

中華民國第 53 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

佳作

080807

「飴」然製得，「藥」你栽～DIY 麥芽糖有一套

學校名稱：新北市板橋區溪洲國民小學

作者： 小六 傅鎂婷 小六 何崧煒 小六 黃子瑄 小六 林郁庭 小五 曾映捷	指導老師： 王智瓊
---	------------------

關鍵詞：麥芽糖、小麥草、澱粉酶

「飴」然製得，「蘖」你栽~DIY 麥芽糖有一套

摘要

本實驗主要為研究以「最經濟」、「最便利」及最「節能減碳」的方式製作傳統麥芽糖。從實驗得知發芽中的麥芽種子是催化的關鍵，而其鬚根則無催化作用。而成長 7~10 日麥芽為最佳採收期。將麥芽去根後與糯米以 1:4 為最佳混合比例。並發現利用糯米煮熟後的餘溫，在室溫下即可進行發酵作用，而保溫方式以溫度越高(55°C)反應速度越快。若改以糯米粉為澱粉來源，糊化的最佳溫度為 70°C，溫度過高，口感反而不佳。-20°C 冷凍乾燥法及常溫日曬法並不會影響小麥草內澱粉酶的活性，這將有效解決小麥草保存及夏季不易栽培的問題。而麥芽糖成品水分含量在 18% 以下，能有效防腐達 6 個月以上。

壹、 研究動機

前些日子，爺爺久咳不癒，鄰居的伯伯告訴爺爺一帖民間祕方，就是以糯米製作的麥芽糖，可消痰潤肺止咳。但市面上琳瑯滿目的麥芽糖商品，無法得知哪一家才是真正以糯米製作的麥芽糖，所以決定自己動手製作純天然的糯米麥芽糖，以解決爺爺久咳不癒的問題。於是立刻開始蒐集相關資料，發現大家對麥芽糖的製作方法眾說紛紜且製作工法相當費時費力且耗能。於是我們利用五上「植物世界」、六上「防腐與防鏽」及六下「永續家園」所學到的相關知識，從種植小麥草開始，希望研究出一套最「節能減碳」的傳統麥芽糖製作流程，讓大家在享受美食的過程，也能減少「碳足跡」的排放量，並將傳統麥芽糖的技藝繼續傳承下去。

貳、 研究目的

- 一、探討影響小麥草成長的因素？
- 二、探討日照和無日照的小麥草，是否會影響麥芽糖的品質？
- 三、探討製作麥芽糖時，宜選用小麥草的哪一個部位？
- 四、探討小麥草不同的成長日數與麥芽糖品質的關係？
- 五、探討小麥草與糯米粒不同的添加比例對麥芽糖品質的影響？
- 六、探討糯米飯發酵時以不同的保溫方式對麥芽糖品質的影響？
- 七、探討不同乾燥溫度對小麥草內澱粉酶活性的影響？
- 八、探討以糯米粉為澱粉來源，對麥芽糖品質的影響？
- 九、探討以糯米粒和糯米粉製作麥芽糖時，濃縮時間與黏度、甜度和含水量的關係？

參、文獻探討

一、麥芽糖的製作方法

表 1 比較各種麥芽糖的製作方法之比較

方法	澱粉來源	澱粉酶來源	發酵方式	發酵時間	成品描述
1.漢代古法 ¹	糯米粒	「蘖」：指麥芽，取乾燥品	以甕保溫	12~24 小時	「飴」：指麥芽糖，顏色會隨麥芽的來源而改變。
2.民間製造法 ²	糯米粒	栽種 6 日新鮮麥芽	加水，以灶連續加熱熬煮	5~6 小時	又 Q 又甜又香金黃色的麥芽糖。
3.工業製造法 ³	樹薯粉 玉米粉	從微生物提煉	先以 90°C 高溫液化(PH=5~6.5)，再以 60°C 發酵糖化。	液化 1 小時 糖化 6~7 小時	成品含麥芽糖 60% 以上、糊精 20% 以下、澱粉 1% 以下及水分 25% 以下。

二、本實驗目的為製作可入藥之麥芽糖，所以選擇以糯米為澱粉來源，並參考較節能減碳的漢代古法製程，希望透過實驗，了解製作麥芽糖的一些相關知識，並建立一套最節能、最便利的傳統麥芽糖製造流程。

三、本實驗經過多次的預試驗後，找出樣品 A01 製作方法當對照組，再以樣品 A01 的條件為基礎加以延伸探討各項變因，如小麥草選用部位及最適生長期、發酵溫度、添加比例等。

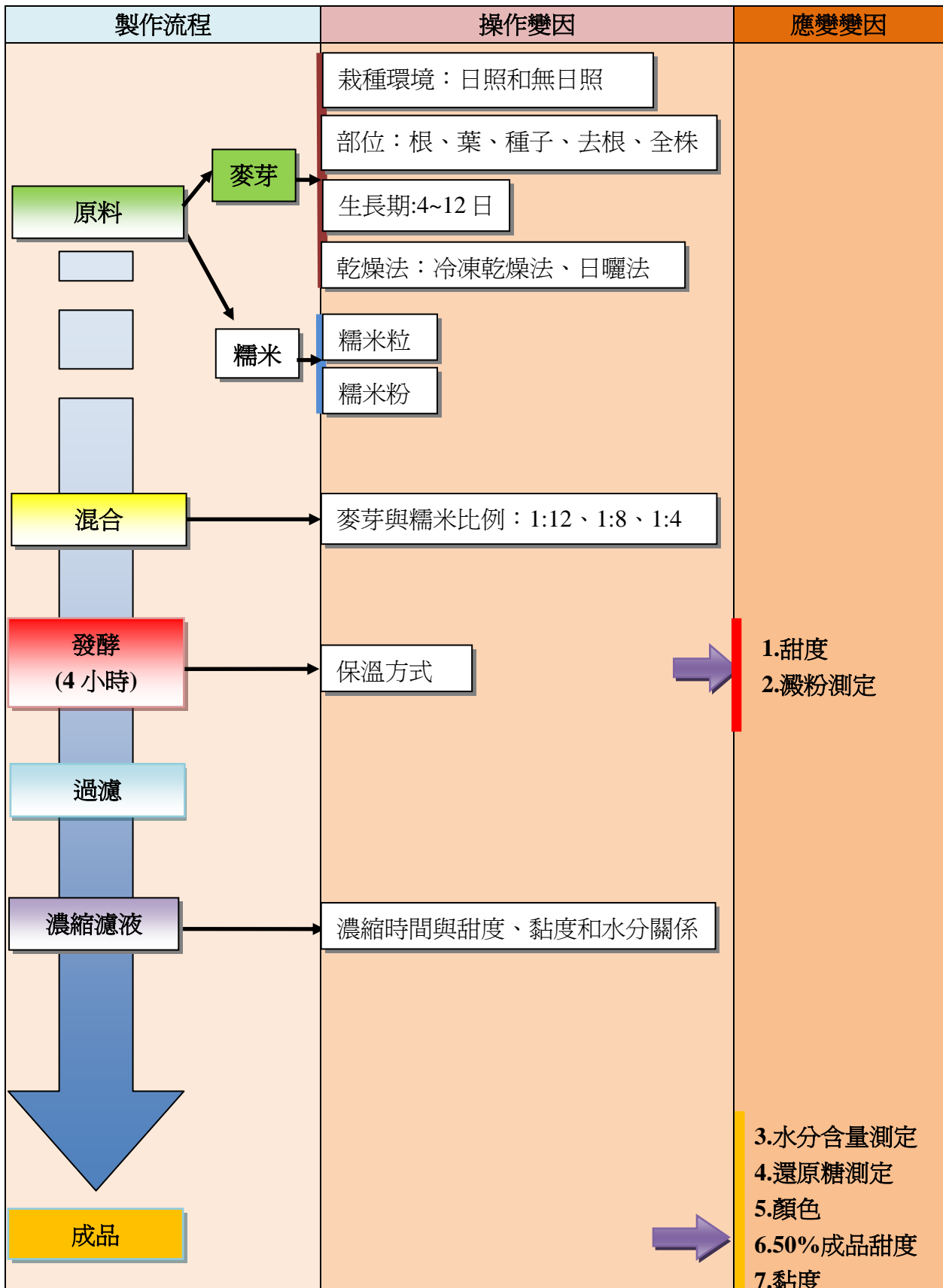
肆、研究設備與器材

一、基本設備及器材:

器材名稱	數量	器材名稱	數量	器材名稱	數量
小麥	數斤	糯米粒	數斤	糯米粉	數包
電鍋(大同)	2 個	不鏽鋼鍋	8 個	滑輪組	1 個
量筒(100ml)	1 個	玻璃板	1 片	樣品瓶(大)	30 個
樣品瓶(小)	30 個	酒精燈	1 個	過濾袋	數個
藥勺	1 支	湯勺	8 個	碘液	1 瓶
本氏液	1 瓶	果汁機	1 台	冷凍乾燥機	1 台
粉碎機	1 台	載玻片	1 盒	2 號釣魚線	1 盒
水根栽培盆	8 個	針筒(1ml、3ml)	數支	溫度計	1 個
水分測量儀 (MX-50)	1 臺	電子秤 (EXCELL BH-1200)	1 臺	糖度計(Pocket PAL1/ATAG0)	1 台

伍、 研究方法與結果

一、 實驗設計：



二、檢測方法：

(一)、 甜度測定

1. 每小時取發酵中的糖液 0.5 毫升，連續取 4 小時。
2. 置於手持式數位型糖度計(Pocket PAL1/ATAG0)上。
3. 測量測三次，求平均值，觀察反應速度及反應終點。



圖 1 甜度計

(二)、 澱粉測定

1. 取發酵後的糯米渣少許
2. 添加 3 滴碘液
3. 觀察碘液的顏色變化，如下圖(2)不變色，則判斷已達反應終點。

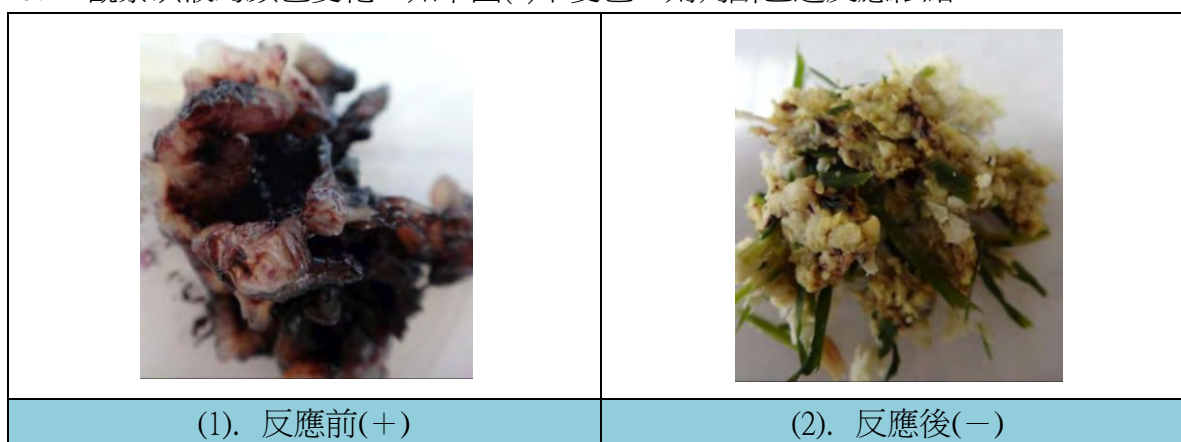


圖 2 澱粉測定方法

(三)、 水分含量測定:

1. 將濃縮後的成品取 1 克，置於水分測量儀 (MX-50)，檢測水的含量，當水分含量達 $16\% \pm 4\%$ ，即為濃縮終點。(本數值以實測市售品的水分含量訂定之)



圖 3 麥芽糖水分含量測定

(四)、 還原糖測定

1. 取麥芽糖成品 0.5 克添加 0.5 毫升的水，攪拌均勻稀釋成 50%水溶液。
2. 取 1 毫升 50%麥芽糖水溶液，添加 1 毫升本氏液（Benedict's reagent）。
3. 攪拌均勻，隔水加熱 10 分鐘，觀察沉澱物顏色的變化。
4. 若呈綠、黃、橘色沉澱物，表示含有還原糖。

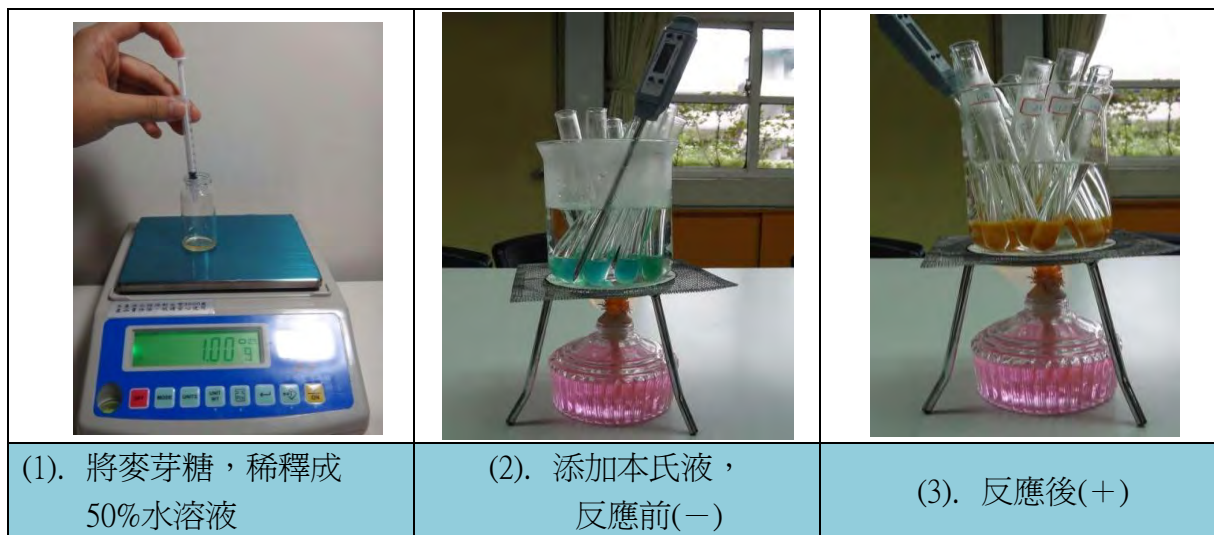


圖 4 還原糖測定方法

(五)、 外觀顏色判斷:

將所有樣品參考色碼表的顏色由淺到深命名為乳黃、淡黃、黃、金黃、黃褐和暗紅等六組顏色。

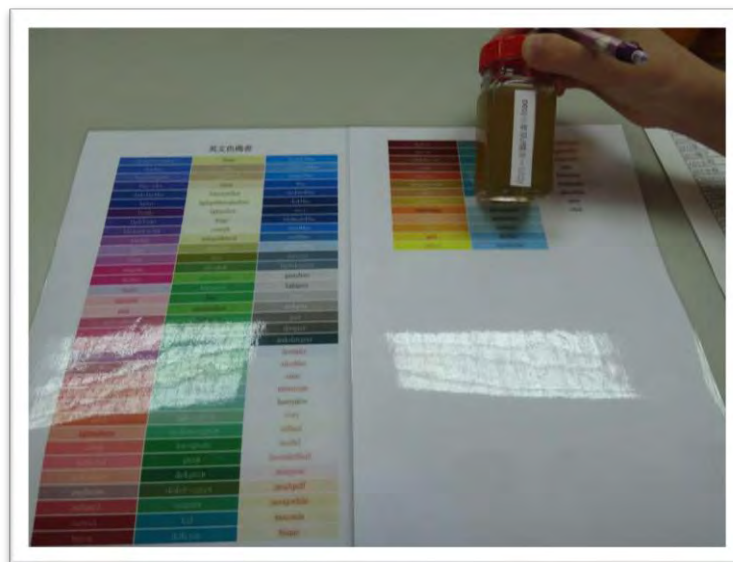


圖 5 比對色碼表

(六)、 麥芽糖成品甜度測定

1. 因麥芽糖成品甜度太高無法測量，所以加水稀釋成 50%水溶液。
2. 取 0.5 毫升，置於手持式數位型糖度計(Pocket PAL1/ATAG0)上。
3. 測量測三次，求平均值。

(七)、黏度測定：(運用六下「槓桿」單元滑輪原理，自製黏度測定器)

1. 測量方式如【圖 6】。
2. 連續測量三次，取平均值，做為比較黏度的依據。


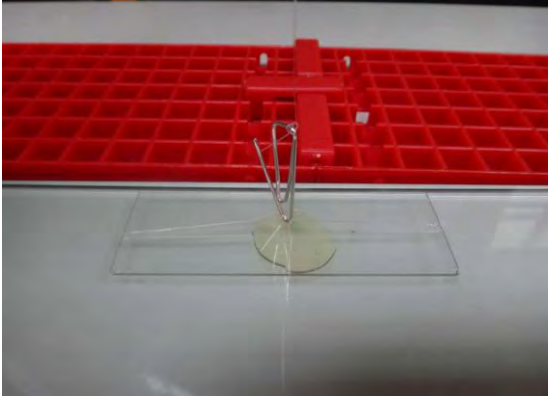


	
<p>(1). 秤取 0.20 克的麥芽糖，置於載玻片上。</p>	<p>(2). 以 2 號釣魚線一端綁載玻片，一端綁夾鏈袋。並將載玻片黏貼在 37cm x37cmx0.8cm 玻璃板玻璃板上。</p>
	
<p>(3). 添加 1 克積木於夾鏈袋中，直至載玻片離開桌面的玻璃板為止。</p>	<p>(4). 當載玻片離開桌面的玻璃板時，計算夾鏈袋及積木的總重量，做為比較黏度的依據。</p>

圖 6 黏度測定方法

三、實驗步驟：

研究(一)：探討影響小麥草成長的因素？

1. 方法：

- (1). 每盤需秤取 120 克的小麥，先泡水 6 小時，將種子軟化。
- (2). 放入催芽袋催芽，保持濕潤，共 42 小時。
- (3). 第三天，將小麥平鋪在水根豆苗栽培盆。
- (4). 分別在 5 月及 11 月栽種，並將栽培盆，放置在室外(日照)、室內(無日照)。
- (5). 每日換水並澆水 500 毫升。
- (6). 紀錄小麥草夏天及冬天，每日生長的平均高度，並繪製成圖表。

2. 結果：

- (1). 日照與否會影響小麥草的顏色，種植在室內的小麥因缺乏陽光照射，無法行光合作用，所以葉片會呈淺綠色。
- (2). 溫度高低，會影響小麥發芽率，小麥在夏天(5 月)、氣溫高種子發芽率較低，長得稀稀疏疏，且種子易腐爛酸敗。
- (3). 不論夏天或冬天，種植在室內(無日照)的小麥草成長速度都比室外(日照)小麥草長得高。小麥草成長速度:5 月(無日照)> 11 月(無日照)> 11 月(日照)> 5 月(日照)









成長日數	夏天(5 月)	冬天(11 月)
第一天		
第二天		
第四天 日照/無日照		
第六天 日照/無日照		



圖 7 栽種季節及栽種地點對小麥草的影響

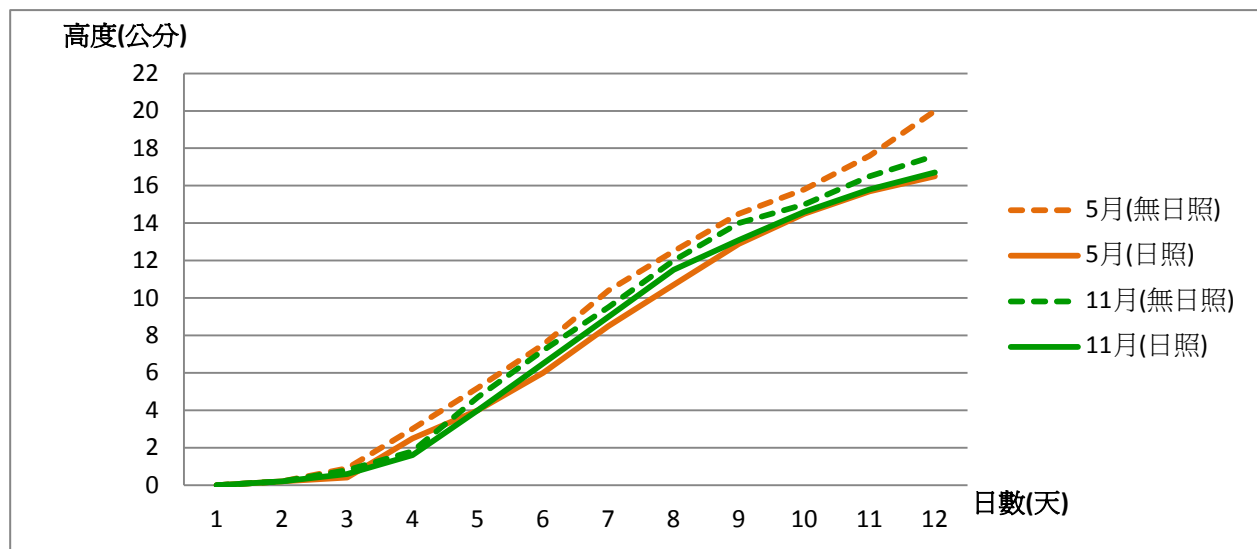


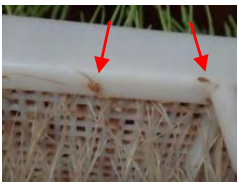



圖 8 不同栽種季節及栽種地點，小麥草每日的成長高度變化圖

(4). 栽種小麥草常見的問題:

表 2 栽種小麥草常見的問題

問 題 環 境	風害	黴菌感染	孳生病媒蚊	種子腐爛酸敗
				
夏天~5月 (室外日照)	少	氣溫高, 非常容易 孳生黴菌	無	有惡臭味
夏天~5月 (室內無日照)	無	氣溫高, 非常容易 孳生大量黴菌	嚴重	有嚴重惡臭味
冬天~11月 (室外日照)	東北季風強, 根 部受損, 小麥會 長不高。	黴菌, 會隨栽種日 數增加而增多	無	無
冬天~11月 (室內無日照)	無	黴菌, 會隨栽種日 數增加而增多	少	無

研究(二)：探討日照和無日照的小麥草，是否會影響麥芽糖的品質？

1. 方法：

(1). 操作變因：取日照和無日照的去根小麥草各 75 克。

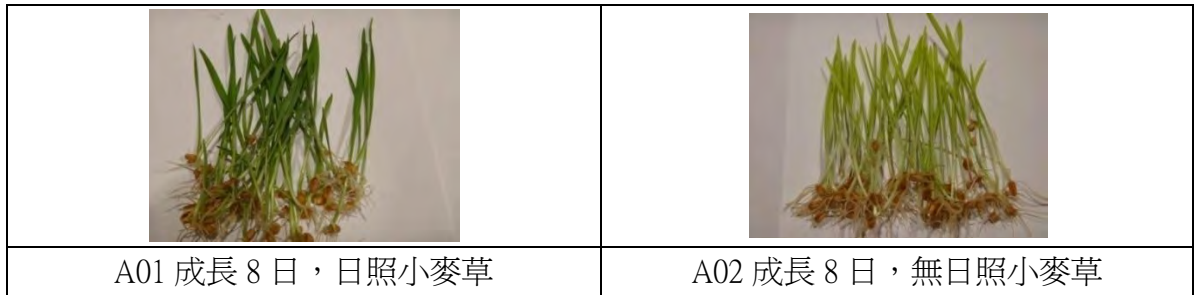


圖 9 日照和無日照的去根小麥草

(2). 控制變因：各取糯米粒 300 克(相當於 850 克的糯米飯)、室溫、發酵 4 小時。

(3). 實驗步驟：糯米飯+分別添加日照和無日照的去根小麥草→混合→發酵(4 小時)→過濾→濃縮濾液→成品。

(4). 每小時記錄甜度變化及利用碘液法觀察反應終點。反應終點是指甜度計的數值已呈穩定狀態，且碘液測定法，不變色「-」。達反應終點後，仍需發酵至 4 小時才可濃縮。

表 3 糯米飯的烹煮方式(大同電鍋)

條件 成品	糯米 重量 (公克)	糯米浸泡水 的時間(小時)	內鍋水量 (毫升)	外鍋水量 (毫升)	燜煮時間 (分)
甲(糯米飯)	300	1	450	150	30

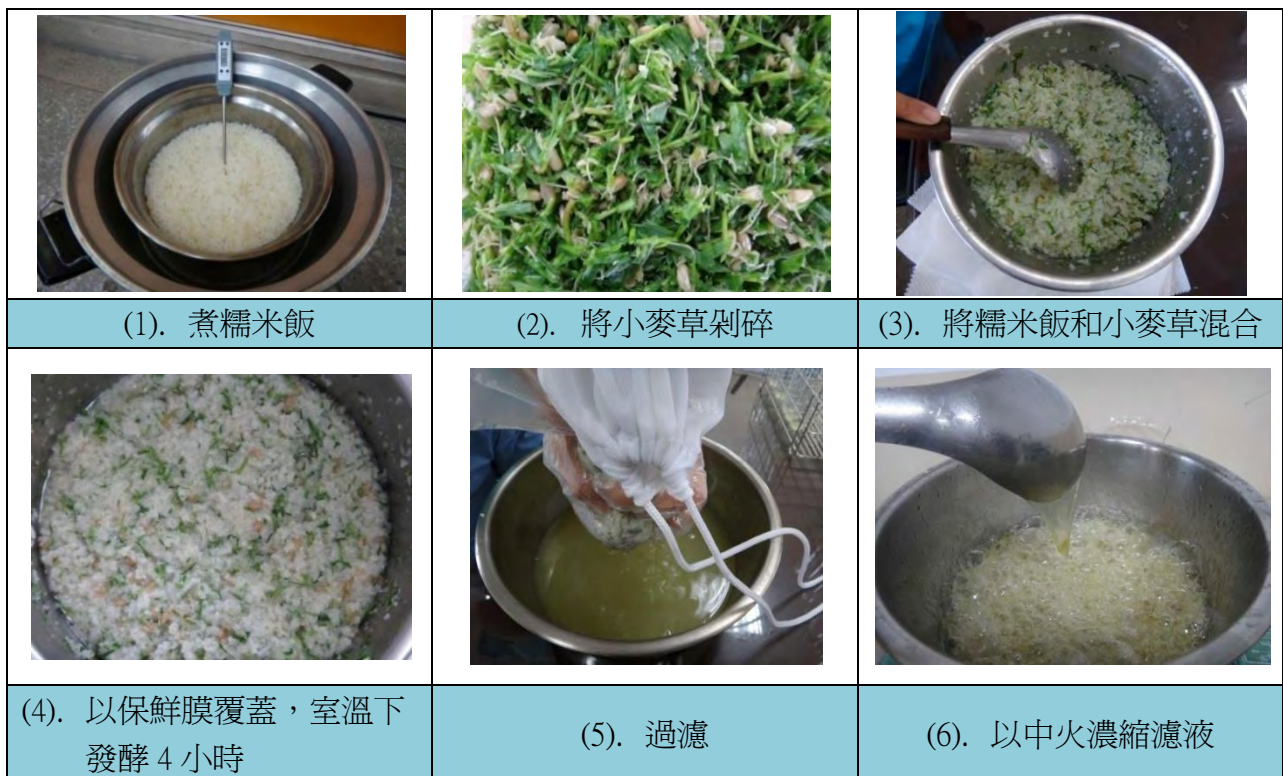


圖 10 麥芽糖的製作流程圖

2. 結果

(1). 麥芽糖成品

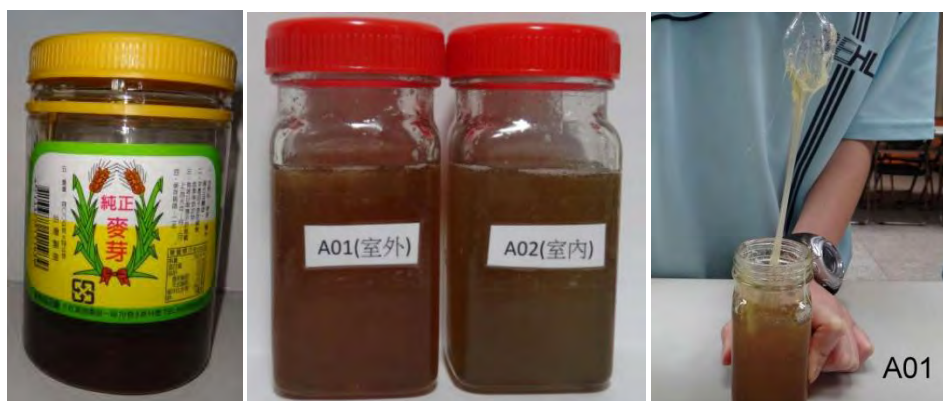


圖 11 市售品及以日照和無日照的去根小麥草製作的麥芽糖成品

- (2). 各項檢測結果：以日照小麥草製得的麥芽糖甜度、口感、產率都比無日照組佳。而以無日照小麥草製作的麥芽糖，成品會有糯米異味，純度差些。

表 4 市售品和取日照、無日照的去根小麥草製作麥芽糖的各項檢測結果。

結 果 樣 品	項 目	揉搓性質 分析 (糯米渣)	以碘液及 甜度計測 反應終點	濾液 重量 (克)	成品 重量 (克)	水分 含量 (%)	外觀 顏色	50%成 品甜度 (Brix%)	與本氏 液反應	6 個月 安定性
市售品		未知	未知	未知	未知	16	暗紅	42.7	橘黃色	佳
A01 (日照)		粉狀散開	3 小時	767	228	14.75	金黃	44.7	橘黃色	佳
A02 (無日照)		粉狀散開	3 小時	719	215	15.80	金黃	42	橘黃色	佳

研究(三)：探討製作麥芽糖時，宜選用小麥草的哪一個部位？

1. 方法：

- (1). 操作變因：取生長 8 日小麥草的根、葉、種子、去根的小麥草和全株的小麥草各 75 克。

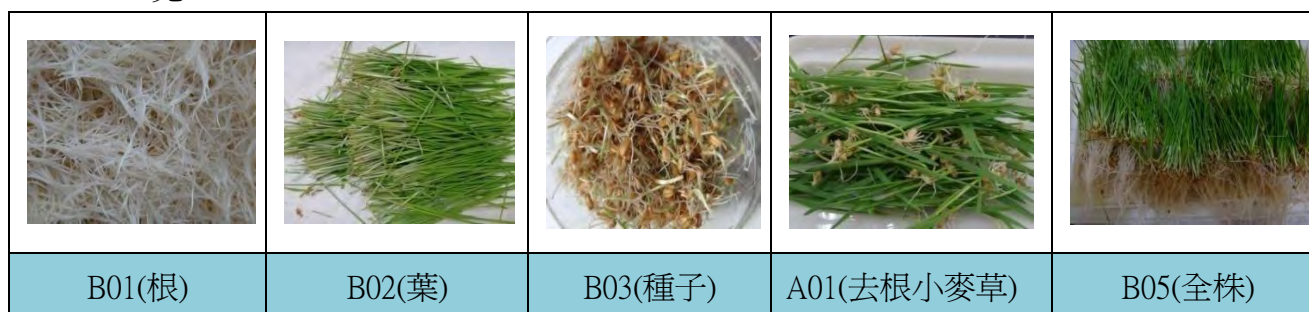


圖 12 小麥草的根、葉、種子、去根小麥草和全株的小麥草

- (2). 控制變因：各取糯米 300 克(相當於 850 克的糯米飯)、室溫、發酵 4 小時。

- (3). 實驗步驟：【同圖 10】，糯米飯條件同【表 3】

糯米飯 + 不同部位小麥草 → 混合 → 發酵 (4 小時) → 過濾 → 濃縮濾液 → 成品。

2. 結果：

(1). 麥芽糖成品:

從樣品 B01 得知，小麥草的根澱粉酶含量低或無，是無法製成麥芽糖成品。從樣品 B02 得知小麥草的葉，澱粉酶含量不高，使糯米飯水解不完全，製得的麥芽糖成品呈乳黃色。從樣品 B03 發現，澱粉酶主要存在小麥草的種子裡。所以不論是去根或全株只要取的部位含有種子，均可製成麥芽糖。樣品 B05 發現，取全株小麥草製得的麥芽糖顏色呈較深的黃褐色，與市售品最相近。



圖 13 取小麥草的根、葉、種子、去根小麥草和全株的小麥草製作的麥芽糖成品

(2). 各項檢測結果：

從糯米渣的搓揉實驗發現，只要是呈黏稠或團狀搓不開，均無法製得麥芽糖成品。而水分含量太高，安定性差，成品易發黴。以去根小麥草製作麥芽糖，濾液(糖汁)產量最多，所以以去根小麥草製備麥芽糖，為最佳選擇。

表 5 取不同部位小麥草製作麥芽糖的各項檢測結果。

結 果 樣 品	項 目	揉搓性質 分析 (糯米渣)	以碘液及 甜度計測 反應終點	濾液 重量 (克)	成品 重量 (克)	水分 含量 (%)	外觀 顏色	50%成 品甜度 (Brix%)	與本氏 液反應	6 個月 安定性
B01 根		黏稠搓不開	無產物	無	無	無	無	無	無	無
B02 葉		團狀搓不開	>4 小時	619	313	19.95	乳黃	22.2	橘黃色	長黴菌
B03 種子		粉狀散開	3 小時	674	212	15.83	金黃	43.7	橘黃色	佳
A01 去根		粉狀散開	3 小時	767	228	14.75	金黃	44.7	橘黃色	佳
B05 全株		粉狀散開	4 小時	624	192	19.84	黃褐	42.1	橘黃色	長黴菌

(3). 小麥草各部位澱粉酶含量高低：種子 > 葉 > 根

研究(四)：探討小麥草不同的成長日數與麥芽糖品質的關係？

1. 方法：

- (1). 操作變因：取不同成長日數(4日、5日、6日、7日、8日、9日、10日、11日、12日)的去根小麥草各75克。
- (2). 控制變因：各取糯米300克(相當於850克的糯米飯)、室溫、發酵4小時。
- (3). 實驗步驟：【同圖10】，糯米飯條件同【表3】
糯米飯+不同成長日數的小麥草→混合→發酵(4小時)→過濾→濃縮濾液→成品。

2. 結果：

(1). 麥芽糖成品：

由左而右依序為 C01(4日)~C09(12日)成品，隨著小麥草成長日數增加，麥芽糖成品的顏色會愈來愈深。

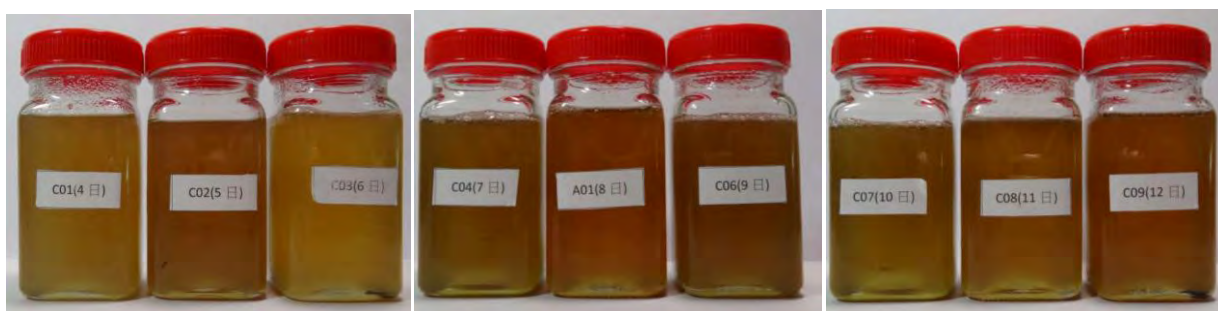


圖 14 以不同成長日數的小麥草製作的麥芽糖成品

(2). 各項檢測結果

從樣品 C01、C02 發現，成品甜度偏低、顏色偏淡黃，濾液產率也較少，推測小麥草太早採收，澱粉酶含量較低，無法將糯米飯完全水解成麥芽糖。隨著小麥草成長日數增加，甜度有增高的趨勢，所以建議小麥草的最佳採收期為7日以後。

表 6 取不同成長日數的小麥草製作麥芽糖時的各項檢測結果。

結 果 樣 品	項 目	揉搓性質 分析 (糯米渣)	以碘液及 甜度計測 反應終點	濾液 重量 (克)	成品 重量 (克)	水分 含量 (%)	外觀 顏色	50%成 品甜度 (Brix%)	與本氏 液反應	6個月 安定性
C01(4日)		團狀搓不開	>4小時	657	225	19.98	淡黃	39.6	橘黃色	長黴菌
C02(5日)		團狀搓不開	>4小時	693	230	18.76	淡黃	42.2	橘黃色	長黴菌
C03(6日)		粉狀散開	4小時	712	235	14.30	淡黃	44.0	橘黃色	佳
C04(7日)		粉狀散開	3小時	759	240	15.15	黃色	44.5	橘黃色	佳
A01(8日)		粉狀散開	3小時	767	228	14.75	金黃	44.7	橘黃色	佳
C06(9日)		粉狀散開	3小時	734	225	13.55	金黃	44.3	橘黃色	佳
C07(10日)		粉狀散開	3小時	811	226	12.18	金黃	45.6	橘黃色	佳
C08(11日)		粉狀散開	3小時	762	244	18.68	金黃	43.2	橘黃色	長黴菌
C09(12日)		粉狀散開	3小時	720	200	15.87	黃褐	43.6	橘黃色	佳

研究(五)：探討小麥草與糯米粒不同的添加比例對麥芽糖品質的影響？

1. 方法：

(1). 操作變因：**小麥草與糯米不同的添加比例**

樣品 D01：小麥草：糯米=25 克：300 克=1:12

樣品 D02：小麥草：糯米=37.5 克：300 克=1:8

樣品 A01：小麥草：糯米=75 克：300 克=1:4

(2). 控制變因：各取糯米 300 克(相當於 850 克的糯米飯)、室溫、發酵 4 小時。

(3). 實驗步驟：**【同圖 10】**，糯米飯條件同**【表 3】**

糯米飯+**添加不同重量的小麥草**→混合→發酵(4 小時)→過濾→濃縮濾液→成品。

2. 結果：

(1). 麥芽糖成品：

由左而右依序為 D01(1:12)、D02(1:8)、A01(1:4)成品，產品的顏色會隨小麥草的添加比例增加，而變深。



圖 15 小麥草與糯米以不同的添加比例製成的麥芽糖成品

(2). 各項檢測結果

隨著小麥草**添加比例增加**，**反應速度快且產物較多**；反之，小麥草與糯米的添加比例降低，生成的濾液較少，反應速度變慢。

表 7 小麥草與糯米以不同的添加比例製成麥芽糖的各項檢測結果

結 果 樣 品	項 目	揉搓性質 分析 (糯米渣)	以碘液及 甜度計測 反應終點	濾液 重量 (克)	成品 重量 (克)	水分 含量 (%)	外觀 顏色	50%成 品甜度 (Brix%)	與本氏 液反應	6 個月 安定性
D01(1:12)		團狀搓不開	>4 小時	623	206	18.13	淡黃	41.6	橘黃色	長黴菌
D02(1:8)		粉狀散開	4 小時	644	195	15.55	黃	42.4	橘黃色	佳
A01(1:4)		粉狀散開	3 小時	767	228	14.75	金黃	44.7	橘黃色	佳

研究(六)：探討糯米飯發酵時以不同的保溫方式對麥芽糖品質的影響？

1. 方法：

- (1). 操作變因：不同保溫方式
 樣品 A01 室溫、樣品 E02 保麗龍箱、樣品 E03 電鍋。
- (2). 控制變因：各取糯米 300 克(相當於 850 克的糯米飯)、75 克成長 8 日的去根小麥草、室溫、發酵 4 小時。
- (3). 實驗步驟：【同圖 10】，糯米飯條件同【表 3】
 糯米飯+小麥草→混合→改變發酵時的保溫方式→過濾→濃縮濾液→成品。

2. 結果：

- (1). 麥芽糖成品：
 由左而右依序為 A01(室溫)、E02(保麗龍箱)、E03(電鍋)成品，發酵時以保溫效果較好的電鍋，所製作的麥芽糖成品顏色會偏深，與市售品的顏色相近。



圖 16 發酵時，以不同的保溫方式所製成的麥芽糖成品

(2). 各項檢測結果

發酵時以保溫效果較好的電鍋，可縮短反應時間。從實驗發現糯米飯在室溫下靜置發酵，所製得的成品與高溫發酵的產品，除顏色外，甜度與產率並無明顯差異。

表 8 發酵時，以不同的保溫方式所製成的麥芽糖其各項檢測結果

結 果 樣 品	項 目	揉搓性質 分析 (糯米渣)	以碘液及 甜度計測 反應終點	濾液 重量 (克)	成品 重量 (克)	水分 含量 (%)	外觀 顏色	50%成 品甜度 (Brix%)	與本氏 液反應	6 個月 安定性
A01 (室溫)		粉狀散開	3 小時	767	228	14.75	金黃	44.7	橘黃色	佳
E02 (保麗龍)		粉狀散開	3 小時	775	230	15.03	金黃	44.5	橘黃色	佳
E03 (電鍋)		粉狀散開	2 小時	780	234	14.78	黃褐	44.8	橘黃色	佳

研究(七)：探討不同乾燥溫度對小麥草內澱粉酶活性的影響？

1. 以冷凍乾燥法製作麥芽酵素(澱粉酶)，製作步驟如下圖：







		
(1). 取水根栽種 8 日左右的小麥草。	(2). 將小麥草除根，置於冷凍 庫一天。	(3). 以冷凍乾燥機乾 燥，直到水分抽乾。
		
(4). 以粉碎機將乾燥後的小麥草粉碎	(5). 以冷凍乾燥法製成的小麥草粉	(6). 以冷凍乾燥法製作的麥芽酵素(澱粉酶)成品

圖 17 以冷凍乾燥法製作麥芽酵素(澱粉酶)的步驟

2. 以日曬法製作麥芽酵素(澱粉酶)，製作步驟如下圖：

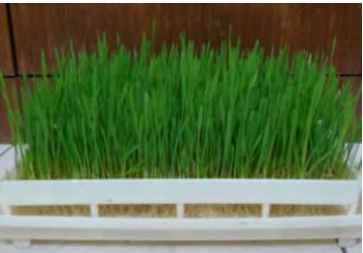





		
(1). 取水根栽種 8 日左右的小麥草	(2). 將小麥草除根	(3). 日曬
		
(4). 以果汁機粉碎	(5). 日曬法製成的小麥草粉	(6). 以日曬法保存的麥芽酵素(澱粉酶)成品

圖 18 以日曬法製作麥芽酵素(澱粉酶)的步驟

3. 以不同乾燥法的麥芽酵素(澱粉酶)，製作麥芽糖。

操作變因：不同乾燥法的麥芽酵素

樣品 F02，取冷凍乾燥法的小麥草粉 20 克。

樣品 F03，取日曬法的小麥草粉 20 克。

控制變因：各取糯米 300 克(相當於 850 克的糯米飯)、室溫、發酵 4 小時。

實驗步驟：糯米飯烹調方式同【表 3】

糯米飯 + 不同乾燥法的小麥草粉 → 混合 → 發酵 (4 小時) → 過濾 → 濃縮濾液 → 成品。

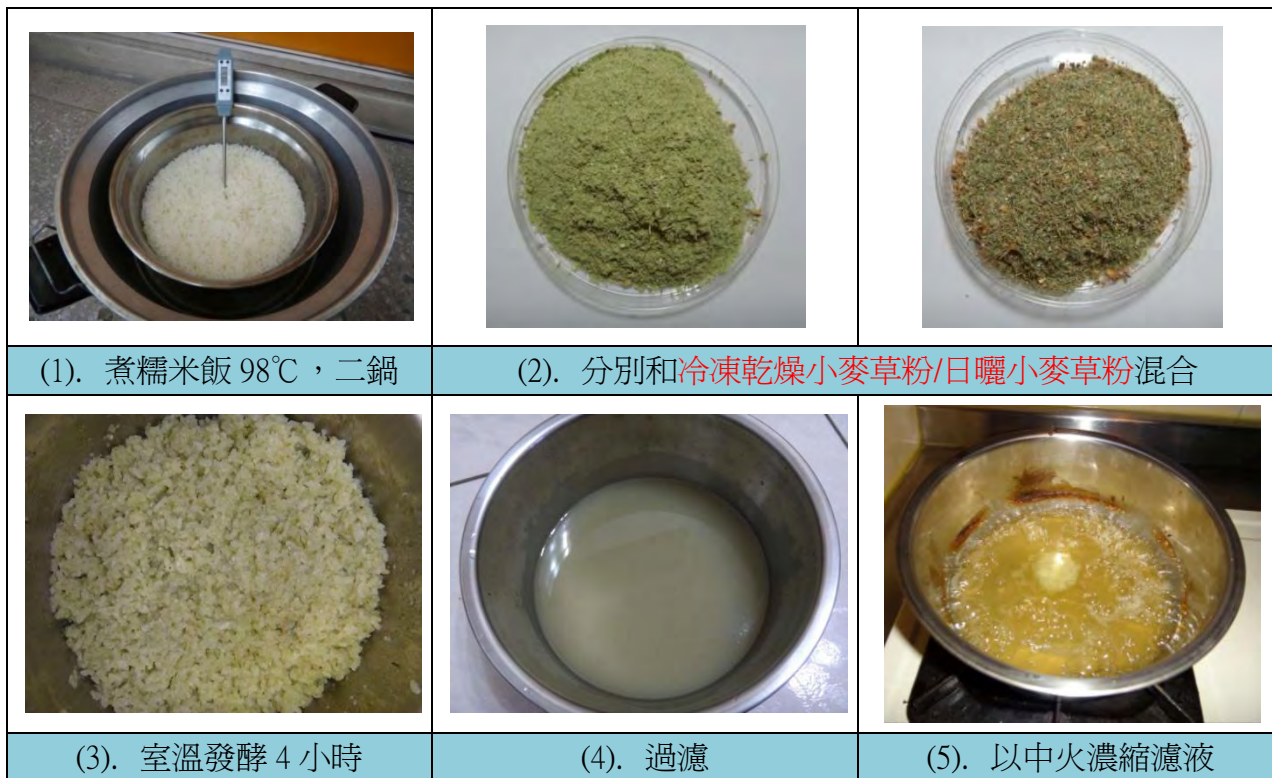


圖 19 以不同乾燥法製得的小麥草粉，製作麥芽糖的步驟。

4. 結果

(1). 麥芽糖成品：

麥芽糖成品:依序為 A01、F02、F03，其中以日曬法製得的麥芽糖(F03)，透光度最高顏色最漂亮，雜質也最少。以冷凍乾燥法製得的小麥草粉，外觀略偏綠色。



圖 20 以不同乾燥法的小麥草製作的麥芽糖成品

(2). 各項檢驗結果

小麥草不論是以-20°C冷凍乾燥，還是以日曬法乾燥，均不影響小麥草內澱粉酶的活性，都可製成麥芽糖，唯產率下降些。

表 9 以不同乾燥法的小麥草粉製作麥芽糖的各項檢測結果。

結 果 樣 品	項 目	揉搓性 質分析 (糯米渣)	以碘液及 甜度計測 反應終點	濾液 重量 (克)	成品 重量 (克)	水分 含量 (%)	外觀 顏色	50%成品 甜度 (Brix%)	與本 氏液 反應	6 個月 安定性
A01 對照組 (新鮮小麥草)		粉狀 散開	3 小時	767	228	14.75	金黃	44.7	橘黃	佳
F02 (冷凍乾燥法)		粉狀 散開	3 小時	555	181	17.94	金黃	41.5	橘黃	佳
F03 (日曬法)		粉狀 散開	3 小時	617	201	16.62	黃褐	42.6	橘黃	佳

(3). 270 克新鮮小麥草，以冷凍乾燥技術可製成 78.3 克的冷凍乾燥小麥草粉，產率為 $78.3 \div 270 \times 100\% = 29\%$ 。270 克新鮮小麥草，以日曬方式可製成 64.8 克的日曬小麥草粉，產率為 $64.8 \div 270 \times 100\% = 24\%$ ，平均值為 27%，本實驗取 20 克乾燥小麥草粉末，是以新鮮小麥草 75 克乘以平均值換算的。

研究(八)：探討以糯米粉為澱粉來源，對麥芽糖品質的影響？

1. 糯米粉糊化的烹煮方法

表 10 糯米粉糊化的烹煮條件

條件 名稱	糯米粉 (公克)	添加水量 (毫升)	加熱時間 (分)	糊化溫度 (°C)
乙 (糯米糊)	300	1200	3 分	70

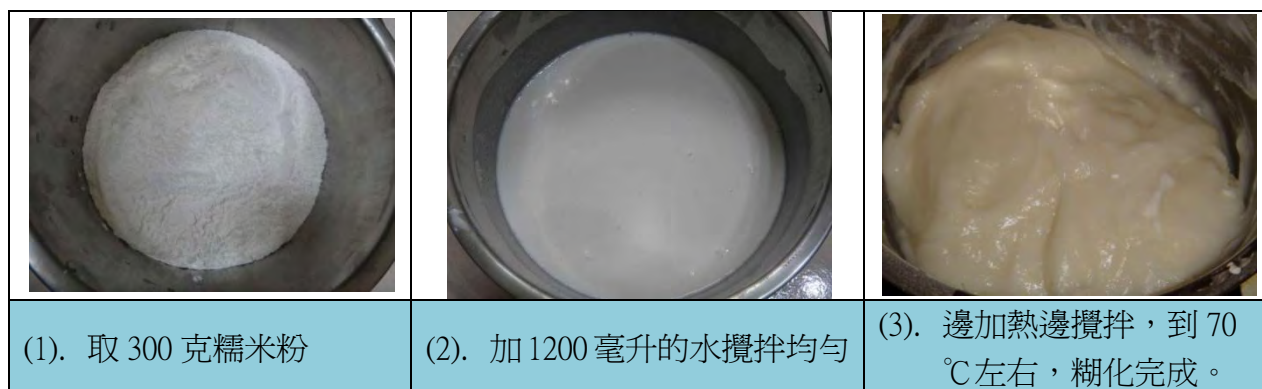


圖 21 糯米粉的糊化步驟

2. 以糯米粉和添加不同來源的麥芽酵素製作麥芽糖

操作變因：樣品 G01(新鮮小麥草 75 克)、樣品 G02(冷凍乾燥小麥草粉 20 克)
樣品 G03(日曬小麥草粉 20 克)。

控制變因：各取糯米粉 300 克、水 1200 毫升、室溫、發酵 4 小時。

實驗步驟：

先將糯米粉加水糊化，實驗過程同【圖 21】。

糊化的糯米粉+分別加入新鮮小麥草及不同乾燥法的小麥草粉→混合→
發酵（4 小時）→過濾→濃縮濾液→成品。其實驗過程如下：

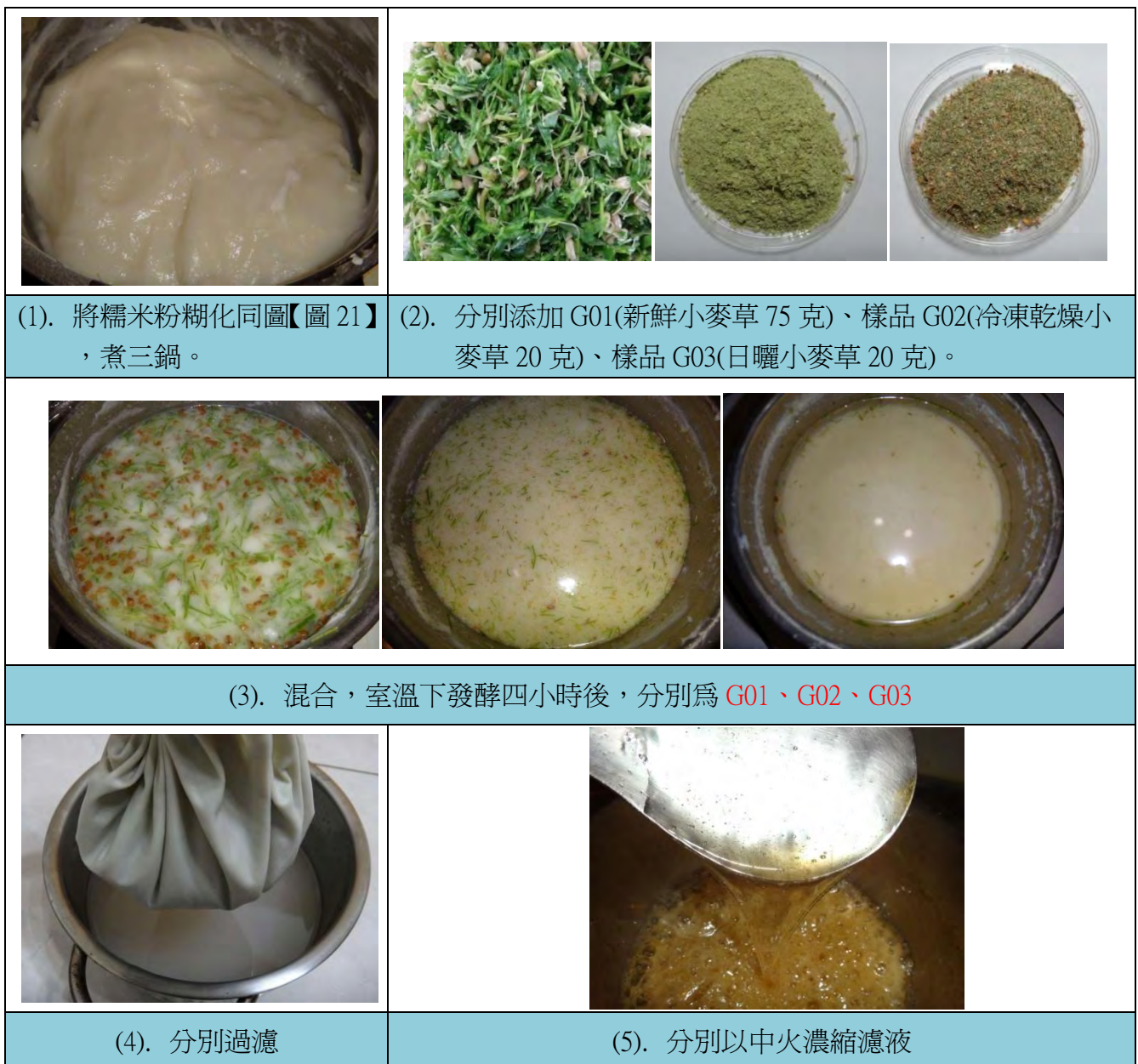


圖 22 以糯米粉製作麥芽糖的步驟

3. 結果

(1). 麥芽糖成品：

由左而右依序為 G01(新鮮小麥草)、G02(冷凍乾燥小麥草粉)、G03(日曬小麥草粉)成品。以糯米粉製成的麥芽糖成品顏色偏深呈黃褐色，與市售品相近。



圖 23 以糯米粉和不同來源的麥芽酵素製作的麥芽糖成品

(2). 各項檢測結果:以糯米粉為原料，可節省反應時間，成品甜度比以糯米飯製作的麥芽糖高。

表 11 以糯米粉及不同來源的麥芽酵素製作芽糖成品的各項檢測結果。

結 果 樣 品	項 目	以甜度 計測反 應終點	濾液 重量 (克)	成品 重量 (克)	水分 含量 (%)	外觀 顏色	50%成 品甜度 (Brix%)	與本氏 液反應	6 個月 安定性
G01 (新鮮小麥草)		2 小時	1182	206	12.63	金黃色	45	橘黃色	佳
G02 (冷凍乾燥法)		2 小時	1094	221	13.12	黃褐色	45.2	橘黃色	佳
G03 (日曬法)		2 小時	1102	224	14.51	黃褐色	44.9	橘黃色	佳

(本實驗無法以碘液法判斷，因為糯米粉渣一直使碘液變藍紫色，所以只能用甜度計觀察，如果甜度不再明顯變化，視為反應終點)

(3). 以糯米粉為原料製成的麥芽糖成品，整體感覺除了又甜又黏牙外，並無以糯米飯為原料製作的麥芽糖成品所散發出又香又 Q 般的口感，評價較差。

(4). 以糯米粉製作麥芽糖，雖可節省將糯米煮熟及發酵的時間，但因添加過多的水分進行糊化，所以濃縮的時間相對增加，消耗的能源也會增加。

研究(九)：探討以糯米粒和糯米粉製作麥芽糖時濃縮時間與黏度、甜度和含水量的關係？

1. 實驗步驟：

取樣品 F03 條件(糯米粒 300 克 + 日曬小麥草粉 20 克)及樣品 G03 條件(糯米粉 300 克 + 日曬小麥草粉 20 克)，製作麥芽糖，依以下濃縮時間點取樣，測 50%成品甜度【圖 1】、水分含量【圖 3】及樣品冷卻後以自製測黏計檢測如【圖 6】。

2. 結果

(1). 樣品 F03(糯米粒 + 日曬小麥草粉)濃縮時間與黏度、甜度、顏色和水分的關係

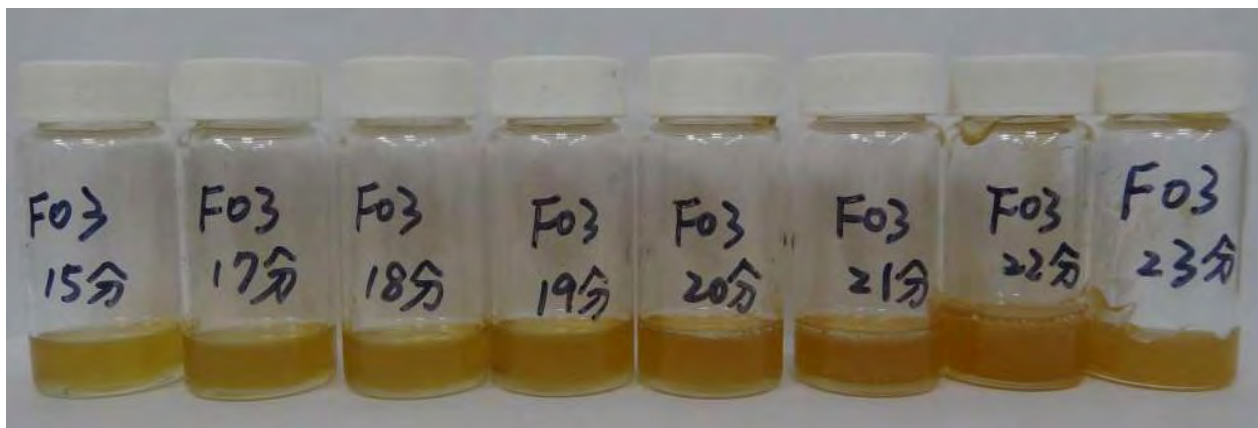


圖 24 樣品 F03 濃縮時間與成品顏色的關係

表 12 樣品 F03 濃縮時間與黏度、甜度和水分的關係

濃縮時間	15 分	17 分	18 分	19 分	20 分	21 分	22 分	23 分
水分含量(%)	42.04	37.92	33.85	32.26	25.58	20.52	16.62	15
50%成品甜度 (Brix%)	29.3	33.1	33.2	33.4	39.6	40.3	42.6	45.4
黏度(gw)	6	6	7	7	8	25	35	37

(2). 樣品 G03(糯米粉 + 日曬小麥草粉)濃縮時間與黏度、甜度、顏色和水分的關係

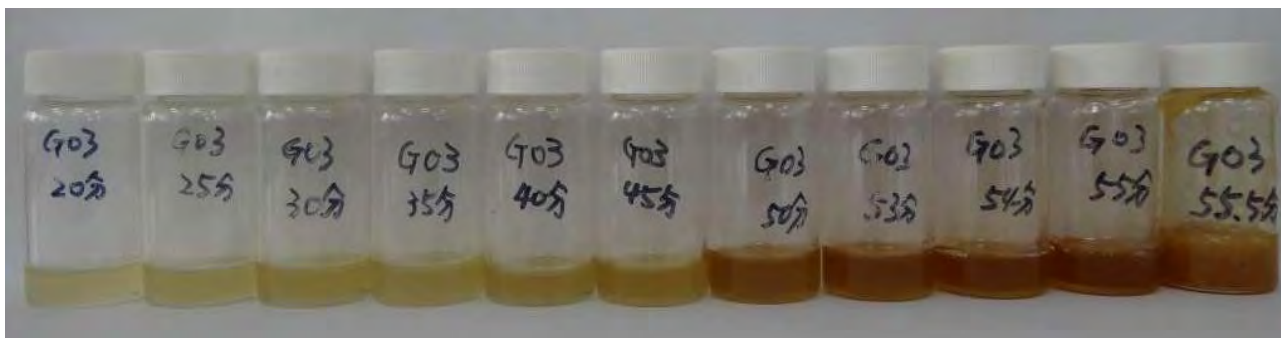


圖 25 樣品 G03 濃縮時間與成品顏色的關係

表 13 樣品 G03 濃縮時間與黏度、甜度和水分的關係

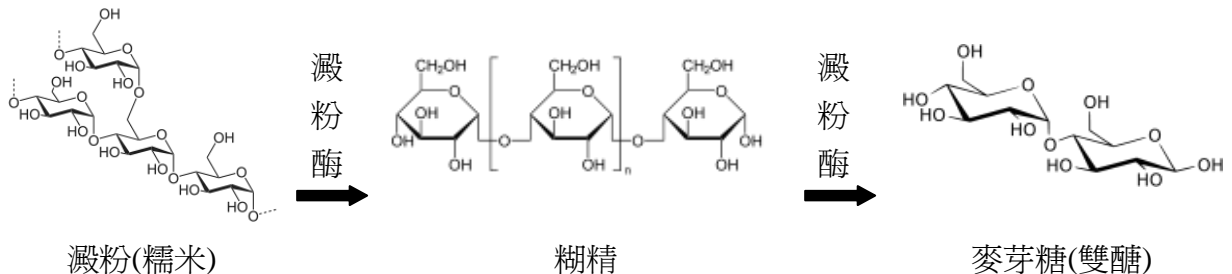
濃縮時間	20 分	25 分	30 分	35 分	40 分	45 分	50 分	53 分	54 分	55 分	55.5 分
水分含量(%)	—	—	—	—	—	—	—	30.92	21.39	18.3	13.22
50%成品甜度 (Brix%)	9.9	11.9	12	12.1	16.4	20.2	27.1	36.1	38.6	40	45.9
黏度(gw)	—	—	—	—	—	—	—	6	12	31	71

(「—」, 代表樣品水分含量過高或黏度低, 無法附著在載玻片上, 無法檢測。)

- (3). 麥芽糖的顏色、黏度會隨濃縮時間的增加而變深變黏; 而麥芽糖的水分含量愈少, 甜度會愈高。
- (4). 樣品 G03, 濃縮快達終點時, 黏度會驟增, 而樣品 F03, 濃縮快達終點時, 黏度無驟升的情形, 這可能是造成樣品 G03 較黏牙的主要關鍵。

陸、討論

一、本實驗是利用小麥草內的澱粉酶, 將糯米水解為麥芽糖。其作用機轉如下:



二、麥芽糖成品內容物分析:

從文獻³得知, 應為麥芽糖、糊精、澱粉及水分的混合物, 依反應條件的不同, 各成分的比例也會不同。

三、麥芽糖顏色分析:

由實驗歸納得知澱粉酶含量愈多與澱粉反應愈完全, 麥芽糖成品裡的麥芽糖比例會愈多, 顏色也會愈深。

(一)、生長 4 日、5 日小麥草, 澱粉酶含量低, 麥芽糖偏淡黃色, 產率低。最佳採收期為 7~10 日左右, 可製得麥芽糖偏金黃色。

(二)、小麥草葉澱粉酶含量低, 水解不完全生成乳黃色糊精。以全株小麥草製備麥芽糖, 顏色較暗沉的黃褐色。以去根小麥草或種子製備麥芽糖, 顏色呈金黃, 色澤佳。

(三)、小麥草添加比例愈高, 顏色愈深。

(四)、發酵溫度愈高, 製得的麥芽糖成品顏色愈深。

(五)、以日曬法的小麥粉末製作, 製得的麥芽糖成品顏色較深。

(六)、以糯米粉製作的麥芽糖顏色也會偏深。

四、麥芽糖含水量分析:

由實驗發現, 當糯米渣搓揉試驗呈團狀黏手搓不開時, 應該是澱粉發酵不完全, 此時濾液水分不易濃縮至 20% 以下, 如果繼續濃縮會出現燒焦味。由實驗發現麥芽糖成品水分含量在 18% 以下, 保存期限可達半年以上不會長黴菌。

五、麥芽糖甜度分析:

麥芽糖的甜度和反應條件與濃縮時間有關, 澱粉水解愈完全及濃縮時間愈長, 甜度會愈

高。澱粉來源若選擇糯米粉其甜度會比糯米粒為高。

六、麥芽糖黏度分析：

麥芽糖的黏度與濃縮時間及澱粉來源有關，黏度會隨濃縮時間的增加而增加，而澱粉來源若選擇糯米粉其成品黏度會比糯米粒為高，成品較黏牙。

七、反應速度快慢：

澱粉酶含量愈多、發酵溫度愈高及接觸面積愈大反應速度愈快。因此以糯米粉為原料，反應速度較快 2 小時即可完成。

八、澱粉酶的活性：

小麥草內澱粉酶的活性，不會因為以零下 20 度低溫乾燥或日曬而失去活性，這將解決小麥草夏天不易栽培及製作麥芽糖時需先花八日栽種小麥草。今後，只要在冬天大量栽種小麥草，再以日曬乾燥粉碎保存麥芽酵素，**輕鬆 DIY 麥芽糖將不是夢**。且從實驗得知，以日曬小麥草製作的麥芽糖，不論甜度、色澤、澄淨度或口感都比新鮮小麥草佳。

九、節能分析：

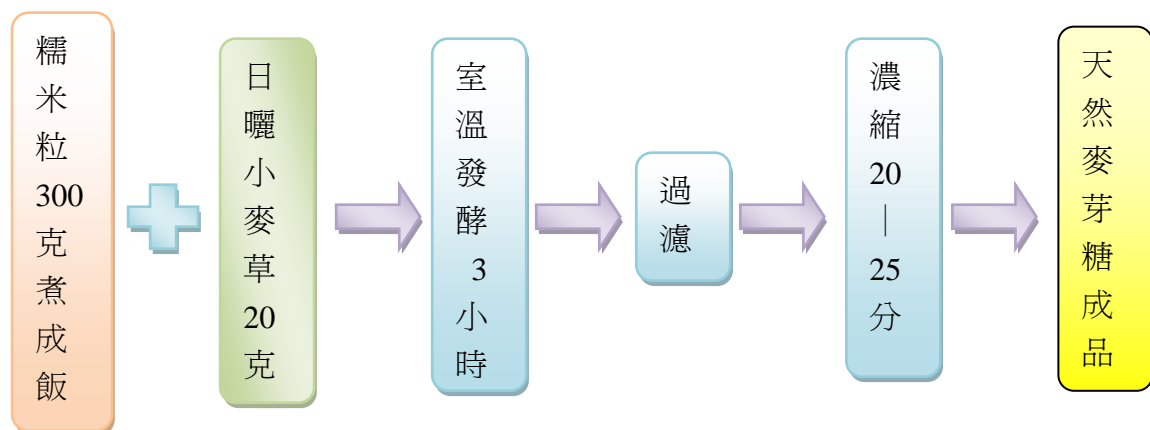
本實驗在室溫發酵 2~4 小時即可製得優質的麥芽糖成品，與目前民間麥芽糖製法²需花 5~6 小時加熱發酵，在製程上比較「**節能減碳**」，也較「**省時省力**」。

十、其他：

而漢代古法¹以一石米配五升乾麥芽粉末，發酵時間需長達 12~24 小時，推測是乾麥芽粉末添加量太少所致。此法除較費時，以台灣地區的氣候發酵時間大於 12 小時以上，澱粉容易出現酸敗現象，並不適用。

柒、 結論

從實驗得知小麥草各部位澱粉酶含量高低：種子 > 葉 > 根，發芽中的麥芽種子是催化的關鍵、葉的催化效果次之，而其鬚根則無催化作用。小麥草太早採收澱粉酶不足，太晚採收，黴菌大量繁殖會干擾品質，而以成長 7~10 日麥芽為最佳採收期。將麥芽去根後與糯米以 1:4 為最佳混合比例，小麥草添加量過低，顏色呈淡黃，麥芽糖產率低。並發現利用糯米煮熟後的餘溫，以保鮮膜覆蓋，在室溫下即可進行發酵作用，這將有效減少能源的浪費。若以糯米粉為澱粉來源，反應速度快、顏色討喜但口感不佳會黏牙。從實驗發現夏天不利小麥生長，可於冬天大量栽培並以日曬法乾燥、粉碎取得澱粉酶。乾燥後的小麥草製得的麥芽糖，透光度高、雜質少、顏色呈黃褐色，口感佳。歸納以上實驗結果得知：要製作「**又 Q**」「**又香**」「**又甜**」「**又天然**」、「**又節能減碳**」的麥芽糖其製作方法為：



捌、 參考資料

1. 劉樸冰(2009)。中國古代的麥芽糖。中華飲食文化會訊。15(2)，12-23。
2. 古法提煉麥芽糖不用糖。公視下課花路米 360 集。取自
<http://cdtower.ntpc.edu.tw/?mode=view&idx=22&category=3>
3. 人一(1980)。樹薯粉之利用--精製麥芽糖。臺糖通訊。67(14)，25-26。
4. 劉品青(2011)。神奇的穀類—小麥。少年牛頓，81，57-70。
5. 李佳蓉(2003)。澱粉在哪裡。小牛頓，235，82-88。
6. 高則容(2012)。甜甜的糖從哪裡來。新小牛頓，91，6-17。
7. 許佳榕(2012)。古早糖趣味多。新小牛頓，91，36-51。

【評語】 080807

1. 本作品探討麥芽糖的製作，找出最佳配方，尤其有限解決小麥草的保存及夏季不易栽培的問題，內容聚焦完整。
2. 此實驗從種植、發酵、熬煮、測量等，都需要花費長時間及心力，實屬難得。