中華民國第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　化學科

第三名

080201

草籽糖

學校名稱：宜蘭縣三星鄉三星國民小學

作者：	指導老師：
小六 張立煜	羅詠昇
小六 張立煦	陳昇群
小五 邱瑋茹	
小五 楊至翰	
小五 林芳聿	

關鍵詞：澱粉酶、糖、草籽

壹、摘要

「草籽糖」針對植物種子發芽時能轉化澱粉為糖，而在哪種狀況下，澱粉較容易化糖？實驗內容設計在小學生能完成的部分：草籽與澱粉的擇選；芽的部位；澱粉與芽的比例；進而探討環境的影響如溫度；光線；時間等因素，過程不時呈現看不見的、有趣的化學現象，草籽在過程中施了甜蜜的術法，糖在實驗中偷偷的變化著。

貳、研究動機

媽媽為了健康養身，天天都會為自己做些蔬食當晚餐，有一日，媽媽做了一道苜蓿芽拌飯，拌一拌，調味料都還沒加，就跑去接電話，和阿姨一聊起天來就忘了，擱在餐桌上那碗苜蓿芽拌飯慢慢變了質，媽媽咦了一聲：「好像……來，你嘗嘗這味道。」媽媽叫我過去吃吃看，我只夾了小半口，哈！帶著些許草味的苜蓿芽澀澀的……不只！好像還帶有甜甜的滋味？「媽媽加糖了嗎？」「沒呀！」

那怎麼會變甜呢？我帶著好奇心，想看看如果苜蓿換成雜草的種子，拌了飯，是不是也會變甜？

參、研究內容

實驗一　雜草的甜蜜魔法—不同草籽發芽後拌飯，探討其能否變甜？

實驗二　澱粉的消失！—鬼針草芽與米飯的作用

實驗三　鬼針草芽與不同澱粉作用對糖度的影響

實驗四　鬼針草籽與不同量白飯混和後產生糖份

實驗五　時間長短與鬼針草芽拌飯變甜的關係

實驗六　探討草籽不同部位拌飯與糖度產生的關係

實驗七　長度不同的草芽拌飯與糖度產生的關係

實驗八　草籽的不同時期拌飯與糖度產生的關係

實驗九　草芽拌飯在不同色光下與糖度產生的關係

實驗十　溫度不同對草芽與澱粉作用後產生糖份的差異

實驗十一　小小糖廠—利用鬼針草芽製糖全記錄

肆、器材裝置與材料

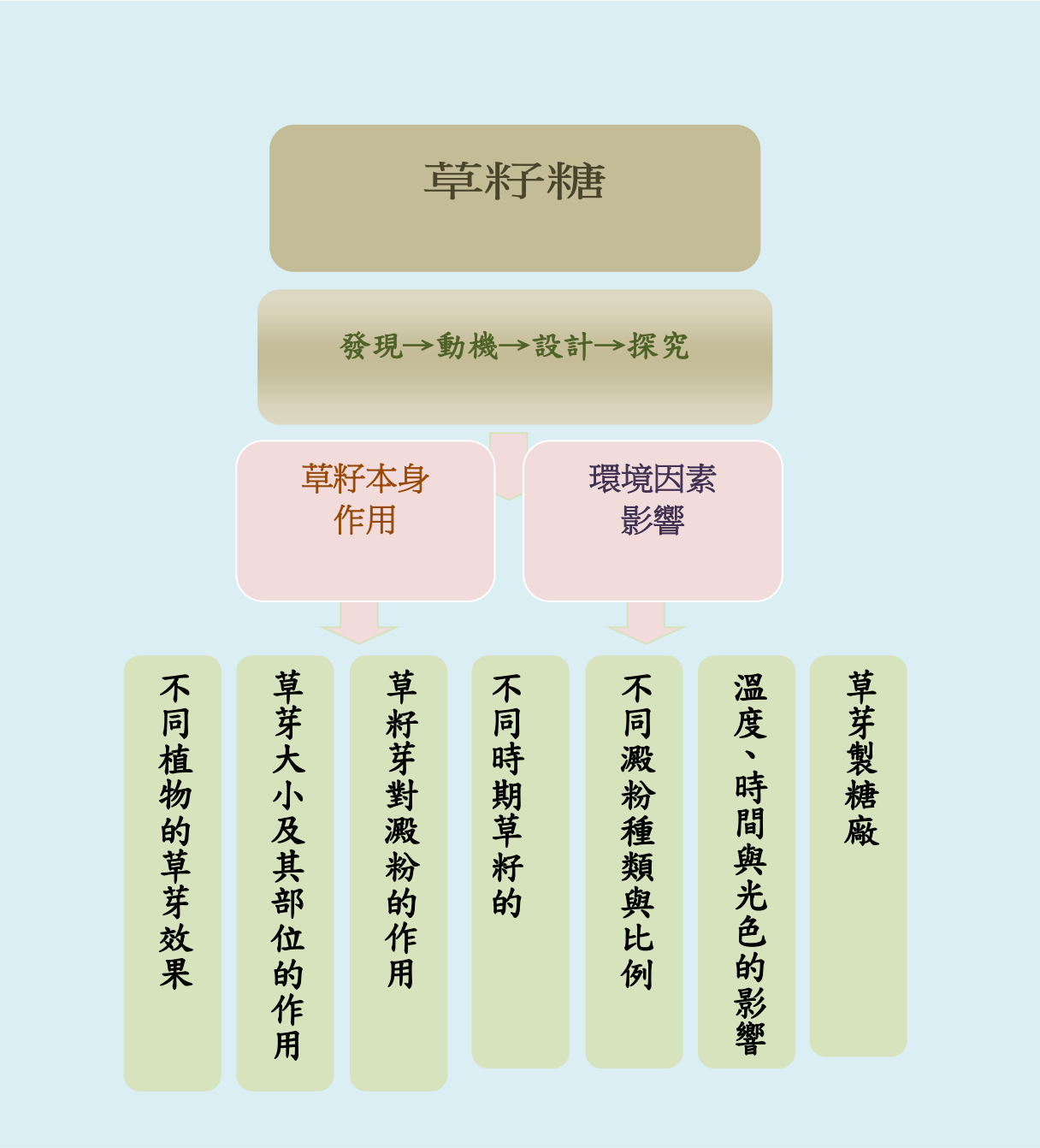
儀器：糖度計(0-32)、電子秤(0.01g)、電子放大鏡(x100-x500)、電子溫度計 (0.1℃)

器材：夾鏈袋、滴管、碼表、量杯、培養皿、玻璃杯、鋼杯、量筒、勺子、鑷子、塑膠杯、玻璃攪拌棒、棉布紗布、剪刀、簽字筆、數位相機。

設備：電腦、冰箱、各種色光燈泡、電扇、保溫盤、防潮箱。

物材：常見各種雜草草籽、米飯、11 種穀豆類種子(澱粉)、蒸餾水。

研究架構圖



伍、研究過程

實驗一　不同草籽發芽後拌飯，探討能否變甜？

一、方法：

1.自附近田野採收大量、常見且不同的野草種子，共收穫 7 種：

草籽類別	油菜花	芒草	車前草	狼尾草	蘆葦	大花咸豐草	稗草
地點	附近田地	河床野外	校園草地	河床野外	河床野外	校園草地	附近田地
數量	休耕時種滿田地	野外極多	學校草地	多	多	到處都有	田地中不多

2.草籽泡水一日，取出後種植於箱中。

3.**實驗組**：發芽後，各取 5g 與白飯充分揉搓混合，置於夾鏈袋中，分成 5 袋，靜置 1 小時。

對照組：純白飯組

4.**糖度測試**：測試時夾鏈袋中再加 2cc 蒸餾水混和後，擠出汁液，以糖度計測試。

A 測試：混和後立即測試(取平均值)。　　**B 測試**：1 小時後測試(取平均值)。

5.討論實驗結果與接續實驗的設計。

芒草

車前草

狼尾草

蘆葦

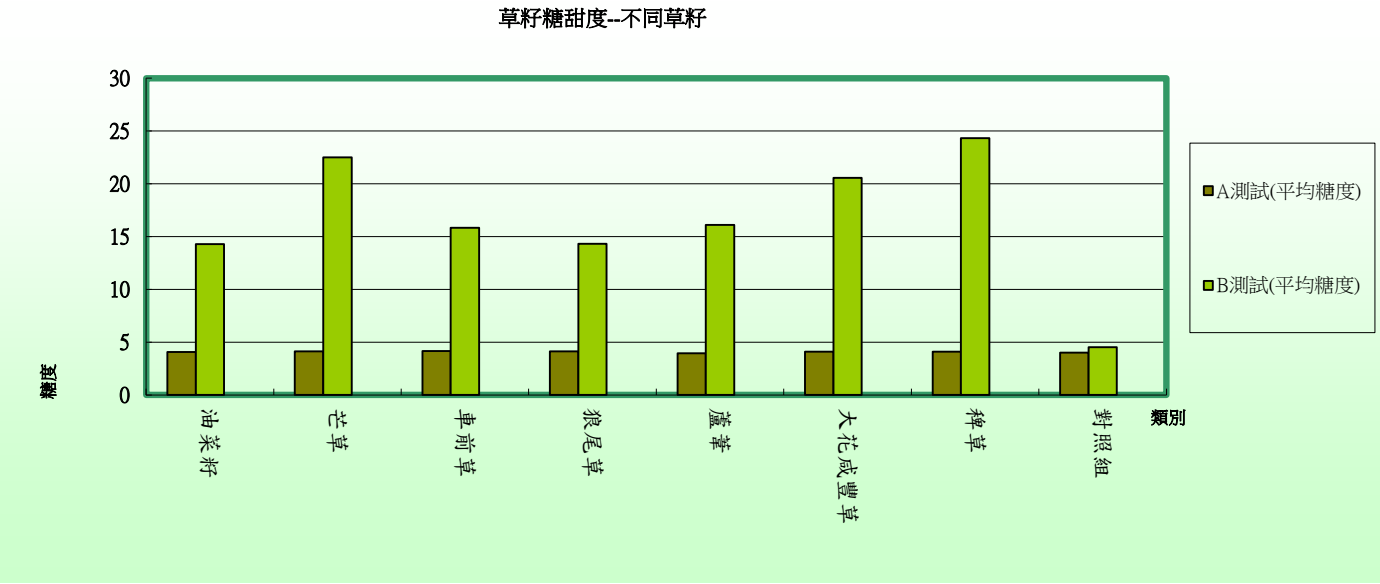
大花咸豐草

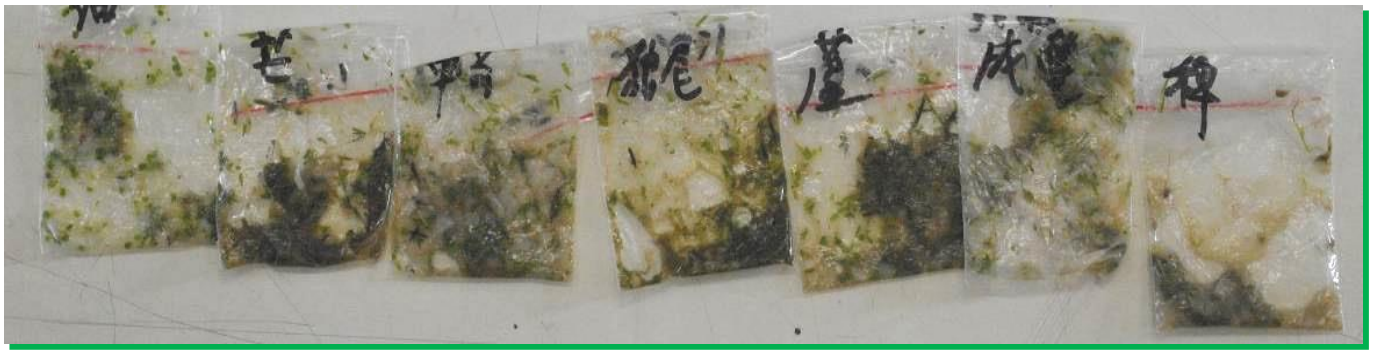
稗草

二、結果：

組別		1	2	3	4	5	6	7	對照組
草籽類別		油菜籽	芒草	車前草	狼尾草	蘆葦	大花咸豐草	稗草	純白飯
A 測試 (平均糖度)		**4.08**	**4.12**	**4.16**	**4.12**	**3.96**	**4.10**	**4.1**	**4.0**
B 測試 (平均糖度)		**14.28**	**22.50**	**15.84**	**14.32**	**16.12**	**20.56**	**24.34**	**4.52**
A 測試 (糖度)	1	4.0	4.0	4.0	4.0	3.8	4.0	3.9	3.8
	2	4.0	4.0	4.2	4.2	4.0	4.0	4.1	4.0
	3	4.0	4.2	4.2	4.0	4.0	4.2	4.0	4.0
	4	4.2	4.2	4.2	4.2	4.0	4.2	4.2	4.0
	5	4.2	4.2	4.2	4.2	4.0	4.2	4.2	4.1

B 測試(糖度)	1	14.4	22.8	16.0	14.8	16.0	19.8	24.2	4.2
	2	14.6	22.4	16.2	14.2	15.4	21.2	24.8	4.8
	3	14.0	22.0	15.6	14.0	16.4	21.2	24.9	4.6
	4	14.2	22.8	15.4	14.0	16.4	19.6	24.0	4.8
	5	14.2	22.5	16.0	14.6	16.4	21.0	23.8	4.2





三、討論：

1. 在白飯和草芽 1：1 等量下揉合，靜置一小時後，各種草芽裡的酶都產生了作用，將白飯中的澱粉都能轉化成了糖。雖然有高有低，但一小時後，甜度都較實驗開始時增加了三到六倍之間！
2. 明顯的，前三名產糖最多的是：稗草、芒草和大花咸豐草。一小時間糖度含量居然增加 5 倍以上，真是期待接下來實驗能帶來多少驚喜。

草籽類別	油菜籽	芒草	車前草	狼尾草	蘆葦	大花咸豐草	稗草	純白飯
糖度增加 **倍數**	3.50	5.46	3.81	3.48	4.07	5.01	5.94	1.13

3. 實驗中的對照組是純白飯，條件相同下，純白飯組(不加草芽)，增加糖度並不明顯。
4. 實驗結果清楚顯示了這些草籽，在野外飄飛散落實在可惜！它裡頭可是蘊藏著不少改變的能量

哪！我們決定在稗草(田中雜草)、大花咸豐草(外來強勢植物)及芒草等 3 種在實驗中獲得較多糖分的植物中，選擇一種來繼續其他實驗。幾經討論與測試：

(1)稗草是與稻子夾生的雜草，成長後比稻子高，多為為農夫以除草劑剔除，且數量太少，又不易取得。

(2)芒草數量最多，但有季節性問題(秋、冬之際才出現)，加上草籽雖多但都太小，發芽率不高等令實驗無法持續的壞處。

那麼，就剩下俗稱鬼針的大花咸豐草了，鬼針鬼一樣的一年四季都帶著刺，種子大、發芽率也高，更是優勢植物，到處都存在著它的身影。若決定取鬼針草作為實驗對象，會有生成糖度不如稗草和芒草的缺憾，但我們的實驗只是在善用雜草草籽對澱粉作用而產生糖分，來測試某些再利用的可能。因此，「鬼針」最適合成為我們實驗的主要角色。

5. 觀察(A 測試—立即測試)和(B 測試—1 小時後測試)間的比較，呈現出時間因素的存在，我們把時間因素設定好，將成為接續的實驗；更尋求在(A)(B)之間，發現更多變因，來比較在哪種狀況下，澱粉轉化為糖的效率較高？

實驗二　澱粉的消失！—鬼針草芽與米飯的作用

一、方法：

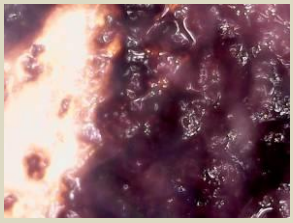
1.第 1 組測試：取煮熟麵條 5g，與鬼針**草芽** 5g 充分混合，10g 蒸餾水揉搓混和後，靜置於夾鏈袋中。

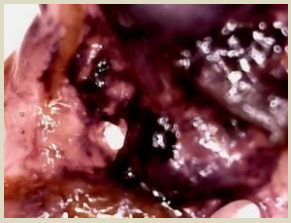
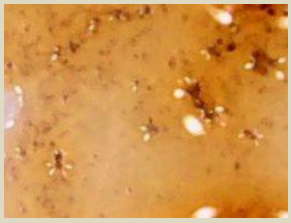
第 2 組測試：取蒸熟米飯 5g，與鬼針**草芽** 5g 充分混合，10g 蒸餾水揉搓混和後，靜置於夾鏈袋中。

2 **澱粉測試**：測試時由夾鏈袋中取出混合物，抹於玻璃片上，滴上些許優碘測試。

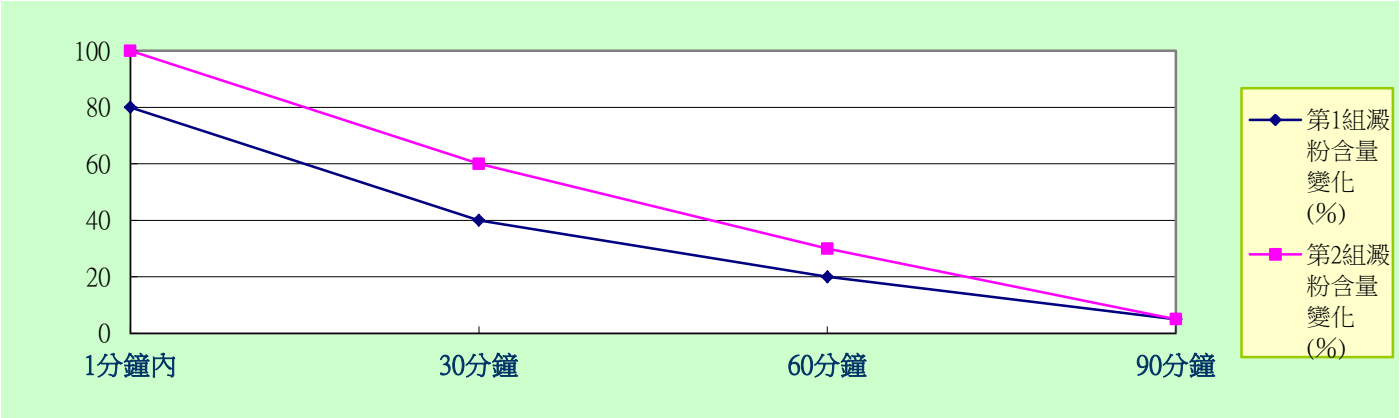
3.**觀察變色**：以電子放大鏡觀察混合物變色情形並拍照。第 1 次測試於開始混合時，之後每隔 30 分鐘測試 1 次。記錄共 3 次(優碘便不再變色。

二、結果：

組別	1 分鐘內	30 分鐘	60 分鐘	90 分鐘
第 1 組測				
	幾乎都呈現藍紫色	藍紫色區域減少	藍紫色區域愈少	澱粉消失了？

試	澱粉約 80%	澱粉約 40%	澱粉約 20%	澱粉約 5%
第2組測試				
	左半部幾乎呈藍紫色 澱粉幾乎 100%	藍紫色區域減少 澱粉約 60%	藍紫色區域愈少 澱粉約 30%	變藍紫色區域極少 澱粉約 5%

澱粉與草芽混合後含量變化



三、討論：

1. 以相等分量的草芽和麵條、白飯混和，可發現在 90 分鐘後，幾乎原本存在的大量澱粉，在草芽的的作用下，幾乎消失殆盡！這些消失的澱粉，都轉化成糖份了嗎？我們上圖書館去查詢資料，查到穀物中，胚芽含有澱粉酶，可將蘊藏豐富的草籽內的澱粉轉化為糖份，提供草芽生長所需。
2. 試著去觀察鬼針草籽中的澱粉是否存在？架設電子放大鏡，我們將鬼針種皮撥開，取出胚芽觀察，發現以碘酒測試，立刻成為藍紫色，可見

針草籽的胚芽中，也含有大量澱粉。

鬼針種籽包覆在黑色的種皮中	脫去種皮露出種籽	以碘酒測試呈藍紫色

大量澱粉的存在，即顯示鬼針草籽在發芽時，就必須以胚芽中的澱粉酶去轉化，以為長所需。而

這，也是我們能持續研究下去的地方，到底鬼針草籽要怎麼將澱粉變甜，其中因素值得深入探討。

實驗三　鬼針草芽與不同澱粉作用對糖度產生的影響

一、方法：

1. **分組**：取不同澱粉(共 11 種穀物豆類)蒸熟後 10g，，與鬼針**草芽** 10g 充分混合，分裝於夾鏈袋中，靜置 1 小時。

2 不同澱粉分組如下：

澱粉類	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
	糙米	蕎麥	小麥	燕麥	白麥	小米
	7	**8**	**9**	**10**	**11**	**12 對照**
	綠豆	紅扁豆	小薏仁	薏仁	黑糯米	**純白飯**

3.**糖度測試**：測試時夾鏈袋中再以等重蒸餾水(15 cc)，揉搓混和後，擠出汁液，以糖度計測試。

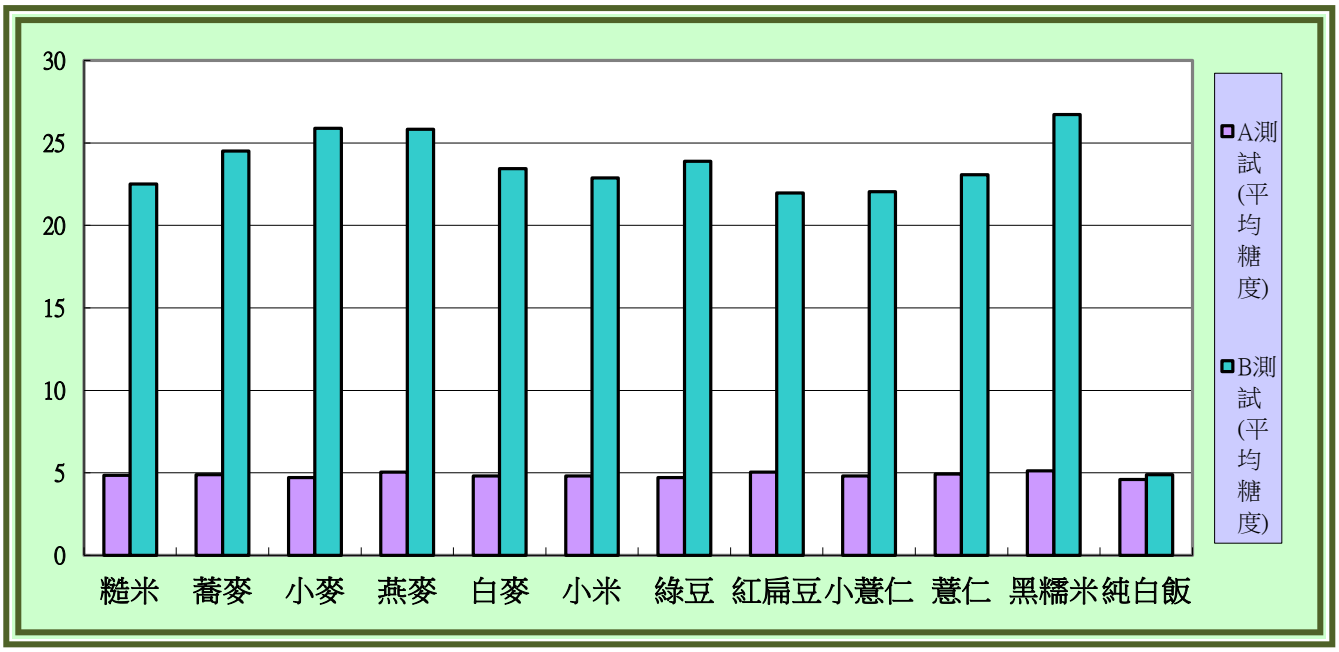
A 測試：混和後立即測試(取平均值)。　　**B 測試**：1 小時後測試(取平均值)。

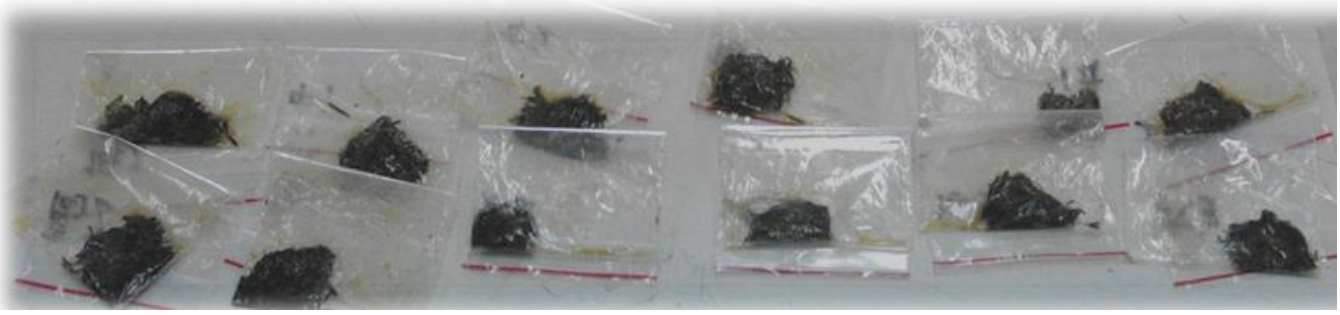
二、結果：

組別		1	2	3	4	5	6
澱粉類		糙米	蕎麥	小麥	燕麥	白麥	小米
A 測試 (平均糖度)		**4.84**	**4.88**	**4.72**	**5.04**	**4.80**	**4.80**
B 測試 (平均糖度)		**22.52**	**24.52**	**25.88**	**25.84**	**23.44**	**22.88**
A 測試 (糖度)	1	4.8	4.8	4.4	4.8	4.4	4.8
	2	4.8	4.8	4.6	4.8	5.0	4.8
	3	4.8	4.8	4.8	5.2	4.6	4.6
	4	4.8	4.8	4.8	5.2	4.8	5.0

	5	5.0	5.2	5.0	5.4	5.2	4.8
B 測試(糖度)	1	21.2	24.0	25.2	26.2	23.5	23.2
	2	22.8	24.2	24.8	26.0	22.0	23.0
	3	23.6	25.6	25.2	25.6	23.4	22.8
	4	21.8	25.8	24.8	25.6	23.8	22.6
	5	23.2	25.0	25.4	25.8	24.4	22.8
組別		**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**對照組**
澱粉類		綠豆	紅扁豆	小薏仁	薏仁	黑糯米	純白飯
A 測試(平均糖度)		**4.72**	**5.04**	**4.80**	**4.92**	**5.12**	**4.60**
B 測試(平均糖度)		**23.88**	**21.96**	**22.04**	**23.08**	**26.72**	**4.88**
A 測試(糖度)	1	4.4	4.8	4.4	5.0	5.0	4.4
	2	4.6	4.8	5.0	5.0	5.0	4.6
	3	4.8	5.2	4.6	4.8	5.1	4.4
	4	4.8	5.2	4.8	5.0	5.1	5.0
	5	5.0	5.4	5.2	5.0	5.1	4.6
B 測試(糖度)	1	24.2	22.2	22.5	22.6	26.8	5.2
	2	23.6	22.2	21.0	23.0	27.4	5.0
	3	23.6	21.6	22.4	23.2	26.4	4.8
	4	23.6	22.2	20.8	23.2	26.8	4.6
	5	24.4	21.8	23.4	23.4	26.2	4.8

草籽糖甜度--與不同澱粉作用





三、討論：

1. 各種廚房中常見的食用澱粉類穀物，選了 11 種成為我們的實驗對象，澱粉是一樣的，在鬼針草芽的轉化之下，也都能變成甜滋滋的糖分。實驗結果比較，麥類、糯米，似乎產生稍微多一點甜度。
2. 結果顯示，各種穀類均含有澱粉，產生甜度的倍數在 4.3 倍-5.7 倍之間(如下表所示)，差距不大，也顯示我們用剩飯(學校營養午餐餘下)作為澱粉材料製糖，是可以接受的。

澱粉	糙米	蕎麥	小麥	燕麥	白麥	小米
增倍	4.65	5.02	5.48	5.13	4.88	4.77
澱粉	綠豆	紅扁豆	小薏仁	薏仁	黑糯米	**純白飯**
增倍	5.05	4.35	4.59	4.69	5.22	1.06

3. 以純白飯組(不加鬼針草芽)的對照實驗組，如果沒有「草芽」，只有澱粉會產生糖分嗎？純白飯在實驗後，糖度約僅僅增加一些些，幾次測試都是這樣，糖度有增加嗎？看數據似乎不足以說是有明顯的增加。

實驗四　鬼針草籽與不同量白飯混和後產生糖份

一、方法：

1. **實驗組**：取發芽鬼針 5g，與不同量白飯充分混合，置於夾鏈袋中，分成 5 袋，靜置 1 小時。

   對照組：純白飯組

2 草芽重與白飯重的比例，分為 6 種：

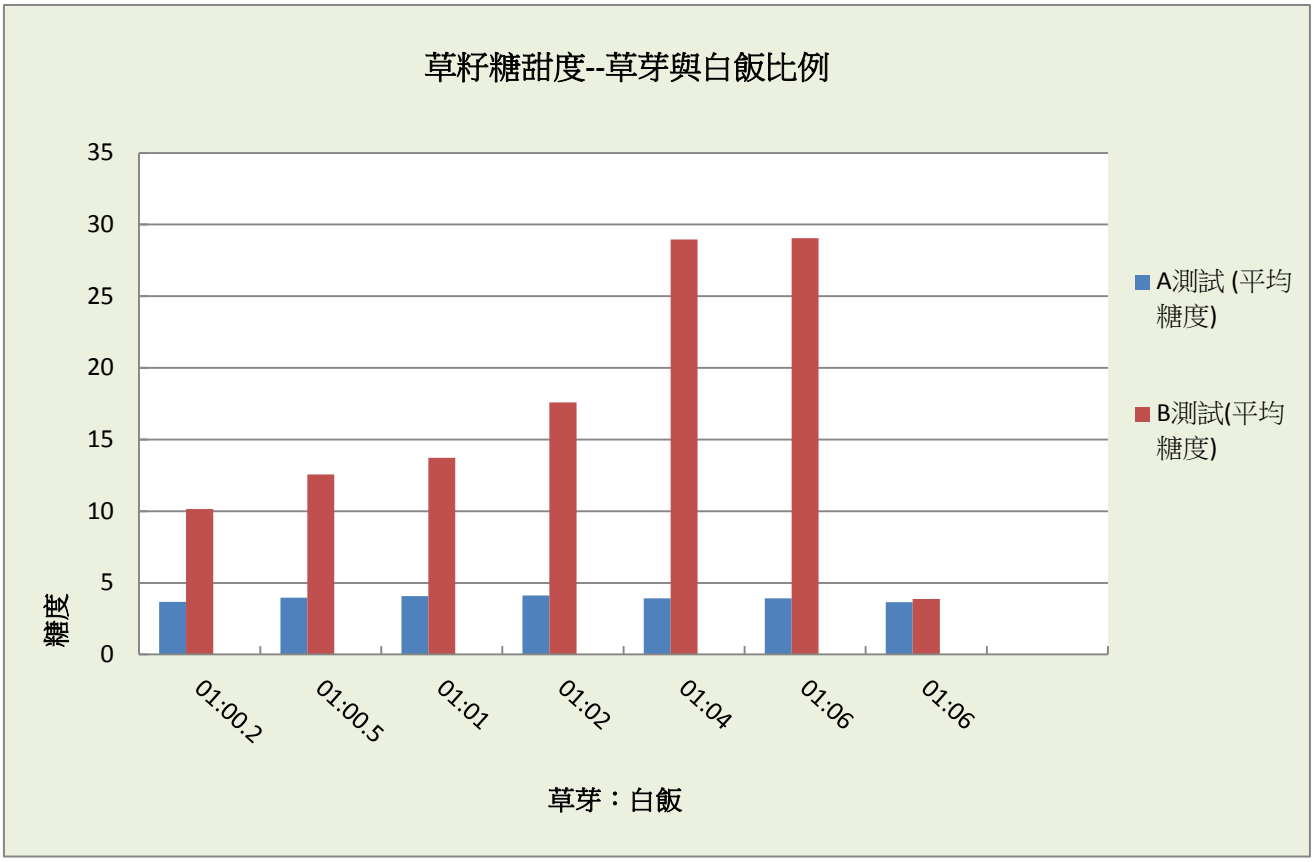
草芽：白飯	1：0.2	1：0.5	1：1	1： 2	1：4	1：6

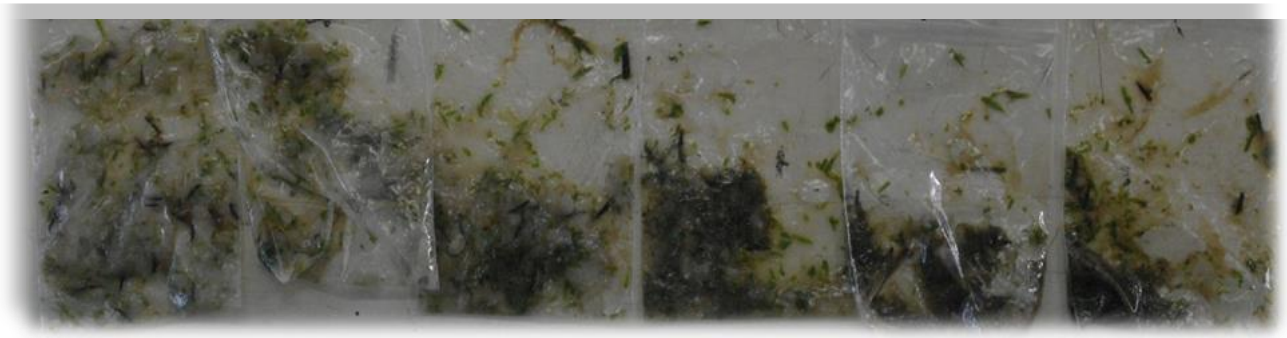
3.**糖度測試**：測試時夾鏈袋中再以等重蒸餾水揉搓混和後，擠出汁液，以糖度計測試。

A 測試：混和後立即測試(取平均值)。　　**B 測試**：1 小時後測試(取平均值)。

二、結果：

組別		1	2	3	4	5	6	對照組
白飯總重(g)		0.2	0.5	1.0	2.0	4.0	6.0	1
草芽：白飯		1：0.2	1：0.5	1：1	1： 2	1：4	1：6	1：6
A 測試 (平均糖度)		**3.68**	**3.96**	**4.08**	**4.12**	**3.92**	**3.92**	**3.64**
B 測試 (平均糖度)		**10.16**	**12.56**	**13.72**	**17.60**	**28.96**	**29.04**	**3.88**
A 測試 (糖度)	1	3.8	4.0	4.2	4.4	3.8	4.0	3.6
	2	3.6	3.8	4.0	4.2	3.6	4.2	3.6
	3	3.4	3.8	4.0	4.0	4.2	4.0	3.8
	4	3.8	4.0	4.2	4.0	4.0	3.8	3.8
	5	3.8	4.2	4.0	4.0	4.0	3.8	3.6
B 測試 (糖度)	1	10.3	12.8	13.4	17.2	27.8	28.8	3.8
	2	10.2	12.4	13.6	17.6	29.2	29.4	3.4
	3	10.0	12.8	13.6	17.6	29.6	29.2	4.0
	4	10.4	12.8	14.0	18.0	29.2	29.2	4.2
	5	10.2	12.8	14.0	17.6	29.0	28.6	4.0





三、討論：

1. 混和澱粉和草芽，的比例上也應是重點鎖在，對「澱粉化糖」必有重要關鍵的因素。我們設計了不同比例，由草芽量佔大部分，到澱粉量佔數倍的各種比例。
2. 結果呈現：澱粉：草芽，想轉糖更轉得效率，最佳狀態下是澱粉 4：草芽 1 即可，實驗中，在澱粉 6：草芽 1 時，呈現數據和澱粉 4：草芽 1 約略相等，效果相當，因此接續實驗澱粉量都設計為草芽量的 4 倍。

實驗五　時間長短與鬼針草芽拌飯變甜的關係

一、方法：

1. **實驗組**：取白飯 100g，與鬼針**草籽**各 25g 充分混合，每 5g 置於夾鏈袋中，分成 25 袋，分成 5 組於不同變因設計中靜置。

對照組：混和後立即測試(取平均值)純白飯組。

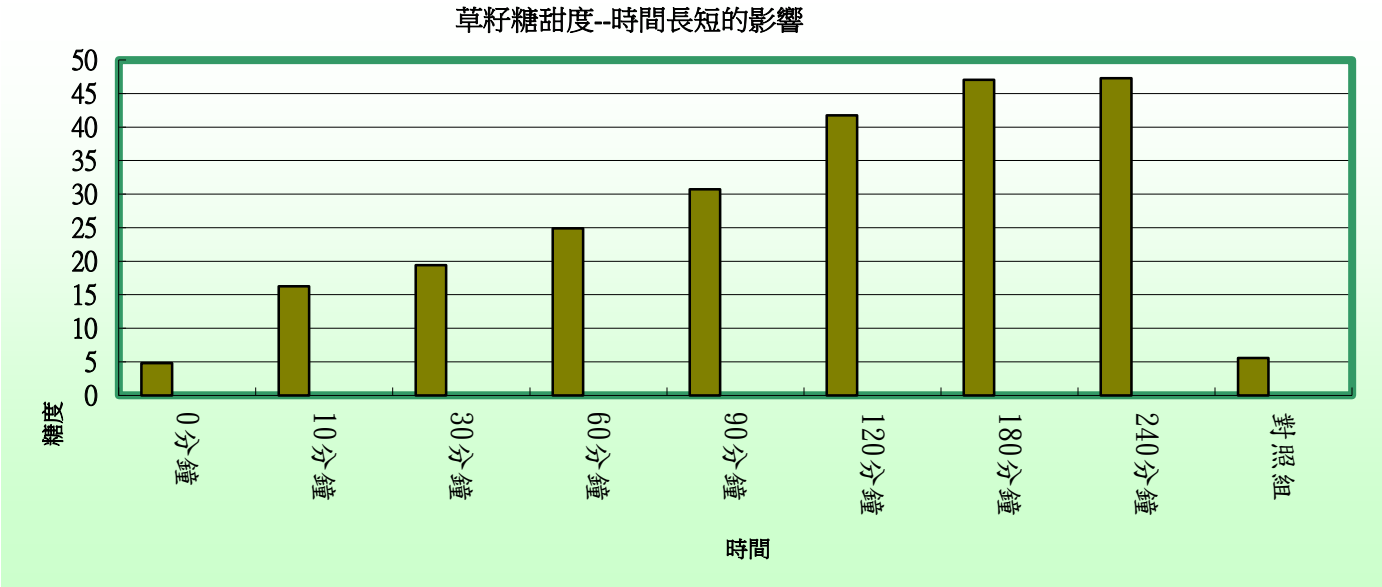
2 共收穫 7 種：

時間(分鐘)	10	30	60	90	120	180	240	300

3.**糖度測試**：測試時夾鏈袋中再以等重蒸餾水揉搓混和後，擠出汁液，以糖度計測試，取平均值。

二、結果：

組別		1	2	3	4	5	6	7	8	對照組
時間(分鐘)		1	10	30	60	90	120	180	240	240
平均糖度		4.80	16.24	19.40	24.88	30.72	41.76	47.04	47.28	5.56
測試(糖度)	1	4.8	16.0	19.0	24.8	30.2	42.0	47.6	47.6	6.0
	2	4.6	16.2	19.0	24.2	30.8	42.2	47.2	48.0	5.4
	3	4.8	16.4	19.6	25.0	30.0	41.4	46.4	47.2	5.4
	4	5.0	16.2	20.0	24.8	30.2	41.4	46.8	47.0	5.8
	5	4.8	16.4	19.4	25.6	31.4	41.8	47.2	47.6	5.2



三、討論：

1. 澱粉轉化為糖的歷程，在時間的掌握上，由實驗數據顯示，也呈現這是個重要的關鍵。
2. 剛剛好的時距應擺在 2 至 3 個小時之間，發酵就能完成。
3. 實驗中我們也試著用碘液檢驗，糖度值不再增加之後，還含有澱粉會變成藍紫色。也顯示當糖度值不再增加時，碘液變色的部分就非常少。
4. 對於時間的掌握，我們會在之後的實驗將發酵轉化的時間延長為 3 小時，讓甜度變得更甜，效果加成。

實驗六　探討草籽不同部位拌飯與糖度產生的關係

一、方法：

1. **實驗組**：取白飯 20g，與**不同部位草芽**各 5g 充分混合，置於夾鏈袋中，分成 5 袋，靜置 3 小時。

   對照組：純白飯組

2 取草芽不同部位，分為 6 組合：

草芽部位	全株	根	莖	葉	根+莖	莖+葉

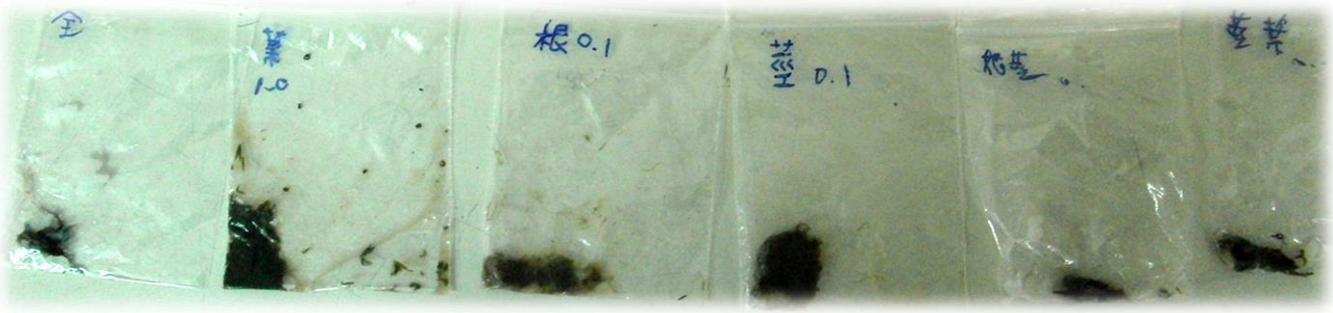
3.**糖度測試**：測試時夾鏈袋中再以等重蒸餾水揉搓混和後，擠出汁液，以糖度計測試。

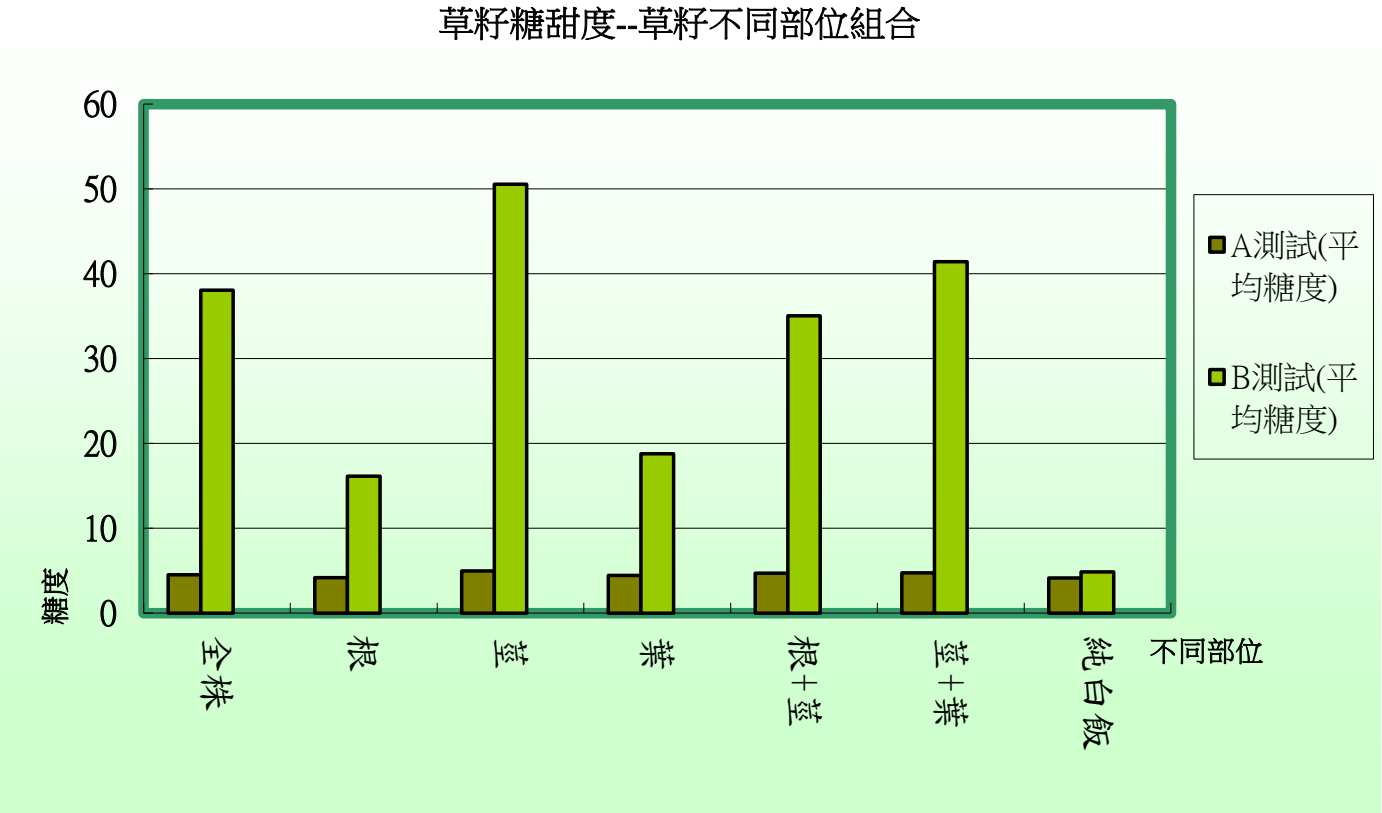
   A 測試：混和後立即測試(取平均值)。　　**B 測試**：3 小時後測試(取平均值)。

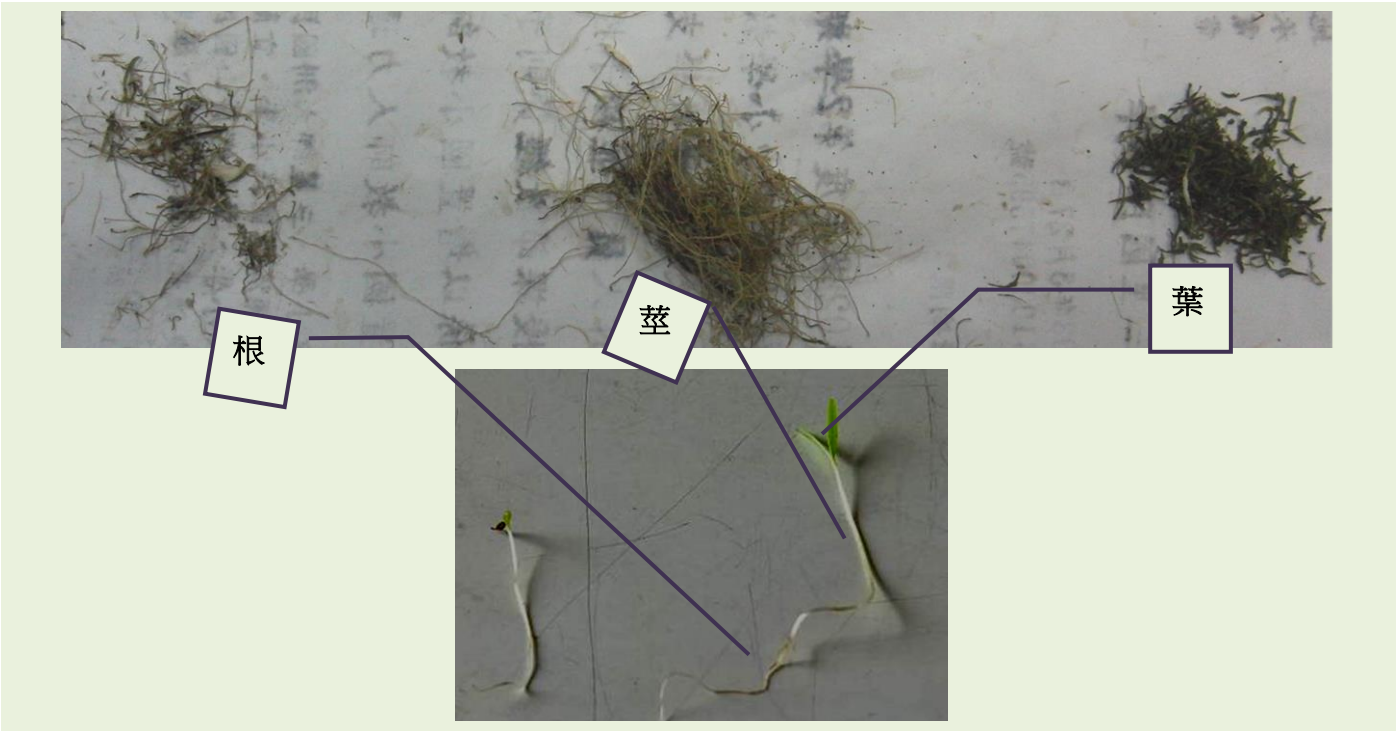
4.討論實驗結果。

二、結果：

組別		1	2	3	4	5	6	對照組
草芽部位		全株	根	莖	葉	根+莖	莖+葉	純白飯
A 測試 (平均糖度)		**4.52**	**4.20**	**4.96**	**4.44**	**4.72**	**4.76**	**4.16**
B 測試 (平均糖度)		**38.08**	**16.16**	**50.56**	**18.80**	**35.04**	**41.44**	**4.88**
A 測試 (糖度)	1	4.6	4.4	4.8	4.4	4.8	4.8	4.4
	2	4.6	4.0	5.0	4.4	4.8	4.8	4.0
	3	4.4	4.2	5.0	4.2	4.6	4.6	4.2
	4	4.8	4.2	5.0	4.6	4.8	4.8	4.2
	5	4.4	4.2	5.0	4.6	4.6	4.8	4.0
B 測試 (糖度)	1	38.2	16.0	51.0	20.8	35.2	40.2	5.2
	2	37.8	16.2	48.8	18.8	34.6	42.0	5.0
	3	38.0	16.8	50.8	18.0	34.8	41.8	4.8
	4	38.0	15.8	50.8	18.4	35.4	41.8	4.6
	5	38.4	16.0	51.0	19.0	35.2	41.4	4.8







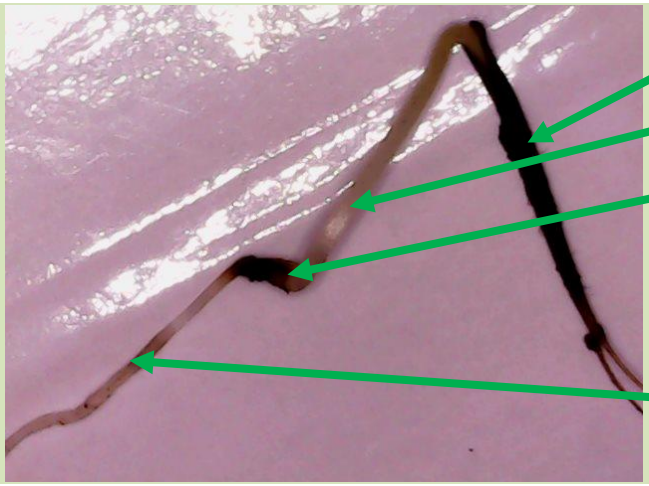
三、討論：

1. 將草芽部位分開實驗，以檢驗是芽身的哪一段對澱粉產生作用。
2. 細查實驗結果圖表，「莖」應該是主要關鍵，不僅在「莖」的那組產生唯一的高糖度，和莖混用的組別，也出現高糖度。
3. 發酵轉化的時間的增長，可比較出糖度值增加一倍之多，

4. 對澱粉作用產生高糖度由大至小依序是：莖＞莖葉＞全株＞莖根＞葉＞根。顯示莖裡頭含有大量的酶，將澱粉轉化為糖；其次是葉，根的部分澱粉酶含量最少。

3. 實驗過程中，我們額外在剛發的草芽上滴上碘酒，觀察了澱粉存在於莖的下半部，這是否也驗證莖上存在著大量的澱粉酶，已提供附近澱粉的糖化。

鬼針草種籽發芽後，根先伸出。經跟著成長伸長。以碘液測試莖的底部。



實驗七　長度不同的草芽拌飯與糖度產生的關係

一、方法：

1. **實驗組**：取白飯 20g，與**草芽不同長度**各 5g 充分混合，置於夾鏈袋中，分成 5 袋，靜置 2 小時。

   對照組：純白飯組

2 取草芽不同部位，分為 6 組合：

草芽長度	0-1cm	1-2 cm	2-4cm	4-6cm	7cm 以上
成長天數	發芽 1-2 天	發芽 2-3 天	發芽 2-3 天	發芽 3-4 天	發芽 5 天以上

3.**糖度測試**：測試時夾鏈袋中再以等重蒸餾水揉搓混和後，擠出汁液，以糖度計測試。

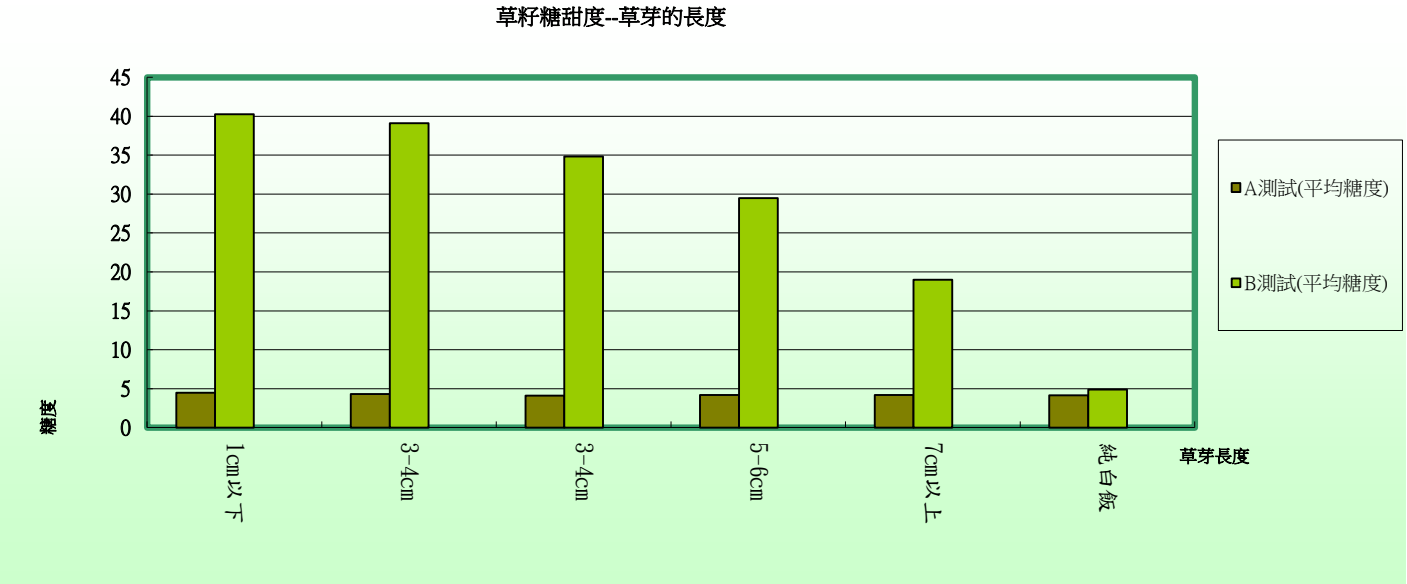
A 測試：混和後立即測試(取平均值)。　　**B 測試**：3 小時後測試(取平均值)。

4.討論實驗結果。

二、結果：

組別	1	2	3	4	5	對照組
草芽長度	1cm 以下	1-2cm	3-4cm	5-6cm	7cm 以上	純白飯
A 測試 (平均糖度)	**4.50**	**4.32**	**4.12**	**4.20**	**4.20**	**4.16**
B 測試 (平均糖度)	**40.24**	**39.12**	**34.84**	**29.48**	**19.00**	**4.88**

A 測試(糖度)	1	4.2	4.4	4.2	4.0	4.4	4.4
	2	4.6	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	3	4.8	4.4	4.0	4.2	4.0	4.2
	4	4.2	4.6	4.2	4.4	4.4	4.2
	5	4.2	4.2	4.2	4.4	4.2	4.0
B 測試(糖度)	1	42.0	40.2	39.0	25.0	20.8	5.2
	2	38.8	39.0	38.8	26.2	18.8	5.0
	3	38.4	39.2	40.0	25.4	18.0	4.8
	4	41.4	39.2	40.4	25.8	18.4	4.6
	5	39.8	39.0	41.0	25.2	19.0	4.8



三、討論：

1. 由實驗結果可看出，對草芽來說，產糖力會因芽的越老而越顯得「力不從心」。剛冒出新芽的草芽，是產糖力道最猛！發芽 5 天後，產糖力便逐漸減弱。
2. 這實驗檢驗的是發芽後的鬼針草籽與米飯發酵後，所產生的含糖量探討，結果和我們的預測有點差距，在實驗前我們假設：芽越大會越甜。事實與假設相反！這讓我們更想明白，草籽在還沒發

芽前，是不是也越小越能使澱粉變得更甜？還是必須等種子成熟，裡頭所含的澱粉酶才會跟著成熟，轉化澱粉的效力更佳。

實驗八　草籽的不同時期拌飯與糖度產生的關係

一、方法：

1. **實驗組**：取白飯 20g，與不同時期**草籽**各 5g 充分混合，置於夾鏈袋中，分成 5 袋，靜置 3 小時。

   對照組：純白飯組

2 取不同時期大花咸豐草籽。種籽泡水兩日後，取出各部份

圖片說明	**採摘鬼針草籽的分期照**		
	種籽**初期**	種籽**中期**	種籽**後期**
	花瓣脫落不久，種籽已經成型，身長和倒刺都較小較軟。	種籽倒刺較軟，仍帶綠色，頭狀序的種籽正要張放。	種籽倒刺成灰棕色，頭狀序的種籽完全張放，極易脫落，身子脆硬。
	種皮	**新芽**	
	呈黑色，鬼針種籽取出胚芽後所遺留下的種子外殼。	鬼針種籽經泡水後，一發芽當天及取出的小嫩芽。	

3.**糖度測試**：測試時夾鏈袋中再以等重蒸餾水揉搓混和後，擠出汁液，以糖度計測試。

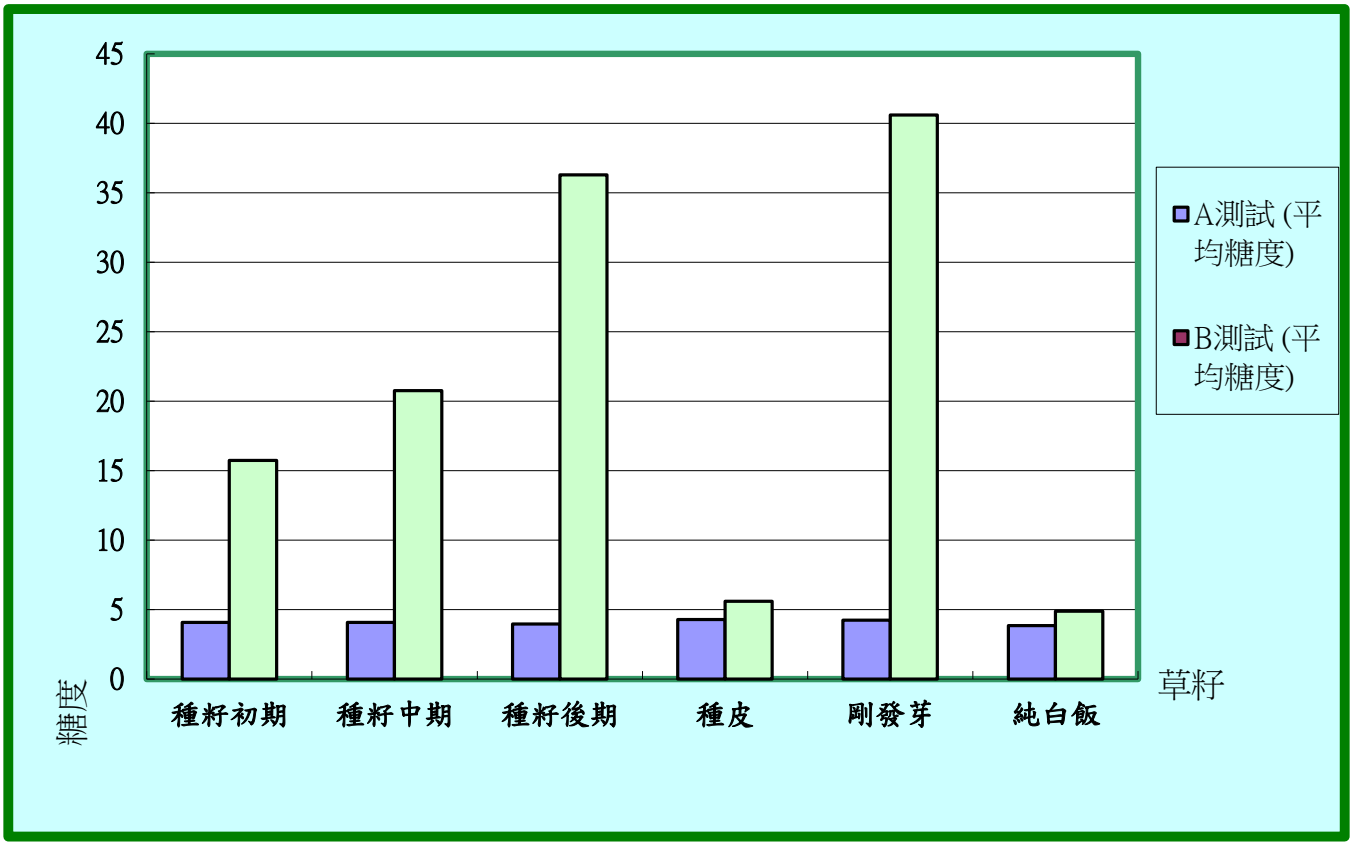
A 測試：混和後立即測試(取平均值)。　　**B 測試**：2 小時後測試(取平均值)。

4.討論實驗結果。

二、結果：

組別		1	2	3	4	5	對照組
草籽期		種籽初期	種籽中期	種籽後期	種皮	剛發芽	純白飯
A 測試 (平均糖度)		**4.08**	**4.08**	**3.96**	**4.28**	**4.24**	**3.84**
B 測試 (平均糖度)		**15.72**	**20.76**	**36.28**	**5.60**	**40.60**	**4.88**
A 測試 (糖度)	1	4.2	4.0	4.2	4.2	4.4	3.8
	2	3.8	4.0	4.0	4.4	4.2	4.0
	3	4.2	4.4	3.8	4.2	4.0	3.8
	4	4.2	3.8	3.8	4.2	4.4	4.0
	5	4.0	4.2	4.0	4.4	4.2	3.6
B 測試 (糖度)	1	15.2	20.2	35.6	6.2	41.2	5.2
	2	14.8	21.4	35.8	6.0	40.8	5.0
	3	16.4	20.6	37.0	5.4	41.2	4.8
	4	16.0	20.6	37.0	5.2	39.8	4.6
	5	16.2	21.0	36.0	5.2	40.0	4.8

不同時期的草籽拌飯與糖度產生的關係圖



三、討論：

1. 只實驗草籽部分，產生糖度高低依序：剛發芽草籽＞草籽後期＞草籽中期＞草籽早期。結果來看，可解釋為：對澱粉作用的會因種子的成熟度越大，使得產糖力也跟著增加。初發芽的草籽，為了新芽的成長，必須釋放更多澱粉酶來轉化成葡萄糖，以供所需。
2. 鬼針草籽的黑殼子(種皮)應只有保護種籽的功用，種籽發芽後自會脫落！我們取來實驗，是為了驗證種子的每個部位都能參與，但在這裡幾乎無法看出種皮含有澱粉酶的證據。

實驗九　草芽拌飯在不同色光下與糖度產生的關係

一、方法：

1. **實驗組**：取白飯 100g，與鬼針**草籽**各 25g 充分混合，每 5g 置於夾鏈袋中，分成 25 袋，分成 5 組於不同變因設計中靜置 2 小時。

對照組：純白飯組

2.**實驗設計**：

色光 設計 8 種	紅光	橙光	黃光	綠光	藍光	紫光	紫外線	透明光

3.**糖度測試**：測試時夾鏈袋中再以等重蒸餾水揉搓混和後，擠出汁液，以糖度計測試。

A 測試：混和後立即測試(取平均值)。　　**B 測試**：2 小時後測試(取平均值)。

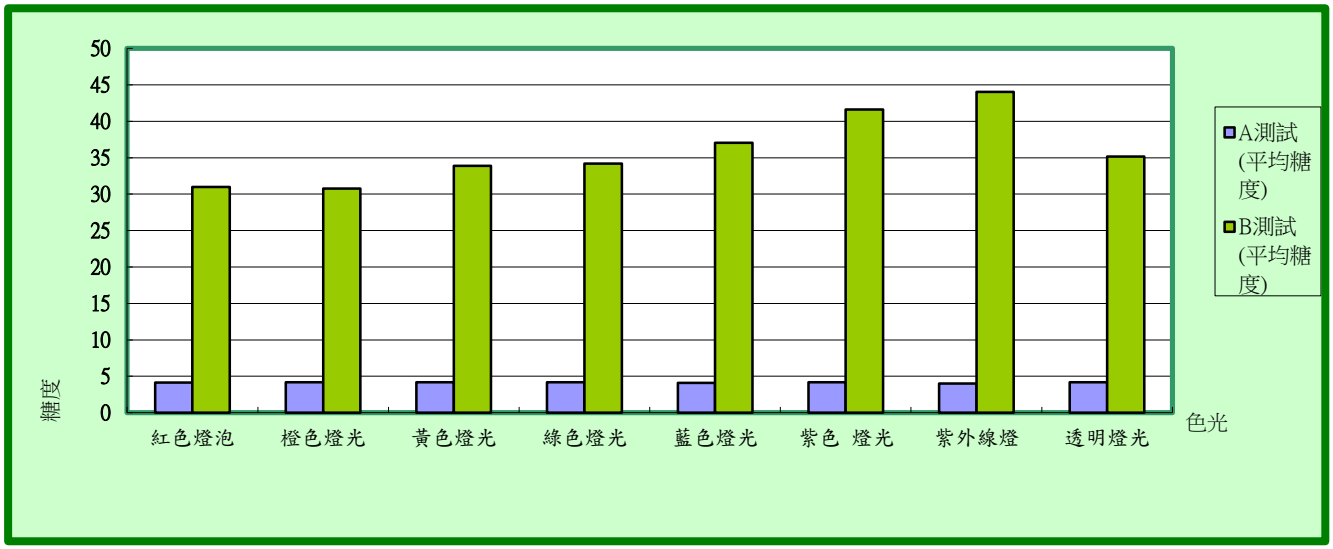
4.討論實驗結果。

紅光	橙光	黃光	綠光
藍光	**紫光**	**紫外線**	**透明光**

二、結果：

組別		1	2	3	4	5	6	7	8
不同色光		紅色燈泡	橙色燈光	黃色燈光	綠色燈光	藍色燈光	紫色燈光	紫外線燈	透明燈光
A 測試(平均糖度)		**4.12**	**4.20**	**4.16**	**4.16**	**4.08**	**4.20**	**4.02**	**4.20**
B 測試(平均糖度)		**31.00**	**30.76**	**33.88**	**34.20**	**37.04**	**41.62**	**44.04**	**35.16**
A 測試(糖度)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.4	4.0	4.4	4.0	4.2
	4.2	4.2	4.2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	4.0	4.0	4.2	4.2	4.0	4.2	4.0	4.0	4.2
	3.8	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.4	4.1	4.4
	4.2	4.0	4.2	4.6	4.2	4.0	4.2	4.0	4.2
B 測試(糖度)	35.0	31.4	30.6	33.4	34.0	37.0	40.8	44.8	35.8
	35.4	30.6	31.0	33.8	34.2	36.2	41.2	44.8	34.0
	34.8	30.8	31.0	34.2	34.0	36.4	42.2	43.4	34.8
	33.6	30.8	30.8	33.8	34.6	38.0	41.8	43.4	35.6
	33.8	31.4	30.4	34.2	34.2	37.6	42.2	43.8	35.6

草籽糖甜度--各色光照射



三、討論：

1.實驗結果，居然是紫外線燈下，澱粉轉為糖的效率最高。實驗中紫外線的光度值不高(透明無色燈泡的色光最高)。紫色光下所測的糖度也是次高的，可見澱粉酶作用時，不是因為光度多寡的緣故。

2. 紅色及橙色光產生糖度最低，黃綠光稍高，對比藍紫色光產生糖度最高，有漸次升高的差距產生，至於為何是紫色光更能激發產糖機制，是值得我們日後再做深入研究的部分，這讓我們不禁懷疑光的波長是否會影響澱粉酶的作用。

3. 透明光最亮，糖度產出約略等同黃綠色光，屬中間值。記得中年級上自然課種豆，得知種子在發芽時可在陰暗處進行，因此澱粉酶的作用並不需要光線，由本實驗的結果看，光色的影響較之光度的影響更顯著。

實驗十　溫度不同對草芽與澱粉作用後產生糖份的差異

一、方法：

1. **實驗組**：取白飯 100g，與鬼針**草籽**各 25g 充分混合，每 5g 置於夾鏈袋中，分成 21 袋，分成 7 組於不同變因設計中靜置 2 小時。

對照組：純白飯組(置於室溫)

2 以電子溫度計測量，取不同溫度，分為 7 組：

溫度	0℃以下	4~5℃	10~12℃	18~20℃	30℃	40℃	60℃以上
位置	冰箱 冷凍室	冰箱 冷藏室	隔熱箱	室溫	電腦散熱口(距離)	保溫盤 (鋪層布)	保溫盤

3.**糖度測試**：測試時夾鏈袋中再以等重蒸餾水揉搓混和後，擠出汁液，以糖度計測試。

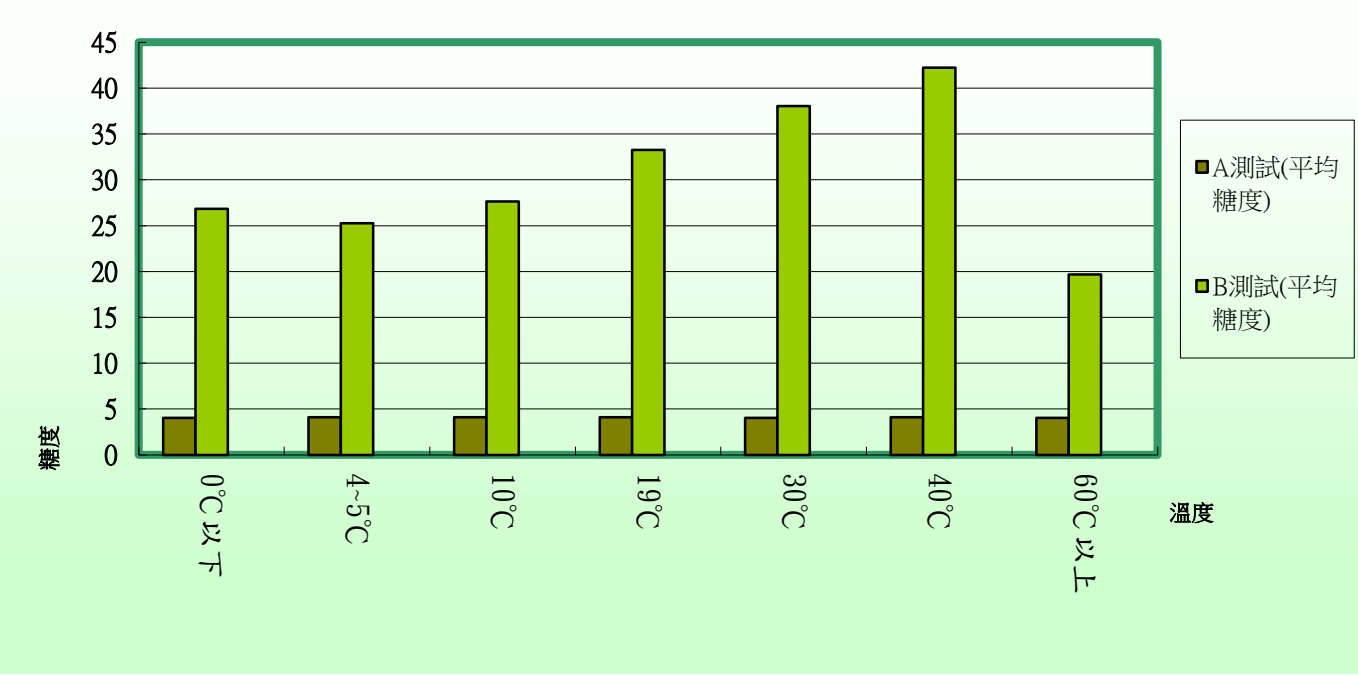
A 測試：混和後立即測試(取平均值)。　　**B 測試**：2 小時後測試(取平均值)。

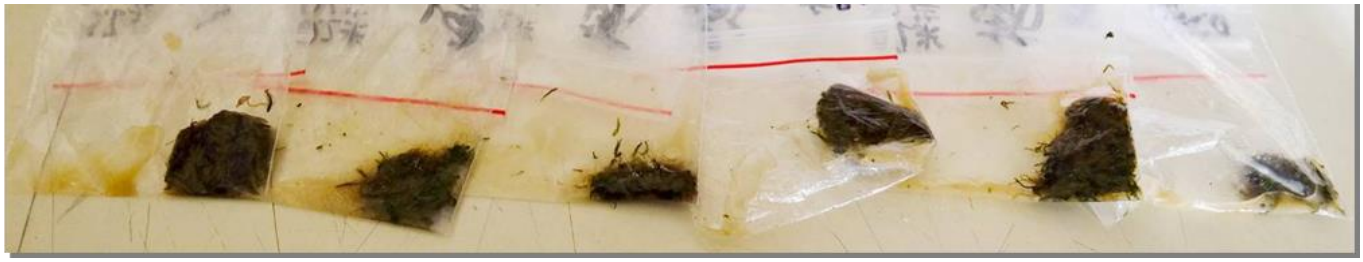
4.討論實驗結果。

二、結果：

組別		1	2	3	4	5	6	7	對照組
溫度		0℃以下	4~5℃	10℃	19℃	30℃	40℃	60℃以上	純白飯
A 測試(平均糖度)		**4.04**	**4.12**	**4.10**	**4.12**	**4.04**	**4.12**	**4.04**	**4.16**
B 測試(平均糖度)		**26.84**	**25.28**	**27.64**	**33.26**	**38.04**	**42.24**	**19.68**	**4.76**
A 測試(糖度)	1	3.8	4.2	4.0	4.0	4.0	4.2	4.0	4.2
	2	4.0	4.2	4.1	4.2	4.0	4.2	4.2	4.2
	3	4.0	4.0	4.1	4.0	4.2	4.0	4.0	4.0
	4	4.2	4.0	4.1	4.4	4.0	4.0	4.0	4.2
	5	4.2	4.2	4.2	4.0	4.0	4.2	4.0	4.2
B 測試(糖度)	1	27.4	25.2	27.8	34.0	37.2	41.2	20.2	5.0
	2	27.4	24.0	28.0	33.2	36.4	43.0	18.8	5.0
	3	27.0	25.8	27.2	34.5	38.8	41.0	20.8	4.8
	4	28.2	25.8	28.0	32.0	38.8	42.4	18.6	4.6
	5	28.2	25.6	28.2	32.6	39.0	43.6	20.0	4.4

草籽糖甜度--溫度的影響





三、討論：

1. 溫度的高低，會影響實驗中產糖的機制，似乎在溫度稍高(30℃以上)產糖量開始飆升。
2. 溫度超過 60℃時，產糖力又大減，可見溫度似乎要在一定範圍裡，澱粉與鬼針草芽才能配合出最佳狀態去當個有效能的「製糖廠」。
3. 低溫環境中，還是有產糖力？這值得再做更好的檢視，我們沒有瞬間降溫的設備，這些「糖」的出現，可能是在降溫的緩慢過程中繼續進行。而直降到真正低溫時，產糖力才有可能幾近暫停。

實驗十一　小小糖廠—鬼針草芽製糖過程

一、方法：

1.取白飯 300g，與鬼針草籽各 50g 充分混合，測量第 1 次糖度值。

2.靜置 4 小時讓澱粉酶與澱粉作用發酵，測量第 2 次糖度值。

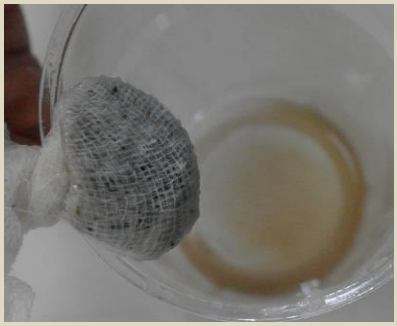
3.再以等重蒸餾水揉搓混和後，以棉布及紗布包覆，旋轉布頭擠出汁液至鋼杯中，在保溫盤上加熱，並不停以玻璃攪拌棒攪拌。(1)20 分鐘後，測量第 3 次糖度值。 (2)40 分鐘後，測量第 4 次糖度值。(3)60 分鐘後，測量第 5 次糖度值。最後以風扇吹乾保存。

4.乾燥，自製大花咸豐草草籽糖果。

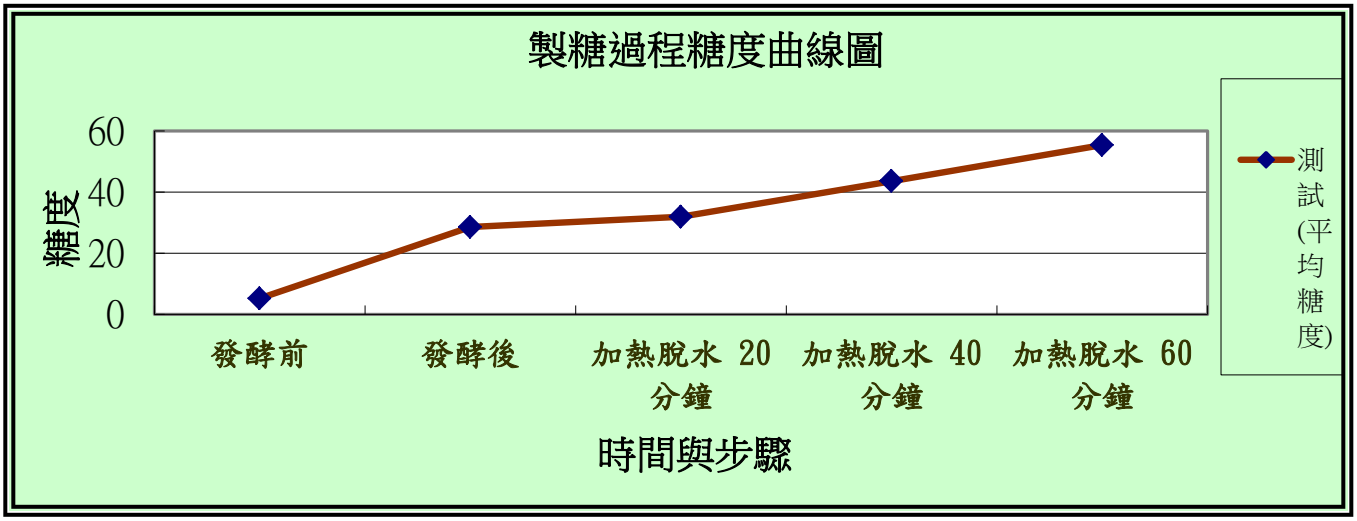
步驟	1	2	3—6	6—9	10
說明	揉合	發酵榨取汁液脫水	榨取汁液	加熱脫水	乾燥

二、結果：

步驟	1	2	3
圖示			

步驟	4	5	6
圖示			
步驟	7	8	9
圖示			

步驟		1-3	4-6	7	8	9
過程		發酵前	發酵後	加熱脫水 20 分鐘	加熱脫水 40 分鐘	加熱脫水 60 分鐘
測試 (平均糖度)		**5.16**	**28.56**	**31.92**	**43.60**	**55.40**
測試 (糖度)	第 1 次	4.8	29.2	32.2	44.2	55.0
	第 2 次	5.0	27.8	32.2	42.8	55.0
	第 3 次	5.4	27.8	32.6	42.4	55.0
	第 4 次	5.2	29.4	31.4	44.4	56.2
	第 5 次	5.4	28.6	30.8	44.2	55.8
狀態				稍濃稠	高濃稠	膏狀



三、討論：

1. 由發酵到加熱脫水，成為膏狀的草籽糖，糖度計可測升到 50 以上。由於糖度計測量物必須是液態，我們在草籽濤成膏狀時只測到糖度約 56 左右。完全乾燥後的草籽糖，自然更甜了！
2. 從草芽揉飯、發酵生糖到脫水硬化的製糖過程，一連串在裡面的變化是我們見不到的，然而整個過程卻是令人非常期待的，之前的實驗都僅僅止於發現到糖度的增加，東西變甜了，卻無法真正品嘗到「草籽糖」的滋味。但這回我們努力控制好衛生狀況，終於製成可以食用的糖，著實叫人興奮！草籽糖完成品(乾燥後呈半透明褐色脆片)：

自製草籽糖是一趟神奇的歷程，它滋味香脆、甘甜，雖沒有糖果那樣甜膩，但的確是糖！並且是由我們特製，獨一無二的「大花咸豐草籽糖」，別稱「鬼針籽糖」。

陸、總結論

1.稱「草籽糖」，就是希望能由雜草中大量取用其中的澱粉酶去製糖，因此我們的研究的集中在這樣的設定下進行，選擇的雜草必須具備以下的配合度，才是最佳實驗對象。

(1) 數量多。(2)發芽率高。(3)草籽夠大。(4)取得容易。(5)無季節性的限制。

基於此，我們選擇以大花咸豐草的種子來做為實驗的主要對象。

2.稗草、芒草和大花咸豐草的**草籽**發芽後，取草芽和白飯充分混合，一小時後糖度增加 5 倍以上，極適合作為草籽糖的材料。

3.廚房中幾種常見的穀物豆類，無論生熟，皆可成為「澱粉轉糖」的澱粉材料，且轉化成糖的效果相差不多，都在一定時間內以四到五倍的速度增加甜度。其中又以**麥類和糯米類**增加幅度最大。實驗中，麥類和米類這二者，胚乳含量多，種子貯藏的澱粉也多。

4.純澱粉若無草芽幫忙發酵，是無法大量而劇烈的轉化為糖的。我們每組都設計了利用純白飯組(不加草芽)做實驗的對照，也都證實草芽在對澱粉轉化成糖的關鍵地位。

5.草芽中的澱粉酶可將澱粉轉化為糖，糖的增加顯示著澱粉的減少，**以碘酒可檢測**澱粉的減少，對應上，以糖度計檢測，顯示糖的增加。

6.草芽是如此的重要，和澱粉的比例，也影響轉糖的效率，我們的實驗數據顯示：澱粉量 4：草芽量 1 是高產糖量的最佳組合。

7.草芽若數倍於澱粉的量，會出現澱粉不足，但草芽內的酶的活性仍高，致使轉糖的效率不佳，甜度不足。

8.澱粉轉化為糖的歷程，在時間的掌握上，可以利用碘液檢測澱粉存在多少。經實驗，剛剛好的時距應擺在 **2 至 3 個小時**之間，鬼針草芽發酵就能完成。

9.草芽芽身的哪個部位產糖量最佳？依序是：莖＞莖葉＞全株＞莖根＞葉＞根。結果顯示「莖」應該是關鍵，大量的澱粉酶含在**草芽的莖**裡頭，是將澱粉轉化為糖的重要部位；其次是葉，根的部分最弱。

10.鬼針草頭狀花序授粉後，花瓣凋萎種籽，草籽開始發育，種皮逐漸堅硬變黑。初期種籽倒刺柔軟呈鮮綠色，胚乳與胚尚未成熟，澱粉酶作用力不大；種子趨成熟後，倒刺變成褐色，胚芽飽滿，含大量澱粉，在**即將發芽階段**，內含的酶對澱粉的轉化作用越大。

11.草籽發芽後，以**剛發芽**時的澱粉酶活力最足，其後芽越長越長，因成長所需，澱粉酶作用殆盡，便無力讓更多澱粉轉化為糖。

12.不同色光中，以紫色光照射的那組，能產生高糖度。實驗結果顯示**色光**也能改變草芽中酶的活性。波長較長的紅、橙色光澤則減低了產糖力。

13.會影響實驗中產糖的機制也包括「**溫度**」，實驗測得溫度介於 **25—40℃之間**，澱粉酶作用最強，產糖力大增的溫度。溫度太低，如置於冷凍庫中；或高於 40℃，草芽中的澱粉酶，作用力會大為減弱。

14.「植物種子是利用**胚芽上的澱粉酶**(我們的唾液中也有)，將種子內的富藏的澱粉轉化為葡萄糖，以便做為成長的營養來源。」老師說。而我們整個實驗，完全針對了這樣的轉化過中，設置各項變因，探討出哪些變因會影響這個過程，當然要做出真正的草仔糖，作為食用。

15.實驗最後，我們依據實驗前述諸多實驗結果，設計出製糖流程，自製出別致有趣的新奇糖果，那是來自大花咸豐草的草籽，取自大自然的甜蜜祕方—「**草籽糖**」。

所謂滿滿的收穫

A：有時候碰到問題擋道繼續實驗下去的路，但當又想出辦法，解決眼前的問題時，蠻有成就感的。做這實驗，遇問題，解決掉，新問題出現，又解決掉，這一路下來很興奮，也很享受。

B：一樣小小的種籽裡頭，也隱藏著許多秘密和知識！那麼身邊不就有多到數不清的知識，等著我去探索？

C：「**草籽糖**」終於成功了！像古時候的煉金術，讓我明白，在看不見的地方，有許多我還不知道的事，等著我去追求；還有，我終於也明白了一個道裡，甜蜜會在一路辛苦的最後，帶著微笑出現。

柒、參考資料

牛頓科學百科—植物　牛頓出版公司(1993) 新版

不可思議的科學實驗室 化學篇　世茂出版社(1998) 初版

新小牛頓—古早糖趣味多　牛頓出版社(2012)

科學教授(植物)　牛頓出版社(1991) 初版

植物觀察入門　渡假出版社(1992) 二版

草籽糖

【評語】080201

本作品利用生活常見的野草種子，最後完成草籽糖的製作，頗具特色，但特殊草味似乎並不討喜，建議可嘗試將「草味」去除，作品可更臻完善。