

新竹市第 44 屆中小學科學展覽會

作品說明書

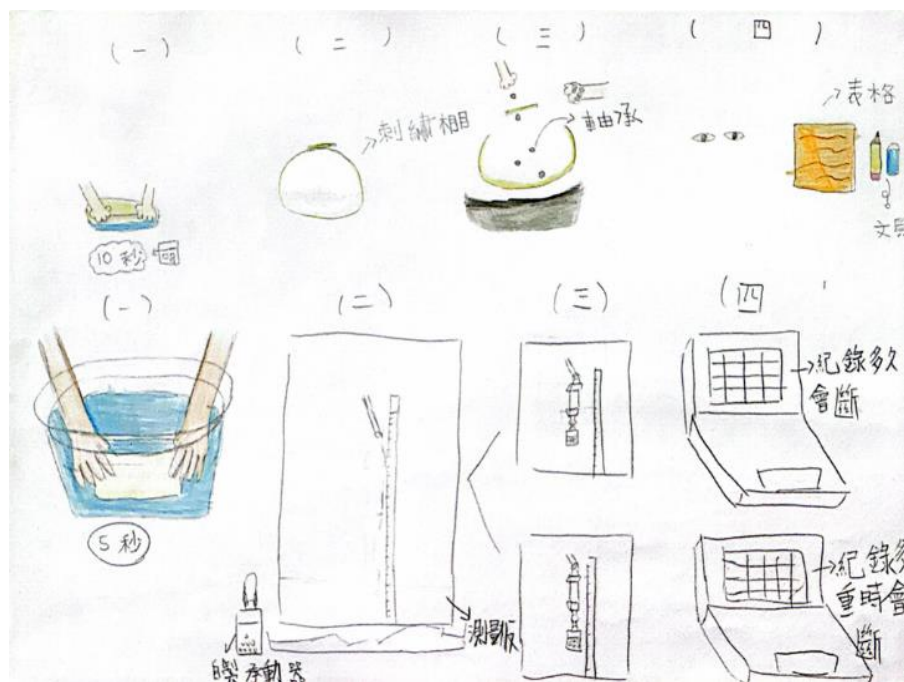
科 別：生活與應用科學科(二)食品科學

組 別：國小組

作品名稱：超「越」巔峰、「Q 彈」再現 - 過夜越南米紙在不同處理手法下的彈力恢復研究

關 鍵 詞：米紙、韌性、復熱

編 號：115PB-L003



(上圖為實驗流程圖，學生手繪)

摘要

越南生春捲為常見的飲食食品，其外層米紙在冷藏過夜後，常出現變硬、失去彈性的情形，影響食用品質。本研究選用三種市售米紙為研究對象(薄餅、越南生春捲皮與澱粉皮)，先量測其未冷藏狀態下的原始韌性，再探討冷藏 48 小時後，分別經電鍋蒸煮、微波爐加熱與過水加熱三種不同復熱方式處理後，米紙韌性恢復的情形。研究以自製承重裝置，測量米紙破裂前所能承受的最大重量，作為韌性比較的依據。研究結果顯示，冷藏後的米紙韌性與原始狀態有明顯差異，復熱的方式以電鍋蒸煮復熱後可承重能力表現相對較佳；微波與過水加熱則較容易造成米紙局部脆化或破裂。各種復熱方式皆無法使米紙完全恢復至原始韌性，但電鍋蒸煮為相對較適合之復熱方式。

壹、研究動機

近年來臺灣越式料理日漸普及，其中越南生春捲因口感清爽、製作方便而深受喜愛。然而，在日常生活中，若生春捲未能一次食用完畢，放入冰箱冷藏過夜後，外層米紙常會出現變白、變硬，甚至容易破裂的情形，使口感明顯下降。我們上網查詢之後發現網路上對於米紙復熱方式有不同建議，但多半缺乏實際實驗數據支持。

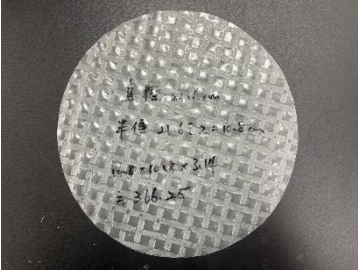
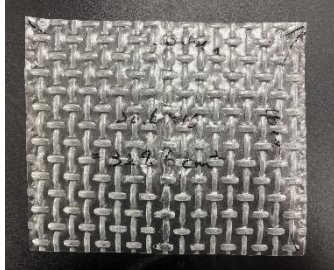





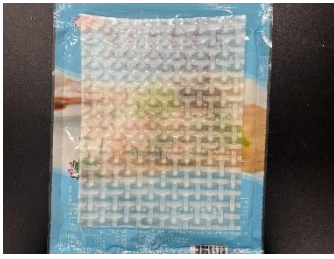

因此，本研究希望透過實驗方法，探討冷藏過夜後的米紙在不同復熱方式下，其彈性與韌性是否能獲得改善，並找出較合適的處理方式，作為未來日常生活的參考。

貳、研究目的

- 一、 比較三種市售米紙在未冷藏狀態下之原始韌性差異。
- 二、 探討米紙經冷藏 48 小時後，其韌性變化情形。
- 三、 比較不同復熱方式（電鍋蒸、微波爐、過水加熱）對冷藏米紙韌性恢復的影響。
- 四、 找出相對較能恢復米紙韌性的復熱方式。




參、研究設備及器材

一、食品器材類(表格內為設備與器材實際拍攝，皆自行拍攝)：

樣品	樣品 A：薄餅	樣品 B：越南生春捲皮	樣品 C：澱粉皮
成分	樹薯粉、(漂白劑：亞硫酸鈉)、水、米、鹽	樹薯澱粉、鹽、水	玉米澱粉、小麥澱粉、樹薯澱粉
總面積	 約 366.25 平方公分	 約 329.6 平方公分	 約 373.06 平方公分
厚度	 0.1mm	 0.15mm	 0.1mm
照片			

二、非食品器材類(表格內為設備與器材實際拍攝，自行拍攝)：

軸承鋼珠 500 顆	刺繡棚(大)	刺繡棚(小)	電子秤	蒸籠
				

測量板+紙尺	剪刀	美工刀	奇異筆	透明盆子
				
燕尾夾	30 公分直尺	膠帶	計時器	筷子
				
自製承重器(9.6 克重)		電鍋	微波爐	鍋子
				

肆、研究過程與方法

一、歷屆相關作品分析

縣市或全國/ 參展屆數	作品名稱	作品結論
第 64 屆--民 國 113 年 臺東縣第 64 屆中小學科 學展覽會	魔法變變變！把 吃剩的米飯恢復 原狀	在復熱米飯時，保存時間不宜超過 24 小時，並使用夾鏈袋或保鮮盒加蓋會勝過保鮮膜包覆的保存，冷藏勝過冷凍，可顯得米粒的完整性，最後使用電鍋來復熱米飯，會勝過用微波爐，能讓米粒 Q Q 的。
中華民國第 50 屆中小學 科學展覽會	我是「地」一名 —地瓜葉抗氧化 力之探討	地瓜葉是常見的蔬菜，更是絕佳的抗氧化寶物，以碘滴定法來測量蔬果汁的抗氧化力，在 24 種現榨蔬果汁中，地瓜葉的抗氧化能力最好。
第 65 屆--民 國 114 年	真空能加速醃製 食物？高壓可以 嗎？探究氣壓對 醃製速率的影響	雖然網路媒體、市售醃製器材的廠商大肆宣稱真空負壓可加速食物醃製、效果奇佳，但經由實驗結果得知白蘿蔔醃製效果：6 塊紅磚和 7 塊紅磚 高壓醃製 > 負壓 8 cm-Hg > 負壓 4 cm-Hg > 真空 > 常壓，高壓醃製的效果一點也不輸給負壓醃製。
中華民國第 64 屆中小學 科學展覽會	酥蔬跟你說—鹹 酥雞攤常見蔬菜 之抗氧化力探討	探討不同油炸方式對鹹酥雞的影響。

二、越南春捲用的米紙是什麼？

越南春捲所使用的米紙，是以玉米澱粉、米粉、樹薯粉、水與鹽混合製成，再經烘乾而成的薄餅皮。乾燥時質地較硬，遇水後會變得柔軟並具有彈性。由於其低熱量、低脂肪的特性，被視為較健康的食品，常用來包裹各式餡料，製作成生春捲。

三、越南米紙放在冰箱裡隔夜會變硬的原因是？

越南春捲皮放入冰箱隔夜後變硬，主要是因為冰箱內環境溫度低且空氣乾燥，會使米紙中的水分逐漸流失。當水分散失後，米紙原本柔軟且具彈性的結構改變，因此變得乾燥而僵硬。

四、澱粉老化與澱粉糊化。

(一) 澱粉的糊化作用 (Gelatinization)

澱粉顆粒在室溫下不溶於水，但當澱粉與適量的水共熱至一定溫度（稱為糊化溫度）時，水分會進入澱粉微結晶束結構中，使澱粉顆粒吸水膨脹。此時，原本緊密排列的直鏈澱粉與支鏈澱粉分子因氫鍵斷裂而舒展，使原本混濁的澱粉液轉變為半透明且具有黏性的糊狀物，這個過程稱為「糊化」。

(二) 澱粉的老化現象 (Retrogradation)

糊化後的澱粉漿若放置在低溫環境一段時間，舒展的澱粉分子會因熱能降低而重新排列，再次經由氫鍵結合形成較為緊密的結晶結構。在此過程中，澱粉顆粒內的水分會被擠壓排出（離水現象），導致質地由軟變硬、透明度降低並產生脆性，這就是「老化」或稱為「回凝」。這也是導致越南生春捲皮在冷藏數小時後，出現變白、乾硬易碎的主要原因。

五、影響老化與恢復的因素

(一) 溫度：澱粉老化的最適溫度約在 4°C 左右，因此冷藏環境會加速米紙的劣化。

(二) 水分內容：水分含量過高或過低都會影響老化速率。

(三) 澱粉種類：直鏈澱粉含量較高者（如一般米食）老化速度較快；而含支鏈澱粉較多者（如樹薯粉、糯米）老化速度較慢，且復熱後的口感較 Q。

六、網路上推薦的解決方法與保存建議有？

冰過（冷藏或冷凍）數個小時以上的春捲皮或潤餅皮，不建議直接以「水煮」方式處理。網路上的熱門建議（如：蔡季芳老師）多採用「蒸」的方式回軟。

做法說明如下：準備約 500 毫升的水，將餅皮連同原包裝袋（或置於蒸盤上）放入電鍋，外鍋加入約半杯水，蒸約 5~10 分鐘，即可恢復原本的 Q 軟口感。

以下為常見處理方式整理：

(一)熱水蒸製（較建議）

使用蒸鍋或電鍋，以蒸氣加熱，能讓餅皮均勻吸收水分、恢復彈性，同時避免直接水煮造成吸水過多而軟爛或破損。

(二)微波加熱

在餅皮表面噴少量水後，以微波爐加熱約 1~2 分鐘即可食用。

(三)油煎方式

不需完全退冰，可直接以小火慢煎，待餅皮呈現金黃色後再翻面加熱。

七、研究過程

實驗 1 探討各品牌米紙的韌性

研究思路：

我們預計透過實驗方法將米紙的韌性程度數據化。於是我們想到砝碼，但由於砝碼價格昂貴，我們換成每顆 1 克重的軸承來測量，我們一共想到三種方法：

- 1、攤平用刺繡棚固定放置軸承直到破裂。
- 2、將米紙剪成長方形後垂直地面吊掛，觀察同重量下幾秒會斷裂。
- 3、將米紙剪成長方形垂直地面吊掛，觀察同重量下拉扯長度變化。

提出問題：

我們想數據化各品牌米紙在原始的情況下的原始韌性。後面研究米紙復原的各種方式，以可以讓米紙回復到最接近原始數據的那個方法作為最佳解方。

實驗 1-1 米紙韌性測試（方法一——刺繡棚）

1. 步驟一：米紙浸濕 10 秒。
2. 步驟二：用刺繡棚固定。
3. 步驟三：一顆一顆放置軸承，直到米紙破裂。
4. 步驟四：觀察並記錄各米紙的承重能力。

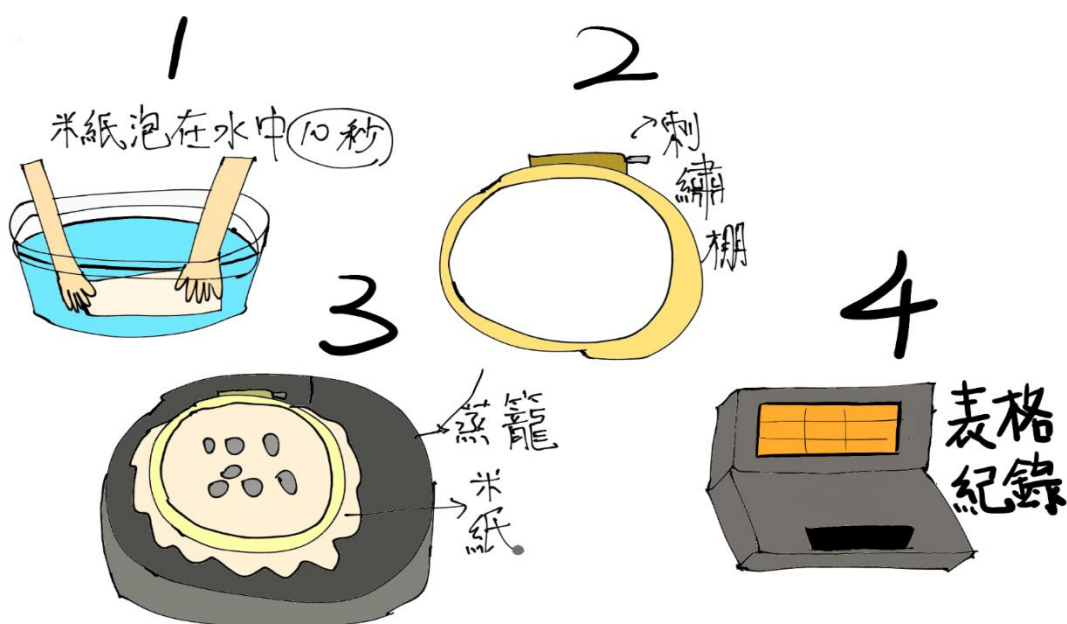


圖 1 實驗 1-1 米紙韌性測試（一）實驗步驟圖(學生使用電腦繪製)

實驗 1-2 米紙韌性測試（方法二——同樣重量向下拉力看時間）

1. 步驟一：米紙剪成固定大小(大片米紙 $20\text{cm} \times 5\text{cm}$ 、小片米紙 $15\text{cm} \times 5\text{cm}$)。
2. 步驟二：使用燕尾夾固定兩端。
3. 步驟三：吊掛自製承重器(約 9.6 克重)，將 8.4 克重軸承放置承重器，合計 18 克向下的拉力。
4. 步驟四：觀察並記錄米紙多久會斷裂。

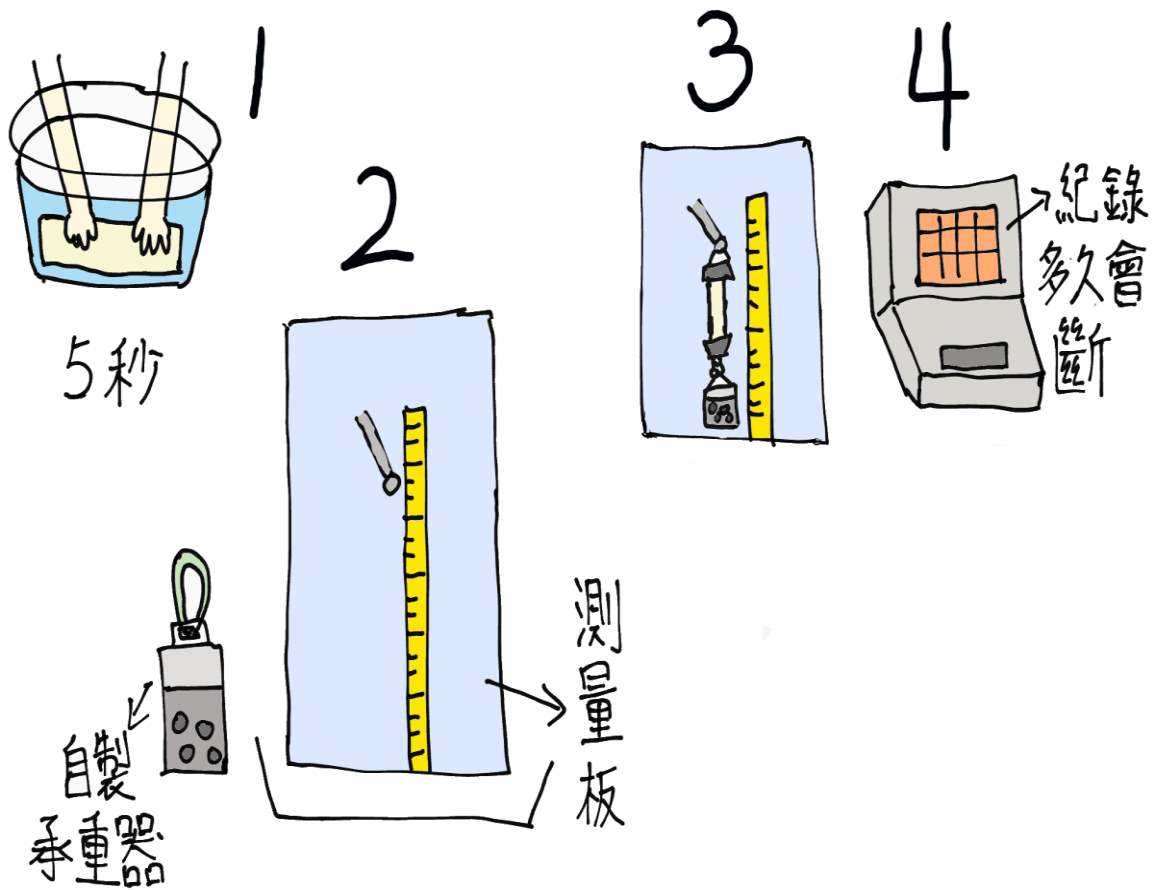


圖 2 實驗 1-2 米紙韌性測試（二）實驗步驟圖(學生使用電腦繪製)

實驗 1-3 米紙韌性測試（方法三——同樣重量向下拉力看長度）

1. 步驟一：米紙剪成固定大小(大片米紙 $20\text{cm} \times 5\text{cm}$ 、小片米紙 $15\text{cm} \times 5\text{cm}$)。
2. 步驟二：使用燕尾夾固定兩端。
3. 步驟三：吊掛自製承重器(約 9.6 克重)，將 8.4 克重軸承放置承重器，合計 18 克向下的拉力。
4. 步驟四：觀察並記錄各米紙被拉扯的長度。

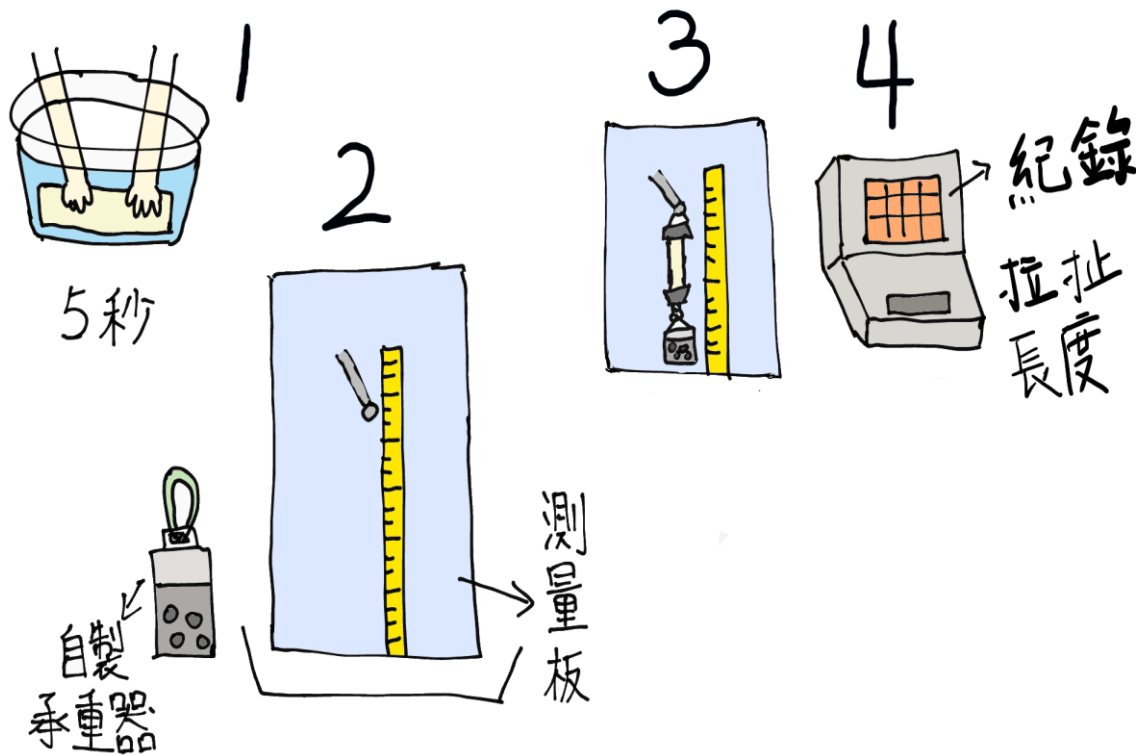


圖 3 實驗 1-3 米紙韌性測試（三）實驗步驟圖(學生使用電腦繪製)

實驗 2 探討各品牌米紙冰箱放置 48 小時後的韌性

研究思路：

承上實驗 1，我們選擇繼續使用第一種測量方式：「用刺繡棚固定放置螺帽、軸承直到破裂。」的方式，測試將米紙放到冰箱中冷藏 48 小時後的韌性。我們固定每週一下午 14:15-14:30 這個時間段放入冰箱，週三下午 14:15-14:30 這個時間段取出，儘量控制時間為 48 小時。

提出問題：

在冰箱放置 48 小時後的過夜米紙，它的韌性會如何變化。

實驗 2-1 過夜米紙韌性測試

1. 步驟一：米紙浸濕 10 秒。
 2. 步驟二：放入冰箱 48 小時。
 3. 步驟三：米紙浸濕 10 秒。
 4. 步驟四：用刺繡棚固定。
 5. 步驟五：先放螺帽再一顆一顆放置軸承，直到米紙破裂。
 6. 步驟六：觀察並記錄各米紙的承重能力。
- 因為過夜米紙再拿出後未泡水的狀況下可承重 1 公斤重，因此我們決定過夜後的米紙拿出後再泡水 10 秒。



圖 4 一個盤子一張米紙
膠帶架高確保空氣流通
(自行拍攝)



圖 5 米紙放置上空圖
(自行拍攝)



圖 6 測量 1.001 公斤重的螺帽與軸承
(自行拍攝)



圖 7 過夜米紙未泡水的狀況下可承重至少
1 公斤(自行拍攝)

實驗 3 經過各種處理方式後，復原米紙的韌性

研究思路：

承上實驗 1、2，我們選擇繼續使用第一種測量方式：「用刺繡棚固定放置螺帽、軸承直到破裂。」的方式，測試將冷藏 48 小時過夜米紙在三種復熱方式下的韌性變化。三種復熱方式：

- 1、電鍋配蒸籠
- 2、噴水後放入微波爐
- 3、過水加熱

提出問題：

在冰箱放置 48 小時後的過夜米紙，在不同方式復熱後，它的韌性會如何變化。

實驗 3-1 嘗試復原米紙實驗方法(一)——電鍋配蒸籠

1. 步驟一：米紙放進自來水中浸濕
2. 步驟二：放入冰箱 48 小時
3. 步驟三：電鍋放 150ml 的自來水，疊上蒸籠確認米紙之間不會壓到彼此，按下電鍋開始加熱直到跳起。
4. 步驟四：用刺繡棚固定。
5. 步驟五：先放螺帽再一顆一顆放置軸承，直到米紙破裂。
6. 步驟六：觀察並記錄各米紙的承重能力

實驗 3-2 嘗試復原米紙實驗方法(二)——微波爐

1. 步驟一：米紙放進自來水中浸濕
2. 步驟二：放入冰箱 48 小時
3. 步驟三：對冰過的米紙噴水（同一個噴嘴的噴水器 3 下按壓到底）
4. 步驟四：利用微波爐加熱冰過的米紙(定時微波 20 秒鐘)
5. 步驟五：用刺繡棚固定。
6. 步驟六：先放螺帽再一顆一顆放置軸承，直到米紙破裂。
7. 步驟七：觀察並記錄各米紙的承重能力

實驗 3-3 嘗試復原米紙實驗方法(三)——過水加熱

1. 步驟一：米紙放進自來水中浸濕
2. 步驟二：放入冰箱 48 小時
3. 步驟三：利用 2000 毫升的 100°C 熱水加熱冰過的米紙(加熱一分鐘)
4. 步驟四：用刺繡棚固定。
5. 步驟五：先放螺帽再一顆一顆放置軸承，直到米紙破裂。
6. 步驟六：觀察並記錄各米紙的承重能力

伍、研究結果

一、米紙韌性實驗


米紙韌性實驗（一） 大刺繡棚(內外徑大小): 內圈直徑：18.2cm、外圈直徑：20.1cm 浸濕時間：10 秒		 <p>(圖片為實際測量圖，自行拍攝)</p>		
品名	可承重能力(軸承鋼珠幾顆) 1 顆軸承鋼珠約 1g			
	第一次試驗	第二次試驗	第三次試驗	平均
薄餅	29 顆	31 顆	24 顆	28 顆 (28 公克)
越南生春捲皮	總面積不足以固定			
澱粉皮	58 顆	45 顆	39 顆	47.33 顆(47.33 公克)

表 1 米紙韌性實驗（一）大刺繡棚

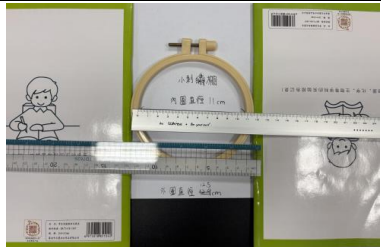
米紙韌性實驗（一） 小刺繡棚: 內圈直徑：11cm、外圈直徑：12.5cm 浸濕時間：10 秒		 <p>(圖片為實際測量圖，自行拍攝)</p>		
品名	可承重能力(軸承鋼珠幾顆) 1 顆軸承鋼珠 1g			
	第一次試驗	第二次試驗	第三次試驗	平均
薄餅	30 顆	35 顆	18 顆	約 27.67 顆(約 27.67 公克)
越南生春捲皮	8 顆	8 顆	10 顆	約 8.67 顆 (約 8.67 公克)
澱粉皮	30 顆	42 顆	37 顆	約 36.33 顆(約 36.33 公克)

表 2 米紙韌性實驗（一）小刺繡棚

從平均承重數據（公克）來看，三種材料的韌性強弱順序非常明顯：

品名	大刺繡棚平均承重	小刺繡棚平均承重	表現分析
澱粉皮	47.33g	36.33g	最強 。在兩種尺寸的實驗中均展現出最高的承重能力。
薄餅	28g	27.67g	中等 。承重表現穩定，受棚架大小影響較小。
越南生春捲皮	無法固定	8.67g	最弱 。承重力極低，且因面積限制在大棚架無法進行實驗。

表3 三種材料的韌性強弱

(一) 刺繡棚的大小直接影響了材料被拉伸的面積與受力分佈：

1. 大刺繡棚（內徑 18.2cm）：

- 澱粉皮在大棚架展現了極佳的延展韌性，平均可承重 47.33g。
- 越南生春捲皮則暴露出尺寸短板，因總面積不足以固定在直徑 18.2cm 的棚架上，導致無法測試。

2. 小刺繡棚（內徑 11cm）：

- 在此規格下，所有材料均能完成測試。
- 澱粉皮的承重力（36.33g）較大棚架時有所下降，這可能與受力點更集中有關。

(二) 觀察三次試驗的數據波動，可以發現一些實驗細節：

1. 薄餅的變異性：在小棚架的第三次試驗中，薄餅僅承重 18 顆，遠低於前兩次的 30 顆與 35 顆。這暗示薄餅在浸濕後可能存在品質不均，或操作時產生了局部破損。
2. 澱粉皮的穩定領先：澱粉皮在六次測試中（大棚 + 小棚），最低承重也有 30 顆，顯示其材質韌性顯著優於其他兩者。
3. 越南生春捲皮的特性：雖然其平均承重僅 8.67g，但其數據非常穩定（8、8、10 顆），顯示其材質結構均勻但強度偏低。

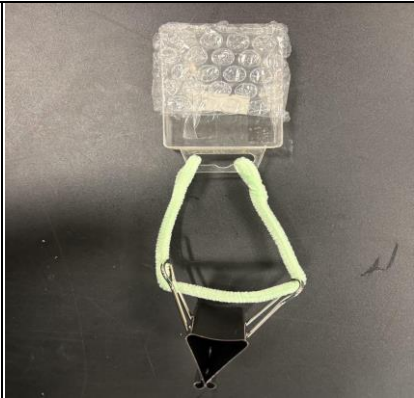
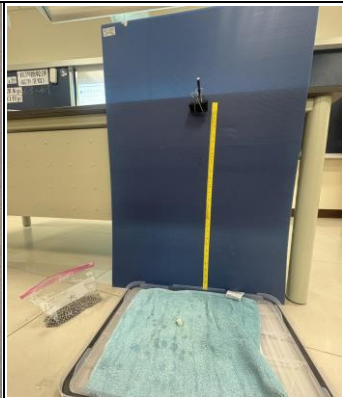
米紙韌性實驗（二） 大片的米紙： 長：20cm 寬：5cm 浸濕時間：10 秒 承受重量： 42.6 克				
	自製承重器+燕尾夾=37.2g (自行拍攝)		裝置圖 (自行拍攝)	
	時間（多久會斷）			
品名	第一次試驗	第二次試驗	第三次試驗	平均
薄餅	27 秒	20 秒	16 秒	21 秒
越南生春捲皮	3 秒	3 秒	1 秒	約 2.33 秒
澱粉皮	44 秒	38 秒	67 秒	約 49.67 秒

表 4 米紙韌性實驗（二）大片米紙

米紙韌性實驗（二） 小片的米紙： 長：15cm 寬：5cm 浸濕時間：10 秒				
	時間（多久會斷）			
品名	第一次試驗	第二次試驗	第三次試驗	平均
薄餅	19 秒	20 秒	39 秒	26 秒
越南生春捲皮	1 秒	20 秒	13 秒	約 11.33 秒
澱粉皮	34 秒	46 秒	40 秒	40 秒

表 5 米紙韌性實驗（二）小片米紙

無論米紙長度如何，三種材質表現出的耐力順序保持一致：

排名	品名	表現分析
1	澱粉皮	最強 。在大片試驗中平均可支撐約 49.67 秒 ，小片亦有 40 秒 的水準，展現極佳的結構穩定性。
2	薄餅	中等 。大、小片的平均支撐時間落在 21~26 秒 之間，表現相對穩定。
3	越南生春捲皮	最弱 。在大片試驗中極其脆弱，平均僅能支撐 2.33 秒 便斷裂。

表 6 三種材質表現出的耐力

(一) 尺寸（長度）對耐力的影響：

實驗比較了 20cm（大片）與 15cm（小片）兩種長度，結果顯示長度對不同材質的影響不盡相同：

1. 澱粉皮（大 > 小）：長度較長時（20cm）反而展現出更久的支撐時間（49.67s vs 40s）。這可能與長度增加提供的彈性緩衝空間有關。
2. 越南生春捲皮（小 > 大）：小片的表現（11.33s）明顯優於大片（2.33s）。在大片試驗中，它幾乎是「秒斷」，顯示其材質在跨距較大時完全無法負荷該重量。
3. 薄餅（差異較小）：大、小片的平均值相差僅 5 秒左右，受長度變化的敏感度較低。

(二) 異常數據與穩定性分析：

在數據中存在幾處值得注意的波動：

1. 越南生春捲皮的極大變異：在小片第二次試驗中撐了 20 秒，但第一次卻僅有 1 秒。這種巨大的落差可能來自於浸濕均勻度或是燕尾夾固定時造成的局部損傷。
2. 澱粉皮的突跳：大片第三次試驗撐了 67 秒，遠高於同組的其他數據。這可能暗示該次試驗的米紙在乾燥過程中纖維結構發生了不同的物理變化。

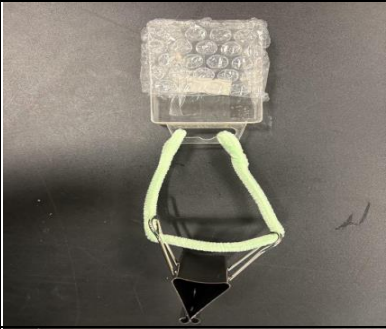
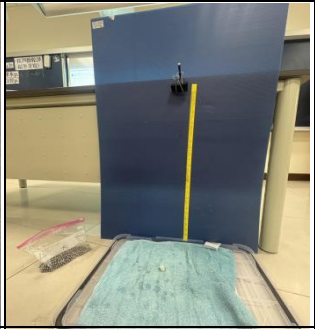
米紙韌性實驗（三） 大片的米紙： 長：20cm、寬：5cm 浸濕時間：5秒 承受重量：8.4克重					
		自製承重器+燕尾夾=37.2g (自行拍攝)		裝置圖 (自行拍攝)	
	原始長度(0 秒鐘)	長度(20 秒鐘)	長度(30 秒鐘)	長度(40 秒鐘)	
薄餅	20 cm	26 cm	28 cm	已斷	
越南生春捲皮	20 cm	已斷	已斷	已斷	
澱粉皮	20 cm	23.4 cm	28.6 cm	已斷	

表7 米紙韌性實驗（三）大片米紙

米紙韌性實驗（三） 小片的米紙： 長：15cm、寬：5cm、浸濕時間：5秒、承受重量：8.4克重					
	原始長度(0 秒鐘)	長度(20 秒鐘)	長度(30 秒鐘)	長度(40 秒鐘)	
薄餅	15 cm	21.1 cm	已斷	已斷	
越南生春捲皮	15 cm	已斷	已斷	已斷	
澱粉皮	15 cm	16.5 cm	已斷	已斷	

表8 米紙韌性實驗（三）小片米紙

對比長度 20cm 與 15cm 的數據，可以觀察到跨距對韌性的影響：

材質	大片 (20cm) 斷裂時點	小片 (15cm) 斷裂時點	分析
澱粉皮	40 秒時已斷	30 秒時已斷	長度較長時，材質似乎能分擔更多拉伸應力，支撐時間較久。
薄餅	40 秒時已斷	30 秒時已斷	同樣展現出長度較長時，耐受時間較長的趨勢。
越南生春捲皮	20 秒前已斷	20 秒前已斷	韌性過低，長度變化無法產生明顯緩衝效果。

表 9 跨距對韌性的影響

(一)實驗變數與裝置觀察：

1. 負重計算：實驗中承受的重量為 8.4g，加上自製承重器與燕尾夾的 37.2g，總負重約 45.6g。
2. 伸長率觀察：以大片澱粉皮為例，從 20cm 伸長到 28.6cm 僅用了 30 秒，這種劇烈的長度變化說明了米紙在浸濕後纖維結構變得非常鬆散。
3. 操作一致性：實驗統一浸濕 5 秒，相較於前幾次實驗（10 秒），縮短浸濕時間有助於觀察到更細微的長度變化，而非直接斷裂。
4. 延展冠軍：澱粉皮在受力下的長度變化最為明顯且耐受時間最長，是三者中最具「韌性」與「延展性」的樣本。
5. 長度效應：較長的米紙（20cm）在相同負重下，比較短的米紙（15cm）能支撐更久，這可能是因為重量被分配到了較長的纖維上。

根據米紙韌性的三個實驗可知：

材質分級：以韌性排序，澱粉皮 > 薄餅 > 越南生春捲皮，此趨勢在三次實驗中均保持高度一致。

二、米紙韌性實驗（冰箱過夜 48 小時）

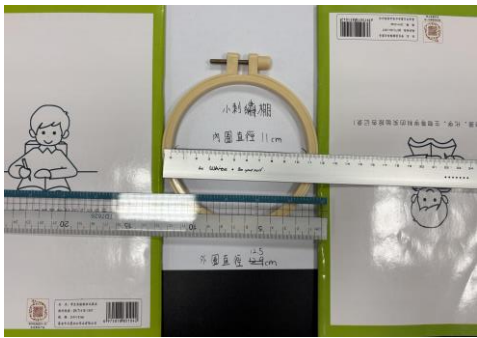
米紙韌性實驗（冰箱過夜 48 小時） 小刺繡棚： 內圈直徑：11cm、外圈直徑：12.5cm 浸濕時間：10 秒		 <p>(圖片為實際測量圖，自行拍攝)</p>		
品名	可承重能力(軸承鋼珠幾顆) 1 顆軸承鋼珠 1g			
	第一次試驗	第二次試驗	第三次試驗	平均
薄餅	290.3 克	174.8 克	240.0 克	大約 236.3 克
越南生春捲皮	528.9 克	552.7 克	479.0 克	大約 520.2 克
澱粉皮	341.3 克	427.4 克	641.5 克	大約 470.07 克

表 10 米紙韌性實驗（冰箱過夜 48 小時）

*因為泡過水的過夜米紙可承重 1 公斤重（故模擬過夜後仍泡水 10 秒的狀況）實驗均使用小刺繡棚（內徑 11cm）並浸濕 10 秒。數據顯示，經過冰箱過夜處理後，所有材質的承重能力皆有爆發性成長。

針對米紙在「一般狀態（未過夜）」與「冰箱過夜 48 小時」後的承重能力對比分析如下：

品名	未過夜平均承重	冰箱過夜 48 小時平均承重	成長倍率(約)
越南生春捲皮	8.67g	520.2g	60.0 倍
澱粉皮	36.33g	470.07g	12.9 倍
薄餅	27.67g	236.3g	8.5 倍

表 11 一般米紙與過夜米紙承重能力對比

(一) 韌性冠軍換人當

1. 未過夜狀態：澱粉皮（36.33g）表現最優，而越南生春捲皮（8.67g）最為脆弱。
2. 過夜 48 小時後：越南生春捲皮（520.2g）反超成為韌性最強的材質，其承重能力甚至高達未過夜前的 60 倍。

(二) 環境因素的影響：低溫與乾燥

1. 物理性質改變：原本極易斷裂的越南生春捲皮，在經過冰箱冷藏 48 小時後，結構似乎發生了顯著強化。這可能是因為低溫環境導致澱粉分子重新排列（老化作用），或是水分在冰箱中微量流失，使得浸濕後的纖維結構更加緊密。
2. 穩定性觀察：薄餅在過夜後的增長幅度（8.5 倍）雖然是三者中最低，但其承重力也從原本的 20 幾克提升到了 236.3g，顯示環境處理對米製品韌性有普遍提升的效果。

(三) 數據波動性

1. 澱粉皮的變異：過夜後的澱粉皮在第三次試驗衝到了 641.5g，但第一次僅有 341.3g。這種不穩定的超高數值，可能與該片米紙在冰箱中擺放的位置（受風乾程度）有關。
2. 越南生春捲皮的穩定高標：過夜後的生春捲皮三次試驗均穩定維持在 479g 至 552g 之間，展現了其作為結構補強材料的潛力。

「冰箱過夜 48 小時」是一個關鍵的轉折變因。它能將原本極易破損的米紙（特別是越南生春捲皮），轉化為具備超強承重能力的材料。對於需要高韌性的應用場景，經過冷藏處理的越南生春捲皮是目前實驗數據中的最佳選擇。

三、嘗試復原米紙實驗

嘗試復原米紙實驗方法(一)--電鍋配蒸籠			
小刺繡棚: 內圈直徑：11cm、外圈直徑：12.5cm			
品名	可承重能力(軸承鋼珠幾顆) 1 顆軸承鋼珠 1g		
	第一次試驗	第二次試驗	第三次試驗
薄餅	142.5 克	脫模時裂開， 面積不足以固定。	78.5 克
越南生春捲皮	面積不足以固定	171.0 克	面積不足以固定
澱粉皮	225.0 克	面積不足以固定	35.2 克

表 12 嘗試復原米紙實驗方法(一)--電鍋配蒸籠

(一) 電鍋蒸煮復熱結果分析

根據實驗紀錄，電鍋蒸煮能穩定地讓乾硬的米紙恢復一定的柔軟度，但操作過程中米紙的完整度受固定面積影響甚大。

1. 薄餅：在三次試驗中，最高可承重 142.5 克。但在第二次試驗中出現脫模時裂開的情形，顯示復熱後的米紙雖有恢復韌性，但結構仍較脆弱。
2. 越南生春捲皮：受限於小刺繡棚固定面積不足，多次試驗無法成功量測，但在成功的一次試驗中可承重 171.0 克。
3. 澱粉皮：展現出較大的韌性起伏，第一次試驗承重達 225.0 克，為電鍋組中最高，但第三次僅為 35.2 克，推測可能與受熱均勻度或固定狀態有關。


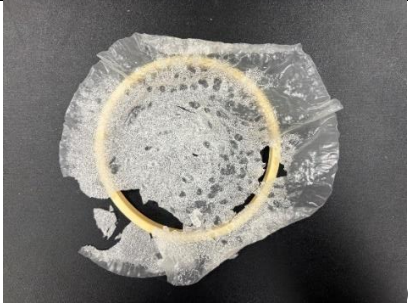
嘗試復原米紙實驗方法(二)--微波爐 小刺繡棚：內圈直徑：11cm、外圈直徑：12.5cm			
品名	可承重能力(軸承鋼珠幾顆) 1 顆軸承鋼珠 1g		
	第一次試驗	第二次試驗	第三次試驗
薄餅	冰箱拿出時破裂、微波後整張變脆-無法測量	冰箱拿出時破裂、微波後周圍變脆中心變成有彈性的狀況	冰箱拿出時破裂、微波後周圍變脆中心變成有彈性的狀況
越南生春捲皮	冰箱拿出時完整無破裂微波後周圍變脆中心變成有彈性的狀況-無法測量	冰箱拿出時完整無破裂微波後周圍變脆中心變成有彈性的狀況-無法測量	唯一脫模完整的，可以支撐 109.5 克
澱粉皮	38.6 克	149.1 克	冰箱拿出時未破裂、微波後整張變脆-無法測量
 <p>(自行拍攝)</p>		 <p>(自行拍攝)</p>	
圖 8 微波後周圍變脆中心變成有彈性的狀況		圖 9 微波後周圍變脆無法固定	

表 13 嘗試復原米紙實驗方法(二)--微波爐

(二) 微波爐加熱復熱結果分析

微波加熱雖然快速，但極易導致米紙水分過度流失，產生明顯的局部脆化現象。

1. 物理外觀觀察：多數樣品從冰箱取出時已出現裂痕，經微波加熱後，常出現「周圍變脆、中心有彈性」的受熱不均現象（如圖 8）。
2. 韌性表現：
 - (1) 薄餅：多因整張變脆或破裂而無法測量。
 - (2) 越南生春捲皮：多數情況下無法脫模量測，僅有一組成功脫模完整，支撐力為 109.5 克。
 - (3) 澱粉皮：數據落差大（38.6 克至 149.1 克），主因在於微波易使米紙變脆，導致承重能力極不穩定。

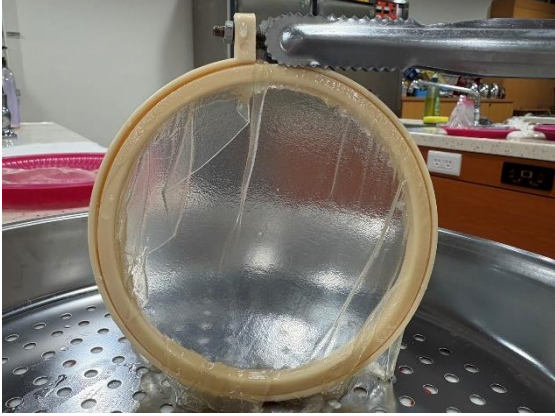

嘗試復原米紙實驗方法(三)--過水加熱			
小刺繡棚: 內圈直徑：11cm、外圈直徑：12.5cm			
品名	可承重能力(軸承鋼珠幾顆) 1 顆軸承鋼珠 1g		
	第一次試驗	第二次試驗	第三次試驗
薄餅	煮的時後破	煮的時後破	煮的時後破
越南生春捲皮	無法固定	無法固定	無法固定
澱粉皮	106.7 克	31.4 克	煮的時後破
			
圖 10 先固定後過水加熱 (自行拍攝)	圖 11 多數米紙煮的過程中破裂，皺在一起 (自行拍攝)		

表 14 嘗試復原米紙實驗方法(三)--過水加熱

(三) 過水加熱復熱結果分析

過水加熱雖然能直接補充米紙流失的水分，但在實驗中發現此方法對韌性的恢復效果最差，且操作難度最高。

1. 物理外觀觀察：米紙在水中加熱時極易變得過於軟爛，結構支撐力迅速消失。
2. 韌性表現：
 - (1) 薄餅：三次試驗皆在煮的過程中直接破裂，完全無法進行韌性量測。
 - (2) 越南生春捲皮：質地較薄，受熱過水後會縮成一團，無法固定在刺繡棚上，量測失敗。
 - (3) 澱粉皮：因其材質相對較厚，是唯一留下數據的組別。第一次量測為 106.7 克，但第二次僅剩 31.4 克，且第三次同樣發生煮破情形。

(四) 將各組成功量測到的最高承重克數整理如下，以觀察不同手法對韌性恢復的上限：

復熱方式	薄餅 (g)	越南生春捲皮 (g)	澱粉皮 (g)
電鍋蒸煮	142.5	171.0	225.0
微波加熱	無法量測	109.5	149.1
過水加熱	無法量測	無法量測	106.7

表 15 不同手法對韌性恢復的上限

(五) 復熱方式對澱粉結構的影響

1. 電鍋蒸煮（水蒸氣）：水蒸氣能均勻滲透米紙，讓老化的澱粉分子重新糊化並保有適度水分，因此韌性恢復最優。
2. 微波加熱（分子震盪）：加熱不均且水分散失快，導致米紙出現「局部脆化、局部彈性」的矛盾狀態。
3. 過水加熱（直接浸泡）：過多的水分破壞了米紙纖維的連結，使澱粉結構變得過於鬆散，導致承重能力大幅下降甚至直接破裂。

(六) 實驗操作的限制與挑戰 實驗中多次出現「面積不足以固定」或「脫模裂開」的情況。這顯示冷藏後的米紙即便經過復熱，其邊緣的完整性與結構彈性仍不如新鮮米紙，對外部拉力的耐受度降低。

各階段米紙承重能力（韌性）量測結果彙整表

實驗狀態	樣品 A (薄餅)	樣品 B (生春捲皮)	樣品 C (澱粉皮)
1. 原始狀態 (未冷藏)	27.67g	8.67g	36.33g
2. 冷藏 48 小時後	236.3g	520.2g	470.07g
3. 復熱：電鍋蒸煮	恢復最佳	恢復最佳	恢復最佳
4. 復熱：微波加熱	效果普通	效果普通	效果普通
5. 復熱：過水加熱	效果有限	效果有限	效果有限

表 16 各階段米紙承重能力（韌性）量測結果彙整表（單位：公克）

陸、討論

一、米紙成分與厚度對原始韌性的物理關聯

實驗觀測到樣品 B（越南生春捲皮）在原始狀態下的厚度（0.15mm）大於樣品 A（薄餅）與 C（澱粉皮）的 0.1mm。在承重測試中，樣品 B 展現出較佳的原始韌性，說明物理厚度是影響強度的主因之一。此外，成分中樹薯澱粉的比例也會影響 Q 彈感，純度較高的澱粉皮在浸水後結構變化較劇烈，反映在數據上的波動也較大。

二、低溫環境引發的澱粉老化效應

米紙冷藏 48 小時後，三種樣品均出現變白、質地變脆且承重力大幅下降的現象。此為科學上的「澱粉老化（Retrogradation）」，當米紙處於冰箱低溫環境（約 4°C）時，澱粉分子重新排列成緊密的結晶結構並排出水分，導致質地由柔軟轉為乾硬易碎。

三、復熱手法對澱粉結構恢復的成效對比

- (一) **電鍋蒸煮法（水蒸氣糊化）**：數據顯示此法效果最顯著，如澱粉皮最高可承重 225.0 克。電鍋提供的穩定高溫蒸氣（約 100°C）能均勻穿透纖維，讓老化澱粉重新吸收水分並發生「糊化作用」，有效恢復結構彈性。
- (二) **微波加熱法（分子震盪與失水）**：微波雖快，但易導致水分過度流失。觀察發現米紙常出現「邊緣脆化、中心彈性」的受熱不均現象（如圖 8），導致薄餅與生春捲皮多次因脆裂無法量測。
- (三) **過水加熱法（結構瓦解）**：雖補充了表面水分，但直接浸泡熱水易使澱粉過度軟爛。實驗中薄餅與生春捲皮在煮的過程即破裂或縮合，顯示此法會破壞米紙的支撐結構，韌性恢復力極差。

四、實驗操作限制與改進建議

- (一) **固定與脫模困難**：實驗中多次因「面積不足以固定」或「脫模時裂開」導致樣本失效。建議未來改用較大直徑（如 15cm 以上）的固定圈，並在脫模處塗抹少量食用水，減少人為破壞。
- (二) **數據誤差控制**：砝碼（軸承鋼珠）放置的平穩度及復熱後的量測時間點會影響數據準確性。未來可進一步控制復熱後的降溫速度，觀察其對「韌性維持黃金時間」的影響。

柒、結論

一、 保存環境對質地的影響：

米紙經冷藏 48 小時後，其韌性會因澱粉老化而顯著降低。低溫不僅使米紙變色，更使其承重能力大幅衰退，證實冷藏環境對米紙食用的 Q 彈感具有破壞性。

二、 電鍋蒸煮為最優復熱手段：

在三種復熱處理中，電鍋蒸煮能穩定提供水氣與熱能。其測得的承重克數（最高 225.0g）明顯優於微波（最高 149.1g）與過水加熱（最高 106.7g），最能有效恢復米紙韌性。

三、 過水加熱具實作侷限性：

實驗證實過水加熱容易造成米紙軟爛、縮合或直接破損，尤其是薄型米紙（如薄餅）完全無法透過此法恢復韌性，不具備實務復熱的效益。

四、 老化過程具不可逆性：

即便使用最佳的電鍋復熱，樣品韌性仍難以百分之百回到初始狀態，且容易在脫模時受損。這說明澱粉老化具有部分不可逆性，建議越南生春捲仍以現做現吃能獲得最佳口感。

捌、參考文獻資料

一、中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 魔法變變變!把吃剩的米飯恢復原狀

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/64/pdf/NPHSF2024-082916.pdf?0.9118668935261667>

二、中華民國第 50 屆中小學科學展覽會 我是「地」一名—地瓜葉抗氧化力之探討

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/50/pdf/080208.pdf>

三、中華民國第 65 屆中小學科學展覽會 真空能加速醃製食物?高壓可以嗎?探究氣壓對醃製速率的影響 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/65/pdf/NPHSF2025-032912.pdf>

四、中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 酥蔬跟你說—鹹酥雞攤常見蔬菜之抗氧化力探討

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/64/pdf/NPHSF2024-052211.pdf?0.9331091432832181>

五、網路上建議春捲皮在冰過 48 小時候要用多少毫升的水來蒸(電鍋配蒸籠)

[https://www.google.com/search?q=%E7%B6%B2%E8%B7%AF%E4%B8%8A%E5%BB%BA%E8%AD%B0%E6%98%A5%E6%8D%B2%E7%9A%AE%E5%9C%A8%E5%86%B0%E9%81%8E48%E5%B0%8F%E6%99%82%E5%80%99%E8%A6%81%E7%94%A8%E5%A4%9A%E5%B0%91%E6%AF%AB%E5%8D%87%E7%9A%84%E6%B0%B4%E4%BE%86%E8%92%B8\(%E9%9B%BB%E9%8D%8B%E9%85%8D%E8%92%B8%E7%B1%A0\)&rlz=1C1VDKB_zh-TWTW960TW960&ocq=%E7%B6%B2%E8%B7%AF%E4%B8%8A%E5%BB%BA%E8%AD%B0%E6%98%A5%E6%8D%B2%E7%9A%AE%E5%9C%A8%E5%86%B0%E9%81%8E48%E5%B0%8F%E6%99%82%E5%80%99%E8%A6%81%E7%94%A8%E5%A4%9A%E5%B0%91%E6%AF%AB%E5%8D%87%E7%9A%84%E6%B0%B4%E4%BE%86%E8%92%B8\(%E9%9B%BB%E9%8D%8B%E9%85%8D%E8%92%B8%E7%B1%A0\)&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIHCAEQABjvBTIHCAIQABjvBdIBCTExNTMwajBqN6gCALACAA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=%E7%B6%B2%E8%B7%AF%E4%B8%8A%E5%BB%BA%E8%AD%B0%E6%98%A5%E6%8D%B2%E7%9A%AE%E5%9C%A8%E5%86%B0%E9%81%8E48%E5%B0%8F%E6%99%82%E5%80%99%E8%A6%81%E7%94%A8%E5%A4%9A%E5%B0%91%E6%AF%AB%E5%8D%87%E7%9A%84%E6%B0%B4%E4%BE%86%E8%92%B8(%E9%9B%BB%E9%8D%8B%E9%85%8D%E8%92%B8%E7%B1%A0)&rlz=1C1VDKB_zh-TWTW960TW960&ocq=%E7%B6%B2%E8%B7%AF%E4%B8%8A%E5%BB%BA%E8%AD%B0%E6%98%A5%E6%8D%B2%E7%9A%AE%E5%9C%A8%E5%86%B0%E9%81%8E48%E5%B0%8F%E6%99%82%E5%80%99%E8%A6%81%E7%94%A8%E5%A4%9A%E5%B0%91%E6%AF%AB%E5%8D%87%E7%9A%84%E6%B0%B4%E4%BE%86%E8%92%B8(%E9%9B%BB%E9%8D%8B%E9%85%8D%E8%92%B8%E7%B1%A0)&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIHCAEQABjvBTIHCAIQABjvBdIBCTExNTMwajBqN6gCALACAA&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

六、春捲皮在冰過 48 小時候建議要水燙幾秒

https://www.google.com/search?q=%E6%98%A5%E6%8D%B2%E7%9A%AE%E5%9C%A8%E5%86%B0%E9%81%8E48%E5%B0%8F%E6%99%82%E5%80%99%E5%BB%BA%E8%AD%B0%E8%A6%81%E7%94%A8%E5%A4%9A%E5%B0%91%E6%AF%AB%E5%8D%87%E7%9A%84%E7%86%B1%E6%B0%B4%E4%BE%86%E6%B0%B4%E7%85%AE&sca_esv=09a4dc9e07e27686&rlz=1C1VDKB_zh-TWTW960TW960&ei=imdzaYuAFeaOvr0P44OGiQU&ved=0ahUKEwiL7Zr10qGSAXVmh68BHeOBIVEQ4dUDCB&uact=5&ocq=%E6%98%A5%E6%8D%B2%E7%9A%AE%E5%9C%A8%E5%86%B0%E9%81%8E48%E5%B0%8F%E6%99%82%E5%80%99%E5%BB%BA%E8%AD%B0%E8%A6%81%E7%94%A8%E5%A4%9A%E5%B0%91%E6%AF%AB%E5%8D%87%E7%9A%84%E7%86%B1%E6%B0%B4%E4%BE%86%E6%B0%B4%E7%85%AE&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcnAiR-

aYpeaNsearuWcqOWGsOmBjjQ45bCP5pmC5Y CZ5bu66K2w6KaB55So5aSa5bCR5q-r5Y2H55qE54ax5rC05L6G5rC054WuMgUQABjvBTIIEAAYgAQYogQyCBAAGIAEGKIEMggQABiABBiiBDIFEAAAY7wVI2EZQAFj2QHAAeAGQAQCYAYABoAGFBaoBAzEuNbgBA8gBAPgBAfgBAppgCBqACnwXCaggQABiiBBiJBZgDAJIHAzEuNaAHiQ-yBwMxLjW4B58FwgcFMC4zLjPIBxCACAA&scient=gws-wiz-serp