

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 化學科

最佳(鄉土)教材獎

080210

「酒酒」好釀暖人心

—從釀造葡萄酒探討發酵變化

學校名稱：桃園縣桃園市西門國民小學

作者： 小六 張靖涵	指導老師： 王森結 黃勝仁
---------------	---------------------

關鍵詞：發酵、氣泡、酒精濃度

壹、摘要

為了瞭解釀酒過程中影響發酵的因素，我除了在自然科學課本中學習，再閱讀了相關書籍後，藉由在釀酒的時候加入糖和酒麴，來瞭解糖跟麴的作用；在裝瓶發酵的過程中將發酵環境分為室內、防潮箱、冰箱及長時間燈照等四種不同方式，來觀察濕度和溫度對發酵的影響。我每天做溫濕度的測試及記錄，並用肉眼觀察氣泡變化，評估改變哪一種因素可以得到最好的釀製效果，且以蒸餾的方式測量出酒精濃度進行驗證。除此之外，我也觀察到冰箱和長時間燈照這組實驗不只有改變了溫度這個條件，也同時改變了發酵過程中的亮度，所以亮度是否會影響發酵的結果？我又查了書本和問了專家學者，才知道應該是溫度的影響比較大。自然科學真的有太多的奧秘，這個實驗引發了我對大自然更多的好奇心，也希望未來能對影響發酵的原因能做更多的研究。

貳、研究動機

在自然課程學習中得知麵包的製作過程及保存方法，讓我了解麵包是由麵團和酵母菌在製作過程中引發發酵作用製成麵包，這引起了我很大的興趣。我想麵包是「固體」的，它可以由發酵過程製成食物，那有甚麼飲料也是可以由發酵過程製成呢？我看到了阿公家的酒櫃裡放著以前參觀宜蘭酒廠的收藏品，想起我在酒廠內的「臺灣紅麴館」看到有關於用「麴」來釀製酒的故事，頓時就激發了我實驗的精神，除了想更進一步瞭解釀酒的方法及發酵作用，而且如果能夠自己親手釀造好喝的酒給阿公品嚐，應該也是答謝阿公帶我去酒廠玩得很開心的一種方式吧！

參、研究目的

- 一、瞭解釀酒製作過程及各種不同的釀酒方式。
- 二、研究在同樣條件，不加糖與加糖、加糖與加糖加麴所造成的影響，透過實驗瞭解糖與麴的發酵變化。
- 三、探討分析由實驗環境變因，觀察溫濕度影響發酵變化之差異。
- 四、觀察由氣泡產生到氣泡結束找出完整發酵的過程且同樣條件下，哪一組實驗與環境變因可以得到最好的釀製結果？
- 五、經由蒸餾方式，瞭解各實驗組酒精濃度高低變化關係。
- 六、透過此次實驗，自行動手釀製葡萄酒給予賓客飲用。

肆、研究設備與器材



(圖 1)

表 (一)

材料	數量&重量	材料	數量&重量
葡萄	2400 公克 (每大組所需的重量) (每一密封罐為 600 公克)	二號砂糖	600 公克 (每大組所需的重量) (每一密封罐為 150 公克)
酒麴	每大組 / 22.5 公克 (每一密封罐為 5.625 公克)	蒸餾水	1200 公克 (每組所需的重量) (每一密封罐為 300 公克)
玻璃瓶	4 個 (含蓋子, 可密封)	蒸餾桶	1 個
溫(濕)度計	4 支	磅秤	1 台
照明燈	1 個	酒度計	1 支
防潮箱	1 座	冰箱	1 臺
記錄用筆記本	1 本	照相機	1 臺
蒸餾機	1 台	標籤紙	1 大張

伍、研究方法與過程

討論一：葡萄酒釀製方式及種類

(一)葡萄的選擇

選購葡萄時，選擇一般市面上所販賣的即可，分別購買白葡萄、紅葡萄來釀製葡萄酒。

(二)釀酒的種類

依製造方式不同，酒類製品可概括的分為釀造酒、再製酒、蒸餾酒，釀製葡萄酒是以釀造酒製成，故此次實驗選擇釀造酒。

(三)釀製的方式

分別有蒸煮、液化、糖化、發酵、蒸餾五種釀造方式，其中又以糖化最適合釀製葡萄酒，加糖的唯一目的就是彌補葡萄中的含糖量不足，且文獻資料顯示，葡萄：糖 = 1：4 左右的比例對發酵是最適合的。

釀酒酵母菌 = $\boxed{\text{糖}} \rightarrow \text{酒精} + \text{二氧化碳}$

(四)容器的選擇

因葡萄酒發酵過程中會產生大量的二氧化碳，如密封的太緊，瓶內壓力太大，會導致爆炸，故選擇硬度較高的玻璃瓶來釀製。

(五)加麴的影響

酒麴，含有許多對釀酒有用的微生物，如根黴菌、毛黴菌、酵母菌等等。而根黴菌和毛黴菌不僅有酒精發酵力，而且有很強的糖化澱粉的能力，早在中國三千多年前便已能熟練地製麴並用酒麴釀酒，這是中國人發明的一種特殊釀酒法。

討論二：媒介與情境的變因設定

利用不同的方法觀察發酵時間，且溫度、及濕度也是重要的。分別實驗白葡萄及紅葡萄組，設定三種媒介(都不加、加糖、加糖加麴)及各個情境，分別為室內、防潮箱、冰箱及照燈組，透過記錄觀察否會影響發酵時間。

討論三：天數設定及發酵過程

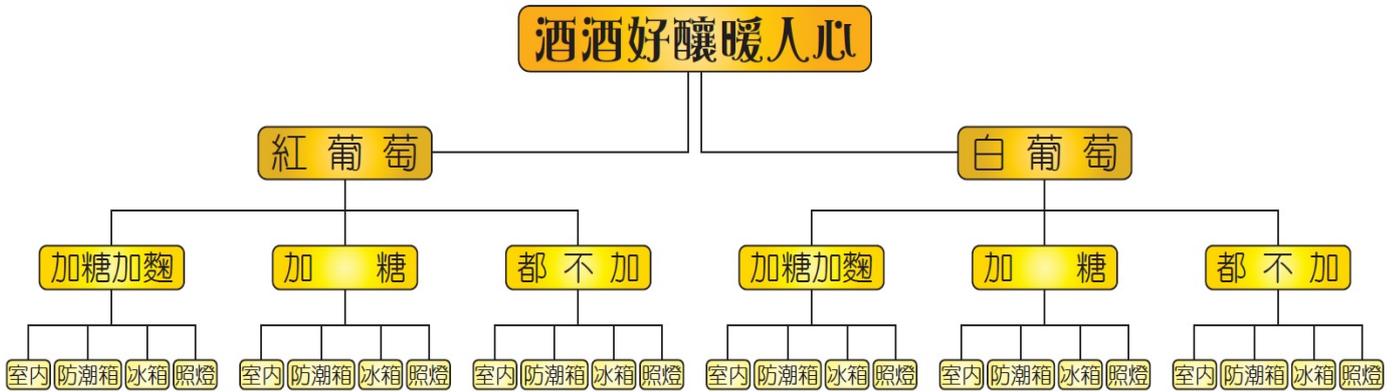
酵母菌行發酵作用產生酒精與二氧化碳，當桶內壓力大於大氣壓力時、二氧化碳經由發酵栓排出桶外。發酵應置於溫度 20~27°C 環境中進行發酵，發酵將進行約 15~20 天（視環境與原料而有不同）。發酵進行至發酵栓中不再冒出二氧化碳時，即完成發酵。

討論四：酒精濃度

甜度越高的葡萄，釀製效果最好，葡萄酒自然釀造最高能達到的酒度是 15 度。加糖以提高酒精濃度，也是有限的，不是糖放得越多酒精濃度就會越高。當酒精濃度達到 15、16% 左右，酵母菌自己就受不了了，甚至會死亡，所以釀造酒的酒精濃度最高也就只有這麼高。市售葡萄酒的酒精濃度多半在 12% 上下。

一、實驗一：葡萄酒釀製方式及種類探討並分組實驗配置

瞭解釀酒方式及種類之後，訂定各組變因，瞭解不同情況下產生的結果差異，共 3 種媒介（都不加、加糖、加糖加麴）6 種方法、4 種情境（分別為室內、防潮箱、冰箱及照燈組），共 24 組實驗(如圖 2)。



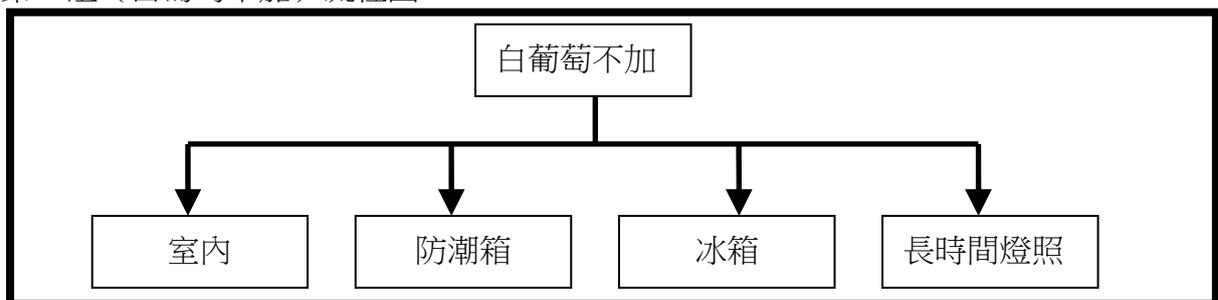
(圖 2)

二、實驗二：變因設定探討比較

分別實驗白葡萄及紅葡萄組，準備所需各種器材及材料開始製造簡單的葡萄酒，三種媒介(都不加、加糖、加糖加麴)且放置各個情境，分別為室內、防潮箱、冰箱及長時間燈照，比較各組在不同環境下產生的結果差異。

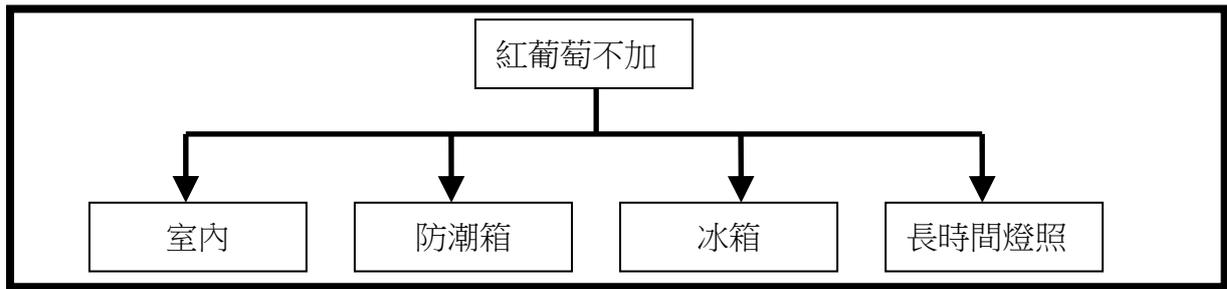
- (一)實驗白葡萄(不加)組(如圖)，瞭解各變因產生結果差異。
- (二)實驗紅葡萄(不加)組(如圖)，瞭解各變因產生結果差異。
- (三)第三組(白葡萄加糖)釀製，(如圖 5)，對照第一組(白葡萄不加)實驗下研究在同樣條件，不加糖與加糖所造成之差異。
- (四)第四組(紅葡萄加糖)釀製，(如圖 6)，對照第二組(紅葡萄不加)實驗下研究在同樣條件，不加糖與加糖所造成之差異。
- (五)第五組(白葡萄加糖加麴)釀製(如圖 7)，對照第三組(白葡萄加糖)實驗下研究在同樣條件，加麴與不加麴所造成的影響。
- (六)第六組(紅葡萄加糖加麴)釀製(如圖 8)，對照第四組(紅葡萄加糖)實驗下研究在同樣條件，加麴與不加麴所造成的影響。
- (七)研究在同樣條件下，哪一種葡萄與環境變因可以得到最好的釀製結果？

第一組（白葡萄不加）流程圖



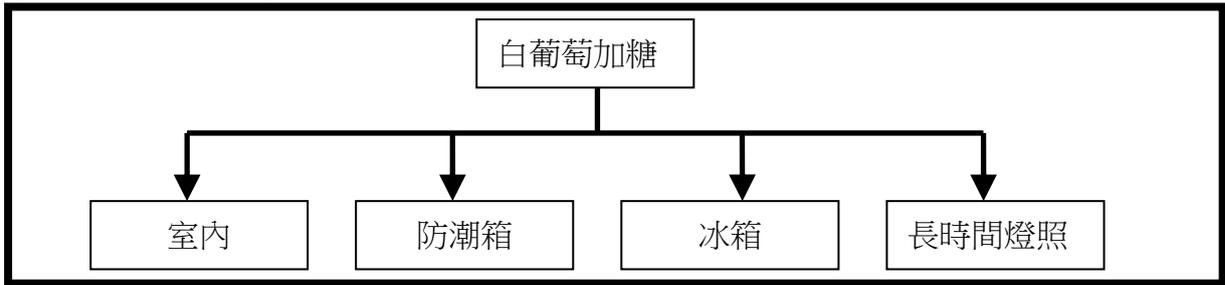
(圖 3)

第二組（紅葡萄不加）流程圖



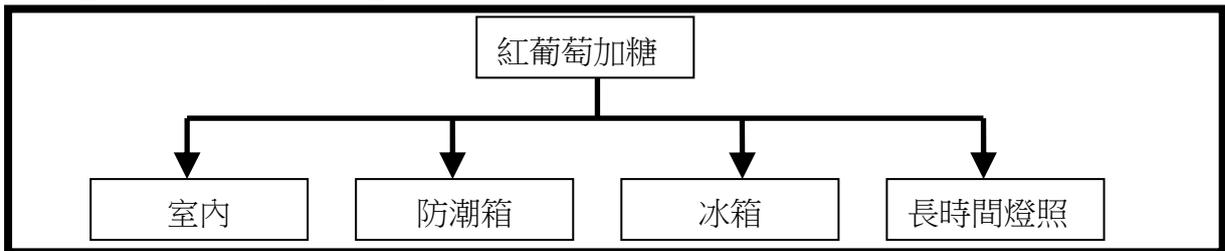
(圖 4)

第三組（白葡萄加糖）流程圖



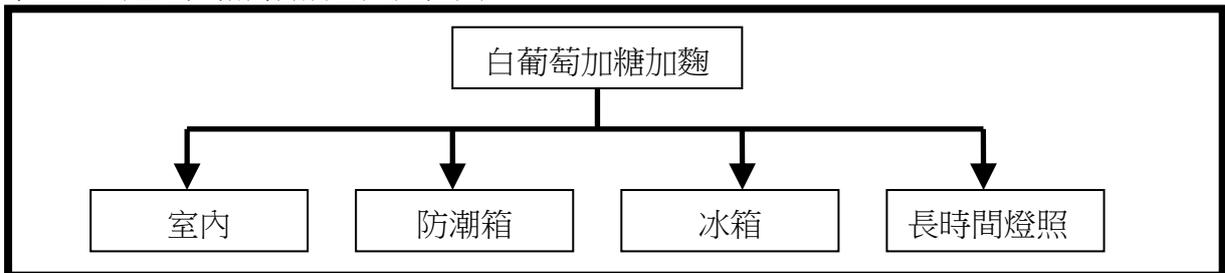
(圖 5)

第四組（紅葡萄加糖）流程圖



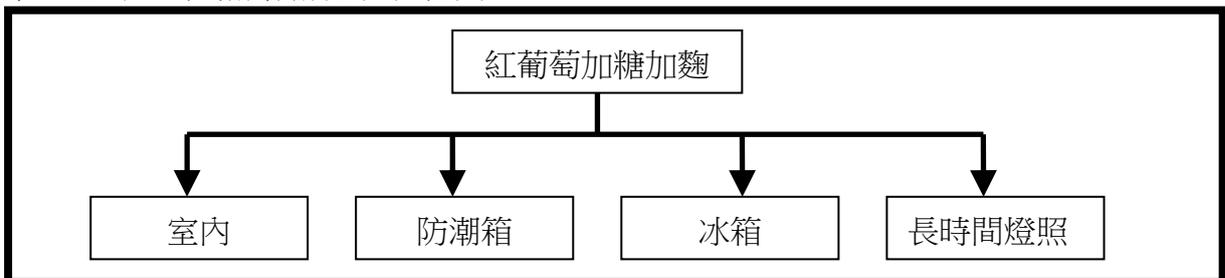
(圖 6)

第五組（白葡萄加糖加麴）流程圖



(圖 7)

第六組（紅葡萄加糖加麴）流程圖



(圖 8)

三、實驗三：天數設定及發酵過程探討

依照文獻 14 天即可完成葡萄酒的釀造，故時間設定為 14 天，每一天觀察記錄溫濕度對於氣泡及葡萄果肉顏色的變化，照片取質第一、六、十、十四天觀察其變化。

圖表(二)

 <p>(圖 9)</p>	 <p>(圖 10)</p>
<p>釀酒時會產生二氧化碳</p>	<p>好氧性菌會在酒液表面繁殖，以致形成菌落薄膜</p>

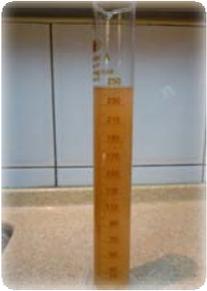
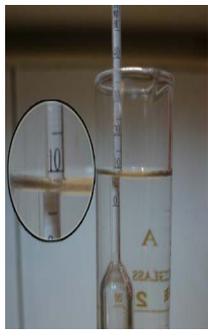
圖表(三)流程實驗照片

 <p>1.清洗葡萄</p>	 <p>2.拔梗</p>	 <p>3.破損及脫梗 檢出丟棄</p>	 <p>4.擦乾水分</p>	 <p>5.天然烘乾</p>
 <p>6.材料所需重量</p>	 <p>7.加入二號砂糖</p>	 <p>8.葡萄攪拌</p>	 <p>9.加入蒸餾水</p>	 <p>10.放入酒麴</p>
 <p>11.放入密封罐</p>	 <p>12.靜待發酵</p>	 <p>13.室內組</p>	 <p>14. 防潮箱組</p>	 <p>15.冰箱組</p>
 <p>16.照燈組</p>	 <p>17.釀製完成(四種環境因素)</p>			

四、實驗四：酒精濃度的探討

釀製結束後，分別把不同情境變因所釀製的酒放入試管蒸餾，蒸餾後使用酒度計測量酒精濃度，並記錄整理成圖表，可得知不同的媒介、情境變因所產生酒精濃度高低的變化、液體的色澤變化以及體積的變化。

圖表(四)

			
(圖 11)	(圖 12)	(圖 13)	(圖 14)
蒸餾前	蒸餾中	蒸餾後	酒度計測量酒精濃度

(一)實驗步驟

- 1.三種媒介(都不加、加糖、加糖加麴)與四種情境(室內、防潮箱、冰箱及照燈組)，依照蒸餾試管容器大小，各組所釀製出來葡萄酒原液加上蒸餾水各取 250c.c 一起做蒸餾，比較各組在不同環境下產生的結果差異。
- 2.使用葡萄酒原液及蒸餾水做蒸餾，蒸餾後液體約為 450c.c.，使用酒度計測得剛蒸餾完酒精濃度(熱)，並等待酒精冷卻後再測量一次，觀察是否酒精的冷熱度會影響酒度？並記錄下來。

圖表(五) - 範例表格

		酒精(熱)濃度 - 剛蒸餾完測量					
實驗組別	白葡萄不加	紅葡萄不加	白葡萄加糖	紅葡萄加糖	白葡萄加糖加麴	紅葡萄加糖加麴	
室內	___%	___%	___%	___%	___%	___%	
防潮箱	___%	___%	___%	___%	___%	___%	
冰箱	___%	___%	___%	___%	___%	___%	
照燈	___%	___%	___%	___%	___%	___%	
		酒精(冷)濃度 - 冷卻後測量					
實驗組別	白葡萄不加	紅葡萄不加	白葡萄加糖	紅葡萄加糖	白葡萄加糖加麴	紅葡萄加糖加麴	
室內	___%	___%	___%	___%	___%	___%	
防潮箱	___%	___%	___%	___%	___%	___%	
冰箱	___%	___%	___%	___%	___%	___%	
照燈	___%	___%	___%	___%	___%	___%	

3.酒精濃度冷熱之探討 - 觀察蒸餾後酒精(熱)濃度、酒精(冷)濃度的液體色澤變化及體積有無改變，且驗證是否酒精的冷熱度會影響體積？並記錄下來。

4. 運用化學公式測量體積：體積百分濃度 = $\frac{\text{溶質毫升數}}{\text{溶液毫升數}} \times 100\%$ 。

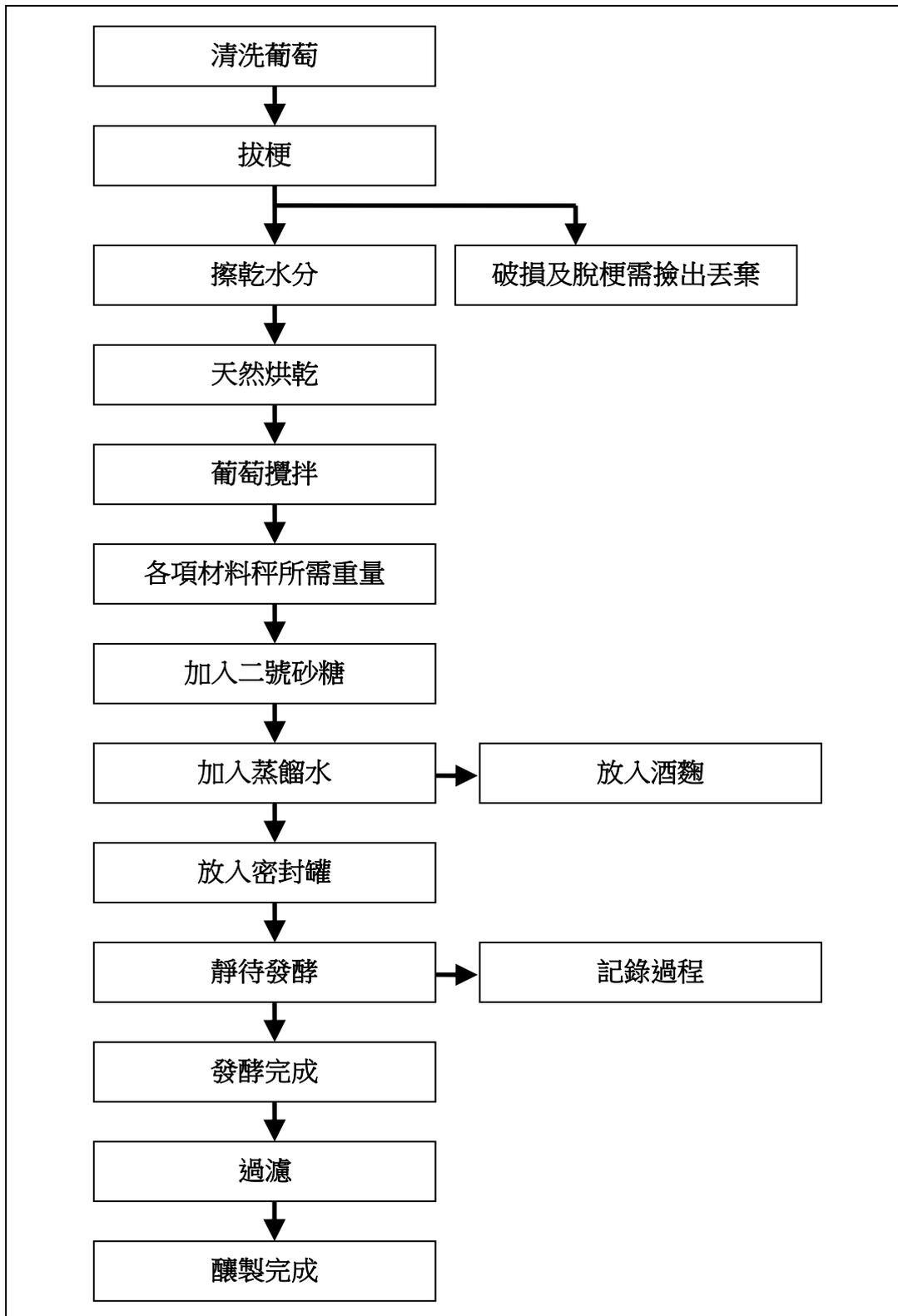
圖表(六) - 範例表格

		酒精(熱)濃度 - 剛蒸餾完測量					
		液體顏色變化					
實驗組別		白葡萄不加	紅葡萄不加	白葡萄加糖	紅葡萄加糖	白葡萄加糖加麴	紅葡萄加糖加麴
室內							
防潮箱							
冰箱							
照燈							
實驗組別	酒精體積變化 (450c.c × 酒精濃度% = _____ ml)						
室內		___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml
防潮箱		___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml
冰箱		___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml
照燈		___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml
		酒精(冷)濃度 - 冷卻後測量					
		液體顏色變化					
實驗組別		白葡萄不加	紅葡萄不加	白葡萄加糖	紅葡萄加糖	白葡萄加糖加麴	紅葡萄加糖加麴
室內							
防潮箱							
冰箱							
照燈							
實驗組別	酒精體積變化 (450c.c × 酒精濃度% = _____ ml)						
室內		___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml
防潮箱		___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml
冰箱		___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml
照燈		___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml	___ ml

六、釀製葡萄酒流程圖

由實驗開始到結束繪製成流程圖。

圖表(七)



陸、研究結果

一、釀製葡萄酒觀察氣泡變化

(一) 實際觀察白葡萄(都不加)溫濕度及發酵變化(實驗一)

圖表(八)

時間 2013 (年) 月/日	第一組 室內		第二組 防潮箱		第三組 冰箱		第四組 照燈	
	溫度	溼度	溫度	溼度	溫度	溼度	溫度	溼度
第一天 01/05	21°C	90%	22°C	45%	8°C	82%	26°C	35%
	未有什麼變化		未有什麼變化		未有什麼變化		未有什麼變化	
								
	(圖 15)		(圖 16)		(圖 17)		(圖 18)	
第五天 01/09	18°C	100%	22°C	44%	9°C	79%	24°C	34%
	仍未有變化		沒有什麼變化		仍未有變化		罐內開始 有很微小氣泡	
第十天 01/14	20°C	90%	22°C	47%	9°C	81%	24.5°C	34%
	果肉明顯變深		罐內果肉變深，開始 有很微小氣泡		沒有什麼變化		果肉顏色變更深	
								
	(圖 23)		(圖 24)		(圖 25)		(圖 26)	
第十四天 01/18	19°C	91%	22.5°C	46%	8°C	79%	26.5°C	34%
	顏色一樣深， 大氣泡沒冒出		沒有變化		仍然沒有氣泡形成		顏色變深， 只有小氣泡	
								
	(圖 27)		(圖 28)		(圖 29)		(圖 30)	

(一)實驗結果(白葡萄都不加)各實驗組在環境變因下葡萄酒觀察氣泡
表(九)

組別 \ 變因	溫度	濕度	氣泡 (有無消失)	果肉 (變深)	天數 (發酵完成)
室內實驗組	21 ~ 25 °C	30 ~ 50 %	v	v	未發酵完成
防潮箱實驗組	21 ~ 23 °C	44 ~ 49 %	v	v	未發酵完成
冰箱實驗組	7 ~ 9 °C	76 ~ 83 %	無氣泡生成	v	無發酵
照燈實驗組	21 ~ 27 °C	30 ~ 50 %	v	v	未發酵完成

1.室內實驗組：溫度介於 21~25 度且濕度都在 30~50%，果肉變深，大泡泡未出現，此組未發酵完成。

2.防潮箱實驗組：溫度介於 21~23 度且濕度都在 44~49%，果肉變深，比室內實驗組早一天有氣泡形成，大泡泡未出現，此組未發酵完成。

3.冰箱實驗組：溫度介於 7~9 度且濕度都在 76~83%，1~14 天完全沒有變化，果肉變深，氣泡皆沒有生成。

4.照燈實驗組：溫度介於 21~27 度且濕度都在 30~50%，果肉變深，此組未發酵完成。

(二)實際觀察紅葡萄(都不加)溫濕度及發酵變化(實驗二)
圖表(十)

時間 2013 (年) 月/日	第一組 室內		第二組 防潮箱		第三組 冰箱		第四組 照燈	
	溫度	溼度	溫度	溼度	溫度	溼度	溫度	溼度
第一天 01/05	21°C	90%	22°C	45%	8°C	82%	26°C	35%
	未有什麼變化		未有什麼變化		未有什麼變化		未有什麼變化	
								
第六天 01/10	19°C	91%	23°C	43%	9°C	80%	23°C	35%
	有很微小氣泡		表面果肉變深色， 有氣泡產生		果肉顏色變深		大小氣泡形成	
								

第十天 01/14	20°C	90%	22°C	47%	9°C	81%	24.5°C	34%
	果肉明顯變深		沒有什麼變化		沒有什麼變化		果肉顏色變更深	
								
(圖 39)		(圖 40)		(圖 41)		(圖 42)		
第十四天 01/18	19°C	91%	22.5°C	46%	8°C	79%	26.5°C	34%
	顏色一樣深， 大氣泡沒冒出		顏色與氣泡一樣多 大氣泡沒冒出		仍然沒有氣泡形成		大氣泡消失 只剩小氣泡	
								
(圖 43)		(圖 44)		(圖 45)		(圖 46)		

(二)實驗結果(紅葡萄都不加)各實驗組在環境變因下葡萄酒觀察氣泡表(十一)

組別 \ 變因	溫度	濕度	氣泡 (有無消失)	果肉 (變深)	天數 (發酵完成)
室內實驗組	21 ~ 25 °C	30 ~ 50 %	v	v	未發酵完成
防潮箱實驗組	21 ~ 23 °C	44 ~ 49 %	v	v	未發酵完成
冰箱實驗組	7 ~ 9 °C	76 ~ 83 %	無氣泡生成	v	無發酵
照燈實驗組	21 ~ 27 °C	30 ~ 50 %	v	v	未發酵完成

1.室內實驗組：溫度介於 21~25 度且濕度都在 30~50%，有小氣泡形成，果肉變深，大泡泡未出現，此組未發酵完成。

2.防潮箱實驗組：溫度介於 21~23 度且濕度都在 44~49%，比室內實驗組早一天果肉顏色變深，小氣泡生成，大泡泡未出現，此組未發酵完成。

3.冰箱實驗組：溫度介於 7~9 度且濕度都在 76~83%，1~14 天完全沒有變化，果肉變深，氣泡皆沒有生成。

4.照燈實驗組：溫度介於 21~27 度且濕度都在 30~50%，有大小氣泡形成，果肉變深，氣泡未完全消失，此組未發酵完成。

(三)實際觀察白葡萄(加糖)溫濕度及發酵變化(實驗三)

圖表(十二)

時間 2013 (年) 月/日	第一組 室內		第二組 防潮箱		第三組 冰箱		第四組 照燈	
	溫度	溼度	溫度	溼度	溫度	溼度	溫度	溼度
第一天 01/05	21°C	90%	22°C	45%	8°C	82%	26°C	35%
	未有什麼變化		晚上已有微小氣泡產生		未有什麼變化		晚上已有小氣泡形成	
								
(圖 47)		(圖 48)		(圖 49)		(圖 50)		
第六天 01/10	19°C	91%	23°C	43%	9°C	80%	23°C	35%
	已有大氣泡產生		表面果肉變深色		果肉顏色變深		大小氣泡形成	
								
(圖 51)		(圖 52)		(圖 53)		(圖 54)		
第十天 01/14	20°C	90%	22°C	47%	9°C	81%	24.5°C	34%
	液體下方呈現透澈的感覺，氣泡仍在形成		氣泡仍大顆小顆從果肉中形成		表面果肉變深色(愈來愈多)		已有白白的薄膜包附少數果肉	
								
(圖 55)		(圖 56)		(圖 57)		(圖 58)		

第十四天 01/18	19°C	91%	22.5°C	46%	8°C	79%	26.5°C	34%
	氣泡漸漸漸少		打開防潮箱 聞到非常濃的酒味		仍然沒有氣泡形成		發酵完成	
								
	(圖 59)		(圖 60)		(圖 61)		(圖 62)	

(三)實驗結果（白葡萄加糖）各實驗組在環境變因下葡萄酒觀察氣泡表(十三)

組別 \ 變因	溫度	濕度	氣泡 (有無消失)	果肉 (變深)	天數 (發酵完成)
室內實驗組	21 ~ 25 °C	30 ~ 50 %	v	v	14 天
防潮箱實驗組	21 ~ 23 °C	44 ~ 49 %	v	v	13 天
冰箱實驗組	7 ~ 9 °C	76 ~ 83 %	無氣泡生成	v	無 發 酵
照燈實驗組	21 ~ 27 °C	30 ~ 50 %	v	v	11 天

1.室內實驗組：溫度介於 21~25 度且濕度都在 30~50%，氣泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 14 天發酵結束。

2.防潮箱實驗組：溫度介於 21~23 度且濕度都在 44~49%，氣泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 13 天發酵結束。

3.冰箱實驗組：溫度介於 7~9 度且濕度都在 76~83%，1~14 天完全沒有變化，果肉變深，氣泡皆沒有生成。

4.照燈實驗組：溫度介於 21~27 度且濕度都在 30~50%，泡泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 11 天發酵結束。

(四)實際觀察紅葡萄加糖溫濕度及發酵變化(實驗四)

表(十四)

時間	第一組	室內	第二組	防潮箱	第三組	冰箱	第四組	照燈
2013 (年) 月/ 日	溫度	溼度	溫度	溼度	溫度	溼度	溫度	溼度
第一天 01/05	21°C	90%	22°C	45%	8°C	82%	26°C	38%
	未有什麼變化		到 20 小時左右 有少數氣泡形成		未有什麼變化		12 小時左右就發泡	
					(圖 63)	(圖 64)	(圖 65)	(圖 66)
第六天 01/10	19°C	91%	23°C	43%	9°C	80%	23°C	39%
	大小氣泡 從果肉間產生		氣泡越來越多， 白白的薄膜包覆葡萄		未有什麼變化		氣泡不斷的形成， 已高達 1.5cm 的高度	
					(圖 67)	(圖 68)	(圖 69)	(圖 70)
第九天 01/13	15.5°C	90%	22°C	46%	9°C	81%	24°C	36%
	白色薄膜 越來越多		氣泡仍然 大小顆的形成		果肉變深紫色 的越來越多		氣泡有逐漸減少， 但仍然有繼續產生	
					(圖71)	(圖72)	(圖73)	(圖74)

第十二天 01/16	18°C	91%	22°C	43%	8.5°C	76%	23°C	34%
	氣泡越來越少		氣泡漸漸減少		果肉變深紫色的 越來越多		果肉顏色越來越深	
								
	圖(75)		圖(76)		圖(77)		圖(78)	
第十四天 01/18	19°C	91%	22.5°C	46%	8°C	79%	26.5°C	35%
	只剩少數幾個氣泡， 可是仍有氣泡的產生		感覺果肉變小了 果肉顏色變深		果肉變深紫色的 越來越多		發酵完成	

(四)實驗結果（紅葡萄加糖）各實驗組在環境變因下葡萄酒觀察氣泡表(十五)

變因 組別	溫度	濕度	氣泡 (有無消失)	果肉 (變深)	天數 (發酵完成)
室內實驗組	21 ~ 25 °C	30 ~ 50 %	v	v	14 天
防潮箱實驗組	21 ~ 23 °C	44 ~ 49 %	v	v	13 天
冰箱實驗組	7 ~ 9 °C	76 ~ 83 %	無氣泡生成	v	無 發 酵
照燈實驗組	21 ~ 27 °C	30 ~ 50 %	v	v	11 天

1.室內實驗組：溫度介於 21~25 度且濕度都在 30~50%，氣泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 14 天發酵結束。

2.防潮箱實驗組：溫度介於 21~23 度且濕度都在 44~49%，氣泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 13 天發酵結束。

3.冰箱實驗組：溫度介於 7~9 度且濕度都在 76~83%，1~14 天完全沒有變化，果肉變深，氣泡皆沒有生成。

4.照燈實驗組：溫度介於 21~27 度且濕度都在 30~50%，泡泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 11 天發酵結束。

(五)實際觀察白葡萄加糖加麴溫濕度及發酵變化(實驗五)

表(十六)

時間	第一組	室內	第二組	防潮箱	第三組	冰箱	第四組	照燈
2013 (年) 月/日	21°C	90%	22°C	45%	8°C	82%	26°C	38%
第一天 01/05	中午開始冒泡		已冒泡有酸酸的味道		未有什麼變化		5 小時左右就發泡	
					圖(79)	圖(80)	圖(81)	圖(82)
	19°C	91%	23°C	43%	9°C	80%	23°C	39%
第六天 01/10	氣泡越來越多		果皮顏色變深了		大小氣泡從果肉間產生		氣泡很大，直徑約有 0.5cm 大	
					(圖 83)	(圖 84)	(圖 85)	(圖 86)
	20°C	90%	22°C	47%	9°C	81%	24.5°C	39%
第十天 01/14	氣泡減少了		果肉變大了， 氣泡越來少了		液體為紫色		氣泡消失， 液體變濁了	
					圖(87)	圖(88)	圖(89)	圖(90)

第十四天 01/18	19°C	91%	22.5°C	46%	8°C	79%	26.5°C	38%
	果肉佔滿整個液體		果肉變大 散佈在整個液體		果肉變大，有微小氣泡 散佈在整個液體		發酵完成	
					圖(91)	圖(92)	圖(93)	圖(94)

(五)實驗結果（白葡萄加糖加麴）各實驗組在環境變因下葡萄酒觀察氣泡表(十七)

變因 組別	溫度	濕度	氣泡 (有無消失)	果肉 (變深)	天數 (發酵完成)
室內實驗組	21 ~ 25 °C	30 ~ 50 %	v	v	14 天
防潮箱實驗組	21 ~ 23 °C	44 ~ 49 %	v	v	13 天
冰箱實驗組	7 ~ 9 °C	76 ~ 83 %	無氣泡生成	v	無 發 酵
照燈實驗組	21 ~ 27 °C	30 ~ 50 %	v	v	11 天

1.室內實驗組：溫度介於 21~25 度且濕度都在 30~50%，氣泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 14 天發酵結束。

2.防潮箱實驗組：溫度介於 21~23 度且濕度都在 44~49%，氣泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 13 天發酵結束。

3.冰箱實驗組：溫度介於 7~9 度且濕度都在 76~83%，1~14 天完全沒有變化，果肉變深，氣泡皆沒有生成。

4.照燈實驗組：溫度介於 21~27 度且濕度都在 30~50%，泡泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 11 天發酵結束。

(六)實際觀察紅葡萄加糖加麴溫濕度及發酵變化(實驗六)

表(十八)

時間	第一組	室內	第二組	防潮箱	第三組	冰箱	第四組	照燈
2013 (年) 月/ 日	溫度	溼度	溫度	溼度	溫度	溼度	溫度	溼度
第一天 01/05	21°C	90%	22°C	45%	8°C	82%	26°C	38%
	中午開始冒泡		早上已冒泡 有酸酸的味道		未有什麼變化		5 小時左右就發泡	
					圖(95)	圖(96)	圖(97)	圖(98)
第六天 01/10	19°C	91%	23°C	43%	9°C	80%	23°C	39%
	氣泡越來越多		果皮顏色變深了		大小氣泡從果肉間產生		氣泡很大，直徑約有 0.5cm 大	
					圖(99)	圖(100)	圖(101)	圖(102)
第十天 01/14	20°C	90%	22°C	47%	9°C	81%	24.5°C	39%
	氣泡減少了		果肉變大了， 氣泡越來越少了		液體為紫色		氣泡消失， 液體變濁了	
					圖(103)	圖(104)	圖(105)	圖(106)

第十四天 01/18	19°C	91%	22.5°C	46%	8°C	79%	26.5°C	36%
	果肉佔滿整個液體		果肉變大 散佈在整個液體		果肉變大， 有微小氣泡 散佈在整個液體		發酵完成	
								
	圖(107)		圖(108)		圖(109)		圖(110)	

(六)實驗結果（紅葡萄加糖加麴）各實驗組在環境變因下葡萄酒觀察氣泡
圖表(十九)

組別 \ 變因	溫度	濕度	氣泡 (有無消失)	果肉 (變深)	天數 (發酵完成)
室內實驗組	21 ~ 25 °C	30 ~ 50 %	v	v	14 天
防潮箱實驗組	21 ~ 23 °C	44 ~ 49 %	v	v	13 天
冰箱實驗組	7 ~ 9 °C	76 ~ 83 %	無氣泡生成	v	無 發 酵
照燈實驗組	21 ~ 27 °C	30 ~ 50 %	v	v	11 天

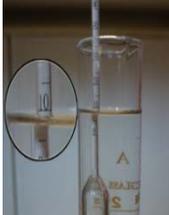
1.室內實驗組：溫度介於 21~25 度且濕度都在 30~50%，氣泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 14 天發酵結束。

2.防潮箱實驗組：溫度介於 21~23 度且濕度都在 44~49%，氣泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 13 天發酵結束。

3.冰箱實驗組：溫度介於 7~9 度且濕度都在 76~83%，1~14 天完全沒有變化，果肉變深，氣泡皆沒有生成。

4.照燈實驗組：溫度介於 21~27 度且濕度都在 30~50%，泡泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深（發酵完成），共 11 天發酵結束。

二、蒸餾測量酒精濃度 - 透過蒸餾驗證（實驗一 ~ 實驗六）加糖及加麴觀察是否有變化。
圖表(二十)

	酒精(熱)濃度 - 剛蒸餾完測量					
實驗組別	白葡萄不加	紅葡萄不加	白葡萄加糖	紅葡萄加糖	白葡萄加糖 加麴	紅葡萄加糖 加麴
室內	 2 %	 3 %	 9 %	 11 %	 15 %	 13 %
防潮箱	 2 %	 3 %	 16 %	 15 %	 18 %	 17 %
冰箱	 1 %	 1 %	 1 %	 1 %	 11 %	 11 %
照燈	 4 %	 3 %	 18 %	 17 %	 19 %	 18 %

1.實驗結果 - 以酒精(熱)濃度（剛蒸餾完測量比較）

(1).室內實驗組：白葡萄不加組，酒精濃度 2%；紅葡萄不加組，酒精濃度 3%。
白葡萄加糖組，酒精濃度 9%；紅葡萄加糖組，酒精濃度 11%。
白葡萄加糖加麴組，酒精濃度 15%，紅葡萄加糖加麴組，酒精濃

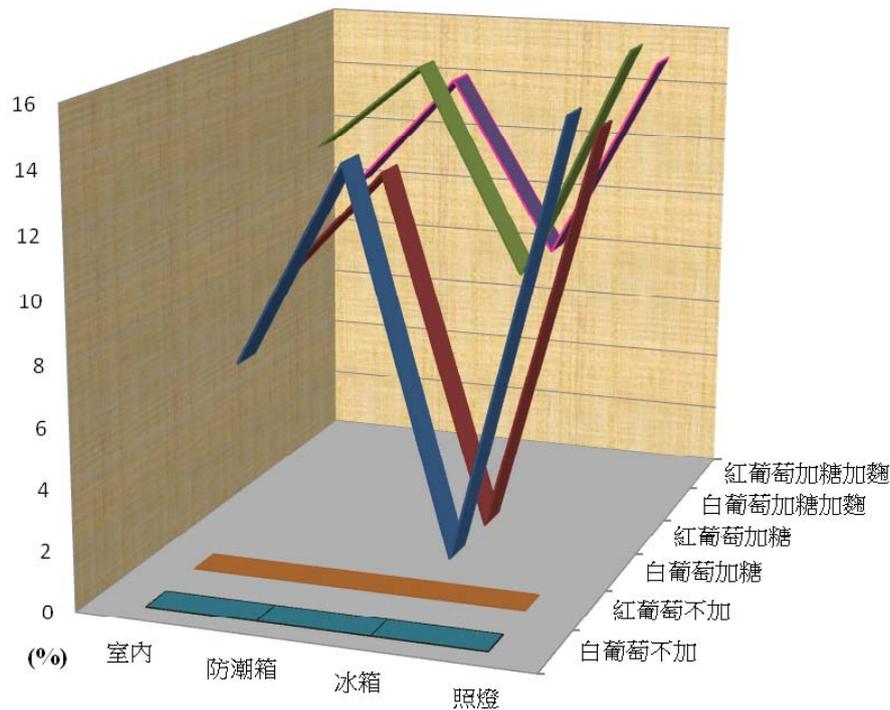
度 13%，加了麴後酒精濃度明顯上升。

- (2).防潮箱實驗組：白葡萄不加組，酒精濃度 2%；紅葡萄不加組，酒精濃度 3%。
 白葡萄加糖組，酒精濃度 16%；紅葡萄加糖組，酒精濃度 15%。
 白葡萄加糖加麴組，酒精濃度 18%，紅葡萄加糖加麴組，酒精濃度 17%，加了麴後並沒有明顯變化。
- (3).冰箱實驗組：白葡萄不加組，酒精濃度 1%；紅葡萄不加組，酒精濃度 3%。
 白葡萄加糖組，酒精濃度 1%；紅葡萄加糖組，酒精濃度 1%。
 白葡萄加糖加麴組，酒精濃度 11%，紅葡萄加糖加麴組，酒精濃度 1%，加了麴後酒精濃度明顯上升許多。
- (4).照燈實驗組：白葡萄不加組，酒精濃度 4%；紅葡萄不加組，酒精濃度 3%。
 白葡萄加糖組，酒精濃度 18%；紅葡萄加糖組，酒精濃度 17%。
 白葡萄加糖加麴組，酒精濃度 19%，紅葡萄加糖加麴組，酒精濃度 18%，加了麴後並沒有明顯變化。

圖表(二十一)

實驗組別	酒精(冷)濃度 - 冷卻後測量					
	白葡萄 不加	紅葡萄 不加	白葡萄 加糖	紅葡萄 加糖	白葡萄 加糖加麴	紅葡萄 加糖加麴
室內	0%	0%	6 %	8 %	12 %	10 %
防潮箱	0%	0%	13 %	12 %	15 %	14 %
冰箱	0%	0%	0 %	0 %	8 %	8 %
照燈	0%	0%	15 %	14 %	16 %	15%

六組實驗蒸餾後測量酒精濃度變化



	室內	防潮箱	冰箱	照燈
■ 白葡萄不加	0	0	0	0
■ 紅葡萄不加	0	0	0	0
■ 白葡萄加糖	6	13	0	15
■ 紅葡萄加糖	8	12	0	14
■ 白葡萄加糖加麴	12	15	8	16
■ 紅葡萄加糖加麴	10	14	8	15

2. 實驗結果 - 以酒精(冷)濃度 (蒸餾完冷卻後測量比較)

- 室內實驗組：白葡萄不加組，酒精濃度 0%；紅葡萄不加組，酒精濃度 0%。
白葡萄加糖組，酒精濃度 6%；紅葡萄加糖組，酒精濃度 8%。
白葡萄加糖加麴組，酒精濃度 12%，紅葡萄加糖加麴組，酒精濃度 10%，加了麴後酒精濃度明顯上升。
- 防潮箱實驗組：白葡萄不加組，酒精濃度 0%；紅葡萄不加組，酒精濃度 0%。
白葡萄加糖組，酒精濃度 13%；紅葡萄加糖組，酒精濃度 12%。
白葡萄加糖加麴組，酒精濃度 15%，紅葡萄加糖加麴組，酒精濃度 14%，加了麴後並沒有明顯變化。
- 冰箱實驗組：白葡萄不加組，酒精濃度 0%；紅葡萄不加組，酒精濃度 0%。
白葡萄加糖組，酒精濃度 0%；紅葡萄加糖組，酒精濃度 8%。
白葡萄加糖加麴組，酒精濃度 11%，紅葡萄加糖加麴組，酒精濃度 8%。

度 8%，加了麴後酒精濃度明顯上升許多。

- (4).照燈實驗組：白葡萄不加組，酒精濃度 0%；紅葡萄不加組，酒精濃度 0%。
 白葡萄加糖組，酒精濃度 15%；紅葡萄加糖組，酒精濃度 14%。
 白葡萄加糖加麴組，酒精濃度 16%，紅葡萄加糖加麴組，酒精濃度 15%，加了麴後並沒有明顯變化。

3.酒精濃度冷熱之觀察 - 測量剛蒸餾完與蒸餾後冷卻的酒精濃度明顯不同，各組實驗（媒介及情境）皆差距 3 度左右，冰箱組沒加麴的冷熱度影響最小，約只有 1 度，加了麴酒精濃度明顯上升，驗證了酒精濃度溫度的高低會影響酒精濃度的變化。

4.蒸餾完液體體積減少 - 測量剛蒸餾完與冷卻後的液體從原本的 500c.c（葡萄酒原液 250c.c 加上蒸餾水 250c.c）降至為約 450c.c 的體積。

三、酒精濃度冷熱之色澤、體積比較 - 測量剛蒸餾完液體(450c.c)與蒸餾後冷卻的變化。

圖表(二十二)

		酒精(熱)濃度 - 剛蒸餾完測量					
		液體顏色變化					
實驗組別	白葡萄不加	紅葡萄不加	白葡萄加糖	紅葡萄加糖	白葡萄加糖加麴	紅葡萄加糖加麴	
室內	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	
防潮箱	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	
冰箱	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	
照燈	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	
實驗組別	酒精體積變化 (450c.c × 酒精濃度% = _____ ml)						
室內	9 ml	13.5 ml	40.5 ml	49.5 ml	67.5 ml	58.5 ml	
防潮箱	9 ml	13.5 ml	72 ml	67.5 ml	81 ml	76.5 ml	
冰箱	4.5 ml	4.5 ml	4.5 ml	4.5 ml	49.5 ml	49.5 ml	
照燈	18 ml	13.5 ml	81 ml	76.5 ml	85.5 ml	81 ml	
		酒精(冷)濃度 - 冷卻後測量					
		液體顏色變化					
實驗組別	白葡萄不加	紅葡萄不加	白葡萄加糖	紅葡萄加糖	白葡萄加糖加麴	紅葡萄加糖加麴	
室內	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	
防潮箱	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	
冰箱	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	
照燈	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	沒變化	

實驗組別	酒精體積變化 (450c.c × 酒精濃度% = _____ ml)					
室內	0 ml	0 ml	27 ml	36 ml	54 ml	45 ml
防潮箱	0 ml	0 ml	58.5 ml	54 ml	67.5 ml	63 ml
冰箱	0 ml	0 ml	0 ml	0 ml	36 ml	36 ml
照燈	0 ml	0 ml	67.5 ml	63 ml	72 ml	67.5 ml

1.實驗小結（色澤）：各組在剛蒸餾完及冷卻後的色澤並無變化，皆為透明無色。

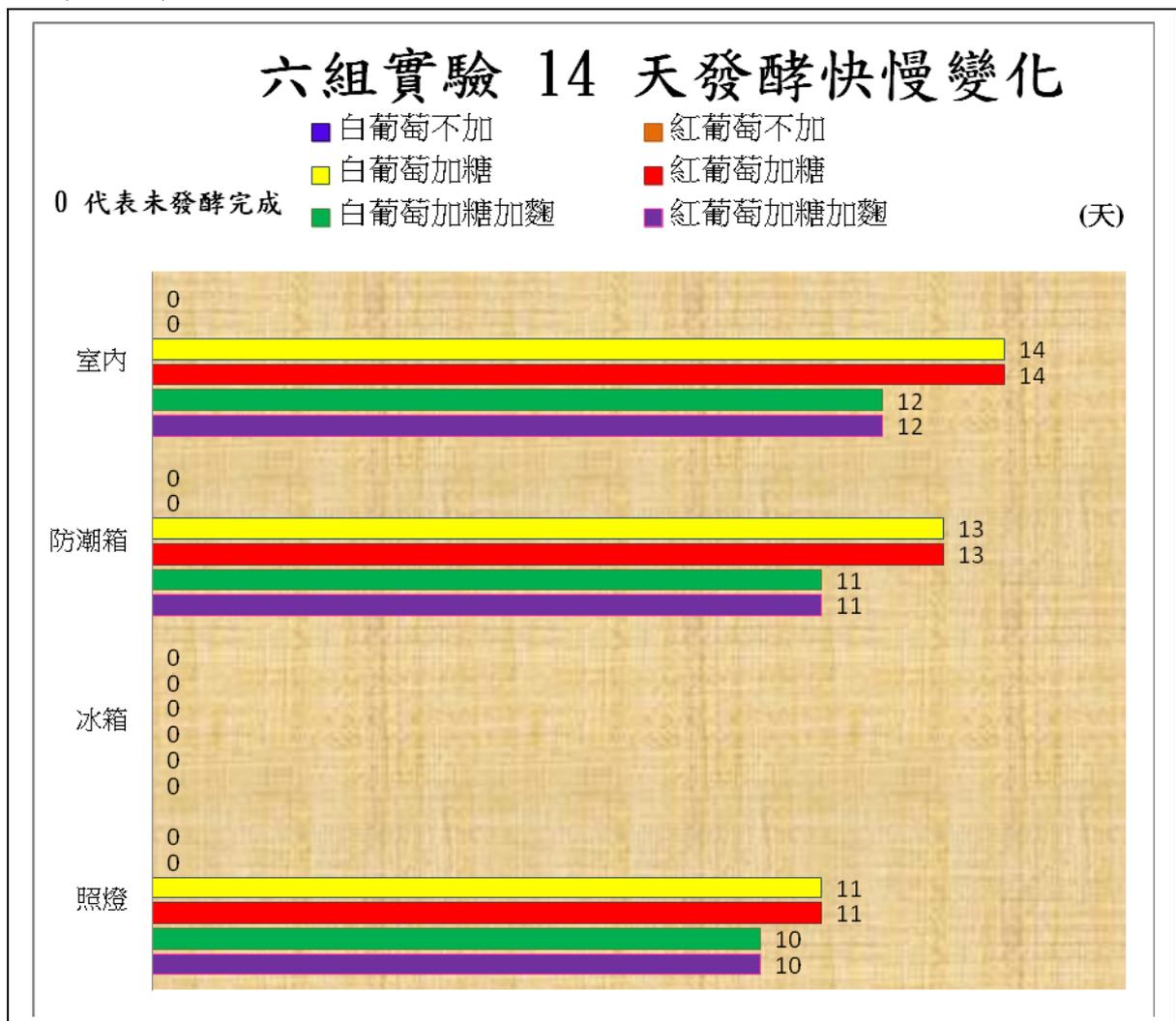
2.實驗小結（體積）：由表（二十三）得知，各組剛蒸餾完（熱）與冷卻後的體積有明顯變化，冷卻後的體積與剛蒸餾完（熱）時明顯變小，驗證了酒精濃度溫度的高低會影響酒精體積的變化。

柒、討論

一、各實驗組在環境變因下葡萄酒觀察氣泡

(一)比較各實驗環境變因下之天數，14天為基準（白葡萄、紅葡萄）

圖表(二十三)



- 1.室內實驗組 (6 組)：氣泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深 (發酵完成)。
白葡萄都與紅葡萄不加組，此組未發酵完成。
白葡萄與紅葡萄加糖組，共 14 天發酵結束。
白葡萄與紅葡萄加糖加麴組，共 12 天發酵結束。
- 2.防潮箱實驗組(6 組)：氣泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深 (發酵完成)。
白葡萄與紅葡萄都不加組，此組未發酵完成。
白葡萄與紅葡萄加糖組，共 13 天發酵結束。
白葡萄與紅葡萄加糖加麴組，共 11 天發酵結束。
- 3.冰箱實驗組 (6 組)：不加、加糖組，1~14 天完全沒有變化，加麴後氣泡明顯增多。
白葡萄與紅葡萄都不加組，氣泡皆沒有生成。
白葡萄與紅葡萄加糖組，氣泡皆沒有生成。
白葡萄與紅葡萄加糖加麴組，第 2 天皆已有氣泡生成，第 14 天仍有氣泡存在且果肉變深 (未發酵完成)。
- 4.照燈實驗組 (6 組)：氣泡皆為越來越大顆一直到泡泡消失且果肉變深 (發酵完成)。
白葡萄與紅葡萄都不加組，此組未發酵完成。
白葡萄與紅葡萄加糖組，共 11 天發酵結束。
白葡萄與紅葡萄加糖加麴組，共 10 天發酵結束。

(二)各實驗組在環境變因下葡萄酒觀察氣泡完整**發酵速度**之排序
(以數學符號大於、小於、等於表示之)

- 1.白葡萄正常不加：照燈 > 防潮箱 > 室內箱 > 冰箱
- 2.白葡萄加糖：照燈 > 防潮箱 > 室內箱 > 冰箱
- 3.白葡萄加糖加麴：照燈 > 防潮箱 > 室內箱 > 冰箱
- 4.白葡萄正常不加：照燈 > 防潮箱 > 室內箱 > 冰箱
- 5.紅葡萄加糖：照燈 > 防潮箱 > 室內箱 > 冰箱
- 6.紅葡萄加糖加麴：照燈 > 防潮箱 > 室內箱 > 冰箱



圖(111)氧性菌會在酒液，
表面繁殖，以致形成菌落薄

(三)小結

1. 糖分在發酵為酒精，也會產生二氧化碳，二氧化碳在酒液中產生的氣泡是觀察發酵節奏的快慢。

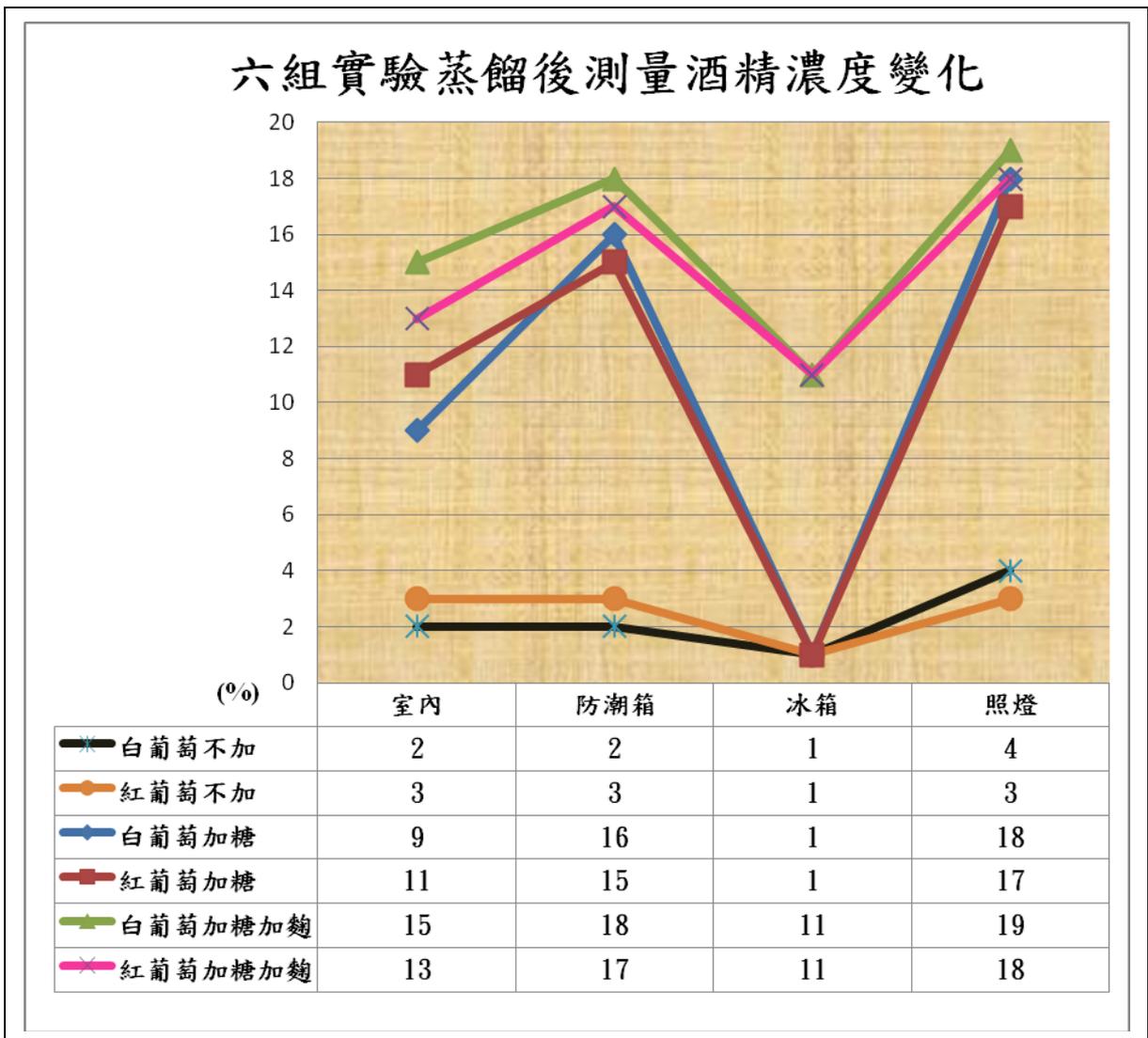
2. 氣泡觀察完全發酵的判定

實驗發現到氣溫越高（溫度介於 21 ~25 度）發酵速度越快，且濕度介 30~50%之間，氣泡生成（發酵）速度越來越快，氣泡消失也越來越快（發酵結束）。

3. 各實驗組的環境變因只有冰箱有明顯差異，白葡萄(沒加、加糖)組與紅葡萄(沒加、加糖)組因為溫度太低，發酵時間會延長，且有無法發酵完全的問題，導致氣泡沒有變化，但把白葡萄(加糖)組與紅葡萄(加糖)組加了麴之後促使發酵速度增快，氣泡也增多了。

二、各實驗組蒸餾後酒精濃度變化，以酒精(熱)濃度 - 剛蒸餾完測量比較

圖表(二十四)



(一)實驗討論.

- 1.各實驗組在環境變因下酒精濃度由高至低排序
 (以數學符號大於、小於、等於表示之)

白葡萄都不加：照燈(4%)>防潮箱(2%)=室內(2%)>冰箱(1%)
白葡萄加糖：照燈(18%)>防潮箱(16%)>室內(9%)>冰箱(1%)
白葡萄加糖加麴：照燈(19%)>防潮箱(18%)>室內(15%)>冰箱(11%)
紅葡萄都不加：照燈(3%)=防潮箱(3%)=室內(3%)>冰箱(1%)
紅葡萄加糖：照燈(17%)>防潮箱(15%)>室內(11%)>冰箱(1%)
紅葡萄加糖加麴：照燈(18%)>防潮箱(17%)>室內(13%)>冰箱(11%)

2.小結：酒精濃度的探討

白葡萄與紅葡萄(不加)所蒸餾得到的酒精濃度結果只有 3% 上下，各實驗組的環境變因只有冰箱有明顯差異，白葡萄(沒加、加糖)組與紅葡萄(沒加、加糖)組因為溫度太低，發酵時間會延長，且有無法發酵完全的問題，導致酒精濃度停留在 1% 左右，沒有變化，但把白葡萄(加糖)組與紅葡萄(加糖)組加了麴之後促使發酵速度增快，蒸餾後酒精濃度提高了，照燈組與防潮箱組溫度及濕度均最合適發酵的條件，相對測得酒精濃度也高。

捌、結論

一、瞭解釀酒製作過程及各種不同的釀酒方式

(一)葡萄易釀酒

釀酒的過程中觀察出泡泡是從每顆葡萄縫隙中產生，原因是葡萄表皮棲息著很多釀酒酵母，雖然也有其他微生物，但是大部份細菌不耐酸，無法在葡萄汁裡和比較耐酸的釀酒酵母競爭。也因此以葡萄釀酒可以得到較純正的發酵酒精，另外其他細菌死亡的同時，酒也較不容易變質，味道不會變來變去。

(二)葡萄的產地所釀製出來的差異性

白葡萄加糖組對照紅葡萄加糖組所釀出來的酒精濃度並無明顯差異，根據文獻上網查及品種並不會對釀製產生多大的差異，葡萄酒所謂的年份好，不是越久越好，而是指某年的氣候好，葡萄豐收且品質特優，所以釀出來的酒也特別好。

(三)實驗容器的選擇

釀酒過程時，所裝入容器的材料量不可以超過八分滿，因為發酵過程中會產生大量氣泡，這氣泡事實上就是分解過程中產生的二氧化碳，如緊密蓋住瓶內壓力太大可能會引發爆炸，第一次實驗時，葡萄裝過滿且用塑膠瓶，導致後來塑膠瓶脹得很嚴重，後來重新用玻璃罐來釀製，所以沒發生爆炸的危險。

(四)酒精濃度的探討

加糖加麴的葡萄，釀製效果最好，葡萄酒釀造最高能達到的酒度是 15 度冷卻過後的酒度。研究發現是因為溫度的高低影響酒度，造成酒測結果有誤差。因此，為了證實溫度是影響研究結果的中介變項，我將酒精加熱，再放入酒度計，發現酒精濃度明顯增加，可確定溫度高低影響酒精濃度的測定。

二、糖與麴的發酵變化

研究發現，常溫下，三種情境變因（室內、防潮箱、照燈組）加糖與加麴可以促使發酵速度增快，對照（都不加）組有明顯的變化，縮短天數發酵。然而，在冰箱的情境下，低溫的環境，加糖是沒有明顯變化（酒精濃度）的，加了麴酒精濃度明顯上升，結果發現糖在低溫下沒有加速催化的效果，而麴不論在高溫、低溫下都有顯著的加速催化效果。

三、溫、溼度造成的差異

溫度及溼度更是尤其為重要，研究發現，氣溫越高（溫度介於 21~27 度），發酵速度越快，且濕度介於 30~50%之間，越穩定的溫度和濕度可讓水果（葡萄）穩定發酵，溫度較低的發酵會很慢，甚至停止發酵。

四、蒸餾提高酒精濃度

原本製作出發酵過後的葡萄酒，有聞到濃濃的酒味，把酒度計丟下去測出來酒精濃度竟是零，之後透過網路資訊查詢及電話諮詢，得知酒度計無法直接測量含有糖的酒精濃度，固需經由蒸餾法，酒精濃度才會提高。有加麴的各實驗組不管在哪一種情境下酒精濃度都會明顯升高，確認麴是會有效增加發酵度及酒精濃度。

五、完全發酵的判定 - 最好的釀製結果

觀察每組的變化，發現當氣泡不再冒出，即完成發酵，一個完全的發酵大約歷程為 14 天。且實驗得知照燈組與防潮箱組的溫度都最符合發酵的條件，效果最好，溫度介於 21~25 度之間，且濕度介於 35~50%之間。

六、透過此次實驗，自行動手釀製葡萄酒給予賓客飲用。

葡萄經過發酵而產生酒精，結果雖是濃度不高的水果酒，對我而言，仍然感覺口感很辛辣很難入口，此時可把酒用火加熱，酒精會隨著揮發，另一種方式是將酒放置時間拉長。家中有些酒放置多年，家人都會拿出來與賓客一起品嚐，享受那酒的香氣與好口感！這也是為什麼市售的酒會強調年份，因為年份越久的酒相對滑順，價格也較高。廣告喊出「一杯好酒可以溫暖你我的心！」真的讓人深有同感！

七、本實驗依環境不同每天做溫濕度的測試及記錄，並用肉眼觀察氣泡變化，發現溫度和濕度對發酵的影響，研究出照燈組可以得到最好的釀製效果，溫度、濕度是最符合發酵的條件，蒸餾後酒精濃度測得出來也是最高的（驗證了發酵越完整，測得的酒精濃度越高），此外，實驗的過程中發現冰箱組及照燈組除了溫度、濕度影響外，會不會有光亮度的影響？自然科學真的有太多的奧秘，這個實驗引發了我對大自然更多的好奇心，也希望未來能對影響發酵的原因能做更多的研究。

玖、參考資料

- 1、許慧貞，(2002)。專題研究動手做。台南市，天衛文化。
- 2、吳祈東，(2002)。釀酒 D.I.Y 水果酒與米酒。台北市，驛優。
- 3、維基百科(2012年03月07日)。2012年03月08日，取自：<http://zh.wikipedia.org/wiki/Wikipedia>。
- 4、苗栗區農業改良場 - 果桑釀酒原料之初探 (2003年9月)。2012年03月08日，取自：<http://tinyurl.com/d338lce>。
- 5、釀酒科技 (無日期)。2012年03月08日，取自：<http://www.LMST.com.cn>。
- 6、臺灣菸酒公司 - 宜蘭酒廠 (2012年03月02日)。2012年03月08日，取自：<http://event.ttl-eshop.com.tw/yl/>。
- 7、奇摩網站搜尋 - “酒”出現 (2004年12月09日)。2012年03月08日，取自：<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1004120701086>。
- 8、奇摩網站搜尋 - 人類“釀酒” (2005年05月17日)。2012年03月08日，取自：<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1105051300291>。
- 9、Google 網站搜尋 - 蒸餾介紹 (2008年09月25日)。2012年03月08日，取自：http://content.edu.tw/vocation/chemical_engineering/tp_ss/content-wa/wchm2/wpage2-1.htm
- 10、Google 網站搜尋 - 發酵與酵素 (2006年10月01日)。2012年03月09日，取自：<http://www.bio.fju.edu.tw/excel/content04/html/11.htm>

【評語】 080210

能把控制變因清楚地設定，並據以科學地探討，但一再堅持誤把明顯的非控制變因視為變項加以探討(EX:濕度，即反應系統外的不相關因素)，顯示對反應系統與環境之分野不清楚。