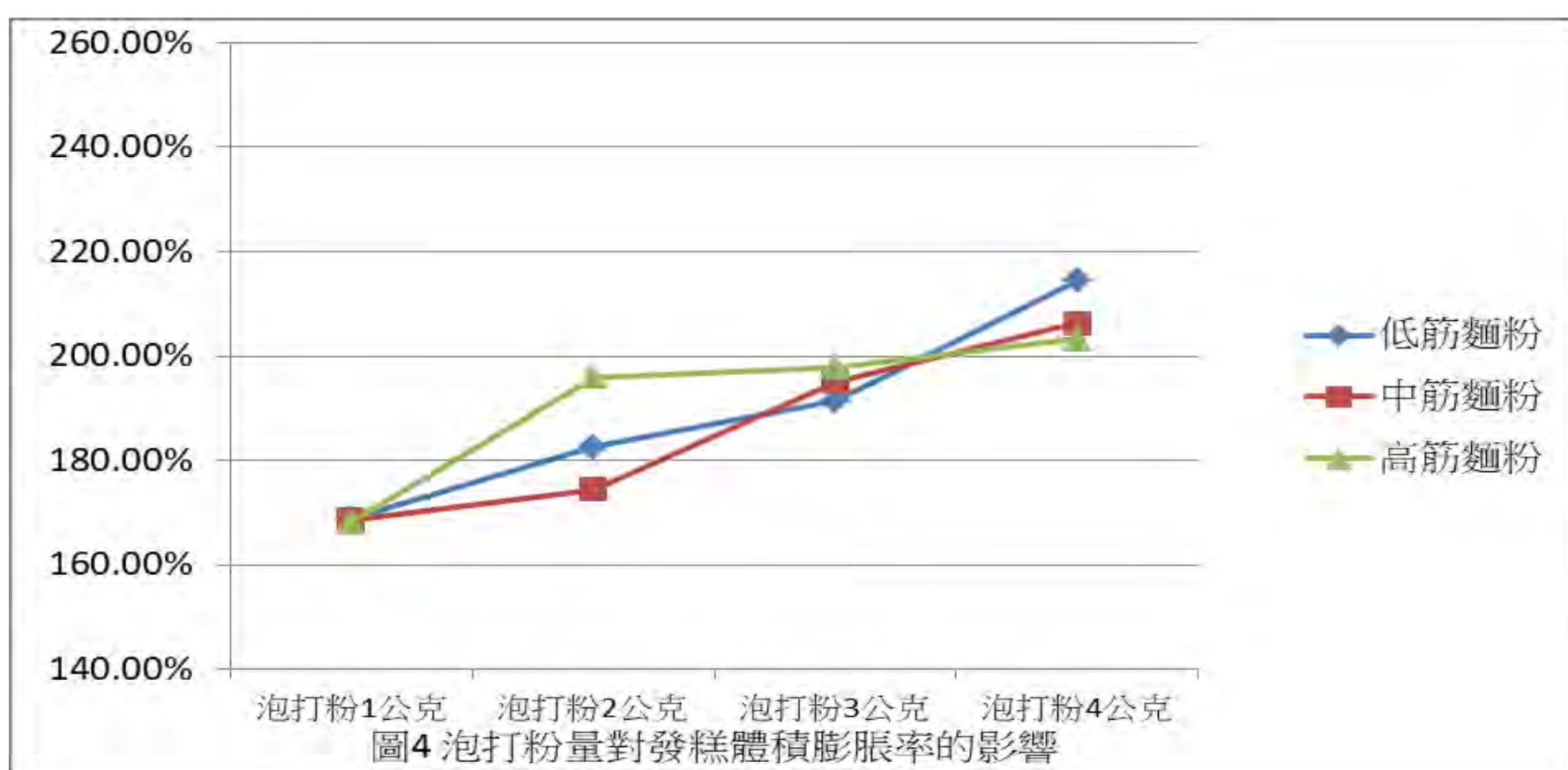
泡打粉用量紀錄	泡打粉1公克	泡打粉2公克	泡打粉3公克	泡打粉4公克
成品照片				
質地情況	底部有粉塊	密度 0.67g/cm <sup>3</sup>	密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	密度 0.53g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	尚可	佳	佳	佳
體積膨脹率	168.77%	182.58%	191.40%	214.43%

### 《實驗三》泡打粉量對中筋麵粉發糕體積膨發的影響

泡打粉用量紀錄	泡打粉1公克	泡打粉2公克	泡打粉3公克	泡打粉4公克
成品照片				
質地情況	有大粉塊	中心有粉塊	密度 0.61g/cm <sup>3</sup>	密度 0.60g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	佳	佳
體積膨脹率	168.63%	174.49%	195.08%	206.28%

### 《實驗四》泡打粉量對高筋麵粉發糕體積膨發的影響

泡打粉用量紀錄	泡打粉1公克	泡打粉2公克	泡打粉3公克	泡打粉4公克
成品照片				
質地情況	大片粉塊	少部份粉塊	密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	密度 0.60g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	不佳	尚可	尚可	尚可
體積膨脹率	168.23%	195.89%	197.83%	203.21%



總結：

- 由《實驗二》發現低筋麵粉用4公克的泡打粉會做出體積膨鬆、裂痕情況最佳的發糕。
- 由《實驗三》發現中筋麵粉用4公克的泡打粉會做出體積膨鬆、裂痕情況最佳的發糕。
- 由《實驗四》發現高筋麵粉用4公克的泡打粉會做出體積膨鬆、但裂痕情況尚可的發糕。

## 條件二：攪拌時間對發糕膨發的影響

### 《實驗五》攪拌時間對低筋麵粉發糕膨發的影響

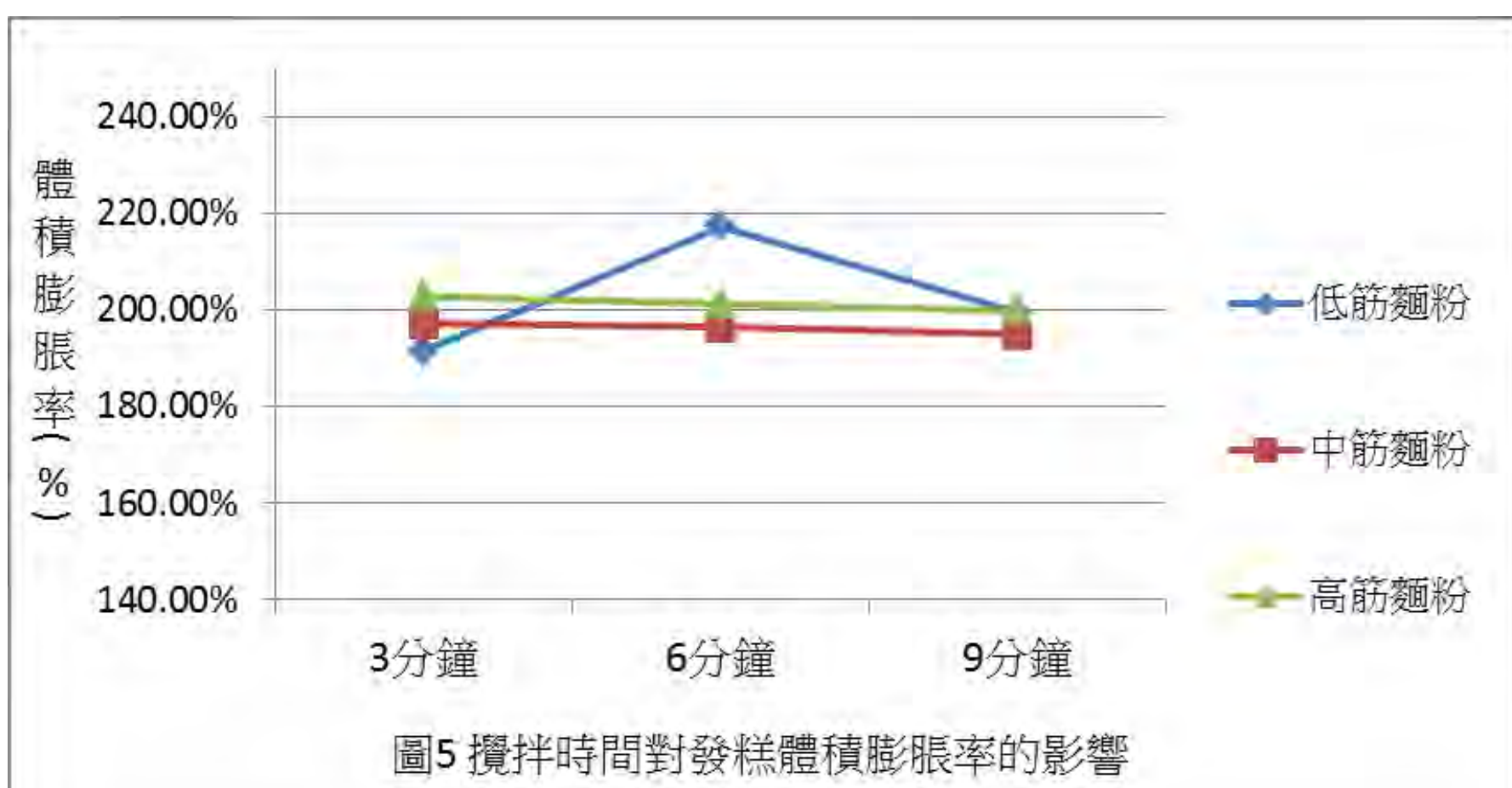
攪拌時間紀錄	3分鐘	6分鐘	9分鐘
成品照片			
質地情況	密度 0.58g/cm <sup>3</sup>	密度 0.58g/cm <sup>3</sup>	密度 0.61g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	佳
體積膨脹率	191.58%	217.28%	199.5%

### 《實驗六》攪拌時間對中筋麵粉發糕膨發的影響

攪拌時間紀錄	3分鐘	6分鐘	9分鐘
成品照片			
質地情況	密度 0.63g/cm <sup>3</sup>	密度 0.63g/cm <sup>3</sup>	密度 0.66g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	尚可	佳	佳
體積膨脹率	197.27%	196.38%	194.98%

### 《實驗七》攪拌時間對高筋麵粉發糕膨發的影響

攪拌時間紀錄	3分鐘	6分鐘	9分鐘
成品照片			
質地情況	密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	密度 0.62g/cm <sup>3</sup>	密度 0.62g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	不佳	不佳	尚可
體積膨脹率	202.93%	201.51%	199.89%



總結：

- 由《實驗五》發現低筋麵粉攪拌時間6分鐘，發糕的裂痕佳，體積膨脹率最大。
- 由《實驗六》發現攪拌時間對中筋麵粉做出的發糕體積膨脹率影響較不明顯，但是攪拌時間超過6分鐘可以提升裂痕程度。所以中筋麵粉攪拌6分鐘可以得到裂痕佳、體積膨脹率最大且較膨鬆的發糕。
- 由《實驗七》發現高筋麵粉攪拌時間越久，發糕的體積膨脹率變化不大（差異在3%以內），但裂痕情況有改善。其中以高筋麵粉攪拌9分鐘可以做出裂痕尚可的發糕。

## 條件三：麵糊靜置時間對發糕膨發的影響

### 《實驗八》麵糊靜置時間對低筋麵粉發糕膨發的影響

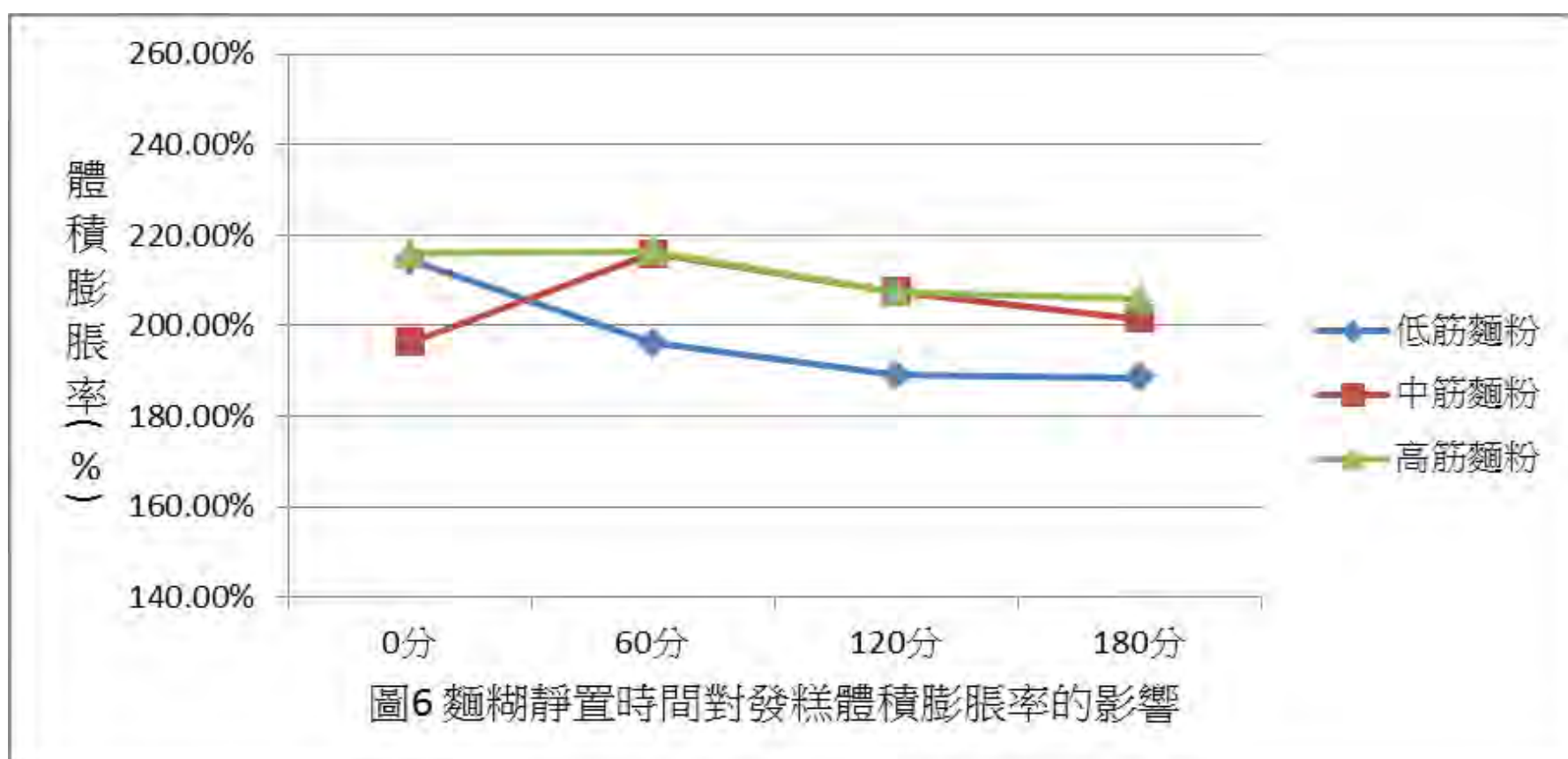
靜置時間紀錄	0分	60分	120分	180分
成品照片				
質地情況	密度 0.53g/cm <sup>3</sup>	密度 0.54g/cm <sup>3</sup>	密度 0.56g/cm <sup>3</sup>	密度 0.57g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	佳	佳
體積膨脹率	214.43%	196.26%	189.17%	188.44%

### 《實驗九》麵糊靜置時間對中筋麵粉發糕膨發的影響

靜置時間紀錄	0分	60分	120分	180分
成品照片				
質地情況	密度 0.63g/cm <sup>3</sup>	密度 0.55g/cm <sup>3</sup>	密度 0.56g/cm <sup>3</sup>	密度 0.58g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	尚可	尚可
體積膨脹率	196.38%	215.90%	207.60%	201.66%

### 《實驗十》麵糊靜置時間對高筋麵粉發糕膨發的影響

靜置時間紀錄	0分	60分	120分	180分
成品照片				
質地情況	密度 0.59g/cm <sup>3</sup>	密度 0.59g/cm <sup>3</sup>	密度 0.59g/cm <sup>3</sup>	密度 0.59g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	尚可	尚可	不佳	不佳
體積膨脹率	215.94%	216.43%	207.30%	206.14%



總結：

- 由《實驗八》得知低筋麵粉麵糊靜置時間為0分鐘，發糕的裂痕佳，體積膨脹率最大。
- 由《實驗九》得知中筋麵粉麵糊靜置時間為60分鐘，發糕的裂痕佳，體積膨脹率最大。
- 由《實驗十》得知高筋麵粉麵糊靜置時間為60分鐘，體積膨脹率最大。

## 條件四：糖水量對發糕膨發的影響

### 《實驗十一》糖水量對低筋麵粉發糕膨發的影響

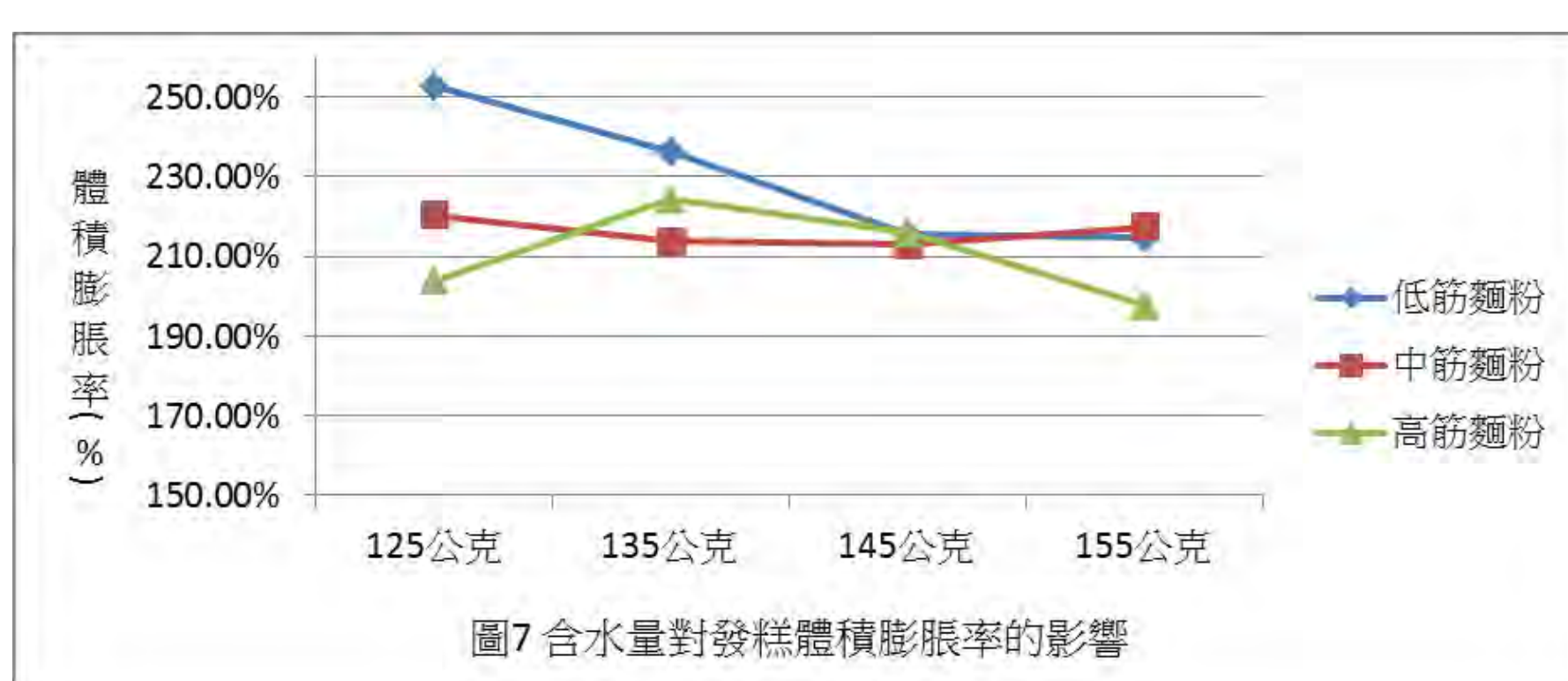
糖水量紀錄	125公克	135公克	145公克	155公克
成品照片				
質地情況	密度 0.48g/cm <sup>3</sup>	密度 0.51g/cm <sup>3</sup>	密度 0.55g/cm <sup>3</sup>	密度 0.56g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	佳	佳
體積膨脹率	252.75%	236.11%	215.50%	214.61%

### 《實驗十二》糖水量對中筋麵粉發糕膨發的影響

糖水量紀錄	125公克	135公克	145公克	155公克
成品照片				
質地情況	密度 0.56g/cm <sup>3</sup>	密度 0.58g/cm <sup>3</sup>	密度 0.58g/cm <sup>3</sup>	密度 0.56g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	佳	佳
體積膨脹率	220.38%	213.67%	212.99%	217.29%

### 《實驗十三》糖水量對高筋麵粉發糕膨發的影響

糖水量紀錄	125公克	135公克	145公克	155公克
成品照片				
質地情況	密度 0.57g/cm <sup>3</sup>	密度 0.55g/cm <sup>3</sup>	密度 0.59g/cm <sup>3</sup>	密度 0.56g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	尚可	尚可
體積膨脹率	203.73%	224.41%	215.94%	197.68%



總結：

- 由《實驗十一》得知含水量會影響低筋麵粉做出的發糕膨脹體積，其中以糖水125公克/100公克麵粉的比例，發糕的體積膨脹率最大，裂痕情況最佳。
- 由《實驗十二》得知含水量會影響中筋麵粉做出的發糕膨脹體積，其中以糖水125公克/100公克麵粉的比例，發糕的體積膨脹率最大，裂痕情況最佳。
- 由《實驗十三》得知含水量會影響高筋麵粉做出的發糕膨脹體積及裂痕情況，其中以糖水135公克/100公克麵粉的比例，發糕的體積膨脹率最大，裂痕情況最佳。



## 條件五：含糖量對發糕膨脹的影響

### 《實驗十四》含糖量對低筋麵粉發糕膨脹的影響

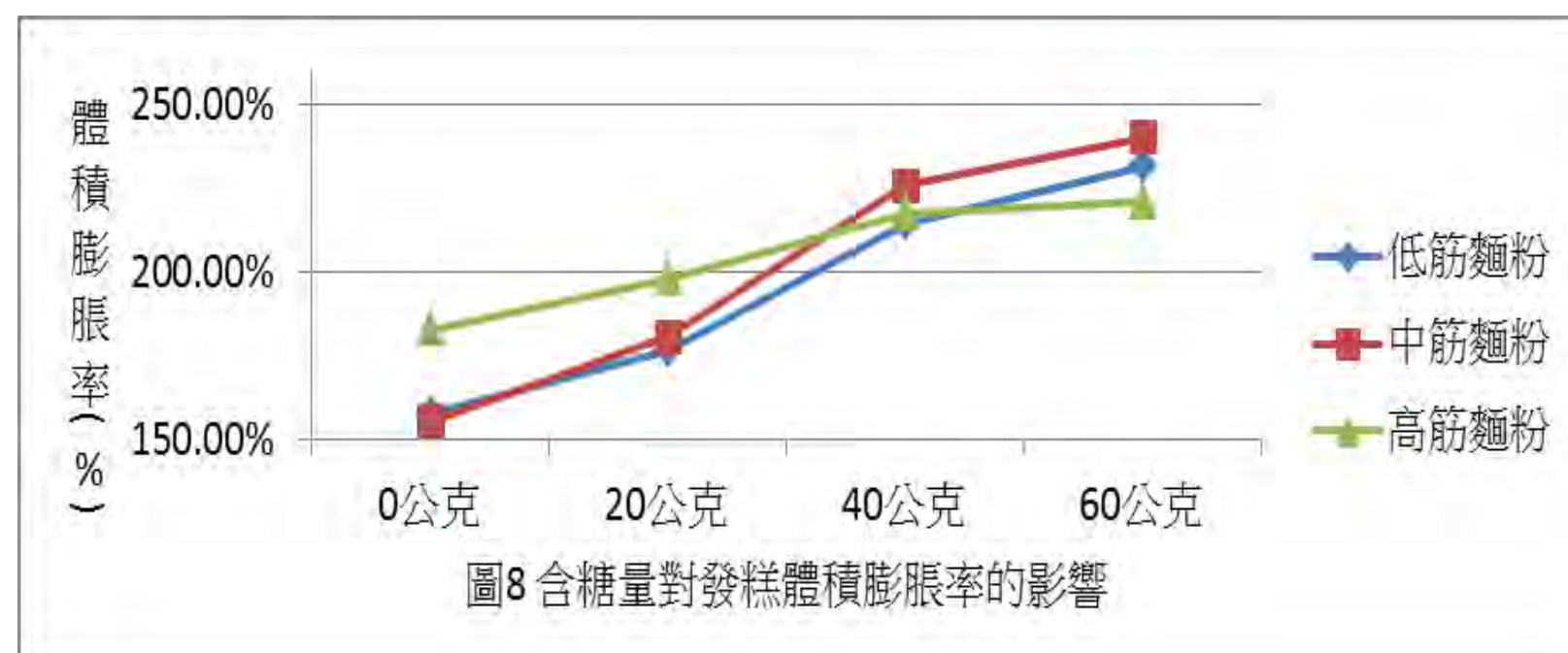
糖量	0 公克	20 公克	40 公克	60 公克
水量	125	105	85	65
成品照片				
質地情況	粉塊，氣洞	粉塊，氣洞	密度 0.56g/cm <sup>3</sup>	密度 0.53g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	不佳	佳	佳	佳
體積膨脹率	157.31%	176.44%	214.17%	231.32%

### 《實驗十五》含糖量對中筋麵粉發糕膨脹的影響

糖量	0 公克	20 公克	40 公克	60 公克
水量	125	105	85	65
成品照片				
質地情況	粉塊，氣洞	粉塊，氣洞	密度 0.56g/cm <sup>3</sup>	密度 0.51g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	尚可	尚可	佳	佳
體積膨脹率	155.32%	180.51%	225.41%	239.97%

### 《實驗十六》含糖量對高筋麵粉發糕膨脹的影響

糖量	0 公克	20 公克	40 公克	60 公克
水量	135	115	95	75
成品照片				
質地情況	大氣洞	氣洞、糊塊	有糊塊	密度 0.51g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	不佳	尚可	尚可	佳
體積膨脹率	182.48%	197.92%	217.39%	220.60%



總結：

- 一、含糖量越少，麵糊會產生粉塊，無法膨鬆。含糖量越多，體積膨脹越明顯，裂痕情況變好。
- 二、由《實驗十四》得知 60 公克糖/100 公克低筋麵粉的比例做出的發糕裂痕最佳，體積膨脹率最高。
- 三、由《實驗十五》得知 60 公克糖/100 公克中筋麵粉的比例做出的發糕裂痕最佳，體積膨脹率最高。
- 四、由《實驗十六》得知 60 公克糖/100 公克高筋麵粉的比例做出的發糕裂痕最佳，體積膨脹率最高。

## 條件六：燙麵法對發糕膨脹的影響

### 《實驗十七》燙麵法對低筋麵粉發糕膨脹的影響

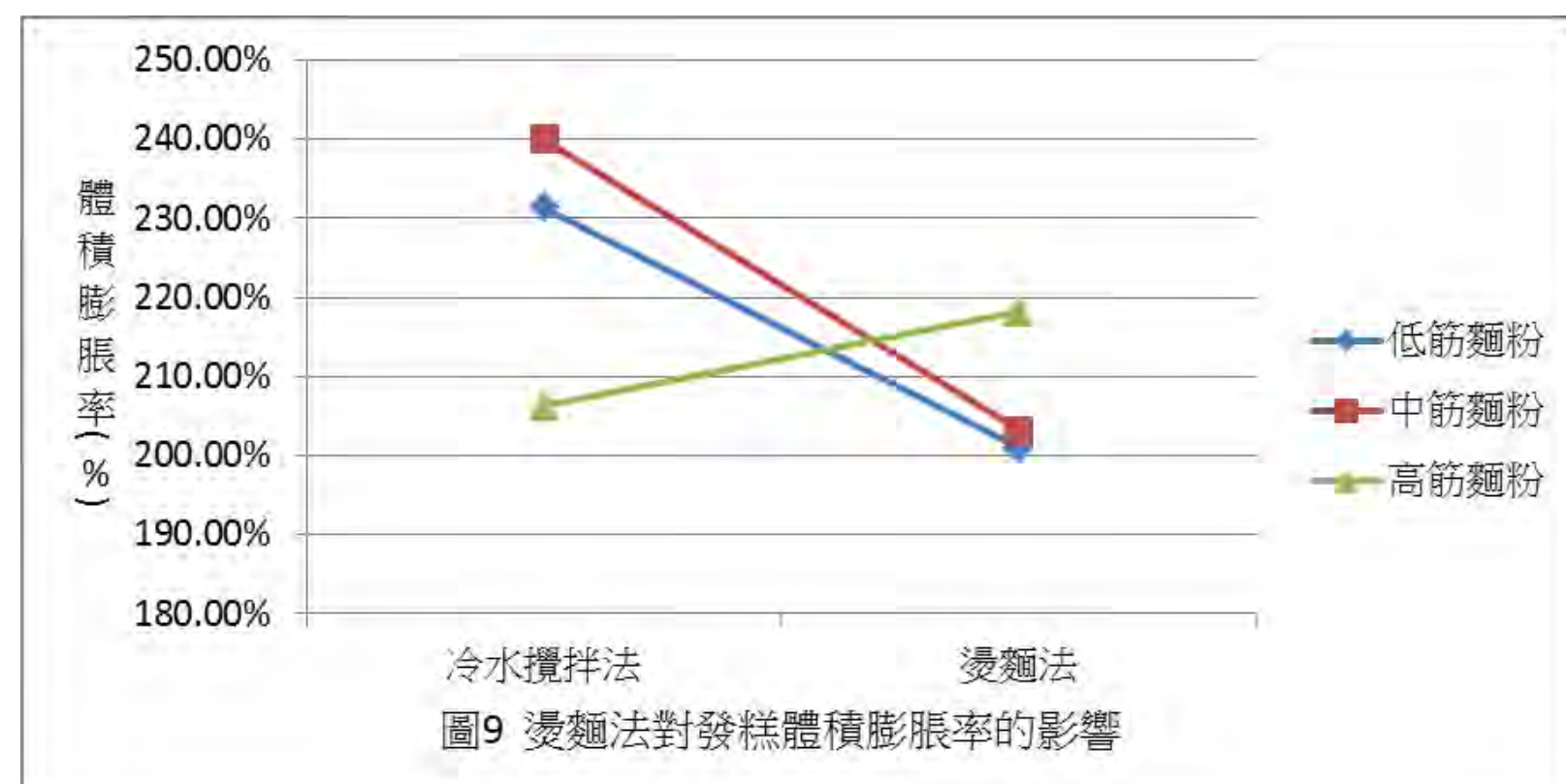
有無燙麵	紀錄	冷水攪拌法	燙麵法
成品照片			
質地情況		密度 0.52g/cm <sup>3</sup>	密度 0.52g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況		佳	佳
體積膨脹率		231.32%	225.98%

### 《實驗十八》燙麵法對中筋麵粉發糕膨脹的影響

有無燙麵	紀錄	冷水攪拌法	燙麵法
成品照片			
質地情況		密度 0.51g/cm <sup>3</sup>	密度 0.54g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況		佳	尚可
體積膨脹率		239.97%	215.57%

### 《實驗十九》燙麵法對高筋麵粉發糕膨脹的影響

有無燙麵	紀錄	冷水攪拌法	燙麵法
成品照片			
質地情況		密度 0.51g/cm <sup>3</sup>	密度 0.52g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況		佳、尚可	佳
體積膨脹率		206.25%	232.38%



總結：

- 一、高溫的糖水不會影響低筋麵粉的裂痕程度，但使筋性變得太多，使體積膨脹率降低。
- 二、高溫的糖水會使中筋麵粉的裂痕程度變弱，而因為筋性變得太多，使體積膨脹率降低。
- 三、高溫的糖水可以減弱高筋麵粉的強筋性，使得二氧化碳在逸出產生裂痕時，不會被筋性拌住，可以改善高筋麵粉做出發糕裂痕程度。

## 《實驗二十》各種麵粉最佳比例、條件試做發糕

	低筋麵粉	中筋麵粉	高筋麵粉
成品照片			
質地情況	密度 0.52g/cm <sup>3</sup>	密度 0.51g/cm <sup>3</sup>	密度 0.52g/cm <sup>3</sup>
裂痕情況	佳	佳	佳
體積膨脹率	231.32%	239.97%	232.38%



總結：各種麵粉都可配合不同條件做出又膨又發的發糕，**大家可以依喜歡的口感選用不同的麵粉**，做出自己喜愛的發糕。

## 陸、討論

- 一、麵粉是由小麥研磨得到的產品，它的主要成份有澱粉、蛋白質，及少許礦物質，而影響麵食的加工操作特性的最大因素是麵粉內小麥蛋白質，因小麥蛋白質遇水後，這些蛋白質的結構外形會改變，這些糾結在一起的結構就是一般麵粉產品所說的筋性。
- 二、麵粉產品會因為麵筋性質造成不同的口感和外觀，而影響麵筋結構可能的原因包括麵粉種類、麵粉含水量、攪拌、糖、鹽、麵粉添加物、酸性添加物等，上述原因可能強化麵筋結構，也可能弱化麵筋結構。二氧化碳在麵筋結構中是否穩固，決定著產品體積大小及可能造成表面產生裂痕。
- 三、發糕裂口形成以十字分四瓣或3條交叉分3瓣的效果最佳，從實驗中觀察到加熱約5分鐘左右，麵糊會鼓起來，再持續加熱二氧化碳會由表面衝出，使表面產生裂縫，經由持續加熱，裂縫持續擴大，但若麵糊內部筋性較強，二氧化碳無法自裂縫順利逸出，造成裂痕情形不佳。
- 四、由《實驗一》可知麵粉因麵筋蛋白質含量不同，經過相同條件攪拌成的麵糊，因為高筋麵粉形成較強的筋性，在麵筋的網絡中可以有效抓住形成的二氧化碳，所以體積膨脹率比低筋麵粉大，但強麵筋卻也拌住二氧化碳逸出，造成裂痕情況不佳。
- 五、泡打粉是糕點體積膨脹材料，每種點心成品對體積膨脹的要求都不同，發糕就是要體積大，所以許多配方為求膨脹，常加過量的泡打粉，造成口感帶苦味，研究《實驗二》、《實驗三》、《實驗四》發現泡打粉的量越多，可以提升發糕的體積膨脹率，以4%的用量可讓各種麵粉的體積膨脹率最大，若超過4%，會使發糕吃起來有澀澀的感覺。
- 六、由《實驗五》、《實驗六》、《實驗七》發現攪拌時間會影響發糕成品品質。使用低筋麵粉適度的攪拌可以得到體積較大，裂痕情形也較好的發糕，因為攪拌6分鐘時，低筋麵粉內的麵筋可以形成較強的麵筋結構，使二氧化碳可以在網絡中產生較大的體積膨脹率的發糕。使用中筋麵粉來做發糕，攪拌時間對體積膨脹率的影響不大，顯示攪拌3分鐘應該已把麵筋完全形成，所以體積膨脹率接近，但再多加攪拌可以使裂痕情況更好一些。至於高筋麵粉攪拌9分鐘成品最好，因本身麵筋蛋白含量高，所以透過多加攪拌可以將麵筋結構整理到更整齊，反而有利二氧化碳從裂痕逸出，提高裂痕的程度。
- 七、由本研究《實驗八》發現靜置時間不利低筋麵糊的體積膨脹，因為泡打粉內含有鹼性的小蘇打和固態結晶酸及澱粉，小蘇打一遇到水 就會立刻溶解，如果酸的溶解度很高，混合初期就會形成第一批氣泡，所以麵糊靜置時間太久，第一批氣泡無法有效撐起麵糊，只能利用第二批因加熱而使小蘇打分解生成的氣泡來讓麵糊膨脹。
- 八、由《實驗九》、《實驗十》發現中筋、高筋麵糊卻是以靜置60分鐘最好，我們猜測可能是中筋麵粉的麵筋在不斷吸水膨脹後，靜置可以讓麵筋有足夠的時間成長，如此形成的麵筋較柔軟，可以提高體積膨脹率及裂痕情況。
- 九、由《實驗十一》、《實驗十二》、《實驗十三》發現麵糊的吸水量會影響麵筋的形成，高筋麵粉麵筋含量較多，如果水量太少，麵筋會成長的不完全，質地也變得易碎，含水量太多，表面麵糊硬化慢，導致裂痕情況更差。低筋或中筋麵粉因麵筋含量少，如果麵糊內有太多水份，會使麵筋結構鬆軟，反而不利發糕的膨脹，所以糖水125公克/100公克低筋麵粉、糖水125公克/100公克中筋麵粉、糖水135公克/100公克高筋麵粉的比例，發糕的膨脹最優。
- 十、由《實驗十四》、《實驗十五》、《實驗十六》發現糖類溶解可以增強麵筋的筋性，所以不管使用何種麵粉做出的無糖發糕都因麵筋強度不夠，使得蒸的過程中可以看到表面不斷有氣泡冒出，沒有逸出的二氧化碳在麵糊內聚集，造成大氣洞及麵糊塊，所以60公克/100公克低、中、高筋麵粉的比例可以做出裂痕佳、體積膨脹率高的發糕。
- 十一、中式麵食常以燙麵法來減少麵筋的強度，由《實驗十九》發現高溫的糖水可以減弱高筋麵粉的強筋性，使得二氧化碳在逸出產生裂痕時，不會被筋性拌住，可以改善高筋麵粉做出發糕裂痕程度。但《實驗十七》發現低筋麵粉以燙麵法會將原來少量的筋性阻斷，會稍降低體積膨脹率。由《實驗十八》發現中筋麵粉可能因為麵糊部份已吸熱水糊化，造成二氧化碳無法順利逸出，使裂痕情況變差。

## 柒、結論

由研究結果發現二氧化碳留在麵糊內可以使發糕體積膨脹，而二氧化碳由糊化的麵糊表面逸出卻可以造成裂痕，低、中、高筋麵粉因麵筋蛋白質含量不同，所以二氧化碳與麵糊配合之後產生不同效果的發糕。二氧化碳的擇“粉”條件分別為：

- 一、低筋麵粉：成份比例(糖 60 公克/水 65 公克/100 公克低筋麵粉，泡打粉用量 4 公克)，攪拌時間 6 分鐘，麵糊完成後立即入鍋蒸 20 分鐘。
- 二、中筋麵粉：成份比例(糖 60 公克/水 65 公克/100 公克中筋麵粉，泡打粉用量 4 公克)，攪拌時間 6 分鐘，麵糊完成後靜置 60 分鐘後再入鍋蒸 20 分鐘。
- 三、高筋麵粉：成份比例(糖 60 公克/熱水 75 公克/100 公克高筋麵粉，泡打粉用量 4 公克)，以燙麵法，再攪拌 9 分鐘(倒數 1 分鐘加泡打粉)，麵糊完成後靜置 60 分鐘後再入鍋蒸 20 分鐘。

## 捌、參考資料

- 一、全國科展作品”發糕膨脹條件之探討”中華民國第 54 屆中小學科學展覽會作品說明書
- 二、哈洛得·馬基(2004)·《食物與廚藝【麵食·醬料·甜點·飲料】》，大家出版。p9-35
- 三、鍾莉婷(2014)·《探麵團》·新北市：幸福文化出版。p15
- 四、專題報導：美味又好吃的傳統食品-發糕- COCO01http://www.coco01.today/post/438623
- 五、http://bread-std.blogspot.com/2011/05/blog-post\_5955.html 麵筋結構的控制
- 六、http://homeeconomies.pixnet.net/blog/post/66280727-27.%E5%86%B7%E6%B0%B4%E9%BA%B5%E5%8F%8A%E7%87%99%E9%BA%B5 冷水麵及燙麵
- 七、嘉義市第二十八屆中小學科學展覽-發糕！發！發！今 年一路發！
- 八、台南市第五十二屆中小學科學展覽作品-發財高升-製作發糕的最適化條件