

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

第三名

080805

環保糯米膠

學校名稱：臺北市立教育大學附設實驗國民小學

作者： 小六 蘇承宏 小六 林仲甫 小六 林昱廷	指導老師： 潘蓮菁 李佩怡
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：糯米、黏性、韌性

環保糯米膠

摘要

本研究之試驗項目包括測試糯米之物理及化學性質，以及糯米添加糖、碳酸鈣後之拉力試驗、耐震度試驗及韌性試驗。其研究成果如下：

- (一) 試體搗碎程度越高其各項表現越佳。而糯米漿試體會隨放置時間增加，使各項試驗結果有先升後降之趨勢。
- (二) 試體添加糖分，有效提升糯米漿在七天時的黏度表現。
- (三) 試體添加加熱過蛋殼粉比未經加熱蛋殼粉的耐震度提高。
- (四) 試體添加蚵殼造成材料不均勻，使其 7 天耐震性強度下降，但有效提升 1 天耐震度強度，也提升拉力與韌性的強度表現。
- (五) 試體添加纖維可有效提升糯米漿的黏度，其中對加入椰子、絲瓜纖維強度改變較大。

壹、研究動機

在日常生活中各種黏著劑扮演重要的角色。有一次媽媽的皮鞋底脫落，嘗試用各種膠類黏合，但是黏著時間到很臭的怪味道，心中擔憂是否產生有害毒素呢!看新聞報導，有一座幾百年歷史的糯米橋，在 88 風災及 921 大地震過後，竟然沒有倒塌，令我們皆很驚訝！詢問老師後了解，糯米橋是用糯米加上一些天然添加材料，如糖漿、蚵殼灰等，因此思索，「糯米膠到底含有哪些成分呢？」，「糯米膠黏性有多大？」，於是我們展開一系列的研究。



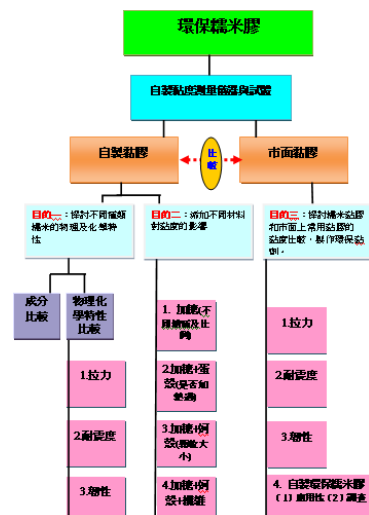
圖 1-1-1

相關的教材：1.五上康軒版第四單元力與運動【1】。2.六下康軒版第一單元簡單機械、第二單元物質的變化【2】。

貳、研究目的與架構

- 一、探討不同種類糯米的物理及化學特性。
- 二、探討糯米添加不同材料對黏度的影響。
- 三、探討糯米膠和市面上常用黏膠的黏度比較，自製環保黏劑。

圖 2-1-1 研究架構



參、研究器材



圖 3-1-1

器具：1.鍋子 2.磅秤 3.夾子 4.木條 5.量杯 6.計數器 7.美工刀 8.電鑽 9.牙籤 10.馬達 11.電鍋 12.塑膠袋 13.奇異筆 14.酒精燈 15.棉線 16.塑膠積木 17.燒杯 18.鉗子 19.尺 20.瓦楞紙 21.吹風機 22.玻璃罐 23.剪刀 24.膠帶 25.熱熔膠 26.木板 27.螺絲釘 28.漏斗 29.濾網 30.自製檢測器材 4組 31.滑輪 32.震盪波 33.黏膠。

材料：1.糯米 2.蛋殼 3.糖 4.纖維 5.蚵殼。

肆、文獻探討及名詞定義

一、糯米的相關研究

我們查了四十八屆有關糯米研究的科展資料【3】，讓我知道加上不同比例的水時何種物質黏性較佳，以及如何測試黏性的實驗，提升我們尋找環保黏膠的添加物及測試的方法。

二、試體黏度定義





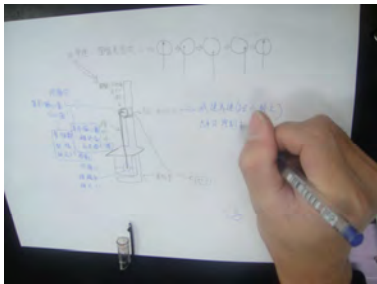

(一) 黏度是指拉力、耐震度、韌性等三種能力的表示，定義與測試方法分別說明如下：

1. 拉力：力量與受力面積垂直。利用兩側外拉的方式測試，拉力可使用夾子計重，其力量的最小單元為單一夾子的重量。
2. 耐震度：以半自成震盪波(振幅為 1 公分、振動頻率為 24 Hz)測試，紀錄積木被破壞的時間，時間越久表示其耐震程度越佳。
3. 韌性：試體可承受變形而不發生斷裂的能力。以自製的韌性測試儀上的滾動軸帶動輪上的試體，直到扭斷，以所改變的繩長表示韌性。

(二) 實驗記錄：每次實驗中去除最大最小數據值後，均以四次試驗所得，求取平均值計算。

伍、研究過程






一、自製搗米儀器

問題	觀察夜市糯米機器，使用轉軸一大一小。	搗碎棒與糯米的接觸面積大小。	一般的馬達速度太快。	轉盤需要如何固定？
解決方法	因此改成使用偏心圓，使搗碎棒離地面高度不同。	在接觸棒下放裝置一個接觸面較大的頭。	使用減速馬達(扭力較大)，也可控制搗碎速度。	使用 L 型置物架。
圖示	 圖 5-1-1	 圖 5-1-2	 圖 5-1-3	 圖 5-1-4
設計歷程圖：	 圖 5-1-5		實驗裝置完成圖：  圖 5-1-6	

二、糯米漿製備法

本研究使用尖糯米及紅糯米 2 種糯米 (1 公斤 90 元)，分別在電鍋中加入相同的水量，為鍋內鍋水 180 cc，電鍋外鍋水 180 cc，此作法參考全國科展 48 屆黏度大考驗的作品【3】。

米煮熟後再分別將糯米用自製的機器 (速率：115 下/搗 1 分鐘) 各搗 3、6、9、12 分鐘，製作成糯米漿 (糯米與水的重量比為 1：4)。

 圖 5-2-1	 圖 5-2-2	 圖 5-2-3	 圖 5-2-4
1. 使用電鍋把糯米煮熟。	2. 秤重(45g)尖糯米。	3. 秤重(45g)紅糯米。	4. 使用自製搗碎糯米機器。
 圖 5-2-5			5. 隨時用保鮮膜包住，不同搗碎時間的尖、紅糯米(3分、6分、9分、12分)。

三、自製拉力測試儀器及測試設計

設計構想：看到拔河比賽中互相拉扯的過程，運用六年級課堂上所教授定滑輪可改變施力方向的概念，因此向老師借用自然教室的滑輪掛鉤來設計儀器。

(一) 設計歷程			
 <p>圖 5-3-1</p>	 <p>圖 5-3-2</p>	 <p>圖 5-3-3</p>	
1.使用減速馬達兩邊反方向旋轉直到兩積木分離。	2.因無法量化數據，所以改成用砝碼在兩邊拉測出拉力。	3.因砝碼在兩邊拉很難控制重量，且掛上砝碼的時間點不同，會影響數據的精確度，於是改成固定一邊，用砝碼拉扯帶動圓盤轉動的方式，進行拉力測量實驗。	
 <p>圖 5-3-4</p>	 <p>圖 5-3-5</p>		
4.把木塊裁成需要的長度並且對稱，用來製作測試拉力的儀器。用螺釘把對準位置栓好。	5.固定滑輪的基底，將待測試體掛好，手扶好準備測試拉力大小。運用生活中大量的相同單元取代砝碼不夠的困境。		
(二) 製作拉力測試的試體			
 <p>圖 5-3-6</p>	 <p>圖 5-3-7</p>	 <p>圖 5-3-8</p>	
1.在積木中點上標記位置，準備鑿洞嵌入螺絲掛勾。	2.取一格刀片量的試體，塗抹於一平方公分面積上，將兩塊積木黏上，並輕壓 2 秒。	3.製作試體放置不同時間進行拉力測試。	
(三) 拉力測試歷程			
 <p>圖 5-3-9</p>	 <p>圖 5-3-10</p>	 <p>圖 5-3-11</p>	 <p>圖 5-3-12</p>
1.分別測量每個夾子的重量並標示所有夾子重量。	2.掛上積木掛鉤，另一端掛上棉線夾上夾子。	3.不斷增加夾子重量，直到兩積木分開，停止夾夾子。	4.累加夾子的重量，即為此試體拉力大小。

四、自製耐震度儀器及測試設計

設計構想：五年級上關於聲音課程時，老師用震盪波展示波的概念，因此我們嘗試向老師借震盪波儀器，作為地震橫波的來源。先進行一些前導性的實驗，發現原來一顆一顆黏試體會有人為因素干擾，因此改為只黏一次，並將上層改為較重的一條 10 公分積木，來設計測試耐震度實驗。

製作試體設計			
 <p>圖 5-4-1</p>	 <p>圖 5-4-2</p>	 <p>圖 5-4-3</p>	 <p>圖 5-4-4</p>
1. 借用震盪波儀器，並運用花瓜罐自製成平台。並在平台上貼住一塊紙板。	2. 將 1 立方公分積木的底部，用熱熔膠黏住於紙板四個頂點位置。	3. 用美工刀取適量試體，均勻塗抹試體於兩積木間。	4. 依序將 1 公分長及 10 公分長的積木黏住，把 2 個積木壓平整 2 秒。
 <p>圖 5-4-5</p>	 <p>圖 5-4-6</p>		
5. 自製測耐震度的積木條，放置不同天數進行測試。	6. 將積木條的紙板放置於耐震度儀器上，以四個長尾夾固定於平台上。振幅調為最大振幅（1 公分），頻率固定為 24Hz，並用計時器紀錄。		
<p>注意事項：先將平台置於震盪波儀器上，再將實驗試體放置於平台上。當實驗試體掉落時要立刻按下碼表，作為掉落的時間依據。</p>			

五、自製測韌性儀器及測試設計

設計構想：由於耐震度只進行橫波的測試，爲了瞭解當**扭轉力道**時的承受力如何，因此從**扭轉毛巾**的概念著手，嘗試**量化此韌性的數據**。

(一) 儀器設計歷程

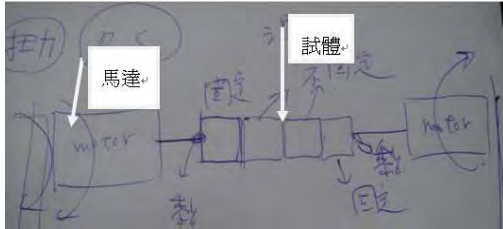


圖 5-5-1

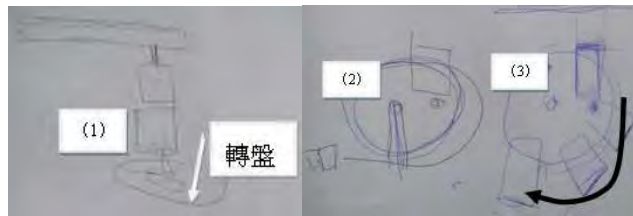


圖 5-5-2

1.馬達是**兩邊反方向旋轉直到試體斷掉爲止**，原本的構想是想測試試體遇到地震的縱波及橫波相交情況下有甚麼影響，因**無法量化力量**而修正。

2.
 (1) 用手轉動轉盤直到試體分離。
 (2) 上圖 1 的不同角度拍攝。
 (3) 順時針轉動，直到試體斷裂，則爲韌性的大小，但**卻無法量化轉動的角度**。

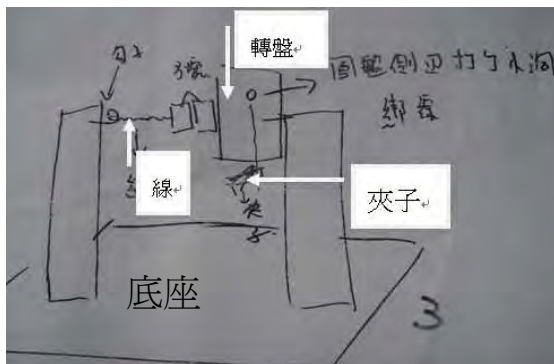


圖 5-5-3

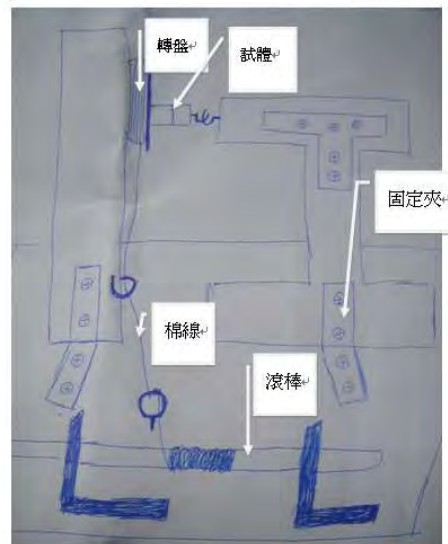

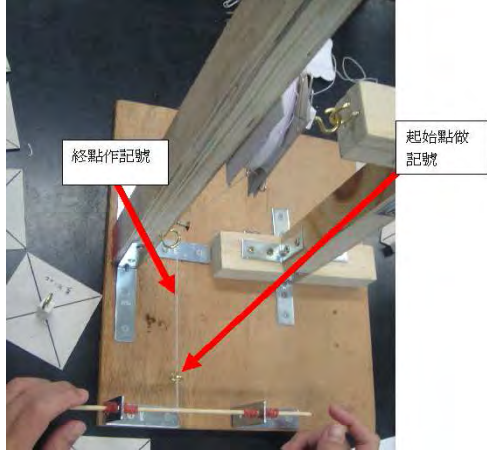


圖 5-5-4



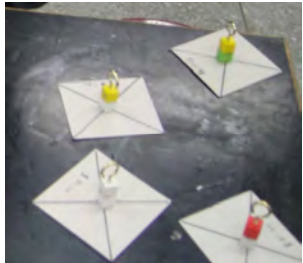
3.首先把線轉緊固定試體，再配合圓盤反方向的轉動直到試體分離。轉動圓盤的方法改爲依序增加夾子數量，促使圓盤轉動，當夾子到一定量的時候試體分離，則夾子的總重量爲此韌性的量化依據。可惜，夾子的重力加速度造成轉盤**迅速轉下去**，又無法量化數據。

4.緣自於**削鉛筆機的輪軸原理**，稍做改變以滾棒帶動圓盤轉動的概念。韌性的測量方式**改成用滾棒轉動線帶動圓盤轉動**，就可以透過滾棒上的繩子長度，**代表其試體可承受扭轉的韌性**做爲韌性大小的**量化數據**。轉動滾棒的好處可以不影響轉的力道，直到扭轉試體分離所需要的繩子則爲韌性的量化數據。

(二) 韌性儀器製作歷程

 <p style="text-align: right;">圖 5-5-5</p>	 <p style="text-align: right;">圖 5-5-6</p>	 <p style="text-align: right;">圖 5-5-7</p>
<p>1.將花瓜罐蓋子用螺絲起子鎖在木條上。</p>	<p>2.把花瓜罐蓋子當成一個圓軸，在圓盤正面黏上紙板，用迴紋針將紙板接合。</p>	<p>3.圓盤起始點先用膠帶黏住。並且在圓盤四周滾上很多圈線圈。</p>
 <p style="text-align: center;">圖 5-5-8</p>	 <p style="text-align: right;">圖 5-5-9</p>	
<p>4.黏上試體的積木用迴紋針固定於圓盤上的紙板，並且取適當距離在木塊上設置掛鉤，可跟另一掛鉤接合來測試韌性。</p>	<p>5.而線圈另一端黏在滾棒上以測試韌性。轉動滾棒直到測試的試體分離。最後再計算繩長，此為測試試體韌性的量化數據。</p>	


(三) 製作待測韌性的試體

 <p style="text-align: center;">圖 5-5-10</p>	 <p style="text-align: center;">圖 5-5-11</p>	 <p style="text-align: right;">圖 5-5-12</p>
<p>1.熱熔膠塗抹在紙板上準備固定小積木。</p>	<p>2.將待測試體塗抹於小積木上 1 平方公分的面積上。</p>	<p>3.依序塗抹不同的試體進行測試，且固定於紙板上。</p>

陸、研究結果與討論

實驗一：查詢資料比較兩種糯米的特性

查閱資料【4】了解，米性質差異的主要因素為澱粉組成不一，糯米以樹枝狀的「支鏈澱粉」為主，達 95%至 100%，「直鏈澱粉」約低於 2%，因此煮後口感 Q 較具黏性。所以，澱粉糊化後，粘性極強。梗米未煮熟外觀為半透明，而糯米則不透明。








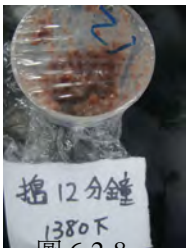
 圖 6-1-1	<p>尖糯米：米粒細長有缺口、色粉白，含有蛋白質、脂肪、醣類、鈣、磷、鐵、維生素 B 群及澱粉等成分，用途為油飯、米糕。</p>	 圖 6-1-1	<p>紅糯米：米粒較圓、色暗紅有條紋、不透明，含有維生素、A、E、鐵質及蛋白質及澱粉等成分，用途為年糕、湯圓。</p>
--	---	---	--


實驗二、探討搗碎不同時間下糯米的特性

(一) 步驟

搗碎不同時間（3、6、9、12 分鐘）的紅糯米及尖糯米，進行比較外觀、加入碘液測試是否含有澱粉的反應，以及比較放置 7 天後的外觀狀態。

(二) 結果

尖糯米	 圖 6-2-1	 圖 6-2-2	 圖 6-2-3	 圖 6-2-4
外觀描述	有點糊。	比三分鐘糊。	有點出水。	很糊，就像跟「麻糬」一樣。
放置 7 天	出現白黃顏色及出水狀，出現醋酸味道類似酒。			
紅糯米	 圖 6-2-5	 圖 6-2-6	 圖 6-2-7	 圖 6-2-8
外觀描述	有碎掉可是沒有完全變糊，米粒很大。	有點糊，顆粒變小。	更糊，顆粒變更小。	已成為糊狀，但有少許顆粒。



加入碘酒 反應		<p>均呈現藍黑色</p> <p>圖 6-2-9 左為尖糯米，右為紅糯米</p>
------------	---	--

(三) 實驗結果

1. 內外鍋分別加入固定水量 180 cc，米煮熟時，在實驗中我們發現尖糯米和紅糯米在搗 9 分鐘、12 分鐘時，黏性都比 3 分鐘、6 分鐘時大許多。

實驗三：探討搗碎不同時間下兩種糯米拉力的比較

(一) 步驟

 <p>圖 6-3-1</p>	 <p>圖 6-3-2</p>	<p>將搗碎不同時間 (3、6、9、12 分鐘) 下兩種糯米，放置不同時間下 (馬上實測、經過 1 小時、2 小時、1 天、2 天、7 天)，進行拉力測試，比較拉斷時的力大小。</p>
---	---	--

(二) 結果

表 6-3-1 糯米經過時間的拉力數據

試體 搗米時間 (分) 拉力(gw) 待測時間	尖搗 3	尖搗 6	尖搗 9	尖搗 12	紅搗 3	紅搗 6	紅搗 9	紅搗 12
馬上實測	75.1	119.2	171.3	238.4	31.7	94	105.7	105.7
過一小時	146.4	171.2	186.5	524.1	79.8	128.4	156.6	308
過兩小時	60.9	67.4	360.2	451.1	93.6	371.9	418.6	445.9
1 天後	215.4	504.1	704.3	1176.3	251.7	463.1	465.2	1056.8
2 天後	389.1	500.6	620.1	709.4	98.4	128	238.1	457.6
7 天後	66.7	72.8	91	118.3	18.7	35	59.9	89.3

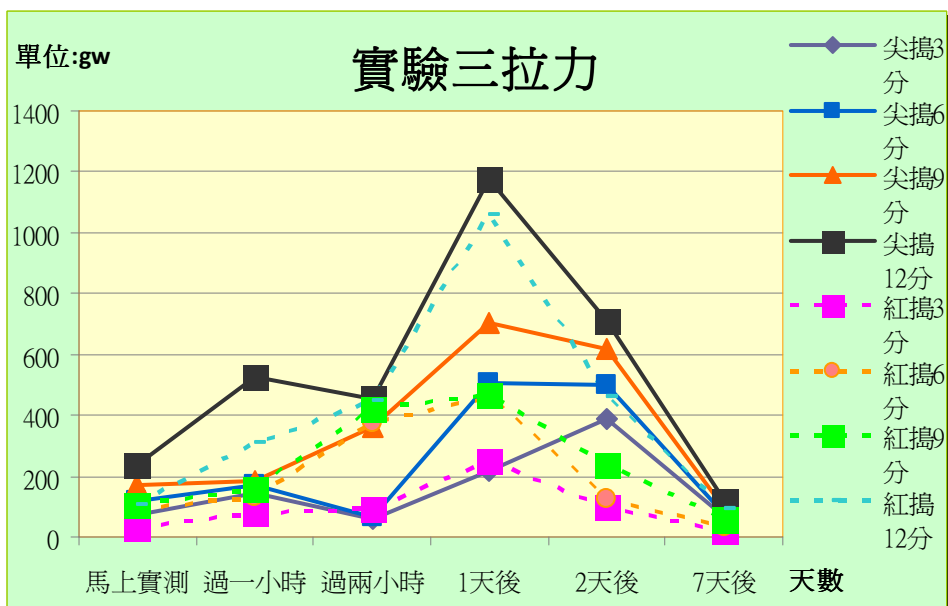


圖 6-3-3 糯米經過時間的拉力圖

(三) 討論

1. 由表 6-3-1 及圖 6-3-3 中發現，搗碎時間長度與其拉力強度成正比，顯示糯米越破碎其黏著力越佳。
2. 尖糯米的黏性較紅糯米佳。
3. 不論尖糯米或紅糯米，在拉力強度上均隨時間經過而呈現先升後降之趨勢，以一天時的拉力為最佳。其原因為測試初期因糯米漿中水分隨時間經過而蒸發，使得其黏性上升，但經過一天後，糯米漿的黏性下降。經查閱資料【5】推論，也許是糯米漿中的澱粉水解產生醣類與水分，故造成其拉力隨時間經過有先升後降之趨勢。

實驗四：探討搗碎不同時間下兩種糯米耐震度的比較

(一) 步驟

將兩種糯米，分別搗碎不同時間（3、6、9、12 分鐘）。

<p>圖 6-4-1</p> 	<p>圖 6-4-2</p> 
<p>1. 放置不同時間下（經過 1 小時、1 天、7 天）等待測試</p>	<p>2. 以頻率 24Hz，最大振幅的振盪波儀器進行耐震度比較，觀察塗上試體的 2 條積木經過多久時間震倒及其狀態。</p>

(二) 結果

表 6-4-1 糯米經過時間的耐震度數據

試體 耐震度(秒) 待測時間	尖 3	尖 6	尖 9	尖 12	紅 3	紅 6	紅 9	紅 12
一小時後	2	9	69	90	1	2	11	11
一天後	5	11	52	5965	2	4	15	15
七天後	31	34	66	69	1	1	4	6
七天後 的物理 觀察	放置 9、12 分鐘試體，塗抹積木時較少自動分離。				塗抹的時候較易滑動，積木較不易排好。			

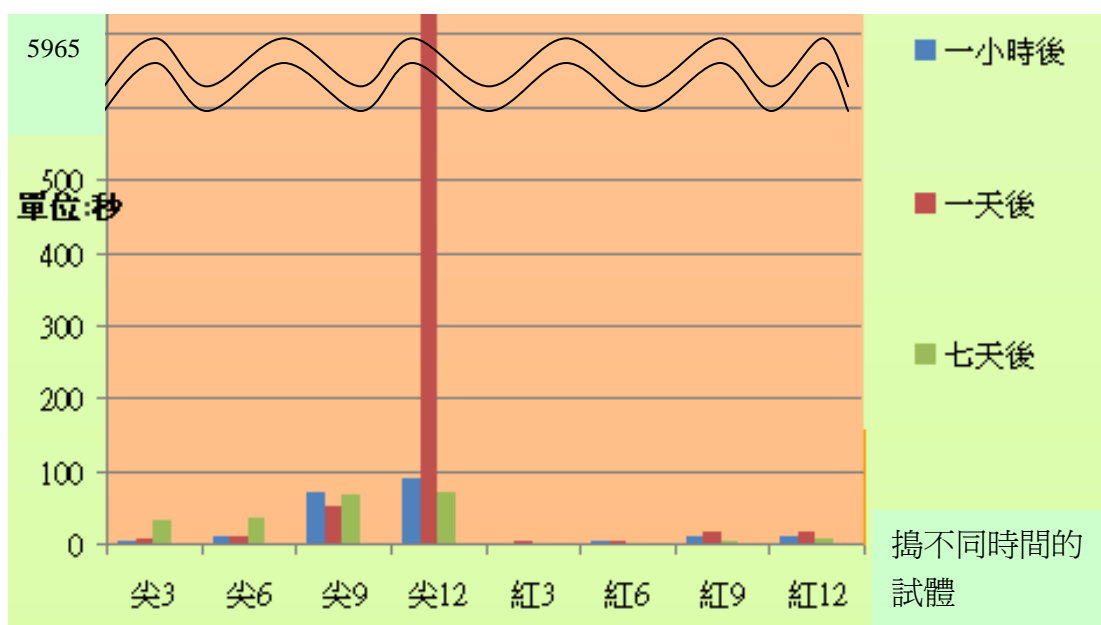


圖 6-4-3 糯米經過時間的耐震度圖

(三) 討論

1. 由表 6-4-1 及圖 6-4-3 中發現，耐震度隨糯米搗碎時間增加而有上升的趨勢，顯示糯米越碎其黏度越高。
2. 尖糯米的黏性與耐震度較紅糯米為佳。
3. 尖糯米 12 分與紅糯米的耐震度在一天時為最大，其耐震度的變化也許與糯米本身黏性、水分蒸發有關。當糯米搗碎後 1 小時，也許因糯米漿中水分較多，所以黏性不大。但經過一天後，多餘水分蒸發，糯米漿本身的黏性提供了大部分的黏著力，而隨時間再增加，糯米漿的黏性又降低。
4. 實驗中發現：尖糯米在搗 12 分時放置 1 天後的狀態下，所測得的耐震度放置 1 小時、7 天後皆強，似乎放置太久耐震度強度降低。

實驗五：探討搗碎不同時間下，兩種糯米韌性的比較

(一) 步驟




圖 6-5-1

1.將試體均勻塗抹於兩小積木間，滾動小木棍，直到積木被扭斷，做終點記號，量測終點與起始點的距離，即為扭斷試體所需要滾動的繩長。測試放置不同時間下（1小時、1天、2天、7天）韌性的大小。

(二) 結果

表 6-5-1 糯米經過時間的韌性數據

試體 韌性(cm) 待測時間	尖 3	尖 6	尖 9	尖 12	紅 3	紅 6	紅 9	紅 12
1 小時	5.3	5.8	9	27.3	7.5	7.4	3	12
1 天	4.1	12.3	26	38	16.2	35.6	41.5	146
2 天	5.3	7.8	8.8	13	0	9.1	6.6	13.5
7 天	0	0	0	4.5	0	0	0	0

狀態



圖 6-5-2 硬掉的試體自動與積木剝離

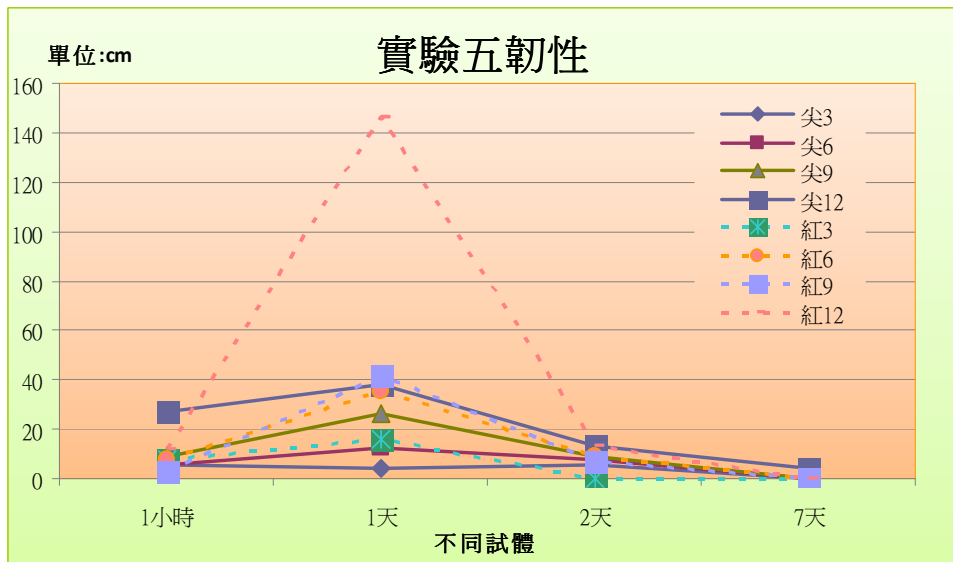


圖 6-5-3 糯米經過時間的韌性圖

(三) 討論

1. 由表 6-5-1 及圖 6-5-3 中發現，搗碎時間長度與其韌性大小成正比，顯示糯米越破碎其韌性越佳。
2. 紅糯米的韌性較尖糯米佳，顯示紅糯米漿承受變形的能力較佳。
3. 在韌性試驗中，其趨勢與實驗三相似，顯示糯米漿的韌性與其拉力強度有一定關係。

實驗六：探討尖糯米添加不同比例、種類的糖，測試對黏度的影響

(一) 步驟

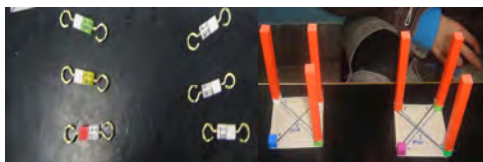


圖 6-6-1

1. 依據實驗二~實驗五的糯米黏度最好的尖糯米，調配不同重量比例的混合試體 4 種，分別放入電鍋內煮熟，再把這 4 種試體取 10ml (2 大匙) 的量，進行搗米 12 分鐘。為試體 1 (紅糖：糯米：水=1：1：4)，試體 2 (紅糖：糯米：水=1：4：16)，試體 3 (砂糖：糯米：水=1：1：4)，試體 4 (砂糖：糯米：水=1：4：16)，分別測試其黏度 (拉力、耐震度、韌性)，並觀察放置 1、3、5、7 天後試體的黏度及發霉情況。

紅糖為維生牌頂級黑糖，砂糖為台糖 二號砂糖 (1kg)。

(二) 結果

表 6-6-1 試體經過天數的拉力數據

試體 拉力(gw) 待測時間	試體 1 (紅糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 2 (紅糖:糯米: 水=1:4:16)	試體 3 (砂糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 4 (砂糖:糯米: 水=1:4:16)
1 天	510.4	943.1	572.9	915
2 天	1093.3	1215.4	1154.5	1003
5 天	1167.1	1349.2	1301.8	1175.7
7 天	1371.2	1350.3	1358.9	1258.9

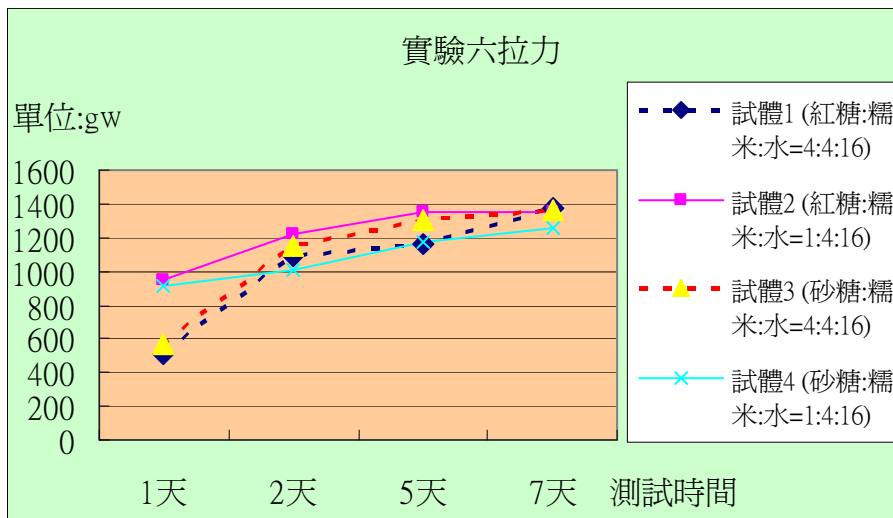


圖 6-6-2 試體經過天數的拉力圖

表 6-6-2 試體經過天數的耐震度數據

試體 耐震度(秒) 待測時間	試體 1 (紅糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 2 (紅糖:糯米: 水=1:4:16)	試體 3 (砂糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 4 (砂糖:糯米: 水=1:4:16)
1 天	1544	1544	7200	7200
2 天	7200	2426	7200	7200
5 天	7200	4000	7200	7200
7 天	7200	7200	7200	7200

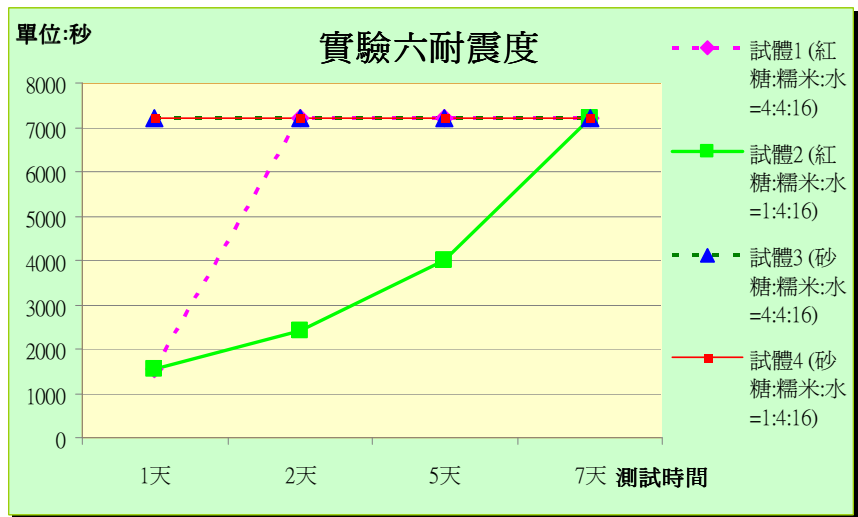


圖 6-6-3 試體經過天數的耐震度圖

表 6-6-3 試體經過天數的韌性數據

試體	試體 1 (紅糖:糯米:水=4:4:16)	試體 2 (紅糖:糯米:水=1:4:16)	試體 3 (砂糖:糯米:水=4:4:16)	試體 4 (砂糖:糯米:水=1:4:16)
1 天	30	16	3	8
2 天	32	17	7	13
5 天	60	17	16	21
7 天	97.7	6	40.5	24.5

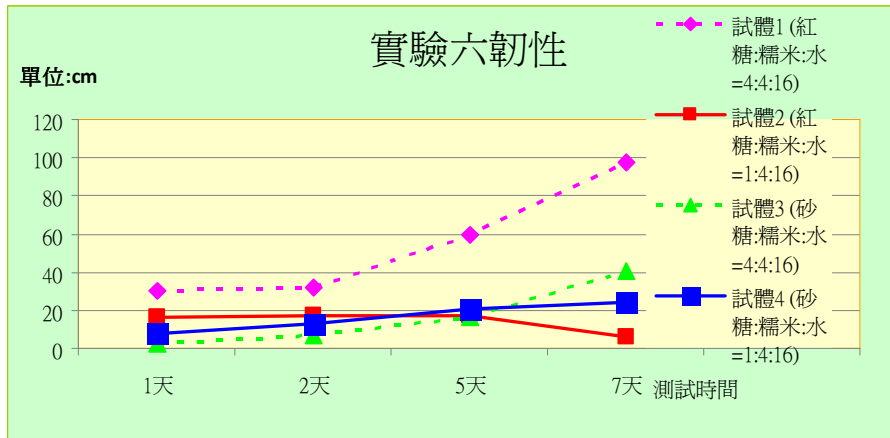


圖 6-6-4 試體經過天數的韌性圖

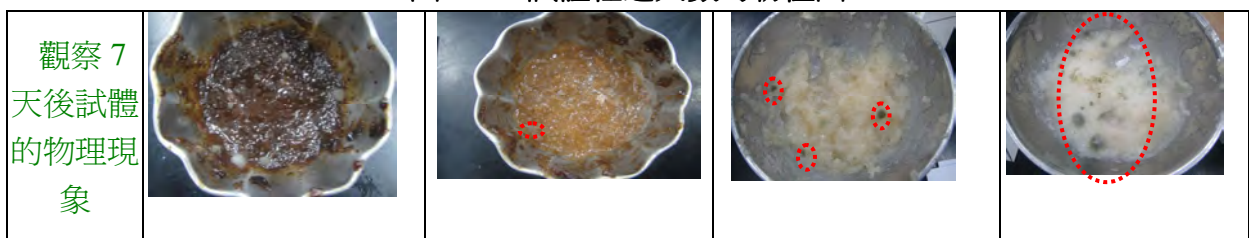









圖 6-6-5 七天後試體物理觀察

(三) 討論

1. 由表 6-6-1 與圖 6-6-2 的拉力試驗中，兩種糖與糯米比例為 1:1 的材料(試體 1、3) 初始強度低但會成長，顯示其強度發展不快，要到 7 天之後才有可能發展是最高強度；兩種糖與糯米比例為 1:4 的材料(試體 2、4) 初始强度高但不會成長，顯示其強度發展可能很快，在拌合後迅速發展至最高強度。
2. 由表 6-6-2 與圖 6-6-3 的耐震度試驗中，添加砂糖試樣的耐震度均優於紅糖，且 1 天即可達到 7200 秒，顯示添加砂糖對其耐震度的成長速度較快，紅糖較慢。雖然添加紅糖對於耐震度的成長較慢，但隨時間增加，在 7 天時所有試樣均可達到耐震 7200 秒。
3. 由表 6-6-3 與圖 6-6-4 的韌性試驗中，添加糖分幫助試體 1、3 有效提升七天時的韌性，但對試體 2、4 卻沒有提升。
4. 由圖 6-6-5 七天後試體物理觀察中發現，添加較多水的試體 4 的發霉面積大於試體 3，試體 2 又大於試體 1，而添加紅糖的試體 1、2 的發霉面積又較小。
5. 綜合以上四點，顯示在足量糖份環境下，可抑制澱粉的水解，使糯米漿的拉力、耐震度及韌性在七天時大幅提升。

實驗七：探討尖糯米加糖再添加是否加熱過的蛋殼，測試對黏度的影響

(一) 步驟

 <p>圖 6-7-1</p>  <p>圖 6-7-2</p>	 <p>圖 6-7-2</p> 	   <p>圖 6-7-3</p>
<p>1. 加熱過的蛋殼是將生蛋殼挑出來膜並研磨後，用酒精燈加熱 5~10 分鐘。未加熱、加熱過的蛋殼粉研磨後，皆能經過相同孔隙圓篩（孔徑為 0.1mm），確認是相同顆粒大小的蛋殼粉。</p>	<p>2. 將實驗六的 4 種試體分別添加未加熱過、加熱過的蛋殼粉各 0.2 克重，分別放置不同天數測試其黏度（拉力、耐震度、韌性）。</p>	

(二) 結果

表 6-7-1 試體添加是否加熱過蛋殼經過天數的拉力數據

試體 天數 拉力(gw) 蛋殼	試體 1 (紅糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 1 (紅糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 2 (紅糖:糯米: 水=1:4:16)	試體 2 (紅糖:糯米: 水=1:4:16)	試體 3 (砂糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 3 (砂糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 4 (砂糖:糯米: 水=1:4:16)	試體 4 (砂糖:糯米: 水=1:4:16)
	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天
	無蛋殼粉	510.4	1371.2	969.9	1370.3	572.9	1358.9	915
加熱過蛋殼粉	1376.6	1258.8	1284.8	1084.7	1376.6	959.2	1281.5	16.8
未加熱過蛋殼粉	1266.5	1132	939	900.5	1324.4	1055.7	1100.5	73.2

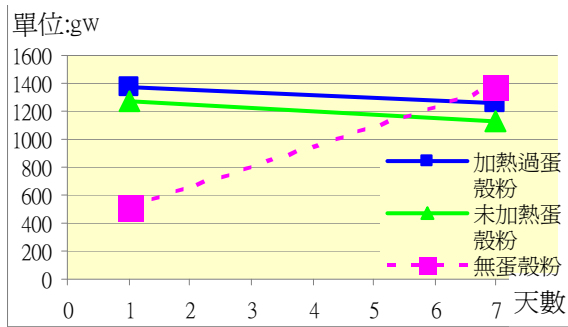


圖 6-7-4 試體一添加是否加熱過蛋殼經過天數的拉力

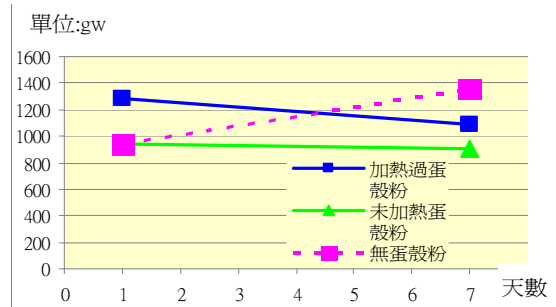


圖 6-7-5 試體二添加是否加熱過蛋殼經過天數的拉力

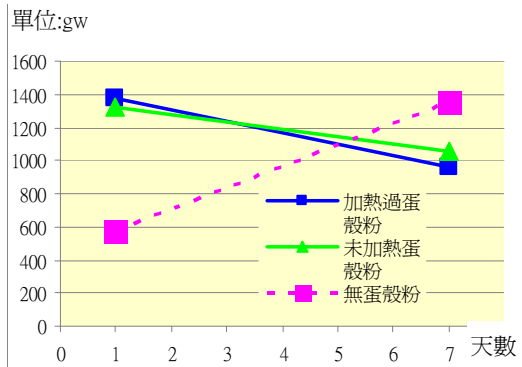


圖 6-7-6 試體三添加是否加熱過蛋殼經過天數的拉力

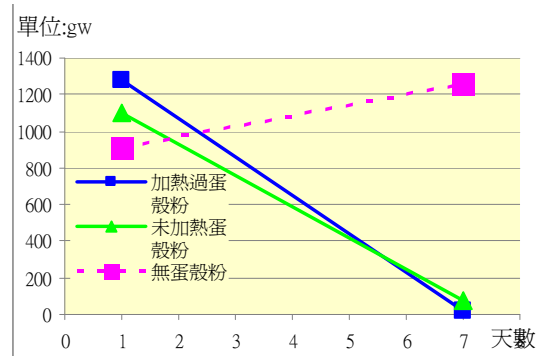


圖 6-7-7 試體四添加是否加熱過蛋殼經過天數的拉力

表 6-7-2 試體添加是否加熱過蛋殼經過天數的耐震度數據

試體 天數 耐震度(秒) 蛋殼	試體 1 (紅糖:糯米:水 =4:4:16)	試體 1 (紅糖:糯米:水 =4:4:16)	試體 2 (紅糖:糯米:水 =1:4:16)	試體 2 (紅糖:糯米:水 =1:4:16)	試體 3 (砂糖:糯米:水 =4:4:16)	試體 3 (砂糖:糯米:水 =4:4:16)	試體 4 (砂糖:糯米:水 =1:4:16)	試體 4 (砂糖:糯米: 水=1:4:16)
	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天
	無添加	1544	7200	1544	7200	7200	7200	7200
加熱過蛋殼粉	7200	357	7200	100	4164	8	7200	43
未加熱過的蛋殼粉	7200	7200	0	9	8	6	8	6

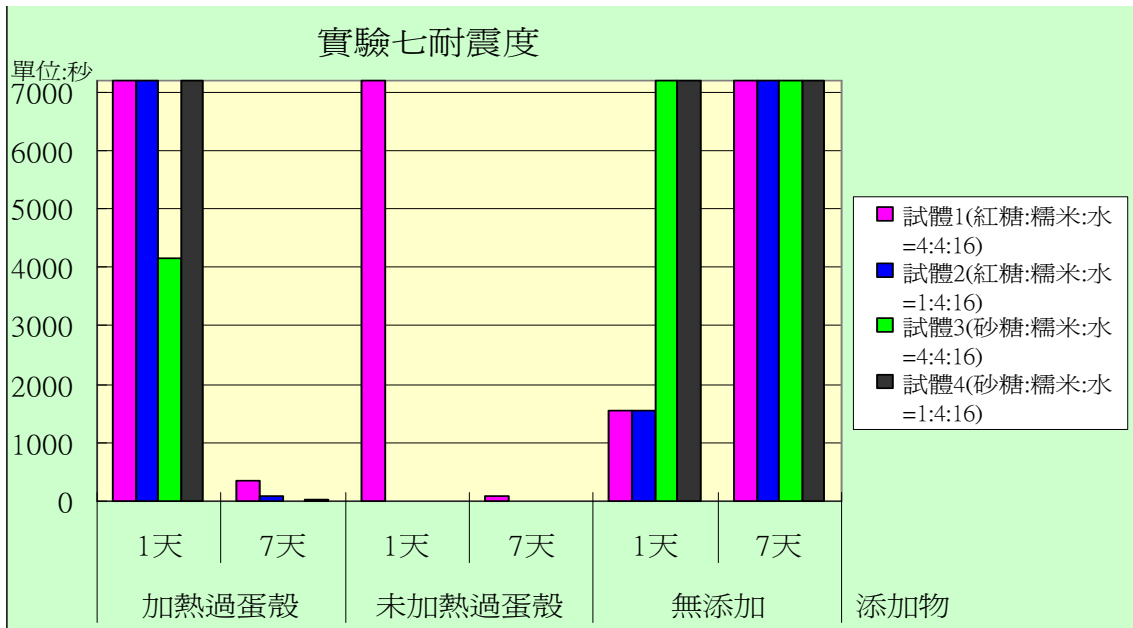


圖 6-7-8 試體添加是否加熱過蛋殼經過天數的耐震度圖

表 6-7-3 試體添加是否加熱過蛋殼經過天數的韌性數據

試體 天數 韌性(cm) 蛋殼	試體 1	試體 1	試體 2	試體 2	試體 3	試體 3	試體 4	試體 4
	(紅糖:糯米:水=4:4:16)	(紅糖:糯米:水=4:4:16)	(紅糖:糯米:水=1:4:16)	(紅糖:糯米:水=1:4:16)	(砂糖:糯米:水=4:4:16)	(砂糖:糯米:水=4:4:16)	(砂糖:糯米:水=1:4:16)	(砂糖:糯米:水=1:4:16)
	1天	7天	1天	7天	1天	7天	1天	7天
無添加	30	97.7	16	6	3	40.5	8	24.5
加熱過蛋殼粉	23	5.1	13	3.6	19	16.2	11	0
未加熱過蛋殼粉	11	3.1	8.5	6	10.5	3.3	7	5.4

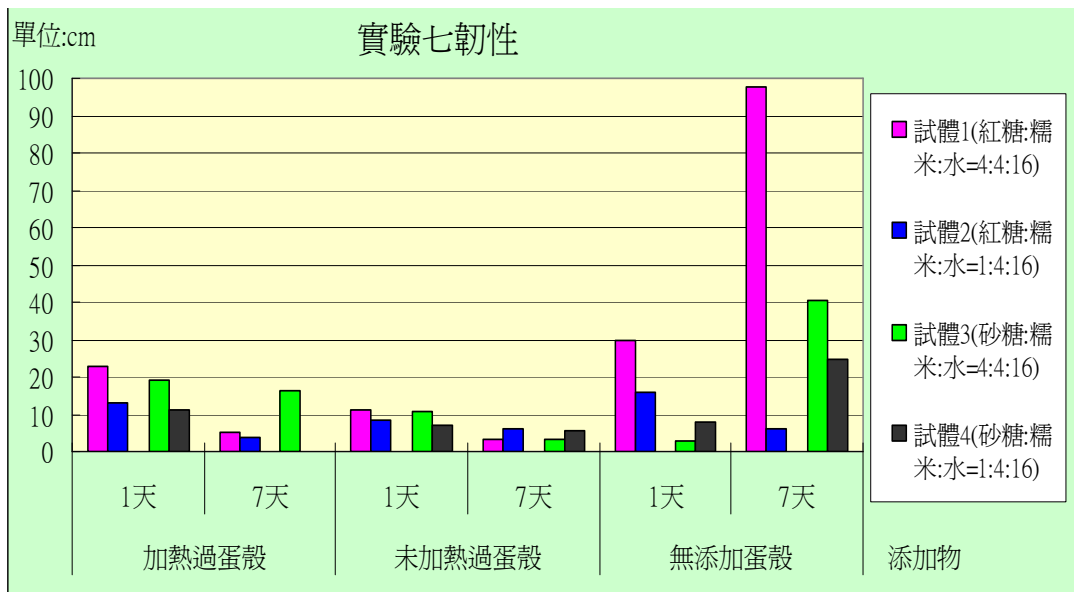


圖 6-7-9 試體添加是否加熱過蛋殼經過天數的韌性圖

(三) 討論

1. 由圖 6-7-4~6-7-7 與表 6-7-1 中發現，未經加熱與加熱過蛋殼強度數值與趨勢相近，顯示生蛋殼與加熱過的蛋殼無異。添加蛋殼粉強度的試樣，7 天強度均下降，顯示蛋殼粉會影響**長期的強度發展**。
2. 由圖 6-7-8 與表 6-7-2 中發現，加入加熱過蛋殼粉時所表現的耐震度都比加入未經加熱蛋殼粉來得好。
3. 試體添加加熱過蛋殼粉比未經加熱蛋殼粉的耐震度提高，但比較圖 6-7-9 與表 6-7-3 對韌性及拉力的強度影響較小，蛋殼粉添加物加熱影響黏度性質，也許改善**黏著劑短時間即硬化的特性，而變成較有黏度**。
4. 也發現添加加熱過、未經加熱蛋殼粉的試體 1(紅糖：糯米：水=1：1：4)、試體 3(砂糖：糯米：水=1：1：4) 的拉力和耐震度都較好。

實驗八：探討尖糯米加糖，再添加不同顆粒大小煮過的蚵殼，測試對黏度的影響

(一) 步驟



圖 6-8-1



圖 6-8-2

1. 蚵殼的成份與蛋殼相近，蚵殼粉取自彰化縣，用途為飼料添加物，平衡土壤酸鹼值。分 2 種不同粒徑 ($<1\text{mm}$)、粉徑 ($1\sim0.1\text{mm}$) 裝袋出售，且皆為高溫殺菌煮過的蚵殼。

2. 打電話商借用文化大學生命科學系的研磨機，將蚵殼粉研磨更細的粉末，一部分可通過篩網，其粒徑為 0.075mm 。



圖 6-8-3



3. 一平匙量的試體 1~4，分別加入 1 平匙量的蚵殼粒、粉、細粉各為 0.2g 重，於漱口杯進行攪拌 1 分鐘。

圖 6-8-4

(二) 結果

表 6-8-1 試體添加不同蚵殼顆粒經過天數的拉力數據

蚵殼 天數 拉力(gw) 試體	蚵殼粒		蚵殼粉		蚵殼細粉		無添加	
	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天
試體 1 (紅糖:糯 米:水=4:4:16)	771.5	550.7	855.6	929	1265.3	1378.4	510.4	1371.2
試體 2 (紅糖:糯 米:水=1:4:16)	604	583	650.8	622	969.9	1349.2	943.1	1350.3
試體 3 (砂糖:糯 米:水=4:4:16)	628.7	601.9	720.6	1365.9	1365.9	1370.6	572.9	1358.9
試體 4 (砂糖:糯米: 水=1:4:16)	491	0	704.5	231.3	862.2	1364.6	915	1258.9

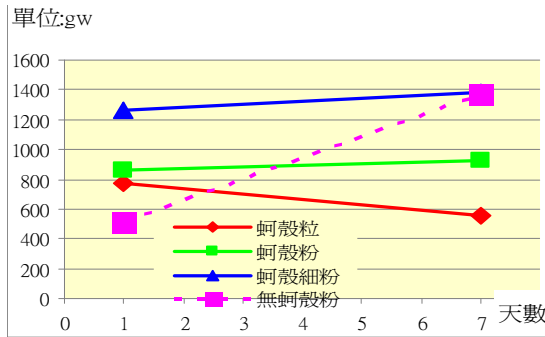


圖 6-8-5 試體一添加不同蚵殼顆粒經過天數的拉力圖

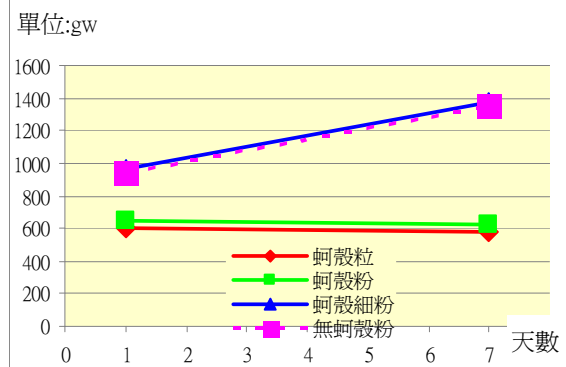


圖 6-8-6 試體二添加不同蚵殼顆粒經過天數的拉力圖

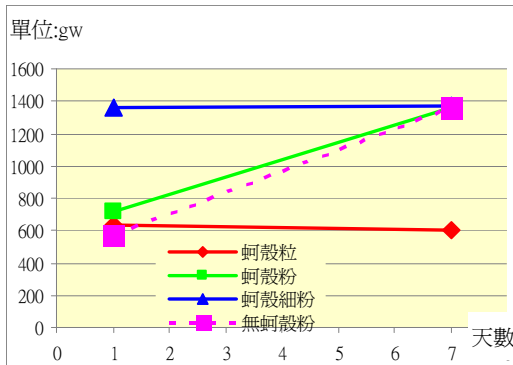


圖 6-8-7 試體三添加不同蚵殼顆粒經過天數的拉力圖

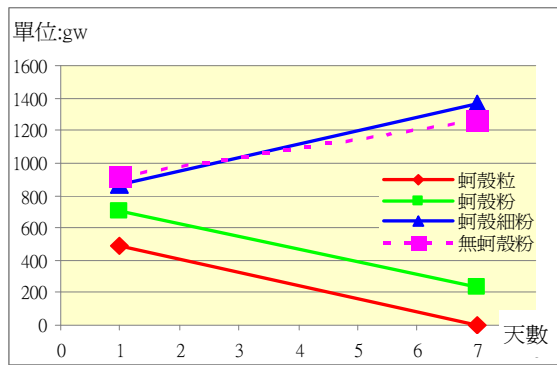


圖 6-8-8 試體四添加不同蚵殼顆粒經過天數的拉力圖

表 6-8-2 試體添加不同蚶殼顆粒經過天數的耐震度

蚶殼 天數 耐震度(秒) 試體	蚶殼粒	蚶殼粒	蚶殼粉	蚶殼粉	蚶殼細粉	蚶殼細粉	無添加	無添加
	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天
試體 1(紅 糖:糯米:水 =4:4:16)	410	50	7200	134	7200	494	1544	7200
試體 2(紅 糖:糯米:水 =1:4:16)	10	8	134	74	7200	174	1544	7200
試體 3(砂 糖:糯米:水 =4:4:16)	65	2	1628	628	7200	645	7200	7200
試體 4(砂 糖:糯米:水 =1:4:16)	8	2	134	10	360	2	7200	7200

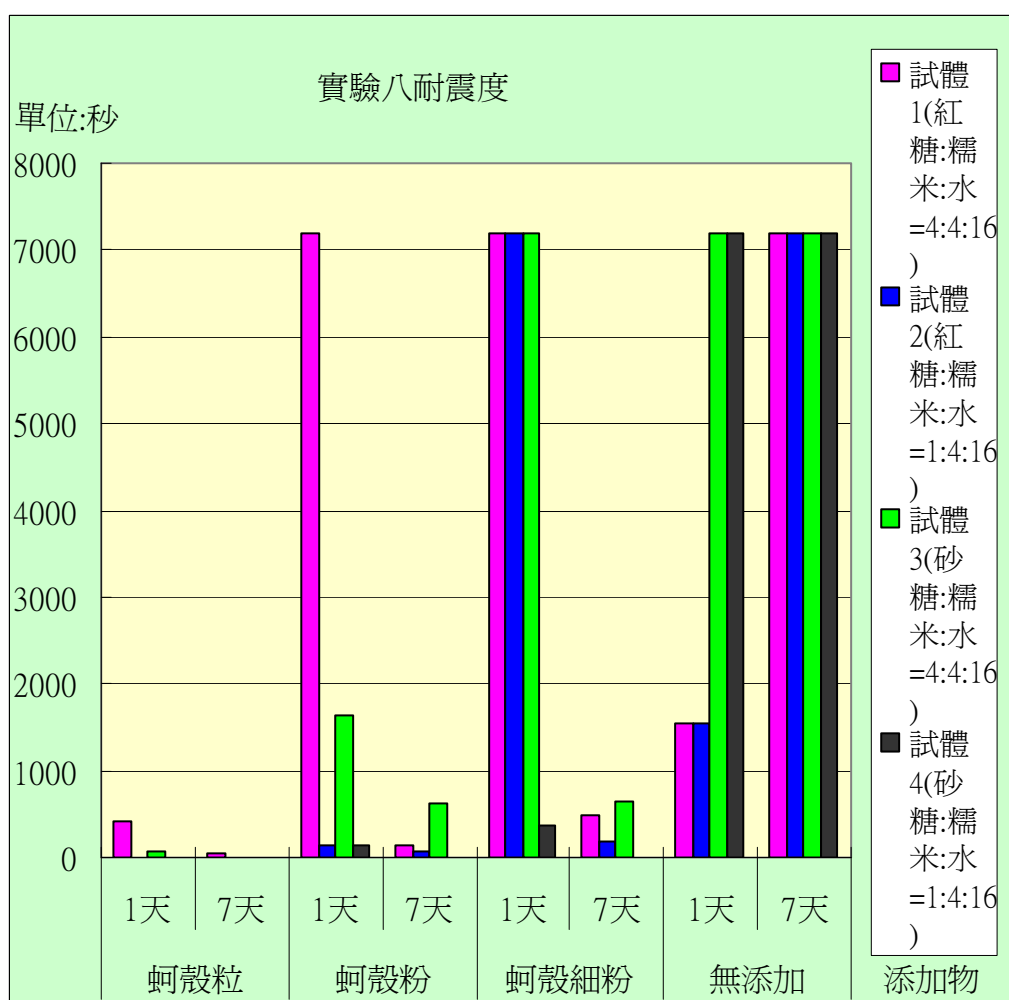


圖 6-8-9 試體添加不同蚶殼顆粒經過天數的耐震度

表 6-8-3 試體添加不同蚵殼顆粒經過天數的韌性

試體 天數 韌性(cm) 蚵殼	試體 1 (紅糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 1 (紅糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 2 (紅糖:糯米: 水=1:4:16)	試體 2 (紅糖:糯米: 水=1:4:16)	試體 3 (砂糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 3 (砂糖:糯米: 水=4:4:16)	試體 4 (砂糖:糯米: 水=1:4:16)	試體 4 (砂糖:糯米: 米:水 =1:4:16)
	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天
無添加	30	97.7	17	6	7	3	21	8
蚵殼粒	7.5	94.3	8.7	13.7	7.4	30.7	2.3	133.6
蚵殼粉	14.4	47.1	11.3	34.1	60	11.5	10.3	147.3
蚵殼細粉	60.3	124.1	25.3	147	100.2	138.3	17.5	153.4

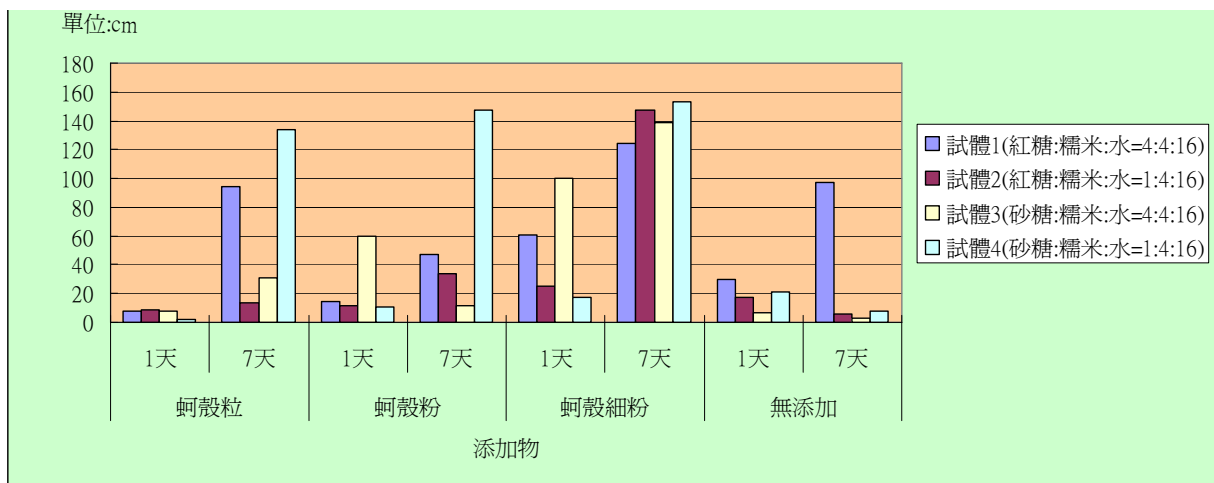


圖 6-8-10 試體添加不同蚵殼顆粒經過天數的韌性

(三) 討論

- 查閱資料中【6】了解，王龍盛（2003）所述：糖漿中之蔗糖與石灰中碳酸鈣產生離子化合物蔗糖鈣，使得灰漿結合力和強度增加。而蚵殼成分主要為CaO，在有糖份環境下，會與醣類反應生成蔗糖鈣（ $C_{12}H_{20}O_{11}Ca$ ），應可提升其強度表現。但由於實驗數據，似乎無法提升其強度反而造成不良的影響，顯示試驗中所使用的蚵殼粉粒徑過大，無法提供有效的表面積與醣類反應，反而因為添加蚵殼粉使材料顆粒不均勻，弱面增加造成拉力強度下降。
- 由圖6-8-5~6-8-8與表6-8-1中發現，材料中顆粒越不均勻，可能產生的弱面就越多，因此添加較大顆粒蚵殼的糯米漿，其拉力強度下降越多。蚵殼顆粒越小強度越高，而時間長短對強度的影響不大。
- 由圖6-8-9與表6-8-2的耐震度方面，添加蚵殼，對於各個試體在7天的耐震度均有負面的影響。但添加蚵殼細粉，在1天的耐震度均有提升。
- 由圖6-8-10與表6-8-3的韌性試驗方面，添加顆粒小的蚵殼細粉，似乎提升其7天後的韌性結果。因此顆粒大小影響其韌性的強度。

實驗九：探討尖糯米加糖加蚵殼細粉，再添加不同的纖維，測試對黏度的影響

(一) 步驟



1. 2. 3. 4. 5.

蒲葵 葉脈 甘蔗渣 絲瓜 椰子

圖 6-9-1

1. 準備 5 種不同的纖維材料，其單根纖維的寬度為 1mm，長度為 5mm。



圖 6-9-2

2. 將糯米添加不同比例的糖、蚵殼細粉 (0.2 克重) 及纖維 (0.2 克重) 於漱口杯，並攪拌 1 分鐘，拌合好待測的試體。



圖 6-9-3

(二) 結果

表 6-9-1 試體添加蚵殼細粉與纖維經過天數的拉力數據

試體 纖維	試體 1+蚵殼細粉		試體 2+蚵殼細粉		試體 3+蚵殼細粉		試體 4+蚵殼細粉	
	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天
蒲葵	687	914.6	600.4	601.7	1377.9	1376	860.3	1128.3
菩提	1286.9	1315.5	531.5	561.7	1333	1377.9	1151.7	1364.9
甘蔗渣	715.7	1215.2	421.1	454.5	938.3	1377.9	749.6	1245.5
絲瓜	888.5	1380.7	721.2	792.4	1377.9	1380.9	918.8	1380.1
椰子	1061	1375.7	721.8	763.4	1377.9	1380.7	922.4	1376.9

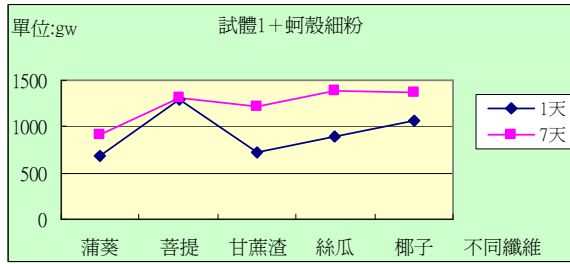


圖 6-9-4 試體一添加蚵殼細粉與纖維經過天數的拉力圖

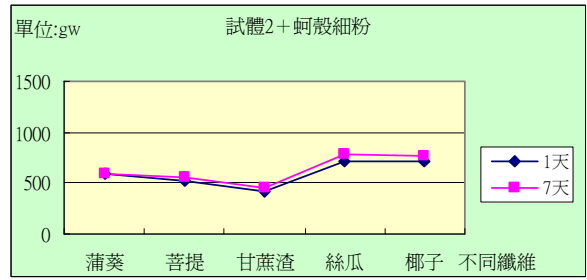


圖 6-9-5 試體二添加蚵殼細粉與纖維經過天數的拉力圖

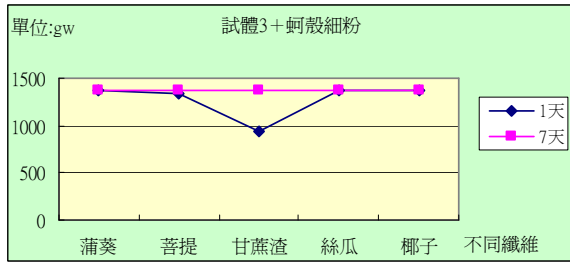


圖 6-9-6 試體三添加蚵殼細粉與纖維經過天數的拉力圖

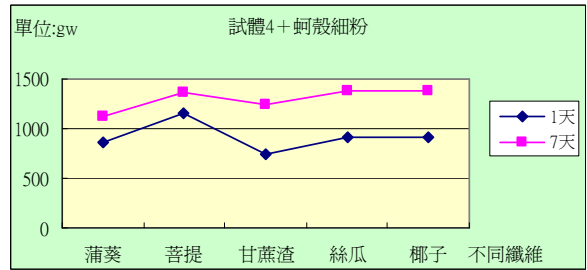


圖 6-9-7 試體四添加蚵殼細粉與纖維經過天數的拉力圖

表 6-9-2 試體添加蚵殼細粉與纖維經過天數的耐震度數據

試體 \ 天數 耐震 (gw)纖維	試體 1 + 蚵殼細粉		試體 2 + 蚵殼細粉		試體 3 + 蚵殼細粉		試體 4 + 蚵殼細粉	
	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天
蒲葵	266	7200	158	7200	3	7200	4	4
菩提	394	7200	30	200	44	7200	4	4
甘蔗渣	238	6000	60	186	2	7200	4	4
絲瓜	7200	7200	12	7200	7200	7200	395	2000
椰子	7200	7200	20	7200	7200	7200	159	1830

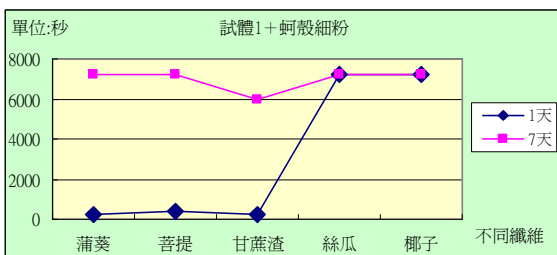


圖 6-9-8 試體一添加蚵殼細粉與纖維經過天數的耐震度

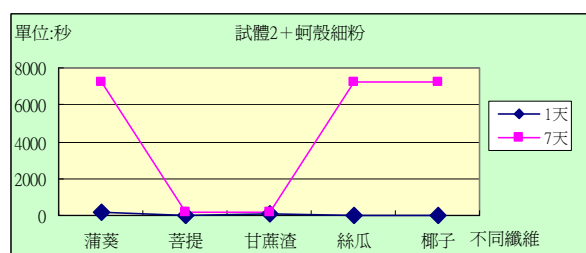


圖 6-9-9 試體二添加蚵殼細粉與纖維經過天數的耐震度

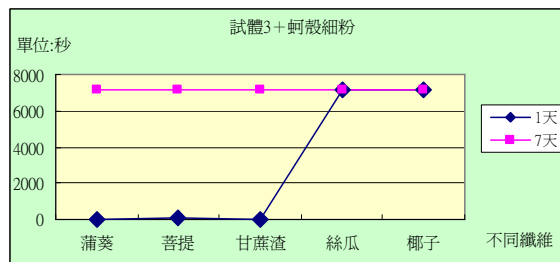


圖 6-9-10 試體三添加蚵殼細粉與纖維經過天數的耐震度

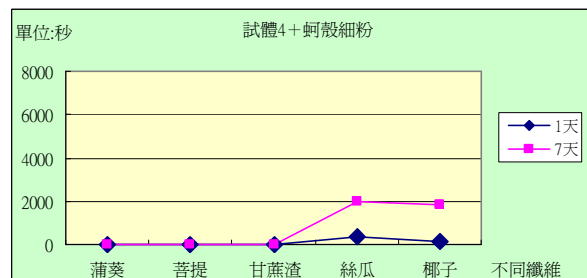


圖 6-9-11 試體四添加蚵殼細粉與纖維經過天數的耐震度

表 6-9-3 試體添加蚵殼細粉與纖維經過天數的韌性數據

試體 天數 韌性(cm) 纖維	試體 1 + 蚵殼細粉		試體 2 + 蚵殼細粉		試體 3 + 蚵殼細粉		試體 4 + 蚵殼細粉	
	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天	1 天	7 天
蒲葵	25.7	67	17.2	7.4	8.5	124	10	14
菩提	38	18.5	6.5	13.5	57.8	72	25.6	26.9
甘蔗渣	7.5	94	26.8	6	3.4	57.8	8.1	35.2
絲瓜	80	124.6	7.8	12.6	44.5	229.7	6.3	103
椰子	85.8	161	8.3	13.4	83.6	220	20	98
物理外觀 觀察	過了 11 天後（日期:01/15）天氣:雨。觀察發現:試體 1、3 添加蚵殼及纖維的漱口杯沒有特殊的顏色，而試體 2 的漱口杯邊緣有灰色、出水現象，試體 4 的漱口杯邊緣有白色像棉花的菌。							

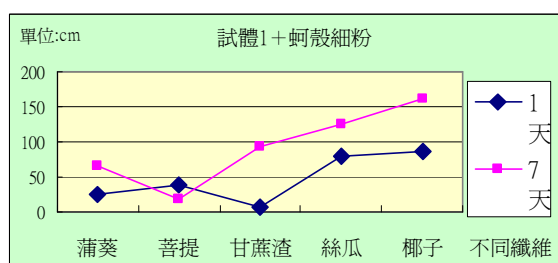


圖 6-9-12 試體一添加蚵殼細粉與纖維經過天數的韌性圖

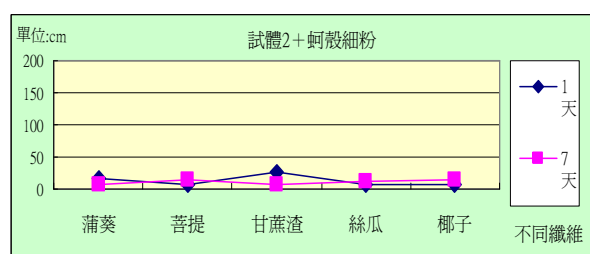


圖 6-9-13 試體二添加蚵殼細粉與纖維經過天數的韌性圖

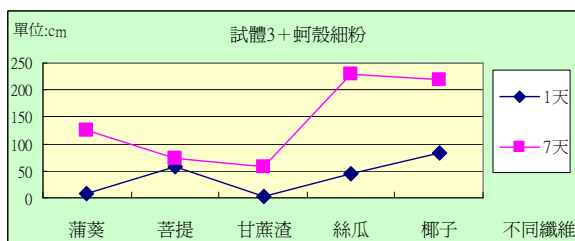


圖 6-9-14 試體三添加蚵殼細粉與纖維經過天數的韌性圖

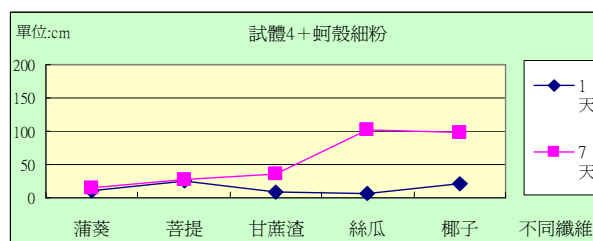





圖 6-9-15 試體四添加蚵殼細粉與纖維經過天數的韌性圖

(三) 討論

1. 由表 6-9-1 及圖 6-9-4~6-9-7 的拉力部分，發現加入纖維除了甘蔗渣的試體外，大部分拉力都較高，原因可能是因為其他 4 種纖維較小。
2. 同時，也發現四種試體加入蚵殼細粉，再添加纖維時，放置 7 天後的試體拉力都比一天時更好，表示放置較久的拉力更強。
3. 由表 6-9-2 及圖 6-9-8~6-9-11 的耐震度中，我們發現，大部分的試體在放置 7 天後的耐震度都比較好，也就是震比較久才倒塌。而加入絲瓜、椰子對不同試體的強度改變不一。
4. 由表 6-9-3 及圖 6-9-12~6-9-15 的韌性實驗中，我們發現加入纖維的試體在擺放 7 天後的狀態下，大部分韌性都比較好。而甘蔗渣 1 天的韌性較差。對試體 2 添加蚵殼細粉和纖維對強度的提升方面，擺放 7 天後的韌性影響不大。

實驗十：尋找市面上常用的黏膠，與糯米膠比較黏度的影響

(一) 步驟

 <p>圖 6-10-1</p>	 <p>圖 6-10-2</p>	 <p>圖 6-10-3</p>
<p>1.蒐集市面上常見的 5 種黏膠並查詢比較其所含成份相關資料。</p>	<p>2.將黏膠取一格刀片量平鋪滿 1 平方公分的積木上，測試試體黏度（拉力、耐震度、韌性）。</p>	

(二) 結果

表 6-10-1 五種黏膠經過天數的拉力數據

試體 拉力(gw) 待測時間	樹脂	百得萬能膠	保麗龍膠	膠水	口紅膠
1 小時	1367.041	1252.245	676.8367	817.449	1314.694
1 天	1372.959	59.69388	1374.286	983.7755	1370.306
7 天	1376.02	379.3878	1376.02	1204.388	565.102

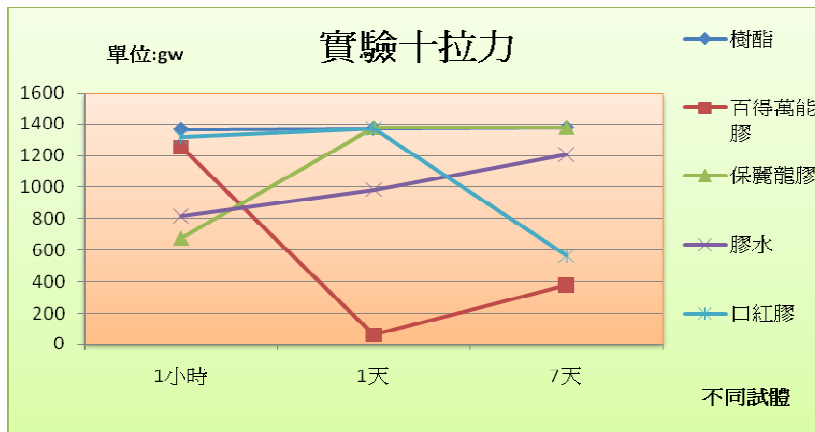


圖 6-10-4 五種黏膠經過天數的拉力圖

表 6-10-2 五種黏膠經過天數的耐震度數據

試體 耐震度(秒) 待測時間	樹脂	百得萬能膠	保麗龍膠	膠水	口紅膠
1 小時	3	661	1	3	7200
1 天	10	7200	12	11	7200
7 天	7200	7200	110	1	7200

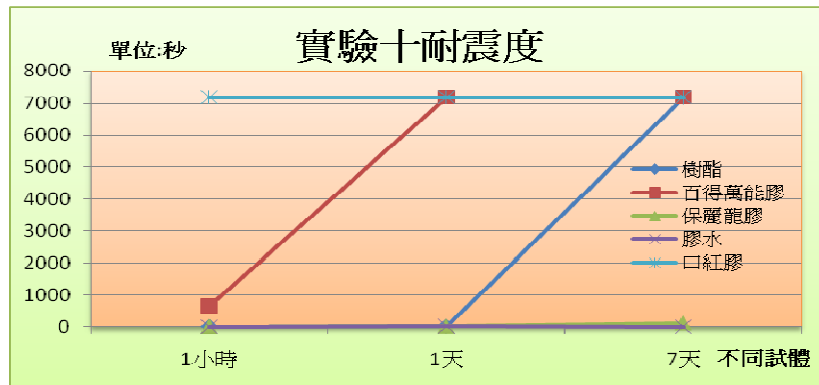


圖 6-10-5 五種黏膠經過天數的耐震度圖

表 6-10-3 五種黏膠經過天數的韌性數據

試體 韌性(cm) 待測時間	樹脂	百得萬能膠	保麗龍膠	膠水	口紅膠
1 小時	4.3	340	370	43.5	64.8
1 天	1.9	3.2	370	25.4	88.6
7 天	296.9	61.2	10.3	24.1	21.1

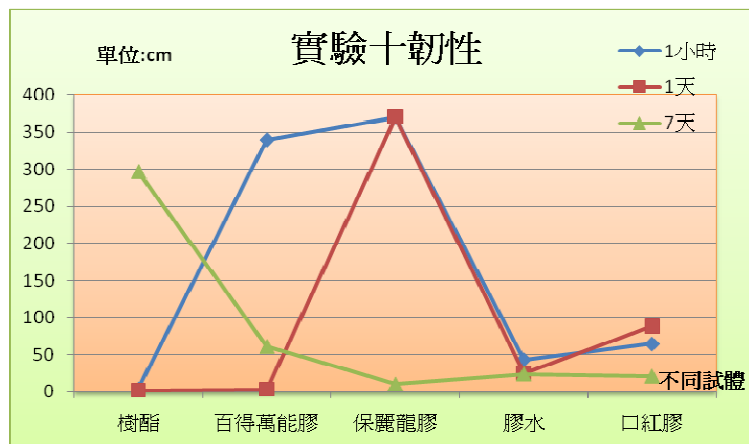


圖 6-10-6 五種黏膠經過天數的韌性圖

(一) 討論

1. 由表 6-10-1 及圖 6-10-4 中，發現各種市面黏膠試體在擺放 7 天後的拉力較強。
2. 由表 6-10-2 及圖 6-10-5 中，發現隨時間增加，各種市售膠的耐震秒數增加，顯示時間越久其耐震程度越佳。保麗龍膠與膠水的耐震度較其他膠水差，且差距十分顯著。
3. 樹脂、萬能膠與口紅膠在 7 天均能達到 7200 秒的耐震度，但其耐震度成長速度不同，口紅膠成長最快，僅 1 小時即可達 7200 秒耐震。萬能膠次之，於 1 天後到達。樹脂最末，需 7 天才可達到 7200 秒耐震。
4. 由表 6-10-3 及圖 6-10-6 中，保麗龍膠是 5 種黏膠試體中在一天時韌性最強。
5. 另外，七天後除了樹脂外其他四種試體韌性皆相對低。

柒、討論與建議

一、在實驗五~實驗九中，將糯米黏膠拉力、耐震度和韌性的前三名與五種市面黏膠進行比較差異性如下：

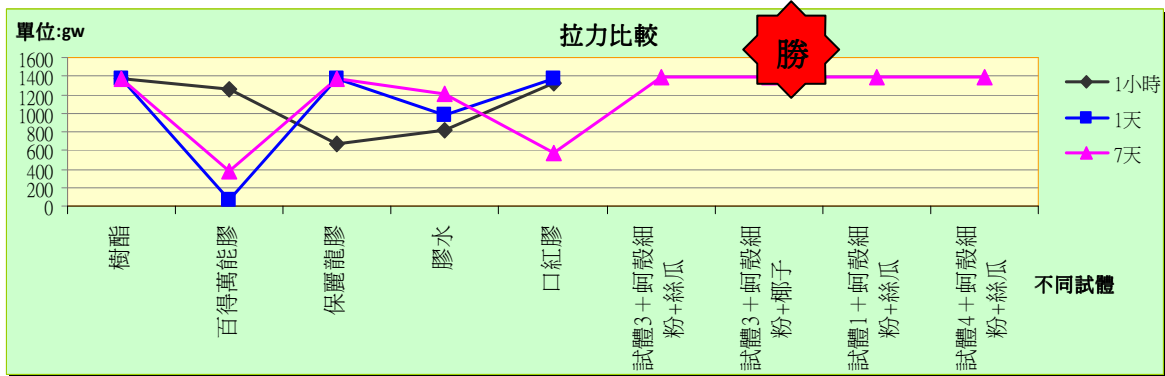


圖 7-1-1 自製黏膠與五種黏膠經過天數的拉力比較圖

1. 由圖 7-1-1 拉力方面，我們自製黏膠與市面上的黏膠，在拉力部分比較高一點。

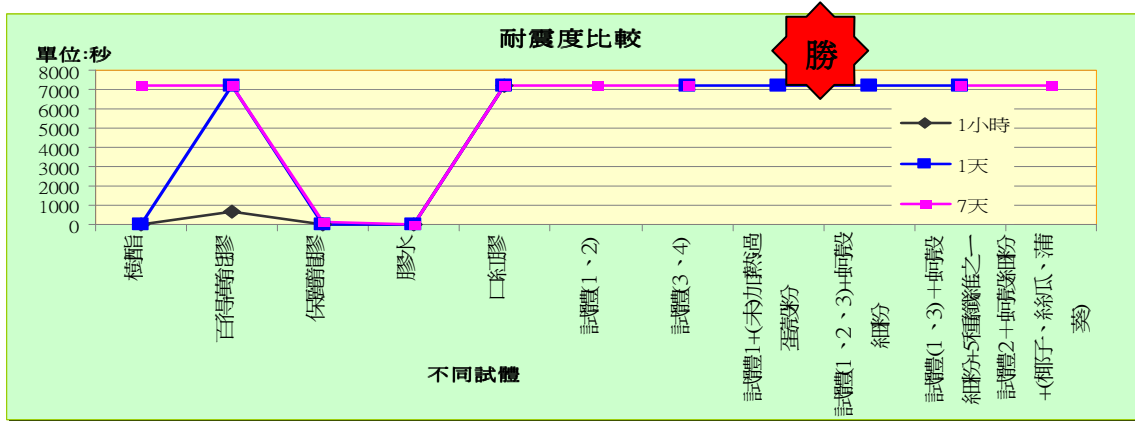


圖 7-1-2 自製黏膠與五種黏膠經過天數的耐震度比較圖

2. 由圖 7-1-2 耐震度方面，我們的自製黏膠比起市面上的黏膠，耐震度不輸市面黏膠。

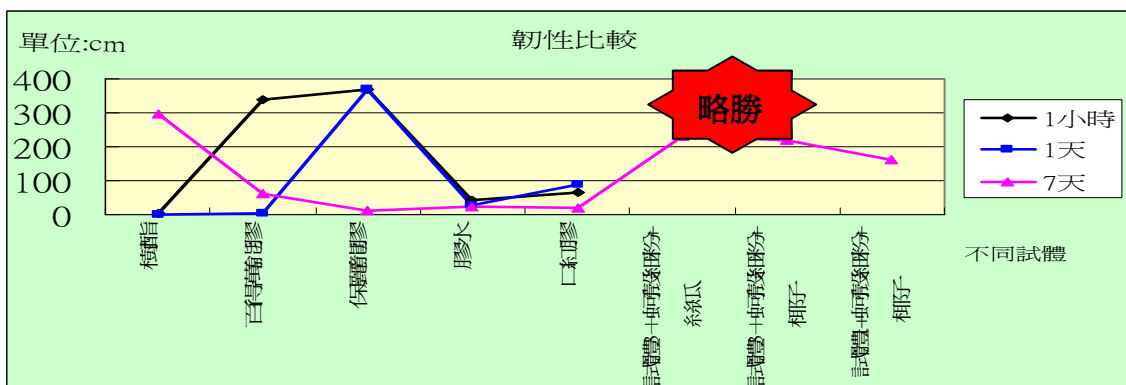


圖 7-1-3 自製黏膠與五種黏膠經過天數的韌性比較圖

3. 由圖 7-1-3 韌性方面，我們自製黏膠比起市面上的黏膠，沒有比市面上的保麗龍膠、樹脂來得強，但比起其他的 3 種黏膠強。

二、本研究係將不同之糯米漿、蚵殼、蛋殼與糖，組成不同之配比，製成試體後透過試驗結果分析探討如下：

1. 在拉力實驗三中，我們使用日常生活中常用的夾子計重，其力量的最小單元為單一夾子的重量（5.1~5.4 克），對於本試驗的黏度力量大小度量略粗，也許，下次可找到大量的材料（有 1g 精度或 1-5kg 總重量的），可以作為我們下次的改進之道。
2. 在耐震度實驗四中，我們查相關資料【5】，並請教專家後了解，過一段時間後，澱粉會水解成為醣類而失去黏性，推論這是在 7 天後的耐震度較 1 天的耐震度為低的原因。
3. 綜合實驗三、四及實驗六~十，我們也發現耐震度強度大不代表韌性大，通常是相對的，這也很符合日常生活中的現象，例如有強度很大，但韌性很小的，如玻璃。而強度小、韌性大的，如橡膠、橡皮筋。
4. 我們查資料【4】，了解糯米漿不是純物質，所以性質上也許會有誤差。從實驗四中發現 1 天的拉力、耐震度為最高，而實驗六添加糖種的配方中，發現 7 天的黏度達到高點；因此，在有限的時間內，實驗皆以 1 天及 7 天作為黏度觀察期，了解黏度發展情況。
5. 從實驗九中我們發現：加纖維對拉力強度的確有一定程度的幫助，不同纖維質造成的耐震強度也不同；而且 7 天的效果比 1 天更好，添加絲瓜、椰子纖維耐震度最高，也許是因為改善其短時間硬化的特性。

捌、結論

1. 影響純糯米漿各項試驗表現(拉力強度、耐震性、韌性)的因素為糯米的搗碎程度與放置時間，搗碎程度越高其各項表現越佳。而糯米漿會隨放置時間增加，先造成水份散失而後澱粉水解，使各項試驗結果有先升後降之趨勢。
2. 添加糖分可抑制糯米漿中澱粉的水解，有效提升糯米漿在七天時的各項表現。
3. 添加加熱過的蛋殼粉比未經加熱的蛋殼粉其耐震度提高，但對韌性及拉力的強度影響較小。
4. 添加蚵殼造成材料不均勻，使其 7 天耐震性強度下降，但有提升 1 天耐震度強度，也提升拉力與韌性的強度表現。若蚵殼粉粒徑再細一點(可能要比本實驗的粒徑 0.075mm 以下)所提供的表面積，依據參考資料【6】的結論，足以使糯米漿中的醣分與蚵殼粉中的 Ca 反應生成蔗糖鈣 ($C_{12}H_{20}O_{11}Ca$)，可使其強度大幅提升。
5. 添加纖維可有效提升糯米漿的黏度，其中以椰子、絲瓜纖維強度改變較大。

玖、未來發展

- 一、我們的研究使用的材料與製作過程均符合環保需求，樣品沒有市售黏膠的臭味，黏力的表現又足堪與之相比，未來有機會推廣使用。
- 二、我們的研究所設計的測量方法是針對膠材的黏度，類似材料製成塊材也可做為環保建材，但配方與測量方法須另外設計。

拾、參考資料

1. 國小自然與生活科技教學課本第五冊（康軒文教事業），第四單元。
2. 國小自然與生活科技教學課本第八冊（康軒文教事業），第一、二單元。
3. 黏度大考驗。中華民國四十八屆國民中小學科學展覽會優勝作品專輯（國小組），P6。
4. 張逸婷(2005)。水稻台農 67 號誘變品系米穀粉理化性質之因素分析及其應用，P2。靜宜大學食品營養學系碩士論文，未出版，台中。
5. 澱粉水解的探討。中華民國第四十三屆中小學科學展覽優勝作品專輯(高職組)，p19。
6. 王龍盛（2003）。「清治時期台灣砌磚用糖灰漿之做法與基本性質研究」。P14，國立台灣科技大學營建工程碩士論文。
7. <http://www.epochtimes.com/b5/5/11/20/n1126396.htm>，糯米橋。

附錄

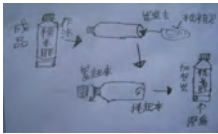
問卷統計數據

親愛的受訪者，你好：

首先感謝您願意協助本研究！這是一份產品試用問卷，目的在瞭解新產品「環保糯米膠」之「應用性及成效的實驗」，期盼藉由此研究提供適切的建議。您寶貴的意見將對本研究成果具有影響性。由衷感謝您的費心！

敬祝 身體健康 萬事如意！

姓名：_____ 班級：_____ 研究團隊敬上

題號	題目		應用性描述					
			材質	紙	塑膠	卡片		
1	請問您將「環保糯米膠」黏什麼物品呢？（請描述物品表面是哪一種材質）		材質	紙	塑膠	卡片		
			人數	18	9	4		
2	黏合物品之後，覺得黏性效果如何呢？		請評分					
	（先圈選與下列哪一種黏膠做比較：口紅膠、樹脂、膠水、其他__）	（先寫出黏合後是經過多久的時間進行測試：_____）	分數	5	4	3	2	1
			人數	13	14	2	2	0
			總計	31				
3	請問您黏物品時，覺得本產品「環保糯米膠」如何包裝，會更方便您使用呢？請畫出您的設計想法。		以民調設計黏膠包裝式樣					
								

【評語】 080805

本作品除探討糯米膠製作之影響因素及增加強度的方法外，在糯米膠黏度與強度的測試上，作者們自製了拉力測試儀器，耐震度儀器，及韌性測定儀器等，反而變成本件作品在創意表現上的特色。