

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 化學科

(鄉土)教材獎

080218

穀物中的紅寶石「紅藜釀酒」之探討

學校名稱：國立嘉義大學附設實驗國民小學

作者：	指導老師：
小五 黃聆軒	翁秀玉
小五 林侑葶	何夢青
小五 王郁瑩	
小五 楊沐晴	
小五 張宜蓁	
小四 劉家妤	

關鍵詞：紅藜、釀酒

摘要

本研究探討紅藜釀酒的因素。將材料放進密閉大針筒內進行微量實驗，定時測量產氣量得知紅藜釀酒的速度，並在最後一次測量甜度及聞氣味。紅藜含有澱粉水解酵素(糖化酶)與酵母(發酵酶)，糖化酶先將澱粉轉為糖，發酵酶再將糖轉為酒精及二氧化碳，所以原住民以紅藜做為小米酒的酒麴。微量實驗結果發現，小米碎度與紅藜粉碎度越碎，反應面積增加則釀酒速度越快，其中煮熟小米用顆粒來釀酒易釀失敗，建議磨碎成米漿才易釀酒成功；紅藜粉量越多也會增加釀酒速度；使用有殼紅藜釀酒易臭酸腐敗，建議使用無殼紅藜來釀酒。另外，瓶裝大量原料的實驗發現，在室溫 25-30°C 下會有產膜酵母釀出酸酒，瓶內空氣量建議要少，避免產生黴菌。

壹、研究動機

有一次去菜市場，看到了有人賣紅藜，她說紅藜有人體所必需的 8 種胺基酸及膳食纖維，有極高的營養價值，而且也是原住民的傳統食物，可以用來釀酒。當時我非常好奇為什麼紅藜可以釀成小米酒呢？查詢資料得知，紅藜有豐富酵素，可以當成酒麴，而且還沒有針對紅藜釀酒有完整的科展研究，我們希望針對紅藜釀酒的影響因素做一個完整的探討。

第一年與學長姐一同進行，從 105 年 9 月一直做到 106 年 3 月，買了 50 支大針筒，做了無數次的實驗都沒有成功；當時，我們不知道釀酒成功的氣味，網路資料也查詢不到有關紅藜釀酒氣味的轉變，我們以為釀酒初期有臭味，也許一段時間後會轉成酒香味，而且臭酸的情況下也是會有產氣量的，所以一直持續記錄數據，聞了許多的噁心(類似糞便)的臭酸味，最後才確定是釀酒失敗，所以當年決定放棄參加科展。

106 年 9 月請教專家，獲得建議後，嘗試將小米煮熟後攪碎成米漿，才終於聞到釀酒成功的情況是初期麵包香味，後期轉變為酒香味；又因為舊針筒活塞滑度不夠，再重新購買 50 支新針筒，接續探討影響紅藜釀酒的因素。(作品與教材之相關性：南一版六下第二單元防鏽與防腐)

貳、研究目的

先以 65mL 大針筒，將少量的原料進行微量實驗，探討影響紅藜釀酒的關鍵因素，再以瓶裝大量原料進行釀酒實驗，瞭解實際釀酒時可能到的狀況，以下是各實驗項目：

一、針筒微量實驗

實驗一：小米碎度對釀酒產氣量的影響

實驗二：紅藜粉有無帶殼對釀酒產氣量的影響

實驗三：紅藜粉碎度對釀小米酒產氣量的影響

實驗四：紅藜粉量對釀小米酒產氣量的影響

實驗五：酒母種類對釀小米酒產氣量的影響

實驗六：糖量對釀小米酒產氣量的影響

二、瓶裝大量原料實驗

實驗七：溫度對瓶裝釀小米紅藜酒的影響

實驗八：瓶內空氣量對瓶裝釀小米紅藜酒的影響

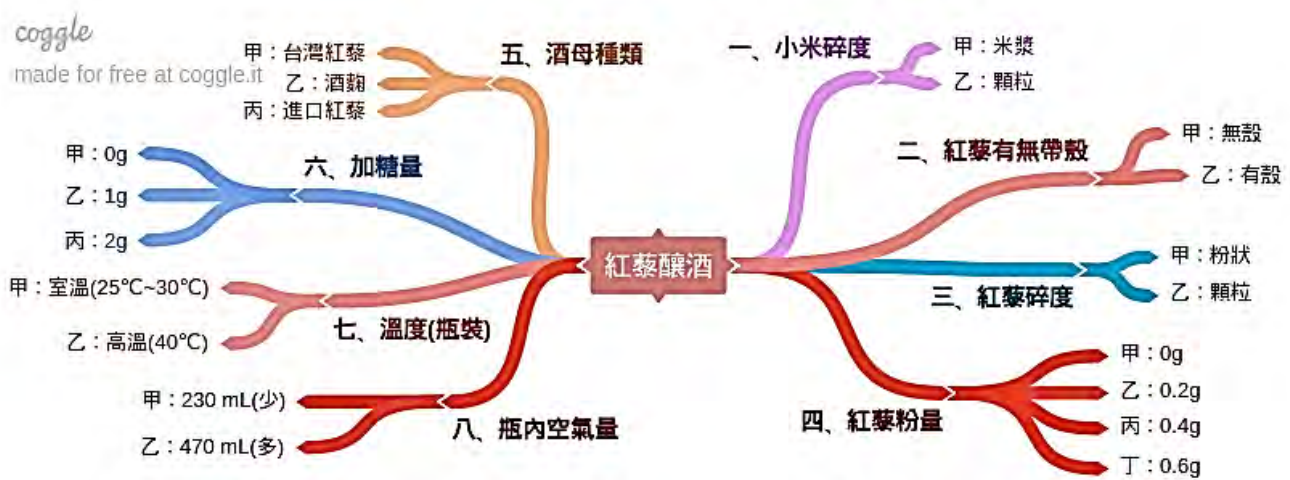


圖 1：紅藜釀酒研究架構圖

參、研究器材與設備

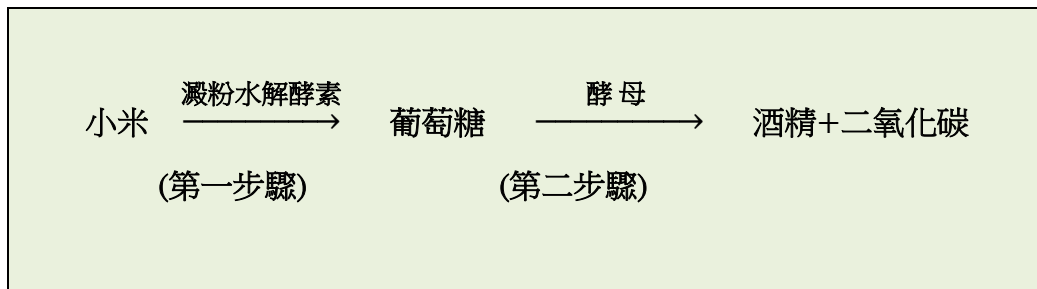
電鍋、針筒、攪拌機、研磨機、電子天秤、溫度計、酒度計、糖度計、BPB 試紙、小米、紅藜、市售酒麴(酒釀店)、白藜、安第紅藜、玻璃瓶、恆溫箱、蒸餾機。

肆、研究過程與討論

一、實驗設計歷程

(一)歷程

台灣原生種紅藜是原住民的傳統作物，因為裡面含有澱粉水解酵素(糖化酶)與酵母(發酵酶)，所以原住民拿來當作釀製小米酒的酒麴原料，分為二個步驟：



我們這組的組員以紅藜進行釀酒為題材，從 105 年 9 月就開始進行，超過一年半了，我們針對多種因素進行探討，好不容易成功釀出有酒香的小米酒。







小朋友不能喝酒，本研究的師長有親自品嚐過「一般的小米酒」、「紅藜釀的小米酒」進行比較(封面的紅藜酒圖)，風味方面，「一般的小米酒」帶有甜甜的口感，而「紅藜釀的小米酒」也是甜甜的，但是多了一點酸味。

釀酒要成功是要有技巧的，前一年度一直失敗，釀出的是臭酸味，聞了不少臭味，後來我們請教「鄭大師玩科學」網站作者，他除了懂其中的科學原理之外，本身也有釀酒的經驗。我們先將這組以前的實驗方法告訴鄭老師，與鄭老師討論後才分析出，上一年度小米煮熟後直接加紅藜粉末的作法，讓小米澱粉水解的速度太慢，這可能是釀酒失敗的原因，建議我們將小米煮熟後要磨碎打成米漿，應該可以增加第一步驟澱粉水解的速度，才能使酵母菌存活；在 106 年 9 月開始以米漿的作法進行實驗，果然釀酒成功，我們發現成功的釀酒，初期會出現麵包香味，再過一段時間才會出現酒香味。

(二)釀酒實驗製作流程

針筒實驗沒有恆溫箱可以使用，所以只能在室溫進行，雖然室溫會改變，但同一組的實驗皆是同時進行，例如：實驗一小米碎度實驗中的甲組米漿及乙組顆粒，是同時進行實驗的。


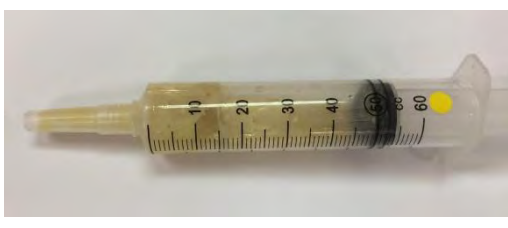
- 1.煮小米：小米與水的重量比例為 1:3，放入電鍋，外鍋 100mL 水。(圖 2)
- 2.小米打成米漿：煮好的小米放涼，再加上與小米重量等量的水，例如，在第 1 點的小米重量是 100g，此時加的水量就是 100g，以攪拌器打碎變成米漿。(圖 3)
- 3.米漿裝管：每管取定量的米漿放入 65mL 針筒內(圖 4)，因為太濃稠，之前的經驗是紅藜粉分布不均勻會影響產氣速度，造成實驗誤差，所以加上 5mL 的蒸餾水稀釋管內的米漿。
- 4.加紅藜粉末：以電動研磨器將紅藜粉攪碎成粉末，再秤重，加入各管。(圖 5)
- 5.密閉：加上針頭管套及活塞，活塞拉到 10mL 刻度位置，使針筒密閉。(圖 6)
- 6.混合：搖晃針筒使紅藜粉均勻分散。(圖 7)

		
圖 2:煮小米	圖 3:打米漿	圖 4:米漿裝管
		
圖 5:加紅藜粉末	圖 6:密閉	圖 7:混合

(三)釀酒速度的測量方法

1.產氣量：

如果只用測量酒度的方法，我們評估每次實驗至少要 3 重複，需要購買大量小米、紅藜及容器，而且釀好酒，還要經過蒸餾才能測到酒度，這要大量的成本；為了「微量化」這個實驗，我們採用 65ml 密閉針筒進行實驗，定期測量產氣量(圖 8、圖 9)；如果快爆管時，就會將內部空氣排掉，繼續累加產氣量。從 3 管針筒中得到 3 次數據，再取平均，較具有科學性，而且藉此也可以看出釀酒在不同時期產氣量的變化。

	
圖 8：0 小時活塞統一移至相同刻度	圖 9：一段時間後活塞往後可以測量出產氣量

2.酒度(酒度計)、糖度(糖度計)、pH 值(BPB 試紙)、氣味(酒香及酸味)：

實驗期間會定期測量產氣量，但是無論釀酒成功或失敗都會有產氣量，所以，在最後一次測產氣量結束後，我們以糖度計、BPB 試紙分別測量糖度及 pH 值，想用瞭解釀出的酒在這些數值上是否有明顯差異；也以多人聞氣味(有酒味及酸味)，氣味輕重由 1~5 分等級，每組有 3 管，每 1 管有 5 人聞，再算每組的平均值(例如表 3)，此時可以聞到，如果

是酒香味就是釀酒成功，而且紅藜釀的酒原本就帶有一點酸味，所以我們也有聞酸的程度，如果是臭味就是釀酒失敗。

詢問過專家，酒度計必須是蒸餾後的透明酒才可測出酒度，因此使用針筒微量化的實驗(實驗一~六)是不能測出酒度的，而玻璃瓶釀酒的實驗(實驗七、八)有蒸餾，就能使用酒度計測出酒度。

3.檢查針筒活塞的滑度：

針筒清洗多次後，活塞滑度不夠會卡住，因此，我們儘量使用新針筒，而且每次實驗前都會進行推拉的測試，再淘汰掉活塞滑度不夠的針筒，避免實驗誤差。

二、實驗一：小米碎度對釀酒產氣量的影響

(一)變因

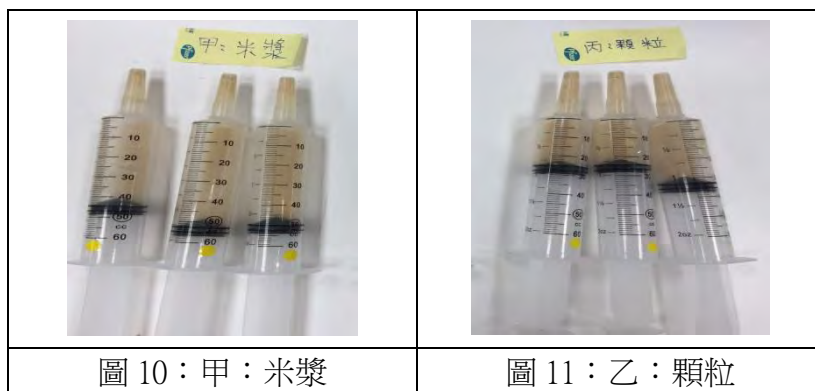
操縱變因：小米碎度 甲：米漿、乙：顆粒

應變變因：測量 產氣量 單位：mL

不變變因：活塞刻度(10mL)、水(5mL)、紅藜(0.3g)、針筒(65mL)、溫度(10/17-10/24 室溫 24~26°C，甲乙組同時進行實驗)。

(二)實驗步驟

- 1.將煮熟的小米取出一部份打成米漿，另一部份的小米保留顆粒形狀。
- 2.將每管 3g 小米放入針筒內，甲：米漿、乙：顆粒，各 3 管。
- 3.以上各管加入 0.3g 脫殼紅藜粉末及 5mL 水，活塞刻度至 10mL 位置。
- 4.壓緊管蓋，確認完全密封。
- 5.定時測量產氣量，最後一次以儀器測量糖度及 pH 值。
- 6.氣味方面，在最後一次測量時打開針筒，以 5 個人聞味道，針對酒、酸味進行 1~5 等級評分，1 代表輕微、5 代表濃厚。每一組有 3 管，先進行平均輸入表格，再將 5 人計算總平均。



(三)結果

1.產氣量

小米碎度不同時，128 小時之後的產氣量，甲組米漿平均為 130.3mL，乙組顆粒平均為 91.2mL，甲組 18.5 小時之後就一路領先乙組的產氣量，甲乙組在前 48 小時產氣量一路上升，之後的產氣量明顯平緩。

表 1：小米碎度不同與釀酒產氣量的數據

小時	甲：米漿				乙：顆粒			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均
0hr	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
5hr	2.5	2	3	2.5	1	1.5	2	1.5
7hr	3	3	3.5	3.2	1	2	2	1.7
9hr	5.5	5	6	5.5	3	2	3	2.7
24hr	40	42	39	40.3	32	15	15	20.7
27hr	47	54	49	50.0	35	37	29	33.7
30hr	59.5	72	72	67.8	46	39	54	46.3
34hr30 min	72.5	81	80	77.8	60	49	62.5	57.2
43hr	97.5	81	86	88.2	70	72	72	71.3
48hr	108.5	113.5	106	109.3	80	79	87	82.0
54hr	111	116.5	107	111.5	84	85	92	87.0
58hr	110.5	118	107	111.8	84	85	95.5	88.2
68hr	112	118.5	107	112.5	84	85	98	89.0
73hr30 min	115.5	123.5	113	117.3	85	87.5	96	89.5
77hr	120.5	128.5	113	120.7	85	88	95	89.3
93hr30 min	123.5	134.5	112.5	123.5	85	89	96	90.0
107hr	128.5	135.5	112.5	125.5	86	89	96.5	90.5

115hr	129.5	139	112.5	127.0	86	89	96	90.3
120hr	131.5	139.5	113	128.0	86	89	96	90.3
128hr	133	145	113	130.3	87	89	97.5	91.2(臭酸)

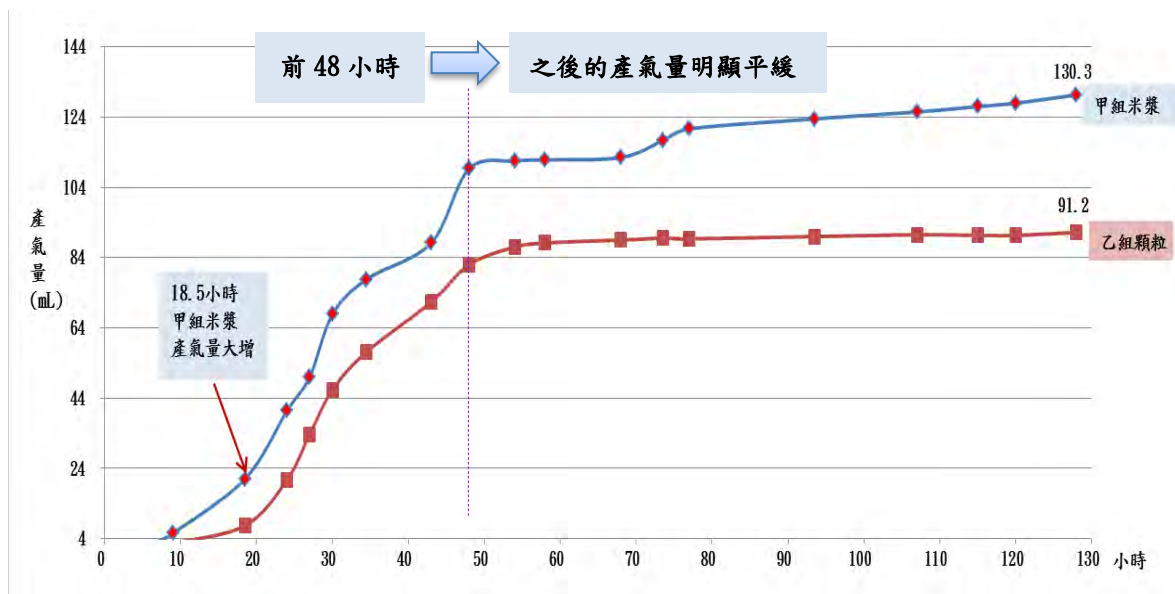


圖 12：小米碎度不同與釀酒產氣量的折線圖

2. 糖度及 pH 值

由表 2 得知，糖度二組皆是 5 度，以 BPB 試紙測 PH 值，平均都是 4.0。

表 2：小米碎度不同時釀酒糖度及 pH 值的數據

數值		第 1 管	第 2 管	第 3 管	平均
		第 1 管	第 2 管	第 3 管	平均
糖度	甲：米漿	5	5	5	5
	乙：顆粒	5	5	5	5
pH 值	甲：米漿	4	4	4	4
	乙：顆粒	4	4	4	4

3. 氣味：酒香味、酸味

由表 3 得知，氣味方面，酒香甲組米漿 3.9 > 乙組顆粒 2.7，乙組顆粒會聞到較重的酸味，特別帶有臭酸味。氣味等級會出現小數點的原因為，甲乙各有 3 管，第 1 人要聞 3 管寫下等級，計算平均值，然後共 5 人的數據再取平均值。其中甲組應有 3 管，但是在 130 小時之後，在 138 小時再測時，活塞脫落，因此原料散落無法聞氣味，故甲組只有 2 個數據；不過產氣量方面數據到 130 小時，仍有 3 組數據，原始數據在附錄中。

表 3：小米碎度不同時釀酒氣味的數據(等級 1-5)

氣味等級數值 酒香& 酸味 小米碎度		第 1 人	第 2 人	第 3 人	第 4 人	第 5 人	平均
		酒香	甲：米漿	3.5	4.5	3.5	4.0
	乙：顆粒	2.7	3.0	2.3	3.0	2.3	2.7
酸味	甲：米漿	3.5	3.5	4.5	3.5	3.0	3.6
	乙：顆粒	4.0	4.0	3.7	4.0	4.3	4.0

(四)討論：

- 1.小米碎度不同時，甲組米漿產氣量比乙組多，代表釀酒速度較快，不過以聞氣味方面，則差距不大。
- 2.前 48 小時快速產氣，也會發出麵包香味，後期才開始出現酒的氣味。
- 3.小米顆粒打成米漿時，使第一步驟澱粉轉成糖的速度會加速，讓酵母菌可以存活，所以第二步驟時，酵母菌將糖轉為酒精及二氧化碳，就釀酒成功；但是，如果小米是顆粒的情況下，第一步驟澱粉轉成糖的速度太慢，酵母菌沒有糖，無法存活，就無法將糖轉成酒精，因此產生臭酸味，釀酒失敗，這也就是我們在 105 年進行釀酒一直失敗的原因。

三、實驗二：紅藜粉有無帶殼對釀小米酒產氣量的影響

(一)變因

操縱變因：有無帶殼【甲：無殼 0.6g、乙：有殼 0.6g。】

應變變因：測量產氣量 單位：mL

保持不變的變因：溫度(10/12~10/16 室溫 23~29℃，甲乙組同時進行實驗)、小米漿(10mL)、水(5mL)、空氣量(活塞移至刻度 15mL)、灌食器針筒(65mL)。

(二)實驗步驟

- 1.將煮熟的部份小米打成米漿。
- 2.每管放入 10mL 的小米漿和 5mL 水，共 6 管。
- 3.各管內再加入不同的紅藜粉 甲: 無殼 0.6g、乙:有殼 0.6g。
- 4.活塞刻度拉至 15mL，壓緊管蓋，確認完全密封。
- 5.定時測量產氣量，最後一次以儀器測量糖度及 pH 值。
- 6.氣味方面，在最後一次測量時打開針筒，以 5 個人聞味道，針對酒、酸味進行 1~5 等級

評分，1 代表輕微、5 代表濃厚。每一組有 3 管，先進行平均輸入表格，再將 5 人計算總平均。



圖 13 甲：無殼、乙：有殼

圖 14 甲：無殼、乙：有殼

(三)結果

1.產氣量

將小米漿加入有殼及無殼的紅藜粉，76 小時後的產氣量結果為，甲組無殼的平均 302.7 mL，經過專家以中學化學方法計算出酒度約大於 5.1 度，乙組有殼 306.3 mL。

表 4：紅藜量與小米酒產氣量的數據

小時	甲:無殼				乙:有殼			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均
0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
4	2	2	1	1.7	2	1	1	1.2
8	7	7	6	6.7	6	5	5	5.3
12	15	14	14	14.3	12	12	12	12.0
19	25	31	25	27.0	31	33	32	32.0
28	61	74	84	73.0	63	70	56	63.0
32	86	95	95	92.0	93	95	64	84.0
36	136	145	145	142.0	113	135	74	107.3
43	175	195	195	188.3	163	185	99	149.0
48	196	219	232	215.7	191	205	149	181.7
54	236	259	250	248.3	214	219	199	210.7
57	246	269	263	259.3	259	235	226	240.0
66	271	294	293	286.0	291	260	249	266.7
72	276	299	303	292.7	326	290	279	298.3
76	286	309	313	302.7	331	300	288	306.3(臭酸)

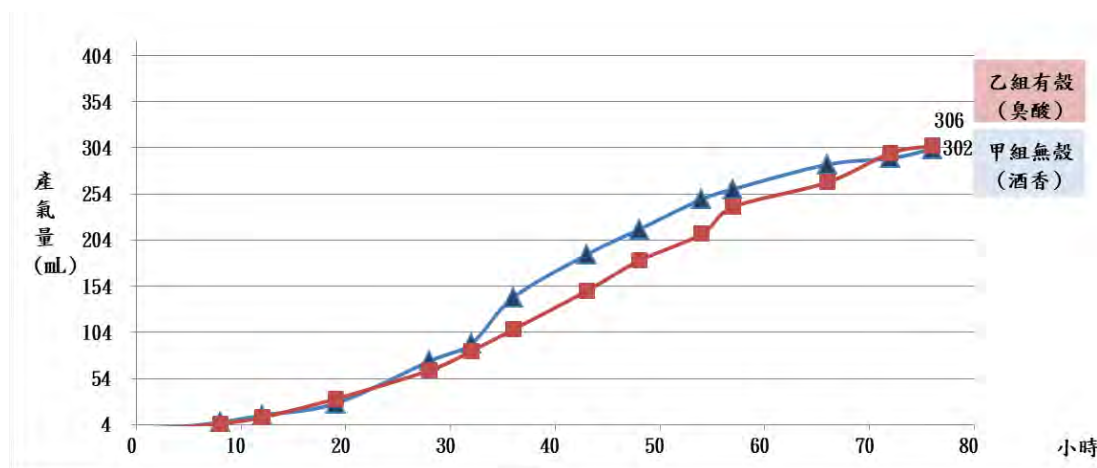


圖 15：紅藜粉有無帶殼與小米酒產氣量的折線圖

2. 糖度及 pH 值

甲乙二組糖度平均分別為 11、9.3；pH 值 4.0。

表 5：有無殼不同時釀酒糖度及 pH 值的數據

每管度數評分 等級平均數值		第 1 管	第 2 管	第 3 管	平均
		糖度&pH 值 有無帶殼			
糖度	甲：無殼	13	10	10	11
	乙：有殼	10	9	9	9.3
pH 值	甲：無殼	4	4	4	4
	乙：有殼	3.8	3.8	4	3.9

3. 氣味：酒香味、酸味

A.酒香數據平均甲組無殼為 4.7、乙組有殼為 2.5，甲組高於乙組。

B.酸味數據平均甲組無殼為 3.1、乙組有殼為 4.4，甲組低於乙組。

氣味等級會出現小數點的原因為，甲乙各有 3 管，第 1 人要聞 3 管寫下等級，計算平均，然後共 5 人的數據再取平均值，原始數據在附錄中。

表 6：有無殼不同時釀酒氣味的數據(等級 1-5)

3 管味道評分 等級平均數值		第 1 人	第 2 人	第 3 人	第 4 人	第 5 人	平均
		酒香&酸味 有無帶殼					
酒香	甲：無殼	5.0	5.0	4.0	4.7	4.7	4.7
	乙：有殼	3.0	3.0	2.3	2.3	1.7	2.5
酸味	甲：無殼	2.7	3.0	3.7	3.7	2.7	3.1
	乙：有殼	3.3	4.0	4.7	5.0	5.0	4.4

(四)討論

- 1.有殼、無殼的產氣量差距不大。
- 2.我們有在最後將針筒打開聞味道，聞到甲組無殼是酒香味居多，釀酒成功；乙組有殼則是臭酸味，釀酒失敗。

四、實驗三：紅藜粉碎度對釀小米酒產氣量的影響

(一)變因

操縱變因：紅藜粉碎度【甲：粉狀、乙：顆粒。】

應變變因：測量產氣量 單位：mL

保持不變的變因：溫度(10/12~10/16 室溫 23~29℃，甲乙組同時進行實驗)、小米漿(10mL)、水(5mL)、空氣量(活塞移至刻度 15mL)、灌食器針筒(65mL)。

(二)實驗步驟

- 1.將煮熟的部份小米打成米漿。
- 2.每管放入 10mL 的小米漿和 5mL 水，共 6 管。
- 3.各管內再加入不同碎度的 0.6g 紅藜粉 甲：粉狀、乙：顆粒。
- 4.活塞刻度拉至 15mL，壓緊管蓋，確認完全密封。
- 5.定時測量產氣量，最後一次以儀器測量糖度及 pH 值。
- 6.氣味方面，在最後一次測量時打開針筒，以 5 個人聞味道，針對酒、酸味進行 1~5 等級評分，1 代表輕微、5 代表濃厚。每一組有 3 管，先進行平均輸入表格，再將 5 人計算總平均。



圖 16 甲：粉狀+乙：顆粒



圖 17 甲：粉狀



圖 18 乙：顆粒

(三)結果

1.產氣量

紅藜碎度不同時，76 小時之後的產氣量，甲組粉狀平均為 302.7mL，乙組顆粒平均為 189.3mL，甲組 19 小時之後就一路領先乙組的產氣量，是乙組的 1.6 倍，甲乙組在前 19 小時產氣量明顯平緩，之後的產氣量一路上升。

表 7：紅藜碎度與小米酒產氣量的數據

小時	甲:粉狀				乙:顆粒			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均
0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
4	2	2	1	1.7	6	6	5	5.7
8	7	7	6	6.7	6	6	5	5.7
12	15	14	14	14.3	12	13	11	12.0
19	25	31	25	27.0	23	23	23	23.0
28	61	74	84	73.0	35	29	27	30.3
32	86	95	95	92.0	57	39	29	41.7
36	136	145	145	142.0	75	55	50	60.0
43	175	195	195	188.3	111	78	73	87.3
48	196	219	232	215.7	125	107	114	115.3
54	236	259	250	248.3	145	130	123	132.7
57	246	269	263	259.3	151	147	148	148.7
66	271	294	293	286.0	165	180	153	166.0
72	276	299	303	292.7	175	195	168	179.3
76	286	309	313	302.7	185	205	178	189.3 (臭酸)

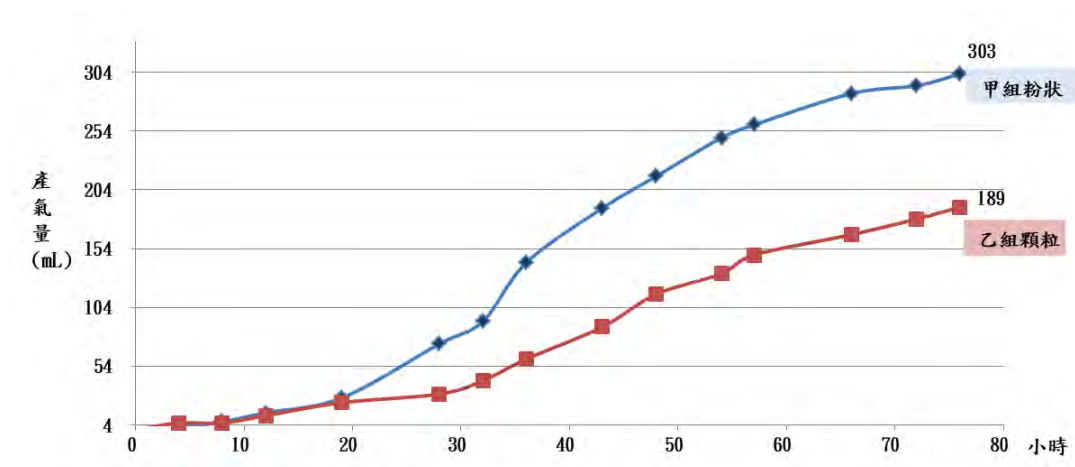


圖 19：紅藜碎度與小米酒產氣量的折線圖

2. 糖度及 pH 值

表 8：紅藜碎度不同時釀酒糖度及 pH 值的數據

糖度&pH 值 紅藜碎度		3 管度數評分 等級平均數值		第 1 管	第 2 管	第 3 管	平均
		甲	乙				
糖度	甲：粉狀	13	10	10	10	11	
	乙：顆粒	10	11	10	10	10.3	
pH 值	甲：粉狀	4	4	4	4	4	
	乙：顆粒	4.2	4.2	4	4	4.1	

3. 氣味：酒香味、酸味

A. 酒香數據平均甲組粉狀為 4.7、乙組有殼為 3.1，甲組高於乙組。

B. 酸味數據平均甲組粉狀為 3.1、乙組有殼為 1.7，甲組高於乙組。

氣味等級會出現小數點的原因為，甲乙各有 3 管，第 1 人要聞 3 管寫下等級，計算平均值，然後共 5 人的數據再取平均值，原始數據在附錄中。

表 9：紅藜碎度不同時釀酒氣味的數據(等級 1-5)

酒香&酸味 紅藜碎度		3 管味道評分 等級平均數值					平均
		第 1 人	第 2 人	第 3 人	第 4 人	第 5 人	
酒香	甲：粉狀	5.0	5.0	4.0	4.7	4.7	4.7
	乙：顆粒	3.3	4.0	1.7	3.0	3.3	3.1
酸味	甲：粉狀	2.7	3.0	3.7	3.7	2.7	3.1
	乙：顆粒	2.0	1.3	1.7	2.0	1.7	1.7

(四)討論：

紅藜打成粉末狀後，與小米產生反應的面積增加，所以產氣量上升得較多。因此，以紅藜釀酒建議要將紅藜粉打碎成粉末。而紅藜顆粒隱約聞到臭酸味，因此我們建議以粉狀紅藜進行釀酒，才會成功。

五、實驗四：紅藜粉量對釀小米酒產氣量的影響

(一)變因

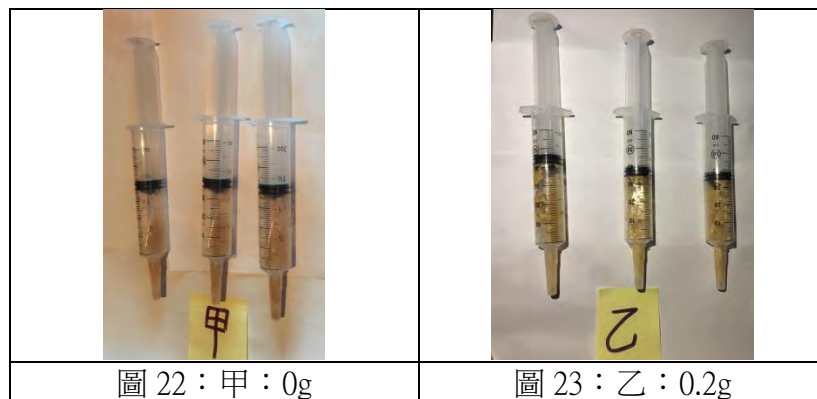
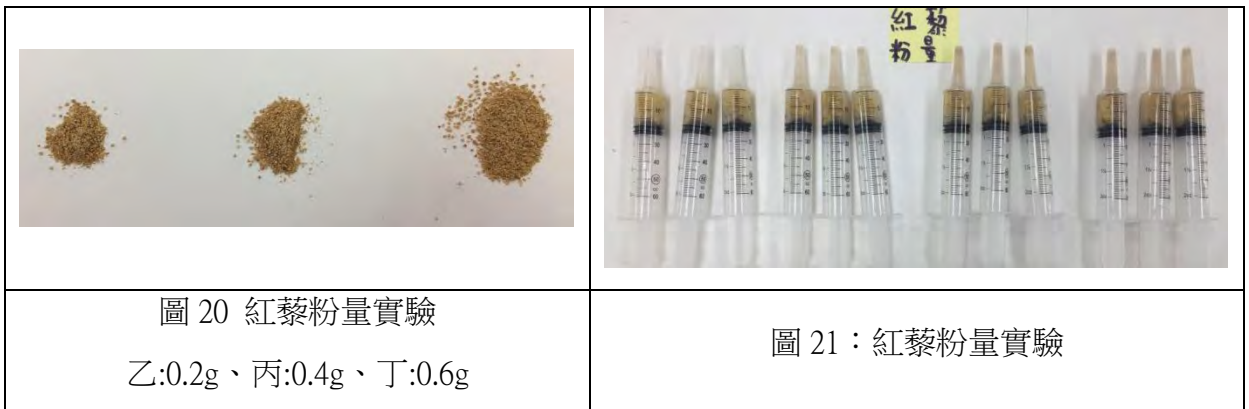
操縱變因：紅藜粉量【甲：0g、乙：0.2g、丙：0.4g、丁：0.6g。】

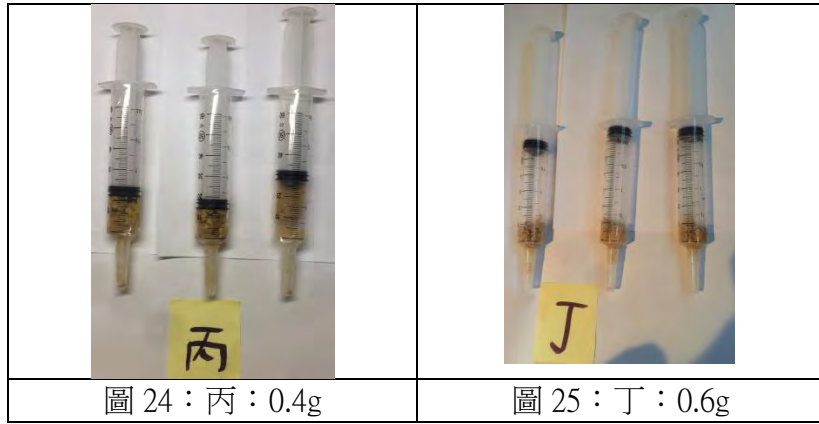
應變變因：測量產氣量 單位：mL

保持不變的變因：溫度(9/26~9/27 室溫 30°C，甲乙組同時進行實驗)、小米漿(10mL)、水(5mL)、空氣量(活塞移至刻度 15mL)、灌食器針筒(65mL)。

(二)實驗步驟

- 1.將煮熟的部分小米打成米漿。
- 2.每管放入 10mL 的小米漿和 5mL 水，共 12 管。
- 3.各管內再加入不同量的紅藜粉 甲:0g、乙:0.2g、丙:0.4g、丁:0.6g。
- 4.活塞刻度拉至 15mL，壓緊管蓋，確認完全密封。
- 5.定時測量產氣量，最後一次以儀器測量糖度及 pH 值。





(三)結果

1.產氣量

將小米漿加入不同的紅藜粉量，23 小時後的產氣量結果為，甲組 0g 的平均 1.3mL 最少，乙組 0.2g 為 29mL、丙組 0.4g 為 36.7mL、丁組 0.6g 為 40.7mL。

表 10：紅藜粉量與小米酒產氣量的數據

小時後		0	3	7	23	倍數
甲:0g	1	0	0.5	0.5	2	臭酸失敗
	2	0	1	1	1	
	3	0	0	0.5	1	
	平均	0	0.5	0.7	1.3	
乙:0.2g	1	0	0	1	37	1 倍
	2	0	0.5	1	25	
	3	0	1	2	25	
	平均	0	0.5	1.3	29.0	
丙:0.4g	1	0	0.5	2	37	1.27 倍
	2	0	1	3	28	
	3	0	1	2.5	45	
	平均	0	0.8	2.5	36.7	
丁:0.6g	1	0	0.5	3	37	1.4 倍
	2	0	1	3	45	
	3	0	1	2.5	40	
	平均	0	0.8	2.8	40.7	

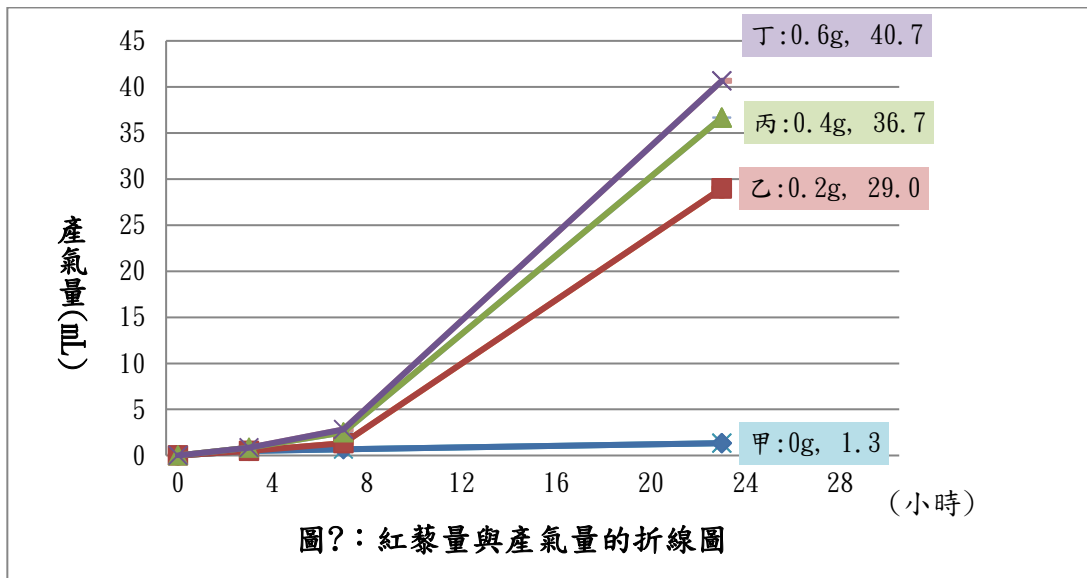


圖 26：紅藜量與小米酒產氣量的折線圖

2. 糖度及 pH 值

甲乙丙丁四組糖度平均分別為 11.3、10、9.3、7.7；pH 值分別為 4.2、3.9、4、3.9。

表 11：紅藜量不同時釀酒糖度及 pH 值的數據

3 管度數評分 等級平均數值		第 1 管	第 2 管	第 3 管	平均
		糖度 & pH 值 紅藜量			
糖度	甲：0g	8	12	14	11.3
	乙：0.2g	10	10	10	10
	丙：0.4g	10	10	8	9.3
	丁：0.6g	7	8	8	7.7
pH 值	甲：0g	4.2	4.2	4.2	4.2
	乙：0.2g	3.8	4	4	3.9
	丙：0.4g	4	4	4	4
	丁：0.6g	3.8	4	4	3.9

(四)討論：

1. 甲組沒有加紅藜粉在小米漿中，在 23 小時時，明顯幾乎無產氣量，而乙組 0.2g 為 29mL、丙組 0.4g 為 36.67mL 是甲組的 1.27 倍、丁組 0.6g 為 40.67mL 是甲組的 1.4 倍，結果得知，紅藜粉量越多，則產氣量多，代表釀酒速度較快。
2. 我們只做前 23 小時的實驗，因為持續下去後，甲組也會有產氣量發生，但是臭酸的，而非釀酒成功的結果，因此，只採計前 23 小時數據進行分析。

六、實驗五：酒母種類對釀小米酒產氣量的影響

(一)變因

操縱變因：酒母種類

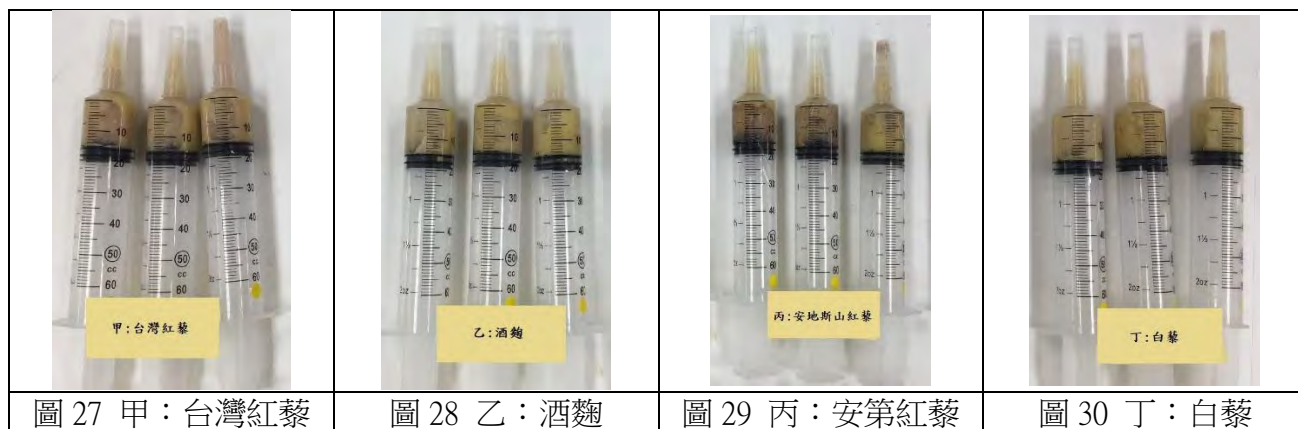
【甲：台灣紅藜 0.6g、乙：酒麴 0.6g、丙：安第斯山紅藜 0.6g、丁：白藜 0.6g。】

應變變因：測量產氣量 單位：mL

不變變因：溫度(10/3~10/5 室溫 30°C，甲乙組同時進行實驗)、小米漿(10mL)、水(5mL)、空氣量(活塞移至刻度 15mL)、灌食器針筒(65mL)。

(二)實驗步驟

1. 將煮熟的部份小米打成米漿。
2. 每管放入 10mL 的小米漿和 5mL 水，共 12 管。
3. 各管內再加入不同的酒母 甲: 台灣紅藜 0.6g、乙：酒麴 0.6g、丙：安第斯山紅藜 0.6g、丁：白藜 0.6g。
4. 活塞刻度拉至 15mL，壓緊管蓋，確認完全密封。
5. 定時測量產氣量，最後一次以儀器測量糖度及 pH 值。



(三)結果

1.產氣量

將小米漿加入不同的酒母，40 小時後的產氣量結果為，乙組酒麴為 175.7mL 最高，甲組台灣紅藜的平均 167.3mL、丁組白藜為 126mL、丙組安第紅藜為 3.3mL 最低。

表 13：酒母種類與小米酒產氣量的數據

小時候		0	2	6	16	20	28	37	40
甲:台灣紅藜	1	0	1	3	13	36	84	129	161
	2	0	0	2	37	39	84	129	174
	3	0	0	3	30	32	77	122	167
	平均	0	0.3	2.6	26.7	35.7	81.7	126.7	167.3
乙:酒麴	1	0	0	2	45	95	140	185	218
	2	0	0	2	45	71	85	100	126
	3	0	1	2	45	95	140	165	183
	平均	0	0.3	2	45	87	79.7	150	175.7
丙:安第紅藜	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	2	0	1	1	1	1	1	1	5
	3	0	0	0	4	4	4	0	4
	平均	0	0.3	0.3	1.6	2	2	0.6	3.3
丁:白藜	1	0	0	4	40	83	128	173	210
	2	0	0	3	39	56	84	97	100
	3	1	2	3	3	3	3	18	68
	平均	0.3	0.7	3.3	27.3	47.3	71.7	96.0	126.0

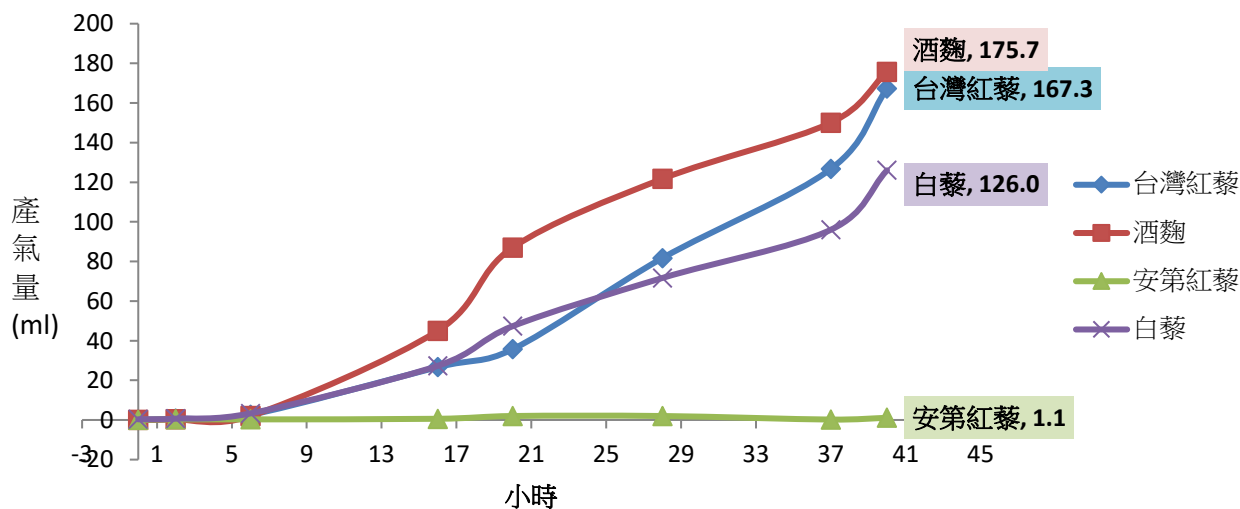


圖 31：與小米酒產氣量的折線圖

2. 糖度及 pH 值

甲乙丙丁四組糖度平均分別為 11、7、18、10；pH 值分別為 4、4、4、4.1。

表 14：酒母種類不同時釀酒糖度及 pH 值的數據

每管度數評分 等級平均數值		第 1 管	第 2 管	第 3 管	平均
糖度	甲組台灣紅藜	10	12	10	11
	乙組酒麴	10	5	6	7
	丙組安第紅藜	15	25	15	18
	丁組白藜	10	10	10	10
pH 值	甲組台灣紅藜	4	4	4	4
	乙組酒麴	4	4	4	4
	丙組安第紅藜	4	4	4	4
	丁組白藜	4.2	4	4	4.1

(四)討論：

- 1.乙組市售酒麴的產氣量比較多，我們詢問店家(嘉義某家有名酒釀湯圓店)，他表示裡面含有三種植物，是秘方不能公開，由我們的實驗證實，產氣量比紅藜略高一些。
- 2.丙組安第紅藜的產氣量平均只有 3.3mL，它是國外進口的，應該是沒有豐富的澱粉酵素，所以不能用來釀酒，因此台灣的原生種紅藜確實是特殊的。

六：糖量對釀小米酒產氣量的影響

(一)變因

操縱變因：糖粉量 【甲：0g、乙：1.5g】

應變變因：測量產氣量 單位：mL

保持不變的變因：溫度(10/3~10/5 室溫 30°C，甲乙組同時進行實驗)、小米漿(10 mL)、水(5mL)、空氣量(活塞移至刻度 15mL)、針筒(65mL)、紅藜粉量(0.6g)。

(二)實驗步驟

- 1.將煮熟的部份小米打成米漿。
- 2.每管放入 10mL 的小米漿和 5mL 水，共 6 管。
- 3.各管內再加入 0.6g 紅藜粉量，再加入不同量的糖粉 甲：0g、乙：1.5g。
- 4.活塞刻度拉至 15mL，壓緊管蓋，確認完全密封。
- 5.定時測量產氣量，最後一次以儀器測量糖度及 pH 值。



圖 32 乙：0.6g



圖 33 甲：0g

乙：1.5g

(三)結果

1.產氣量

糖粉量不同時，28 小時之後的產氣量，甲組 0g 糖平均為 40.7mL，乙組 1.5 糖 g 平均為 38.0mL，二組產氣量相差不多。

表 16：糖量與小米酒產氣量的數據

小時後		0	3	7	23
甲:0g 糖	1	0	0.5	3	37
	2	0	1	3	45
	3	0	1	2.5	40
	平均	0.0	0.8	2.8	40.7
乙:1.5g 糖	1	0	1	3	37
	2	0	0.5	3	45
	3	0	0.5	2.5	32
	平均	0.0	0.7	2.8	38.0

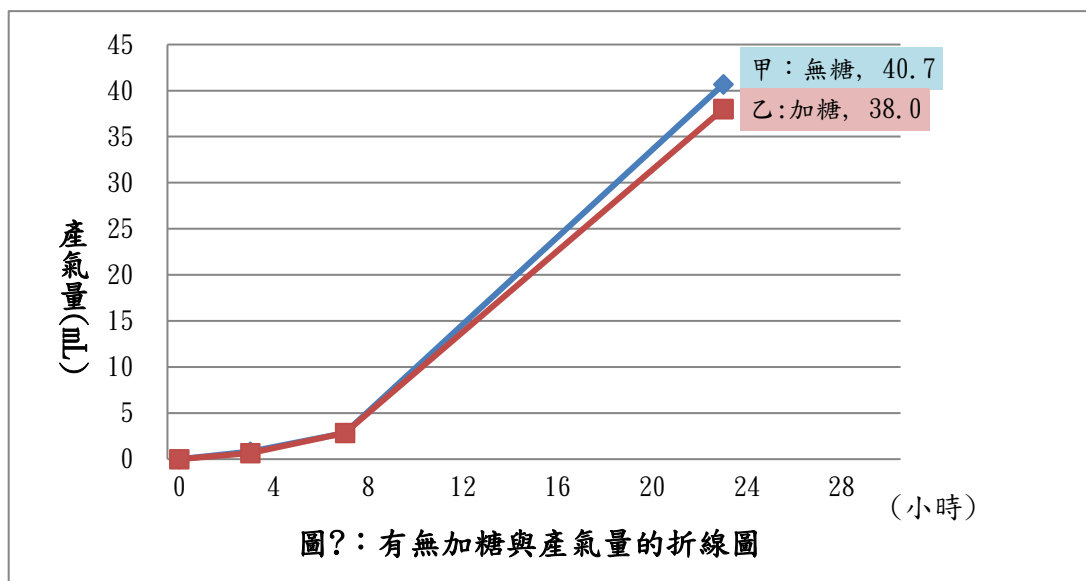


圖 34：糖量對紅藜產氣量的折線圖

2. 糖度及 pH 值

- (1)酒香數據平均甲組 0g 糖為 20.7、乙組 1.5g 糖為 37.7，乙組高於甲組。
- (2)糖數據平均甲組 0g 糖為 10.7、乙組 1.5g 糖為 14.3，乙組高於甲組。
- (3) pH 值皆 4.0。

表 17：有無加糖時釀酒糖度及 pH 值的數據

3 管度數評分 等級平均數值 糖度&pH 值 有無加糖		第 1 管	第 2 管	第 3 管	平均
		糖度	甲:0g 糖	10	12
	乙:1.5g 糖	15	16	12	14.3
pH 值	甲:0g 糖	4	4	4	4
	乙:1.5g 糖	4	4	4	4

(四)討論：

- 1.以小米來釀酒時，第一步驟是澱粉水解酵素(糖化麴)先將小米轉為糖，第二步驟是酵母(發酵麴)再將糖轉為酒精及二氧化碳。如果第一步驟澱粉轉成糖的速度太慢，糖太少的情況下無法讓酵母菌存活，就會釀酒失敗，因此，直接加糖釀酒算是偷呷步，是為了讓酵母菌存活。
- 2.在本實驗中發現，將小米打成米漿的情況下，二組的產生氣量速度差不多，我們推測小米打成米漿在第一步驟澱粉轉成糖的速度應該是快速的，所以不影響產氣量；但是如果小米是顆粒的情況下，根據研究一的結果會釀酒失敗，這是因為第一步驟澱粉轉成糖的速度太慢，酵母菌死亡，我們推測，以小米顆粒釀酒時(不打成米漿)，可以加糖先讓酵母菌存活一陣子，等待小米的澱粉轉成糖，應該可以成功釀酒。

以上都是以針筒進行微量的實驗，讓我們確定釀酒的關鍵因素有：使用小米漿、脫殼紅藜、紅藜磨粉、小米漿與紅藜比例等，以下，我們開始使用玻璃瓶，放入較多的原料進行實驗。

七：溫度對瓶裝釀小米紅藜酒的影響

(一)變因

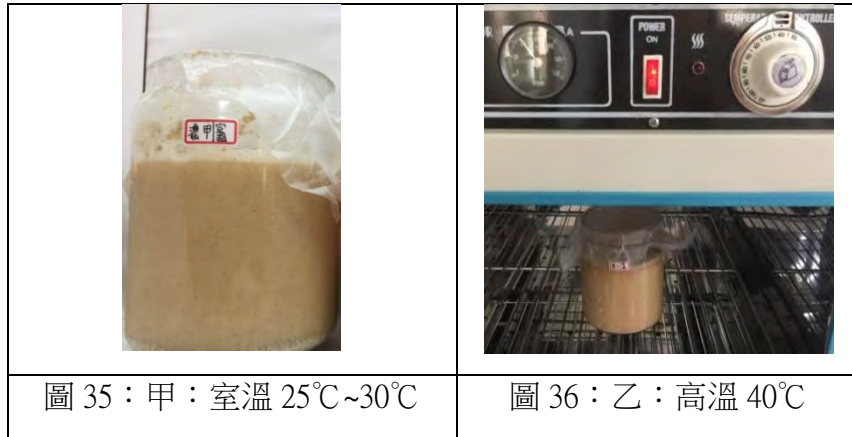
操縱變因：溫度【甲：室溫(25°C~30°C)、乙：高溫(40°C)。】

應變變因：紀錄現象。

保持不變的變因：小米量、紅藜量、玻璃瓶。

(二)實驗步驟

- 1.小米與3倍重量的水混合，放入電鍋，小米蒸熟、放涼，以攪拌器3分鐘打成小米漿。
- 2.在各玻璃瓶內放入等量400g的小米漿，再加入等量活性紅藜24g。
- 3.用具黏性的保鮮膜封住瓶口。
- 4.分別放在甲：室溫(25°C~30°C)、乙：恆溫箱(高溫40°C)，定時觀察現象。



(三)結果

將做好的實驗品放在不同的溫度下，7天後，甲組產生白膜，聞起來有酸味，而乙組高溫則是有濃濃的酒香味。

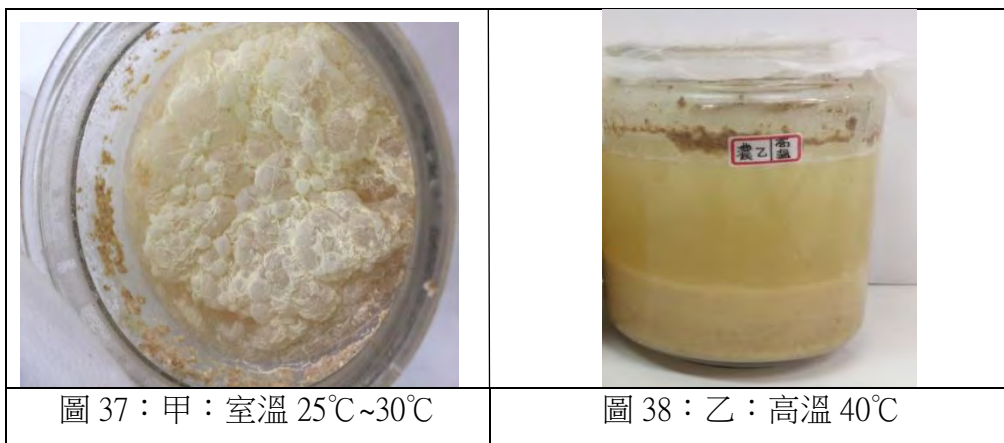


表 18：不同溫度下瓶裝釀小米紅藜酒的現象

第一天 4/12	小米漿 400g+紅藜粉 24g		
第二天 4/13	甲： 室溫	氣泡 0.7cm，看不出分層，出現玉米筍味。	
	乙： 40°C	氣泡 0.1cm，出現分層(底層 3.6cm，上層 4.3cm)，玉米筍味。	
第五天 4/17	甲： 室溫	出現分層，一點點酒香。	
	乙： 40°C	上層液體增加，很有酒香。	
第七天 4/19	甲： 室溫	上層液體增加，微量發霉，綠色。	
	乙： 40°C	還是很有酒香，上層液體增加，而且呈現透明。	
第八天 4/20	甲： 室溫	白膜多。	
	乙： 40°C	真的還是很有酒香，上層液體越來越透明。	

(四)討論：

1.將原料放在不同溫度下，甲：室溫(25°C~30°C)、乙：恆溫箱(高溫 40°C)，八天後發現，室溫下的產生白膜，高溫 40°C的沒有白膜。

2.蒸餾酒：

(1)請教專家得知，「釀好的小米酒要加熱至 70°C 來滅菌，這個過程也能除去有毒的低沸點甲醇

(酒頭)。若能蒸餾是最好的，但酒液體積的前 1% 餾出物 (酒頭) 不收，因為含有較多的甲醇；後面的酒尾也不收，因為含有容易宿醉頭痛的高級醇 (且帶有苦味)。」

(2) 我們將乙組：高溫 40°C 的液體放入蒸餾機內取得透明的酒，並測量酒度，以第一杯酒味最濃。

		
蒸餾酒	蒸餾機	取得蒸餾透明的酒，酒度分別為 7、2、0、0.1、0、1 度。

3. 為什麼甲組室溫會產生白膜，乙組高溫就不會產生？

(1) 甲組室溫下產生白膜，詢問專家後得知是異常發酵，有白膜的常會混有其他雜菌。聞起來有酸味則是因為乳酸菌將醣類代謝成乳酸，味道極酸，這種就只能丟棄了。

(2) 那層白膜是產膜酵母，產膜酵母最適繁殖溫度為 25-30°C，所以 40°C 就不利於繁殖。我們進一步再請教專家，如何避免產生白膜，專家表示，業界都是加亞硫酸鹽來抑菌，因此在室溫下釀酒極可能無法避免，因此，我們決定將高溫 40°C 的酒釀進行蒸餾，而室溫下的酒釀丟棄。

八：瓶內空氣量對瓶裝釀小米紅藜酒的影響

(一) 變因

操縱變因：空氣量 【甲：230 mL、乙：470 mL】

應變變因：觀察現象


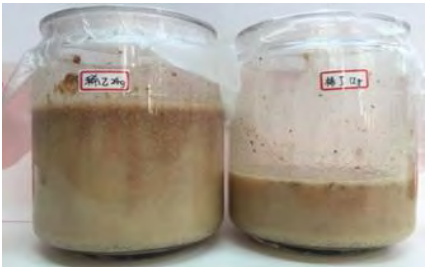
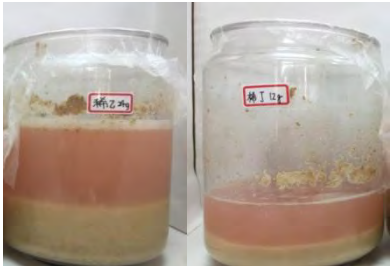

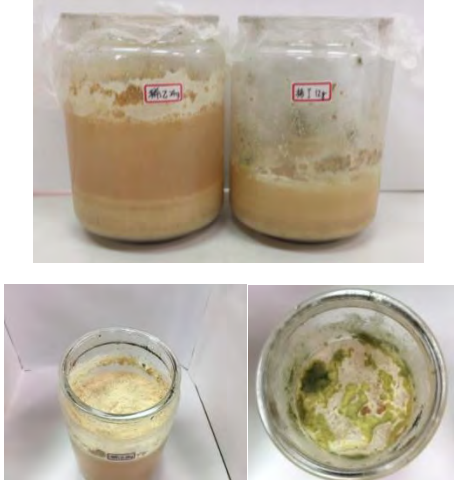
保持不變的變因：(紅藜：小米)體積比=(6:100)、溫度(30°C，甲乙組同時進行實驗)、玻璃瓶(650mL)。

(二) 實驗步驟

1. 小米與 3 倍重量的水混合，放入電鍋，小米蒸熟、放涼，以攪拌器 3 分鐘打成小米漿。
2. 各玻璃瓶內放入不同量的小米漿，甲：200g、乙：400g，製造瓶內空氣量不同，測得空氣量分別為甲：230mL、乙：470mL，再各加入紅藜 12g、24g，使小米與紅藜濃度是相同的。
3. 用具黏性的保鮮膜封住瓶口，定時觀察現象。

(三)結果

表 18：不同瓶內空氣量下 瓶裝釀小米紅藜酒的現象

第幾天	描述		圖片
第一天	空氣量不同 (甲少、乙多) 【甲：230 mL、乙：470 mL】		
第二天 4/13	甲：230 mL	甲氣泡 0.4 公分，小米沉澱不明顯	
	乙：470 mL	乙氣泡 0.1 公分，幾乎沒有氣泡	
第五天 4/17	甲：230 mL	開始分層，出現玉米筍味。	
	乙：470 mL	開始分層，醬油味。	
第七天 4/19	甲：230 mL	淡淡的酒香味	
	乙：470 mL	淡淡的酒香味	
第八天 4/20	甲：230 mL	長了白膜。	
	乙：470 mL	發霉了，很噁心。	

(四)討論：

我們想要瞭解如果釀酒時，瓶內的空間是否會影響釀酒的結果，實驗證實第八天長黴菌，這是因為黴菌是好氧菌，空氣量多就容易長黴菌，所以，建議釀酒時瓶內儘量將原料裝到至少八分滿，以減少空氣量。

伍、結論

一、針筒微量實驗

釀酒需要二個步驟進行，第一步驟是澱粉水解酵素(糖化麴)先將小米轉為糖，第二步驟是酵母(發酵麴)再將糖轉為酒精及二氧化碳。本研究將材料放入針筒內由產氣量得知釀酒速度。

(一) 小米碎度

- 1.小米磨碎成米漿的產氣量較多，代表釀酒速度較快，而且成功發出酒香味，這是因為小米顆粒打成米漿時，使第一步驟澱粉轉成糖的速度會加速，讓酵母菌可以存活，所以第二步驟時，酵母菌會將糖轉為酒精及二氧化碳，就釀酒成功。
- 2.小米是顆粒的情況下，在第一步驟時，澱粉轉成糖的速度太慢，酵母菌沒有糖，無法存活，無法啟動第二步驟，糖沒有轉成酒精，因此產生臭酸味，釀酒失敗，這是本研究過去 105 學年度時一直失敗的原因。

(二)紅藜粉有無帶殼

分別以有殼、無殼紅藜進行實驗，它們的產氣量差不多的，但是甲組無殼紅藜釀出的結果是酒香味，而乙組有殼則是臭酸味，我們推測帶殼紅藜夾雜的雜菌較多，因此，紅藜釀酒時建議使用無殼紅藜。

(三) 紅藜粉碎度

分別將紅藜磨成粉末和顆粒進行實驗，結果發現紅藜粉末會與小米產生反應的面積增加，產氣量較多。因此，以紅藜釀酒建議要將紅藜粉打碎成粉末，而氣味方面，紅藜粉末的酒香和酸味都高於紅藜顆粒的。

(四) 紅藜粉量

如果沒有加紅藜粉在小米漿中，至 23 小時時，明顯幾乎無產氣量，而在小米漿裡加紅藜粉量越多，則產氣量多，代表釀酒速度較快。

(五) 酒母種類

分別使用不同的酒母種類台灣紅藜、市售酒麴、白藜、安第斯山進口紅藜進行實驗，只有安第斯山進口紅藜的幾乎沒有產氣量，其餘三種的產氣量都有，而且差距不大，其中以嘉義某家有名酒釀湯圓店的市售酒麴產氣量最多，詢問店家成分，裡面有三種可以釀酒的植物在內，但秘方不公開。

(六) 糖量

糖是酵母菌的食物來源，有糖酵母菌才能存活，如果小米釀酒時，第一步驟澱粉轉成糖的速度太慢，糖太少的情況下無法讓酵母菌存活，就會釀酒失敗，所以直接加糖釀酒，算是偷呷步，是為了讓酵母菌存活。我們分別進行有無加糖的實驗，結果發現，將小米打成米漿的情況下，有無加糖的產氣量是差不多，這代表小米打成米漿的作法，讓澱粉轉成糖的速度是足夠的。

綜合以上，根據針筒微量實驗的結果，紅藜釀酒建議使用「磨碎」的「無殼紅藜」及「磨碎」的「小米醬」，在初期如果散發麵包香味，而且產氣量很多，後期產生酒香味，就表示釀酒成功；如果初期沒有麵包香味，而且產氣量少，建議可以丟棄，因為後期一定會發出臭酸味，釀酒失敗。

二、瓶裝實驗

(一) 溫度實驗

甲組室溫下會異常發酵產生白膜，是產膜酵母，有酸味，只能丟棄，專家表示，業界都是加亞硫酸鹽來抑菌。而高溫 40°C 就不利於產膜酵母的繁殖，所以乙組高溫 40°C 沒有產生白膜，可以蒸餾測酒度。

(二) 瓶內空氣量實驗

黴菌是好氧菌，瓶內空氣量多就容易長黴菌，所以，建議釀酒時瓶內儘量將原料裝到至少八分滿，以減少空氣量。

陸、參考資料

美麗紅藜(2016 年)。跟著鄭大師玩科學。取自 <http://goo.gl/b5WCiH>。

小米紅藜甜酒釀(無日期)。米發發甜酒釀。取自 <https://goo.gl/FdYvyD>。

發酵的科學(三)小米酒(2014 年)。跟著鄭大師玩科學。取自 <https://goo.gl/WcwEp2>。

柒、附錄

氣味(酒香及酸味)原始數據及計算方法

實驗一：小米碎度對釀酒產氣量的影響

酒香						酸味					
甲：米漿	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人	甲：米漿	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人
甲 1	4	5	4	5	5	甲 1	3	4	4	2	2
甲 2	3	4	3	3	3	甲 2	4	3	5	5	4
甲 3	在 138 小時再測時，活塞脫落，因此原料散落無法聞氣味，故甲組只有 2 個數據。					甲 3	在 138 小時再測時，活塞脫落，因此原料散落無法聞氣味，故甲組只有 2 個數據。				
平均	3.5	4.5	3.5	4.0	4.0	平均	3.5	3.5	4.5	3.5	3.0
總平均 3.9						總平均 3.6					

乙：顆粒						乙：顆粒					
乙 1	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人	乙 1	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人
乙 1	3	3	2	3	2	乙 1	5	4	5	5	5
乙 2	2	3	3	3	3	乙 2	3	4	3	3	4
乙 3	3	3	2	3	2	乙 3	4	4	3	4	4
平均	2.7	3.0	2.3	3.0	2.3	平均	4.0	4.0	3.7	4.0	4.3
總平均 2.7						總平均 4.0					

實驗二：紅藜粉有無帶殼對釀酒產氣量的影響

酒香						酸味					
甲：無殼	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人	甲：無殼	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人
甲 1	5	5	4	5	5	甲 1	2	3	3	3	2
甲 2	5	5	4	5	5	甲 2	3	2	3	3	2
甲 3	5	5	4	4	4	甲 3	3	4	5	5	4
平均	5.0	5.0	4.0	4.7	4.7	平均	2.7	3.0	3.7	3.7	2.7
總平均 4.7						總平均 3.1					

乙：有殼						乙：有殼					
乙 1	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人	乙 1	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人
乙 1	4	4	3	3	2	乙 1	2	3	5	5	5
乙 2	3	2	2	2	1	乙 2	4	5	5	5	5
乙 3	2	3	2	2	2	乙 3	4	4	4	5	5
平均	3.0	3.0	2.3	2.3	1.7	平均	3.3	4.0	4.7	5.0	5.0
總平均 2.5						總平均 4.4					

實驗三：紅藜粉碎度對釀小米酒產氣量的影響

酒香

甲：粉狀	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人	
甲 1	5	5	4	5	5	
甲 2	5	5	4	5	5	
甲 3	5	5	4	4	4	總平均
平均	5.0	5.0	4.0	4.7	4.7	4.7

酸味

甲：粉狀	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人	
甲 1	2	3	3	3	2	
甲 2	3	2	3	3	2	
甲 3	3	4	5	5	4	總平均
平均	2.7	3.0	3.7	3.7	2.7	3.1

乙：顆粒	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人	
乙 1	4	4	1	4	3	
乙 2	3	4	3	3	3	
乙 3	3	4	1	2	4	總平均
平均	3.3	4.0	1.7	3.0	3.3	3.1

乙：顆粒	第1人	第2人	第3人	第4人	第5人	
乙 1	1	1	1	1	1	
乙 2	2	2	1	2	2	
乙 3	3	1	3	3	2	總平均
平均	2.0	1.3	1.7	2.0	1.7	1.7

【評語】 080218

本研究探討紅藜釀酒的因素。將材料放進密閉大針筒內進行微量實驗，定時測量產氣量得知紅藜釀酒的速度，並在最後一次測量甜度及聞氣味。雖沒有特別新穎之發現，但有知識性。然，利用人工判定實驗結果，容易產生誤差與較缺乏科學性。實驗記錄建議除了數據之外也要完整記錄步驟與實驗數據分析。研究設計尚為完整，類似研究已有先例，在參考資料引用上宜多加注意，如中華民國第五十七屆中小學科學展覽會生活與應用科學國小組，作品名稱：小米酒，才怪！-賽夏族的傳統酒，可供參考。

摘要

本研究探討紅藜釀酒的因素。將材料放進密閉大針筒內進行微量實驗，定時測量產氣量得知紅藜釀酒的速度，並在最後一次測量甜度及聞氣味。紅藜含有澱粉水解酵素(糖化酶)與酵母(發酵酶)，糖化酶先將澱粉轉為糖，發酵酶再將糖轉為酒精及二氧化碳，所以原住民以紅藜做為小米酒的酒麴。微量實驗結果發現，小米碎度與紅藜粉碎度越碎，反應面積增加則釀酒速度越快，其中煮熟小米用顆粒來釀酒易釀失敗，建議磨碎成米漿易釀酒成功；紅藜粉量越多也會增加釀酒速度；使用有殼紅藜釀酒易臭酸腐敗，建議使用無殼紅藜來釀酒。另外，瓶裝大量原料的實驗發現，在室溫25-30°C下會有產膜酵母釀出酸酒，瓶內空氣量建議要少，避免產生黴菌。

壹、研究動機

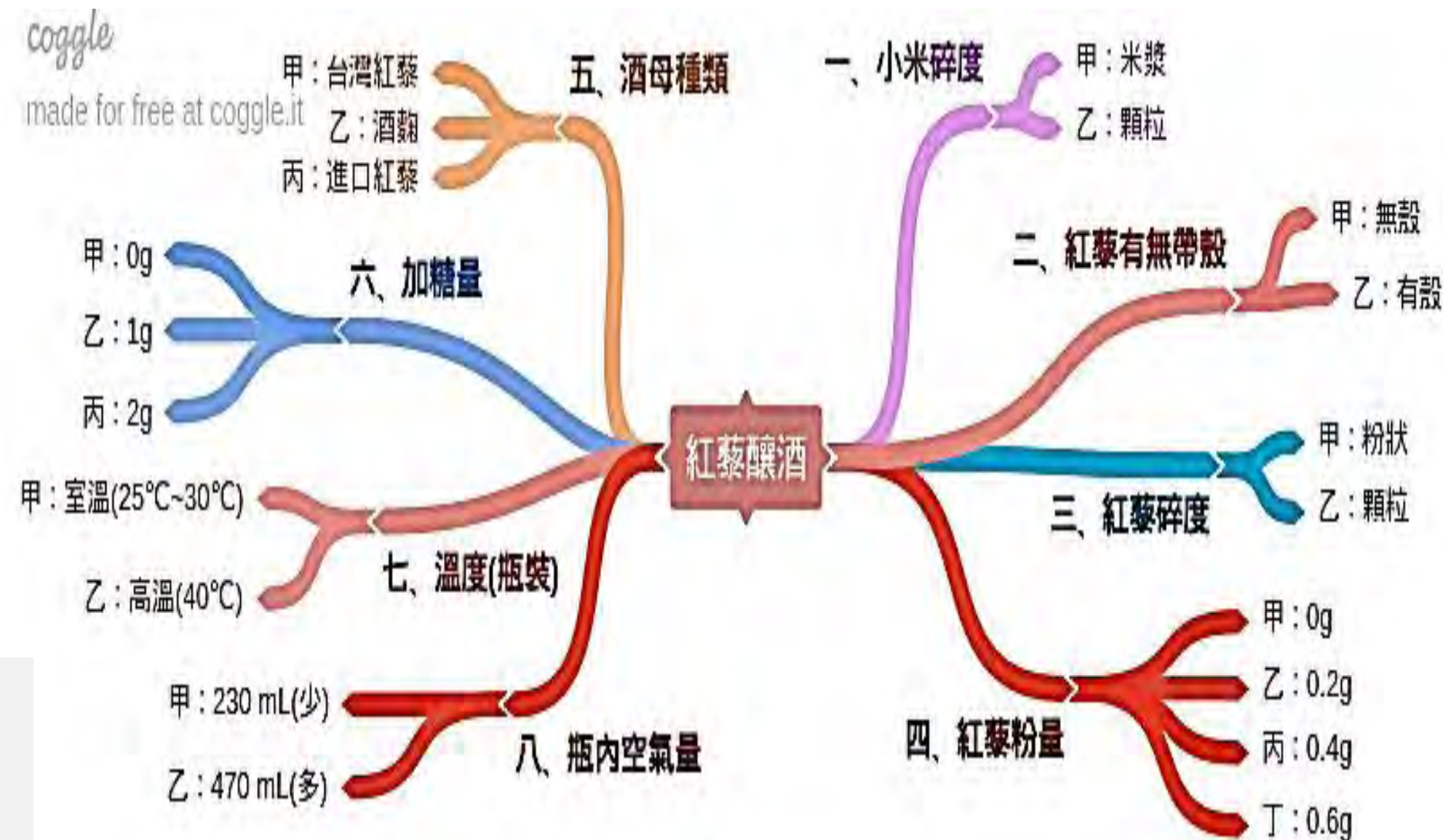
菜市場裡有人賣紅藜，她說紅藜有人體所需的8種胺基酸及膳食纖維，而且目前還沒有針對紅藜釀酒有完整的科展研究，我們想對紅藜釀酒做一個探討。

貳、研究目的

- 研究一：小米碎度對釀酒產氣量的影響
- 研究二：紅藜粉有無帶殼對釀酒產氣量的影響
- 研究三：紅藜粉碎度對釀小米酒產氣量的影響
- 研究四：紅藜粉量對釀小米酒產氣量的影響
- 研究五：酒母種類對釀小米酒產氣量的影響
- 研究六：糖量對釀小米酒產氣量的影響
- 研究七：溫度對釀小米酒產氣量的影響
- 研究八：瓶內空氣量對釀小米酒產氣量的影響

一、針筒微量實驗

二、瓶裝大量原料實驗



參、研究器材與設備

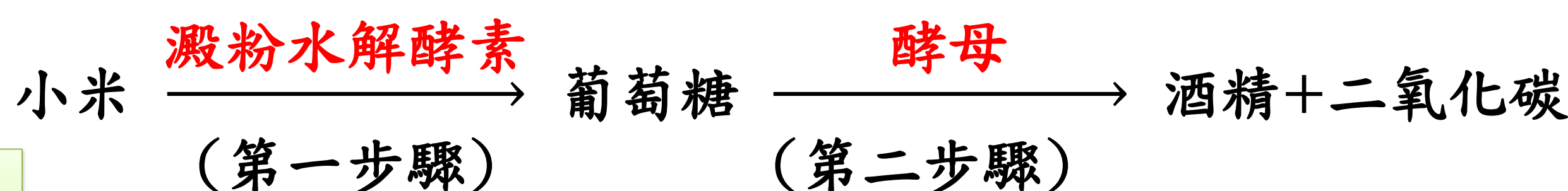
電鍋、針筒、攪拌機、研磨機、電子天秤、溫度計、酒度計、糖度計、BPB試紙、小米、紅藜。

肆、研究過程、結果與討論

一、實驗設計歷程

釀酒原理

台灣原生種紅藜是原住民的傳統作物，因為裡面含有澱粉水解酵素(糖化酶)與酵母(發酵酶)，所以原住民拿來當作釀製小米酒的酒麴原料，分為二個步驟：



針筒微量實驗步驟

實驗前：檢查活塞滑度，淘汰不合用的，減少實驗誤差。



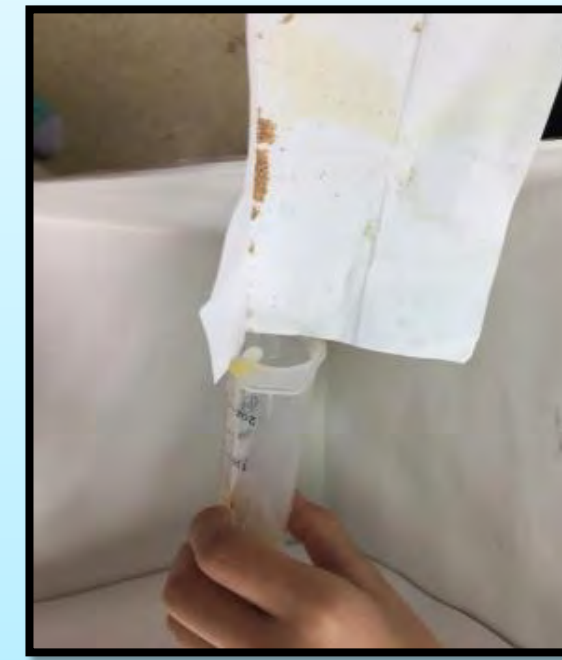
1. 煮小米



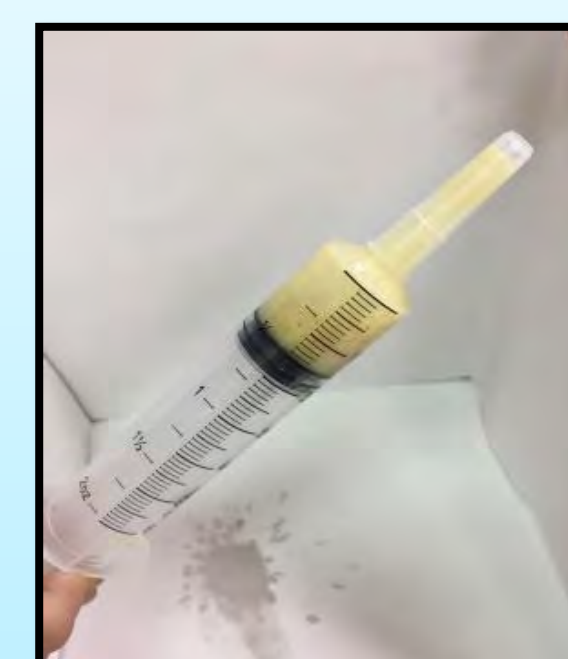
2. 打米漿



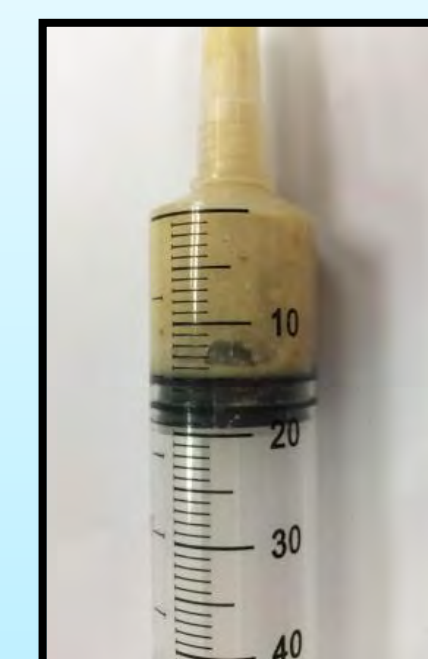
3. 米漿及等量水裝管



4. 加紅藜粉末



5. 密閉



6. 混合均勻

7. 定時測量產氣量，產氣量快到頂之前，將內部氣體推出，採累加計算。

8. 測量糖度(糖度計)、pH值(BPB試紙)。

9. 聞氣味(酒味、酸味每1管5人聞，再3管取平均值。)

小米澱粉水解速度太慢，酵母菌無法存活。

105年9月~106年3月
小米顆粒→臭酸失敗

106年9月
請教專家→改用小米漿

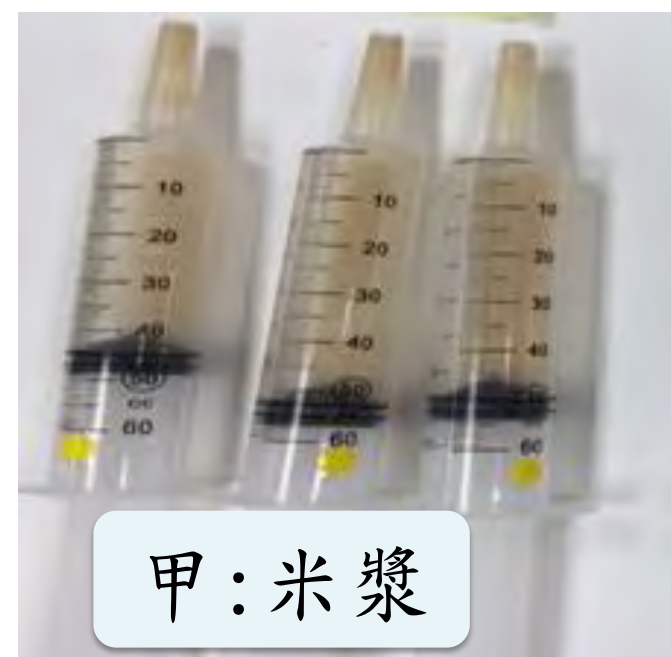
106年9月~至今
釀酒成功

(一)變因

操縱變因：小米碎度【甲：米漿、乙：顆粒】

應變變因：測量產氣量 單位：mL

不變變因：活塞刻度(10mL)、水(5mL)、紅藜(0.3g)、針筒(65mL)、溫度(10/17-10/24室溫24~26°C)。

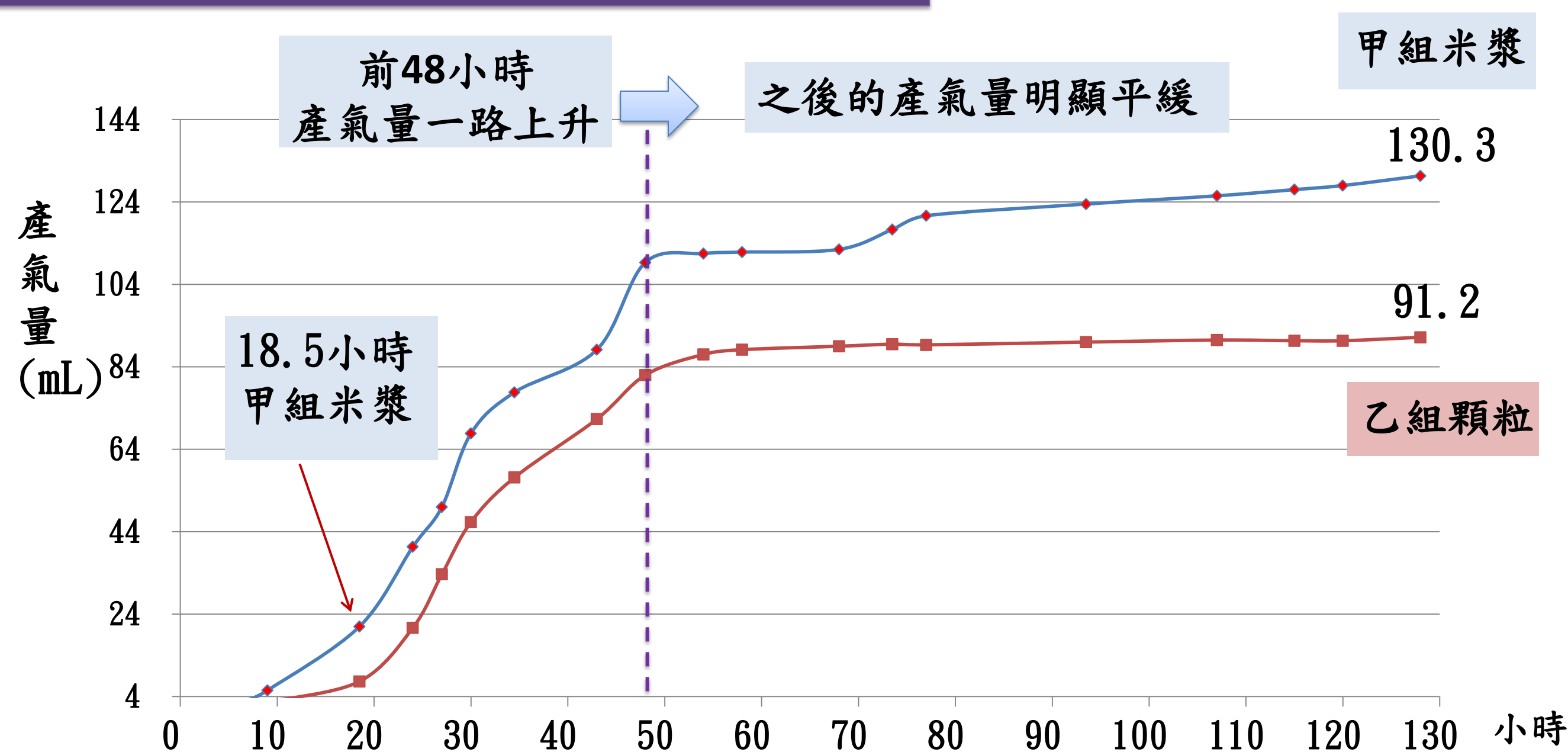


甲：米漿



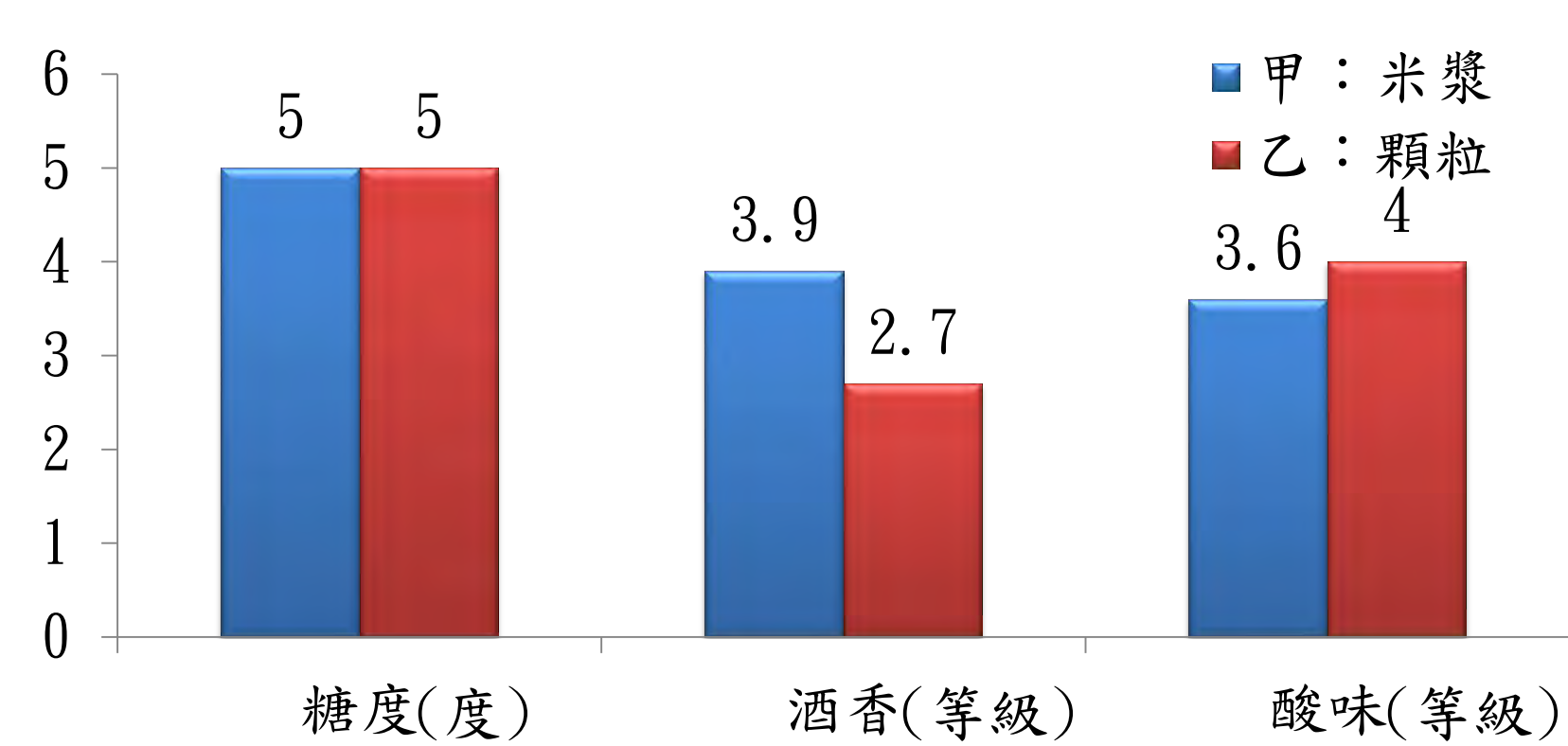
乙：顆粒

二、研究一：小米碎度對釀酒產氣量的影響



(二)討論

- 小米磨碎成米漿產氣量較多，且成功發出酒香味，代表釀酒速度較快。
- 小米顆粒打成米漿時，使第一步驟澱粉轉成糖的速度會加速，讓酵母菌可以存活，所以第二步驟時，酵母菌會將糖轉為酒精及二氧化碳，就釀酒成功。
- 小米是顆粒的情況下，在第一步驟時，澱粉轉成糖的速度太慢，酵母菌沒有糖，無法存活，無法啟動第二步驟，因此產生臭酸味，釀酒失敗，這是本研究過去105學年度時一直失敗的原因。



三、研究二：紅藜粉有無帶殼對釀小米酒產氣量的影響

(一)變因

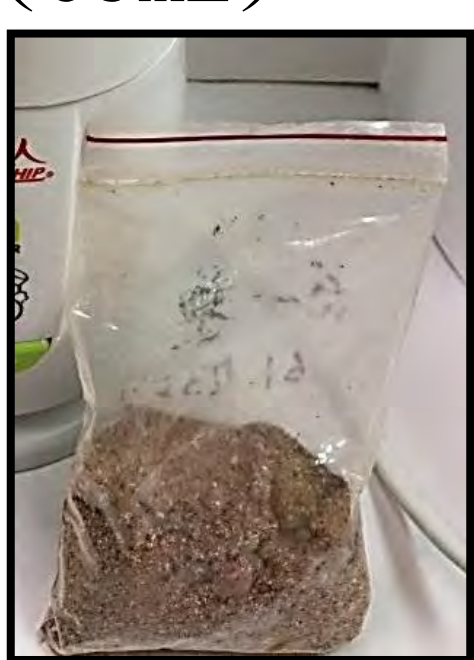
操縱變因：有無帶殼【甲：無殼0.6g、乙：有殼0.6g】

應變變因：測量產氣量 單位：mL

不變變因：溫度(10/12~10/16 室溫23~29°C)、小米漿(10mL)、水(5mL)、空氣量(活塞移至刻度15mL)、針筒(65mL)。



甲：無殼

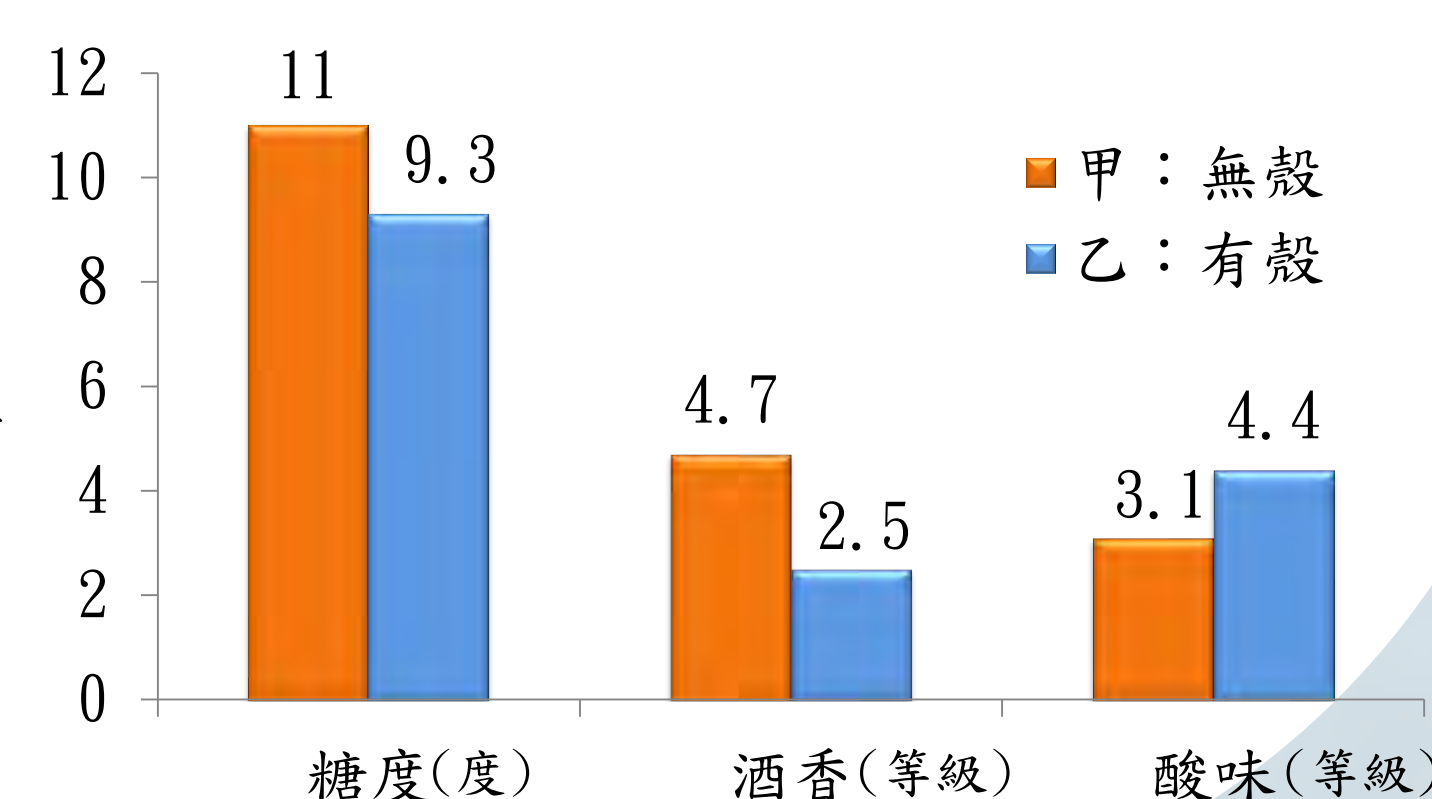
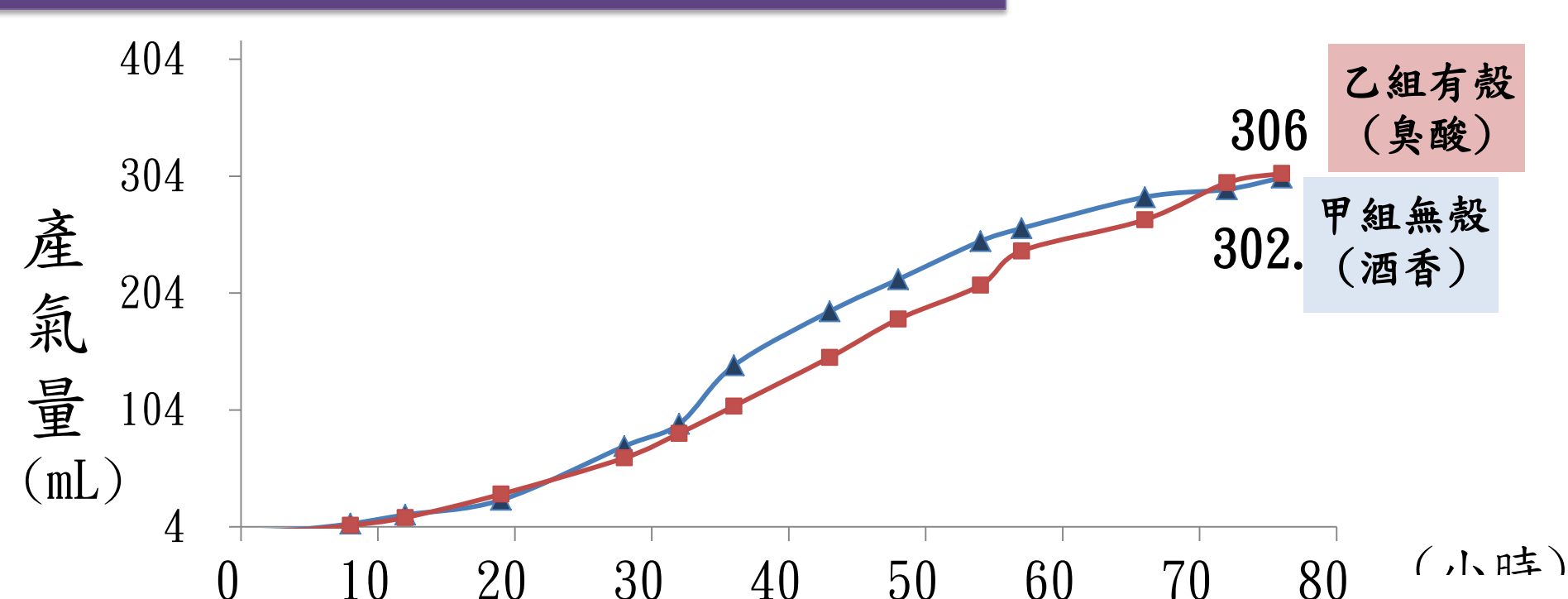


乙：有殼



(二)討論

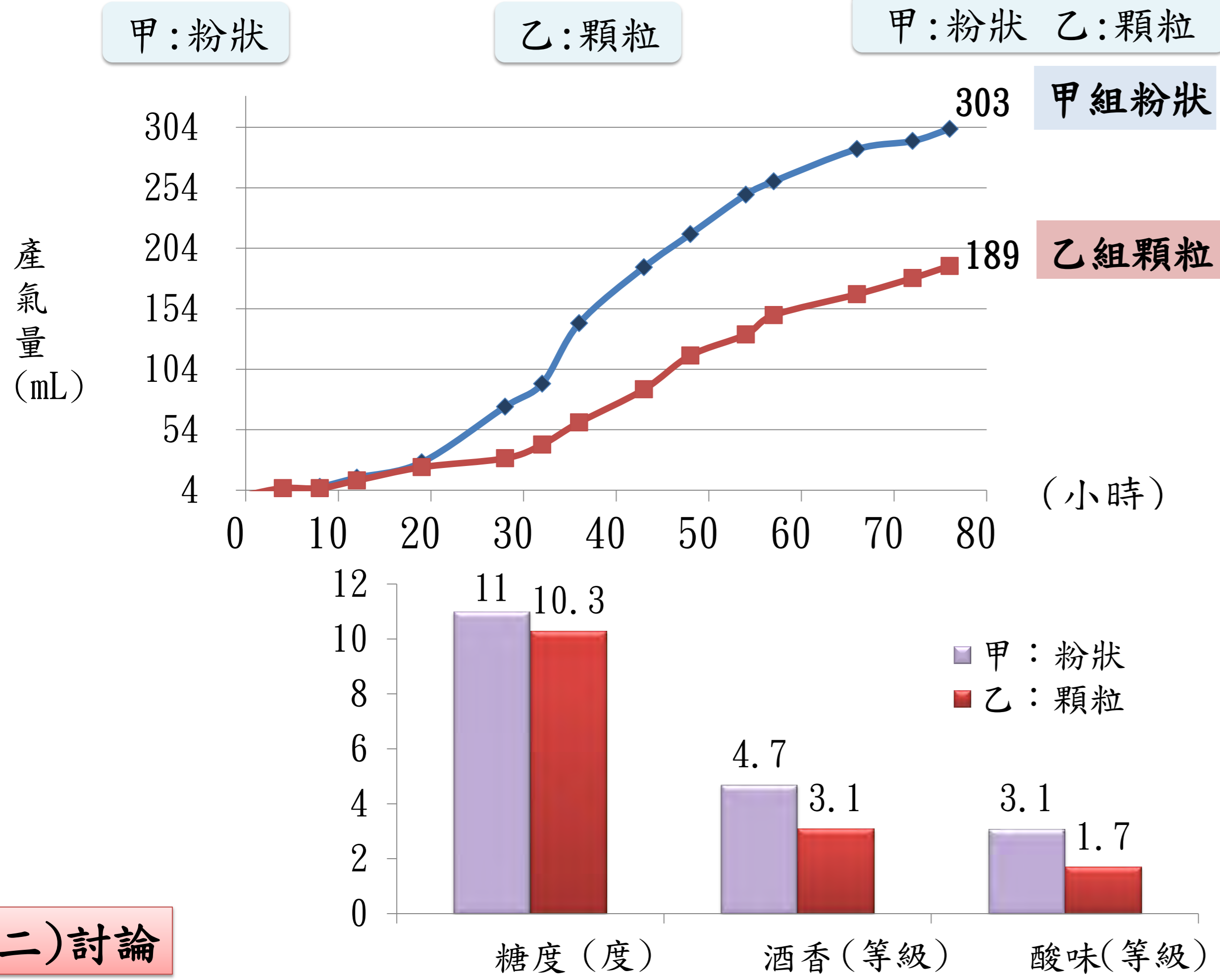
- 有殼、無殼產氣量差距不大。
- 最後打開針筒聞味道，甲組無殼是酒香味，釀酒成功；乙組有殼是臭酸味，釀酒失敗。



四、研究三：紅藜粉碎度對釀酒產氣量的影響

(一)變因

操縱變因：紅藜粉碎度【甲：粉狀、乙：顆粒】
 應變變因：測量產氣量 單位：mL
 不變變因：溫度(10/12~10/16室溫23~29℃)、小米漿(10mL)、水(5mL)、空氣量(活塞移至刻度15mL)、灌食器針筒(65mL)。



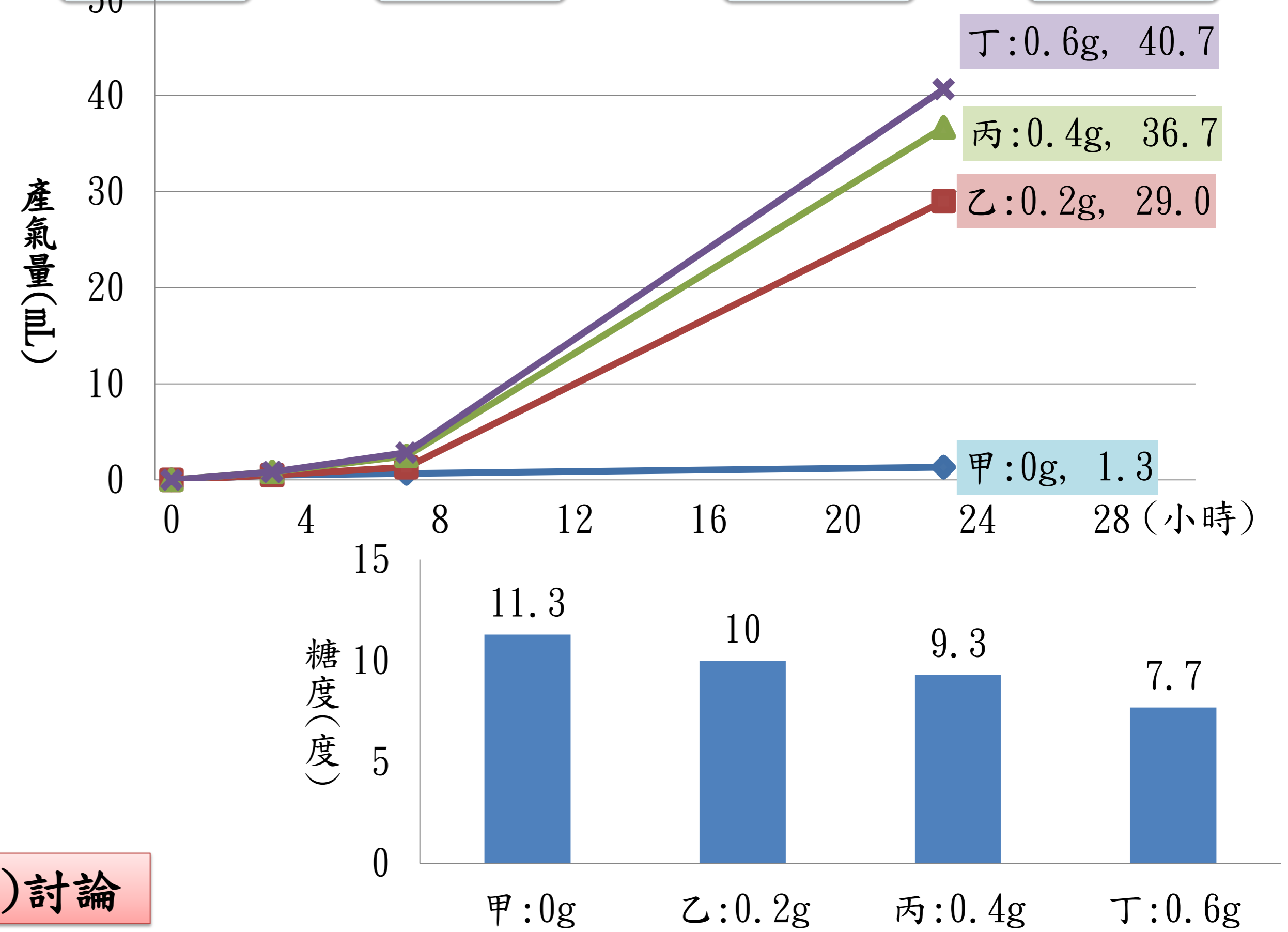
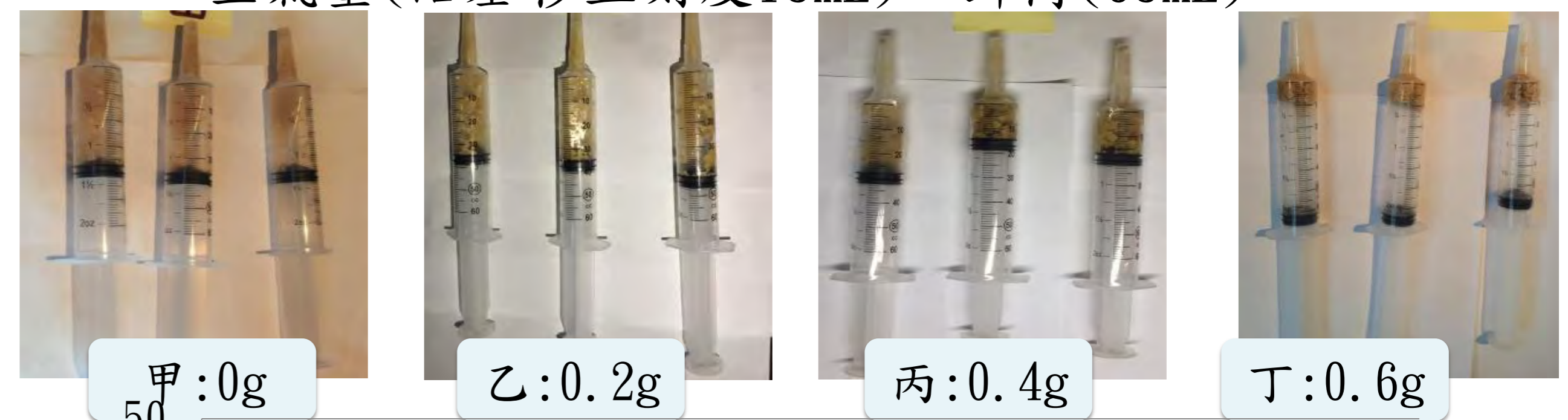
(二)討論

紅藜打成粉末狀後，與小米產生反應的面積增加，所以產氣量上升得較多。因此，以紅藜釀酒建議要將紅藜粉打碎成粉末。而紅藜顆粒隱約聞到臭酸味，因此我們建議以粉狀紅藜進行釀酒，才會成功。

五、研究四：紅藜粉量對釀酒產氣量的影響

(一)變因

操縱變因：紅藜粉【甲：0g、乙：0.2g、丙：0.4g、丁：0.6g】
 應變變因：測量產氣量 單位：mL
 不變變因：溫度(9/26~9/27室溫30℃)、小米漿(10mL)、水(5mL)、空氣量(活塞移至刻度15mL)、針筒(65mL)。



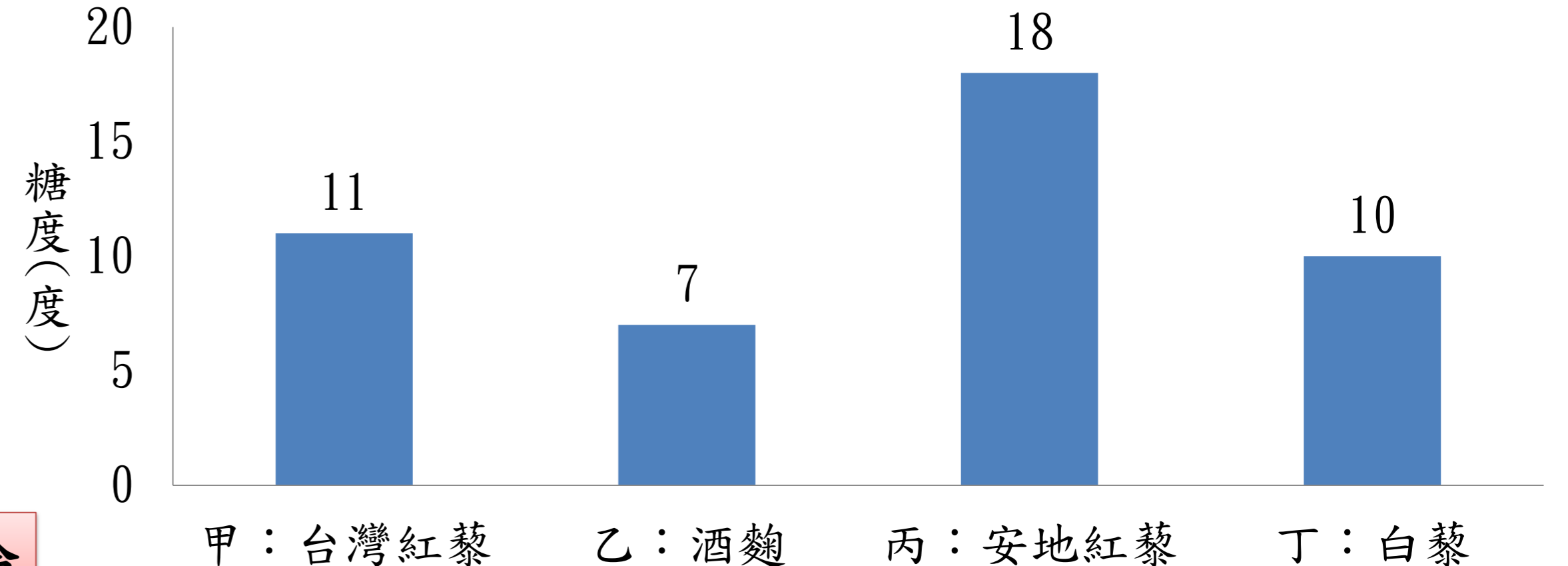
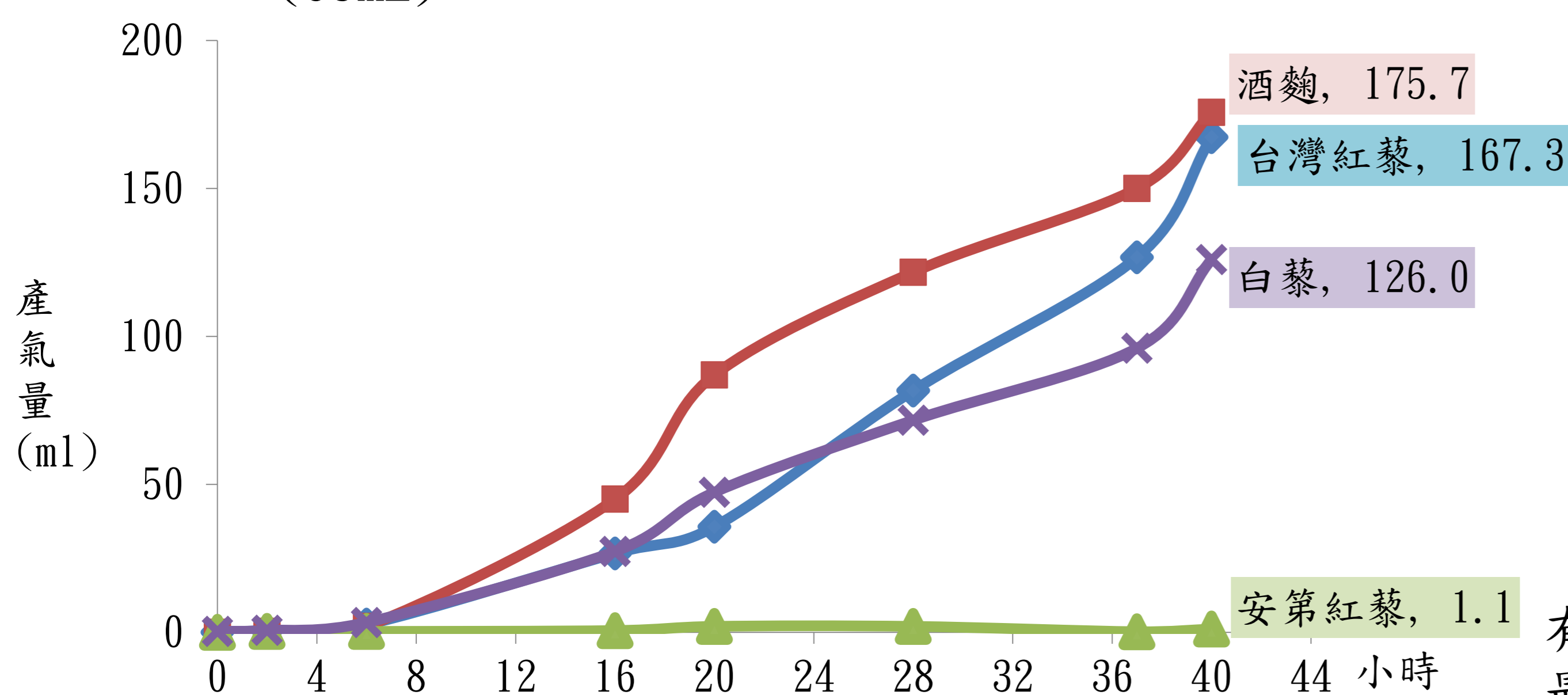
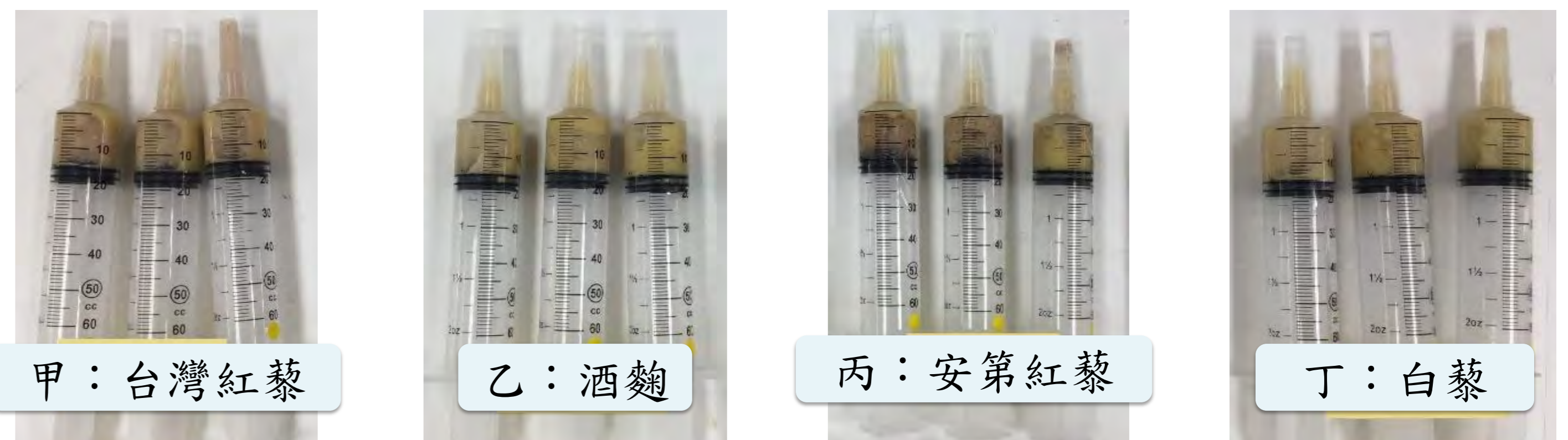
(二)討論

1. 甲組無紅藜粉23小時明顯幾乎無產氣量，乙組0.2g為29mL、丙組0.4g為36.7mL是甲組的1.27倍、丁組0.6g為40.7mL是甲組的1.4倍；紅藜粉量越多，則產氣量多，釀酒速度較快。
2. 只做前23小時實驗，因為持續下去後，甲組也會有產氣量發生，但是臭酸的，而非釀酒成功的結果，因此，只採計前23小時數據進行分析。

六、研究五：酒母種類對釀小米酒產氣量的影響

(一)變因

操縱變因：酒母種類
 【甲：台灣紅藜0.6g、乙：酒麴0.6g、丙：安第紅藜0.6g、丁：白藜0.6g】
 應變變因：測量產氣量 單位：mL
 不變變因：溫度(10/3~10/5 室溫30℃)、小米漿(10mL)、水(5mL)、空氣量(活塞移至刻度15mL)、針筒(65mL)。



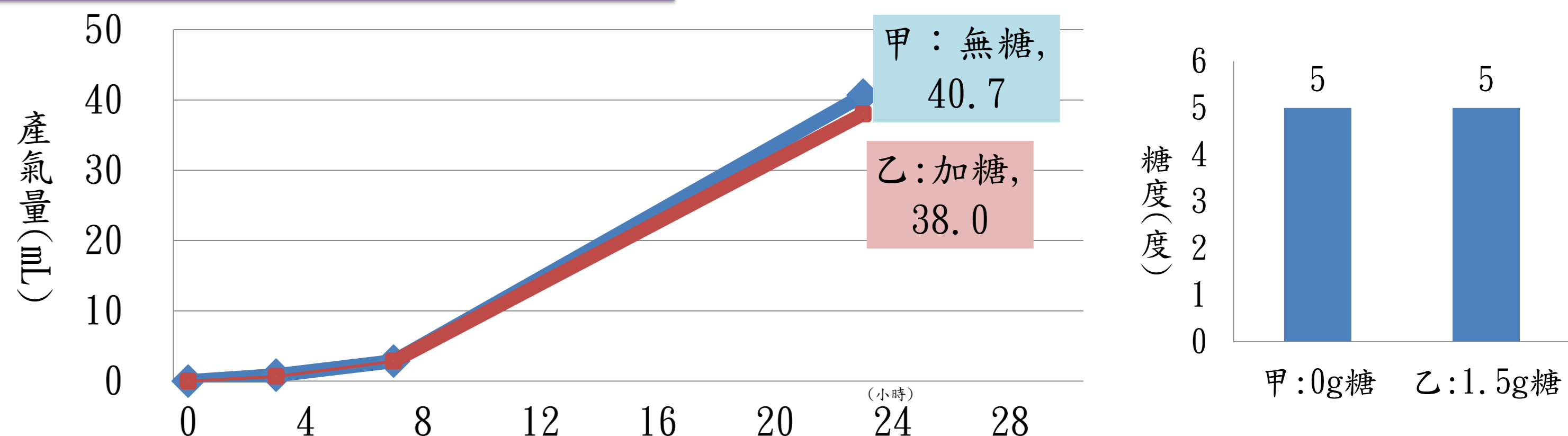
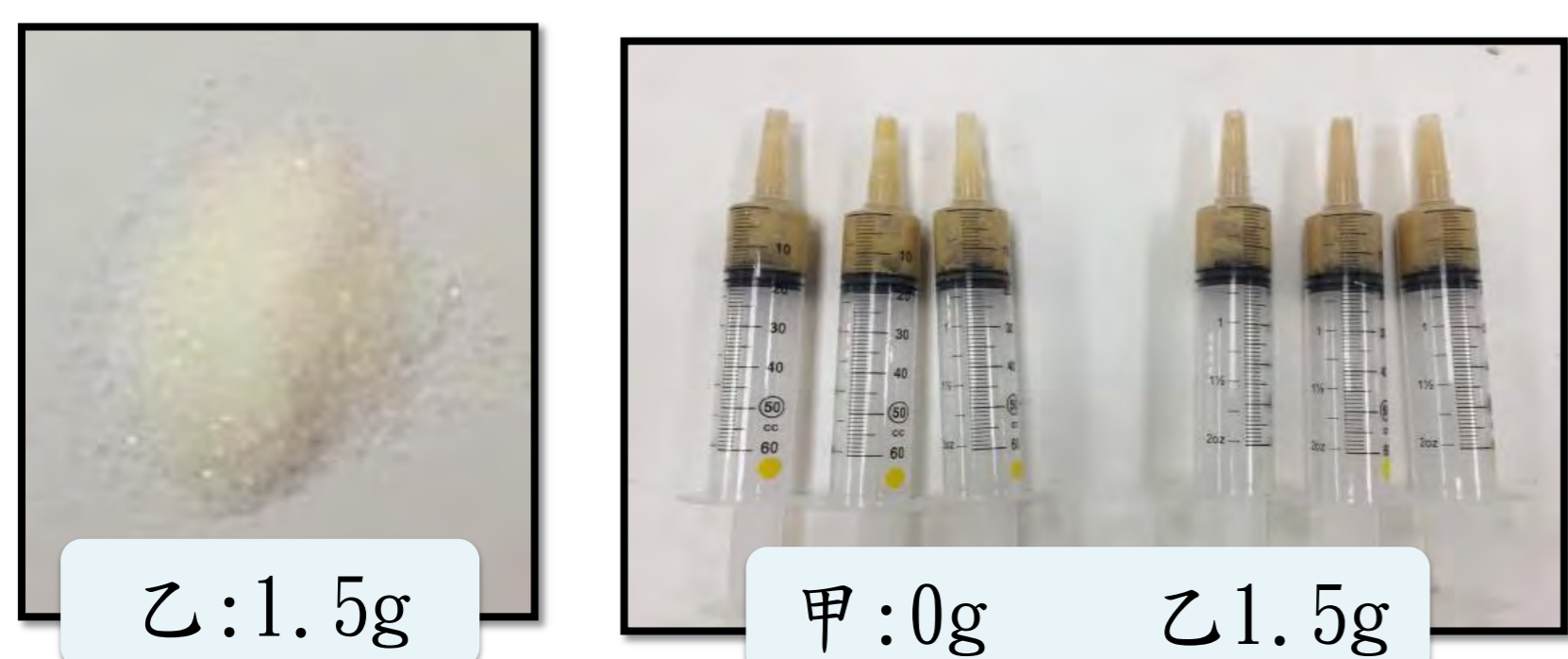
(二)討論

安第斯山進口紅藜的幾乎沒有產氣量，其餘三種的產氣量都有，市售酒麴與台灣紅藜差距不大，酒釀湯圓店的市售酒麴產氣量最多，店家表示裡面有三種可以釀酒的植物，但秘方不公開。

七、研究六：糖量對釀小米酒產氣量的影響

(一)變因

操縱變因：糖粉份量【甲：0g、乙：1.5g】
 應變變因：測量產氣量 單位：mL
 不變變因：溫度(10/3~10/5室溫30℃)、小米漿(10mL)、水(5mL)、空氣量(活塞移至刻度15mL)、針筒(65mL)、紅藜粉量(0.6g)。



(二)討論

糖是酵母菌的食物來源，有糖酵母菌才能存活，若小米釀酒，第一步驟澱粉轉成糖的速度太慢，糖太少的情況下無法讓酵母菌存活，就會釀酒失敗，所以直接加糖釀酒，算是偷呷步，是為了讓酵母菌存活。我們進行有無加糖實驗，結果發現，有無加糖的產氣量差不多，代表米漿讓澱粉轉成糖的速度是足夠的。

八、研究七：溫度對瓶裝釀小米紅藜酒的影響

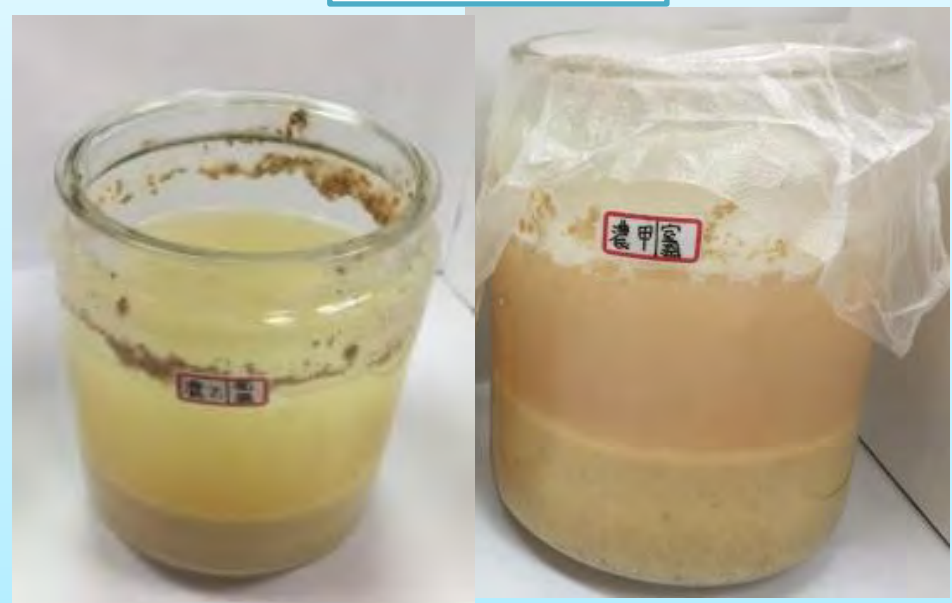
(一)變因

操縱變因：溫度
 【甲：室溫25℃~30℃、乙：高溫(40℃)】
 應變變因：紀錄現象及第7天的酒度。
 不變變因：小米量(400g)、紅藜量(24g)、玻璃瓶。



第一天 第二天
 小米漿400g+紅藜粉24g 氣泡0.7cm 氣泡0.1cm

第五天



甲出現分層一點點酒香
乙上層液體增加很有酒香

第七天

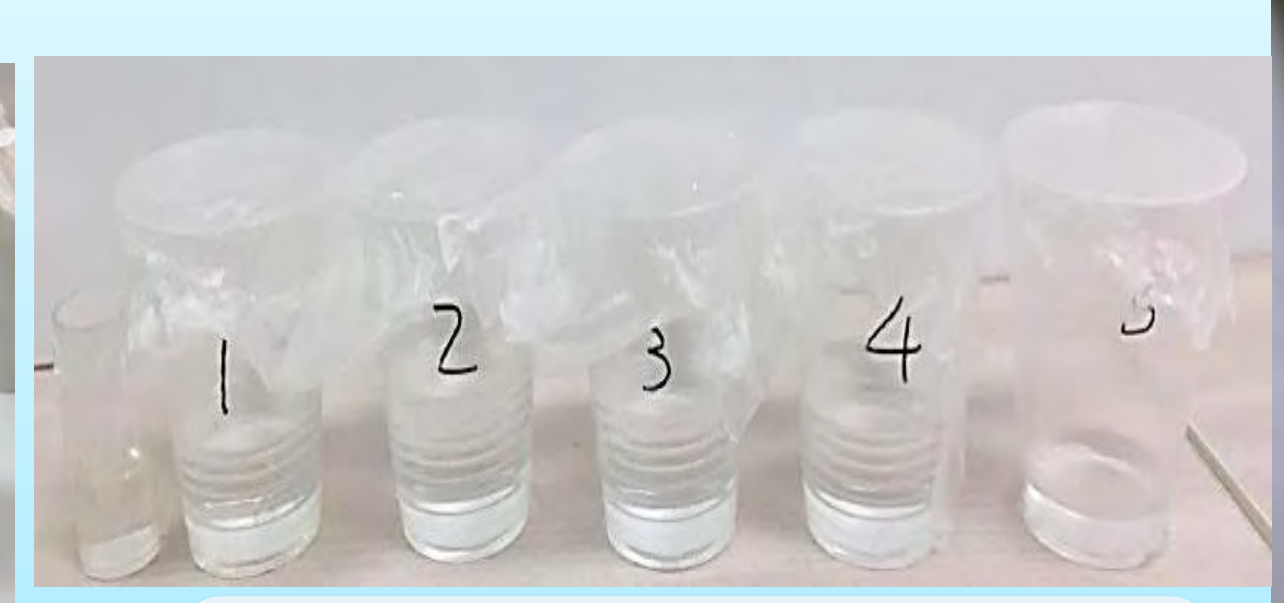


甲微量白膜
乙上層液體增加呈現透明

第八天



甲白膜多
乙上層液體越來越透明



乙瓶取得蒸餾透明的酒，酒度為7、2、0、0.1、0.1度。



蒸餾酒

(二) 討論

1. 蒸餾酒：

- (1)請教專家得知，「釀好小米酒要加熱至70°C來滅菌，這過程也能除去有毒低沸點甲醇（酒頭）。能蒸餾最好，但酒液體積前1%餾出物（酒頭）不收，因為含有較多的甲醇；後面的酒尾也不收，因含易宿醉頭痛的高級醇（帶有苦味）。」
- (2)乙組40°C液體放入蒸餾機內取透明的酒測量酒度，第一杯酒味最濃。

2. 為什麼甲組室溫會產生白膜，乙組高溫就不會產生？

甲組室溫下產生白膜，異常發酵，有白膜常會混有其他雜菌（如黴菌），聞起來酸味是因乳酸菌將醣類代謝成乳酸，這種只能丟棄。而那層白膜是產膜酵母，最適繁殖溫度為25-30°C，所以40°C不利於繁殖，因此我們只蒸餾40度的酒釀。

九、研究八：瓶內空氣量對瓶裝釀小米紅藜酒的影響

(一) 變因

操縱變因：空氣量【甲：230 mL(少)、乙：470 mL(多)】

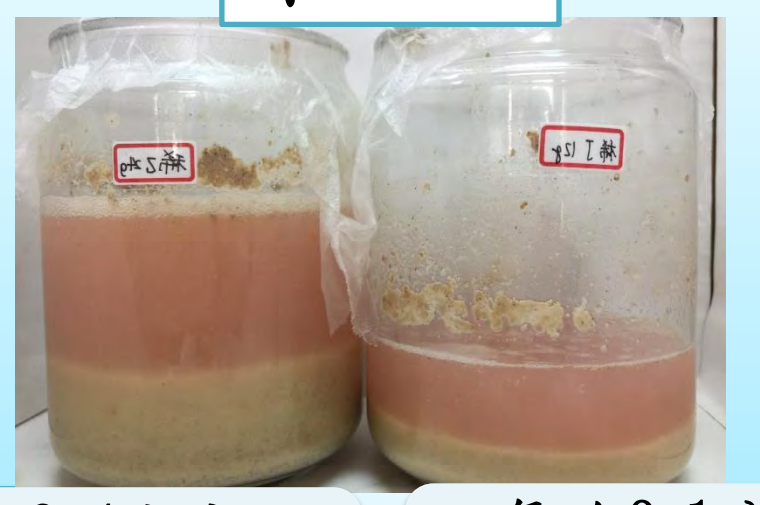
應變變因：觀察現象

不變變因：(紅藜：小米)體積比=(6:100)、溫度(氣溫約30°C，甲乙組同時進行實驗)、玻璃瓶(650mL)。

第一天

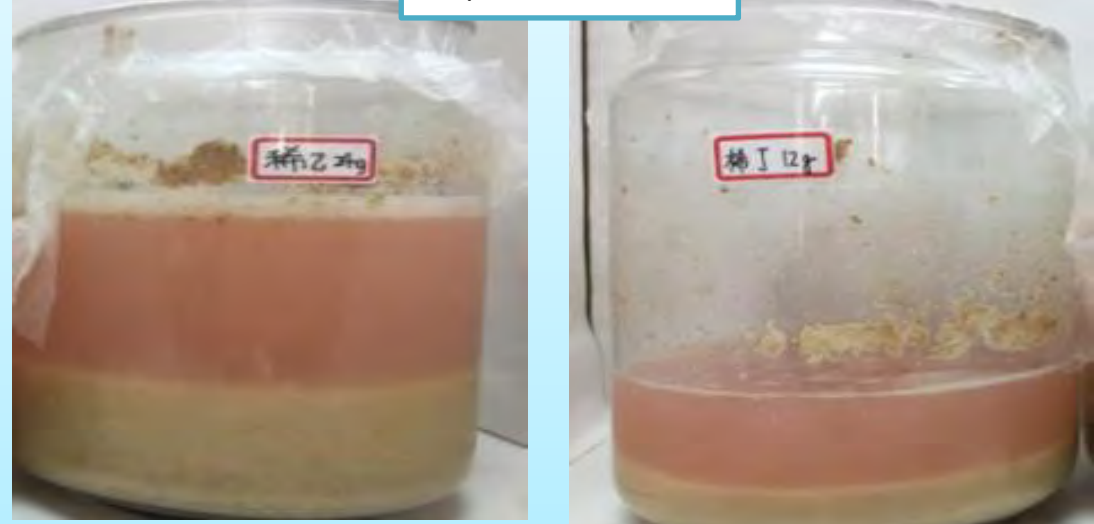


第二天



甲氣泡0.4公分，小米沉澱不明顯。
乙氣泡0.1公分，幾乎沒有氣泡。

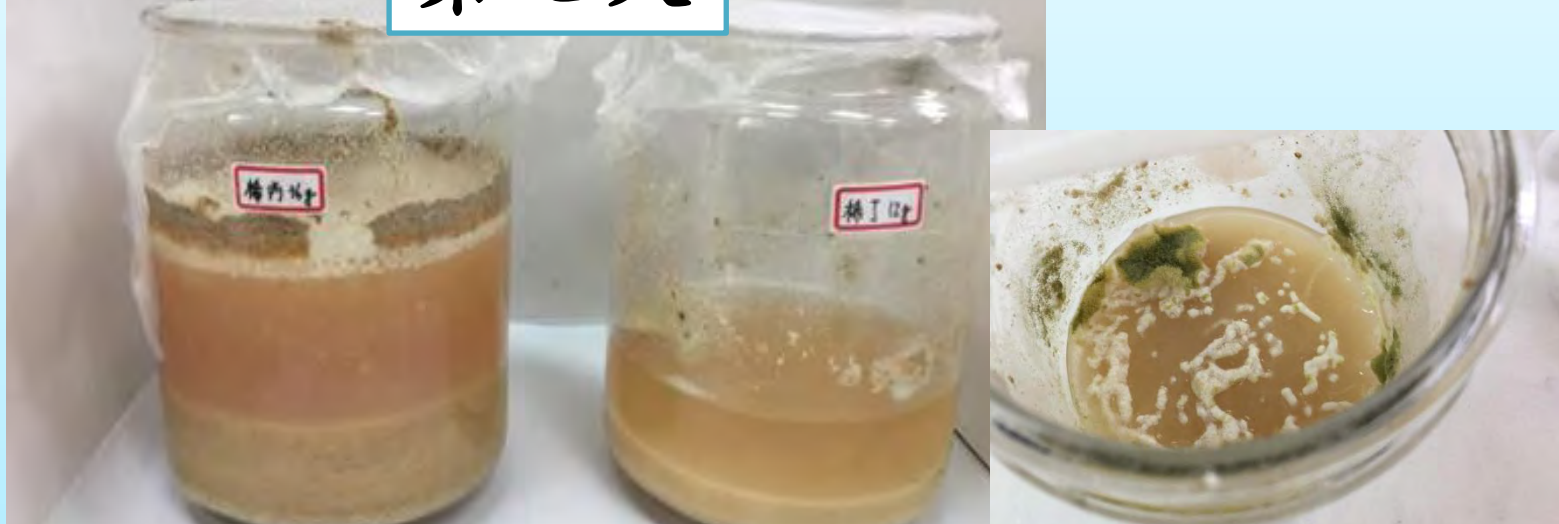
第五天



甲分層、玉米筍味

乙分層、醬油味

第七天



甲淡酒香味長白膜

乙發黴

第八天



甲長白膜

乙發黴多

(二) 討論

我們想要瞭解如果釀酒時，瓶內的空間是否會影響釀酒的結果，實驗證實第七天長黴菌，這是因為黴菌是好氧菌，空氣量多就容易長黴菌，所以，建議釀酒時瓶內儘量將原料裝到至少八分滿，以減少空氣量。

伍、結論

一、針筒微量實驗

(一) 小米碎度

1. 小米磨碎成米漿產氣量較多，代表釀酒速度快且成功發出酒香味，這是因小米顆粒打成米漿時，使第一步驟澱粉轉成糖的速度會加速，讓酵母菌可以存活，所以第二步驟時，酵母菌會將糖轉為酒精及二氧化碳，就釀酒成功。
2. 小米是顆粒的情況下，在第一步驟時，澱粉轉成糖的速度太慢，酵母菌沒有糖，無法存活，無法啟動第二步驟，糖沒有轉成酒精，因此產生臭酸味，釀酒失敗，這是本研究過去105學年度時一直失敗的原因。

(二) 紅藜粉有無帶殼

分別以有殼、無殼紅藜進行實驗，它們的產氣量差不多的，但是甲組無殼紅藜釀出的結果是酒香味，而乙組有殼則是臭酸味，我們推測帶殼紅藜夾雜的雜菌較多，因此，紅藜釀酒時建議使用無殼紅藜。

(三) 紅藜粉碎度

分別將紅藜磨成粉末和顆粒進行實驗，結果發現紅藜粉末會與小米產生反應的面積增加，產氣量較多，釀酒速度約是紅藜顆粒的1.6倍。因此，以紅藜釀酒建議要將紅藜粉打碎成粉末，而氣味方面，紅藜粉末的酒香和酸味都高於紅藜顆粒的。

(四) 紅藜粉量

若沒有加紅藜粉在小米漿，至23小時時，明顯幾乎無產氣量，而小米漿裡加紅藜粉量越多，則產氣量多，代表釀酒速度較快。

(五) 酒母種類

使用不同的酒母種類台灣紅藜、市售酒麴、白藜、安第斯山進口紅藜進行實驗，只有安第斯山進口紅藜的幾乎沒有產氣量，其餘三種都有產氣量，以嘉義某家酒釀湯圓店的市售酒麴產氣量最多，店家說成分有三種可釀酒植物，但祕方不公開。

(六) 糖量

糖是酵母菌的食物來源，有糖酵母菌才能存活，若小米釀酒時，第一步驟澱粉轉成糖的速度太慢，糖太少的情況下無法讓酵母菌存活，就會釀酒失敗，所以直接加糖釀酒，算是偷呷步，是為了讓酵母菌存活。我們分別進行有無加糖實驗，結果發現，將小米打成米漿的情況下，有無加糖的產氣量是差不多，這代表小米打成米漿的作法，讓澱粉轉成糖的速度是足夠的。

綜合以上，根據針筒微量實驗的結果，紅藜釀酒建議使用「磨碎」的「無殼紅藜」及「磨碎」的「小米漿」，在初期如果散發麵包香味，而且產氣量很多，後期產生酒香味，就表示釀酒成功；如果初期沒有麵包香味，而且產氣量少，建議可以丟棄，因為後期一定會發出臭酸味，釀酒失敗。

二、瓶裝實驗

(一) 溫度實驗

甲組室溫下會異常發酵產生白膜，是產膜酵母，有酸味，只能丟棄，專家表示，業界都是加亞硫酸鹽來抑菌。而高溫40°C就不利於產膜酵母的繁殖，所以乙組高溫40°C下沒有產生白膜，可以蒸餾測酒度。

(二) 瓶內空氣量實驗

黴菌是好氧菌，瓶內空氣量多就容易長黴菌，所以，建議釀酒時瓶內儘量將原料裝到至少八分滿，以減少空氣量。

陸、參考資料

略。