

中華民國第 52 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

佳作

091407

波霸珍珠神秘的外衣

學校名稱：國立民雄高級農工職業學校

作者： 職二 沈明鎮 職二 何志鴻 職二 陳品妙	指導老師： 王俊雄 吳慶源
---	-----------------------------

關鍵詞：粉圓、澱粉、糊化

壹、摘要

傳統的粉圓煮法相當耗費能源，因此我們針對粉圓烹煮方法進行探討。生粉圓之澱粉粒大部分未糊化，彼此間結著力弱，粉圓放入冷水時會散裂。若經 78°C 熱水處理 1min 後，粉圓表面澱粉糊化，此層結構較疏鬆，水分子較易進入粉圓內部，經掃描式電子顯微鏡拍攝粉圓之澱粉結構，驗證我們所提出的假說。實驗結果顯示，粉圓烹煮前最適處理條件：粉圓烹煮前以 78°C 熱水處理 1min，再浸漬冷水 4 小時。熱水煮滾後，放入處理過的粉圓，間歇式加熱循環 10 次（每次加熱循環：加熱 1min、悶 1min），可大幅縮短粉圓烹煮加熱時間。此外，利用 PLC 連結加熱器，有效控制粉圓間歇式加熱循環，並透過電能消耗測試，發現改良後烹煮方式與傳統粉圓烹煮方式比較，可大幅節省耗費之電能。

貳、研究動機

珍珠奶茶是台灣非常暢銷的清涼飲料，新鮮的粉圓製品其櫥架保存期很短，必須以冷藏方式保存，但是此類型粉圓常違法添加「防腐劑」，這對人體將造成健康上的危害。

超市販售的乾燥粉圓，其水活性低，微生物不易繁殖，不需冷藏，故不需添加防腐劑，室溫保存即可。但是乾燥粉圓烹煮相當耗時耗能，尤其是外型較大的波霸粉圓，中心更不容易煮熟。我們想要應用課程學到的澱粉糊化知識，去改良粉圓之烹煮方式，希望能探討出更節能減碳的烹煮方式來煮熟粉圓。

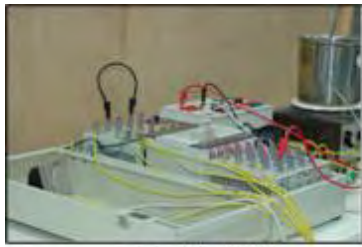


參、研究目的

1. 探討生粉圓澱粉粒特性。
2. 探討粉圓烹煮前最適處理條件。
3. 探討粉圓最適烹煮條件，達到節能之目標。

肆、研究設備與材料

一、設備



可程式控制器
(MELSEC FX2-32MR)



瓦時計
(Prova WM-02)



溫度計
(Lutron TM-903A)



掃描式電子顯微鏡
(Zeiss Ultra Plus)



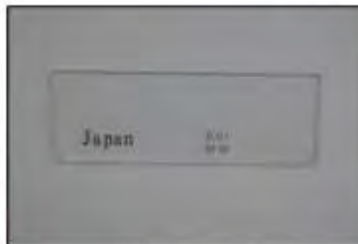
解剖顯微鏡
(Nikon SMZ-10A)



單眼相機
(Nikon D700)



光學顯微照相系統
(Nikon YS)



接物測微計
(Japan)



冷凍乾燥機
(EYELA FDU-1200)

二、材料

粉圓

(日正食品工業股份有限公司)



※ 包裝上之調理方法：

1. 鍋中倒入 2000ml 的水煮沸後倒入 200 克的粉圓。
2. 煮 50 分、悶 1 小時。
3. 重複煮、重複悶，直到熟後以冰水沖涼即可。

伍、研究過程與方法

一、文獻探討

粉圓⁽⁸⁾

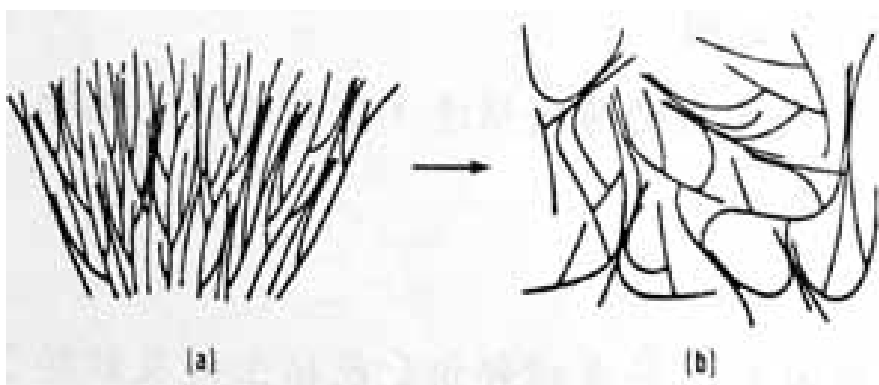
粉圓由澱粉、焦糖及水所組成，其澱粉多為樹薯澱粉，也有些是使用番薯澱粉。一般市售粉圓之直徑大小通常為 8mm，但用 8mm 之粉圓進行烹煮實驗時發現當粉圓外圍煮熟時，中心卻一直無法糊化，全熟約需 2 小時。

澱粉⁽³⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾

澱粉是一種多醣，化學式通常寫成 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ，澱粉大約有 15~30%的直鏈澱粉(糖澱粉，amylose)和 70~85%支鏈澱粉(膠澱粉，amylopectin)。直鏈澱粉的長分子鏈是由 200~1000 個葡萄糖殘基以 $\alpha(1, 4)$ -糖苷鍵連接而成，沒有支鏈，而以螺旋形式排列之多醣體；直鏈澱粉的分子量較小，可溶於水，於碘作用形成深藍色。支鏈澱粉由 600~6000 個葡萄糖殘基組成，以 $\alpha(1, 4)$ 鍵結而成，每隔 20~25 個葡萄糖單位以 $\alpha(1, 6)$ 結合而形成支鏈。

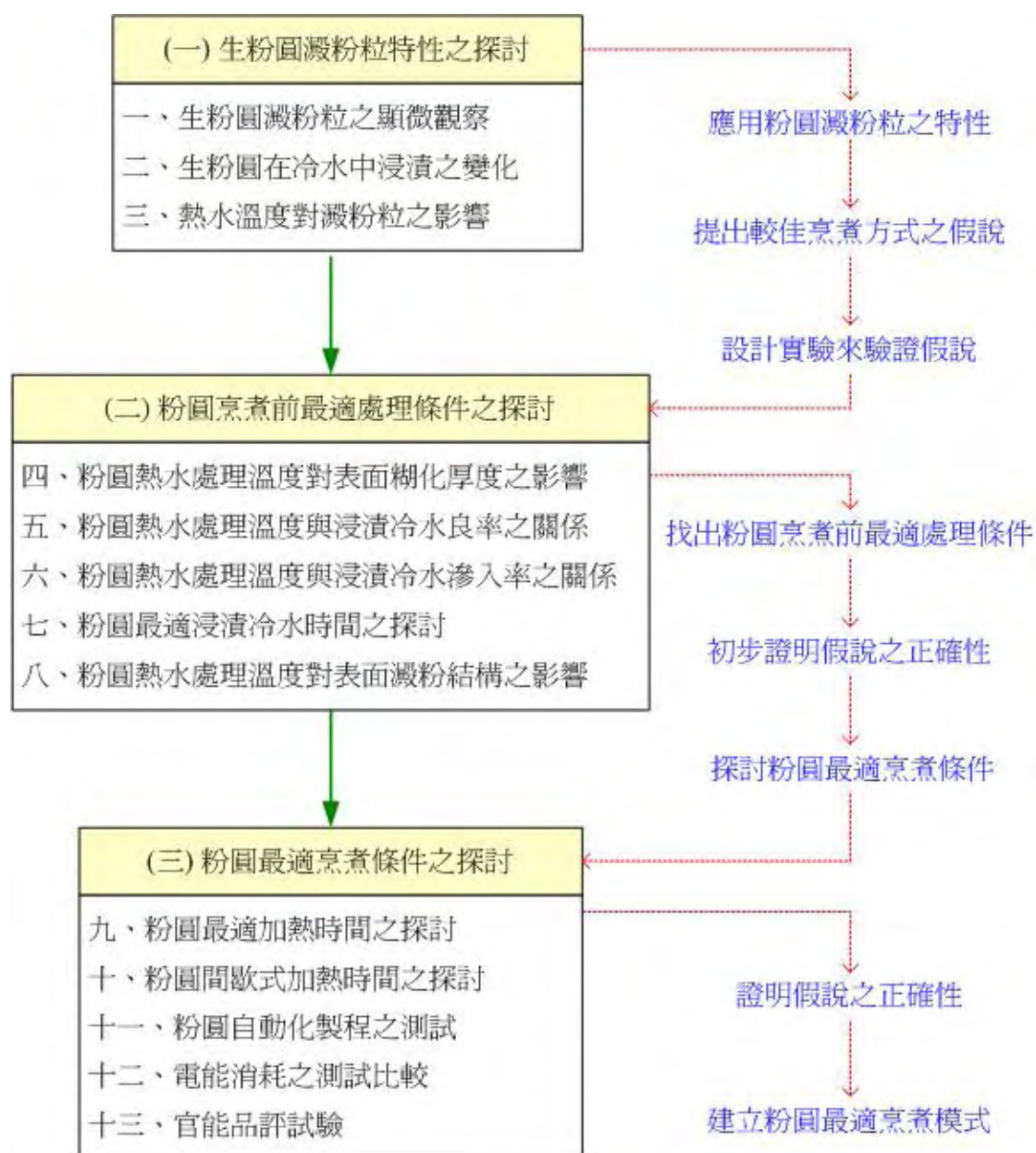
糊化⁽³⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾

澱粉若加熱到一定溫度(一般約在 65°C 左右)，澱粉分子之親水基吸水膨潤使得分子間隙擴大，造成分子鎖鏈不規則配列，變成膨潤體，而膠粒依序崩裂，澱粉形成半透明膠體狀，這種現象就是澱粉的糊化 (gelatinization)。澱粉糊化後吸水性與粘性會增強，同時會喪失雙折射性 (birefringence)，當澱粉喪失雙折射性時的溫度，稱為該澱粉的糊化溫度，澱粉種類不同糊化溫度也不同。



糊化前(a)、後(b)的澱粉分子排列

二、研究架構



三、研究方法

(一) 生粉圓澱粉粒特性之探討

實驗一、生粉圓澱粉粒之顯微觀察

前言：希望透過本實驗觀察瞭解生粉圓澱粉粒之完整性。

步驟：

1. 將粉圓研磨成粉末狀。
2. 取少許粉末樣品，加一滴水進行顯微觀察及拍攝。
3. 取少許粉末樣品，加一滴 0.001N 碘液進行顯微觀察及拍攝。

結果：

1. 由圖 1A 顯示，市售包裝之生粉圓的澱粉粒大部分很完整。
2. 由圖 1B 顯示，澱粉粒加碘液染色後，只有少部分呈現藍黑色。

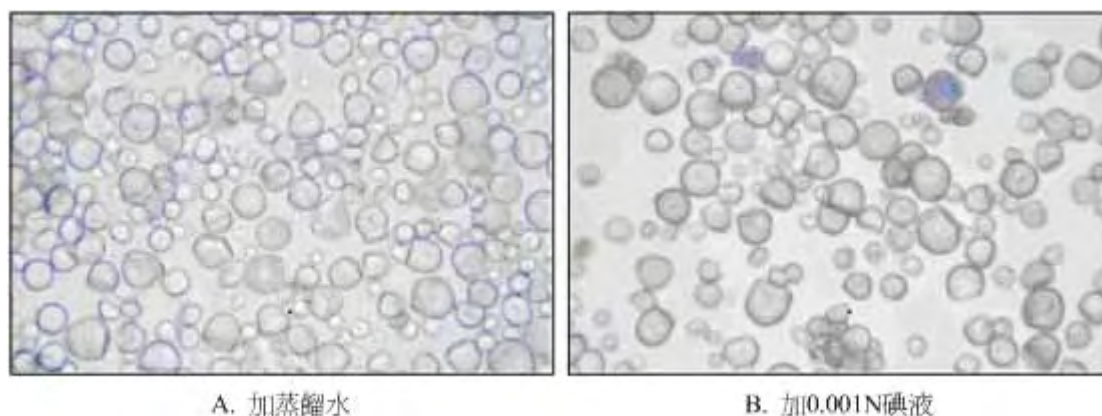


圖 1 生澱粉粒之顯微影像

討論：

1. 澱粉粒加碘液染色後，澱粉粒破損處會呈現藍黑色現象⁽²⁾，本實驗發現，生粉圓之澱粉粒雖有破損，但比例很少。
2. 生粉圓之澱粉粒大部分很完整，這表示澱粉粒未糊化，所以彼此間結著力較弱。⁽³⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾

實驗二、生粉圓在冷水中浸漬之變化

前言：因為生粉圓之澱粉粒彼此間結著力較弱，我們推測放入冷水中會散裂。

步驟：

1. 取 10 顆生粉圓放入 100ml 冷水中。

2. 連續拍攝觀察粉圓外觀之變化情形。

結果：

如圖 2 所示，生粉圓放入冷水中會逐漸散裂。

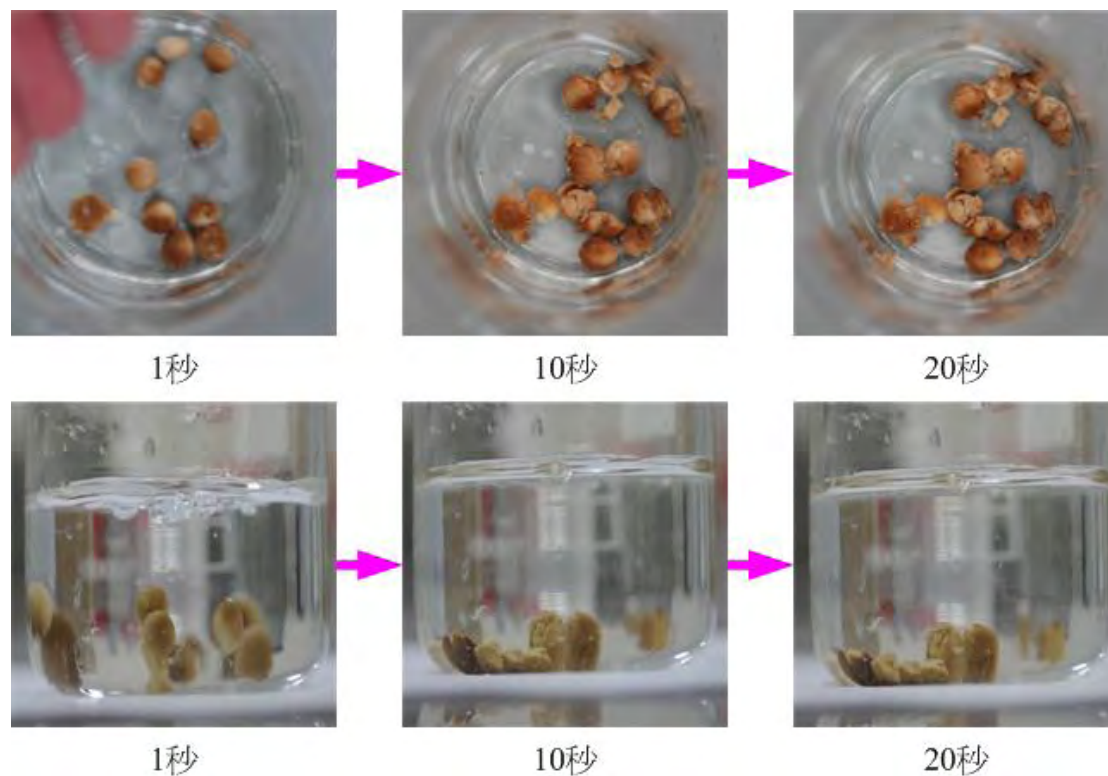


圖 2 粉圓浸漬冷水之連續照片

討論：

1. 實驗證明，生粉圓澱粉粒未糊化，彼此間結著力弱，所以當粉圓放入冷水中，就如所預期會散裂。
2. 經討論推測，若水溫提高到糊化溫度以上，使生粉圓表面的澱粉粒產生糊化，將會形成一層保護層，應該可保持粉圓在水中之完整性。

實驗三、熱水溫度對澱粉粒之影響

前言：希望藉由本實驗，瞭解熱水溫度對粉圓澱粉粒糊化之影響有多大？

步驟：

1. 實驗變因：熱水溫度：（30、40、50、60、70、80、90、100℃）。
2. 分別取生粉圓之粉狀 1g，浸漬在不同溫度的熱水中 10min。
3. 吸取一滴澱粉液，加一滴 0.001N 碘液，進行顯微觀察並拍攝。

結果：

1. 如圖 3、圖 4 所示，隨著熱水溫度升高，則澱粉粒之破損率、糊化程度會隨著升高。
2. 熱水溫度在 50°C 以下時，澱粉粒變化不明顯；60°C 時，開始出現膨脹、破裂現象；70~80°C 時，膨脹、破裂的情形相當顯著；90°C 以上，大部分澱粉粒都已破裂糊化。

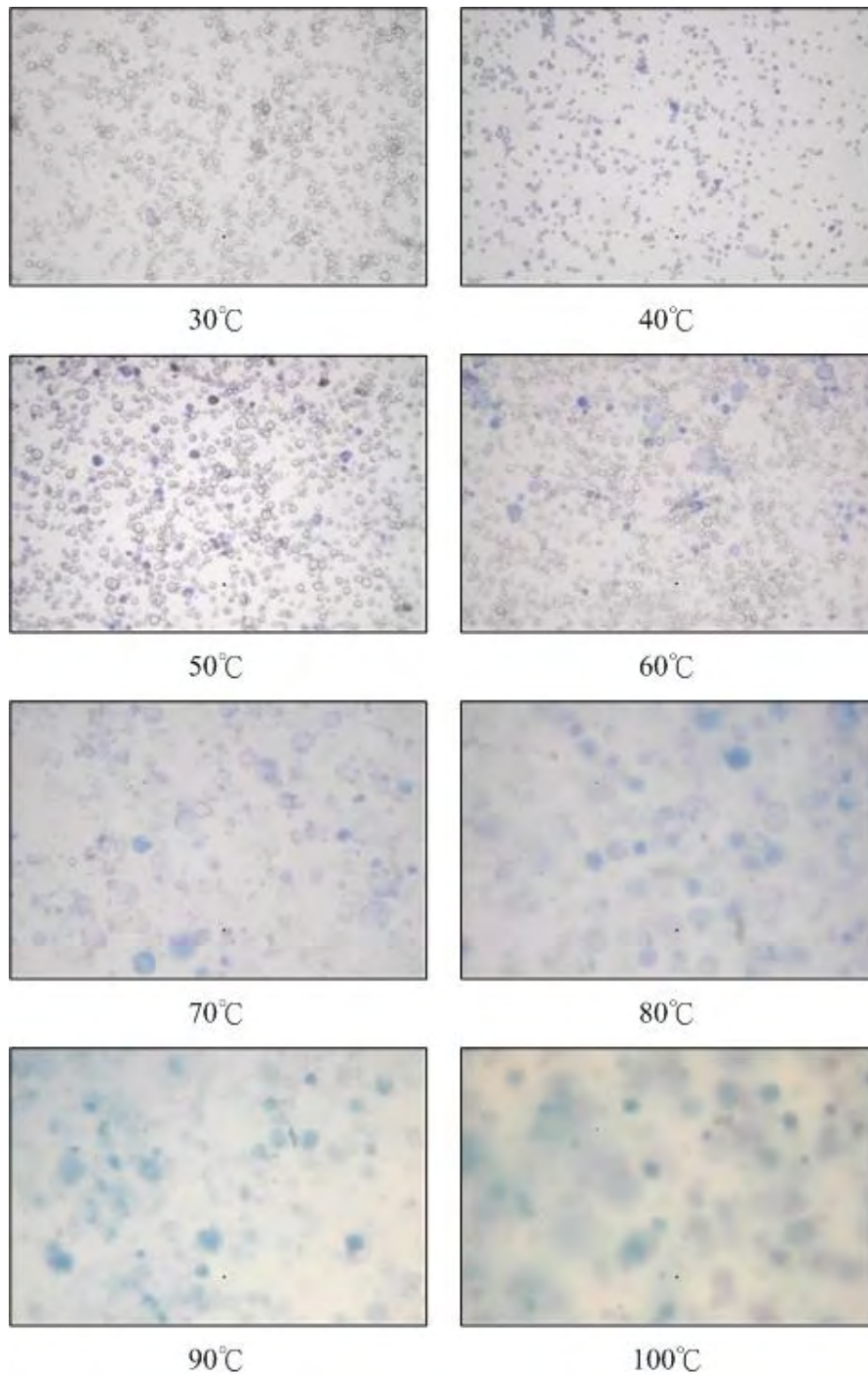


圖3 熱水溫度對澱粉之影響 (放大100倍)

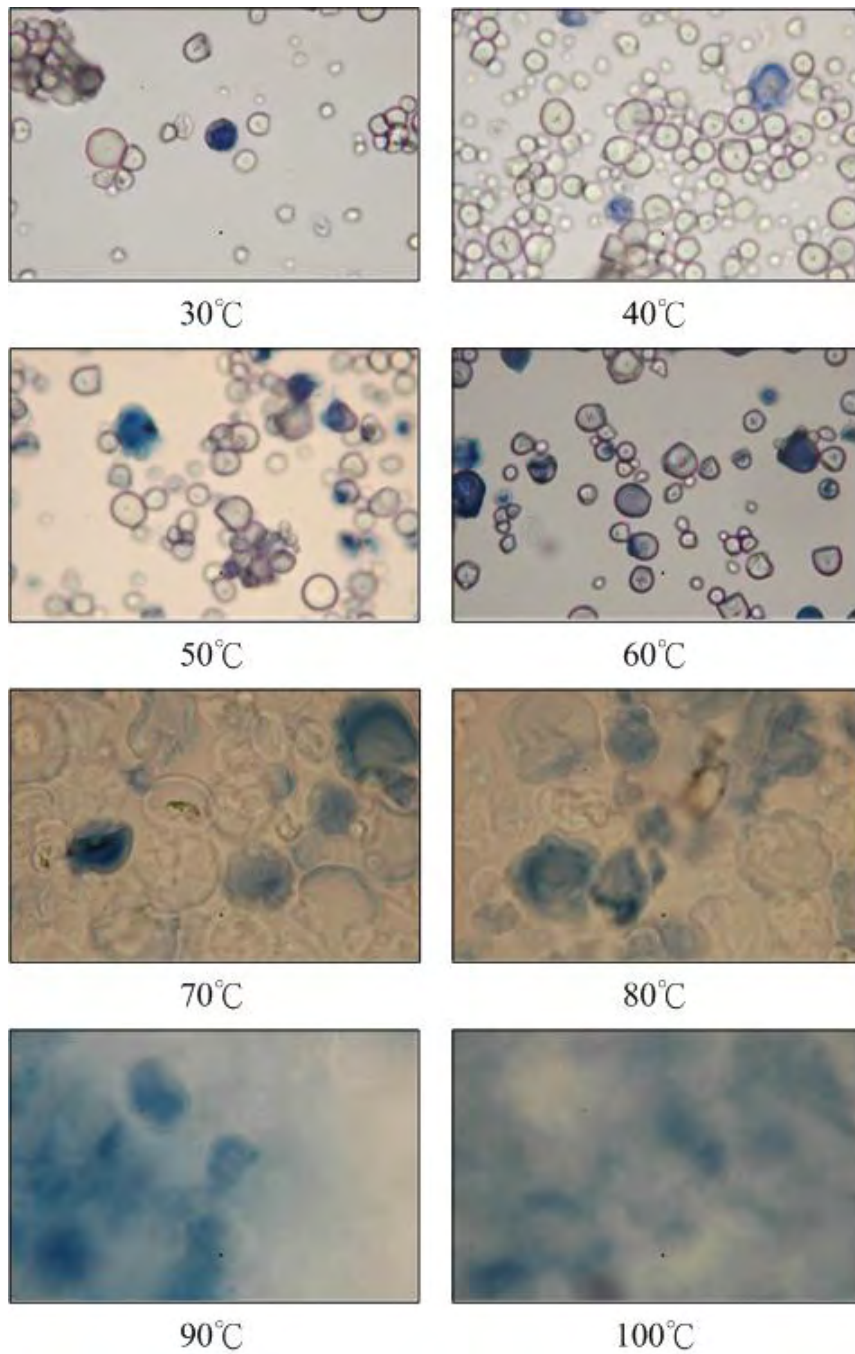


圖4 熱水溫度對澱粉之影響 (放大400倍)

討論：

1. 熱水溫度在 70~80°C 時，澱粉粒出現破裂、糊化之比率很高，但是仍有部分澱粉粒仍未破裂、糊化。
2. 熱水溫度在 90~100°C 時，澱粉粒出現破裂、糊化之比率則更高，這表示澱粉之糊化程度更高。
3. 通常烹煮粉圓是以 100°C 沸水持續加熱，可是往往加熱很久，粉圓內部仍未煮熟。我們推測 100°C 的沸水，會在粉圓表面形成較為緊密的保護層，水分子不易滲入粉圓內部。

4. 彙整實驗一、二、三之結果，我們初步假設，烹煮粉圓較理想的流程，應該以類似「殺菁」處理方式，先在 70~80°C 的熱水中進行短時間浸漬處理，此時粉圓表面形成較為疏鬆的保護層，水分子較易滲入粉圓內部。此種方式比較有可能在較短時間內將粉圓煮熟。
5. 我們討論提出的假說，如圖 5 所示。

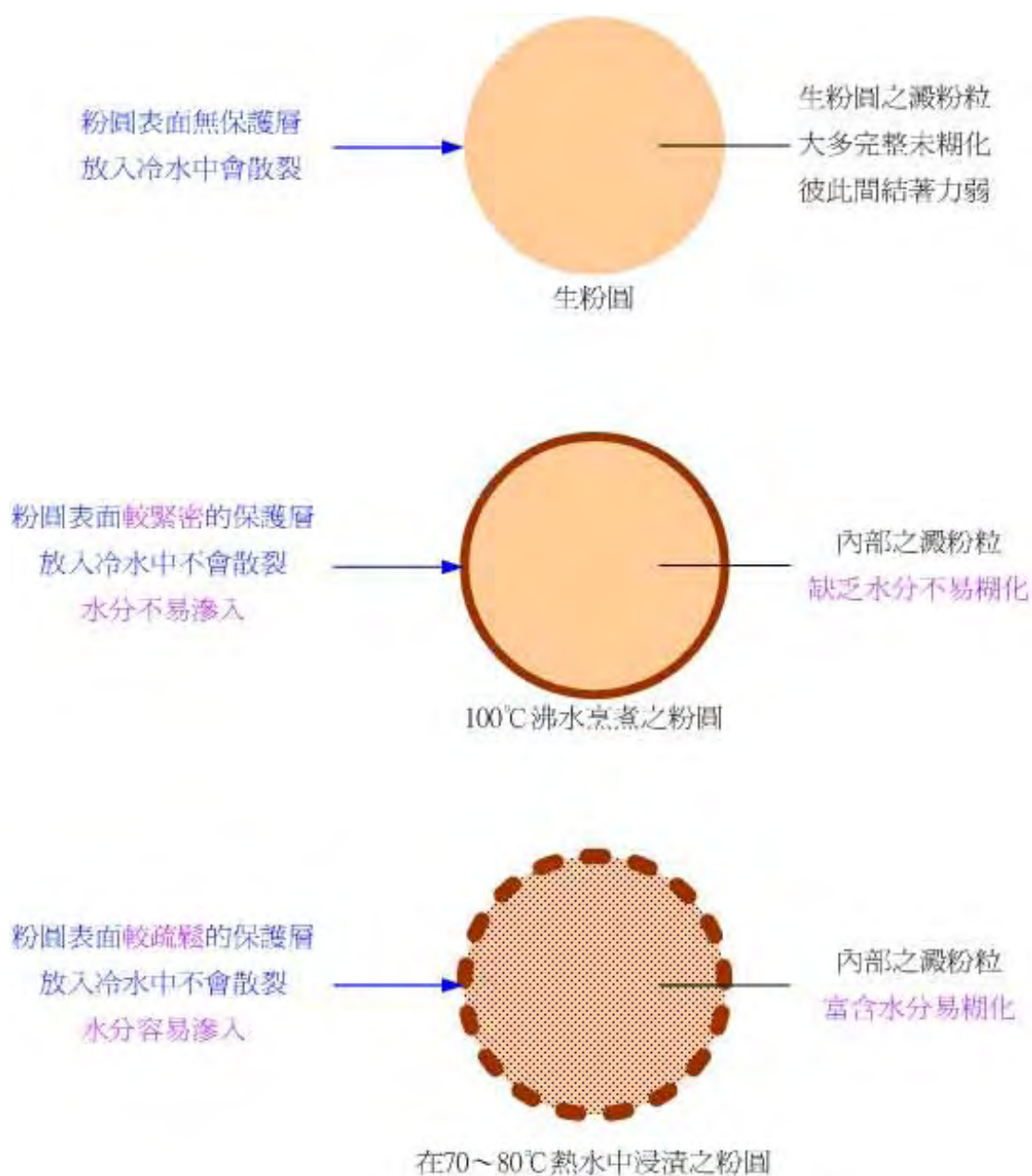


圖 5 粉圓烹煮糊化假說之示意圖

(二) 粉圓烹煮前最適處理條件之探討

希望透過後續一連串的實驗，逐步驗證我們提出的假說之正確性。

實驗四、粉圓熱水處理溫度對表面糊化厚度之影響

前言：希望透過本實驗，瞭解熱水處理溫度對粉圓表面糊化厚度之影響。

步驟：

1. 實驗變因：熱水處理溫度：（60、70、80、90、100°C）
2. 取 10 顆粉圓分別以上述不同溫度的熱水處理 1 分鐘。
3. 使用解剖顯微鏡及顯微攝影設備，拍攝粉圓剖面、接物測微計之相片。
4. 利用 photoshop 影像軟體處理粉圓剖面、接物測微計相片，測量粉圓表面糊化厚度。

結果：

1. 由表 1、圖 6、圖 7 顯示，浸漬粉圓的熱水溫度越高，則粉圓糊化厚度越薄。

討論：

1. 粉圓放入 60°C 熱水中，整顆粉圓完全散裂，故沒有 60°C 之數據。
2. 粉圓在 90~100°C 之熱水處理 1min 後，粉圓表面保護層較緊密，水分子較不易進入粉圓內部，所以糊化厚度較薄。
3. 粉圓在 70~80°C 之熱水處理 1min 後，粉圓表面保護層較疏鬆，水分子較容易進入粉圓內部，所以糊化厚度較厚。

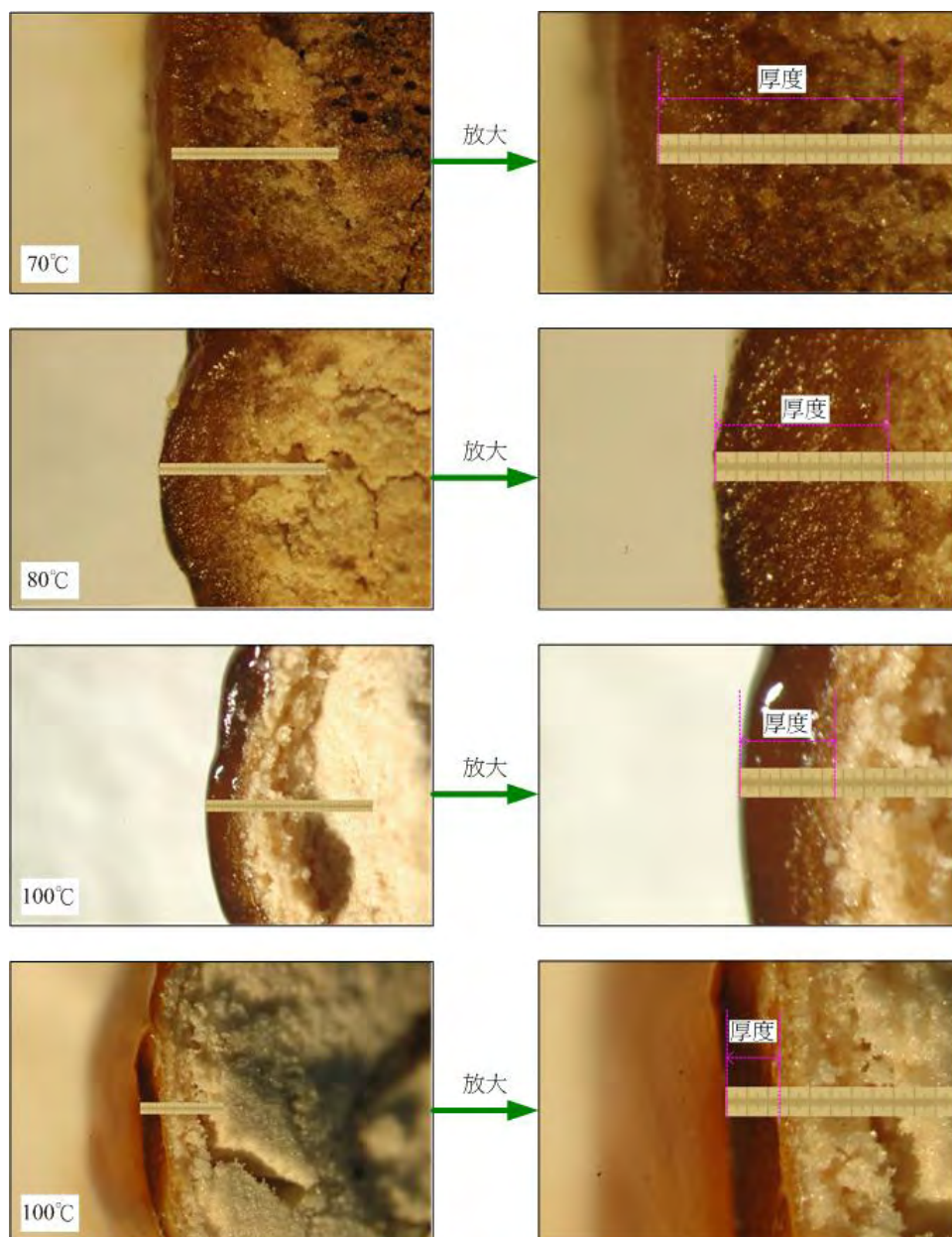


圖 6 不同熱水處理溫度對粉圓外觀及內部之影響

表 1 不同熱水處理溫度對粉圓表面糊化厚度之影響

溫度 (°C)	表面糊化厚度(mm)										平均值	標準差
	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十		
70	1.43	1.29	1.45	1.51	1.49	1.39	1.41	1.47	1.49	1.35	1.43	0.07
80	0.97	0.84	1.29	1.11	0.92	0.93	0.87	0.81	0.96	0.91	0.96	0.14
90	0.47	0.49	0.51	0.36	0.33	0.39	0.53	0.42	0.59	0.56	0.47	0.09
100	0.22	0.29	0.30	0.42	0.39	0.41	0.28	0.33	0.34	0.30	0.33	0.06

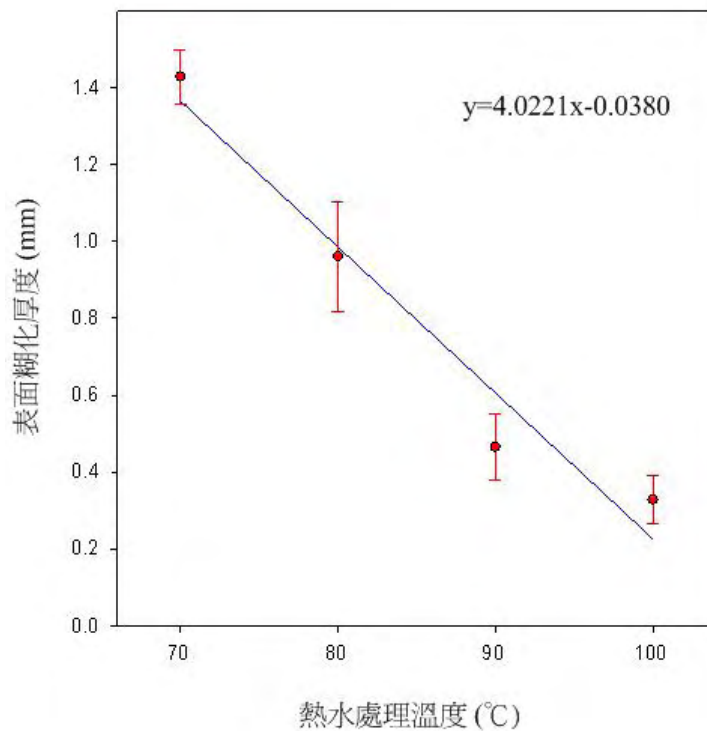


圖 7 不同熱水處理溫度對粉圓表面糊化厚度之影響

實驗五、粉圓熱水處理溫度與浸漬冷水良率之關係

前言：經熱水處理過之粉圓，若進一步浸漬冷水，我們推測冷水會滲入粉圓內部，有利於粉圓澱粉之糊化，達到縮短煮熟時間之目的。但同時也必須考慮粉圓浸漬冷水良率之高低。

步驟：

1. 實驗變因：熱水處理溫度：（70、80、90、100°C）
2. 取粉圓分別以上述不同溫度處理 1 分鐘。
3. 將粉圓浸漬冷水(蒸餾水)，1 小時後計算其浸漬冷水良率。

$$\text{浸漬冷水良率} = \frac{\text{完整粉圓數量}}{\text{測試粉圓數量}} \times 100\%$$

結果：

1. 由表 2、圖 8 顯示，粉圓熱水處理溫度越高，浸漬冷水良率也相對越高。
2. 在 70°C ~ 80°C 間之浸漬冷水良率差異非常顯著，在 80°C ~ 100°C 間之浸漬冷水良率差異不明顯。

表 2 粉圓熱水處理溫度與浸漬冷水良率之關係

熱水處理溫度(°C)	浸漬冷水良率 (%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
70	78	76	72	75.33	3.06
80	96	94	98	96.00	2.00
90	96	100	98	98.00	2.00
100	98	98	100	98.67	1.15

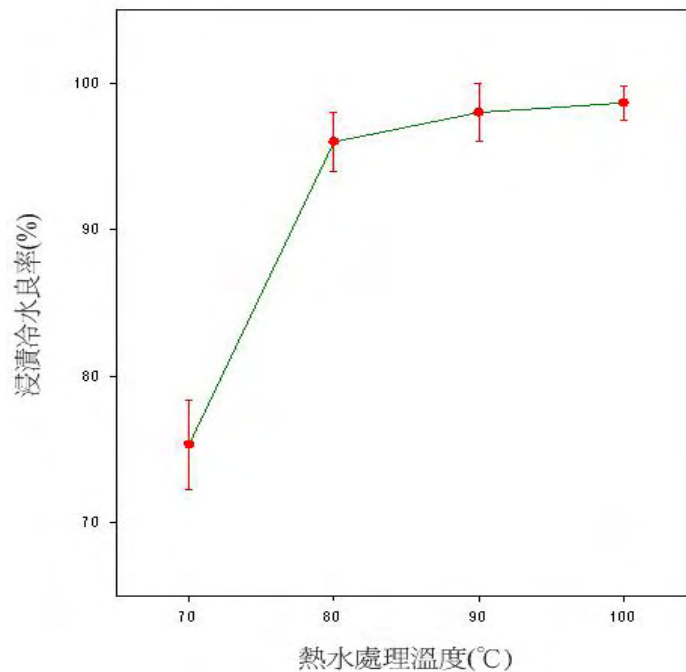


圖 8 粉圓熱水處理溫度與浸漬冷水良率之關係

討論：

1. 本實驗證明，粉圓熱水處理較適溫度範圍是在 70~80°C 之間。
2. 粉圓以 80°C 熱水處理，浸漬冷水良率可達 9 成以上，80°C 以上則無明顯變化。

實驗六、粉圓熱水處理溫度與冷水完全滲入率之關係

前言：除了考慮粉圓浸漬冷水良率高低之外，我們需進一步探討冷水完全滲入率。粉圓熱水處理溫度愈高，則浸漬冷水良率愈高，但因表面保護層愈緊密，則冷水完全滲入率可能會愈低。

步驟：

1. 實驗變因：熱水處理溫度：（70、72、74、76、78、80 °C）
2. 取粉圓分別以上述不同溫度處理 1 分鐘。
3. 將粉圓浸漬冷水(蒸餾水)，1 小時後計算其浸漬冷水良率及冷水完全滲入率。

$$\text{冷水完全滲入率} = \frac{\text{冷水完全滲入粉圓數量}}{\text{測試粉圓數量}} \times 100\%$$

結果：

由表 3、表 4、圖 9、圖 10 所示，粉圓熱水處理溫度愈高，則浸漬冷水良率愈高，但是冷水完全滲入率卻愈低。

表3 粉圓熱水處理溫度與浸漬冷水良率之關係

熱水處理溫度(°C)	浸漬冷水良率(%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
70	78	76	72	75.33	3.06
72	74	76	78	76.00	2.00
74	84	80	80	81.33	2.31
76	84	84	88	85.33	2.31
78	92	96	90	92.66	3.06
80	94	96	98	96.00	2.00

表4 粉圓熱水處理溫度與冷水完全滲入率之關係

熱水處理溫度(°C)	冷水完全滲入率(%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
70	100	100	98	99.33	1.15
72	96	94	94	94.67	1.15
74	32	30	36	32.67	3.06
76	16	20	20	18.67	2.31
78	10	8	12	10.00	2.00
80	0	0	0	0.00	0.00

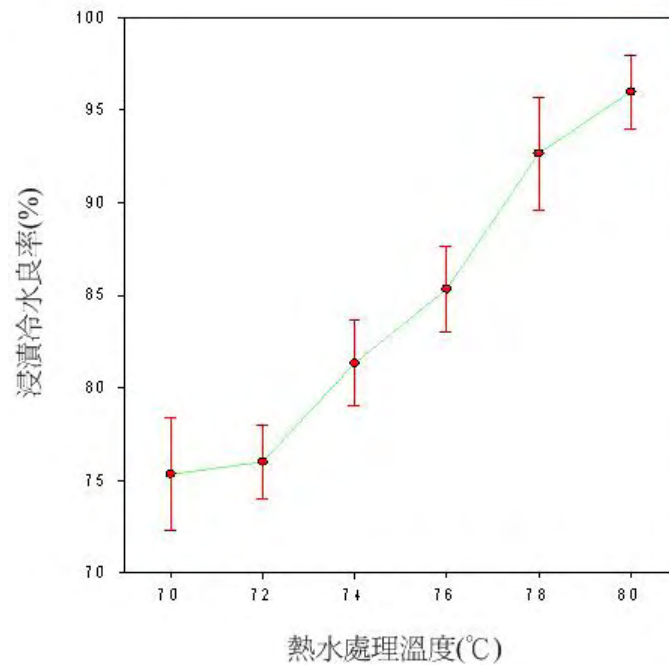


圖 9 粉圓熱水處理溫度與浸漬冷水良率之關係

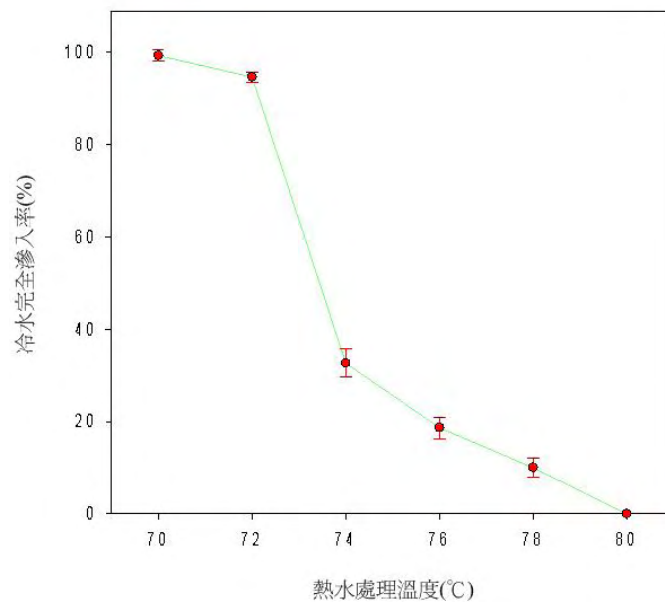


圖 10 粉圓熱水處理溫度與冷水完全滲入率之關係

討論：

1. 若粉圓浸漬冷水良率太低，則沒有實用價值，我們的目標在 90% 以上。由實驗結果顯示，粉圓熱水處理溫度在 78°C 以上，則可達到 90% 以上。
2. 另一方面，我們必須考量冷水完全滲入率，雖然 78°C 冷水完全滲入率僅 8%，但是可以增加冷水浸漬時間來提高完全滲入率。

實驗七、粉圓最適浸漬冷水時間之探討

前言：粉圓熱水處理溫度在 78°C 時，冷水完全滲入率僅 8%，希望藉由本實驗找出最適浸漬冷水時間，提高冷水完全滲入率。

步驟：

1. 實驗變因：浸漬冷水時間：（1、2、3、4、5 小時）
2. 將粉圓以 78°C 熱水處理 1 分鐘。
3. 分別將粉圓浸漬冷水 1、2、3、4、5 小時，並觀察計算其浸漬冷水良率及冷水完全滲入率。

結果：

1. 由表 5、圖 11 顯示，粉圓浸漬冷水時間對浸漬冷水良率無明顯之影響。
2. 由表 6、圖 12 顯示，隨著粉圓浸漬冷水時間之增加，冷水完全滲入率也會隨之增加，當 4 小時之冷水完全滲入率最高。

表 5 粉圓浸漬冷水時間對浸漬冷水良率之影響

浸漬冷水時間(hr)	浸漬冷水良率(%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
1	94	94	92	93.33	1.15
2	96	98	94	96.00	2.00
3	98	96	96	96.67	1.15
4	96	96	98	96.67	1.15
5	96	94	94	94.67	1.15

表 6 粉圓浸漬冷水時間對冷水完全滲入率之影響

浸漬冷水時間(hr)	冷水完全滲入率(%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
1	12	8	12	10.67	2.31
2	20	18	16	18.00	2.00
3	30	28	32	30.00	2.00
4	52	54	58	54.67	3.06
5	52	56	54	54.00	2.00

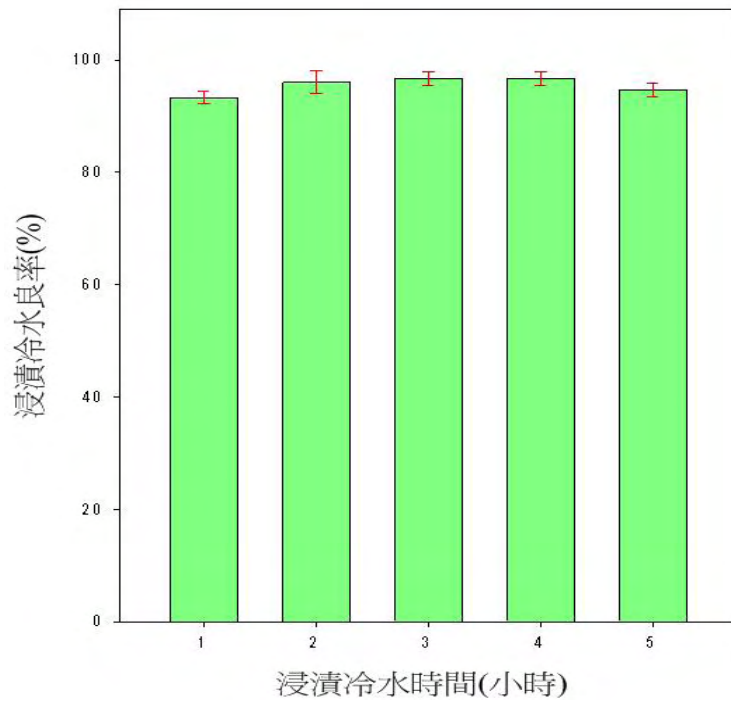


圖11 粉圓浸漬冷水時間對浸漬冷水良率之影響

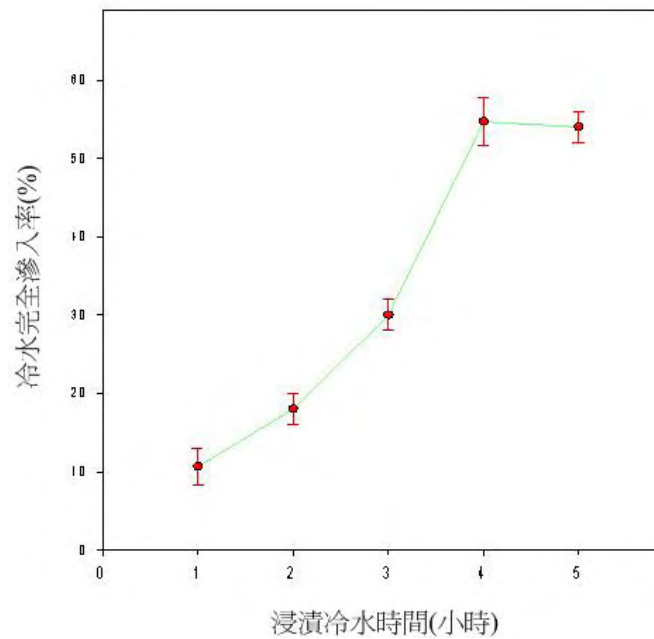


圖 12 粉圓浸漬冷水時間對冷水完全滲入率之影響

討論：

- 經實驗得知粉圓烹煮前最適處理條件為：
 - (1) 粉圓以 78°C 熱水處理 1min。
 - (2) 粉圓經熱水處理後，再浸漬冷水 4 小時。
- 我們在【實驗三】所提出的假說，經本實驗結果得到初步驗證。

實驗八、熱水處理對粉圓澱粉結構之影響

前言：擬使用掃描式電子顯微鏡拍攝澱粉結構，進一步驗證我們所提出的假說。

步驟：

1. 粉圓分別以 60、70、80、90、100°C 熱水處理 1min。
2. 粉圓分別經冷凍乾燥 3 天，真空濺鍍金膜。
3. 掃描式電子顯微鏡之觀察拍攝粉圓之澱粉結構。

結果：以掃描式電子顯微鏡拍攝粉圓之澱粉結構，如圖 13 所示。

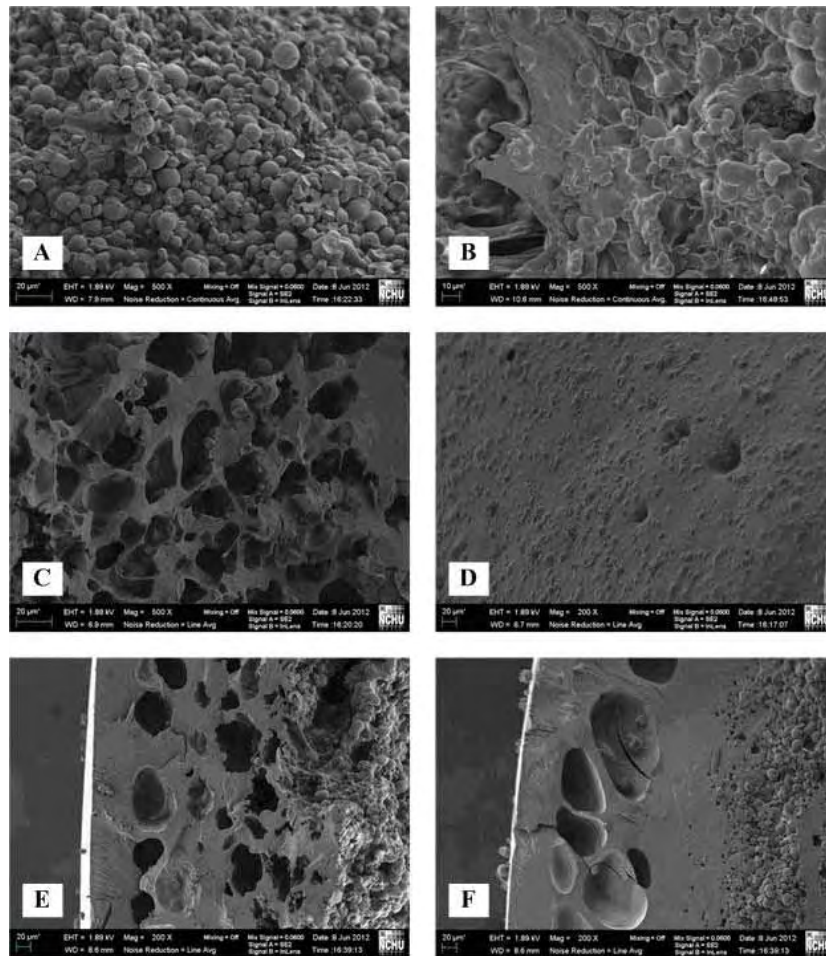


圖 13 以掃描式電子顯微鏡拍攝粉圓之澱粉結構

討論：

1. 在圖 13 中，A：生的澱粉粒。B：部份糊化的澱粉粒。C：澱粉粒糊化後彼此連結形成網狀結構。
2. 在圖 13 中，D：粉圓以 70°C 熱水處理，表面明顯出現細微的孔洞，水分容易滲入。E：粉圓以 78°C 熱水處理，表面糊化層較疏鬆，水分較易滲入。F：粉圓以 100°C 熱水處理，表面糊化層較緊密，水分較不易滲入。
3. 我們在【實驗三】所提出的假說，經本實驗結果得到更進一步的驗證。

(三) 粉圓最適烹煮條件之探討

粉圓經 78°C 熱水處理 1min 後，再浸漬冷水 4 小時，粉圓內部已經富含水分，我們推測粉圓煮熟時間將會大幅縮短。

實驗九、粉圓最適加熱時間之探討

前言：希望藉由本實驗，探討粉圓最適加熱時間。

步驟：

1. 實驗變因：烹煮時間：（5、10、15、20、25min）
2. 粉圓以 78°C 熱水處理 1min，再浸漬冷水 4 小時。
3. 將處理過的粉圓放入沸水中烹煮，測定烹煮時間對粉圓烹煮良率、全熟率之影響。

$$\text{烹煮良率} = \frac{\text{完整粉圓數量}}{\text{測試粉圓數量}} \times 100\%$$

$$\text{全熟率} = \frac{\text{全熟粉圓數量}}{\text{測試粉圓數量}} \times 100\%$$

結果：

1. 由表 8、圖 14、圖 16 所示，烹煮 5~15min 粉圓會出現沒熟現象，加熱 20min 以上，粉圓即可達到全熟。
2. 由表 7、圖 15 所示，烹煮粉圓時對良率沒有明顯影響。

討論：

1. 本實驗證明，粉圓烹煮前以 78°C 熱水處理 1min，再浸漬冷水 4 小時，可大幅縮短粉圓烹煮時間。
2. 烹煮時間大幅縮短，是因 78°C 熱水處理 1min 後，在粉圓表面形成疏鬆的保護層，浸漬冷水可保持粉圓之完整外形，且冷水可慢慢滲入粉圓內部，烹煮時有熱又有水，粉圓澱粉較易糊化煮熟。

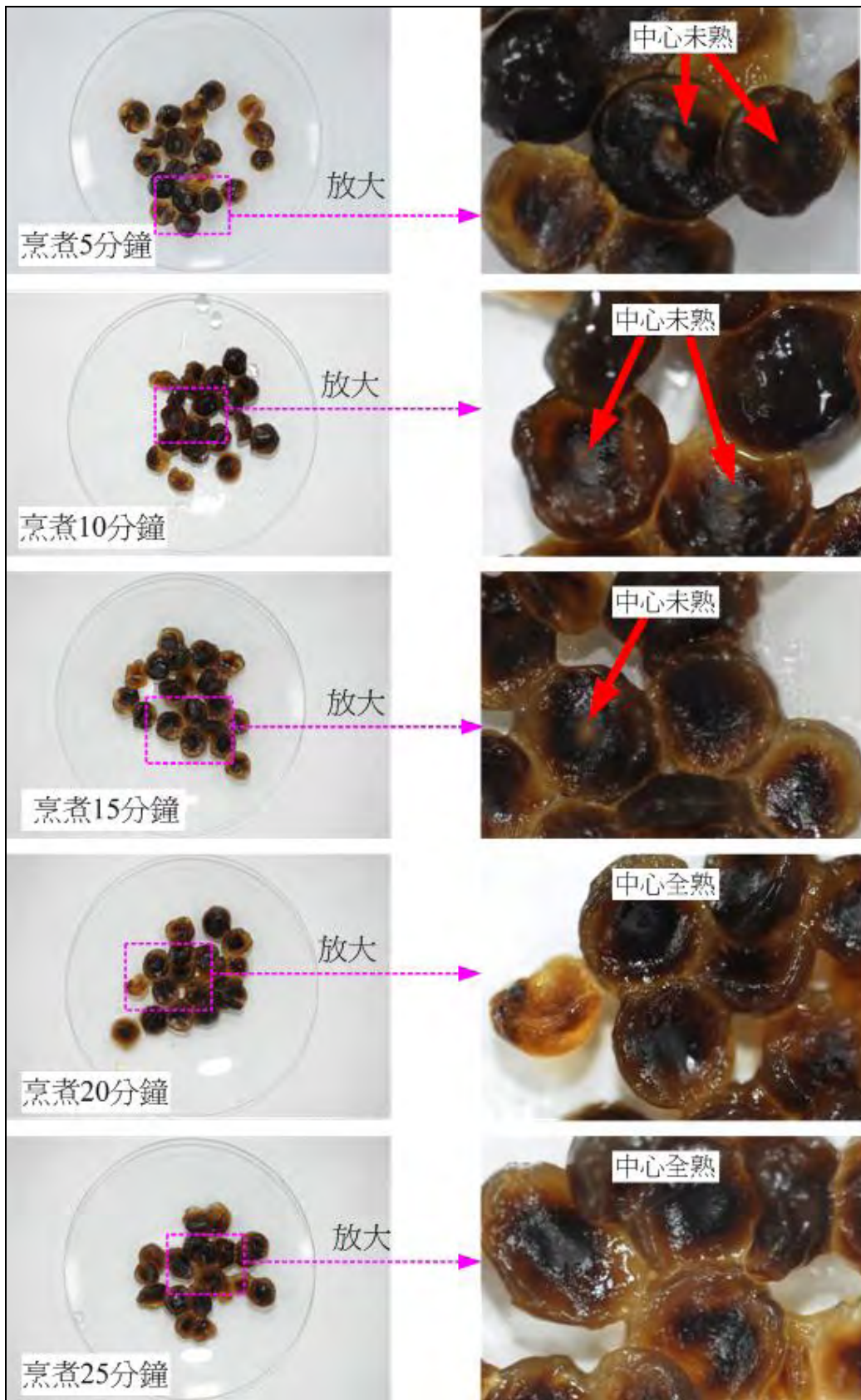


圖 14 粉圓烹煮時間之照片

表 7 烹煮時間對粉圓烹煮良率之影響

烹煮時間(分)	烹煮良率(%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
5	92	96	96	94.67	2.31
10	100	92	96	96.00	4.00
15	92	92	96	93.33	2.31
20	84	88	92	88.00	4.00
25	96	88	96	93.33	4.62

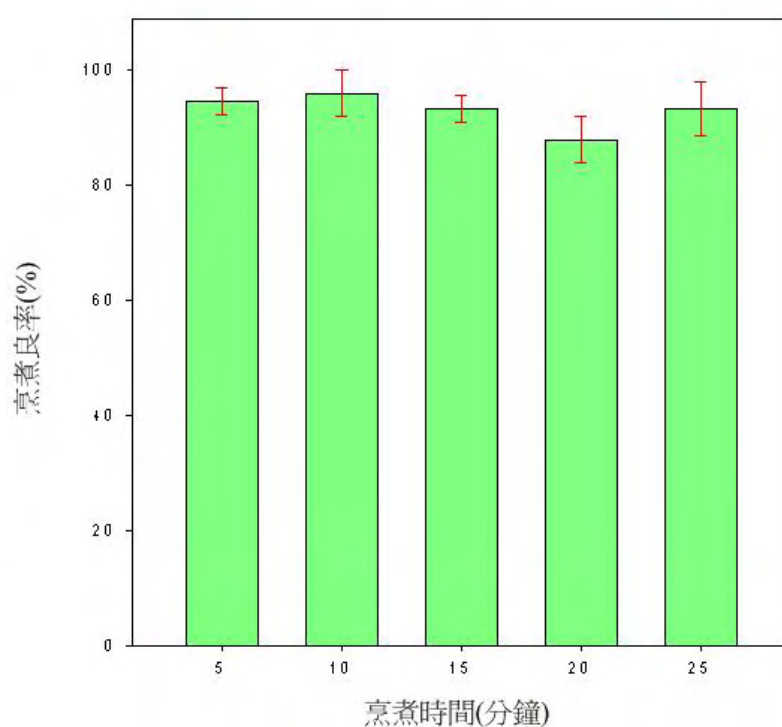


圖 15 烹煮時間對粉圓烹煮良率之影響

表 8 烹煮時間對粉圓全熟率之影響

烹煮時間(分)	全熟率(%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
5	80	70	70	73.33	5.77
10	80	80	90	83.33	5.77
15	100	100	90	96.67	5.77
20	100	100	100	100.00	0.00
25	100	100	100	100.00	0.00

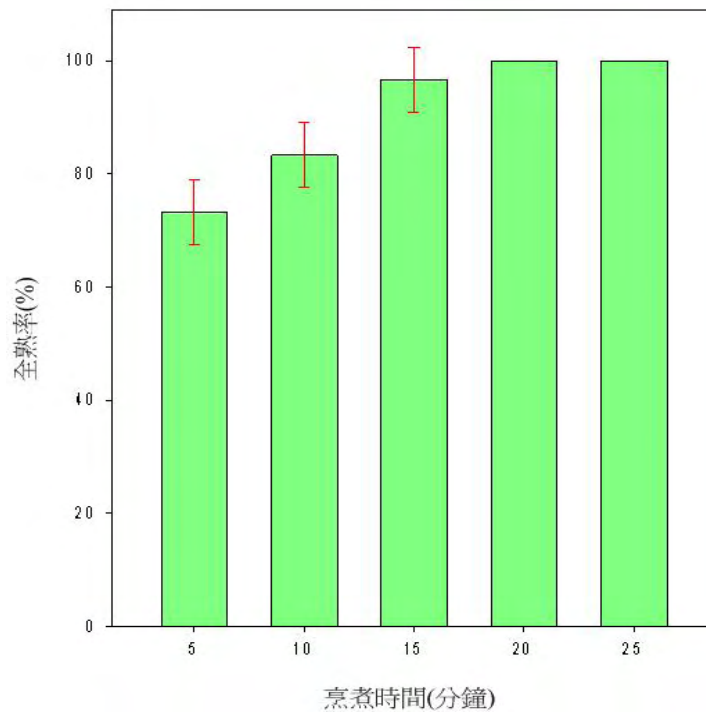


圖 16 烹煮時間對粉圓全熟率之影響

實驗十、粉圓間歇式加熱時間之探討

前言：爲了達到更好的節能效果，我們進一步探討間歇式加熱之可行性。

步驟：

1. 實驗變因：烹煮循環次數：（4、6、8、10、12 次）
2. 每次烹煮循環：烹煮 1min、悶 1min。
3. 粉圓以 78°C 熱水處理 1min，再浸漬冷水 4hr。
4. 將處理過的粉圓放入沸水中烹煮，測定粉圓烹煮循環次數對烹煮良率、全熟率之影響。

結果：

1. 由表 10、圖 17、圖 19 所示，烹煮循環 10 次，粉圓即可達到全熟。
2. 由表 9、圖 18 所示，烹煮粉圓時對烹煮良率沒有明顯影響。

討論：

1. 綜合相關實驗結論，我們找出粉圓烹煮前最適處理條件：
 - (1) 粉圓烹煮前以 78°C 熱水處理 1min。
 - (2) 浸漬冷水 4 小時。

(3) 熱水煮滾後，放入處理過的粉圓，烹煮循環 10 次。

(每次烹煮循環：烹煮 1min、悶 1min)

2. 本研究進行至此，由實驗結果可證明，我們提出的假說是正確的。

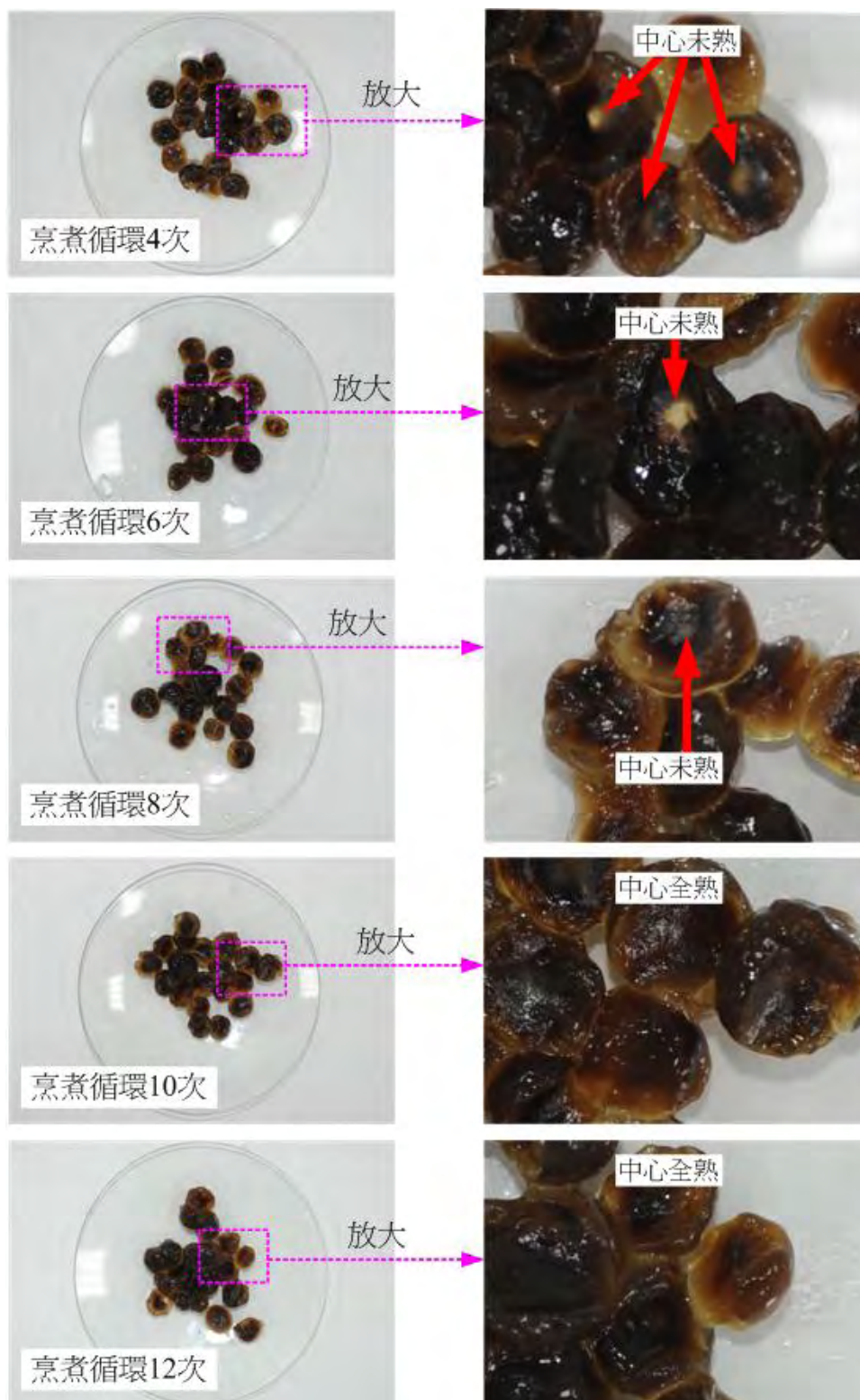


圖 17 間歇式烹煮循環 10 次中心全熟

表 9 粉圓烹煮循環次數對烹煮良率之影響

烹煮循環次數	烹煮良率(%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
4	96	100	92	96.00	4.00
6	92	96	96	94.67	2.31
8	96	92	92	93.33	2.31
10	100	88	92	93.33	6.11
12	88	92	84	88.00	4.00

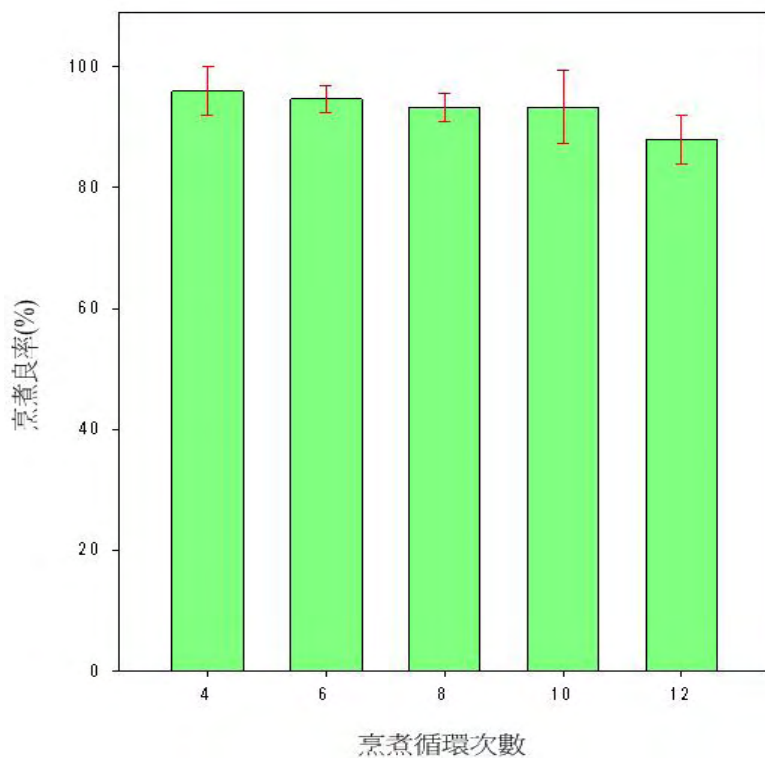


圖 18 粉圓烹煮循環次數對烹煮良率之影響

表 10 粉圓烹煮循環次數對全熟率之影響

烹煮循環次數	全熟率(%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
4	80	100	90	90.00	10.00
6	100	100	90	96.67	5.77
8	100	90	100	96.67	5.77
10	100	100	100	100.00	0.00
12	100	100	100	100.00	0.00

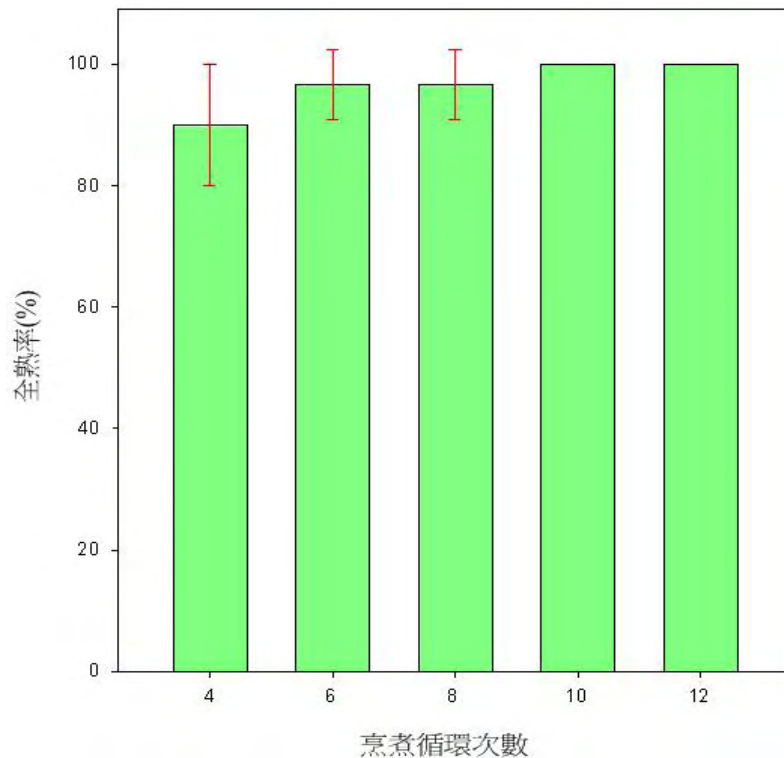


圖 19 粉圓烹煮循環次數對全熟率之影響

實驗十一、粉圓自動化製程之測試

前言：本實驗嘗試利用可程式邏輯控制器（Programmable Logic Controller，簡稱 PLC）來控制間歇式加熱，作為自動化之初步探討。⁽¹⁾

步驟：

1. 將設定之程式輸入 PLC 內。
2. 利用可 PLC 連結加熱器，來控制間歇式加熱。
3. 水溫達 100°C → 加熱 1 分鐘停 1 分鐘 → 循環 10 次 → 動作結束。

結果：

經此實驗之驗證，發現利用 PLC 連結加熱器，自動化烹煮粉圓為可行的。

討論：

本實驗利用 PLC 連結加熱器，PLC 體積稍嫌龐大，未來若將此控制標準程序，製成單晶片來控制，體積小及成本低，未來有機會應用於開發操作簡易、節能減碳的粉圓自動化調理機具。

實驗十二、電能消耗之測試比較

前言：爲了驗證改良效果，實際測試比較我們改良的烹煮方式是否可大幅節能。

步驟：

1. 以瓦時計連結加熱器，測量傳統烹煮粉圓方式（包裝上標示之方法）所需之電量。
2. 以瓦時計連結加熱器，測量我們改良後之烹煮方式所需之電量。

結果：

1. 由圖 20 所示，傳統粉圓之烹煮方式循環一次還無法使粉圓全熟，需再循環第二次才可全熟。

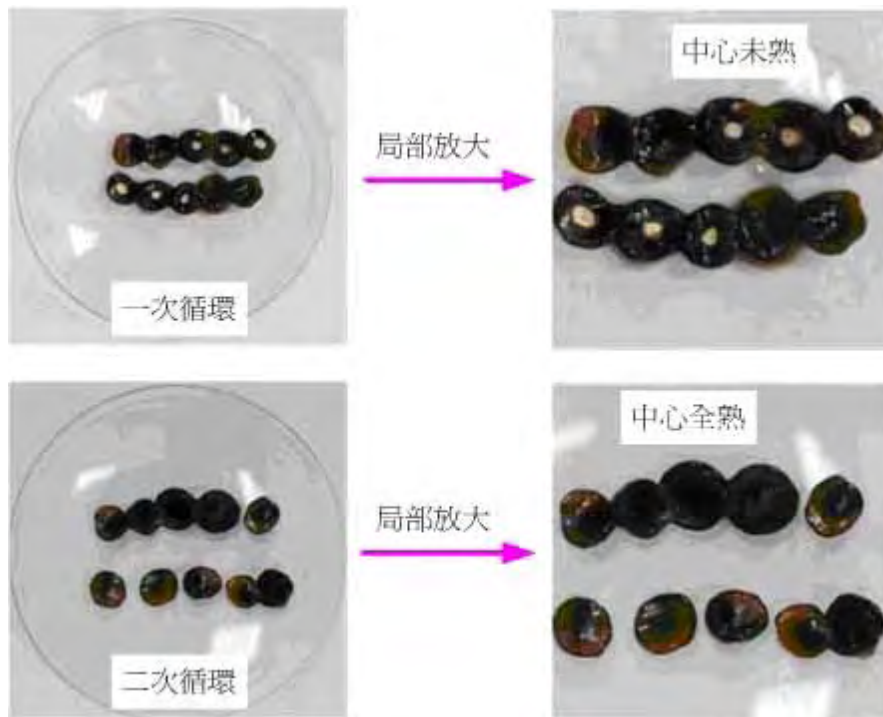


圖 20 包裝上之粉圓煮法

2. 由表 11、圖 21 顯示，改良後之烹煮方式，可大幅節省電能。

表 11 耗費電能之測試比較

烹煮方式	KWH(耗費電能)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
傳統方式	0.6746	0.712	0.6504	0.6790	0.0310
改良方式	0.1233	0.1478	0.1467	0.1393	0.0138

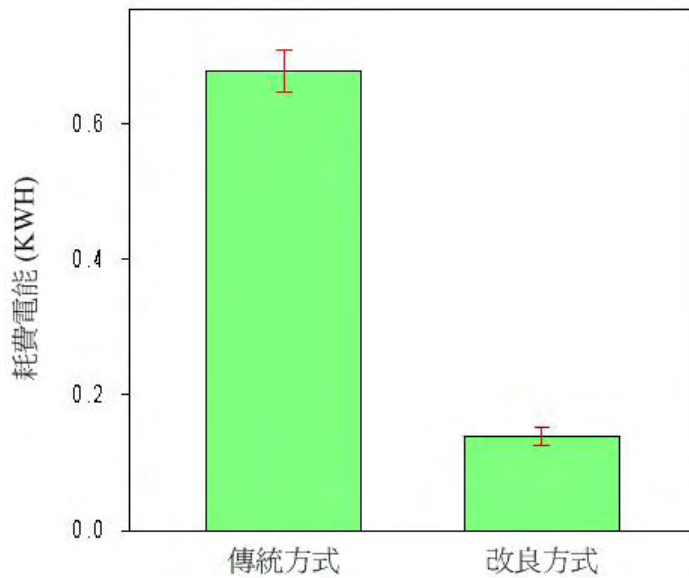


圖 21 耗費電能之測試比較

討論：

與傳統粉圓烹煮方式比較，改良後烹煮方式可大幅節省耗費之電能。

實驗十三、官能品評試驗

前言：

1. 編號 339 代表改良粉圓煮法。
2. 編號 281 代表傳統粉圓煮法。

步驟：

1. 以 339、281 進行嗜好評分品評。
2. 進行嗜好評分品評的時候，必須要在密閉的空間，不可以有其他異味，且溫度必須在 18~20°C 之間。
3. 品評產品前後都必須漱口，避免餘味殘留，且須在安靜的環境進行品評。
4. 總共調查了 33 位消費者的意見。

結果：

由嗜好評分品評的結果顯示：如圖 22 所示。

1. 色澤：281 和 339 的喜好程度不相上下。
2. 外觀：以 281 的喜好程度最高。
3. 彈性：以 339 的喜好程度最高。
4. 整體感：以 339 的喜好程度最高。

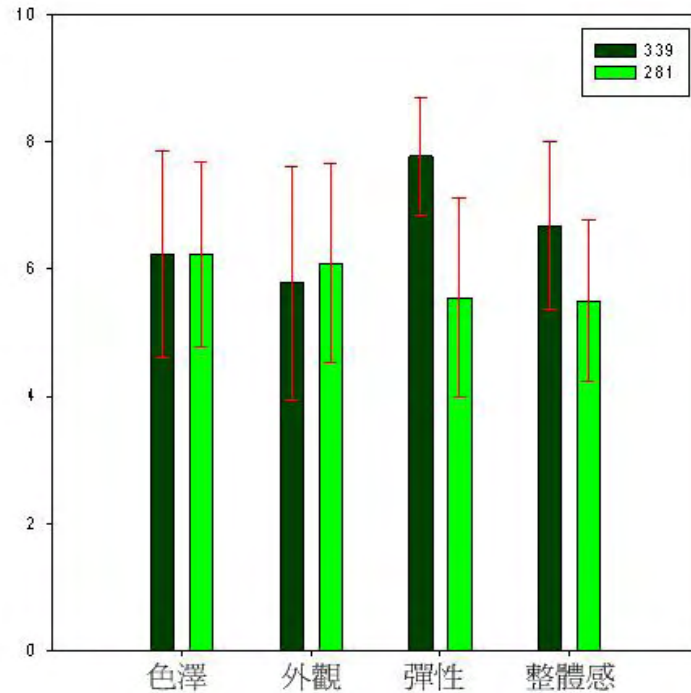


圖 22 嗜好評分品評結果圖

討論：

由此實驗結果顯示，改良型粉圓煮法雖然在外觀及色澤上較傳統粉圓煮法差，但在彈性及整體感方面，喜好程度則比傳統粉圓煮法高。

陸、研究結論

一、實驗結論

(一) 生粉圓澱粉粒特性之探討

1. 生粉圓之澱粉粒大部分很完整，這表示澱粉粒未糊化。
2. 生粉圓澱粉粒未糊化，彼此間結著力弱，所以當粉圓放入冷水中會散裂。
3. 粉圓熱水處理溫度在 70~80°C 時，澱粉粒出現破裂、糊化之比率很高，但是仍有部分澱粉粒仍未破裂、糊化。

(二) 粉圓烹煮前最適處理條件之探討

4. 粉圓在 70~80°C 之熱水處理 1min 後，粉圓表面保護層較疏鬆，水分子較容易進入粉圓內部，所以糊化厚度較厚。
5. 粉圓熱水處理最適溫度範圍是在 70~80°C 之間。
6. 粉圓熱水處理溫度在 78°C 以上，則可達到 9 成以上良率。

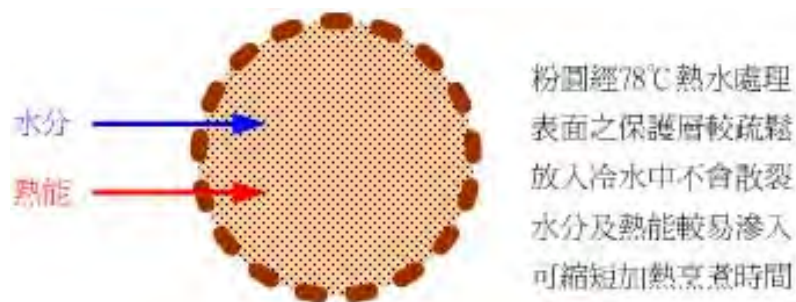
7. 經實驗得知粉圓烹煮前最適處理條件為：
 - (1) 粉圓以 78°C 熱水處理 1min。
 - (2) 粉圓經熱水處理後，再浸漬冷水 4 小時。
8. 藉由掃描式電子顯微鏡拍攝澱粉結構，進一步驗證我們所提出的假說。

(三) 粉圓最適烹煮條件之探討

9. 粉圓烹煮前以 78°C 熱水處理 1min，再浸漬冷水 4 小時，可大幅縮短粉圓烹煮加熱時間。
10. 我們找出粉圓烹煮前最適處理條件：
 - (1) 粉圓烹煮前以 78°C 熱水處理 1min。
 - (2) 浸漬冷水 4 小時。
 - (3) 熱水煮滾後，放入處理過的粉圓，間歇式加熱循環 10 次。
(每次加熱循環：加熱 1min、悶 1min)
11. 利用 PLC 連結加熱器，可有效控制粉圓間歇式加熱循環。
12. 與傳統粉圓烹煮方式比較，以改良後烹煮方式可大幅節省耗費之電能。
13. 與傳統粉圓烹煮方式比較，以改良烹煮方式之粉圓，在彈性及整體感方面，消費者之喜好程度較高。

二、具體貢獻

1. 應用澱粉糊化原理有效解決粉圓不易煮熟之缺點。



2. 改良傳統粉圓烹煮方式，大幅減少電能之消耗。

三、未來展望 ⁽¹⁾

可程式控制器 (PLC) 與單晶片同為常見之控制器，PLC 之優點是程式修改深具彈性，測試容易，在惡劣環境下運作，具有良好之抗干擾能力；缺點是體積、重量較大、價格較高。單晶片之優點是體積小、重量輕、價格較低；缺點是程式修改不便，測試不易，在惡劣環境下運作，抗干擾能力較差。本研究是採用 PLC 連結加熱器，未來若將此控制標準程序，可採單晶片來控制製程，具體積小、成本低之優勢，未來可進一步應用於開發操作簡易、節能減碳的粉圓自動化調理機具。

四、課程應用

1. 應用「食品加工」、「食品化學」糊化原理進行粉圓烹煮方式之改良。
2. 應用「可程式控制實習」之 PLC 來控制加熱器。⁽¹⁾

柒、參考資料

1. 文羿 (2010)。可程式控制實習。新北市：全華圖書股份有限公司。
2. 王暉律、郭主歆、邱耀慶 (2007)。解開澱粉-碘的藍色密碼。中華民國第 47 屆中小學科學展覽優勝作品。
3. 吳季芳 (2006)。以澱粉為碳源基質進行生物產氫。國立成功大學化學工程系碩士論文。
4. 林碩生、李玫琳 (2002)。食品化學與分析 I、II，初版，p32。台南市：復文書局。
5. 張為憲 編著，食品化學，六版，台北，華香園出版社，p33~35，1992。
6. 郭文玉、劉發勇、邱宗甫 (2010)。食品加工 I，初版，P142。台南市：復文圖書有限公司。
7. 賴金全、王昭君 (2011)。食品化學與分析 I，初版，p3-23。新北市：台科大圖書股份有限公司。
8. 戴俐 (2002)。澱粉珠的研究 I：恆溫恆濕合併微波末段乾燥澱粉珠。國立中興大學食品科學系碩士論文。

【評語】 091407

1. 實驗主題及擬解決之問題具有創意及應用性。
2. 能以科學論證方法設計實驗及分析結果並提出解決問題之方法。
3. 團隊合作表現佳。
4. 實驗對照組之正確性需加強。