

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高職組 農業及生物科技科

第三名

091407

發糕膨發條件之探討

學校名稱：國立民雄高級農工職業學校

作者： 職二 許銘宏 職二 賴亭慈 職二 周沛穎	指導老師： 王俊雄 王瓊祥
---	-----------------------------

關鍵詞：黏度、發糕膨發、預糊化處理

壹、摘要

本研究希望找出發糕膨發之關鍵因素，首先，我們針對加工條件(滴水問題、火力大小)及原料配方(發粉含量、麵粉含量、水分含量)進行探討，由實驗結果顯示，滴水問題對發糕膨發之影響並不明顯，火力大小以大火之膨發效果為較佳；麵粉含量越高、水分含量越低，則膨發情形越好，推測可能與糊液黏度有關。我們進一步進行一系列的驗證實驗，由實驗結果顯示，黏度確實是影響發糕膨發之關鍵因素，因為，糊液黏度越高，則較易保留發粉產生之氣體。此外，我們藉由實驗證實，預糊化是提高黏度最佳的方法，就算是使用 100% 的純米漿製作發糕，雖然初始黏度偏低，但只要經過預糊化處理，適度提高糊液的黏度，也可以製作出膨發程度很好的純米漿發糕。

貳、研究動機與目的

一、研究動機

「發糕」是一種傳統的米食食品，上食品加工實習時，我們發現每一組發糕的膨發程度並非很理想，如圖1所示，就算膨發也發的不夠好，所以引起了我們的好奇心，想要找出發糕為什麼會膨發及最能膨發之條件。



圖1 課本方法膨發情形不理想

二、研究目的

- (一) 建立發糕膨發量化之指標。
- (二) 探討加工條件與原料配方對發糕膨發程度之影響。
- (三) 分析找出影響發糕膨發之關鍵因素。
- (四) 驗證發糕改良式製作方法之膨發效果。

參、研究過程與方法

一、文獻回顧

(一) 發糕之簡介

發糕，台語稱為「發粿」，客家人則稱為「發板」，是過年家中長輩用來預測明年是否「發」的指標，倘若蒸的發糕愈發、裂縫愈開，明年將會發、發、發。⁽¹⁴⁾

(二) 發糕之配方⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾⁽¹⁴⁾⁽²⁾

我們將蒐集到的許多發糕材料配方做一個統計如下表所示：

材料	配方 A	配方 B	配方 C	配方 D	配方 E
低筋麵粉	100%	100%	75%	50%	30%
在來米粉	-	-	-	50%	70%
蓬萊米粉	-	-	25%	-	-
發粉	3%	3.5%	4%	4%	3.5%
水	90%	90%	100%	75%	135%
其他	45%	70%	70%	70%	70%

(三) 發糕之材料

1. 發粉(Baking power)⁽³⁾

發粉簡稱 B.P，又稱泡打粉或發泡粉，為白色粉末狀。由蘇打粉配上不同的酸性鹽配合而成，一遇水即產生中和，將二氧化碳放出，剩下弱鹼性的鹽類，鹼性低對產品不會產生太大影響。發粉依其產生二氧化碳的快慢，又可分為三種：

- (1) 快速反應發粉：此發粉為酒石酸類發粉，在溫室以釋出部分或全部的二氧化碳。因為進爐後，膨脹度不大，所以此發粉適於小西餅。
- (2) 慢速反應發粉：在未進爐或加熱前所釋出的二氧化碳很少，適用於道納斯和油條。
- (3) 雙重反應發粉：為快速發粉及慢速發粉混合而成，此發粉在室溫下釋出 1/5~1/3 的氣體，其他在烤爐內或加熱時釋出，適用於蛋糕。

2. 低筋麵粉 (Cake Flour) ⁽³⁾⁽⁴⁾

由白麥研磨而成，亦稱蛋糕麵粉或低蛋白質麵粉，內含 7~8% 蛋白質，為細白粉狀，用手抓時感覺會有成糰狀，粉質細而白，遇水成糰，若再經攪拌會混合，則是製作麵點之主原料。使用於不需彈韌性的麵點，如發糕、蒸蛋糕、油酥、桃酥、月餅皮、內餡等。

3. 在來米⁽¹⁰⁾

秈稻所碾白的米稱為在來米，米粒呈細而長且扁平狀。煮熟後黏性小，約 28 % 直鏈澱粉，72% 的支鏈澱粉含量與糯米比例較多，遇碘即呈鮮藍色。

(四) 澱粉糊化溫度⁽¹⁾

各種澱粉的糊化溫度及澱粉糊化的黏度均不同，糊化溫度分別為甘藷澱粉 65~73°C、樹薯澱粉 59~70°C、馬鈴薯澱粉 56~65°C、小麥澱粉 62~83°C、米澱粉 70~80°C、玉米澱粉 65~76°C。

(五) 發糕相關文獻⁽⁷⁾之回顧分析

1. 以中速 3 分鐘攪拌麵糊、每碗添加 250 公克麵糊量並以 100°C 大火火侯蒸籠蒸煮 25 分鐘可得到最佳開辦膨發效果。關鍵點→利用攪拌機攪拌使糊液起泡。
2. 以 100% 水量、4% 發粉添加量，並採用 100% 低筋麵粉、或以 75% 低筋麵粉：25% 蓬萊米粉實驗組可得到最佳開辦膨發效果。關鍵點→麵粉含量比實習課本配方高。
3. 以 75% 低筋麵粉：25% 蓬萊米 100% 的水量實驗組在彈性、口感及整體喜好性評分結果最佳，皆較傳統的 100% 低筋麵粉添加 80% 水量對照組有顯著差異存在。關鍵點→水分含量比實習課本配方低。

※本研究中「發糕」之製程，採食品加工實習課本⁽²⁾之配方與方法，配方如表 1 所示

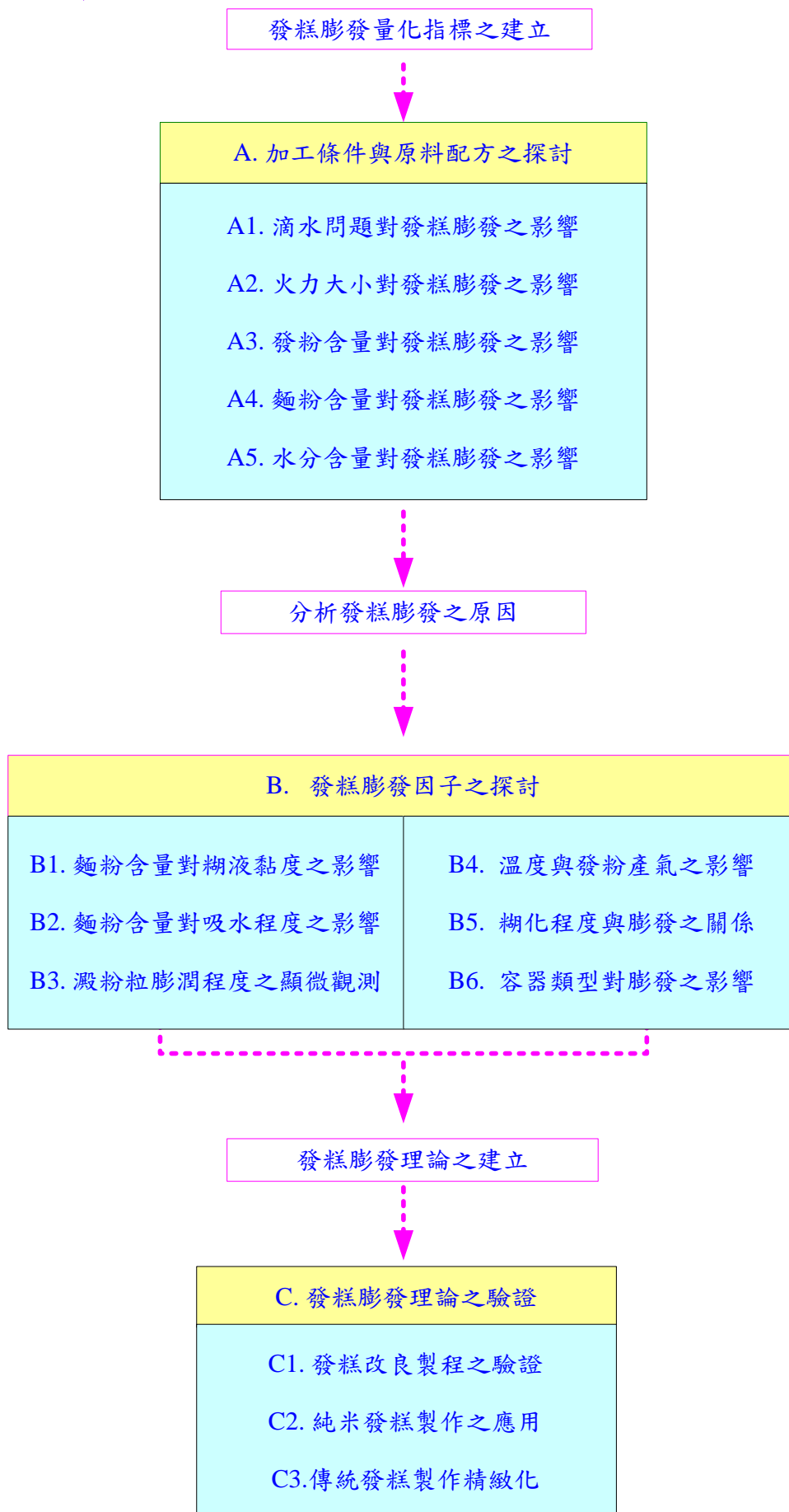
表 1 本校實習課本發糕之配方

	材料	%	重量(g)
①	細砂糖	70	350
	水	120~150	600~750
②	在來米粉	70	350
	低筋麵粉	30	150
	發粉	3.5	17.5

方法：

1. 將材料②混合過篩，放入打蛋盆中備用。
2. 取另一個打蛋盆將材料①攪拌溶解均勻，加入材料②中充分攪拌均勻，至表面形成鏡面光澤的米漿。
3. 盛裝入模型或碗中，約 8 分滿，排放置蒸籠內。
4. 用大火蒸熟，過程中勿掀鍋蓋，約 20~25 分鐘，熟成掀鍋蓋時避免凝結水滴到成品燙傷

二、研究架構

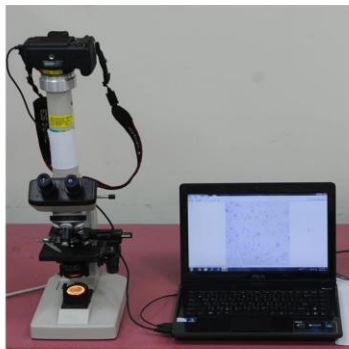


三、設備與材料

(一) 設備



相機
CASIO(FX-1)



顯微照相系統
(Nikon YS+Canon 650)



電子秤
(DerherBBX-3W)



筆記型電腦
(acer)



加熱器
SHIN KONG
(MH-1)



黏度計
BROOKFIELD (DV-E)



恆溫水槽
MC_N2738



車床
台中精機(Victor)



3D雷射掃描
Roland LPX-600

(二) 材料：



低筋麵粉
(統一企業股份有限公司)



台糖精緻細砂
(台灣糖業股份公司)



發粉
(CRESCENT)



在來米粉
(上統農業有限公司)

四、研究方法

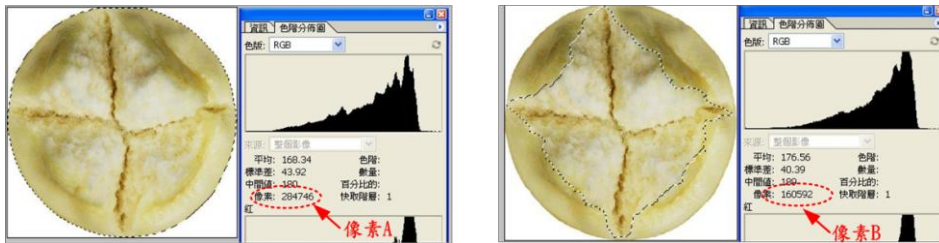
【建立發糕膨發量化指標】

◎ 我們訂出發糕膨發的指標有二大點

1. 發糕裂開百分比(%)：

使用 Adobe Photoshop CS 影響處理軟體，固定每一張相片之尺寸，分析發糕俯視面積的像素多寡(全部/裂開)作為俯視面積大小的量化指標，如下圖所示：

$$\text{發糕裂開百分比(\%)} = \frac{\text{發糕裂開面積(像素)}}{\text{發糕俯視面積(像素)}} \times 100\% = \frac{B}{A} \times 100\%$$



2. 發糕盛裝珠子的膨發體積：

(1) 我們一開始是想用機械科的 3D 雷射掃描器，一般來講都是在掃描較平整表面較粗糙的物品，死角較少，有人用它來掃描麵包，如圖 2 所示，可是用來掃描發糕量測體積並不適用，因為在發糕膨發有山峰跟山谷是呈不規則性的形狀，有些角度及位置是沒辦法掃到的，機器掃描之後，如圖 3 所示，資料不完全便會發生破損之情形，如圖 4 所示。

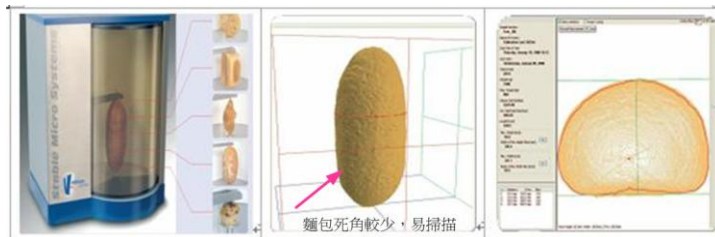


圖 2 3D 雷射掃描器掃描實體物品



圖 3 3D 雷射掃描器實際掃描發糕

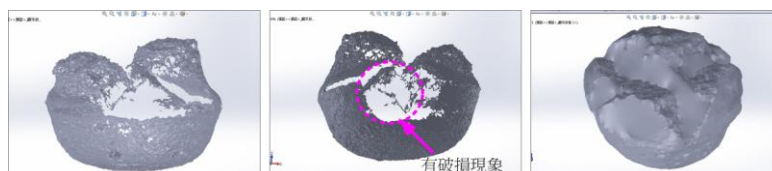


圖 4 3D 雷射掃描器實際掃描發糕之情形

(2) 後來我們從網路上搜尋，油菜籽置換法是計算麵糰體積的一種傳統方法，這種方法是對標準容器內麵包周圍填滿的油菜籽或者珍珠麥的量進行測量。由於油菜籽會結糰、吸濕和可能發生產品被擠壓等問題，這種方法既耗時，又不可靠，種子置換法來測定發糕的體積，形狀不規則，同時種子的皮呈半透性而且大小不一，會黏在發糕上，發覺並不是一個很理想的量體積的方式，另外使用芝麻或沙子來測量體積，也會遇到同樣的情形。



(3) 最後我們採用 BB 彈來測量體積，BB 彈是塑膠做的表面光滑、真圓度佳、尺寸一致、填充排列時比較緊密，容積計算起來會比較準確，但實際測量發現與發糕接觸的 BB 彈表面會有一些水附著，所以我們使用算顆粒的方式來測量發糕膨發體積，而不是用稱重方式測量膨發體積，我們的示意圖，如圖 5 所示，過程圖，如圖 6 所示，我們自行設計算 BB 的彈器具，如圖 7 所示。

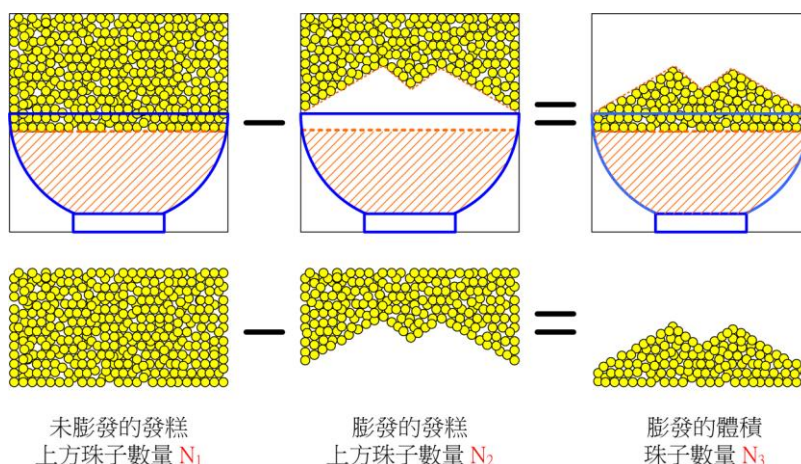


圖 5 發糕膨發體積之計算示意圖

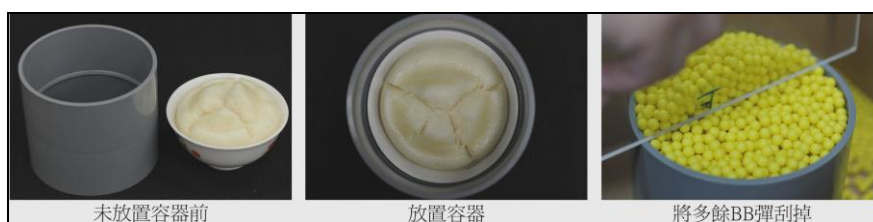


圖 6 算 BB 彈體積之過程

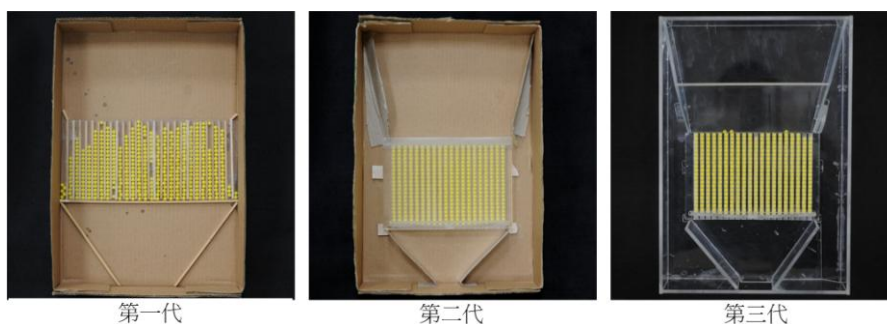


圖 7 算 BB 彈改良之器具

【研究A】 加工條件與原料配方之探討

【實驗A1】 滴水問題對發糕膨發之影響

前言：實習課蒸煮發糕所使用的蒸籠蓋會有嚴重滴水的現象，我們懷疑凝結水滴落是否會影響發糕膨發？

步驟：

1. 實驗變因：蒸籠蓋是否會滴水。(現有蒸籠蓋、圓錐型蒸籠蓋)
2. 採用學校「現有蒸籠蓋」，將乾燥過的沙子進行蒸煮，觀察並拍攝凝結水滴落之情形。
3. 依據實習課本之原料配方與製作流程，進行發糕之蒸煮，觀察並拍攝凝結水滴落是否會影響發糕的膨發程度，為了方便觀察膨發情形我們使用劃線的方式將發糕畫十字型，並方便觀察膨發之情形。
4. 參考相關文獻⁽⁸⁾設計製作不會滴水的「圓錐型蒸籠蓋」進行滴水比對驗證。
 - (1) 裁切出半徑 23cm 的圓形鐵片。
 - (2) 裁切圓心角 47 度的扇形。
 - (3) 設計並製作出折起來呈現 30 度的蒸籠蓋，「圓錐型蒸籠蓋」設計圖，如圖 8 所示：

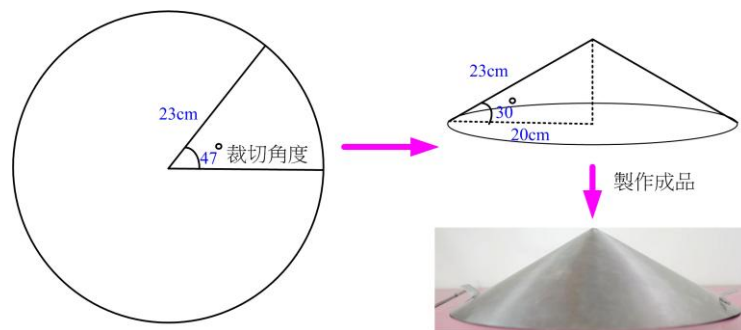


圖 8 圓錐型蒸籠蓋設計圖

5. 依據食品加工實習課本之原料配方與製作流程，進行蒸煮，觀察並拍攝發糕的膨發情形。

結果：

1. 由圖 9 顯示，採用學校「現有蒸籠蓋」，將乾燥過的沙子進行蒸煮，乾燥過的沙子有許多明顯的滴水痕跡。
2. 由圖 10 顯示，採用「圓錐型蒸籠蓋」，將乾燥過的沙子進行蒸煮，乾燥過的沙子上完全沒有滴水的痕跡。
3. 由圖 11 顯示，採用學校「現有蒸籠蓋」，進行發糕之蒸煮，被滴到水的部分會留下痕跡，整體而言，並不會明顯影響發糕的膨發。
4. 由圖 12 顯示，採用「圓錐型蒸籠蓋」，進行發糕之蒸煮，完全沒有滴水的痕跡，不會影響發糕的膨發，但僅稍微膨發。



圖 9 採用「現有蒸籠蓋」沙子上有明顯的滴水痕跡



圖 10 採用「圓錐型蒸籠蓋」沙子上面沒有滴水情形



圖 11 採用「現有蒸籠蓋」發糕上有明顯的滴水痕跡



圖 12 採用「圓錐型蒸籠蓋」蒸煮發糕僅稍微膨發

討論：

1. 採用「圓錐型蒸籠蓋」進行蒸煮，可有效排除凝結水滴落之影響。
2. 經實驗結果比對驗證，凝結水滴落對發糕之膨發，僅造成一些影響。
3. 為了有效排除實驗滴水之干擾因子，本研究之後進行的實驗，均採用「圓錐型蒸籠蓋」進行蒸煮。

【實驗 A3】火力大小對發糕膨發之影響

前言：我們推測瓦斯爐的火力大小會影響水蒸氣產生量可能對發糕膨發程度有影響。

步驟

1. 實驗變因：瓦斯爐火力的大小。(小火、中火、大火)
2. 採用食品加工實習課本之原料配方與製作流程，配合使用「圓錐型蒸籠蓋」進行發糕之蒸煮。
3. 火力大小之刻度，如下圖所示。



結果：

1. 由圖 13 顯示，以小火進行蒸煮，發糕完全沒有膨發。
2. 由圖 13 顯示，以中火進行蒸煮，發糕則會稍微裂開。
3. 由圖 13 顯示，以大火進行蒸煮，發糕則會裂開，則膨發程度並不明顯。

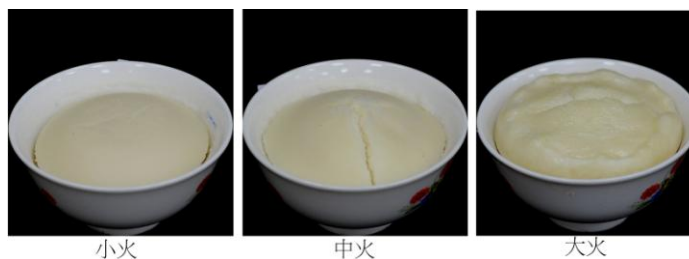


圖 13 不同火力對發糕膨發程度之影響

討論：

1. 由實驗結果顯示，發糕之蒸煮以大火的膨發效果較佳，但是還沒找出發糕膨發之關鍵。
2. 在普通化學 I⁽⁶⁾ 中學過理想氣體方程式 ($PV = nRT$)，若瓦斯爐火力逐漸變大，則溫度隨著逐漸變高，糊液內發粉產生的氣泡壓力逐漸變大，氣泡體積也隨著變大，當糊液內大量的氣泡累積的壓力達到某一臨界值時，就會將發糕的表面撐破逐漸撐破，產生膨發之現象。

$$PV = nRT$$

P：表理想氣體的壓力 (atm)

V：表理想氣體的體積 (L)

n：表理想氣體的莫耳數 (mol)

R：表理想氣體常數 (0.082 atm·L/mol·K)

T：表理想氣體的溫度 (凱氏溫度 K)

【實驗 A4】發粉含量對發糕膨發之影響

前言：發糕的膨發是因添加發粉產生氣體所致，因此，我們想探討發粉含量對膨發程度之影響。

步驟：

1. 實驗變因：發粉含量。(1.5%、2.5%、3.5%、4.5%、5.5%)
2. 採用食品加工實習課本之原料配方與製作流程，配合使用「圓錐型蒸籠蓋」進行發糕之蒸煮，觀察並拍攝不同的發粉含量是否會影響發糕的膨發。
3. 使用 Adobe Photoshop CS 來算出發糕裂開的面積，並用 BB 彈來算出發糕的膨發體積。

結果：

1. 由圖 14 顯示，「發粉含量」與膨發程度呈正相關，「發粉含量」在 4.5%(含)以上，發糕就會明顯膨發。

2. 如表 2、圖 15 顯示發粉含量越多，則膨發的體積越大。
3. 如表 3、圖 16 顯示發粉含量越多，則裂開面積的百分比越大。

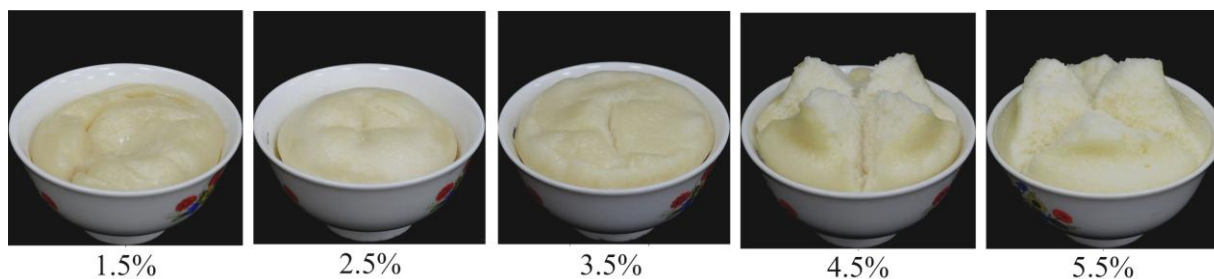


圖 14 不同「發粉含量」對發糕膨發程度之影響

表 2 不同「發粉含量」對發糕膨發體積之影響

發粉含量	膨發體積				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
1.5%	38	116	219	124.3	90.8
2.5%	30	124	159	104.3	66.7
3.5%	418	345	254	339.0	82.2
4.5%	561	673	720	651.3	81.7
5.5%	833	776	936	848.3	81.1

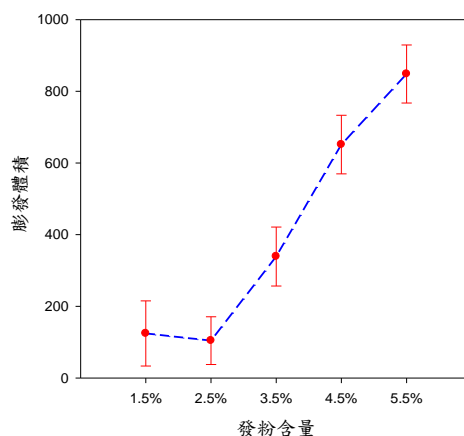


圖 15 不同「發粉含量」對發糕膨發程度之影響

表 3 不同發粉含量對開口面積之比較

發粉含量	發糕裂開面積百分比(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
5.5%	70.39	71.11	74.95	72.15	2.45
4.5%	62.63	68.90	67.19	66.24	3.24
3.5%	24.28	23.20	26.40	24.63	1.63
2.5%	13.97	17.48	16.08	15.84	1.77
1.5%	9.42	8.04	13.69	10.38	2.95

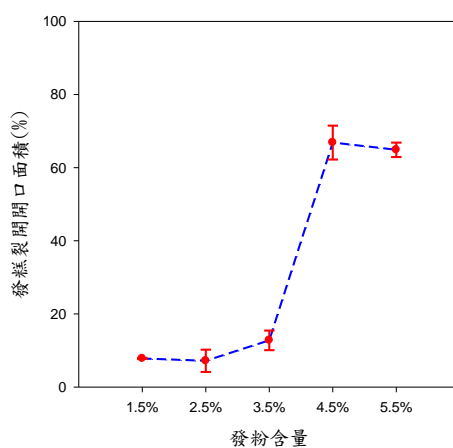


圖 16 發粉含量裂開開口面積

討論：

1. 由實驗結果顯示，「發粉含量」在 4.5% 膨發程度就很好。
2. 當「發粉含量」繼續增加到、5.5% 時，膨發體積與開口面積並沒明顯差異，但是由於發粉中含有鋁，可能會影響人體的健康，所以我們想保持原有的發粉配方，來製作發糕。

【實驗 A5】麵粉含量對發糕膨發之影響

前言：製作發糕的配方有許多種，麵粉含量都不一樣，我們推測麵粉含量會影響發糕的膨發程度。

步驟：

1. 實驗變因：麵粉含量。(100%、75%、50%、25%、0%)
 ※ 實習課本之配方：麵粉含量 30%
2. 我們改變低筋麵粉與在來米粉之比例，調配出不同麵粉含量，如表 2 所示。

表 4 麵粉含量之調配比例表

澱粉種類	糊液不同澱粉含量(%)				
低筋麵粉	100%	75%	50%	25%	0%
在來米粉	0%	25%	50%	75%	100%

3. 採用食品加工實習課本之原料配方與製作流程，配合使用「圓錐型蒸籠蓋」進行發糕之蒸煮，觀察並拍攝不同的「麵粉含量」是否會影響發糕的膨發程度。
4. 使用 Adobe Photoshop CS 來算出發糕裂開的開口，並用 BB 彈來算出發糕的膨發體積。

結果：

1. 由圖 17 顯示，「麵粉含量」與膨發程度呈正相關，在 50%(含)以上，發糕就會明顯膨發。
2. 如表 5、圖 18 顯示發粉含量越多，則膨發的體積越大。
3. 如表 6、圖 19 顯示發粉含量越多，則裂開面積的百分比越大。

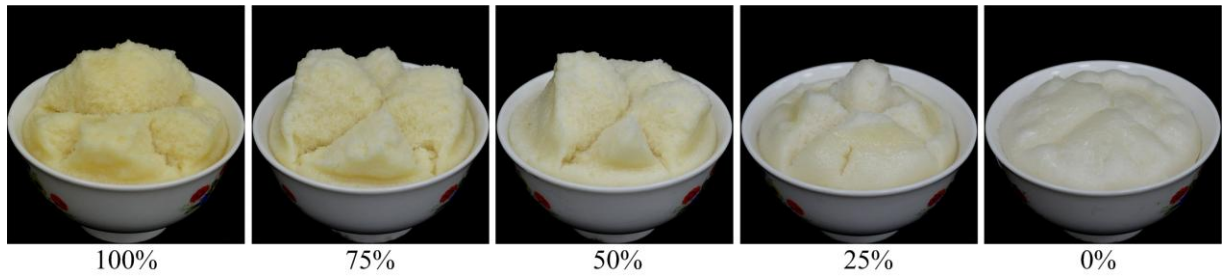


圖 17 不同麵粉含量對發糕膨發程度之影響

表 5 不同麵粉含量與發糕裂開像素之比較

麵粉含量	發糕裂開開口面積(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
100%	87.14	94.52	94.22	91.96	4.18
75%	61.42	61.63	63.65	62.23	1.23
50%	61.01	52.49	53.10	55.53	4.75
25%	57.25	40.00	39.27	45.51	10.18
0%	17.95	16.98	12.29	15.74	3.03

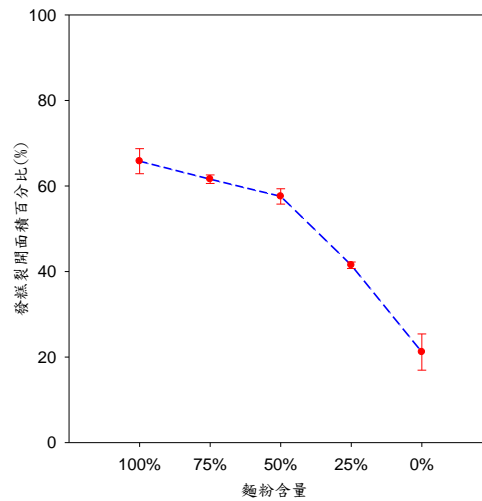


圖 18 麵粉含量與開口面積之關係

表 6 不同麵粉含量與盛裝珠子數量之比較

麵粉含量	膨發體積				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
100%	861	887	878	875	13.2
75%	887	861	740	829	78.4
50%	801	762	878	814	59.0
25%	702	732	710	715	15.5
0%	490	576	455	507	62.3

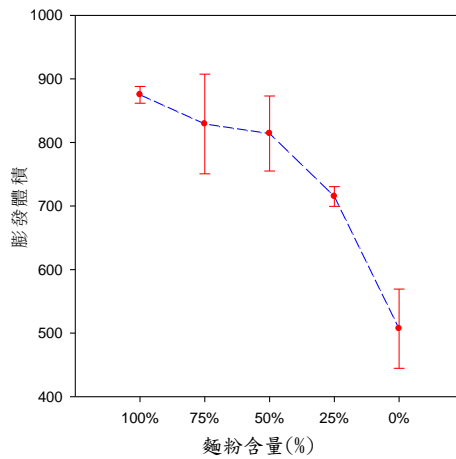


圖 19 不同麵粉含量與膨發體積數量之比較

討論：

1. 隨著麵粉含量的增加，裂開的像素、膨發體積會隨之增加。
2. 在製作發糕過程中我們推測「麵粉含量」與糊液黏度有關，進而影響發糕的膨發程度。
3. 由本實驗結果推測，糊液黏度應該與發糕的膨發程度息息相關。

【實驗 A6】水分含量對發糕膨發之影響

前言：我們也在推測水分含量也會影響糊液的黏度，進而發糕的膨發程度。

步驟：

1. 實驗變因：水分含量。(95%、115%、135%、155%、175%)

※ 實習課本之配方水分：水分 135%

2. 採用食品加工實習課本之原料配方與製作流程，配合使用「圓錐型蒸籠蓋」進行發糕之蒸煮，觀察並拍攝不同的水分是否會影響發糕的膨發。
4. 使用 Adobe Photoshop CS 來算出發糕裂開的開口，並用 BB 彈來算出發糕的膨發體積。

結果：

1. 由圖 20 顯示，「水分含量」與膨發程度呈負相關。
2. 由圖 20 顯示，「水分含量」在 155%時發糕僅稍微膨發；「水分含量」越多則發糕不易膨發
3. 如表 7 圖 21 顯示水分含量越少，則膨發體積越大。
4. 如表 8 圖 22 顯示水分含量越少，則裂開面積的百分比越大。

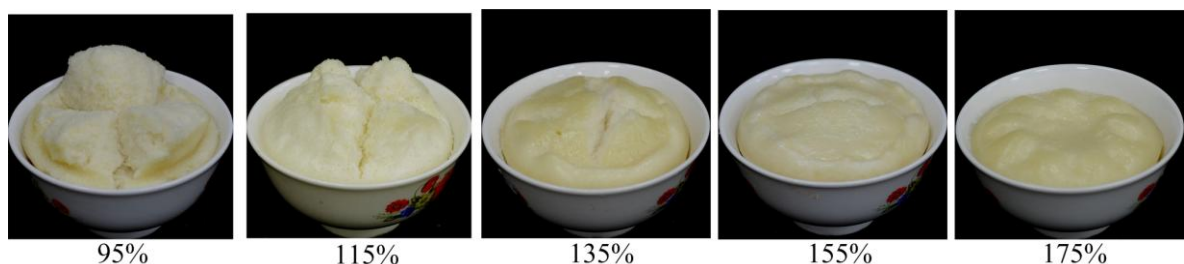


圖 20 不同「水分含量」對發糕膨發程度之影響

表 7 不同「水分含量」對發糕膨發程度之影響

水分含量	發糕裂開開口面積(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
95%	70.44	63.9	70.09	68.14	3.68
115%	58.52	56.98	55.82	57.11	1.35
135%	17.41	19.67	18.86	18.65	1.15
155%	13.58	11.74	14.62	13.31	1.46
175%	2.66	2.25	2.51	2.47	0.21

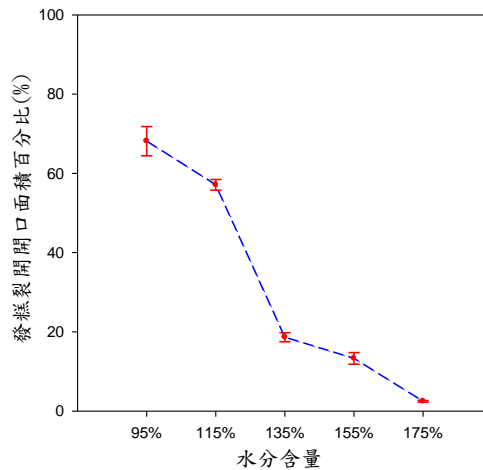


圖 21 水分含量與開口面積之關係

表 8 水分含量與膨發體積之關係

水分含量	膨發體積				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
95%	965	883	1371	1073.00	261.31
115%	793	801	667	753.67	75.16
135%	697	749	714	720.00	26.51
155%	525	486	491	500.67	21.22
175%	369	361	352	360.67	8.50

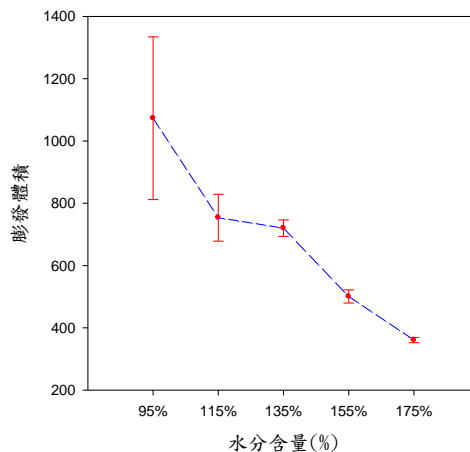


圖 22 水分含量與膨發體積之關係

討論：

1. 在製作發糕過程中，我們推測「水分含量」與糊液黏度有關
2. 在製作發糕過程中，我們推測「水分含量」可能影響發糕的膨發程度。
3. 由本實驗結果推測，糊液黏度應該與發糕的膨發程度關係密切。
4. 水分含量越少則發糕的開辦像素、與體積都明顯越好。

【研究 B】發糕膨發因子之探討

【實驗 B1】麵粉含量與糊液黏度之影響

前言：在【實驗 A5】中，我們初步發現「麵粉含量」與糊液黏度有關，本實驗希望進一步探討麵粉含量與糊液黏度之關係。



步驟：

1. 實驗變因：麵粉含量。(100%、75%、50%、25%、0%)

※ 我們採用實習課本之原料配方，僅改變低筋麵粉與在來米粉之比例，調配出不同麵粉含量，如表 9 所示。

表 9 麵粉含量之調配比例表

澱粉種類	糊液不同澱粉含量(%)				
低筋麵粉	100%	75%	50%	25%	0%
在來米粉	0%	25%	50%	75%	100%

2. 使用黏度計進行不同麵粉含量的糊液黏度之測定，我們保持了同樣一個速度 30RPM 去測定黏度並記錄

結果：由表 10、圖 23 顯示，「麵粉含量」越高，則糊液的黏度越高。

表 10 「麵粉含量」與糊液黏度之關係

麵粉含量	糊液黏度(cP)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
100%	1340	1310	1260	1303.3	40.4
75%	980	960	900	946.7	41.6
50%	650	640	620	636.7	15.3
25%	470	440	480	463.3	20.8
0%	240	260	230	244.7	15.3

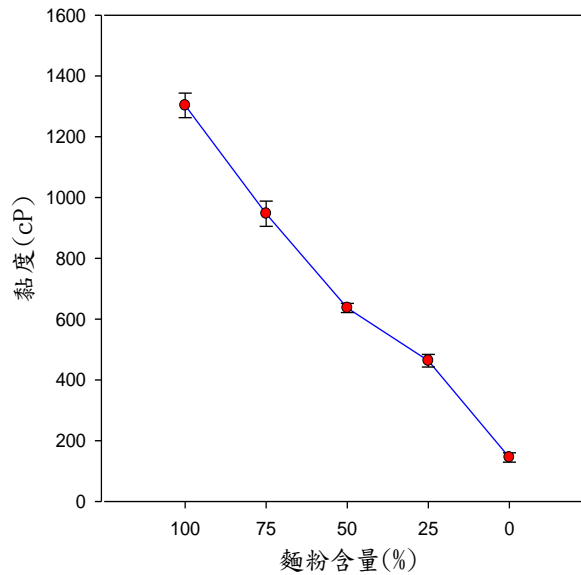


圖 23 「麵粉含量」與糊液黏度之關係

討論：

1. 由本實驗得知，「麵粉含量」與糊液黏度之關係確實非常密切。
2. 隨著「麵粉含量」越高，則糊液黏度也越高，
3. 我們推測糊液保留氣泡之能力也會隨之增高，導致發糕的膨發程度愈好。
4. 我們進一步將圖 23 做線性回歸，方程式為： $y = -280.06x - 1259.06$ ， $R^2 = 0.9880$ ，此方程式之斜率為 $-280.06x$ ，這表示麵粉含量減少時，下降速率約 280.06 下降速率非常快。

【實驗 B2】澱粉種類對吸附水分之影響

前言：在【實驗 A5】中，我們懷疑糊液中「麵粉含量」越高，則糊液黏度也越高，所以我們希望進一步探討糊液中「麵粉含量」對吸水量有沒有影響。

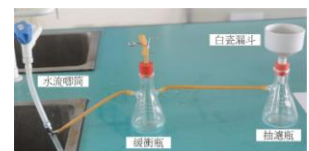
步驟：

1. 實驗變因：麵粉含量。(100%、75%、50%、25%、0%)
 ※ 我們採用實習課本之原料配方，僅改變低筋麵粉與在來米粉之比例，調配出不同麵粉含量，如表 11 所示。

表 11 麵粉含量之調配比例表

澱粉種類	糊液不同澱粉含量(%)				
低筋麵粉	100%	75%	50%	25%	0%
在來米粉	0%	25%	50%	75%	100%

2. 參考檢驗分析實習的抽氣過濾法各盛裝糊液 100g 來測定不同比例糊液的吸水殘留量。抽氣過濾裝置，如右圖所示：
3. 依下式計算濾液重：濾液重(g)=過濾後全瓶重(g)-空瓶重濾液重(g)



4. 依下式計算吸附水分百分比：

$$\text{吸附水分百分比(\%)} = \frac{\text{糊液重(g)} - \text{濾液重(g)}}{\text{糊液重(g)}} \times 100\%$$

結果：

- 1.由表 12、圖 24 顯示，「麵粉含量」則糊液的濾液殘留越少。
- 2.由表 13、圖 25 顯示，「麵粉含量」越少吸附水分的百分比就越少。

表 12 麵粉含量對濾液重之比較

麵粉含量	過濾後濾液重(g)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
100%	1.51	1.59	2.01	1.70	0.27
75%	4.06	4.03	4.13	4.07	0.05
50%	4.88	5.24	4.95	5.02	0.19
25%	7.87	7.3	8.93	8.03	0.83
0%	39.03	43.88	46.56	43.16	3.82

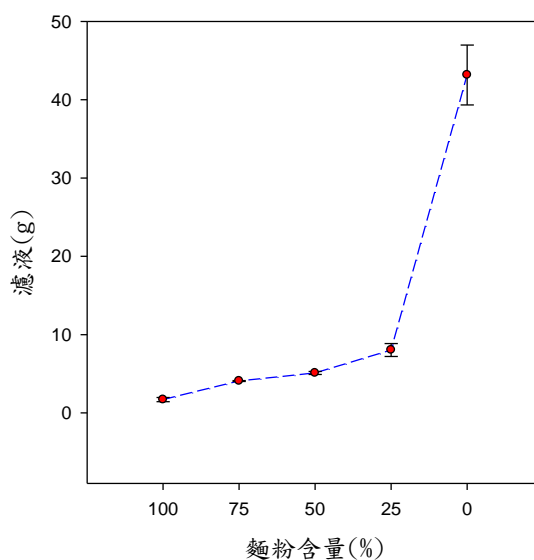


圖 24 「麵粉含量」與糊液殘留量之關係

表 13 麵粉含量吸附水分之比較

麵粉含量	吸附水分(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
100%	98.49	98.41	97.99	98.30	0.27
75%	95.94	95.97	95.87	95.93	0.05
50%	95.22	94.76	95.05	95.01	0.23
25%	92.13	92.7	91.07	91.97	0.83
0%	60.97	56.12	53.44	56.84	3.82

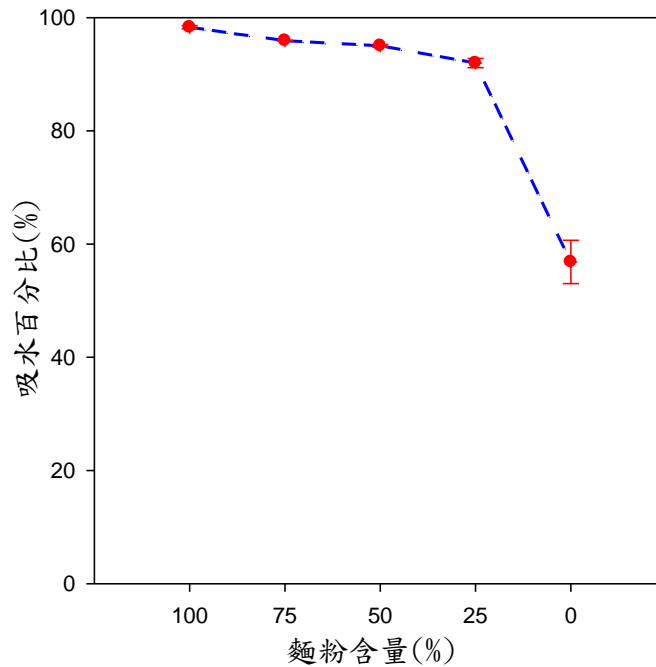


圖 25 「麵粉含量」與吸水百分比之關係

討論：

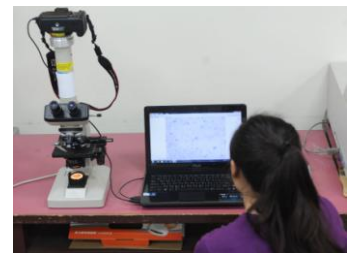
1. 由本實驗得知，「麵粉含量」對吸水量之關係確實非常密切。
2. 在這個實驗當中我們發現了麵粉含量越多，所殘留下來的濾液非常的少，吸附的水分越多，代表麵粉吸附水分的效果比在來米粉還要好。

【實驗 B3】澱粉粒膨潤程度之顯微觀測

前言：在【實驗 B2】中，我們懷疑糊液中「麵粉含量」越高，則糊液吸水量也越高，所以我們進一步探討糊液中「麵粉」與「在來米粉」在顯微鏡觀測中的吸水情形。

步驟：

※ 我們使用顯微鏡照相功能攝影不同澱粉粒膨潤的情形，裝置圖如右圖所示。



1. 我們觀察麵粉在顯微鏡下的顆粒，再用 100%的麵粉+糊液 135%的水，攪拌成糊液並用碘液染色來做比較。
2. 我們觀察在來米粉在顯微鏡下的顆粒，再用 100%的在來米粉+糊液 135%的水，攪拌成糊液並用碘液染色來做比較。

結果：

1. 由圖 26 所示，麵粉粒吸水染色後顆粒明顯膨大。
2. 由圖 27 所示，在來米粉經吸水染色後顆粒變化不明顯。

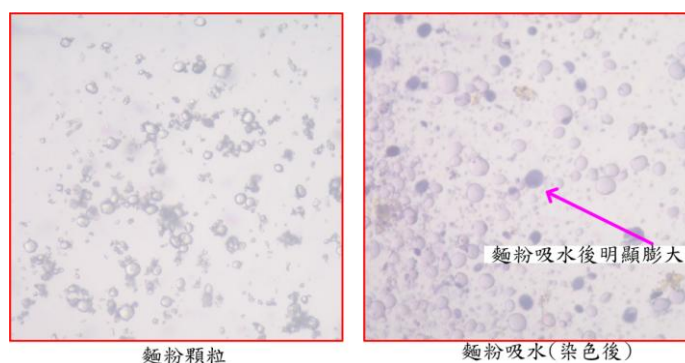


圖 26 生麵粉顆粒與麵粉糊液染色後之比較

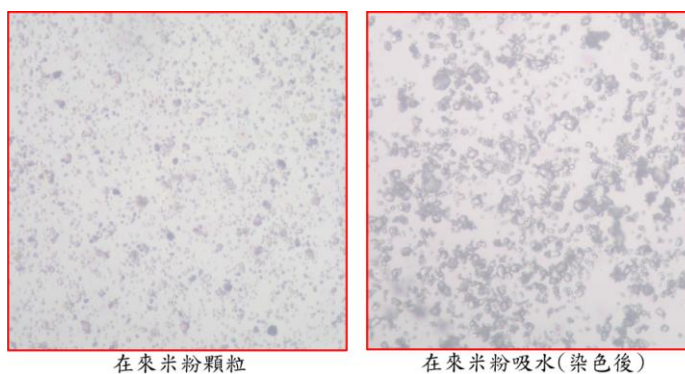


圖 27 生在來米粉顆粒與在來米粉糊液染色後之比較

討論：

1. 在此實驗中，我們發現了麵粉膨潤比在來米粉好上許多。
2. 在此實驗中，也就證明了「麵粉含量」愈高，吸水量越多，黏度也就越高的關係。

【實驗 B4】溫度與發粉產氣之關係

前言：發粉是發糕膨發的來源，本實驗擬測定溫度與產生氣體之關係，並利用排水集氣法來測定發粉氣體之能力。

步驟：

※實驗變因：溫度高低。(常溫、100°C)

1. 參考普通化學實習 I⁽¹³⁾排水集氣法來測定發粉在不同溫度下之變因。
2. 如圖 28 所示，將 1g 的發粉加入 10ml 的水中，採用化學實驗課本之排水集氣法，分別收集在常溫(實驗室溫度 25.7°C)、100°C 下之產氣量。

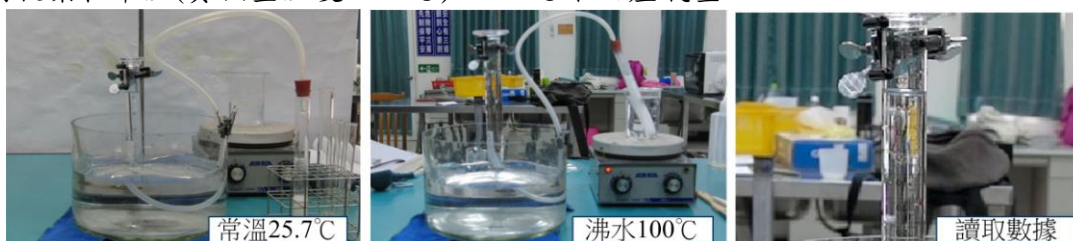


圖 28 排水集氣法測定常溫(左)、100°C(中)、讀取數據(右)下之產氣量之過程

結果：

1. 在常溫 (25.7°C) 下，本研究所使用的發粉一加入水中，就會立即產生約 15.7ml 的氣體，如表 14、圖 29 所示。

2. 在水浴(100℃)下，本研究所使用的發粉加入水中，會產生約 71.7ml 的氣體，如表 14、圖 29 所示。

表 14 溫度高低對發粉產氣量之影響

溫度(℃)	產氣量 (ml)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
常溫(25.7℃)	15	15	17	15.7	1.2
水浴(100℃)	70	70	75	71.7	2.9

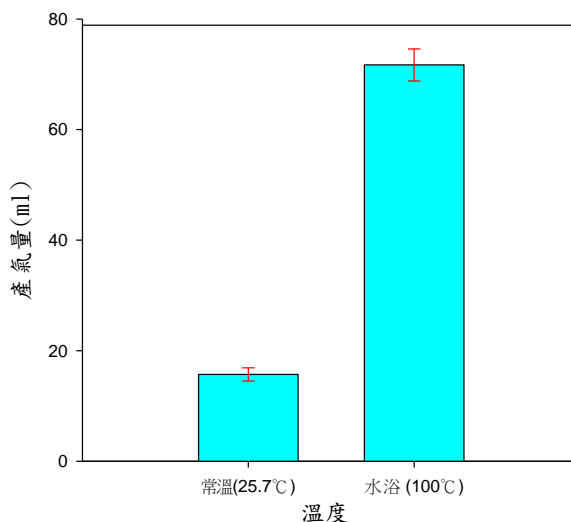


圖 29 不同溫度發粉產氣量之比較

討論：

1. 本研究所使用的是雙重反應發粉，在常溫下會產氣，在高溫下也會產氣而但產的比常溫下還多。
2. 由本實驗證明，發粉應該在低溫環境下添加，才能在加熱過程中發揮產氣能力。

【實驗 B5】糊化程度與糊液黏度之關係

前言：雖然「麵粉含量」會影響糊液黏度，但是若添加過多的麵粉，可能會造成發糕成品之口感品質改變，因此，本實驗希望在維持現有麵粉含量（30%）下來製作發糕，決定改用預糊化的方法來提高糊液黏度。

步驟：

※參考相關文獻⁽¹²⁾米漿預糊化處理對碗粿組織型態之影響，我們發現用恆溫水槽 80℃ 密閉蒸煮可以讓糊液糊化使黏度變高，過程如下圖所示。



1. 實驗變因：80°C 糊化糊液含量
2. 我們採用實習課本之原料配方，僅利用「80°C 糊化糊液」與「未糊化糊液」之比例來改變糊液黏度，如表 15 所示。

表 15 不同 80°C 糊化糊液之調配比例表

樣品	A	B	C	D	E
未糊化糊液	100%	75%	50%	25%	0%
80°C 糊化糊液	0%	25%	50%	75%	100%

3. 使用黏度計進行添加不同比例黏度之測定，並進行蒸煮，觀察結果。
 4. 使用 Adobe Photoshop CS 來算出發糕裂開的面積，並用 BB 彈來算出發糕的膨發體積。
- ※ 預糊化糊液添加發粉一定要冷卻完再加。

結果：

1. 由表 16、圖 30、31 顯示，「80°C 糊化糊液含量」越高，則糊液的黏度越高，膨發程度越好。
2. 由表 17、圖 32 顯示，「80°C 糊化糊液含量」越高，則膨發體積越大。
3. 由表 18、圖 33 顯示，「80°C 糊化糊液含量」越高，則裂開面積百分比越大。

表 16 不同 80°C 糊化糊液比例對糊液黏度之影響

80°C 糊化糊液含量	糊漿黏度(cP)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
100%	7400	7280	7140	7273	130
75%	5100	5480	5120	5233	214
50%	2560	2800	2580	2647	133
25%	1720	1780	1660	1720	60
0%	410	400	470	427	38

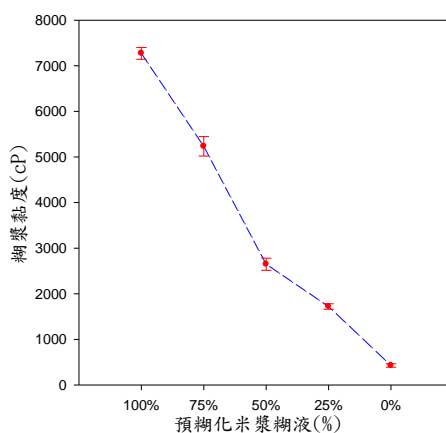


圖 30 不同糊化程度對糊液黏度之影響

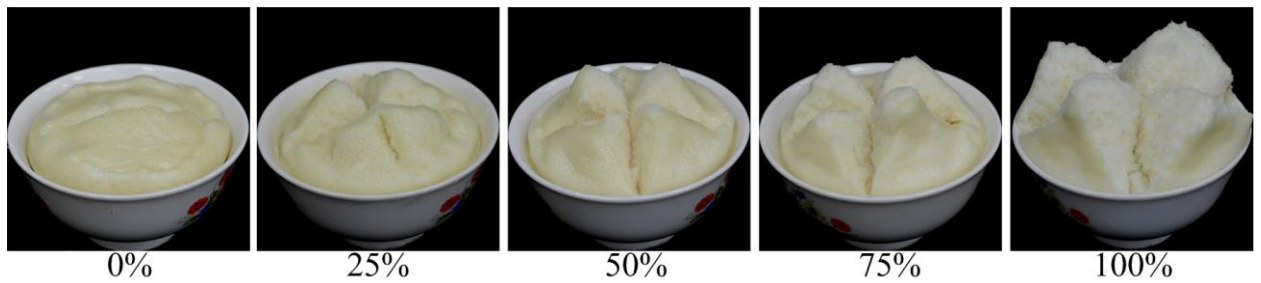


圖 31 80°C 糊化糊液含量之影響

表 17 80°C 糊化糊液含量對膨發體積之影響

80°C 糊化糊液含量	膨發體積				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
0%	707	759	724	730	26
25%	991	939	931	954	33
50%	1077	999	956	1011	61
75%	1111	1163	1214	1163	52
100%	1318	1361	1283	1320	39

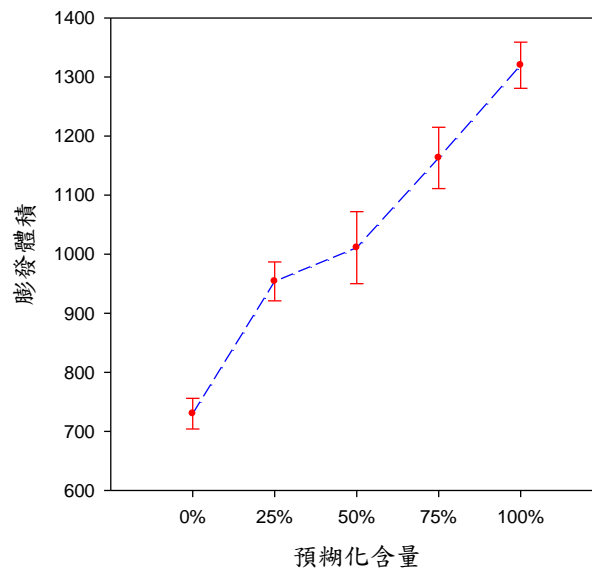


圖 32 80°C 糊化糊液含量對膨發之影響

表 18 80°C 糊化糊液含量對開口面積百分比之影響

80°C 糊化糊液含量	發糕裂開開口面積百分比(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
100%	89	91	94	91	3
75%	69	63	64	65	3
50%	45	65	44	51	12
25%	44	42	58	48	9
0%	6	6	9	7	2

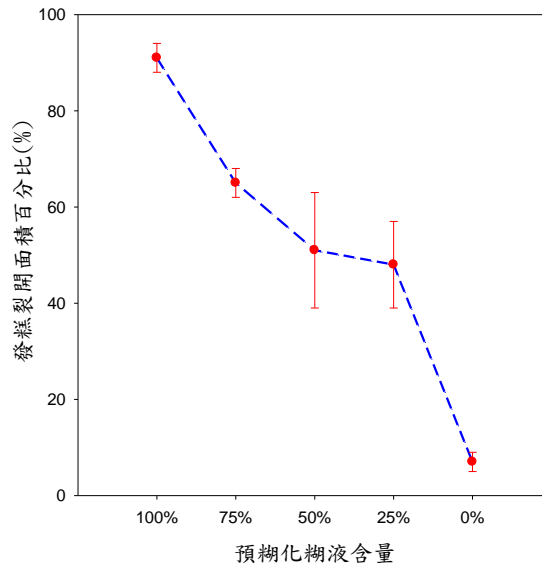


圖 33 80°C 糊化糊液含量與發糕裂開面積百分比之關係

討論：

1. 由本實驗得知，我們可利用預糊化的方法輕易改變糊液黏度，而膨發體積也比麵粉多上許多。
2. 在不改變發糕的配方前提下，若糊化程度越高，則糊液黏度也越高，糊液保留氣泡之能力也會隨之增高，導致發糕的膨發程度越好。
3. 由本實驗證明，糊液黏度是發糕的膨發關鍵因子，過去我們依據實習課本之方法製作發糕膨發情形不佳，是因為糊液黏度太低所致。

【實驗 B6】容器類型對膨發之影響

前言：另外我們也在懷疑容器的不同是否也會影響發糕的膨發。



步驟：

※實驗變因：容器高度。(7 公分、6 公分、5 公分、4 公分、3 公分、2 公分)

1. 使用車床裁切不同高度的容器過程如下圖所示。



2. 使用預糊化米漿來盛裝不同高度的容器來觀察發糕膨發之情形。

結果：由圖 34 所示，不同的容器高度造成不同的膨發程度。

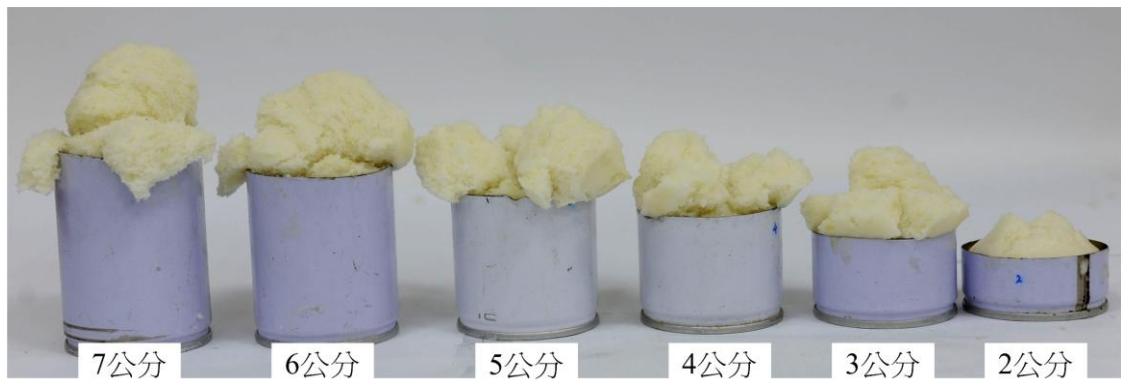


圖 34 不同高度對膨發之比較

討論

1. 我們發現寬度一樣，容器越高，其膨發程度越不好，而 3~5 公分的容器膨發程度較好。
2. 發糕的膨發程度跟容器息息相關，容器越低其膨發程度也不好。
3. 由物理教科書得知我們發現壓力 $(P) = \frac{\text{作用力}(F)}{\text{作用面積}(A)}$ 。
4. 本研究中:膨發壓力 $(P_1) = \frac{\text{糊液膨發力}(F_1)}{\text{容器開口面積}(A_1)}$ 。膨發的力量與容積量成正比關係。同

樣開口大小的容器，盛裝糊液越多膨發力越大，反之，盛裝量越少膨發力越小。

◎我們推測發糕膨發之跟黏度息息相關，而黏度越高，保留的氣體較多，反之黏度越低，則氣泡較不易保留。我們提出一個膨發假說由圖 35 所示：

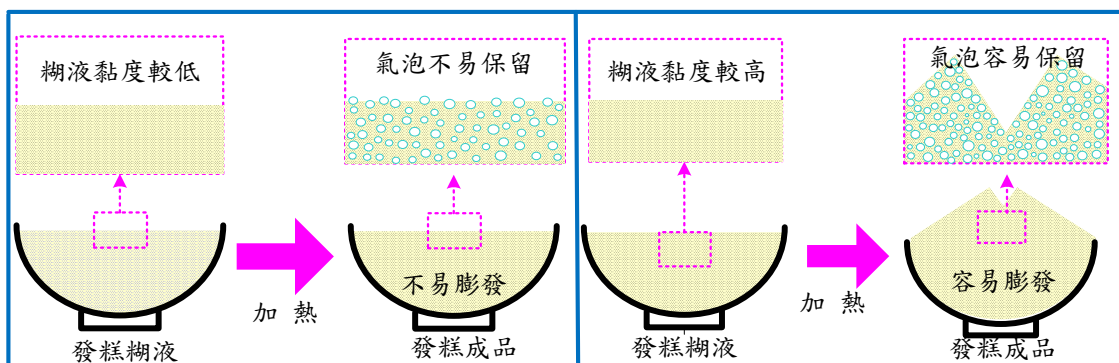


圖35 發糕膨發假說理論

【研究C】發糕膨發理論之驗證

【實驗 C1】改良方法製作發糕之測試

前言：經過前面一連串的實驗，我們發現在不改變課本方法的情況下，只需經預糊化處理，即可提高糊液之黏度，本實驗希望能驗證預糊化可以成功提高發糕的膨發程度。

步驟：

※實驗變因：預糊化糊液

1. 我們採用實習課本之原料配方，僅利用「預糊化糊液」不添加任何糊液
2. 採用實習課本之原料配方來製作發糕。

結果：

1. 由圖 36、37 顯示，原本膨發不佳的發糕經預糊化處理後變為膨發程度較好的發糕。
2. 由表 19、圖 38 顯示，採用糊化方式來比對課本配方製作之發糕，開口面積明顯變大。
3. 由表 20、圖 39 顯示，採用糊化方式來比對課本配方製作之發糕，膨發體積明顯變大。



圖 36 改良方法成功製造出膨發程度很高的發糕(三重複)



圖 37 課本配方未預糊化(三重複)

表 19 改良方法與課本方法開口面積之比較

不同糊液	發糕裂開開口面積(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
課本方法未預糊化	35.6	34.63	36	35.41	0.70
課本方法預糊化處理過	88.23	91.37	91.45	90.35	1.84

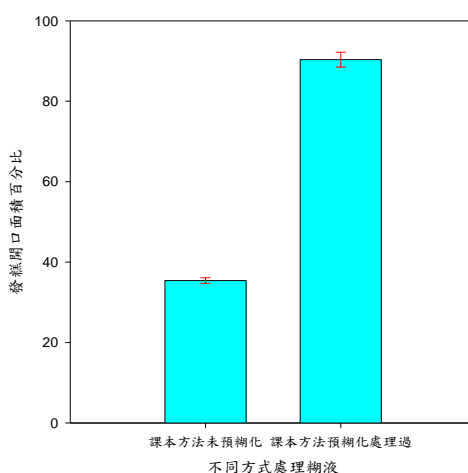


圖 38 改良方法與課本方法開口面積之比較

表 20 改良方法與課本方法開口面積之比較

不同處理方式	膨發體積				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
課本糊化處理	1332	1375	1405	1371	37
課本未糊化處理	766	754	601	707	92

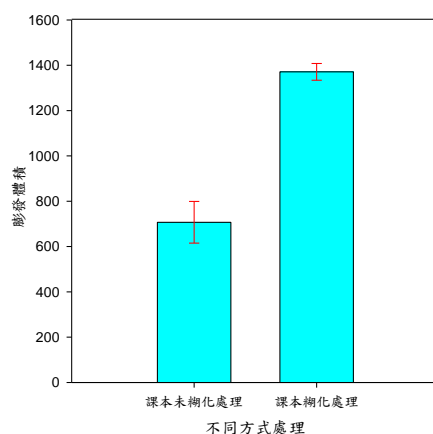


圖 39 不同處理方式與發糕膨發體積之比較

討論：

1. 在不改變發糕的配方前提下，提高糊液黏度，確實可以提高發糕的膨發程度。
2. 由本實驗證明，糊液黏度是發糕的膨發關鍵因子，過去我們依據實習課本之方法製作發糕膨發情形不佳，是因為糊液黏度太低所致。

【實驗 C2】純米發糕製作之應用

前言：我們推測就算使用 100% 的在來米粉來製作發糕，只需經預糊化處理，即可提高糊液之黏度，應該可以成功製作出 100% 純米的發糕。

步驟：

1. 將實習課本之發糕原料配方中的低筋麵粉部份全部改為在來米粉，其餘原料配方均維持不變。
2. 採用實習課本之製作流程來製作發糕，但米漿必須先經預糊化處理，提高糊液之黏度。

結果：

1. 由圖 40、41 顯示，未添加任何麵粉的糊液經過預糊化處理後也可以成功製造出純米發糕。
2. 由表 21、圖 42 顯示，經糊化過的純米糊液開口面積明顯比未糊化的糊液高。
3. 由表 22、圖 43 顯示，經糊化過的純米糊液膨發體積明顯比未糊化的糊液高。



圖 40 成功製作出 100% 的純米發糕(三重複)



圖 41 未預糊化純米發糕(三重複)

表 21 純米未糊化與純米預糊化開口面積之比較

不同糊液	發糕裂開開口面積(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
純米未預糊化糊液	28.6	27.02	23.68	26.43	2.51
純米預糊化糊液	78.88	74.36	74.09	75.78	2.69

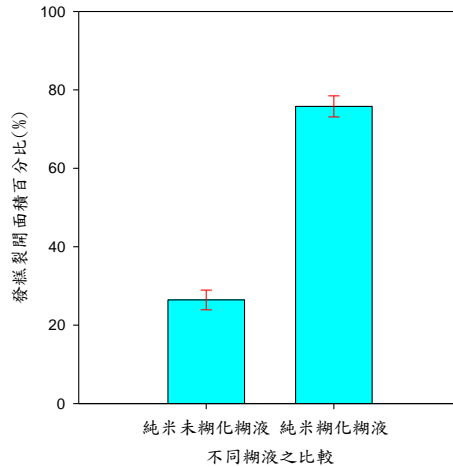


圖 42 麵粉預糊化與純米預糊化開口面積之比較

表 22 純米未糊化與純米預糊化膨發體積之比較

不同處理方式	膨發體積				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
純米未糊化處理	366	464	419	416	49
純米糊化處理	1094	1184	991	1090	97

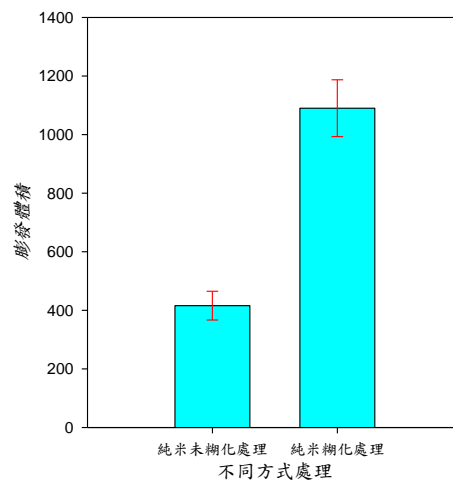


圖 43 純米未糊化與純米預糊化膨發體積之比較

討論：

1. 若採用純米漿來製作發糕，而未經預糊化處理，則糊液黏度很低，不易使發糕成功膨發。
2. 由本實驗證明，就算是最具挑戰性的 100% 的純米漿發糕，只需經預糊化處理來提高糊液黏度，也可以製作出膨發程度很高的 100% 純米漿發糕。

【實驗 C3】傳統發糕精緻商品化

前言：傳統發糕通常在祭拜的時候會用到，而平常人也不怎麼喜歡吃這些東西，所以我們嘗試把發糕做得比較接近社會大眾的小甜食，能讓社會大眾對發糕的傳統觀念改變。

步驟：

1. 我們採用預糊化米漿糊液，來裝盛居家幾乎都有的小杯子來製作純米發糕。
2. 並且將發糕加以精緻化，變成小點心。



結果：如右圖所示，發糕的精緻化，可以裝飾成下午茶中的小點心。

討論：

1. 傳統發糕的精緻化，能讓社會大眾對傳統發糕的印象改變。
2. 未來有機會可以嘗試製作各種風味的精緻型發糕。能讓傳統發糕更多元化。

肆、研究結論

一、實驗結論

A. 加工條件及原料配方之探討

我們將所有有可能影響發糕膨發的關鍵因子找出來，麵粉含量跟水分的含量發糕的膨發有具體的改變我們懷疑是跟黏度有直接的關係。

B. 發糕膨發因子之探討

我們將其數據化並且把關鍵的因子分析出，並加以研究，並且提出預糊化處理的方式來改變發糕的黏度，並提出膨發假說。

C. 發糕膨發理論之驗證

我們驗證了前面所有的理論，並證實預糊化方式處理糊液是可行的，就算挑戰 100% 的純米糊液也是可以讓他在審美觀而言膨發得非常好看。

二、具體貢獻

1. 經本研究有系統的實驗證明，糊液黏度才是發糕膨發的關鍵因子。
2. 經預糊化處理來提高糊液黏度，可以成功製作出膨發程度很高的 100% 純米漿發糕。
3. 經裝飾過後讓傳統的發糕變成了小點心，可以讓傳統發糕更多元化。

三、未來展望

預糊化可以提高糊液黏度，不僅可以應用在製作碗粿，本研究證實也可以應用在製作發糕，既然可以成功製作 100% 純米漿發糕，未來實習課本也可以放上預糊化的製程，還可以將傳統發糕更精緻化，變成社會大眾的小點心，使傳統的發糕不再是祭拜時才用。

四、課程應用

科目	主題	應用
烘焙 I ⁽³⁾	化學膨大劑	泡打粉
食品加工實習 I ⁽²⁾	發糕的加工	材料及製作方法
普通化學 I ⁽⁶⁾	氣相	理想氣體方程式
普通化學實習 I ⁽¹³⁾	氧	排水集氣法
食品化學與分析實習 I ⁽¹¹⁾	過濾	抽氣過濾

伍、參考資料

1. 陳惠添，劉發勇 (2008)。穀類加工，初版，p114。台南市：復文書局。
2. 張猷瑞、劉登城、賴滋漢 (2011)。食品加工實習 I，p31~32。臺中市：林富圖書文具。
3. 楊雪慈、林素真(2008)。烘焙 I，p3-32。台北縣：啟英文化。
4. 廖淑玲、蕭憲仁 中式麵食加工。p2-113~2-116。台北市：儒林圖書。
5. 游筱娟、陳姿蓉、王淑儀(2006)。中式點心-中式麵食，二版，p79~81。台北市：合慶國際圖書。
6. 蔡永昌(2011)，普通化學 I，二版，p5-13~5-16。新北市：台科大圖書。
7. 徐均宜、張棟鎰、陳美桂、劉素君(2011)。東方的“花粿”山-利用發糕，找尋“發財”的大秘寶。食品群科中心(<http://fgcc.tcavs.tc.edu.tw/>)，100年度專題製作決賽食品群得獎作品。
8. 何雅婷、賴源昌、陳香如(2012)。蒸的不滴水。中華民國第53屆中小學科學展覽得獎作品。
9. 陳怡穎、何宜諺、吳亭妤、盧璿元(2008)。「紋」虎色變-虎皮蛋糕紋路形成之探討。中華民國第49屆中小學科學展覽得獎作品。
10. 郭文玉、劉發勇、邱宗甫 (2009)。食品加工 I，初版，p69。台南市：復文圖書。
11. 賴金泉、王昭君(2011)。食品化學與分析實習 I，初版，p4-8。新北市：台科大圖書股份有限公司。
12. 王俊雄、楊季清、盧訓、林子清(1998)。米漿預糊化處理對碗粿組織型態之影響。食品科學(中華民國八十七年四月\第二十五卷第二期:第184~196頁)。
13. 楊永華 (2001 年) 普通化學實習 1,初版，實驗 5：氧-排水集氣法。P24-76,台北市，東大圖書。
14. 陳楨婷、呂哲維。中式點心，p260~261。新北市：全華圖書股份

【評語】 091407

1. 能充分應用所學設計實驗，實驗結果豐富且具應用性。
2. 團隊表現佳，相關資料收集齊全。
3. 能以科學方法論證實驗及分析，並提出解決問題的方法。
4. 實驗中以 BB 彈進行體積之量測雖具創意，惟其精準性有待商確。