

化學科

科別：化學科

組別：國中組

作品名稱：釀造葡萄酒之探討

關鍵詞：發酵、酒度、產酒率

編號：030208

學校名稱：

台北市立成德國民中學

作者姓名：

曹正秋、吳一平、王皓瑾、黃以銘

指導老師：

蔡夙珮、洪明祺



摘要

在對假酒的好奇心驅使之下，我們選擇了鮮美多汁的葡萄來釀酒並且探討影響釀造葡萄酒速率及酒質的因素。在符合經濟效益的原則之下，我們找到了較適合釀造葡萄酒的砂糖與葡萄質量比約為 1:4，若葡萄較酸澀可以提高比例到 1:3。而在研究過程中，我們發現了影響釀造葡萄酒速率及酒質的因素有以下幾點：

1. 糖度：糖度愈低的葡萄溶液對於酵母菌增殖發酵愈有利。但糖度過低，釀造酒的酒精濃度偏低且易受雜菌污染而影響酒的品質；若糖度過高會抑制酵母菌活動，致使產酒率降低。
2. 溫度：若釀造環境的溫度太低，葡萄幾乎不發酵，所以釀酒需考量酵母菌適合生長的溫度。
3. 壓力：在釀造過程中，如果保持抽出瓶中的氣體，不但可以縮短釀酒的時間，還可以提高糖度的利用，酒精濃度也會略為提高一點。
4. 接觸面積：用果汁機將砂糖與葡萄充分打碎混合，增加了酵母菌與葡萄接觸的面積，可以縮短釀造的時間，其酒的色澤會較深，但口感較澀。
5. 加更多酵母菌：在釀造過程中，試著加更多的葡萄皮或添加釀造米酒用的酵母菌，我們發現了酵母菌的多寡會影響釀造的時間及品質，尤其是添加其他種類的酵母菌，會產生難聞的氣味，破壞了葡萄酒的風味。
6. 密封與否：在釀造的過程中，若未密封易受雜菌污染而影響酒的品質。

就經濟觀點而言，我們可以利用不同的方法縮短發酵時間，增加作業效率。調整適當的糖度、溫度、壓力、接觸面積及添加酵母菌，都會讓發酵速率變快，如此可以減少被雜菌污染的機會，具競爭優勢，但風味考量也是重要的，故理想的釀酒過程應同時考量發酵速率，風味，產酒率等條件。

在慎選原料，掌握正確的釀造條件前提之下，釀製水果酒的方法簡易又安全，不會有喝到假酒的風險，又可以享受 D I Y 的樂趣，建議大家不妨試試釀造適合自己口感的葡萄酒！

壹、研究動機

上國二的第一堂理化課，老師就以許多生動有趣的小實驗及問題帶領我們進入理化的世界，讓我們感到驚奇的是，原來日常生活中那麼多習以為常的現象是如此的奧妙有趣。不禁讓我們對理化這門課程充滿了期待。在做校內科展期間，民眾因誤飲假酒而中毒的事件頻傳，一時之間真假米酒難辨，引發社會大眾人心惶惶，也引起了我們對假酒的好奇心。我們想知道假酒到底摻雜了什麼東西？為何具如此殺傷力？又如何可以分辨酒的真偽？於是我們就去請教理化老師，老師告訴我們將來在課程第十章的有機化合物中會學到和酒有關的知識〔註八〕。她要求我們先去查資料，結果我們發現在坊間中製酒 D I Y 的方法不勝枚舉，於是我們又想嚐試釀造適合自己口感的水果酒，享受一下 D I Y 的樂趣。因此我們選擇了鮮美多汁的葡萄，試著去探討影響釀造葡萄酒速率及酒質的因素〔註六 註八〕。

從校內科展到市展，指導老師及教授們給了我們很多寶貴的建議，然而這些建議都成了我們加深加廣本研究內容的主要動力來源。

貳、研究目的

- 一、找出適合釀造葡萄酒的砂糖與葡萄質量比。
- 二、承研究目的一，探討影響釀造葡萄酒速率及酒質的因素。
- 三、了解如何檢驗假酒中的甲醇，進而利用此方法來檢驗自己釀造的葡萄酒是否含有甲醇？

參、研究設備器材

一、釀造葡萄酒部份：

藥品部份：葡萄 40 斤、砂糖 10 斤、酵母菌 10g、凡士林 1 瓶、蒸餾水

器材部份：湯匙 1 支、果汁機 1 台、漏斗 10 個、燒杯(1000ml)6 個、塑膠手套、塑膠袋、玻璃棒 2 支、真空罐 15 個、玻璃容器(錐形瓶 7 個、廣口瓶 90 個)、電子秤 1 台、保鮮膜、橡皮筋、氣球 1 包、pH 計 1 台、酒度計 1 支、糖度計 1 支、量筒(100ml)25 個、濾網 3 支、蒸餾瓶 7 個、李必氏冷凝管 7 支、酒精燈 20 個、滴管數支、溫度計 1 支

二、辨別酒的真偽部份：

藥品部份：甲醇、乙醇(99.5%)、過錳酸鉀、硫酸、草酸、鹽酸、亞硫酸鈉、活性炭、薔薇苯胺(Rosaniline)

器材部份：燒杯(100ml 40 個，1000ml 5 個)、滴管一大包(有刻度)，量筒數個、玻璃棒 2 支、漏斗 1 個、量瓶(1000ml) 1 個、日光燈 2 座、水波槽 1 座

肆、研究方法

實驗一：先找出適合釀造葡萄酒的砂糖與葡萄質量比

- 1.把葡萄洗乾淨，放置於通風處晾乾。
- 2.準備七個 250ml 的錐形瓶，瓶口可以用氣球套住。
- 3.參考下表 1，分別將糖：葡萄以 1:1、1:2、1:3、1:4、1:5、1:6、0:葡萄原汁的質量比例攪碎均勻混合，分別裝於錐形瓶中(每瓶中均含 160 公克的葡萄)。

編號	1	2	3	4	5	6	7
糖：葡萄	1：1	1：2	1：3	1：4	1：5	1：6	葡萄原汁
糖質量	160 公克	80 公克	53.3 公克	40 公克	32 公克	26.7 公克	0 公克
葡萄質量	160 公克	160 公克	160 公克	160 公克	160 公克	160 公克	160 公克

表 1

- 4.觀察各瓶中未發酵前的葡萄溶液顏色、氣味、澄清度，再以 pH 計檢驗 pH 值、糖度計檢驗糖度，將結果紀錄下來。
- 5.再以大小適中的氣球套住各瓶口，並以橡皮筋綁緊。
- 6.每隔一段時間仔細觀察、紀錄葡萄發酵的情況及氣球的大小。
- 7.較長的一段時間，待發酵較完全時，打開氣球封套，除觀察各瓶中溶液的顏色、氣

味、澄清度等，再以 pH 計檢驗 pH 值、糖度計檢驗糖度，將結果紀錄下來。(參考照片 1)

- 各瓶中利用濾網過濾取出 30ml 的濾液，再加蒸餾水稀釋至 100ml，最後利用蒸餾法收集蒸餾後的溶液 30ml，再以酒度計檢驗酒精濃度，將結果紀錄下來。(參考照片 1 及照片 2)



照片 1 糖度計(左)及酒度計(右)



照片 2 蒸餾裝置

實驗二：探討影響釀造葡萄酒速率及酒質的因素

- 把葡萄洗乾淨，放置於通風處晾乾。
- 準備三個真空罐及十八個廣口瓶，洗乾淨後放置於通風處晾乾。
- 參考下表 2，分別將糖：葡萄以 1:3、1:4、1:5 的質量比例攪碎均勻混合，分別裝於真空罐及廣口瓶中(每瓶中均含 160 公克的葡萄)。(參考照片 3)

編號	1	2	3	4	5	6	7
觀察 項目 糖與 葡萄比例	葡萄與糖 攪勻且加 封保鮮膜	葡萄與糖 攪勻且加 封保鮮膜 放入冰箱 (3)	葡萄與糖 攪勻利用 真空罐抽 氣	葡萄與糖 以果汁機 攪勻且加 封保鮮膜	葡萄與糖 再加更多 葡萄皮攪 勻且加封 保鮮膜	葡萄與糖 再加其他 酵母菌且 加封保鮮 膜	葡萄與糖 攪勻加蓋 玻璃蓋， 可以隨時 打開
甲(1:3) 糖 53.3g 葡萄 160g							
乙(1:4) 糖 40g 葡萄 160g							
丙(1:5) 糖 32g 葡萄 160g							

表 2

- 觀察未發酵前的葡萄溶液顏色、氣味、澄清度，再以 pH 計檢驗 pH 值、糖度計檢驗糖度，將結果紀錄於下來。

- 5.甲、乙、丙各組中，除編號 3 和 7 兩瓶外，其餘各瓶以保鮮膜封住瓶口，並以橡皮筋綁緊。(參考照片 3)
- 6.再重複 1 5 的步驟四次。(預計定量觀察至少五次，參考照片 4)
- 7.約一個星期後，打開一大組釀造酒，除觀察顏色、氣味、澄清度等，再以 pH 計檢驗 pH 值、糖度計檢驗糖度，將結果紀錄下來。
- 8.各瓶先以濾網過濾取出 30ml 的濾液，加蒸餾水稀釋至 100ml，再利用蒸餾法收集透明無色的酒液 30ml，並以酒度計檢驗酒精濃度，將結果紀錄下來。(蒸餾時，蒸餾瓶的瓶口及蒸餾瓶與李必氏冷凝管連結處可塗抹少許凡士林，避免漏氣)
- 9.重覆步驟 7 8，連續觀察數個星期，將結果分別紀錄下來。



照片 3 第一大組所有釀造葡萄酒



照片 4 第二 第五大組所有釀造酒

實驗三：檢驗酒的真偽部份

(預備工作) 先配製 Schiff's reagent(檢驗試劑)：

(摘錄自普通化學實驗〔註七〕，由指導老師協助配製)

1. 取 1.0 克薔薇苯胺(Rosaniline)，加 5.0ml 鹽酸再加 600ml 水，放置冷卻。
2. 取 20 克亞硫酸鈉加 100ml 水，置於水浴上，慢慢加入 100ml 鹽酸。
3. 把(1)加(2)再加水稀釋成 1000ml。
4. 混合溶液若呈色，則加 0.1 0.2 克活性炭脫色，並立即過濾。
5. 將此溶液置於遮光處，保存 18 24 小時再使用。

(一) 檢驗試劑對乙醇溶液中甲醇含量的呈色反應：〔註七〕

1. 取 100ml 的燒杯 10 個，編號貼上標籤。
2. 參考照片 5，找一水波槽，日光燈可以從透明壓克力板下方打出光線。
3. 分別在 10 個燒杯中加乙醇 3ml，蒸餾水 3ml。
4. 第 2 10 杯，依序滴入 1、2、3、4、5、10、15、20、25 滴甲醇，第 1 杯不加甲醇。
5. 各燒杯中，分別加入 2.5ml、2%的過錳酸鉀溶液及濃硫酸 0.2ml。
6. 五分鐘後加入 5ml、1M 的草酸溶液及 1ml 濃硫酸。
7. 待溶液澄清後，加入 5ml 的 Schiff's reagent(檢測試劑)，利用步驟 2 中的設計，觀察各杯顏色的深淺，比較甲醇的濃度。



照片 5 利用水波槽裝置觀察呈色反應

(二) Schiff's reagent (檢測試劑)可以檢驗甲醇之最低濃度測試：

1. 取 100ml 的燒杯 20 個，編號貼上標籤。
2. 參考下表 3，分別在 20 個燒杯中加乙醇、蒸餾水及滴入甲醇。

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
乙醇 (ml)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蒸餾水 (ml)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
甲醇 (滴)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
編號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
乙醇 (ml)	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30
蒸餾水 (ml)	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30
甲醇 (滴)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表 3

3. 各燒杯中，分別加入 2.5ml、2%的過錳酸鉀溶液及濃硫酸 0.2ml。
4. 五分鐘後加入 5ml、1M 的草酸溶液及 1ml 濃硫酸。
5. 待溶液澄清後，再加入 5ml 的 Schiff's reagent(檢測試劑)，待反應完全後，各杯均留 20ml 溶液，再觀察比較其呈色情形。

(三) 以 Schiff's reagent (檢測試劑)檢驗實驗二中所釀造的葡萄酒是否含有甲醇？

1. 取 100ml 的燒杯 7 個，貼上標籤(乙-1 乙-7)。
2. 將實驗二中，標示乙 1 乙 7 蒸餾過的葡萄酒溶液(參考第 3 頁)各取 6ml，分別裝於上述燒杯中。
3. 各燒杯中，分別加入 2.5ml、2%的過錳酸鉀溶液及濃硫酸 0.2ml。
4. 五分鐘後加入 5ml、1M 的草酸溶液及 1ml 濃硫酸。
5. 待溶液澄清後，再加入 5ml 的 Schiff's reagent(檢測試劑)，觀察其呈色情形。藉此與第(一)、(二)部份的實驗比較，判別我們自己釀造的葡萄酒甲醇含量是否在安全值之內？

伍、研究結果

實驗一：先找出適合釀造葡萄酒的砂糖與葡萄質量比

- 1.各步驟中實驗觀察紀錄詳見表 1-1 1-13(附錄中第 1 頁 第 7 頁)及第 7 頁中照片 6 照片 13。
- 2.糖度與酒度的變化數據：

組別編號 \ 項目 \ 日期		1/28 實驗開始	3/4 第 35 天	1/28 實驗開始	3/4 第 35 天	經過 35 天	經過 35 天
		糖度 (°Bx)	糖度 (°Bx)	酒度 (%)	酒度 (%)	糖度減少 (°Bx)	酒度增加 (%)
1	1:1	31.0	30.0	0.0	0.5	0.0	0.5
2	1:2	25.0	13.0	0.0	10.8	12.0	10.8
3	1:3	23.0	8.5	0.0	12.9	14.5	12.9
4	1:4	20.0	3.0	0.0	16.0	17.0	16.0
5	1:5	19.0	1.0	0.0	16.0	18.0	16.0
6	1:6	18.0	0.0	0.0	15.0	18.0	15.0
7	原汁	10.0	0.0	0.0	6.8	10.0	6.8

表 4

糖度單位：°Bx 【註十-1】

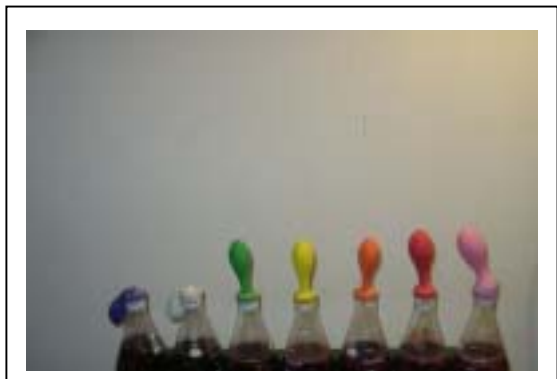
酒度單位：% 【註八】



照片 6 實驗開始



照片 7 原汁的葡萄溶液發酵最快
(第 2 天)



照片 8 糖度高的葡萄溶液較難發酵
(第 3 天)



照片 9 糖度高的葡萄溶液很難發酵
(第 8 天)



照片 10 原汁溶液氣球明顯縮小(第 11 天)



照片 11 原汁溶液反應更慢了(第 12 天)



照片 12 原汁溶液表層發霉嚴重
(第 15 天)



照片 13 原汁溶液發霉相當嚴重
(第 35 天)

3.第 35 天後，糖度減少和酒精濃度增加的關係圖：

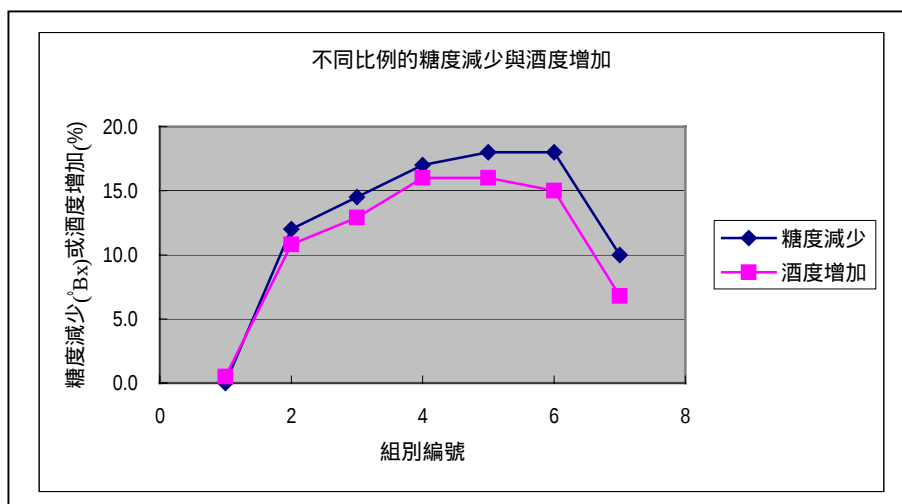


圖 1

4.第 35 天後，糖度和酒精濃度的關係圖：

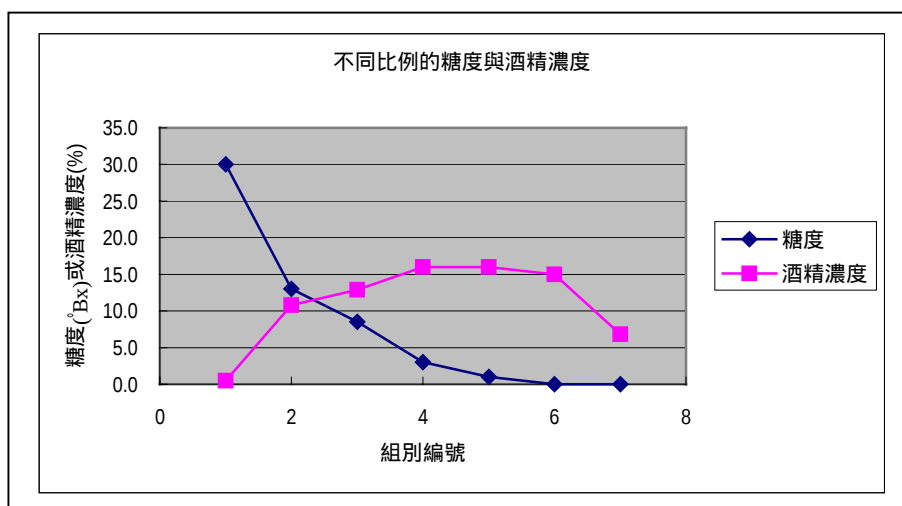


圖 2

5.pH 值的變化數據：

日期 項目		1/28 實驗開始	3/4 第 35 天				經過 35 天
		pH 值	pH 值	pH 值	pH 值	pH 值平均值	pH 值變化量
組別編號							
1	1:1	3.67	3.57	3.59	3.60	3.59	-0.08
2	1:2	3.55	3.66	3.66	3.66	3.66	0.11
3	1:3	3.70	3.72	3.72	3.73	3.72	0.02
4	1:4	3.72	3.87	3.87	3.87	3.87	0.15
5	1:5	3.64	3.94	3.94	3.94	3.94	0.30
6	1:6	3.47	3.66	3.74	3.74	3.71	0.24
7	原汁	3.57	4.19	4.20	4.20	4.20	0.63

表 5

實驗二：探討影響釀造葡萄酒速率及酒質的因素

1.各步驟中實驗觀察紀錄詳見表 2-1.1 2-6(附錄第 1 頁 第 17 頁)。

2.糖度、酒精濃度實驗數據：

日期	1/28	1/30	2/6	2/11	2/18	2/25	1/30	2/6	2/11	2/18	2/25
項目	平均 糖度	糖度 (1)	糖度 (2)	糖度 (3)	糖度 (4)	糖度 (5)	酒度 (1)	酒度 (2)	酒度 (3)	酒度 (4)	酒度 (5)
甲 1	22.1	20.0	20.0	20.0	18.0	12.0	0.0	0.0	0.0	1.7	8.1
甲 2	22.2	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
甲 3	22.2	21.0	18.0	15.5	10.0	7.0	0.0	2.8	5.0	8.0	12.5
甲 4		22.0	22.0	19.0	12.5	11.5	0.0	0.0	1.4	8.0	10.0
甲 5	20.2	19.0	19.0	18.5	16.0	10.0	0.0	0.0	0.9	7.0	10.1
甲 6	23.4	20.0	20.0	15.0	13.0	8.5	0.0	0.0	4.5	8.0	12.0
甲 7	22.0	21.0	21.0	20.0	18.0	14.0	0.0	0.0	0.5	1.5	6.1
乙 1	20.4	19.0	18.5	18.0	17.0	7.0	0.0	0.3	0.4	2.3	13.0
乙 2	20.2	20.0	18.0	18.0	18.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
乙 3	20.6	19.0	14.0	13.0	7.0	4.0	0.0	4.0	6.8	12.5	16.0
乙 4		21.0	20.0	17.5	10.5	6.0	0.0	0.3	2.1	9.5	14.0
乙 5	19.1	16.5	16.0	12.0	9.5	6.5	0.0	0.5	5.0	8.1	11.5
乙 6	21.7	20.0	15.0	12.0	9.0	6.0	0.0	2.8	6.7	10.0	14.2
乙 7	20.7	19.0	19.0	18.0	16.0	10.0	0.0	0.0	0.9	1.9	8.0
丙 1	19.2	16.5	16.0	15.0	11.0	4.5	0.0	0.5	1.0	6.9	14.0
丙 2	19.0	17.0	17.0	17.0	16.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
丙 3	19.2	17.0	12.0	9.0	5.0	1.0	0.0	5.3	8.0	13.1	17.0
丙 4		18.0	12.2	10.0	3.0	1.5	0.0	5.2	8.0	14.9	16.8
丙 5	17.0	16.0	15.5	7.0	2.0	1.0	0.0	0.6	8.5	14.8	16.5
丙 6	20.6	18.0	12.0	10.0	6.0	1.5	0.0	5.0	8.6	12.3	16.7
丙 7	19.0	18.5	17.0	15.0	13.0	5.0	0.0	1.4	2.9	4.6	13.0

表 6

糖度單位：°Bx

酒度單位：%

3.pH 值實驗數據：

日期	pH 值(1/28 實驗開始)					1/30	2/6	2/11	2/18	2/25	pH	pH	pH	pH	pH
項目	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	變化	變化	變化	變化	變化
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
甲 1	3.53	3.63	3.53	3.53	3.66	3.51	3.59	3.50	3.63	3.53	-0.02	-0.04	-0.03	0.10	-0.13
甲 2	3.50	3.68	3.49	3.48	3.51	3.57	3.69	3.48	3.51	3.50	0.07	0.01	-0.01	0.03	-0.01
甲 3	3.65	3.51	3.69	3.62	3.62	3.72	3.51	3.81	3.61	3.59	0.07	0.00	0.12	-0.01	-0.03
甲 4	3.57	3.46	3.49	3.55	3.58	3.72	3.47	3.47	3.57	3.61	0.15	0.01	-0.02	0.02	0.03
甲 5	3.70	3.69	3.44	3.61	3.57	3.68	3.71	3.65	3.56	3.58	-0.02	0.02	0.21	-0.05	0.01
甲 6	3.67	3.51	3.39	3.45	3.41	3.38	3.37	3.35	3.35	3.38	-0.29	-0.14	-0.04	-0.10	-0.03
甲 7	3.55	3.73	3.47	3.48	3.60	3.80	3.59	3.51	3.51	3.53	0.25	-0.14	0.04	0.03	-0.07
乙 1	3.59	3.50	3.42	3.50	3.53	3.57	3.51	3.54	3.49	3.49	-0.02	0.01	0.12	-0.01	-0.04
乙 2	3.48	3.55	3.54	3.60	3.50	3.60	3.64	3.62	3.68	3.60	0.12	0.09	0.08	0.08	0.10
乙 3	3.64	3.48	3.54	3.54	3.55	3.56	3.61	3.62	3.66	3.68	-0.08	0.13	0.08	0.12	0.13
乙 4	3.42	3.54	3.60	3.47	3.48	3.76	3.52	3.54	3.57	3.75	0.34	-0.02	-0.06	0.10	0.27
乙 5	3.53	3.58	3.55	3.55	3.63	3.78	3.56	3.60	3.55	3.62	0.25	-0.02	0.05	0.00	-0.01
乙 6	3.51	3.57	3.55	3.50	3.52	3.37	3.40	3.55	3.55	3.55	-0.14	-0.17	0.00	0.05	0.03
乙 7	3.52	3.63	3.50	3.58	3.53	3.50	3.58	3.44	3.40	3.24	-0.02	-0.05	-0.06	-0.18	-0.29
丙 1	3.58	3.54	3.54	3.51	3.56	3.64	3.55	3.51	3.65	3.66	0.06	0.01	-0.03	0.14	0.10
丙 2	3.72	3.56	3.61	3.53	3.51	3.81	3.63	3.54	3.56	3.56	0.09	0.07	-0.07	0.03	0.05
丙 3	3.55	3.56	3.55	3.55	3.55	3.52	3.71	3.60	3.67	3.75	-0.03	0.15	0.05	0.12	0.20
丙 4	3.56	3.73	3.60	3.54	3.56	3.60	3.57	3.44	3.77	3.77	0.04	-0.16	-0.16	0.23	0.21
丙 5	3.60	3.55	3.56	3.62	3.60	3.68	3.65	3.69	3.73	3.80	0.08	0.10	0.13	0.11	0.20
丙 6	3.60	3.51	3.52	3.48	3.52	3.49	3.37	3.30	3.60	3.68	-0.11	-0.14	-0.22	0.12	0.16
丙 7	3.57	3.45	3.54	3.48	3.52	3.59	3.37	3.52	3.31	3.70	0.02	-0.08	-0.02	-0.17	0.18

表 7

4.各種不同條件下，不同糖度時酒精濃度對時間的關係圖：

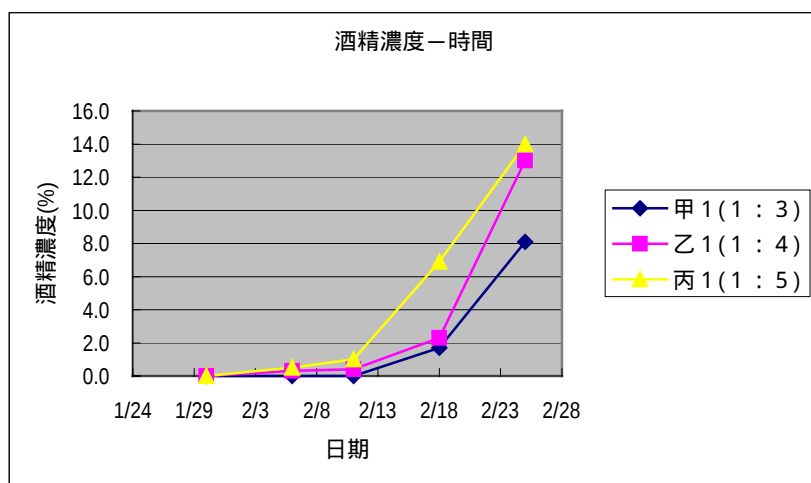


圖 3 (葡萄與砂糖攪勻且加封保鮮膜)

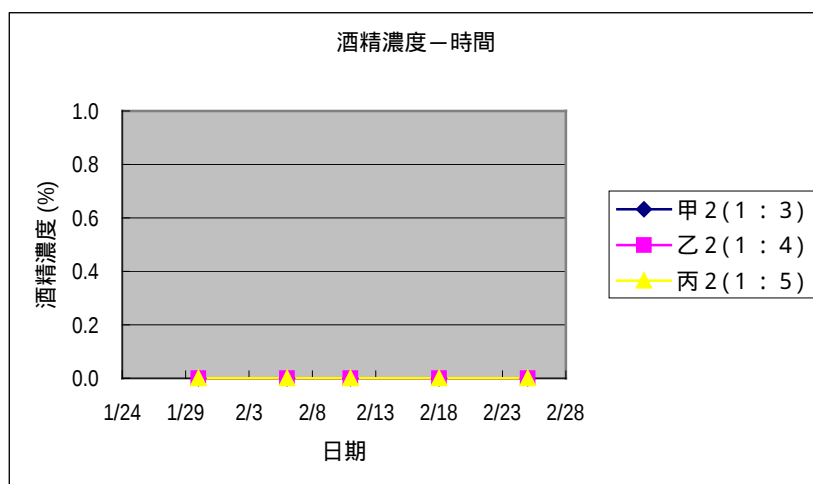


圖 4 (放置於 3 的冰箱中)

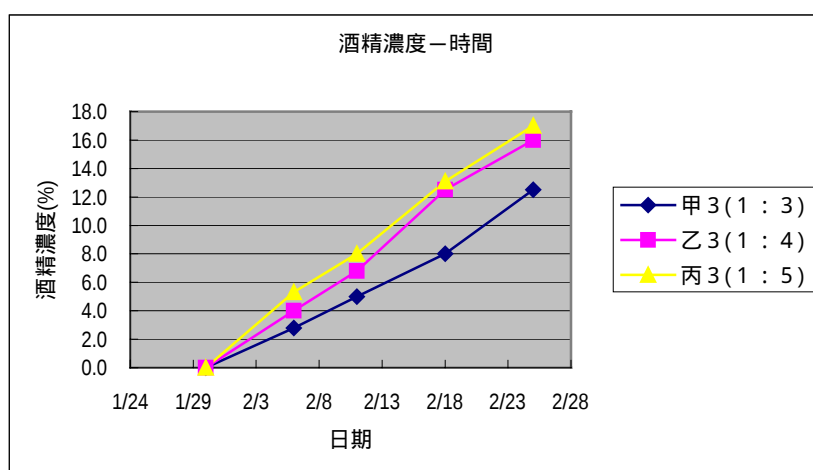


圖 5 (以真空罐抽氣)

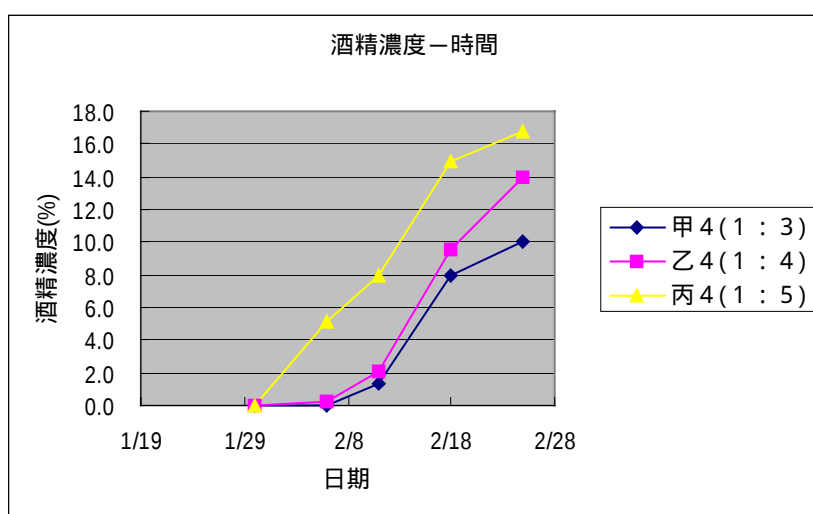


圖 6 (以果汁機攪碎)

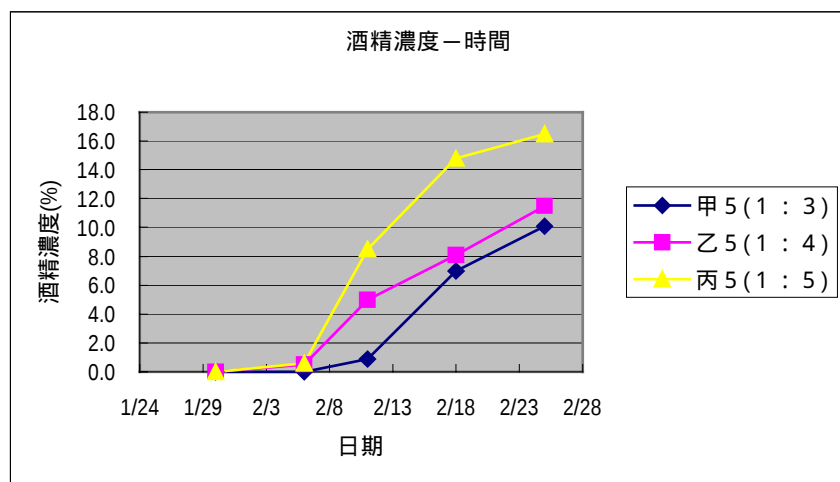


圖 7 (加更多葡萄皮)

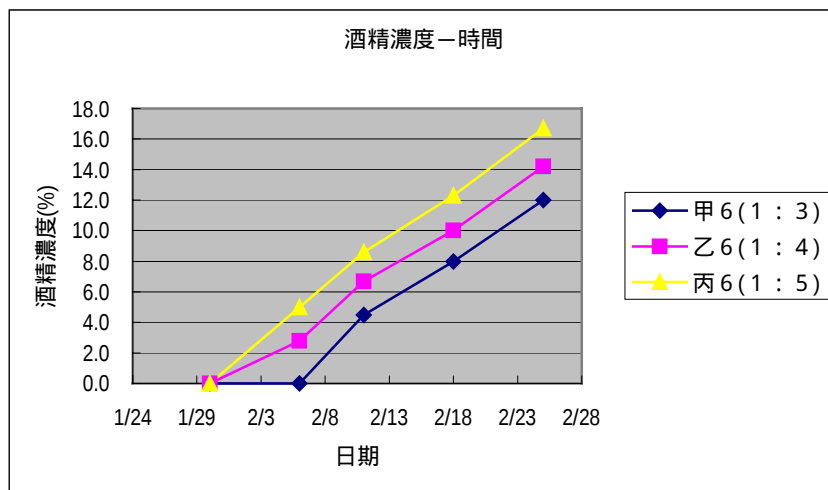


圖 8 (加他種酵母菌)

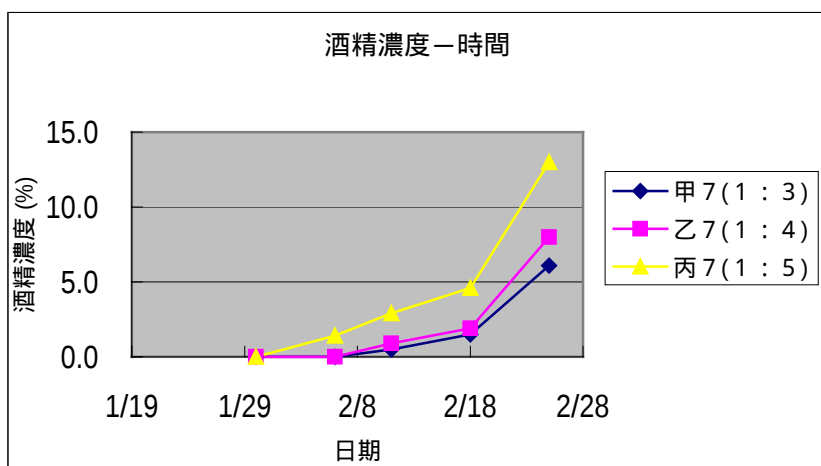


圖 9 (並未保持密封)

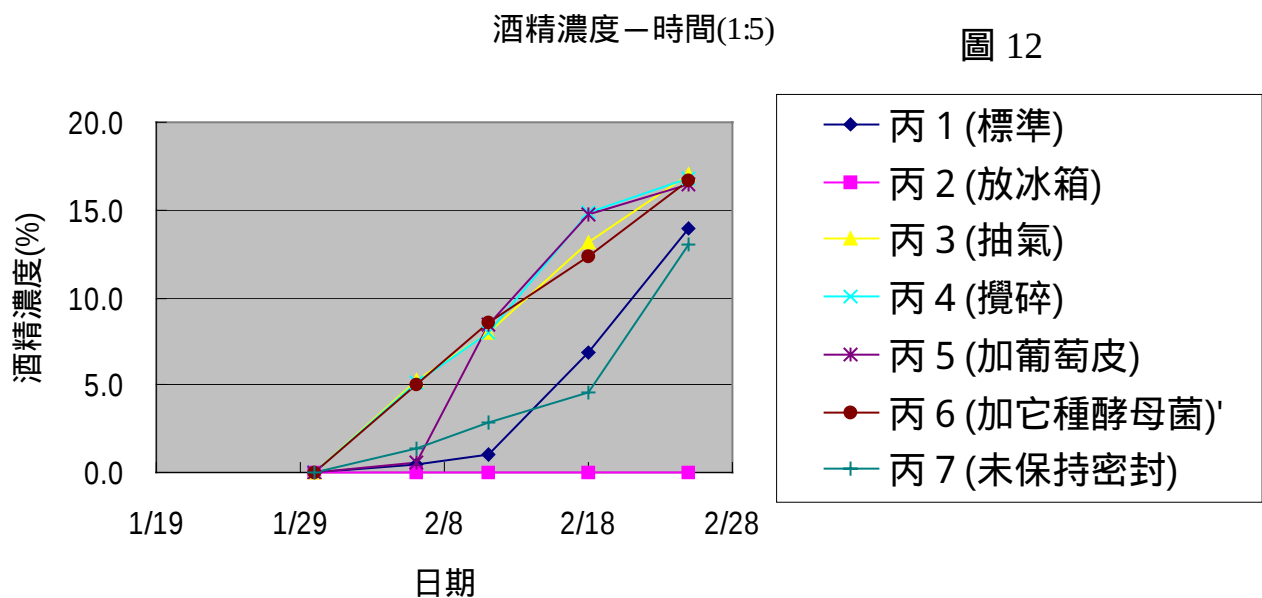
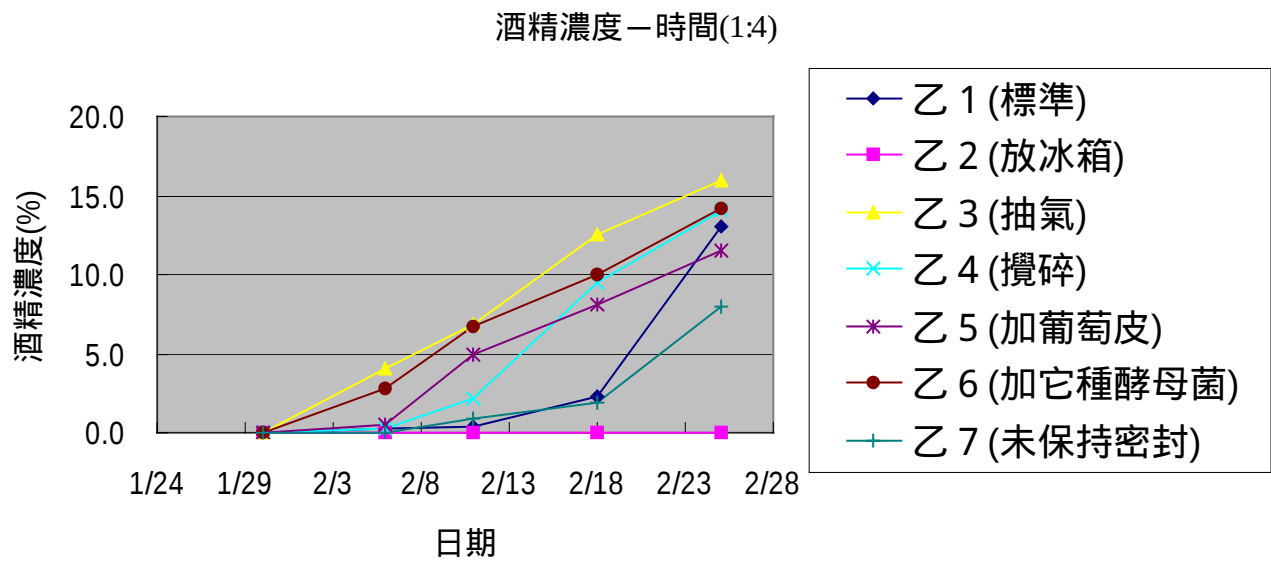
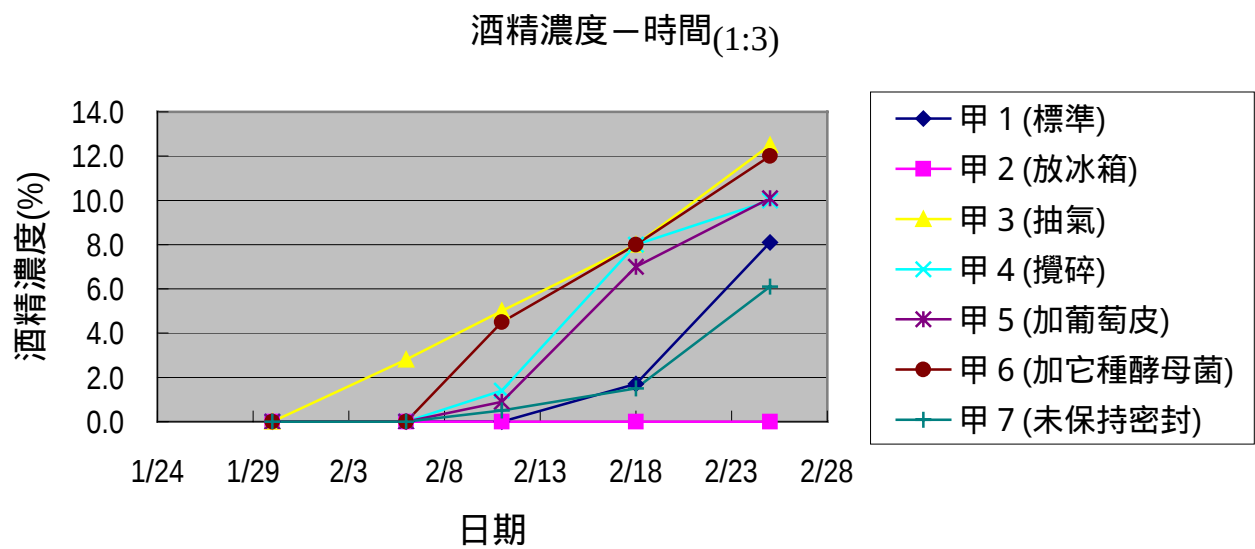


圖 12

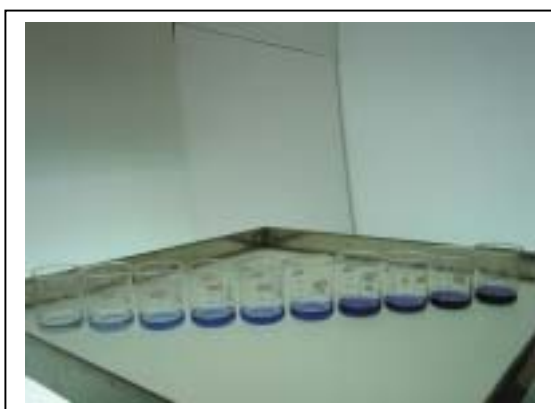
(一) 檢驗試劑對乙醇溶液中甲醇含量的呈色反應：

1. 編號 1 10 杯的溶液，甲醇濃度計算結果及其呈色情形如下表 8 所示。

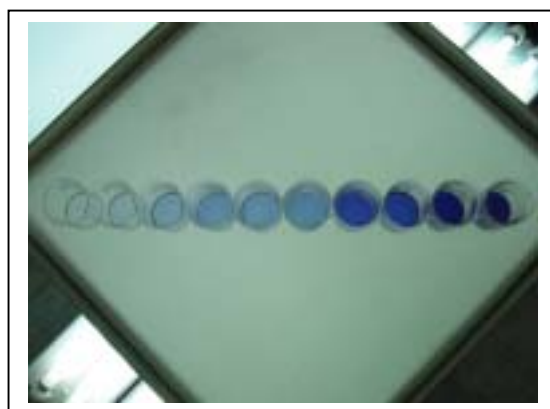
編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
乙醇(ml)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
蒸餾水(ml)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
甲醇(滴)	0	1	2	3	4	5	10	15	20	25
甲醇濃度(mg/L)	0	1975	3939	5894	7839	9774	19307	28606	37681	46539
呈色(參考照片)	無	淡藍	水藍	藍	藍	深藍	藍紫	藍紫	深紫	深紫

表 8

2. 參考照片 14 及照片 15，由左而右分別是編號 1 10 的燒杯。各杯溶液顏色的深淺依甲醇濃度由小到大分別呈現出無色、淡藍色、深藍、紫色、深紫色等顏色。



照片 14 甲醇的檢驗(從側面觀察)



照片 15 甲醇的檢驗(從上面俯視)

(二) Schiff's reagent(檢驗試劑)可以檢驗甲醇之最低濃度測試：

1. 編號 1 20 杯的溶液，甲醇的濃度計算結果及其呈色情形如下表 9 所示。

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
乙醇(ml)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蒸餾水(ml)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
甲醇(滴)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
甲醇濃度(mg/L)	1974	1793	1642	1514	1405	1310	1228	1155	1091	1033
呈色(參考照片)	顏色均為淡藍色(1 10 杯依序逐漸變淡)									
編號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
乙醇(ml)	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30
蒸餾水(ml)	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30
甲醇(滴)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
甲醇濃度(mg/L)	981	934	891	852	816	784	753	725	611	528
呈色(參考照片)	顏色均為極淡的藍色(11 20 杯依序逐漸變淡)									

表 9

2. 參考照片 16 及照片 17，由左而右分別是編號 1 20 的燒杯。各杯溶液的顏色均為淡藍色，顏色的深淺依甲醇濃度由大到小逐漸變淡。



照片 16 1 10 杯(從側面觀察)



照片 17 11 20 杯(從側面觀察)



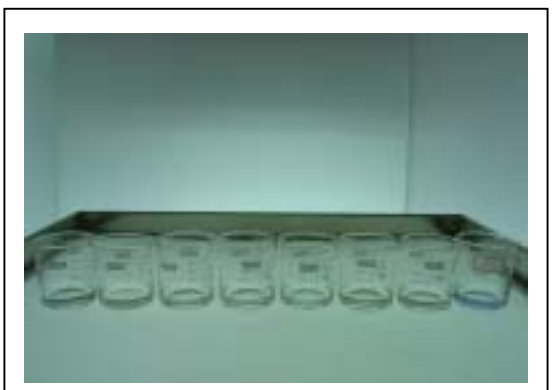
照片 18 1 20 杯(從上面俯視)



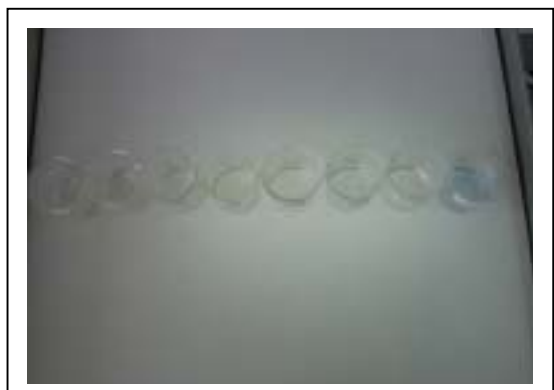
照片 19 第 20 杯(極淡的藍色)和實驗一中的第 1 杯(無色)對照、比較

(三) 以 Schiff's reagent(檢測試劑)檢驗實驗二中所釀造的葡萄酒是否含有甲醇？

1. 參考照片 20 照片 21，由左而右分別是實驗二中我們釀造的葡萄酒溶液乙 1 乙 7(參考第 3 頁)，第 8 杯則是第(二)部份實驗中第 20 杯的溶液(甲醇濃度約為 528mg/L)。



照片 20 釀造葡萄酒甲醇含量的檢驗
(從側面觀察)



照片 21 釀造葡萄酒甲醇含量的檢驗
(從上面俯視)

2. 承 1，檢驗的結果乙 1 乙 7 均呈無色，表示我們所釀造的葡萄酒，甲醇含量低於 528mg/L(實驗二中之第 20 杯的濃度)，亦遠低於安全值(3000mg/L)，是可以安心的飲用。

陸、討論

實驗一：先找出適合釀造葡萄酒的砂糖與葡萄質量比

1. 酒度計無法直接測量含有糖的酒精濃度，故我們必需**採用蒸餾法間接測量葡萄酒的酒精濃度**。因為蒸餾瓶價格昂貴且不易清洗，且蒸餾糖度較高的溶液容易燒焦。在經過多次的嚐試錯誤後且符合經濟效益的原則下，我們找到了測葡萄酒酒精濃度最簡易的方法：如實驗步驟中所述的利用濾網過濾葡萄溶液後取 30ml 的濾液，加蒸餾水稀釋至 100ml，因酒精的沸點較水低〔註十-12〕，最後利用蒸餾法收集蒸餾後的溶液 30ml，再以酒度計檢驗酒精濃度，即可測得原來葡萄酒的酒精濃度。
2. 根據圖 1 (第 8 頁)的結果可以清楚的看出依各種比例變化時糖度減少的變化趨勢與酒精濃度增加的變化趨勢一樣，可以推證**酒精是由醣類轉化來的**。此與理化及生物課本中所提化學反應方程式： $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CO_2 + 2C_2H_5OH$ 是一致的。〔註五、註八〕
3. 參考照片 6 13(第 7 頁)，在實驗中，從瓶口所套氣球的大小來看，我們發現：糖濃度愈高的葡萄汁愈難發酵，尤以糖：葡萄質量比 1:1 的溶液最難發酵。我們認為此乃酵母菌的繁殖及活動能力與糖水的濃度有關，**糖水濃度愈高，會抑制酵母菌增殖及活動**。再查閱相關資料〔註四、註十-3〕，我們得知濃度會影響滲透作用，若糖濃度過高會使酵母菌細胞因“脫水”而死亡。
4. 根據圖 2 (第 8 頁)的結果，1:1 這瓶酒精濃度在經過 35 天後酒精濃度只有 0.5%，且由觀察紀錄表 1-1(附錄第 1 頁)知道配製 1:1 的溶液時，瓶子底部會有未溶解的糖。1:2 這瓶雖酒精濃度達 10.8%，但嚐起來感覺有點太甜。**發酵速率較慢、使用糖量過高都不符合經濟效益**。
5. 根據圖 2 (第 8 頁)的結果發現，原汁及 1:6 兩瓶的糖度都是 0，代表發酵完全。此時原汁的酒精濃度只有 6.8%，此因葡萄糖分不足，無法發酵至足夠的酒精比例。1:6 這瓶中雖酒精濃度達 15%，但嚐起來沒有甜味，口感不像水果酒。且兩瓶都有一點臭味，尤其是**原汁那瓶更是長滿了白色的黴菌**(參考第 7 頁照片 12、照片 13)，令人感覺噁心，所以我們認為這樣的比例都不適合釀造葡萄酒。
6. 由經由觀察發現(參考第 7 頁的照片 6 13 及附錄第 5 頁表 1-10)：大約第 9 天後原汁溶液那一瓶所套的氣球開始縮小，到第 11 天時氣球明顯縮小很多。且注意到開始做實驗時糖濃度愈低者，氣球脹的愈大，現在反倒是縮的愈小。由討論 3，我們已知糖度愈高的葡萄溶液發酵速率愈慢，今糖度減少，發酵速率反而變慢，意味著**酒度提高亦會抑制酵母菌的增殖及活動**。即發酵速率變慢，氣球會縮小，氣球從脹大、縮小到呈壓扁狀時，可以推測發酵差不多完成，根據我們的實驗，此一過程大約需要 35 天。
7. 當糖度為零或觀察葡萄溶液無冒泡現象時，代表發酵完全。由實驗觀察紀錄表 1-13 中有底色的部份可以得知(附錄第 7 頁)：在一般的情況下，釀造葡萄酒可以達到約 16%的酒精濃度。亦可進一步推論我們**釀造葡萄酒時，葡萄果皮中的酵母菌對酒精濃度的忍受度約為 16%**。再查閱相關資料：一般市售葡萄酒的酒度約為 9 17%〔註十-4〕，米酒的酒度為 20%〔註十-5〕。不難理解酵母菌對酒精濃度的忍受

程度有一範圍(不同種酵母菌，對酒精濃度忍受範圍不盡相同)，酒精濃度過高酵母菌亦會“脫水”死亡。

8. 由表 5(第 8 頁)可以看出 pH 值的變化不大，除了 1:1 溶液略減少外，其餘各瓶的 pH 值都略微增加，原汁那瓶增加稍大，此乃發酵過程中糖度低，有利於黴菌生長，消耗掉酸，使發酵食品的 pH 值上升。〔註十-13〕
9. 綜合以上的觀察，我們認為釀酒時應適量的加入糖，下一部份的實驗我們就以糖和葡萄質量比 1:3、1:4、1:5 再進一步探討影響釀造葡萄酒速率及酒質的因素。

實驗二：探討影響釀造葡萄酒速率及酒質的因素

1. 為了證明酵母菌將醣類發酵會使溶液 pH 值下降，我們做了一組糖水對照組。

項目	實驗開始		第 67 天後	
	葡萄溶液	糖水溶液	葡萄溶液	糖水溶液
糖(g)	0	50		
葡萄(g)	200			
水(g)		200		
酵母菌(g)		1.0		
糖度	10.0	10.0	0.0	7.0
pH 值	3.80	6.40	4.30	2.27

表 10

從上表 10 可以看出只有糖水溶液被酵母菌分解，67 天後的 pH 值由 6.40 明顯下降到 2.27，但葡萄溶液因成份相當複雜〔註三〕，pH 值變化不明顯。

2. 觀察表 7(第 10 頁)的共同特性是 **各種條件之下的 pH 值變化都不大，在口感上不易分辨出來。影響釀造葡萄酒的 pH 值有相當多的因素**，因葡萄成份相當複雜〔註三〕，且葡萄皮中含有黴菌及酵母菌，黴菌會消耗掉酸，使 pH 值上升，酵母菌分解葡萄糖產生酒精及二氧化碳，二氧化碳溶於水使 pH 值下降〔註九〕，若未密封的情況下，酒精和氧結合也會產生乙酸和水，pH 也會改變，且葡萄溶液屬於弱酸，故 pH 值的變化易受外在條件影響。
3. 由實驗觀察紀錄表 2-6 中(附錄第 18 頁)有底色的部份可以得知，當發酵完全時葡萄酒的酒精濃度約 15~16%。再一次的推證：一般釀造葡萄酒時，葡萄酵母菌對酒精的忍受濃度約為 16%。
4. 觀察圖 3-9(第 10~12 頁)，除了編號 2 放冰箱幾乎不發酵外，其餘各組都可以看出不管是在什麼樣的控制變因條件下，糖濃度愈低的溶液愈容易發酵，時間效益較高。
5. 甲 1(1:3)、乙 1(1:4)、丙 1(1:5)是對照組，掌握控制變因的精神探討六個影響釀造速率及酒質的因素。結果列於第 13 頁的圖 10~12，詳細地討論如下。
6. 從圖 10~12(第 13 頁)的甲 2、乙 2、丙 2，可以觀察到 **溫度過低不利於酵母菌活動**，置於冰箱中，經過一段時間後，酒精濃度仍接近零，故溫度太低的地區不適合釀造

葡萄酒。此因在低溫時，酵母菌因本身能量不夠，以致沒有多餘的能力產生發酵作用，類似冬眠現象。查閱相關資料〔註二〕，我們得知存在成熟之葡萄等水果上的葡萄酒酵母發育的適合溫度為 25 。

7. 釀造過程中，若以真空罐抽氣時，會冒大量氣泡及聞到淡淡的酒香味，此因壓力減少，不利二氧化碳溶解，但有利發酵反應的進行，酒精濃度也較高。比較第 13 頁中圖 10 的甲 1 與甲 3、圖 11 的乙 1 與乙 3、圖 12 的丙 1 與丙 3，可以得知**釀酒過程若抽氣，不但可以縮短釀造時間，亦可略為提高酒精濃度**。查閱相關資料〔註六〕，我們得知“葡萄糖→酒精+二氧化碳”此一反應過程中，若移走二氧化碳(生成物)，利於向右反應，不但反應速率加快，亦會提高產酒率。
8. 以果汁機攪碎的葡萄溶液發酵較快，此因反應接觸面積較大〔註八〕。由本研究第 13 頁中圖 10 的甲 1 與甲 4、圖 11 的乙 1 與乙 4、圖 12 的丙 1 與丙 4 可以得到驗證。由研究結果(參考附錄第 17 頁表 2-5.2)我們還得知：**葡萄果皮攪碎，葡萄酒的味道稍具澀味，酒液色澤較深**。查閱相關資料〔註十-6、十-11〕，我們得知葡萄果皮中含有百單寧、紅色素及香味物質等重要成份，所以釀造葡萄酒在發酵之前必須先破皮擠出葡萄果肉。但破皮的程度必需適中，以免釋出葡萄籽中的油脂及較差的單寧影響葡萄酒的品質。基於以上的理由，我們利用果汁機將葡萄攪碎，雖然可以提高釀造速率，但步驟費時，也影響了酒的品質，故不建議採用此方法。
9. 由本研究第 13 頁中圖 10 的甲 1 與甲 5、圖 11 的乙 1 與乙 5、圖 12 的丙 1 與丙 5 可以推知釀造過程中，若**加入更多的葡萄皮，因同種酵母菌增加，會縮短發酵時間，水果酒的顏色也會較深**。此乃因為葡萄皮(催化劑)的加入，會使反應過程的中間產物活化能降低，葡萄皮量(催化劑)的增加，就會有更大量的反應物活化能被降低，使發酵速率加快。
10. 由實驗紀錄表 2-1.1 2-5.2(附錄第 8 17 頁)，可以得知各組中編號 6 的實驗(葡萄去皮再加他種酵母菌)，葡萄溶液的顏色都是“黃褐色”，編號 4(以果汁機攪碎)及編號 5(加入更多葡萄皮)葡萄溶液顏色較深，可以推論**釀造葡萄酒的色澤是來自於葡萄皮**。
11. 由本研究第 13 頁圖 10 的甲 1 與甲 6、圖 11 的乙 1 與乙 6、圖 12 的丙 1 與丙 6 可以得知酵母菌在釀造酒的過程中扮演催化劑的角色。空氣及果皮中均含有黴菌及酵母菌，從研究的過程中我們發現**另外再添加他種酵母菌易使溶液酸臭及產生怪味**。從本實驗發現：釀造酒直接飲用，風味考量不宜再加入他種酵母菌。再查閱相關資料〔註二、註三〕，得知**酵母菌的種類相當多，且葡萄所含的成份亦相當複雜，在了解酵母菌特性的情況下任意地添加，除了破壞酒的風味口感外，有可能產生危害人體健康的物質**，況且葡萄果皮中已富含葡萄酵母，故台灣民間自然釀造法，是不建議再添加其他酵母菌的。
12. 由實驗觀察紀錄表 2-5.2(附錄中第 17 頁)，可知在釀酒過程中，若**未一直保持密封，容易因雜菌的污染而讓酒酸敗**，故釀酒宜在密封的情況下進行。
13. 我們找到市售的釀造葡萄酒，嚐起來**香味較濃郁**，我們閱讀相關資料知道這是酯化的結果，所以**釀造葡萄酒若考量此一風味是需要時間醞釀的**。除此之外，酒的風味口感也和葡萄品種、添加糖的種類、釀造用的容器種類、陳釀場所的溫度、溼度、光線等有關〔註三、註八、註十-6〕，然而這一部份是本研究沒有探討的。
14. 由表 2-5.3 可知釀造環境的溫度太低(放冰箱 3)，經過較長的時間(99 天)，葡萄幾乎

不發酵，糖度仍高，測得酒精濃度幾乎為零，但觀察葡萄溶液已發霉。由此我們可以推知抑制雜菌的生長除了糖度因素考量外，酒精濃度亦是重要因素。**故能加速發酵，提高酒度，可以減少被雜菌污染的機會，除具競爭優勢亦可確保較佳的酒質。**

實驗三：檢驗酒的真偽部份

- 查閱相關資料〔註七、註十-10〕，發現檢驗假酒的方法很多。我們採用之甲醇分析方法：呈色定量法 - 鹽酸薔薇苯胺呈色法。採用的原因如下：
 - (1).Schiff's reagent(檢測試劑)容易配製。
 - (2).只需比較顏色就可以判斷有無甲醇存在？不需要複雜的儀器設備，且不必配製標準濃度溶液比較光線吸收度，以國中現階段的儀器設備來說是最簡單且方便的。
 - (3).檢驗靈敏性至少可以檢測到 528 mg/L(參考第 14 頁表 9)，低於衛生署規定的葡萄酒類甲醇的標準 3000mg/L〔註十-7〕。以此法檢驗，可以讓我們在享受釀酒 D I Y 樂趣的同時喝得更安心。
- 各項藥品之目的及作用：〔註七、註十-10〕
 - (1).過錳酸鉀：在酸性溶液中，可以將甲醇氧化形成甲醛，本身形成棕色二氧化錳。同樣地，酒中的乙醇也會被氧化形成乙醛。
 - (2).草酸：在酸性溶液中，與二氧化錳及溶液中過量的過錳酸鉀產生氧化還原反應，本身氧化成二氧化碳，二氧化錳及過錳酸鉀則還原形成無色的 Mn^{2+}
 $2KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$
 $MnO_2 + H_2C_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + 2CO_2 + 2H_2O$
 - (3).薔薇苯胺：
 - ①可作為染料，可溶於鹽酸、酒精溶液。配製之 Schiff's reagent(檢測試劑)若有顏色就不可以使用。
 - ②與亞硫酸鈉形成非 quinone 型的無色化合物。
 - ③無色的薔薇苯胺亞硫酸鈉生成物（即 Schiff's reagent 與甲醛作用），起初也是呈現無色，但是失去碳原子上的磺酸基分子就會形成紫色的 quinone 色素。
- 由參考資料中〔註七〕，以 Schiff's reagent(檢驗試劑)來辨別酒的真偽，是採用光電比色計測定其透過率(最大吸收在 568 nm)。透過實驗，我們發現只要利用日光燈從底部打光線，亦可藉由觀察呈色情形辨別溶液中甲醇含量的多寡。
- 承 2，假酒中若含有甲醇，先用過錳酸鉀，氧化成甲醛，加入硫酸及草酸將溶液還原成無色狀態。再加入 Schiff's reagent(檢測試劑)會呈紫色，其顏色之深淺程度，與甲醇濃度有關，藉由觀察溶液的顏色，可以直接辨別酒中甲醇的濃度。參考第 14 頁的表 8，各杯溶液顏色的深淺依甲醇濃度由小到大分別呈現出無色、淡藍色、深藍、紫色、深紫色等顏色。

5. 混合溶液中甲醇濃度(mg/L)的計算：

$$\frac{\text{甲醇質量}}{\text{溶液體積}} = \frac{\text{密度} \times \text{體積}}{\text{溶液體積}} = \frac{0.78 \times 1/20 \times \text{滴數} \times 1000}{\text{溶液體積 (公升)}}$$

其中：甲醇密度 $0.78g/cm^3$ 、一滴溶液的體積 1/20(ml)

- 假酒是以工業的變性酒精(含大量甲醇)，經脫色蒸餾而使用。因甲醇沸點(64.7)及乙醇沸點(78.4)相差不大，故在蒸餾過程中不能完全分離甲醇，使得假酒中必含有甲醇。甲醇又稱木精，有劇毒，誤飲輕則失明(約 10c.c.以上)，重者身亡(約 30 c.c.以上)〔註十-2、註十-12〕。由於甲醇可由植物細胞壁中所含 pectin 發酵生成，含果膠較多

的水果，因果膠水解、發酵而使甲醇含量增多〔註二、註十-8〕。因此各種釀造酒中並不是完全不含甲醇的，若能掌握正常的釀造條件及方法，甲醇的含量不致於危害人體健康的。衛生署公佈酒類衛生標準要求釀造葡萄酒不得超過 3000mg/L〔註十-7〕。

7. 由第 14 頁的表 9，可以得知我們配製的檢測試劑可檢測甲醇濃度比衛生署公佈的安全值要低很多。更進一步我們將自己釀造的葡萄酒，以 Schiff's reagent(檢測試劑)檢驗，均呈無色，表示我們所釀造的葡萄酒，甲醇含量低於 528mg/L(實驗二中第 20 杯的濃度)，亦遠低於安全值(3000mg/L)，是可以安心的飲用。

柒、結論

1. 糖在釀酒過程中所扮演的角色有：
 - (1)抑制其他雜菌的污染，使酵母菌增殖為強勢菌種。
 - (2)提高釀造葡萄水果酒的甜度及酒精濃度。
 - (3)提供酵母菌發酵的能量。
2. 不同砂糖與葡萄的比例(改變糖度)，當濃度高於 1:3 時，發酵時間加長，但其利用的糖度增加仍有限，將浪費較多的砂糖材料，不符合經濟效益。若糖度低於 1:5 時，其發酵期間容易受雜菌污染或酸敗，故**我們認為 1：4 左右的比例對發酵是最適合的。**
3. 從研究過程中，我們發現影響釀造葡萄酒速率及酒質的因素有以下幾點：
 - (1)糖度：糖度愈低的葡萄溶液對於酵母菌增殖發酵愈有利。但糖度過低，釀造酒的酒精濃度偏低且易受雜菌污染影響酒的品質；若糖度過高會抑制酵母菌活動致使產酒率降低。
 - (2)溫度：葡萄酵母菌有其適合生長溫度，若釀造環境的溫度太低，葡萄幾乎不發酵。
 - (3)壓力：利用抽氣的方法釀造葡萄酒，不但可以縮短發酵的時間，還可以提高糖度的利用，酒精濃度也會略為提高一點。
 - (4)接觸面積：用果汁機將砂糖與葡萄充份打碎混合，增加了酵母菌與葡萄接觸的面積，可以縮短釀造的時間，其酒的色澤會較深，但口感較澀。
 - (5)加更多酵母菌：在釀造過程中，我們試著加更多的葡萄皮或添加釀造米酒用的酵母菌，發現酵母菌的多寡會影響釀造的時間及品質。尤其是添加其他種類的酵母菌，會產生難聞的氣味，破壞了葡萄酒的風味。
 - (6)密封與否：在釀造的過程中，若未密封易受雜菌污染而影響酒的品質。
4. 就經濟觀點而言，我們可以利用不同的方法縮短發酵時間，增加作業效率。**調整適當的糖度、溫度、壓力、接觸面積及添加酵母菌，都會讓發酵速率變快，如此可以減少被雜菌污染的機會，具競爭優勢，但風味考量也是重要的，故理想的釀酒過程應同時考量發酵速率，風味，產酒率等條件。**
5. 釀酒雖然很容易，但要釀適合自己口感的好酒卻是要下功夫的，葡萄酒發酵失敗呈酸敗的主要原因是砂糖與葡萄的比例偏低，在考量酵母菌的活動力及風味、口感、色澤及成本(產酒率)等因素下，我們認為**釀造葡萄酒時以糖：葡萄質量比 1：4、密封、常溫、不加酵母菌尤佳，若葡萄較酸澀可以將糖：葡萄質量比提高至 1：3，若想再略為提高酒精濃度及速率，可利用抽氣的方式去釀造。**
6. 在慎選原料，掌握正確的釀造條件前提之下，釀製水果酒的方法簡易又安全，不會有喝到假酒的風險，又可以享受 D I Y 的樂趣，建議大家不妨試試釀造適合自己口感

的葡萄酒！

捌、心得與展望

參加本次科展，除了讓我們活用了許多剛學過的知識，更讓我們從中體會到科學家們在研究過程中的甘苦。從實驗的過程中，我們不斷地有“意外”的發現，在與老師討論後，會針對實驗步驟稍做修正，逐步的調整實驗目的。我們**深刻地體會動手做實驗的重要性**，原來日常生活中習以為常的現象是如此的奧妙有趣。從校內科展到市展再到全國科展，一路走來我們不斷地學習。透過實驗夥伴們的分工合作、查資料、討論及撰寫報告，在簡單的設備及步驟下，老師除了要求我們深入的思考，在疑難解惑上也發揮了指導的功能，讓我們的知識愈加深加廣。感謝此次科展給了我們一個學習、進步的機會。

在完成以上實驗及討論後，老師建議我們針對有種植葡萄的果農，**做一關於「釀造葡萄酒」的問卷調查**，實際去了解民間私釀葡萄酒的情形，也讓我們的研究結果更具有意義。於是我們設計了一份問卷，委託住在鄉下的親戚代為調查(參考附錄第 20-22 頁)。我們發現以下的事實：大部份的果農都會自己私釀葡萄酒來販賣，而且釀造所使用的砂糖及葡萄的比例正如我們實驗結果，以 1:4 的比例為主，視葡萄的糖度可以調整比例，從問卷中我們也了解到一般農民們都是以經驗法則來釀酒(祖傳或有經驗者指導居多)，代表大多數人是可以接受糖度約為 1:4 的口感。對於釀酒要多少時間發酵，果農們並不了解(我們的實驗結果：在台灣的二月左右釀造約需 35 天)，他們以為酒的發酵時間和陳釀時間是差不多的。少許較有經驗的農民，會使用品質較差的葡萄來釀酒，因其會再透過蒸餾的方式製成蒸餾酒，這些農民他們就知道發酵時間大約是一個月。也因為需大量生產，增加收入，往往發酵一個月左右就開始蒸餾葡萄酒了。其實這些人忽略了一個事實：葡萄的成份相當複雜，大部份的物質在釀造過程中可能都仍留在葡萄酒中。若能使用品質較佳的葡萄去釀造，且給些許時間去陳釀，不管是直接飲用或是再蒸餾，風味口感都會更棒。調查的過程中，另有一個特別引人注意的問題：**高達 90% 以上的果農並不知道釀酒的過程是會產生甲醇的。這也突顯一個事實：若果農不慎選原料及注意釀造的條件與技術，私釀酒的品質及安全是難以掌控的。**

在研究過程當中，雖然我們掌握了六個影響釀造葡萄酒速率及酒質的因素，但因設備、時間及人力的緣故，我們並未對各項影響變因做更深入定量的探討。而查閱相關的資料可以得知影響酒質的因素很多〔註二〕，也留意到許多探討溫度對釀酒影響的相關文獻〔註二、註三〕。所以我們認為**除了糖度之外，溫度是一個影響酒質很重要的因素**，到底怎樣的溫度較適合釀酒呢？若還有機會我們認為可以設計以下的實驗：視溫度為操縱變因，定量及定性地去探討溫度對釀造酒速率及酒質的影響。

至於溫度要如何操縱呢？以國中理化實驗室的設備來說，我們認為若要探討溫度與釀造速率及酒質的定量關係，可以拉長觀察時間來做。我們可以在夏天期間戶外陽光直射處及室內陰涼處(台灣夏天七、八月溫度約 30-35℃)、冬天期間(台灣冬天一、二月溫度約在 15-20℃)〔註十-9〕及找一大冰箱(控制溫度在 0-5℃)，掌握控制變因的精神分別釀造一批葡萄酒，再定量及定性地去探討溫度對釀造酒速率及酒質的影響為何？當然若實驗室有恆溫控制設備就可以在較短時間之內完成此實驗了。

玖、參考資料

- 〔註一〕 王進琦編著。食品微生物學。修訂版六刷。台北。藝軒圖書出版社。第 29 33 頁、第 87 頁。民國 82 年 1 月。
- 〔註二〕 林宏一編著。食品微生物學。初版。台北。中國畜牧雜誌社。第 72 107 頁。民國 64 年 9 月。
- 〔註三〕 林耕年編著。釀造學。修訂三版。台南。復文書局。第 36 47 頁。民國 64 年 8 月。
- 〔註四〕 周昌宏(編審主任委員)。國民中學生物(上冊)。再版三刷。台北。國立編譯館主編。第 35 39 頁。民國 90 年 8 月。
- 〔註五〕 周昌宏(編審主任委員)。國民中學生物(下冊)。初版四刷。台北。國立編譯館主編。第 65 67 頁。民國 91 年 1 月。
- 〔註六〕 吳大猷(編審主任委員)。國民中學理化(第三冊)。改編本 8 版。台北。國立編譯館主編。第 97-114 頁。民國 87 年 8 月。
- 〔註七〕 師大化學系主編。普通化學實驗。台北。師大化學系。第 195 200 頁。
- 〔註八〕 劉廣定(編審主任委員)。國民中學理化(第二冊)。再版三刷。台北。國立編譯館主編。第 57 頁、第 79 82 頁。民國 92 年 1 月。
- 〔註九〕 劉廣定(編審主任委員)。國民中學理化(第三冊)。再版三刷。台北。國立編譯館主編。第 61 64 頁。民國 92 年 1 月。
- 〔註十〕 網頁資料：
- (1). 果蔬甜度、糖度、可溶固形物與糖含量的論析 <http://www.tari.gov.tw/>
 - (2). 綠十字健康網 <http://www.greencross.org.tw>
 - (3). 滲透作用 <http://www.bio.ncue.edu.tw/~89110626/web/R004.htm>
 - (4). 酒類基礎篇 <http://web2.ntit.edu.tw/~s14918047/data/index03.htm>
 - (5). 適量飲酒 <http://www.ilshb.gov.tw/health/bob4/飲酒適量.htm>
 - (6). 紅葡萄酒的釀造過程
<http://educlasses.educities.edu.tw/EduCenter/Material/661/Process/wine12-r.htm>
 - (7). 恐怖的甲醇假酒 <http://www.sensory.com.tw/wine.htm>
 - (8). 小心甲醇就在你身邊 <http://www.ch.com.tw/report-920102.htm>
 - (9). 中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>
 - (10). 酒精飲料中甲醇之快速氣相層析分析
<http://www.tajen.edu.tw/~fs/ymchoong/news.htm>
 - (11). 葡萄酒的釀造 <http://www.tied.com.tw/winemake.htm>
 - (12). 蒸餾介紹 <http://www.myweb.hinet.net/home1/mghwine/new-page-6.htm>
 - (13). 發酵學 <http://te.hkc.edu.tw/teacher/3/3-8.htm>

評語

主題生活化，實驗態度認真，實驗之設計與實驗數值之計算與解釋可再加強。