

中華民國第四十八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

080821

黏度大考驗—應用具有黏性物質製作黏著劑之探討與研究

學校名稱：臺北縣汐止市崇德國民小學

作者：	指導老師：
小六 簡漢承	馮正義
小六 陳榆柔	鄭蕙蘭
小五 陳庭姍	
小五 陸筠	
小五 陳映如	
小五 簡漢昇	

關鍵詞：糯米橋、黏度、土埆屋

壹、摘要

取四種黏性較大的食物：蓬萊米、圓糯米、中筋麵粉、太白粉，對這四種物質黏性的大小加以研究和探討。一、因為實驗的需要製作二個簡易的地震儀，藉著馬達帶動熱熔膠產生不平衡的現象讓實驗平台上下震動、左右搖晃，比較這四種食物黏性大小。二、探討這四種物質加上不同比例的水時哪一種物質黏性較佳？三、將實驗試體加上不同比例的添加物探討黏性的大小。四、在試體乾燥過程中，觀察試體縮水、變形和發霉的情形。五、對黏性最佳的幾個試體做耐水性實驗，找出黏性佳又耐水的試體當做黏著劑建造拱橋。六、探討乾燥天數、溼度對試體載重的影響。

貳、研究動機

曾經看過一則新聞報導，去年夏天颱風來襲，南投縣國姓鄉有一座百年糯米橋歷經多次大水的侵襲都沒有被沖垮，用糯米建造的橋樑竟然經得起大水的沖刷，真是不可思議！所以對糯米橋建造的材料很有興趣。去年和同學到蘆竹鄉坑子社區參觀土埆屋，發現土埆屋蓋的既堅固又環保，所用的材料都是就地取材。土埆屋的主人說住起來冬暖夏涼，古時候的人就是住這種房子。地球正面臨暖化的危機，節能環保是每個人的責任，經過一番討論，我們想研究是否可以使用自然的材料製作可再生又環保的建材，為地球的環保盡一番心力，於是我們進行了黏度大考驗這個研究。

參、研究目的

- 一、探討具有黏性的物質加上不同比例的水時，哪一種物質黏性較佳。
- 二、將實驗試體加入不同比例的添加物，待乾燥後做承載重物實驗比較黏性的大小。
- 三、在實驗試體乾燥過程中，觀察實驗試體縮水和發霉的情形。
- 四、對載重最佳的幾個試體做耐水性實驗，找出黏性佳又耐水的試體當做黏著劑建造拱橋。
- 五、探討乾燥天數、溼度對實驗試體載重的影響。

肆、研究設備及器材

1.糯米	2.蓬萊米	3.麵粉	4.太白粉	5.蛋殼
6.糖	7.鍋子	8.磅秤	9.搗米木臼	10.砝碼
11.木條	12.電池	13.量杯	14.計數器	15.美工刀
16.電鑽	17.牙籤	18.馬達	19.塑膠積木	20.塑膠袋
21.充電器	22.奇異筆	23.泡棉膠	24.電磁爐	25.熱熔膠槍
26.熱熔膠條	27.量米杯	28.尺	29.棉線	30.電鍋
31.燒杯	32.鉗子	33.酒精	34.抹布	35.瓦楞紙
36.吹風機	37.玻璃罐	38.剪刀	39.膠帶	40.電烙鐵
41.木板	42.螺絲釘	43.漏斗	44.電線	45.磨咖啡豆機

伍、研究結果與討論

研究一、探討具有黏性的物質加上不同比例的水時，哪一種物質黏度較佳。

實驗一：製作實驗試體：

(一) 製作米糰方法：

1. 在電鍋中加入兩種不同的水量，為(1)電鍋內鍋水 175 cc，電鍋外鍋水 175 cc。
(2)電鍋內鍋水 175 cc，電鍋外鍋水 250 cc。
2. 米煮熟後再分別將糯米及蓬萊米各搗 300、600、900、1200 下製作成米糰。

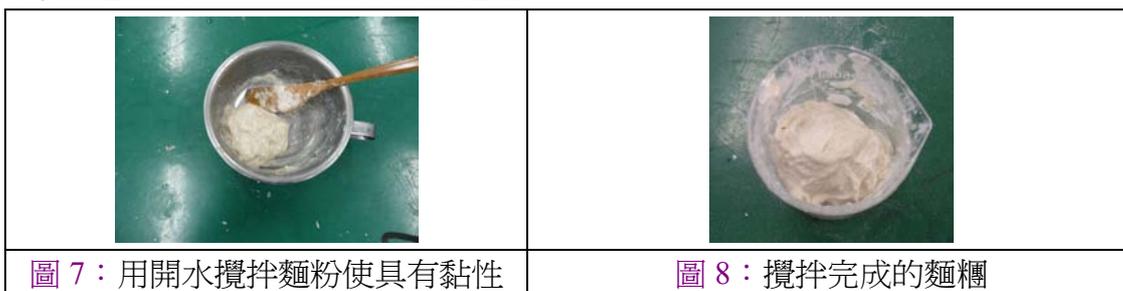


(二) 製作太白粉糰：



(三) 製作中筋麵粉糰：

1. 將中筋麵粉加上 75 cc 的開水揉成麵糰：



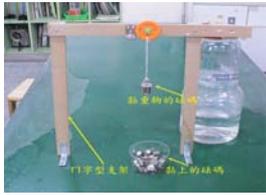
(四)製作麵糰：

以前曾經學過捏麵人覺得材料黏性很強。所以我們請教老師得知作法：1.取中筋麵粉（彈性和韌度最適合）與糯米粉（加強黏性），以四比一的比例混合，混合均勻後加約二份量的水，拌合攪勻成麵泥。2.將此麵泥仔細揉勻成軟硬適中的麵糰，如果太硬就加一點水，如果太軟，就按原先四比一的比例，再加入適量的中筋麵粉和糯米粉。3.將揉勻的麵團做成一個手掌般大的麵餅，逐個放入滾水鍋中煮。當麵餅煮熟浮到沸水水面上時，就可以夾出，將之置於室溫中稍稍冷卻。4.趁著麵團還有一點點餘溫，加入糖繼續搓揉，使麵團完全揉合均勻便完麵料的製作。

	
<p>圖 9：揉好的糯米粉 1 加麵粉 4 做成的麵糰</p>	<p>圖 10：以糯米粉 1 份和麵粉 4 份搓揉成麵糰煮熟。</p>

實驗二：水量對試體黏性大小的影響：

(一) 糯米試體未乾時做承載重物實驗：

實驗裝置		實驗過程	
			
<p>圖 11：做一個口字型的固定架</p>	<p>圖 12：在綁住的砝碼下方塗上實驗試體，黏上一顆重 100 g 的砝碼和一顆 100g 的乾電池</p>	<p>圖 13：以計時器測量實驗樣本的支撐重物的時間</p>	<p>圖 14：當黏住的砝碼超過 200g 沒掉下來，再加上重量來測試黏著劑的強度大小</p>

1、實驗結果一：

(1) 電鍋外鍋和內鍋水量一樣多時煮出來糯米的黏性實驗：

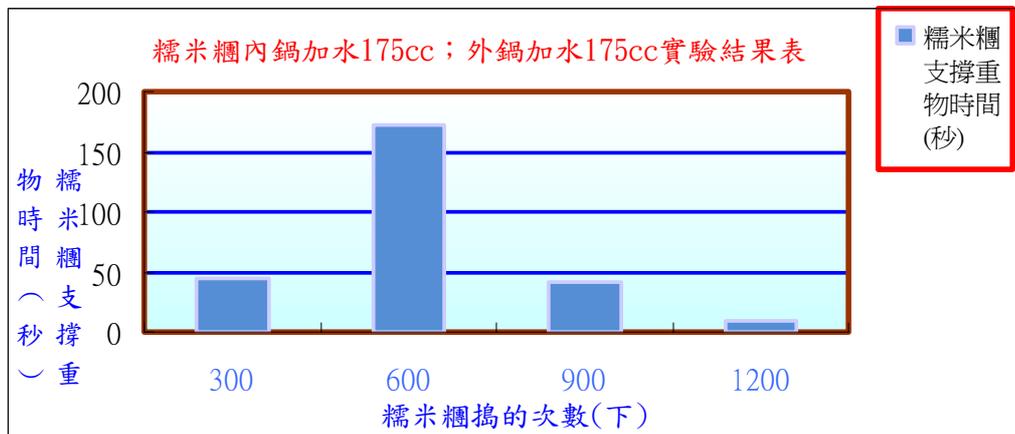


圖 15：電鍋外鍋和內鍋水量一樣試體黏度實驗比較表

(2) 討論：

我們以為糯米的黏性是搗米次數愈多黏性愈好，從圖 15 中看到糯米搗 600 下的黏性是最好的，結果與我們的想法不同，究竟是何原因呢？經過討論後，可能是糯米搗的次數愈多就變成像是泥漿一樣流動性大，用來作砝碼之間的黏著劑時黏住砝碼的時間較短，從實驗中看到黏性最佳的是糯米搗 600 下，可以黏住砝碼 172 秒。(圖 15 的實驗數據如附錄 1)

2、實驗結果二：

(1) 電鍋外鍋的水比內鍋水少時煮出來糯米的黏性實驗：

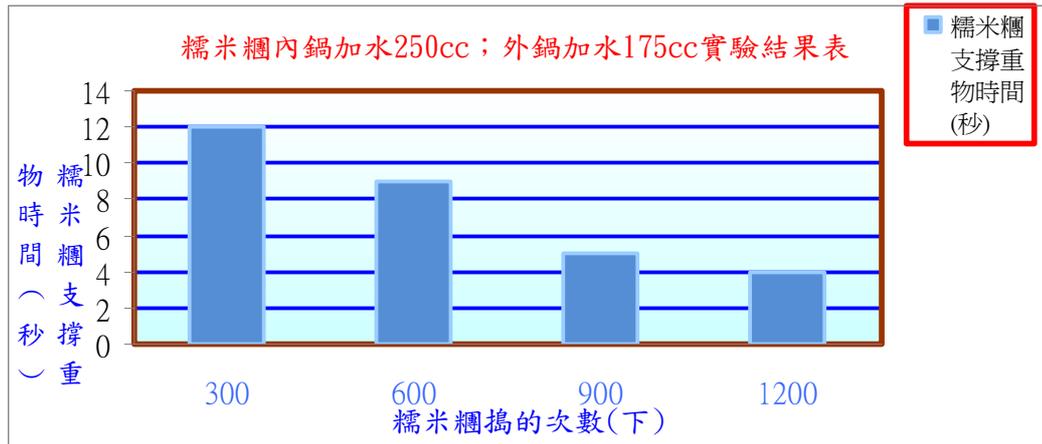


圖 16：電鍋外鍋比內鍋水量少時試體黏度實驗比較表

(2) 討論：

電鍋外鍋水增加到 250 cc 再做糯米的黏性實驗，從表 2 看出糯米搗 300 下的黏性是最好的，我們認為電鍋外鍋加水多，黏性不一定好，應該有一個最佳的水量，使它不會沒熟或是變成稀飯。從圖 16 看出煮米時外鍋水加的愈多，搗米的次數增加，則糯米的黏度愈差。(圖 16 的實驗數據如附錄 2)

(二) 蓬萊米試體未乾時做承載重物實驗：

1、實驗一：

(1) 電鍋外鍋和內鍋水量一樣多，煮出來蓬萊米的黏性實驗：

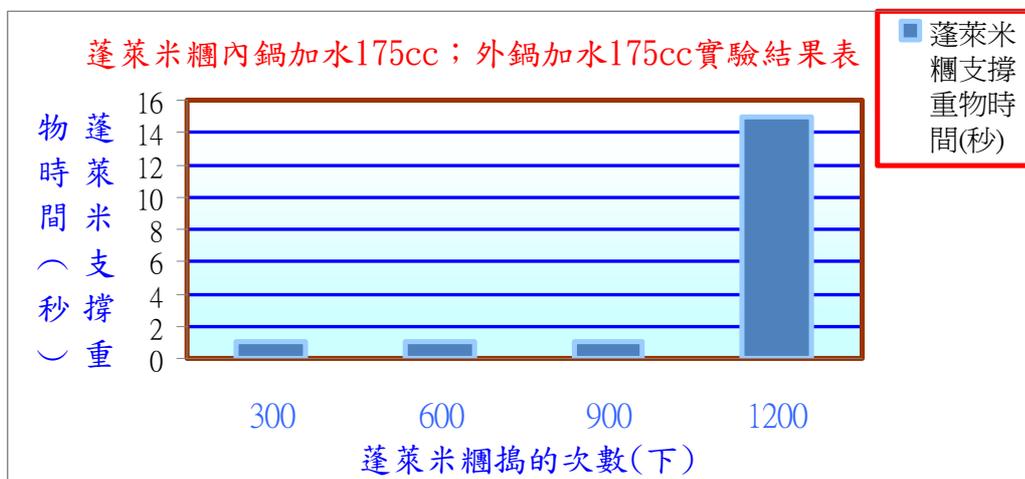


圖 17：電鍋外鍋和內鍋水量一樣試體黏度實驗比較表

(2) 討論：

探討蓬萊米黏性實驗中，煮米時電鍋的外鍋和內鍋水量都是 175 cc，搗米 1200 下的黏性是最好的，但也只能黏住砝碼 15 秒，可能是蓬萊米吸收的水分沒有像糯米那麼多，在這個實驗中以**搗米 1200 下黏度較大黏住砝碼的時間較長**。(圖 17 的實驗數據如附錄 3)

2、實驗二：

(1) 電鍋外鍋 175 cc；內鍋 250 cc 水量不同時煮出來蓬萊米的黏性實驗：

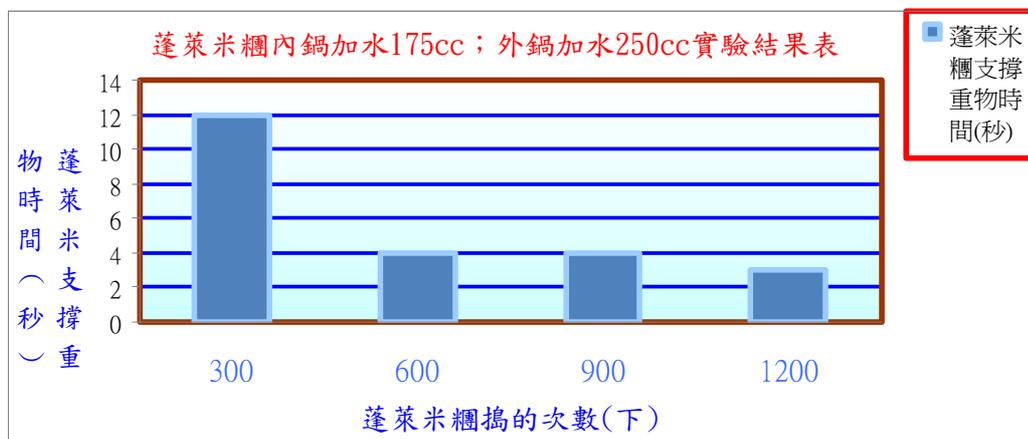


圖 18：電鍋外鍋比內鍋水量少時試體黏度實驗比較表

(2) 討論：

將電鍋外鍋加水到 250 cc 做蓬萊米的黏性實驗，從圖 18 看到蓬萊米搗 300 下的黏性最好，可能是電鍋外鍋水較多，讓蓬萊米吸收較多的水分，搗米的次數愈多黏住砝碼的時間卻沒有增加。從以上實驗得知煮米時水分的多寡會影響蓬萊米的黏性。做完這個實驗得到**結論一：搗米的次數要按照水量的多寡來拿捏，並不是搗愈多下就愈好或愈不好。水量較多時搗米的次數要愈少，水量較少時搗米的次數要增加。結論二：煮米時外鍋、內鍋水量一樣時糯米搗 600 下時黏性最佳可以承載重物時間最久**。(圖 18 的實驗數據如附錄 4)

(三) 太白粉與中筋麵粉試體未乾時做承載重物實驗：

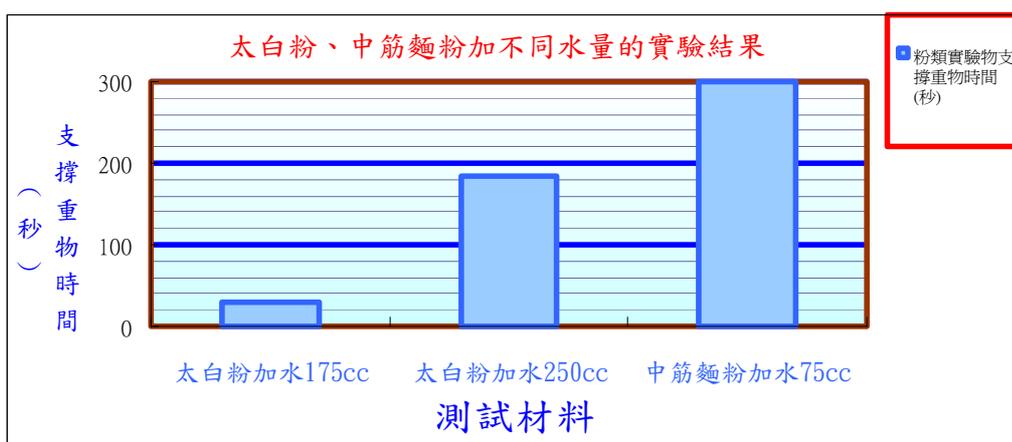


圖 19：太白粉與中筋麵粉試體未乾載重實驗表

討論：

太白粉和中筋麵粉只要加開水攪拌均勻就可以，實驗時中筋麵粉黏住砝碼很久，太白粉黏性也很好，甚至比糯米和蓬萊米要好很多。究竟哪一種材料黏性最好？爲了找出答案我們繼續做實驗，希望能找出黏性最佳的材料。(圖 19 的實驗數據如附錄 5)

實驗三：遞增的水量和搗米次數對試體黏性的影響：

經過以上的實驗後我們認為煮米時加入的水量應該逐次遞增，用規律性遞增煮米的水量實驗出的數據說明水量和實驗試體黏性之間的關係。實驗結果如圖 20、圖 21：

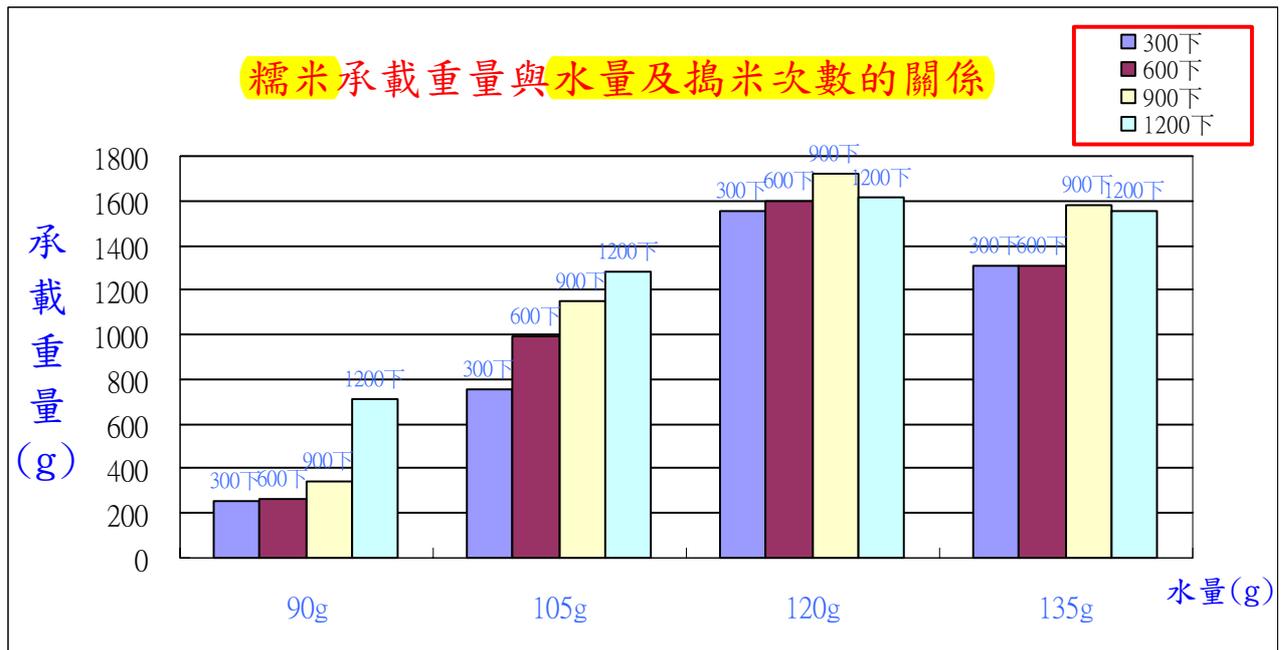


圖 20：糯米承載重量與水量及搗米次數的關係

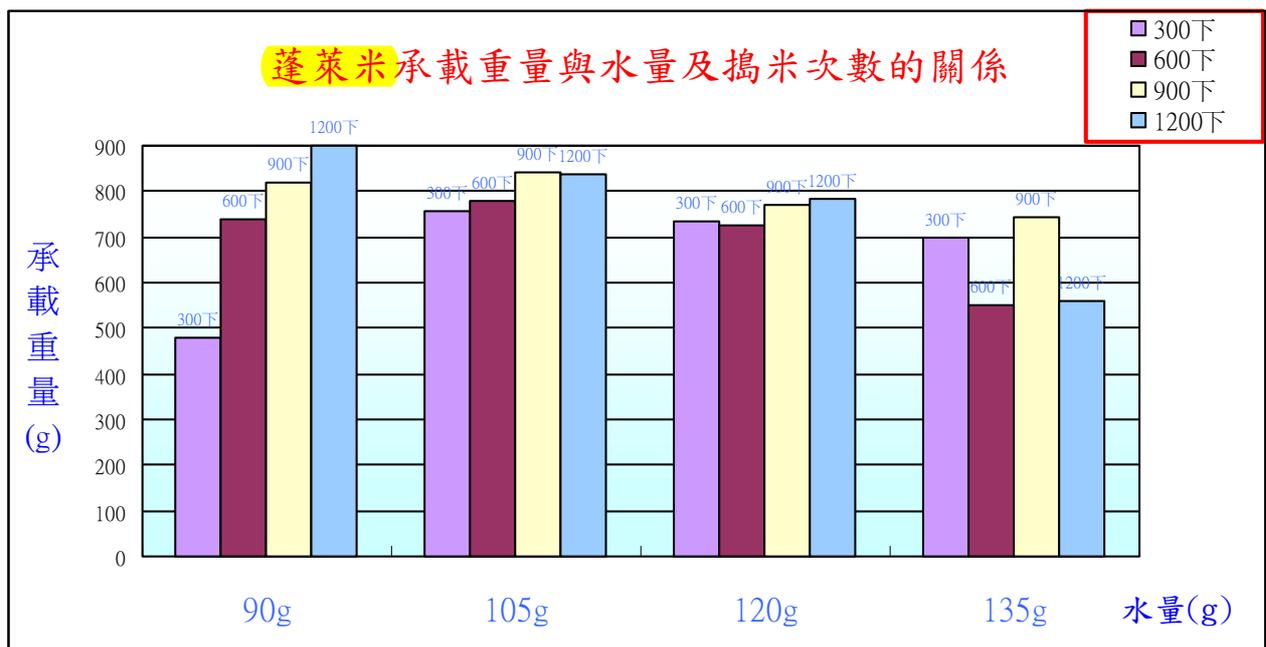


圖 21：蓬萊米承載重量與水量及搗米次數的關係

討論：

在實驗一的研究中煮米時分別用 175 cc 及 250 cc 的水加在電鍋的外鍋和內鍋中，米煮熟後再搗米以探討水量和搗米次數對米黏性的影響，我們覺得加入的水量沒有一個規律性，很難看出結果。為了更進一步了解煮米時水量的多寡和黏性的關係，所以將電鍋外鍋的水量固定為 15g，內鍋的水量從 90g 開始逐量增加，觀察水量、搗米次數不同時對黏性的影響。從圖 20、21 得知蓬萊米加水 105g、糯米加水 120g，搗米次數都是 900 下時黏性最大。（圖 20、21 的實驗數據分別如附錄 6、7）

實驗四：用震動平台對試體的黏性進行耐震實驗：

(一) 用上下震動平台測試試體黏性大小：

1、實驗裝置		2、實驗過程	
			
圖 22：製作紀錄震動震幅的自動捲紙記錄器	圖 23：測試試體黏度大小的簡易自製地震儀	圖 24：用測試的試體黏住塑膠積木	圖 25：黏 8 個塑膠積木在測試平台上測試試體黏性大小

3 實驗結果：

(1) 模擬地震上下震動的實驗，如表 1：

表 1：模擬地震上下震動測試實驗試體黏性大小比較表

實驗樣本	糯米 70g 搗 300 下	糯米 70g 搗 600 下	糯米 70g 搗 900 下	太白粉	中筋麵粉
加水量	外鍋 175 cc；內鍋 175 cc			250 cc	75 cc
支撐時間(秒)	132	180(沒震倒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	25
	180(沒震倒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	22
	180(沒震倒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	31
平均(秒)	約 164	180	180	180	26

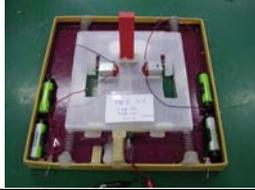
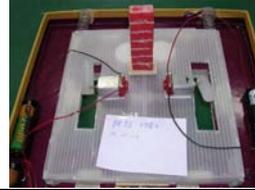


圖 26：上下震動實驗試體黏性大小比較圖

(2) 討論：

這次實驗是拿研究一實驗一中黏性最好的五個試體：糯米搗 300、600、900 下和太白粉及中筋麵粉來做實驗，因為蓬萊米的效果不佳，所以將它排除。在實驗中測試的平台馬達負荷過大已經發燙熱熔膠已經脫落所以最多只能測試 180 秒，從圖 26 中我們發現除了中筋麵粉抗震較差外其他試體耐震度都很好，在這個實驗中我們無法判斷究竟哪個實驗試體黏度較佳，所以改用其他的測試平台再做實驗。

(二) 用左右搖晃平台測試實驗試體黏度大小：

1、實驗裝置		2、實驗過程：	
			
圖 27：可以對試體搖晃次數計數的計數器	圖 28：左右搖晃的測試平台	圖 29：用測試的試體黏住塑膠積木	圖 30：讓測試平台左右搖晃將積木震倒

3、實驗結果：

(1) 模擬地震左右搖晃的實驗，如表 2：

表 2：模擬地震左右搖晃測試實驗試體黏度大小比較表

抗震力實驗，實驗物支撐時間(左右搖晃)					
實驗試體	糯米 70g 搗 300 下	糯米 70g 搗 600 下	糯米 70g 搗 900 下	太白粉	中筋麵粉
加水量	外鍋 175 cc；內鍋 175 cc			250 cc	75 cc
測量結果(秒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	60
	180(沒震倒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	90
	180(沒震倒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	180(沒震倒)	130
平均(秒)	180	180	180	180	93
抗左右搖晃實驗(計數器計次數次)					
實驗樣本	糯米 70g 搗 300 下	糯米 70g 搗 600 下	糯米 70g 搗 900 下	太白粉	中筋麵粉
加水量	外鍋 175 cc；內鍋 175 cc			250 cc	75 cc
測驗時間(下)	3072	2496	2871	2839	1099
	3012	2888	3154	4033	1580
	2894	2838	2797	2392	1451
平均(下)	2993	2741	2941	3088	1377
頻率(Hz)	16.6	15.2	16.3	17.2	14.8

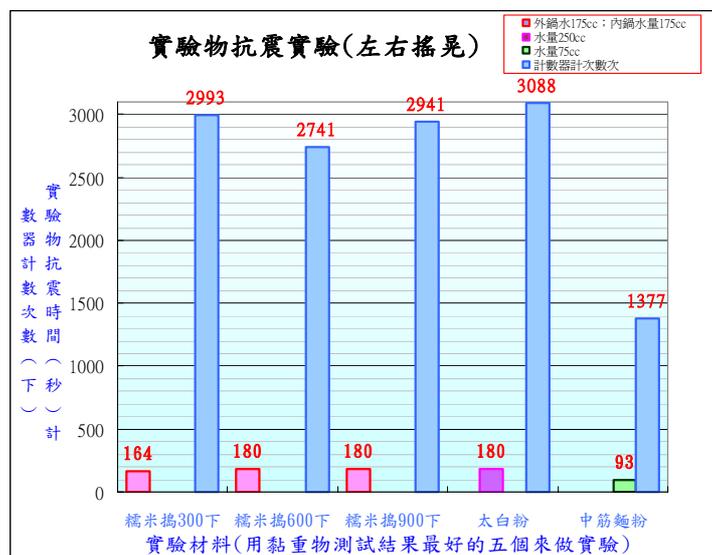


圖 31：左右搖晃實驗試體黏性大小比較圖

4、討論：

這次實驗以研究一實驗二中黏性最好的五個試體：糯米搗 300、600、900 下和太白粉及中筋麵粉做實驗比較哪一個試體的黏性較佳？從實驗中看出中筋麵粉的耐震性較差，其他的試體都可耐震超過 180 秒。可是還是無法找出黏性最好的到底是哪一個試體，所以繼續實驗。我們覺得未乾的黏性與乾後的強度是不一樣的要分別探討，未乾的黏性代表在使物體膠合時可不可以將兩個物體黏好、黏緊？而乾後的強度表示物體膠合後受外力作用，會不會脫落而分離破壞？所以再做試體乾燥後的實驗，將試體加入其他添加物乾燥後做實驗，測試試體黏性的大小如何？

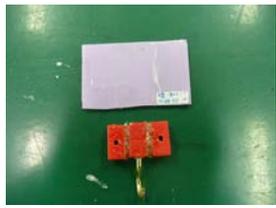
研究二、將實驗試體加上不同比例的添加物，待乾燥後做承載重物實驗比較黏性的大小。

實驗一：製作實驗試體：

(一) 用燈泡烤乾製作載重實驗的糯米和蓬萊米試體：

煮糯米和蓬萊米的方法：(1) 電鍋內鍋水 175 cc，電鍋外鍋水 175 cc。(2) 米煮熟後分別將糯米及蓬萊米各搗 300、600、900、1200 下製作成米糰。

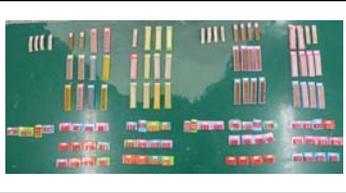
1-1 實驗試體與實驗裝置製作(小積木)		1-2 實驗試體與實驗裝置製作(條狀)	
			
圖 32：製作糖漿按照比例加入試體內	圖 33：塑膠積木鑽孔	圖 34：製作糖漿，按照比例加入試體內	圖 35：製作條狀載重試體模具長 10 cm 寬 1 cm 高 1 cm
			
圖 36：製作小積木模子	圖 37：將米糰填充到積木之間間隔內	圖 38：在鑄模內塗油幫助脫模	圖 39：將米糰填充到模子內
			
圖 40：試體用燈泡烤乾	圖 41：承載重物實驗一的裝置	圖 42：條狀承載重物試體	圖 43：承載重物實驗二的裝置
2 實驗過程：			
			
圖 44：用燈泡烤乾後的試體因烤的時間太長導致縮水變形	圖 45：沒有加糖的試體有脫落的情形	圖 46：加糖的試體少有鬆脫情形	圖 47：將積木裝上掛鉤

			
圖 48：沒有加糖蓬萊米試體乾燥後脫落	圖 49：糯米加糖試體乾燥後沒有脫落	圖 50：糯米加糖搗 900 下做承載重物實驗	圖 51：糯米搗 900 下加糖用燈泡烤乾做載重實驗載重 4600 克
			
圖 52：自然乾燥的麵粉做載重實驗載重 6500 克			

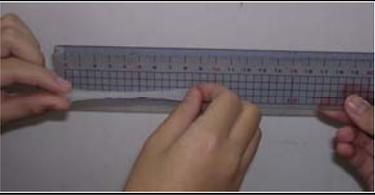
(3) 討論：

從 96 年的 12 月下旬到 97 年的 3 月初這段時間大部分時間都在下雨，製作的試體不容易乾，所以用燈泡將它們烤乾，可能是乾燥太快導致試體有彎曲、縮水、變形和鬆脫的情形。我們還發現試體有加糖的少有鬆脫情形，可能是加糖後較具有黏性。但是中筋麵粉製作的試體是自然乾燥的，並沒有鬆脫在做承載重物實驗時還可以載重 6500 克(圖 52)，在研究一的實驗中我們覺得麵粉的黏性是最差的。因為用燈泡風乾和自然乾燥的試體做載重實驗所得到的結果差異很大，所以改成**自然乾燥**的方式，希望試體不再因為溫度過高而彎曲、縮水、變形和鬆脫。

(二) 製作**自然乾燥**的糯米和蓬萊米試體：

實驗試體製作			
			
圖 53：改成長 10 cm 寬 2 cm 高 1 cm 的模子用來鑄造條狀試體改善縮水情形	圖 54：承載重物的塑膠積木之間的縫隙加大	圖 55：搗好的糯米加煮好的糖漿攪拌均勻	圖 56：糯米加糖和蛋殼粉以不同的比例攪拌均勻做成試體
			
圖 57：糯米加糖後填充在鑄模內	圖 58：糯米加糖和蛋殼粉後填充在鑄模內	圖 59：好天氣試體放在走廊乾燥	圖 60：自然乾燥的部份試體

(三) 用**麵粉和糯米粉**混合做成麵糰、**太白粉加熱水**做成試體讓其自然乾燥：

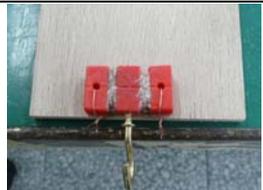
實驗試體製作			
			
圖 61：中筋麵粉秤重 35.3g	圖 62：加 27g 的糖和麵粉與糖以 4：3 比例混合攪拌均勻	圖 63：麵粉加 27g 的糖以 4：3 比例攪拌均勻後再加 9 公克蛋殼粉攪拌均勻	圖 64：太白粉加熱水攪拌均勻後可以拉長 8 cm 延展性很好
			
圖 65：太白粉試體縮水彎曲嚴重	圖 66：將糯米粉和麵粉攪拌均勻後煮熟	圖 67：糯米粉和麵粉加糖加蛋殼攪拌完成	圖 68：糯米粉加麵粉加糖加稻草再搓揉均勻
			
69：中筋麵粉 4 加糖 1 份 2 份 3 份分別和蛋殼粉 1 份攪拌均勻製作試體		圖 70：糯米粉：中筋麵粉：糖=1：4：1 加稻草 1 份製作的試體	

(四) 討論：

太白粉製作的試體是 3 月 7 日製作，3 月 10 日已經乾燥(圖 65)，在不到 4 天中，我們看到太白粉縮水比糯米、蓬萊米及中筋麵粉嚴重，製作試體時也很難填充到鑄模內，所以不再用太白粉做實驗。

實驗二：乾燥後的實驗試體做載重實驗：

(一) 用承載重物方法**測試試體黏度與強度的大小**：

實驗裝置一		實驗裝置二	
			
圖 71：用銅線將試體固定在合板上	圖 72：試體固定在合板後掛在桌緣吊掛重測試試體可承載多大重量	圖 73：將 L 形鐵固定在合板上再固定在桌緣	圖 74：待測物掛在 L 形鐵上做載重實驗

實驗過程

			
圖 75：糯米搗 300 下以 4：1：1 和糖及蛋殼粉混合固定在實驗板上	圖 76：糯米搗 300 下以 4：1：1 和糖及蛋殼粉混合做載重實驗	圖 77：糯米搗 300 下以 4：1：1 和糖和蛋殼粉混合載重實驗 1500g	圖 78：待測物掛在 L 形鐵上做承載重物實驗
			
圖 79：待測物掛在 L 形鐵上掛上重物	圖 80：蓬萊米搗 600 下 4：1 和糖混合載重 13440g 重量	圖 81：蓬萊米搗 300 下以 4：1：1 和糖及蛋殼混合做載重實驗	圖 82：紀錄載重實驗結果

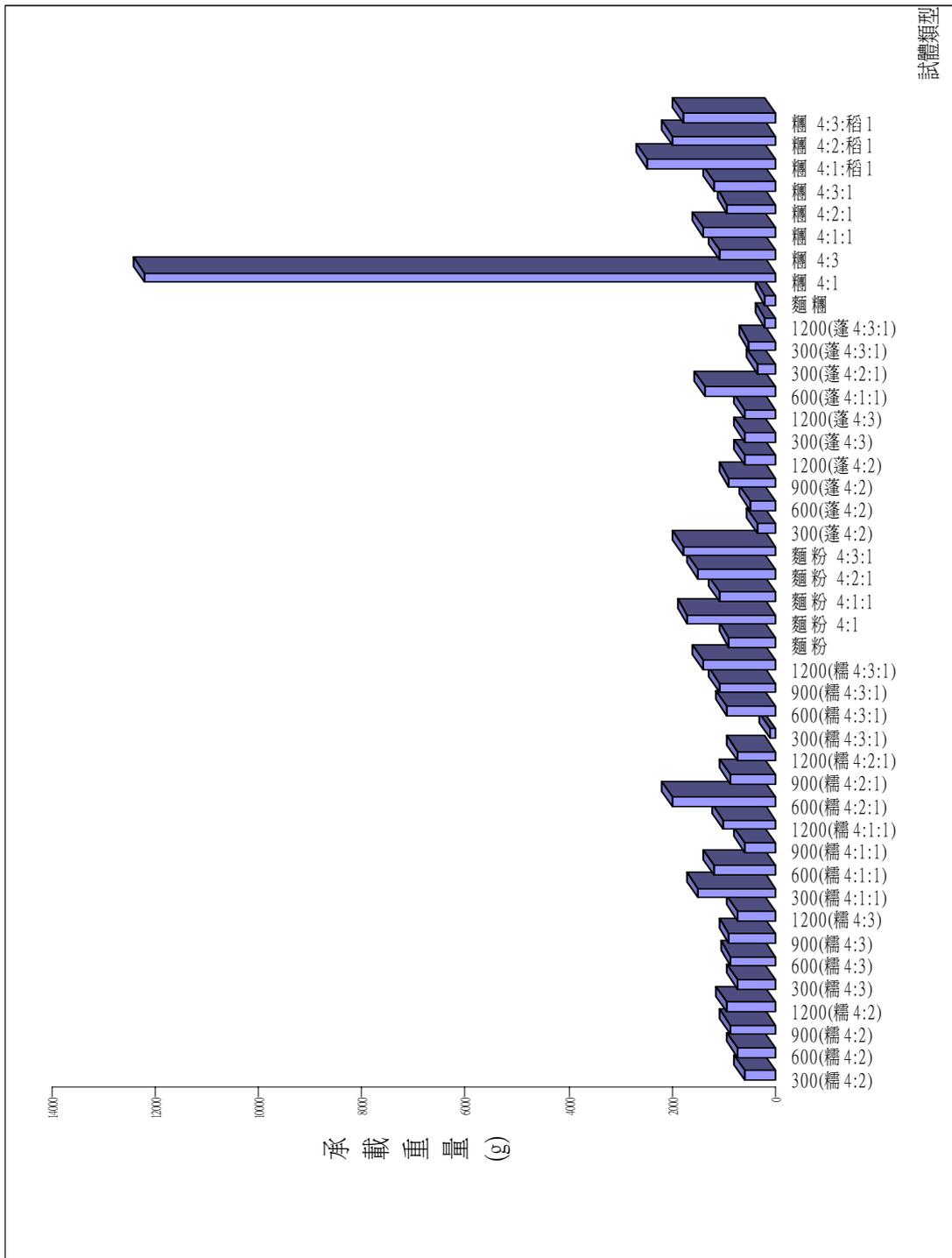
(二) 實驗結果與討論：

實驗結果

			
圖 83：不加糖的蓬萊米和加糖加蛋殼粉的試體完全斷裂只加糖的並未完全斷裂	圖 84：蓬萊米搗 900 下 4：1 和糖混合做載重實驗後並未完全斷裂可見加糖後較有韌性	圖 85：蓬萊米搗 300 下以 4：1：1 和糖蛋殼混合做載重實驗完全斷裂加糖蛋殼後試體硬度大但容易折斷	圖 86：從試體斷裂情形來看糯米搗 600 下加糖比搗 900 下加糖更有韌性
			
圖 87：試體載重實驗後做結果分析	圖 88：試體載重實驗後做載重分析得到上圖藍色標記的試體是載重最佳的	圖 89：蓬萊米搗 600 下以 4：1 和糖混合承載重量 13440g	圖 90：蓬萊米搗 900 下以 4 比 1 和糖混合承載重量 11440g
			
圖 91：蓬萊米搗 1200 下以 4：1：1 和糖及蛋殼粉混合承載重量 13400g	圖 92：糯米米搗 300 下以 4：1 和糖混合承載重量 13200g	圖 93：糯米加中筋麵粉和糖以 4：1 混合後承載重量 12200g	圖 94：將資料輸入電腦做分析工作

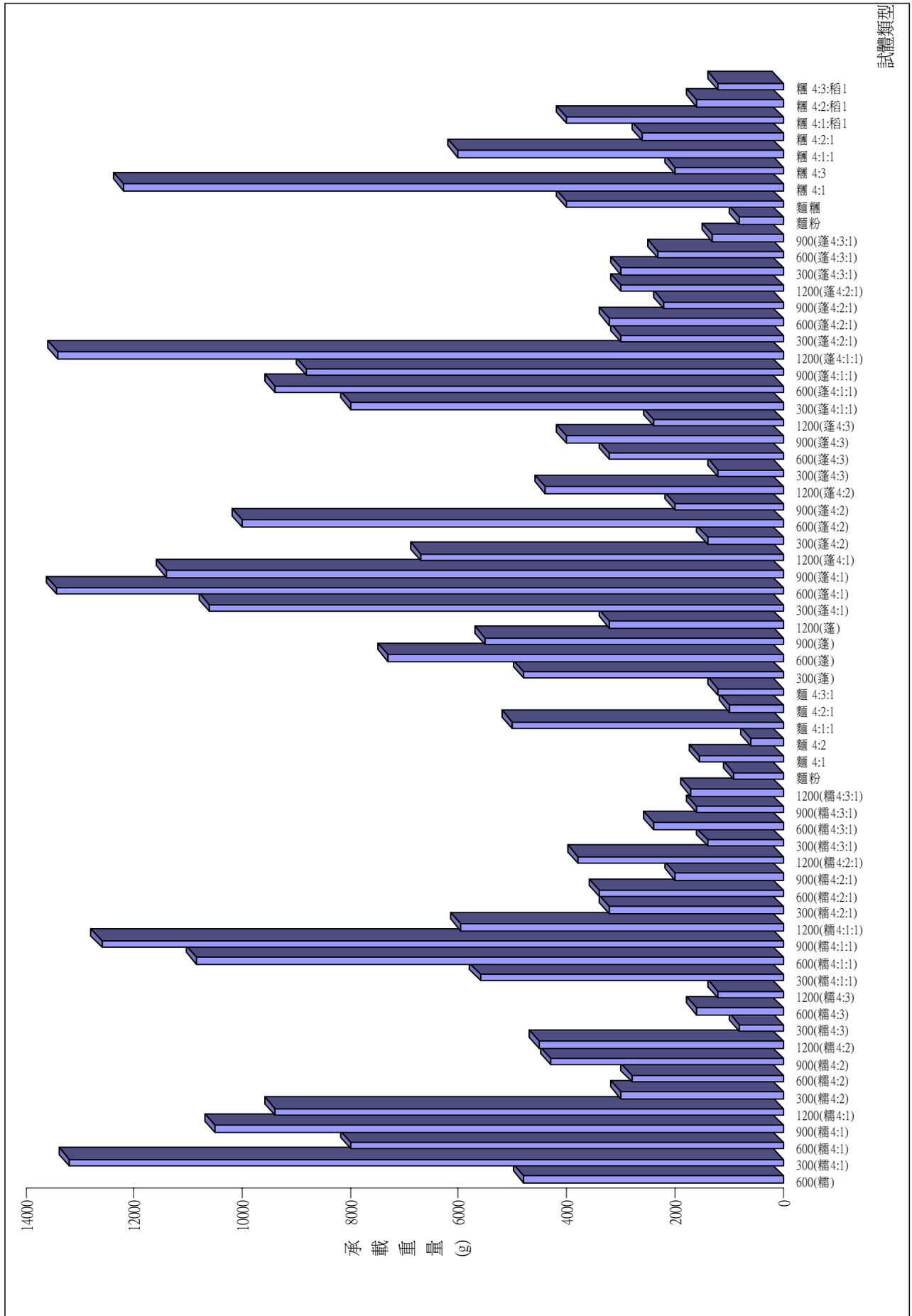
(三) 載重實驗分析結果：

圖 95：糯米、中筋麵粉、蓬萊米、麵糰載重實驗一分析圖 (小積木)



(實驗數據如附錄 8)

圖 96：糯米、蓬萊米、麵糰承載重物實驗二分析圖（條狀）



(實驗數據如附錄 9)

(四) 做完載重實驗(一)、(二)後得到黏度和強度最佳的 5 個試體：

		
<p>圖 97：糯米搗 300 下 4：1 和糖混合載重 13200g</p>	<p>圖 98：蓬萊米搗 600 下 4：1 和糖混合載重 13440g</p>	<p>圖 99：蓬萊米搗 900 下 4：1 和糖混合載重 11440g</p>
		
<p>圖 100：蓬萊米搗 1200 下 4：1：1 和糖及蛋殼粉混合載重 13400g</p>	<p>圖 101：糯米加中筋麵粉和糖以 4：1 混合後載重 12200g</p>	

(五) 討論：

從載重實驗中得到 5 個強度最佳的試體，它們都能承載 11 kg 以上的重量，圖 97、98、99、101 的試體只有加糖，都沒有立即折斷可見韌性很好。圖 100 的試體除加糖外有再加蛋殼粉，以致韌性較差所以完全折斷，這種情形就像在鋼鐵中加入碳成爲高碳鋼，雖然堅硬但是質地較脆容易折斷一樣。

研究三、在實驗試體乾燥過程中，觀察實驗試體縮水和發霉的情形。

(一) 觀察自然乾燥的糯米和蓬萊米試體縮水和發霉的情形：

			
<p>圖 102：蓬萊米沒有加糖和加糖乾燥後縮水情形差很多</p>	<p>圖 103：蓬萊米不加糖的試體發生彎曲現象</p>	<p>圖 104：蓬萊米、糯米不加糖的試體彎曲現象較嚴重加糖較輕微加糖又加蛋殼粉的彎曲情形最小</p>	<p>圖 105：蓬萊米不加糖與加糖後看出加糖的發霉情較輕微</p>
			
<p>圖 106：不加糖的發霉情形較嚴重加糖較輕微加糖加蛋殼粉的試體沒有發霉</p>			

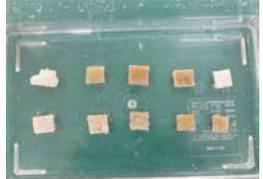
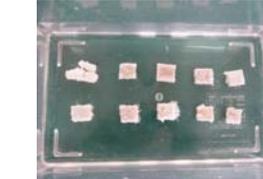
(二) 討論：

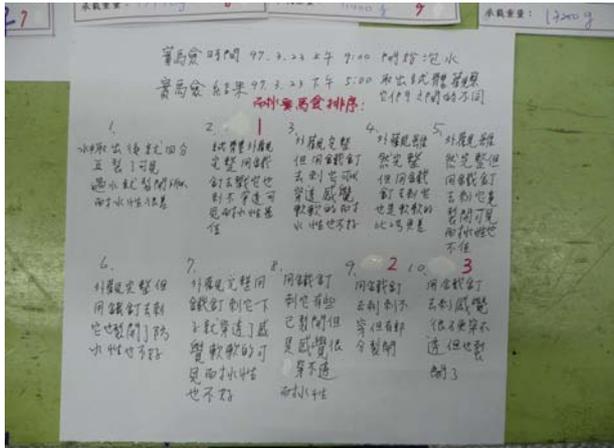
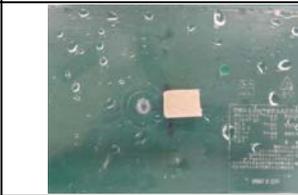
從以上的觀察發現糯米和蓬萊米在沒有加糖的情形下容易發霉，乾燥後彎曲度較大縮水也較大，加糖後不易發霉雖然也會縮水但彎曲度較小，加糖又加蛋殼粉後就穩定多了，縮水和彎曲的情形最小少有發霉情形。可見糖和蛋殼粉具有防霉、防止縮水和彎曲的作用，就好像我們蓋房子時不能只用水泥還需要加入砂石成爲混凝土一樣才不會彎曲變形這是需要長時間的實驗才能得到最佳配方。

研究四、對載重最佳的幾個試體做耐水性實驗，找出黏性佳又耐水的試體當做黏著劑建造拱橋。

實驗一：做耐水性實驗找出黏性佳又耐水的試體做爲黏著劑：

(一)再取 5 個純米和純米加其他添加物依不同比例混合的試體一起做耐水實驗，探討添加物不同時對試體耐水性的影響。

			
圖 107：97/03.23 上午 9 時將試體放入水中	圖 108：97/03/23 上午 11 時觀察試體在水中情形	圖 109：97/03/23 下午 1 時觀察試體在水中情形	圖 110：97/03/23 下午 3 時觀察試體在水中情形
			
圖 111：97/03/23 下午 5 時觀察試體在水中情形	圖 112：試體在水中依序編號排列	圖 113：97/03/23 下午 5 時試體已經浸泡 8 個小時從水中取出	圖 114：1 號試體用鐵釘一刺就散開可見耐水性很差
			
圖 115：2 號試體用鐵釘刺沒有散開感覺很硬穿不透	圖 116：3 號試體用鐵釘刺沒有散開感覺不硬但可以穿透	圖 117：4 號試體用鐵釘刺沒有散開感覺軟軟的可以穿透	圖 118：5 號試體用鐵釘刺就散開感覺脆脆的可以穿透
			
圖 119：6 號試體用鐵釘刺部分散開，感覺還蠻硬的比 5 號還硬	圖 120：7 號試體用鐵釘刺部分散開感覺還蠻硬的比 6 號還硬	圖 121：8 號試體用鐵釘刺沒有散開感覺還蠻硬的比 7 號還硬	圖 122：9 號試體用鐵釘刺有散開感覺還蠻硬的比 8 號還硬

				<p>圖 124：因為沒有儀器做實驗，所以圖 124 的耐水實驗評比是憑感覺測出來，耐水排序為：2 號>9 號>10 號。2 號雖然載重較差但耐水性較好，9 號、10 號載重較佳但耐水性不佳，所以 2 號試體較適合做為拱橋的黏著劑。</p>
<p>圖 123：10 號試體用鐵釘刺有散開感覺還蠻硬的比 9 號還硬</p>	   			
<p>圖 125：麵糰和糖以 4:1 混合載重 12200 克</p>	<p>圖 126：麵糰和糖以 4:1 比例混合後做耐水實驗 97/03/24 上午 8 時開始泡水</p>	<p>圖 127：麵糰做耐水實驗 97/03/24 下午 4 時從水中取出已經散開了可以看出耐水性不佳</p>	<p>圖 128：經過耐水實驗後得到蓬萊米搗 1200 下以 4:1 比例和糖混合載重 6700g 是最佳黏著劑</p>	

(二) 討論：

從研究四的實驗一得知蓬萊米搗 1200 下和糖以 4:1 的比例混合，雖然載重只有 6700g，但是耐水性較佳適合當作黏著劑，所以拿它當作拱橋的黏著劑。我們接著研究如何建造一座迷你型的拱橋，試試看自製的黏著劑耐不耐用？

實驗二：研究如何用塑膠積木建一座拱橋：

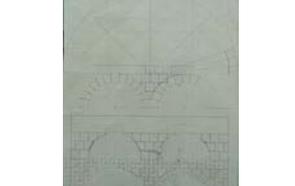
			
<p>圖 129：用積木研究建造拱橋的方法</p>	<p>圖 130：研究如何用塑膠積木建一座拱橋</p>	<p>圖 131：用塑膠積木推砌的拱橋設計雛形</p>	<p>圖 132：設計建造拱橋的藍圖</p>
			
<p>圖 133：按圖施工畫積木黏貼的位置圖</p>	<p>圖 134：在透明塑膠片上畫黏貼積木的位置</p>	<p>圖 135：開始黏前將積木表面磨粗糙</p>	<p>圖 136：開始黏第一層積木</p>



圖 137：黏貼完成第一層積木



圖 138：黏貼完成第二層積木



圖 139：建造完成的蓬萊米拱橋

研究五、探討乾燥天數、濕度對實驗試體載重的影響。

在研究二中，因為試體在乾燥過程中的條件都不同，也沒有等試體全部乾燥後再進行實驗，所以這次我們讓試體乾燥隨著天數的遞增，分成四天、四天、二天、二天四個階段，進行載重實驗觀察乾燥天數、濕度對載重的影響。

(一)做完研究一實驗三遞增的水量和搗米次數對試體黏性的影響後，得到糯米加水 120g 搗 900 下及蓬萊米加水 105g 搗 900 下，各加入兩種比例的添加物(米：糖=4：1 及米：糖：蛋殼粉=4：1：1)，做成長條狀試體進行實驗。再將他們分為四組，分四次進行載重實驗，探討乾燥天數、濕度對試體載重影響。

(二)我們從 5/27~6/6 每天分為三個時段：8:00、13:00、16:00，觀察實驗試體乾燥情形。

(三)實驗結果：



圖 140：97/05/29 載重實驗結果



圖 141：97/06/02 載重實驗結果

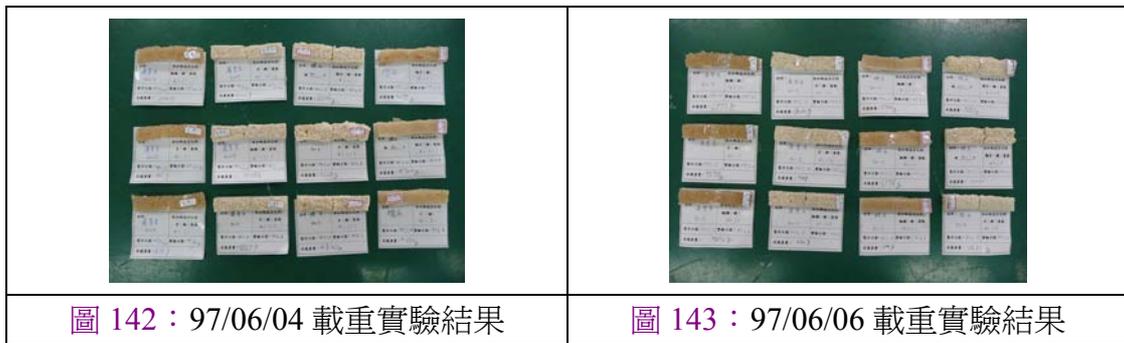


圖 142：97/06/04 載重實驗結果

圖 143：97/06/06 載重實驗結果

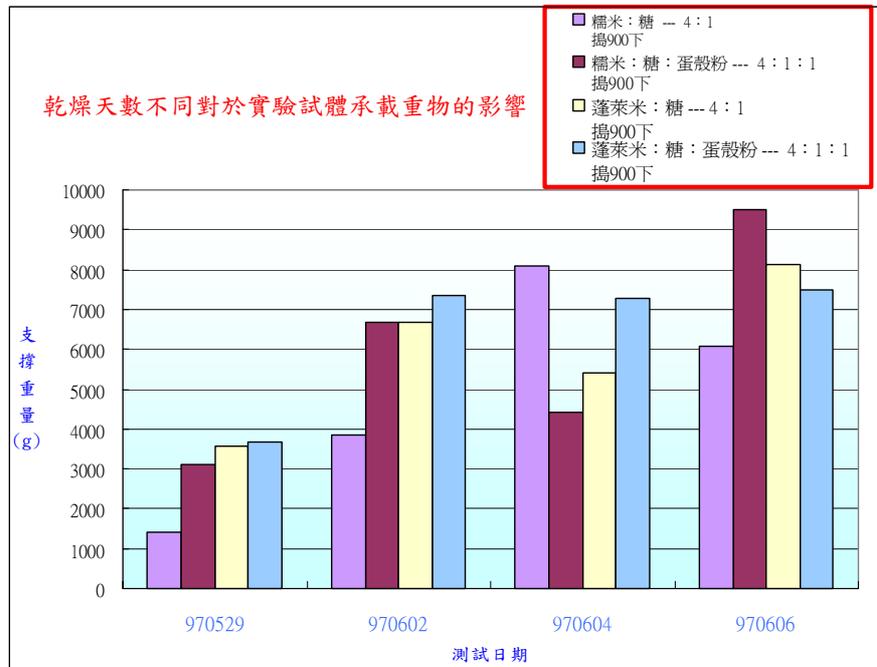


圖 144：乾燥天數對試體載重影響

(四) 討論：

從實驗中我們觀察到，試體硬度、載重隨著天數增加而增強，但是 97/6/4 因為下雨，當天相對濕度達到 72% 空氣中含水分較多，試體有反潮現象，可能是試體吸收空氣中的水分，而影響到試體的硬度（圖 144 的實驗數據如附錄 10~13）。

陸、結論與感想

- 一、經過載重和耐水性實驗後我們得到以蓬萊米搗 1200 下和糖以 4：1 的比例混合適合當作黏著劑。
- 二、糖可以增加試體的黏度和韌性。
- 三、加入蛋殼粉可以增加試體的強度，可以承載較重的重物但是韌性較差。
- 四、從實驗證明下列因素會影響黏性、承重、強度：
 - 1.材料 2.水量的多寡 3.添加物之間比例 4.搗的次數 5.試體乾燥的天數、環境的溼度。
- 五、搗米次數與煮米時加入的水量間有相互關係，煮米水量少搗碎米粒的次數就多。煮米水量多搗米的次數就少，所得到的黏性較佳，而非搗碎的次數多就有較佳的黏性。
- 六、一個好的黏合材料，除了要黏性強外，對於本身的體積縮放變化，硬化、防霉、防水、等要多方考量，才能做為一個好的材料。
- 七、加蛋殼粉會造成輕微的強度變化，但可使材料的體積變化小及不易發霉。
- 八、利用再生的概念來做建築材料是可行的，從古人的建築物即可得到見證。

九、研究出黏性強又可防水防腐的自然環保建材，可以減輕地球所面臨的溫室效應帶來的問題。

十、這次實驗讓我們對材料科學的了解很有幫助，覺得受益良多，要感謝幫助我們做研究的人，讓我們順利完成這次研究。

柒、未來發展與展望

地球上的不可再生能源如：石油、煤、天然氣等石化燃料被人類過度使用所剩不多，現在所用的建材需要大量的能源來製造，如果能夠使用麵粉、糯米、蓬萊米這些具有黏性又可以再生的原料，再加入貝殼類海產的粉末或加入稻草、甘蔗渣等富含纖維質的植物製造出具有黏性也可以防水的建材，也可加入具有黏性的土壤製造出天然又環保的建材。實驗中我們使用食物來做實驗，在物價上漲的今天看起來既不經濟又不實惠，現在的生物科技發達，可以利用基因改造的方法大量生產農作物，就不會因為要生產建材造成食物的短缺。製作出來具有黏性又可防水的建材可以用在：古蹟的維護、鄉村建築物、河川整治的生態工法上是可行的。



圖 145：四上社會課本講到土塢屋的維護仍然使用水泥感覺已經失去古蹟的味道應該使用和以前一樣的建材來整修



圖 146：大陸高昌故城古蹟的維護在外觀部分使用泥土整修感覺上較有古蹟的味道



圖 147：河岸生態工法蛇籠有鬆動情形可以考慮用環保的建材鞏固不致被水沖垮



圖 148：高高的河岸生態工法蛇籠應該考慮用環保的建材加以鞏固才不會被水沖垮



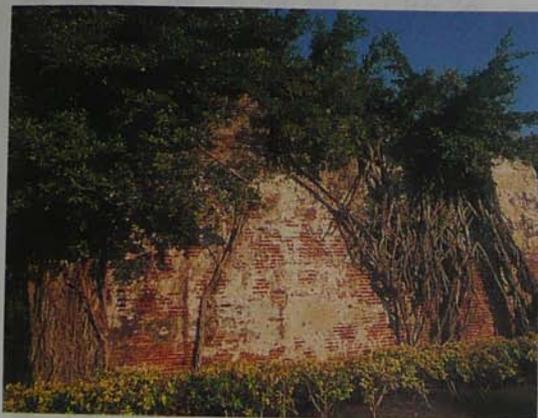
圖 149：蘆竹鄉坑仔社區的土塢屋是用當地的泥土建造的



圖 150：土塢屋的土磚塊是用泥土加稻草等富纖維質材料做成具有環保觀念



圖 151：矗立在藍天綠地的土埆屋與大自然融合住起來冬暖夏涼具有環保的意義



由熱蘭遮城的遺址可發現：當時的城牆是以糖水、糯米汁調和蚵殼灰、細砂，黏合磚塊而成。

圖 152：熱蘭遮城城垣以糖水和糯米汁搗和蚵殼灰、砂等，疊磚而成，技術精良，堅實鞏固

捌、參考資料

【參考資料】

Mr.米。中華民國四十六屆國民中小學科學展覽會。

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。靜宜大學食品營養學系碩士論文，未出版，台中。

【參考書籍】

牛頓版 (2008)。五下自然與生活科技 48 頁。力的世界。台北。

王義炯 (2003)。大自然的創意大師。超級接著劑，95-98 頁。東芝文化事業有限公司。台北。

翰林版 (2008)。四上社會 64 頁。古蹟維護。台南。

翰林版 (2008)。五下社會 29 頁。荷西時期的統治。熱蘭遮城的遺址。台南。

謝光毓 (2008)。淺談 GMO --- 基因改造生物。科學研習月刊，47(1)，p2-5。台北。

【參考網站】

1.熱蘭遮城：http://www.ylib.com/taiwan/tainan/city/anping/ap1_a.htm

2.糯米橋：<http://www.guoshing.gov.tw/index.asp>

3.蘆竹鄉坑仔社區：<http://www.kz.org.tw/clodhouse.php>

玖、附錄

附錄 1：電鍋外鍋和內鍋水量一樣試體黏度實驗比較表

實驗試體	糯米 70g 搗 300 下	糯米 70g 搗 600 下	糯米 70g 搗 900 下	糯米 70g 搗 1200 下
加水量	外鍋 175 cc；內鍋 175 cc			
支撐時間(秒)	48	221	37	11
	43	104	39	10
	40	190	48	8
平均(秒)	44	172	41	10

附錄 2：電鍋外鍋比內鍋水量少時試體黏度實驗比較表

實驗試體	糯米 70g 搗 300 下	糯米 70g 搗 600 下	糯米 70g 搗 900 下	糯米 70g 搗 1200 下
加水量	外鍋 175 cc；內鍋 250 cc			
支撐時間(秒)	12	10	4	5
	13	9	6	5
	11	9	5	3
平均(秒)	12	9	5	4

附錄 3：電鍋外鍋和內鍋水量一樣試體黏度實驗比較表

實驗樣本	蓬萊米 70g 搗 300 下	蓬萊米 70g 搗 600 下	蓬萊米 70g 搗 900 下	蓬萊米 70g 搗 1200 下
加水量	外鍋 175 cc；內鍋 175 cc			
支撐時間(秒)	2	1	1	18
	1	2	2	4
	1	1	1	23
平均(秒)	1	1	1	15

附錄 4：電鍋外鍋比內鍋水量少時試體黏度實驗比較表

實驗樣本	蓬萊米 70g 搗 300 下	蓬萊米 70g 搗 600 下	蓬萊米 70g 搗 900 下	蓬萊米 70g 搗 1200 下
加水量	外鍋 175 cc；內鍋 250 cc			
支撐時間(秒)	12	5	5	1
	13	5	3	4
	10	3	4	5
平均(秒)	12	4	4	3

附錄 5：太白粉和中筋麵粉黏度實驗比較表

實驗樣本	太白粉	太白粉	中筋麵粉
加水量	加 175 cc水	加 250 cc水	加 75 cc水
支撐時間(秒)	36	194	太黏增加重量，經過很久砝碼還是不會掉下來
	23	100	
	27	259	
平均(秒)	29	184	

附錄 6：純糯米未乾載重實驗

97.05.25(早上)純糯米 未乾 載重實驗(g)				
組別 搗米次數	A(水 90g)	B(水 105g)	C(水 120g)	D(水 135g)
搗米 300 下	250	725	1570	1340
	255	695	1500	1270
	250	855	1600	1320
平均	252	758	1557	1310
搗米 600 下	270	975	1600	1450
	270	1015	1600	1170
	240	975	1600	1310
平均	260	988	1600	1310
搗米 900 下	390	1170	1750	1590
	300	1150	1700	1550
	330	1130	1700	1610
平均	340	1150	1717	1583
搗米 1200 下	780	1300	1580	1580
	610	1270	1630	1500
	750	1270	1650	1580
平均	713	1280	1620	1553

附錄 7：純蓬萊米未乾載重實驗

97.05.25(早上)純蓬萊米 未乾 載重實驗(g)				
組別 搗米次數	A(水 90g)	B(水 105g)	C(水 120g)	D(水 135g)
搗米 300 下	460	750	785	705
	480	780	700	685
	500	735	720	710
平均	480	755	735	700
搗米 600 下	790	745	645	600
	710	820	650	545
	710	775	880	510
平均	737	780	725	552
搗米 900 下	790	850	790	710
	805	820	740	730
	860	850	780	790
平均	818	840	770	743
搗米 1200 下	890	925	755	575
	820	790	695	525
	995	800	905	575
平均	902	838	785	558

附錄 8：糯米載重實驗(一)比較表 1 (小積木)

表(1)載重實驗比較表(純糯米)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	積木與試體分裂開			
表(2)載重實驗比較表(糯米 4:糖 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	積木與試體分裂開			950
表(3)承載重物實驗比較表(糯米 4:糖 2)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	600	750	870	950
表(4)載重實驗比較表(糯米 4:糖 3)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	750	860	900	750
表(5)載重實驗比較表(糯米 4:糖 1:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	1720	1200	600	1030
表(6)載重實驗比較表(糯米 4:糖 2:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	積木與實驗 試體分裂開	2000	870	750
表(7)載重實驗比較表(糯米 4:糖 3:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	100	960	1100	1400

附錄 8：中筋麵粉載重實驗(一)比較表 2 (小積木)

表(1)載重實驗比較表			
實驗試體	純中筋麵粉		
承載重量	900		
表(2)載重實驗比較表			
實驗試體	中筋麵粉 4:糖 1	中筋麵粉 4:糖 2	中筋麵粉 4:糖 3
承載重量	2200	積木與試體分裂開	
表(3)載重實驗比較表			
實驗試體	中筋麵粉 4:糖 1:蛋殼 1	中筋麵粉 4:糖 2:蛋殼 1	中筋麵粉 4:糖 3:蛋殼 1
承載重量	1100	1500	積木與試體分裂開
表(4)載重實驗比較表			
實驗試體	中筋麵粉 4:糖 1:稻草 1	中筋麵粉 4:糖 2:稻草 1	中筋麵粉 4:糖 3:稻草 1
承載重量	積木與試體分裂開	積木與試體分裂開	1800

附錄 8：蓬萊米載重實驗(一)比較表 3 (小積木)

表(1) 載重實驗比較表(純蓬萊米)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	積木與試體分裂開			
表(2) 載重實驗比較表(蓬萊米 4:糖 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	積木與試體分裂開			
表(3) 載重實驗比較表(蓬萊米 4:糖 2)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	350	500	900	600
表(4) 載重實驗比較表(蓬萊米 4:糖 3)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	600	積木與試體分裂開		600
表(5) 載重實驗比較表(蓬萊米 4:糖 1:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	積木與試體分裂開	1360	積木與試體分裂開	
表(6) 載重實驗比較表(蓬萊米 4:糖 2:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	350	積木與試體分裂開		
表(7) 載重實驗比較表(蓬萊米 4:糖 3:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	510	積木與體分裂開		200

附錄 8：麵糰載重實驗(一)比較表（小積木）

表（1）載重實驗比較表	
實驗試體	純中筋麵粉
承載重量	200

表（2）載重實驗比較表			
實驗試體	麵糰 4 :糖 1	麵糰 4 :糖 2	麵糰 4 :糖 3
承載重量	12200	積木與試體分裂開	1100
表（3）載重實驗比較表			
實驗試體	麵糰 4 :糖 1 :蛋殼 1	麵糰 4 :糖 2 :蛋殼 1	麵糰 4 :糖 3 :蛋殼 1
承載重量	1400	930	1200
表（4）載重實驗比較表			
實驗試體	麵糰 4 :糖 1 :稻草 1	麵糰 4 :糖 2 :稻草 1	麵糰 4 :糖 3 :稻草 1
承載重量	2500	2000	1800

附錄 9：糯米承載重物實驗(二)比較表 1（條狀）

表（1）載重實驗比較表(純糯米)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	斷掉	4800	斷掉	
表（2）載重實驗比較表(糯米 4:糖 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	13200	8000	10500	9400
表（3）載重實驗比較表(糯米 4:糖 2)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	3000	2800	4300	4500
表（4）載重實驗比較表(糯米 4:糖 3)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	800	1600	1200	1200
備註	試體未乾			
表（5）載重實驗比較表(糯米 4:糖 1:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	5600	10850	12600	5950
表（6）載重實驗比較表(糯米 4:糖 2:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	3200	3400	2000	3800
表（7）載重實驗比較表(糯米 4:糖 3:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	1400	2400	1600	1700

附錄 9：中筋麵粉載重物實驗(二)比較表 2（條狀）

表（1）載重實驗比較表			
實驗試體	純中筋麵粉		
承載重量	900		
表（2）載重實驗比較表			
實驗試體	中筋麵粉 4:糖 1	中筋麵粉 4:糖 2	中筋麵粉 4:糖 3
承載重量	1550	600	試體膨脹無法測試
表（3）載重實驗比較表			
實驗試體	中筋麵粉 4:糖 1:蛋殼 1	中筋麵粉 4:糖 2:蛋殼 1	中筋麵粉 4:糖 3:蛋殼 1
承載重量	5000	600	1200

附錄 9：蓬萊米承載重物實驗(二)比較表 3（條狀）

表（1）載重比較表(純蓬萊米)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	4800	7300	5500	3200
表（2）載重比較表(蓬萊米 4:糖 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	10600	13440	11400	6700
表（3）載重比較表(蓬萊米 4:糖 2)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	1400(5700)	10000	2000	4400
表（4）載重比較表(蓬萊米 4:糖 3)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	1200	3200	4000(1200)	2400
備註			(未乾)	
表（5）載重比較表(蓬萊米 4:糖 1:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	8000(2400)	9400	8800	13400
表（6）載重比較表(蓬萊米 4:糖 2:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	3000	3200	2200	3000
表（7）載重比較表(蓬萊米 4:糖 3:蛋殼 1)				
搗米次數(下)	300	600	900	1200
承載重量(g)	3000	2300	1300(未乾)	1400

附錄 9：麵糰載重實驗(二)比較表 4（條狀）

表(1)載重實驗比較表			
實驗試體	麵糰		
承載重量	4000		
表(2)載重實驗比較表			
實驗試體	麵糰 4 :糖 1	麵糰 4 :糖 2	麵糰 4 :糖 3
承載重量	12200	試體損毀	2000
表(3)載重實驗比較表			
實驗試體	麵糰 4 :糖 1 :蛋殼 1	麵糰 4 :糖 2 :蛋殼 1	麵糰 4 :糖 3 :蛋殼 1
承載重量	6000	2600	試體損毀
表(4)載重實驗比較表			
實驗試體	麵糰 4 :糖 1 :稻草 1	麵糰 4 :糖 2 :稻草 1	麵糰 4 :糖 3 :稻草 1
承載重量	4000	1600（試體未乾）	1200

附錄 10：乾燥天數對試體載重影響實驗(一)

糯米蓬萊米強度實驗 第一次實驗 試體製作時間97.05.25 試體測試時間97.05.29				
黏著劑材料	糯米：糖 --- 4：1 搗900下	糯米：糖：蛋殼粉 --- 4：1：1 搗900下	蓬萊米：糖 --- 4：1 搗900下	蓬萊米：糖：蛋殼粉 --- 4：1：1 搗900下
加水量	外鍋加水15c.c；內鍋加水120c.c		外鍋加水15c.c；內鍋加水105c.c	
支撐重量(g)	1100	3650	3550	3800
	1740	3150	3750	3800
	1400	2500	3450	3400
平均(秒)	1413	3100	3583	3667

附錄 11：乾燥天數對試體載重影響實驗(二)

糯米蓬萊米強度實驗 第二次實驗 試體製作時間97.05.25 試體測試時間97.06.02				
黏著劑材料	糯米：糖 --- 4：1 搗900下	糯米：糖：蛋殼粉 --- 4：1：1 搗900下	蓬萊米：糖 --- 4：1 搗900下	蓬萊米：糖：蛋殼粉 --- 4：1：1 搗900下
加水量	外鍋加水15c.c；內鍋加水120c.c		外鍋加水15c.c；內鍋加水105c.c	
支撐重量(g)	4200	7100	7323	5900
	4200	6410	5725	8390
	3200	6520	6962	7750
平均(秒)	3867	6677	6670	7347

附錄 12：乾燥天數對試體載重影響實驗(三)

糯米蓬萊米強度實驗 第三次實驗 試體製作時間97.05.25 試體測試時間97.06.04				
黏著劑材料	糯米：糖 — 4：1 搗900下	糯米：糖：蛋殼粉 — 4：1：1 搗900下	蓬萊米：糖 — 4：1 搗900下	蓬萊米：糖：蛋殼粉 — 4：1：1 搗900下
加水量	外鍋加水15c.c；內鍋加水120c.c		外鍋加水15c.c；內鍋加水105c.c	
支撐重量(g)	6934	4293	6104	6000
	7661	4722	5268	8558
	9694	4250	4820	
平均(秒)	8096	4422	5397	7279

附錄 13：乾燥天數對試體載重影響實驗(四)

糯米蓬萊米強度實驗 第四次實驗 試體製作時間97.05.25 試體測試時間97.06.06				
黏著劑材料	糯米：糖 --- 4：1 搗900下	糯米：糖：蛋殼粉 --- 4：1：1 搗900下	蓬萊米：糖 --- 4：1 搗900下	蓬萊米：糖：蛋殼粉 --- 4：1：1 搗900下
加水量	外鍋加水15c.c；內鍋加水120c.c		外鍋加水15c.c；內鍋加水105c.c	
支撐重量(g)	5743	9682	9598	8050
	6198	10230	6995	7700
	6300	8631	7814	6700
平均(秒)	6080	9514	8136	7483

【評語】 080821

1. 由糯米橋之強度及黏著劑引起創作動機，足徵創作者，用心觀察生活週遭事物並探求其原理。
2. 深入探討糯米搗製過程之黏強度變化，求取最佳次數。
3. 黏強度變化之原因可再加探討。