

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 化學科

第三名

080211

我自橫罐七天酵，去留酒氣兩崑崙

～探討酒精發酵之最佳條件

學校名稱：臺北市信義區博愛國民小學

作者： 小五 曲柏勳 小五 郭瑜安 小五 李竑均 小五 黃偉特 小五 黃敬昊 小五 林培育	指導老師： 許柏雄 姚乃仁
---	-------------------------

關鍵詞：酒精發酵、蒸餾法、酵母菌

摘要

參觀酒廠之後，老師鼓勵我們用簡單的器材及方法進一步探討釀酒相關問題。我們配製葡萄糖溶液，並加入酵母粉發酵七天，操縱不同濃度、溫度、酸鹼性、鹽類、酒精添加量和食鹽添加量等變因，再以過濾、蒸餾、冷凝等程序來收集發酵作用釋放出來的酒精，並觀察測量酒度的變化，藉以探討影響發酵速率的因素。

環境因子對酒精酵素活性的影響並非都是線性關係。主要是因為酵素成分是蛋白質，在環境溫度過高、過酸或過鹼、添加酒精或鹽類都會造成酵素結構改變影響活性大小，甚至失去作用，故根據本次實驗結果，得知酒精發酵之最佳條件為：葡萄糖水濃度約 20~25%、溫度約 22~30°C、弱鹼的環境、可添加少量食鹽、但不添加酒精及其他鹽類。

壹、研究動機

有一次大家相約到同學家玩，正好看到同學的媽媽在做麵包，我們注意到同學的媽媽加了一些不知名的粉狀物，一段時間後出爐時，麵包竟然是蓬鬆起來的，仔細問過後才知道原來那是酵母菌，心中因而產生了一個問題：「酵母菌除了可製作麵包以外，還能做什麼？」還記得老師前陣子曾帶我們去宜蘭的金車酒廠參觀，並瞭解他們是如何釀酒的，而老師也曾和我們討論六年級自然課本的【食物變酸了】單元，其中說到：「米經過發酵可製成米酒」，那時我們便了解酵母菌還能運用在釀酒上，也因此對於「酵母菌」及「釀酒」產生了很高的興趣，很想親自實驗看看「酒精發酵」，並了解到底有那些因素會影響發酵的效果，以調整出最好的發酵方法。經過老師鼓勵，我們決定由酒精發酵出發，探討其發酵之最佳條件。

貳、研究目的

- 一、探討葡萄糖水溶液的濃度高低對發酵速率的影響。
- 二、探討溫度的高低對發酵速率的影響。
- 三、探討酒精的添加量對發酵速率的影響。
- 四、探討食鹽的添加量對發酵速率的影響。
- 五、探討不同鹽類的添加對發酵速率的影響。
- 六、探討酸鹼度(pH 值)對發酵速率的影響。

參、文獻探討

一、相關原理查詢與討論

(一)反應速率：化學反應的快慢程度。通常以一定時間內，生成物的生成量或反應物的消耗量來表示。

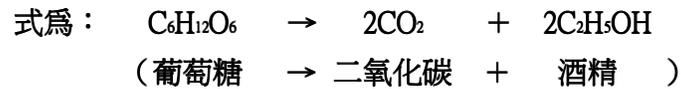
(二)發酵：狹義上只指微生物在無氧狀態下將碳水化合物分解的現象，是微生物獲得能量的方法之一。

(三) 酵素：生物體內的催化劑又叫做酵素或酶。一旦酵素與特定物質完成結合就能快速促使結合物產生變化，所以酵素可視為一種催化劑。生物體內不同的化學變化，其所用的酵素亦不同。

(四) 醣類：碳氫氧化合物中，若氫與氧原子的比例為 2：1 時，屬於醣類。

例如： $C_6H_{12}O_6$ （葡萄糖）就是一種醣類。

(五) 酒精發酵：本實驗使用的酵素材料為活性乾酵母，透過查資料得知，酵母菌會分泌酒精酵素，在糖水中加入活性乾酵母，可使酵母菌進行無氧發酵，反應式為：



(六) 啤酒類：由麥芽發酵所製成，通常含有 3%—6% 的酒精。

(七) 釀造酒：由穀類或水果經酵母發酵及成熟而製成。通常含有 12%—14% 的酒精，也有人額外添加精製食用酒精，使其達到 18%—20% 的酒精濃度。

(八) 蒸餾酒：由釀造酒再經蒸餾及儲存成熟而製成，通常含有 40%—50% 的酒精濃度。

(九) 糖度計測量的原理：利用浮力原理。在液體中，糖度計的重量 = 排開液體的重量，且 排開液體的重量 = 排開液體的密度 × 排開液體的體積 = 排開液體的密度 × 糖度計沒入液面下的體積。當糖水濃度改變，就會影響糖水密度，進而影響糖度計沒入糖水體積，藉此可設計出測量糖度大小的「糖度計」。又因為糖的密度 > 水的密度，當糖水的濃度愈大，表示糖對水的比例愈大，混合後溶液的密度也會愈大，造成糖度計上浮(沒入糖水中體積變少)，故糖度計之刻度設計為：

刻度愈往下，糖度愈大 (糖度為 0 時在最上端)。

(十) 酒度計測量的原理：酒度計的設計亦利用浮力原理。酒精的密度 < 水的密度，當酒精水溶液的濃度愈大，表示酒精對水的比例愈大，混合後溶液的密度卻會較小，造成酒度計下沉(沒入酒精溶液中的體積變大)，故酒度計之刻度設計為：

刻度愈往上，酒度愈大 (酒度為 0 時在最下端)。

$$(十一) \quad \text{重量百分濃度} = \frac{\text{溶質重}}{\text{溶質重} + \text{溶劑重}} \times 100\% = \frac{\text{溶質重}}{\text{溶液重}} \times 100\%$$

二、實驗設計討論

(一) 我們整個實驗所用到的實驗原理的反應式是： $\text{葡萄糖} \xrightarrow{\text{(反應物)}} \text{酒精} + \text{二氧化碳}$ (生成物) (生成物)，並利用製麵包用的酵母菌所分泌的酒精酵素來進行上述反應，因酒精酵素來自於酵母菌，故所有能影響酵母菌活動力之因素，也都能影響酒精發酵之速率。

(二)反應速率的定義：**單位時間內反應物的消耗量或是生成物的生成量**。故針對本實驗，測發酵速率可以有以下的方法：

- 1.測量葡萄糖濃度變化：可利用糖度計測量糖水濃度的變化。
在同樣發酵時間下，糖度變化量越大，發酵越快。
- 2.測量酒精濃度變化：可利用酒度計測量酒精濃度的變化。
在同樣發酵時間下，酒度變化量越大，發酵越快。
- 3.測量二氧化碳的產量：可利用排水集氣法收集二氧化碳。
在同樣發酵時間下，二氧化碳產量越多，發酵越快。

(三)一開始大家都認為排水集氣法設備簡單又快速，想採此方法進行發酵速率的探討。但經由指導老師和我們討論，得知二氧化碳會溶於水，不但會影響收集到的量且會影響溶液的酸鹼性，變因較難控制，故本實驗不採用此方法。

(四)酒精發酵中反應物的消耗及產物的增加，都會影響整杯溶液的密度。例如：因酒精的密度 $<$ 水的密度(1 g/cm^3)，當酒精產出越多會造成溶液密度減少，測得的糖度會越小。而添加食鹽時，因食鹽密度 $>$ 水的密度，會造成溶液密度增加，測得糖度也會略大。

(五)雖然糖度計的最小刻度不夠靈敏，又有上述誤差可能，但因測量方法簡便，且相對數據之間，仍可透露一定的訊息，指導老師要求我們仍然先將結果記錄下來，作為輔助探討本實驗用。

(六)因為酒度計於溶液含有其他雜質的狀況下，會受到其他雜質影響溶液密度，測量結果會不準，例如：糖的密度均大於水及酒精的密度，所以含有糖的酒精溶液密度 $>$ 不含糖的酒精溶液密度，會造成酒度計在糖水中往上浮，因此酒度計完全無法直接測量含有糖的酒精濃度。另外，因為酒精的沸點低，將溶液加熱時酒精會最先被蒸餾出來，比較好收集，因此我們與指導老師討論後，決定透過蒸餾法間接測量酒精濃度，雖很耗費時間，但較容易去除其他的影響因素，故本次實驗主要採此方法分析結果。

(七)綜合以上所述，我們的實驗流程基本設計如下：

配製葡萄糖溶液→ 加酵母粉，發酵數天 → 開瓶蒸餾 → 測量酒精的變化量

(八)承上，考量酒度計應用浮力原理，在使用時需要一定高度的容器，又要正確兼顧酒精的產量，在透過蒸餾法間接測量酒精濃度時，必須掌握控制變因的量如下：

1. 葡萄糖水溶液約發酵七日後，取 120ml 的濾液置入蒸餾瓶內。
2. 收集冷凝回來的液體 40ml，直接以酒度計測量，即可表示發酵後溶液的酒精濃度高低。這是因為酒精的沸點較水低，加熱後酒精會先汽化且被冷凝回來，若原本發酵後的溶液酒精產量較多，40ml 冷凝回來的液體中，酒精含也會較多，測得酒度就較大。

(九)實驗變因設計：

1. 實驗一(糖水濃度)：

操縱變因	葡萄糖水溶液之重量百分濃度
應變變因	酒精濃度
控制變因	酵母粉重量、葡萄糖溶液重量、發酵時間、室溫、無添加酒精、無添加任何酸鹼鹽類

2. 實驗二(溫度高低)：

操縱變因	不同溫度
應變變因	酒精濃度
控制變因	葡萄糖溶液濃度25%、葡萄糖溶液重量、酵母粉重量、發酵時間、無添加酒精、無添加任何酸鹼鹽類

3. 實驗三(添加酒精)：

操縱變因	添加不同量的酒精
應變變因	酒精濃度
控制變因	葡萄糖溶液濃度25%、葡萄糖溶液重量、酵母粉重量、發酵時間、室溫、無添加任何酸鹼鹽類

4. 實驗四(添加食鹽)：

操縱變因	食鹽的添加量
應變變因	酒精濃度
控制變因	葡萄糖溶液濃度25%、葡萄糖溶液重量、酵母粉重量、發酵時間、室溫、無添加酒精、無添加任何酸鹼類

5. 實驗五(不同鹽類)：

操縱變因	添加相同重量的不同鹽類
應變變因	酒精濃度
控制變因	葡萄糖溶液濃度25%、葡萄糖溶液重量、酵母粉重量、發酵時間、室溫、無添加酒精、無添加任何酸鹼類

6. 實驗六(酸鹼度)：

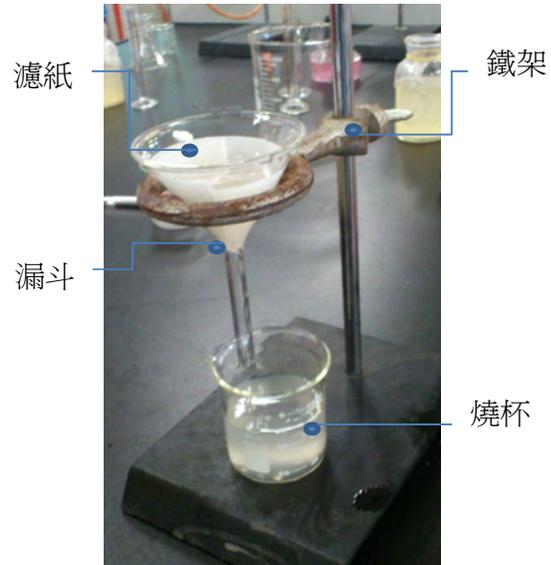
操縱變因	葡萄糖水溶液之 pH 值
應變變因	酒精濃度
控制變因	葡萄糖溶液濃度25%、葡萄糖溶液重量、酵母粉重量、發酵時間、室溫、無添加酒精、無添加鹽類

※以鹽酸和氫氧化鈉來改變 pH 值，滴鹽酸使溶液偏酸，加氫氧化鈉使其偏鹼。

肆、研究設備及器材

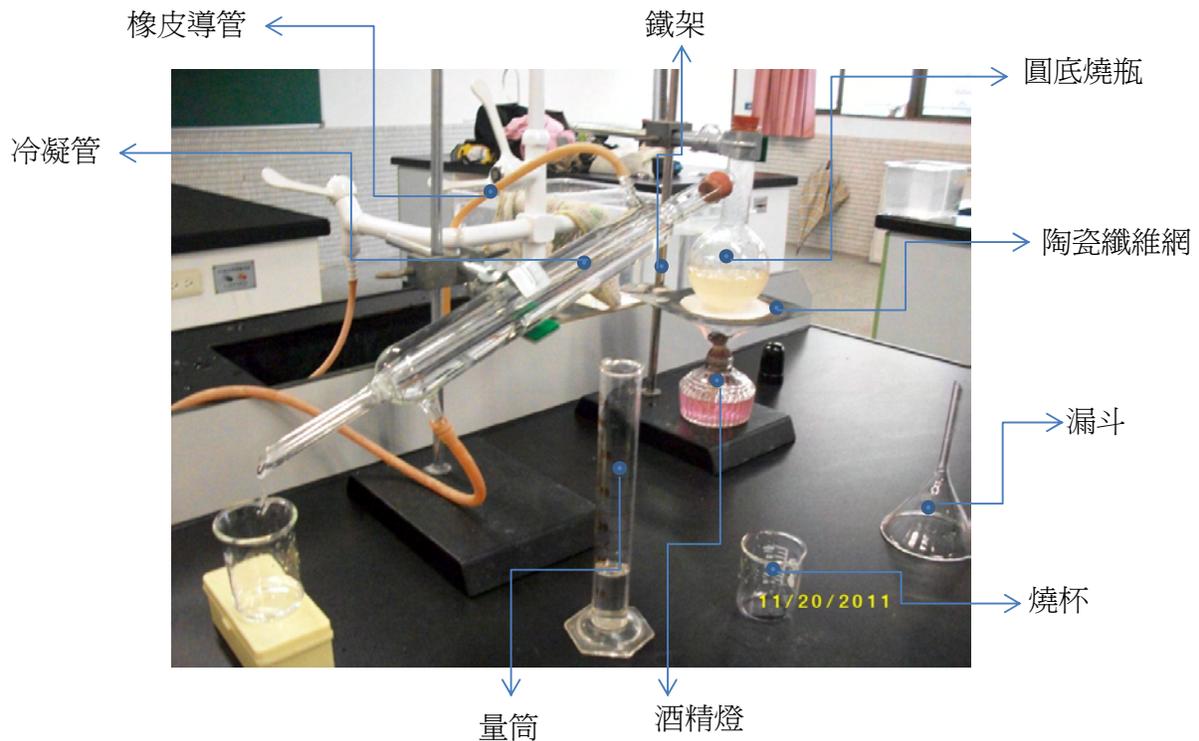
一、過濾設備

濾紙	鐵架	燒杯	漏斗
1 盒	1 支	1 瓶	1 個



二、蒸餾設備

圓底燒瓶	冷凝管	燒杯	鐵架	量筒	軟木塞	橡皮導管	滴管	陶瓷纖維網	酒精燈	漏斗
1 個	1 支	1~2 瓶	2 支	1~2 個	2 個	2 條	1 支	1 片	1~2 個	1 個



三、實驗藥品

葡萄糖	做麵包用的酵母粉	鹽酸	氫氧化鈉	氯化鈉	氯化鉀	氯化鎂	氯化銅	食鹽
若干罐	1包	1瓶	1瓶	1瓶	1瓶	1瓶	1瓶	1包



做麵包用的酵母粉

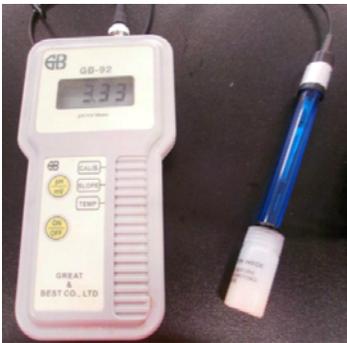


葡萄糖



四、實驗器材

廣口瓶	過濾設備	蒸餾設備	玻璃棒	電磁攪拌器	恆溫箱	糖度計	酒度計	pH計	秤量紙	電子秤	保鮮膜	橡皮筋	酒精
35瓶	6組	6組	數支	2台	1個	2支	1支	1支	1盒	1個	1卷	1包	1瓶



pH計



恆溫箱



電磁攪拌器



電子秤



糖度計



酒度計

伍、研究過程與方法

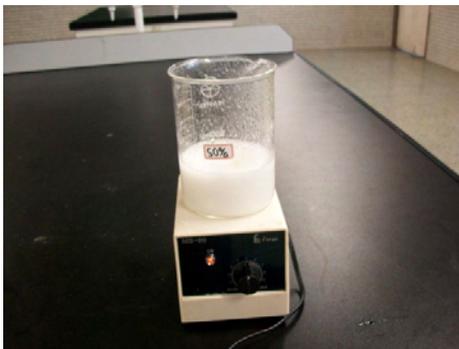
一、實驗一：探討葡萄糖水溶液的濃度高低對發酵速率的影響

(一)階段一：溶液配製、封瓶

1. 以燒杯配製 7 杯不同重量百分濃度的葡萄糖水溶液 250 克，配法如下表:

編號	1	2	3	4	5	6	7
重量百分濃度	0%	5%	10%	20%	30%	40%	50%
C ₆ H ₁₂ O ₆ 重量(單位:g)	0	12.5	25	50	75	100	125
水 重量(單位:g)	250	237.5	225	200	175	150	125

2. 用玻璃棒或電子攪拌器將上述 7 杯葡萄糖水溶液攪拌至完全溶解。
3. 分別測量 7 杯葡萄糖水溶液的 pH 值、糖度及酒度，並將結果記錄下來。
4. 用秤量紙秤取 7 份做麵包用的酵母粉，每份重量均為 1 克。
5. 小心把上述 7 組酵母粉分別倒入 7 瓶乾燥的 250ml 廣口瓶中。
6. 同時將 7 杯 250 克葡萄糖水溶液，以漏斗分別倒入 7 瓶有酵母菌的廣口瓶中，並輕輕搖晃使其溶解均勻。
7. 用保鮮膜封住瓶口，再用橡皮筋捆緊。
8. 靜置於紙箱中約數日，並每天觀察其變化。



用電磁攪拌器攪拌葡萄糖水溶液



7 杯配好的糖水溶液及 7 份 1g 的酵母粉
(發酵前準備工作)



利用漏斗將糖水小心的置入廣口瓶中



利用保鮮膜及橡皮筋封住瓶口，
靜置於紙箱中(發酵開始)

(二)階段二：開瓶、蒸餾

1. 數日後，將《階段一》所封好的 7 瓶廣口瓶之保鮮膜打開。
2. 使用漏斗及濾紙，每瓶過濾取出 120 ml 的濾液，並分別測量濾液的糖度、pH 值。
3. 把 7 杯 120ml 發酵過的葡萄糖水濾液，分別倒入圓底燒瓶，以瓶塞塞住瓶口，並以酒精燈蒸餾，蒸餾裝置如下圖：



4. 以量筒分別收集 7 組蒸餾後冷凝的溶液，當收集量達到 40ml 時立刻停止。
5. 將上述 7 杯蒸餾後冷凝的溶液，倒入量筒中測量酒度，並將結果紀錄下來。

※由實驗一及與指導老師討論(詳見討論)，我們決定以下所有操縱變因的實驗，葡萄糖水溶液的濃度均採 25%。

※經指導老師協助計算，每次實驗前均會先配製本實驗所需葡萄糖水溶液總量。



配置每次實驗所需葡萄糖水溶液總量



測酒度

二、實驗二：探討溫度的高低對發酵速率的影響

1. 準備每杯重量百分濃度 25% 的葡萄糖水溶液 250 克，共 7 杯。
2. 攪拌至完全溶解，並分別測量 7 杯葡萄糖水溶液的 pH 值、糖度及酒度，將結果記錄下來。
3. 用秤量紙秤取 7 份做麵包用的酵母粉，每份重量均為 1 克，並小心分置於 7 瓶乾燥的 250ml 廣口瓶中。

- 同時將葡萄糖水溶液，以漏斗分別倒入 7 瓶有酵母菌的廣口瓶中，並輕輕搖晃使其溶解均勻。
- 用保鮮膜封住瓶口，再用橡皮筋捆緊，送進恆溫箱及冰箱，7 瓶放置的溫度設定如下表：

編號	1	2	3	4	5	6	7
溫度 (°C)	2.0	8.5	17.5	22.0	30.0	37.0	40.0

- 靜置七日，並每天觀察其變化。
- 約七天後，利用過濾法取出 120ml 的濾液，並測量濾液的糖度、pH 值。
- 將濾液，分別倒入圓底燒瓶中，以瓶塞塞住瓶口，利用蒸餾法收集冷凝後的溶液 40ml，再測其酒度。



三、實驗三：酒精的添加量對發酵速率的影響

- 配製重量百分濃度 25% 的葡萄糖水溶液 250 克，共 4 杯。
- 將上述 4 杯葡萄糖水溶液攪拌至完全溶解，並加入不同體積的 95% 酒精，每杯所加的酒精量如右表：

編號	1	2	3	4
添加酒精量(毫升 ml)	0ml	10ml	20ml	40ml

- 分別測量每瓶葡萄糖水溶液的 pH 值、糖度及酒度，並將結果記錄下來。
- 用秤量紙秤取足夠份數的的酵母粉，每份重量均為 1 克，小心分置於乾燥的 250ml 廣口瓶中。
- 同時將葡萄糖水溶液，以漏斗分別倒入以放酵母菌的廣口瓶中，並輕輕搖晃使其溶解均勻。
- 用保鮮膜封住瓶口，再用橡皮筋捆緊，靜置於紙箱中約七日，並留意觀察其變化。
- 約七天後，利用過濾法取出 120ml 的濾液，並測量濾液的糖度、pH 值。
- 將濾液，分別倒入圓底燒瓶中，以瓶塞塞住瓶口，利用蒸餾法收集冷凝後的溶液 40ml，再測其酒度。

四、實驗四：探討食鹽的添加量對發酵速率的影響

- 準備每杯重量百分濃度 25% 的葡萄糖水 250 克，共需配製 7 杯。
- 將上述 7 杯葡萄糖水溶液分別加入不同重量的食鹽(如下表)，並攪拌至完全溶解。

編號	1	2	3	4	5	6	7
加入的食鹽量(NaCl)	0g	0.5g	1g	2g	5g	10g	20g

- 重複實驗三中的步驟 3~8。

五、實驗五：探討不同鹽類的添加對發酵速率的影響

1. 準備每杯重量百分濃度 25% 的葡萄糖水溶液 250 克，共 5 杯。
2. 用秤量紙秤取相同重量的四種鹽類，分別放入 2 號、3 號、4 號、5 號四杯已配好的葡萄糖水中，並攪拌至完全溶解，配法如下表：

編號	1	2	3	4	5
鹽類	無添加	氯化鉀	氯化鈉	氯化鎂	氯化銅
重量(單位:g)	-----	0.5	0.5	0.5	0.5

3. 重複實驗三中的步驟 3~8。



依上表分別添加不同鹽類之
5 杯 25% 糖水溶液
及 5 份 1g 的酵母粉



已分別添加上表中的鹽類之
5 杯 25% 糖水溶液，發酵開始。

六、實驗六：探討酸鹼度(pH 值)對發酵速率的影響

1. 準備每杯重量百分濃度 25% 的葡萄糖水溶液 250 克，共需 7 杯。
2. 利用 12M 鹽酸、氫氧化鈉及 pH 計分別配製出 pH 值不同的溶液。

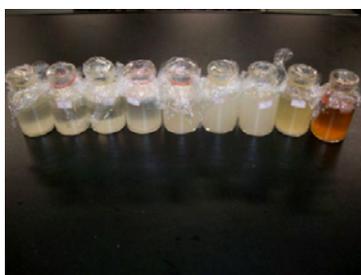
(pH 值調配不易，所以下表的數據是依酸鹼度實際調配之情形所紀錄)

編號	1	2	3	4	5	6	7
pH 值	2.13	2.65	3.31	6.33	9.22	9.98	10.8

3. 重複實驗三中的步驟 3~8。



第一次實驗時，不同 pH 值之
七瓶糖水溶液，發酵開始。



第二次實驗時，不同 pH 值
之九瓶糖水溶液，發酵開始
(愈右邊，溶液鹼性愈強)



鹼性較強的糖水溶液，在蒸
餾過程中，溶液顏色會漸深。

陸、研究結果

一、實驗一：探討葡萄糖水溶液的濃度高低對發酵速率的影響

(一)第一次實驗結果【發酵日期：10/21 19:00 ~ 11/6 9:00 (約 16 日)】

- 1.控制變因：室溫、發酵時間、葡萄糖溶液 250g、製麵包用酵母 1g、
不添加任何酸鹼鹽類及酒精
- 2.操縱變因：葡萄糖水溶液的濃度
- 3.應變變因：酒精濃度
- 4.實驗結果：表 6-1-1、圖 6-1-1~圖 6-1-3

編號	日期	10月21日			11月6日			約16日後		
	濃度 (%)	糖度 (度)	酒度 (度)	pH值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)	pH值變化
1	0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	0.1
2	5	3.0	0.0	6.6	0.0	8.0	3.6	3.0	8.0	3.0
3	10	5.0	0.0	7.0	0.0	16.5	3.7	5.0	16.5	3.3
4	20	10.0	0.0	7.0	0.0	32.0	3.7	10.0	32.0	3.3
5	30	14.0	0.0	6.9	0.0	36.7	3.6	14.0	36.7	3.2
6	40	20.0	0.0	6.9	12.5	19.6	3.5	7.5	19.6	3.4
7	50	24.0	0.0	6.8	17.5	18.5	3.6	6.5	18.5	3.2

表 6-1-1

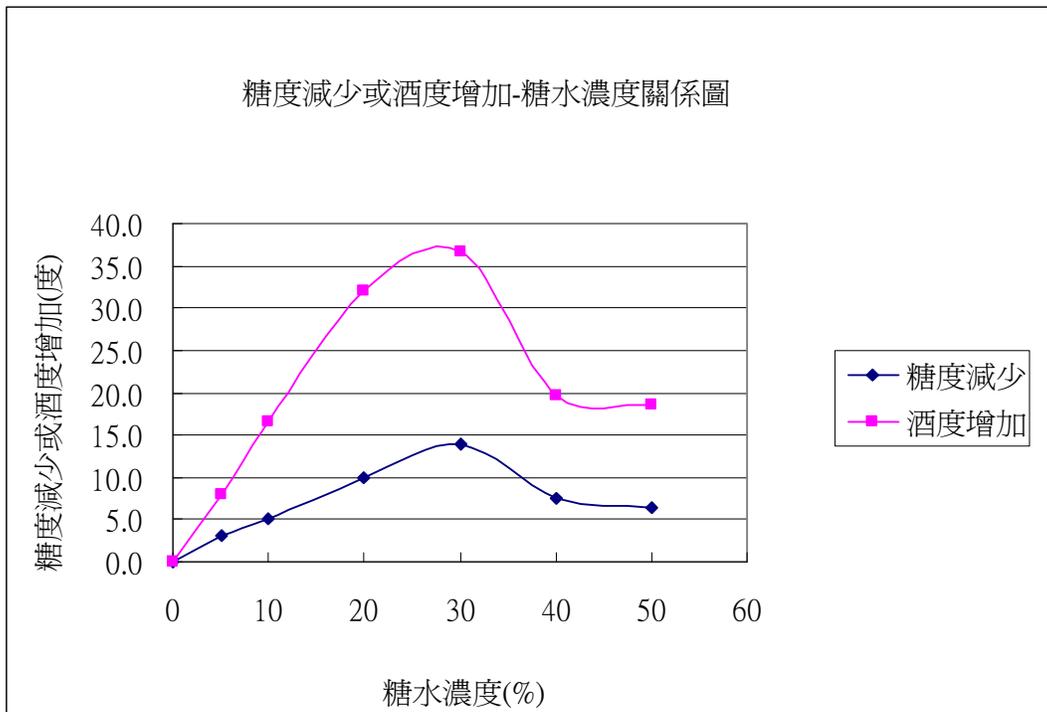


圖 6-1-1

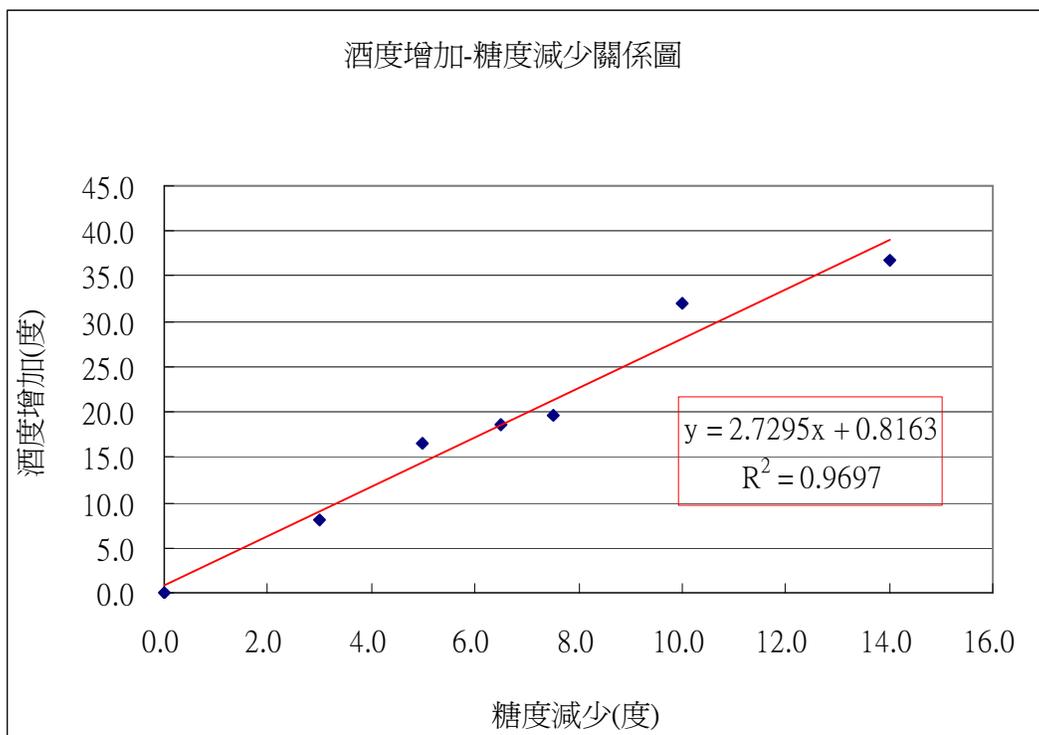


圖 6-1-2

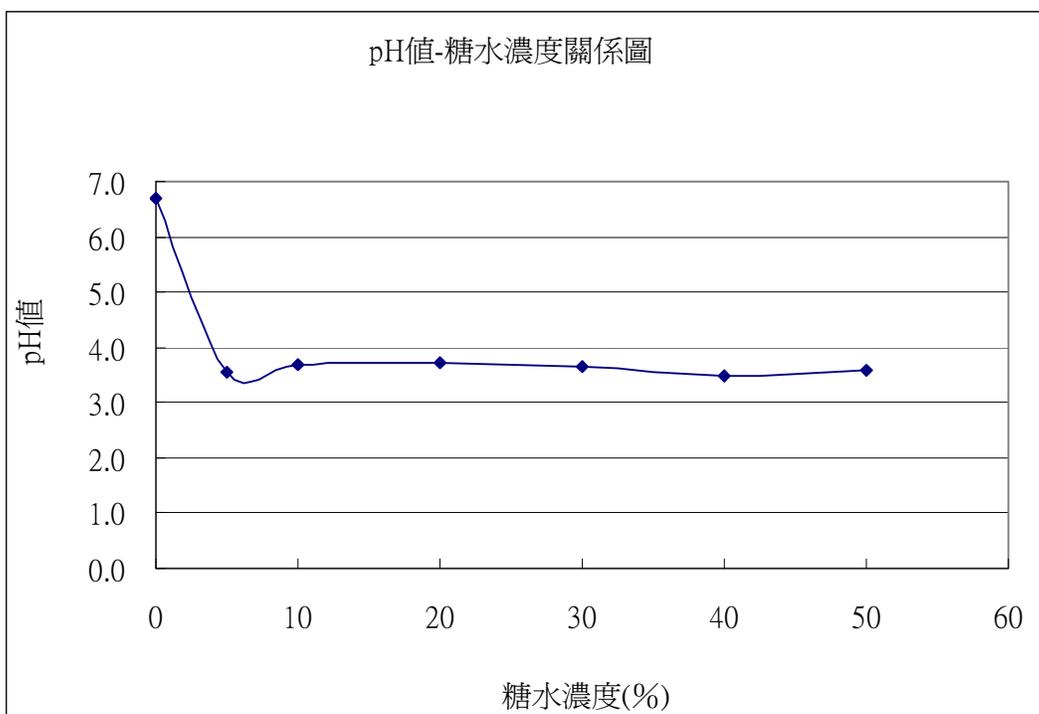


圖 6-1-3

(二)第二次實驗結果【發酵日期：1/8 13:00 ~ 1/15 11:00 (約7日)】

- 1.控制變因：室溫、發酵時間、葡萄糖溶液 250g、製麵包用酵母 1g、
不添加任何酸鹼鹽類及酒精
- 2.操縱變因：葡萄糖水溶液的濃度
- 3.應變變因：酒精濃度
- 4.實驗結果：表 6-1-2、圖 6-1-4~圖 6-1-6

編號	日期	1月8日			1月15日			約7日後		
	濃度 (%)	糖度 (度)	酒度 (度)	pH值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)	pH值變化
1	0	0.0	0.0	6.55	0.0	0.0	4.95	0.0	0.0	1.6
2	10	9.5	0.0	6.15	0.5	12.5	3.33	9.0	12.5	2.8
3	20	18.0	0.0	6.03	8.5	13.0	3.07	9.5	13.0	3.0
4	25	21.0	0.0	6.33	14.5	11.0	3.33	6.5	11.0	3.0
5	30	26.0	0.0	6.23	21.5	5.5	3.39	4.5	5.5	2.8
6	40	33.1	0.0	5.91	31.0	2.5	3.42	2.1	2.5	2.5
7	50	39.9	0.0	5.20	38.5	1.5	3.57	1.4	1.5	1.6

表 6-1-2

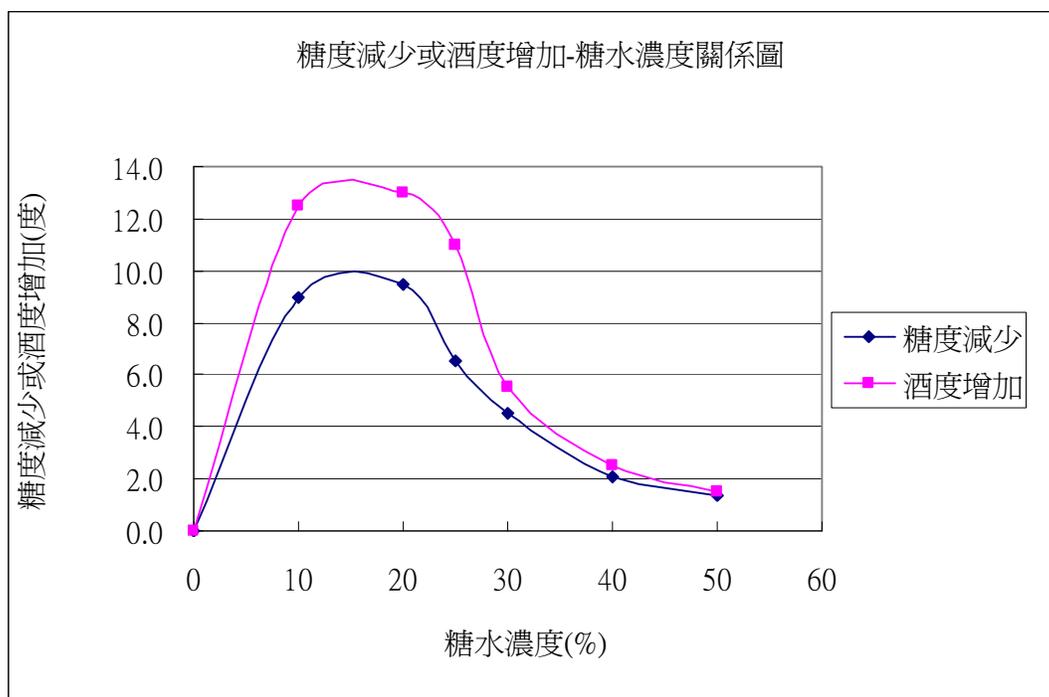


圖 6-1-4

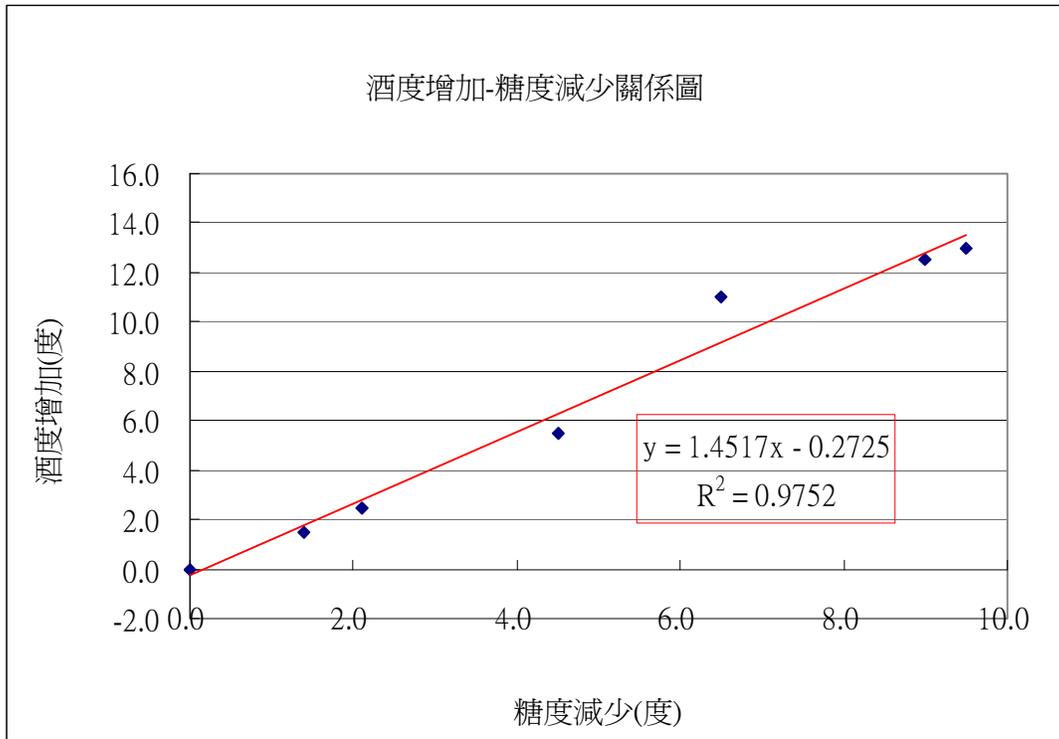


圖 6-1-5

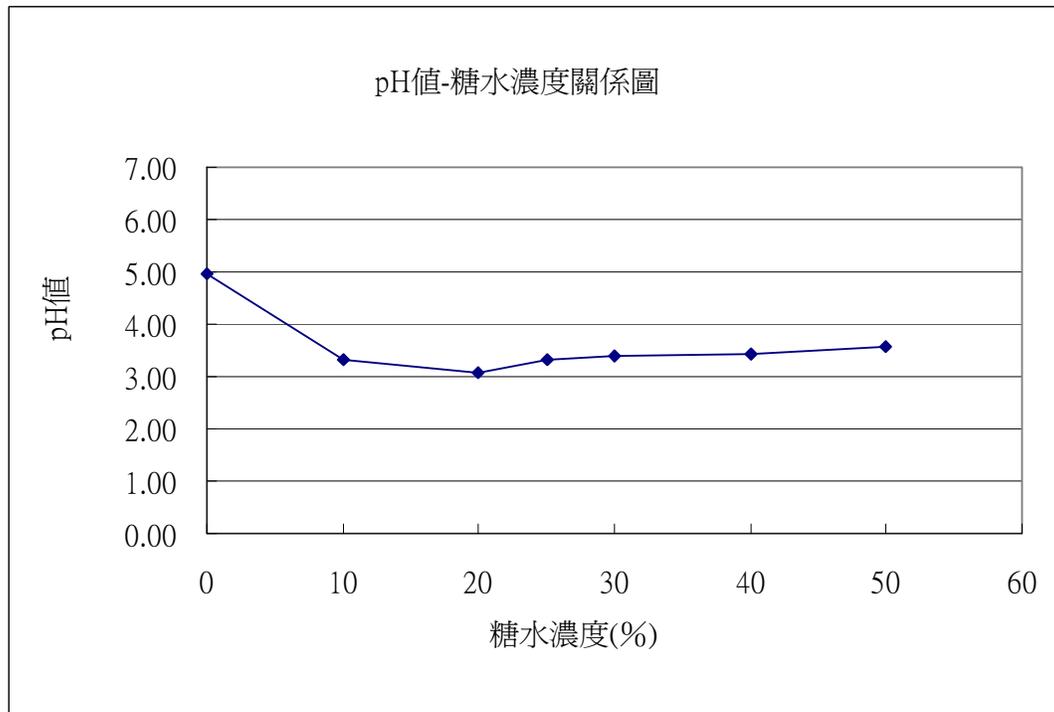


圖 6-1-6

二、實驗二：探討溫度高低對發酵速率的影響

【發酵日期：1/08 13:00 ~ 1/15 11:00 (約7日)】

(一)控制變因：發酵時間、25%葡萄糖溶液 250g、製麵包用酵母 1g、不加任何酸鹼鹽類及酒精

(二)操縱變因：溫度

(三)應變變因：酒精濃度

(四)實驗結果：表 6-2-1、圖 6-2-1

編號	日期	1/08			1/15			約7日後		
		溫度(°C)	糖度(度)	酒度(度)	pH 值	糖度(度)	酒度(度)	pH 值	糖度減少(度)	酒度增加(度)
1	2.0	17.1	0.0	6.43	17.1	0.0	4.71	0.0	0.0	1.72
2	8.5	17.1	0.0	6.43	15.1	3.1	3.72	2.0	3.1	2.71
3	17.5	22.0	0.0	6.33	14.9	10.5	3.33	7.1	10.5	3.00
4	22.0	17.1	0.0	6.43	4.5	21.9	3.18	12.6	21.9	3.25
5	30.0	22.0	0.0	6.34	9.5	20.0	3.33	12.5	20.0	3.01
6	37.0	17.1	0.0	6.43	9.1	13.0	3.36	8.0	13.0	3.07
7	40.0	23.0	0.0	6.92	17.0	5.0	3.43	6.0	5.0	3.49

表 6-2-1

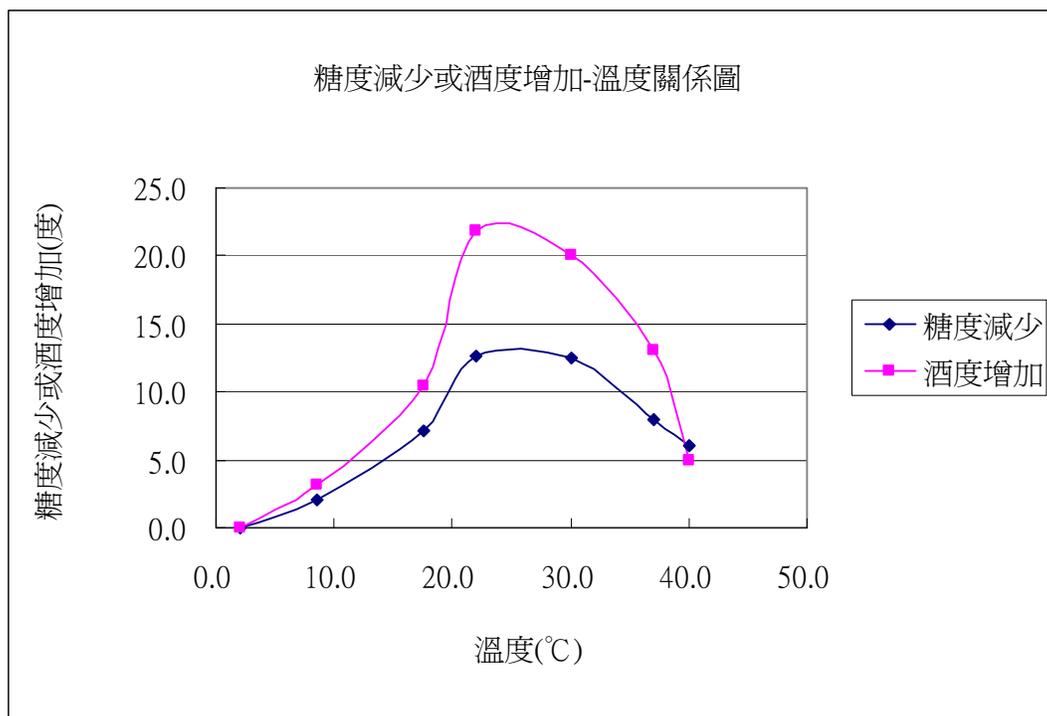


圖 6-2-1

三、實驗三：探討酒精的添加量對發酵速率的影響

【發酵日期：11/13 13:30 ~ 11/20 9:00 (約 7 日)】

(一)控制變因：室溫、發酵時間、25%葡萄糖溶液 250g、製麵包用酵母 1g、不加任何酸鹼鹽類

(二)操縱變因：酒精的添加量

(三)應變變因：酒精濃度

(四)實驗結果：表 6-3-1、圖 6-3-1

編號	日期	11/13			11/20			約 7 日後		
		酒精添加量 (ml)	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)
1	0.0	17.1	0.0	6.43	4.5	21.9	3.18	12.6	21.9	3.25
2	10.0	15.1	3.5	6.43	9.0	24.4	3.40	6.1	20.9	3.03
3	20.0	13.0	7.5	6.43	7.9	27.9	3.56	5.1	20.4	2.87
4	40.0	11.1	13.5	6.43	10.9	33.1	5.12	0.2	19.6	1.31

表 6-3-1

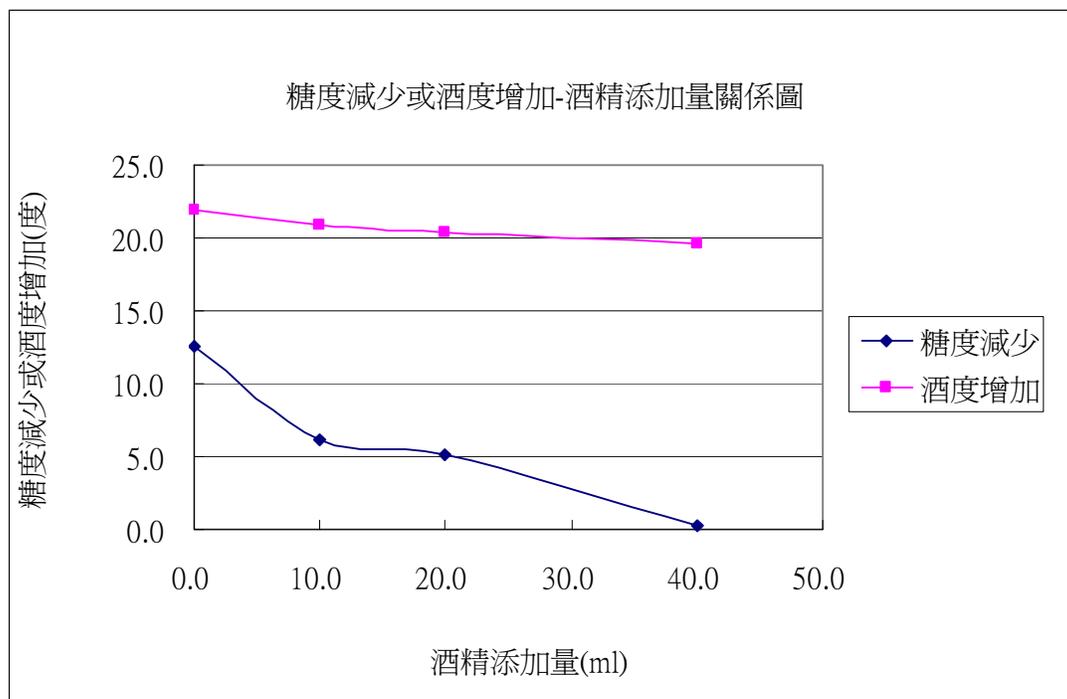


圖 6-3-1

四、實驗四：探討食鹽的添加量對發酵速率的影響

【發酵日期：11/13 13:30 ~ 11/20 9:00 (約 7 日)】

(一)控制變因：室溫、發酵時間、25%葡萄糖溶液 250g、製麵包用酵母 1g、
不添加任何酸鹼類及酒精

(二)操縱變因：食鹽添加量

(三)應變變因：酒精濃度

(四)實驗結果：表 6-4-1、圖 6-4-1

編號	日期	11/13			11/20			約 7 日後		
	食鹽添加量 (g)	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)	pH 值變化
1	0.0	17.1	0.0	6.43	4.5	21.9	3.18	12.6	21.9	3.25
2	0.5	17.6	0.0	6.43	1.0	25.2	3.00	16.6	25.2	3.43
3	1.0	18.2	0.0	6.43	1.5	25.0	2.91	16.7	25.0	3.52
4	2.0	19.1	0.0	6.43	4.1	22.5	2.94	15.0	22.5	3.49
5	5.0	21.1	0.0	6.43	11.9	14.1	3.10	9.2	14.1	3.33
6	10.0	25.0	0.0	6.43	20.5	2.4	3.43	4.5	2.4	3.00
7	20.0	27.3	0.0	6.43	27.1	0.0	4.92	0.2	0.0	1.51

表 6-4-1

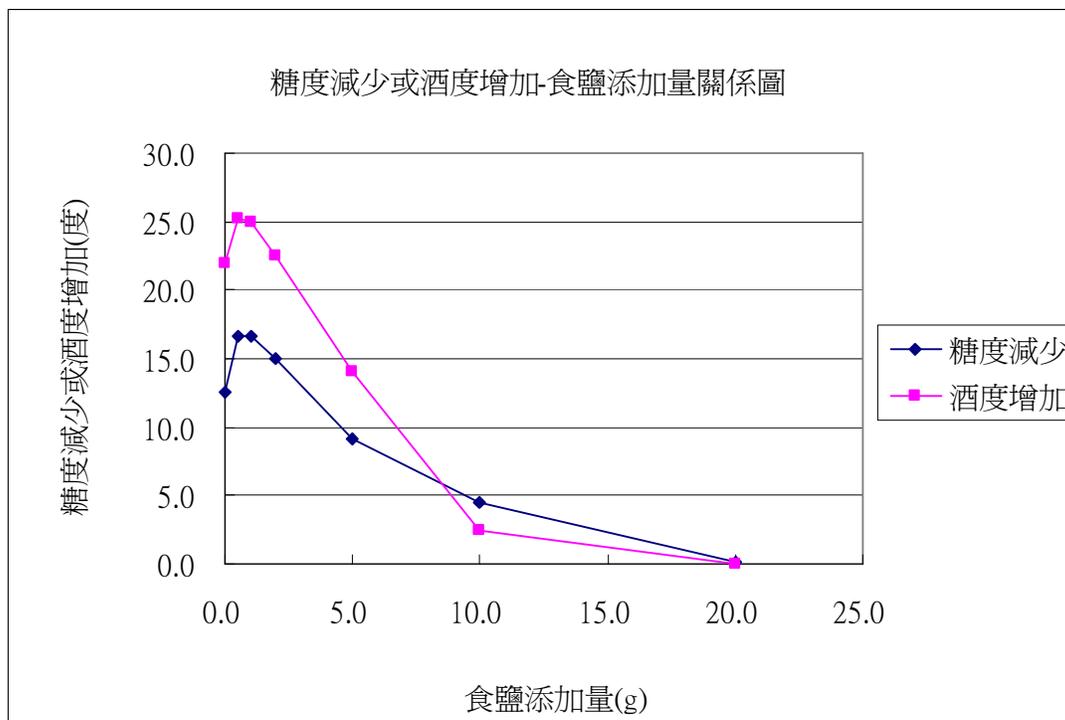


圖 6-4-1

五、實驗五：探討不同鹽類的添加對發酵速率的影響

【發酵日期：1/8 13:00 ~ 1/15 11:00 (約7日)】

(一)控制變因：室溫、發酵時間、25%葡萄糖溶液 250g、製麵包用酵母 1g、
不添加任何酸鹼類及酒精

(二)操縱變因：不同鹽類的添加

(三)應變變因：酒精濃度

(四)實驗結果：表 6-5-1、圖 6-5-1

編號	日期	1/08			1/15			約7日後		
	鹽類 添加量	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)	pH 值變化
1	不添加 任何鹽類	21.0	0.0	6.33	14.5	11.0	3.33	6.5	11.0	3.00
2	添加 0.5g 氯化鉀	22.0	0.0	5.68	14.5	13.5	2.99	7.5	13.5	2.69
3	添加 0.5g 氯化鈉	22.0	0.0	6.30	13.0	15.0	3.09	9.0	15.0	3.21
4	添加 0.5g 氯化鎂	21.5	0.0	6.22	15.3	9.0	3.08	6.2	9.0	3.14
5	添加 0.5g 氯化銅	23.5	0.0	6.64	21.5	0.0	3.65	2.0	0.0	2.99

表 6-5-1

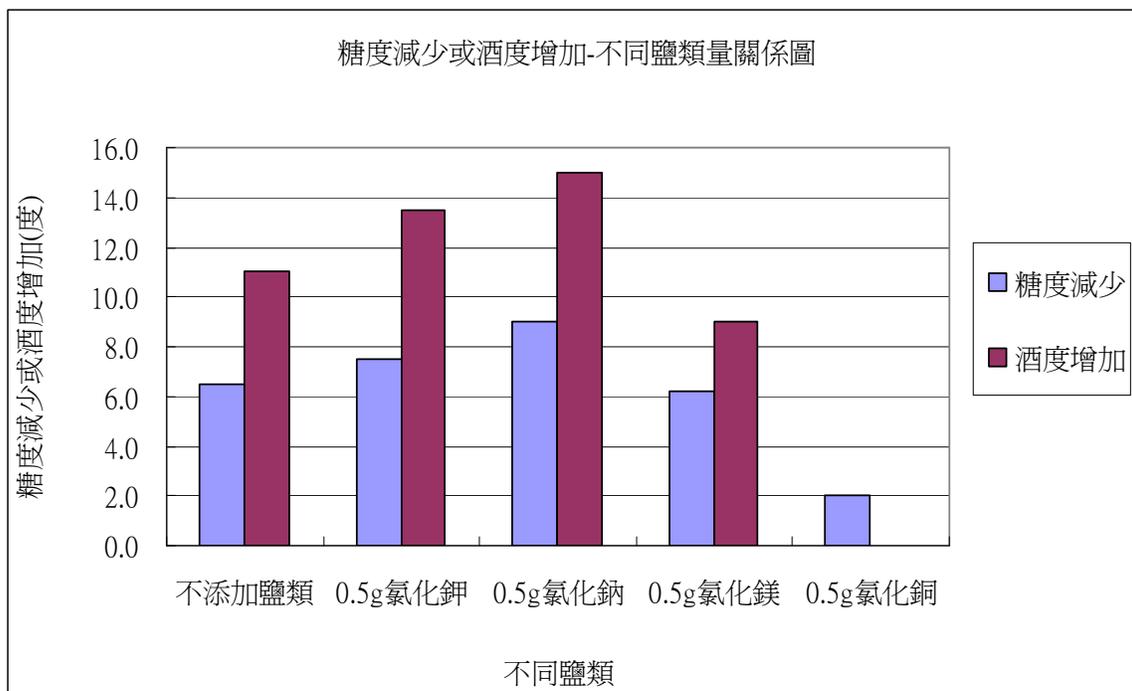


圖 6-5-1

六、實驗六：探討酸鹼度(pH 值)對發酵速率的影響

(一)第一次實驗結果【發酵日期：1/8 13:00 ~ 1/15 11:00 (約7日)】

- 1.控制變因：室溫、發酵時間、25%葡萄糖溶液 250g、製麵包用酵母 1g、
不添加任何酸鹼鹽類及酒精
- 2.操縱變因：葡萄糖水溶液的 pH 值
- 3.應變變因：酒精濃度
- 4.實驗結果：表 6-6-1、圖 6-6-1

編號	日期 溶液 pH 值	1/08			1/15			約 7 日後		
		糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)	pH 值變化
1	2.13	22.0	0.0	2.13	22.3	0.0	2.45	-0.3	0.0	-0.3
2	2.65	22.0	0.0	2.65	18.0	4.0	3.13	4.0	4.0	-0.5
3	3.31	22.0	0.0	3.31	16.3	6.0	3.31	5.7	6.0	0.0
4	6.33	22.0	0.0	6.33	14.5	11.0	3.33	7.5	11.0	3.0
5	9.22	22.0	0.0	9.22	12.3	16.0	3.41	9.7	16.0	5.8
6	9.98	22.0	0.0	9.98	12.1	17.0	3.98	9.9	17.0	6.0
7	10.8	22.0	0.0	10.80	10.3	18.9	5.98	11.7	18.5	4.8

表 6-6-1

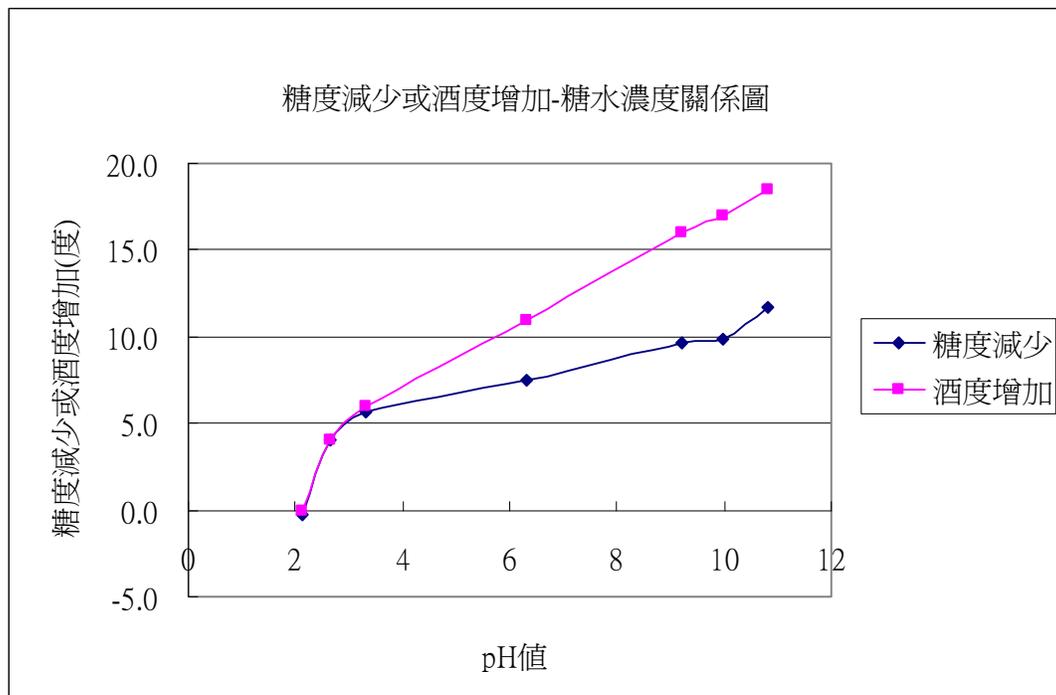


圖 6-6-1

(二)第二次實驗結果【發酵日期：1/30 13:00 ~ 2/6 11:00 (約7日)】

- 1.控制變因：室溫、發酵時間、25%葡萄糖溶液 250g、製麵包用酵母 1g、
不添加任何酸鹼鹽類及酒精
- 2.操縱變因：葡萄糖水溶液的 pH 值
- 3.應變變因：酒精濃度
- 4.實驗結果：表 6-6-2、圖 6-6-2

編號	日期	1/30			2/06			約7日後		
		溶液 pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少(度)	酒度增加(度)
1	1.45	21.9	0.0	1.45	21.5	0.0	1.61	0.4	0.0	-0.2
2	2.26	21.8	0.0	2.26	20.1	0.5	2.58	1.7	0.5	-0.3
3	2.54	22.4	0.0	2.54	19.0	2.1	2.69	3.4	2.1	-0.2
4	2.97	22.3	0.0	2.97	16.2	7.0	3.15	6.1	7.0	-0.2
5	6.92	23.0	0.0	6.92	16.0	8.0	3.20	7.0	8.0	3.7
6	10.02	21.5	0.0	10.02	11.1	14.5	3.72	10.4	14.5	6.3
7	10.72	22.0	0.0	10.72	10.2	14.0	5.15	11.8	14.0	5.6
8	11.80	24.8	0.0	11.80	23.2	1.0	10.82	1.6	1.0	1.0
9	12.82	30.0	0.0	12.82	30.0	0.0	12.61	0.0	0.0	0.2

表 6-6-2

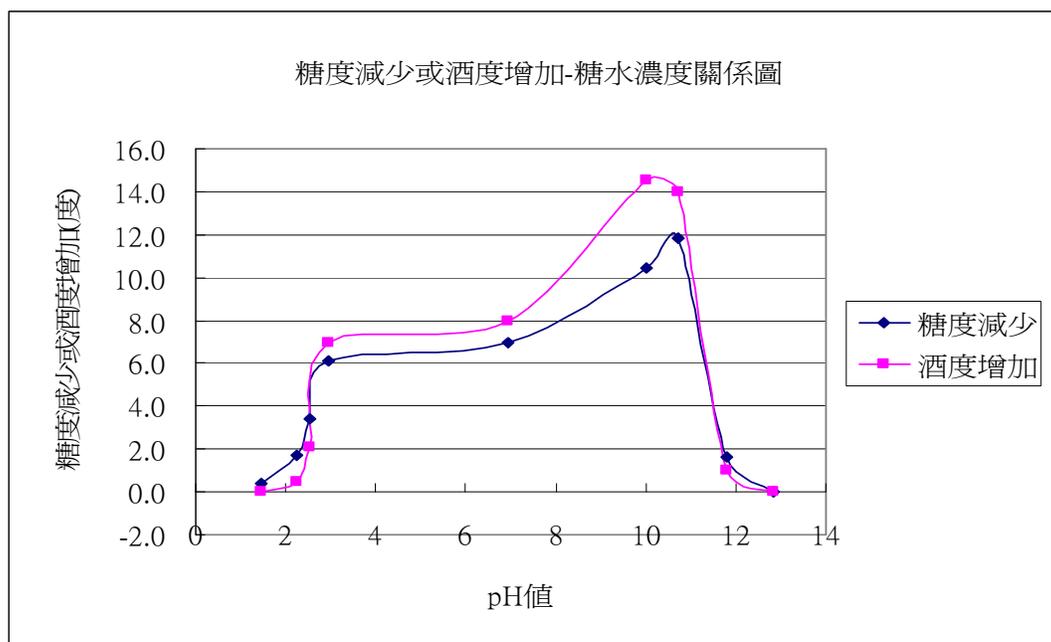


圖 6-6-2

柒、討論

一、實驗一：探討葡萄糖水溶液的濃度高低對發酵速率的影響

- (一)開始作實驗時，我們對於很多的變因條件到底要定量多少？感到有些無助。經由組員們查資料及與指導老師們討論後，我們決定先動手操縱糖水濃度介於 0~50%之間，再從實驗結果去修正方法或是變因量的大小。抱著期待的心情，約 16 天後，我們第一次完成蒸餾的實驗，結果列於表 6-1-1 及圖 6-1-1。
- (二)從圖 6-1-1 可以知道酵母菌的活動能力與糖水的濃度有關。濃度介於 0%~20%的糖水，濃度越高，越容易發酵，發酵速率越大；濃度超過 30%的糖水，濃度越高，越難發酵，發酵速率越小。在此我們推測糖水濃度在 20%~30%之間，酵母菌的活動能力較佳。
- (三)指導老師建議我們，實驗結果必需要有重複性，所以我們決定再重做一次實驗，一方面印證實驗結果的重複性，一方面想確認最適合發酵的糖水濃度是否為 25%？又因為第一次實驗發酵時間約為 16 天，由表 6-1-1，我們發現在 16 天後，原來濃度介於 0~30%的溶液，測得糖度均為 0，表示反應物已消耗完，故我們決定發酵時間要縮短為七天，並用 25%的糖水一併同步完成其他相關實驗。
- (四)由圖 6-1-4，可再次驗證糖水濃度對酵素的影响並非線性關係，此因**糖水濃度過高，會抑制酵母菌的活動能力**。透過查資料及討論，得知濃度會影響滲透作用，若糖水濃度過高會使酵母菌細胞因「脫水」而死亡。
- (五)綜合兩次實驗，由圖 6-1-1 及 6-1-4 可看出，糖水濃度約為 20%~25%時，酵母菌的活動能力最佳。
- (六)由圖 6-1-1 及 6-1-4 可看出，在改變糖水濃度的實驗中(製麵包用的酵母 1 克、室溫下)，糖度減少與酒度增加的趨勢相符，我們進一步將糖度減少與酒度變化作一關係圖，如圖 6-1-2 及圖 6-1-5 所示，可以清楚的看出隨著糖度減少，酒度就增加。故可合理推論：**酵母菌可以把葡萄糖轉變為酒精**。同樣的，從附錄中的圖 6-2-2、6-3-2、6-4-2、6-5-2、6-6-3、6-6-4，亦可得到上述結論。
- (七)由圖 6-1-3 及 6-1-6 可得知，糖水發酵一段時間後，pH 值均會降低，且 pH 值最後都在 3.0~3.7 附近恆定，此乃因為發酵產生的二氧化碳溶於糖水之故。

二、實驗二：探討溫度的高低對發酵速率的影響

- (一)由圖 6-2-1 我們可以知道，酵母菌的活動能力與溫度有關。22°C 時酒度最大，發酵速率最快，當溫度於 2°C~22°C 的範圍時，溫度越高，發酵速率越大。這是因為溫度越高時，粒子就具有越高的能量，有效碰撞的機會大增，讓反應速率變快。但當溫度高於 30°C 時，反應速率明顯不增反減，這是因為酵母菌所分泌的酒精酵素成分是蛋白質，一旦**溫度高於適合作用的溫度後，會破壞酵素蛋白質的結構，造成酵素活性變小，甚至失去發酵功能**。

- (二)當溫度介於 22°C~30°C 之間，最利於酵母菌及酒精發酵的進行，顯然溫度過高或過低都會抑制酵母菌的活動，我們合理推論最適合酵母菌活動的溫度範圍，應該是一般常溫的狀態，所以在 22°C~30°C 之間的環境溫度時，酒精發酵作用的效果自然就最明顯。
- (三)在生活應用上，食物放冰箱可以延長保存期限、蔬菜水果類生吃比熟食更容易獲得人體所需的酵素，這些就是日常生活中**溫度影響酵素活性**的例子。

三、實驗三：探討酒精的添加量對發酵速率的影響

- (一)由圖 6-3-1 可知，酵素活性與酒精濃度有關，含酒精濃度越高的溶液，酵素活性會越低。
- (二)發酵前先添加酒精的酒精越多，酒精的產量就越少，沒添加酒精的發酵效果才是最佳的，添加了酒精反而會抑制酵母菌的活性，這是因為**酵素本身是一種蛋白質，遇到酒精會有變性作用**，當超過一定的酒精濃度，酵素甚至會失去功能。
- (三)我們留意到一般市售米酒的酒精濃度約 20%，葡萄酒約 9~17%，由本實驗不難理解為何釀造酒的酒精濃度都不高，這是因為發酵過程會產生酒精，當溶液中的酒精濃度提高到一定的值，便會影響酵素活性，導致發酵能力降低。
- (四)在生活應用上，我們常利用酒精來殺菌，就是**酒精讓蛋白質變性**的例子之一。

四、實驗四：探討食鹽的添加量對發酵速率的影響

- (一)由圖 6-4-1 顯示，添加食鹽會使酵素的活性受到影響。
- (二)添加食鹽的量介於 0.5 克~1.0 克時，酒度最大、發酵速率最快，這是因為增添少量的食鹽，可增加酵母菌活動能力。
- (三)食鹽超過 1.0 克後，食鹽添加越多，酒精產量反而明顯下降，這是因為**鈉離子會改變酵素的結合位，使酵素活性降低**，添加的鈉離子越多，結合位改變越多，酵素活性就越小。所以添加過多的食鹽反而越不利於發酵，所剩的葡萄糖就會越多，酒精的產量也會跟著下降。
- (四)生活應用上，早期人類生活沒有冰箱，吃不完的食物常製成醃漬物以加長保存期限；另外，鳳梨的酵素發酵能力很強，所以吃鳳梨時，常因鳳梨纖維較粗易劃傷口腔黏膜，加上酵素的作用會讓口腔有不舒服的感覺，若在食用前抹點鹽，將可抑制酵素的作用。這些都是**食鹽濃度影響酵素活性**的例子。

五、實驗五：探討不同鹽類的添加對發酵速率的影響

(一)由圖 6-5-1 顯示，酒精發酵在加入 0.5g 不同鹽類時，有不同效果，可證明不同的鹽類對酵素的活性影響不同。由本實驗得知，酒精產量由最高到最低的排序為：

加 NaCl > 加 KCl > 不添加鹽類 > 加 MgCl₂ > 加 CuCl₂。

(二)添加少許氯化鈉及氯化鉀有助於增加酵母菌的活動能力，因為氯化鈉、氯化鉀本就有助於生物體之機能運作；而添加少許的氯化鎂不利酵母菌的活動能力；至於氯化銅因為含有毒性，所以最不利於酵母菌的活動能力，故效果最差。

六、實驗六：探討酸鹼度(pH 值)對發酵速率的影響

【由圖 6-6-1、6-6-2 顯示】：

(一)可知酵素活性與糖水的 pH 值有關。由圖 6-6-2 可知：pH 值小於 3 的溶液，隨著 pH 值降低(酸性變強)，酵素活性漸小。pH 值超過 10.72 的溶液，隨著 pH 上升(鹼性變強)，酵素活性明顯快速下降，當 pH 值約為 12.82 的溶液，酵素甚至停止作用，這是因為**加入酸或鹼都會讓酵素的蛋白質結構改變，造成活性改變**，在鹼性較強的溶液中酵素結構幾乎完全被破壞。

(二)由圖 6-6-2 可知，於 pH 值約在 10.02 與 10.72 的溶液中(弱鹼)，酵母菌有較佳活動能力。而且綜合兩次實驗結果，糖水 pH 值約在 10~10.8 的範圍時酒精產量最高，反而不是接近 pH 7 的中性溶液，我們推測添加少許的氫氧化鈉(弱鹼)有助於酵母菌的存活，是因為二氧化碳溶於水使其溶液成為弱酸性，剛好與添加於糖水中的弱鹼中和，所以反而使得溶液接近中性。

(三)因為第一次的實驗所添加的氫氧化鈉不夠，實驗數據不夠完整。所以於第二次實驗中之 8 號罐、9 號罐的葡萄糖發酵溶液中，添加了更多的氫氧化鈉後，便看得出強鹼確實就能明顯減低酵母菌的活性。

(四)綜合以上討論，可以得知：本次實驗所使用的酒精酵素在不同酸鹼環境中活性的大小為：**弱鹼性 > 中性 > 弱酸性 > 強酸性 > 強鹼性**。

(五)生活應用上，唾液中的酵素到了胃中就無法再作用，就是 **pH 值影響酵素活性的例子**。

捌、結論

- 一、酵母菌會分泌酒精酵素，在糖水中酵母菌可行無氧發酵產生酒精及二氧化碳。根據本次實驗，葡萄糖是很好的發酵原料，在簡單的設備及步驟下，我們利用蒸餾法收集葡萄糖水溶液發酵作用釋放出來的酒精，並以一段時間內產生的酒度來表示發酵速率，進而探討影響酵母活動能力及酵素活性大小的因素。
- 二、反應速率主要受到濃度、溫度、總表面積、催化劑有無等因素影響。濃度及溫度愈高反應速率都會愈快。但是就本研究而言，扮演反應推手的酵素是由生物分泌出來且成份是蛋白質，易受外界環境改變影響。**由實驗可得知：糖水濃度、溫度、食鹽添加量、pH 值等，對發酵速率的影響都是非線性關係的！**
- 三、葡萄糖水溶液濃度會影響酵母菌的作用，葡萄糖水濃度越高則酒精的產量越高，在葡萄糖水重量百分濃度 20%~25%之間發酵的效果最好，但濃度過高時反而會抑制酵母菌，使得酒精產量開始下滑。
- 四、溫度會影響酵母菌的作用，溫度在 22°C~30°C 之間的發酵效果最好，酒精產量最多，越靠近此溫度區段的發酵效果越好。
- 五、發酵前添加酒精反而會抑制酵母菌。添加越多酒精，酒精的產量就增加的越少；不添加酒精時酒精的產量是最多的，因此添加酒精不利於酒精發酵。
- 六、添加食鹽會影響酵母菌的作用，添加 0.5g~1.0g 之間的食鹽之發酵效果最好，酒精產量最多；但食鹽量超過 0.5g~1.0g 的範圍，食鹽添加的量越多，酒精的產量就越低。所以，加入微量的食鹽有助於酒精發酵，而過多的食鹽就會抑制酵母菌的活動。
- 七、酒精發酵在加入 0.5g 不同鹽類時，會有不同效果，酒精產量由最高到最低的排序為：**加 NaCl > 加 KCl > 不添加鹽類 > 加 MgCl₂ > 加 CuCl₂**。加入氯化鈉(食鹽)時，酒精的產量是最多的；加入氯化銅時，則因為氯化銅具有重金屬毒性，反而抑制了酵母菌的活性，以致幾乎沒有進行發酵作用。
- 八、加入適量的鹼性有助於酒精發酵，因為添加適量的鹼性可以中和掉二氧化碳溶於水所產生的酸性，使溶液接近中性，有助酵母菌活動，但加入過多的酸或過多的鹼，還是會破壞酵母菌活性，使得酒精產量降低或甚至沒有發生發酵作用。綜合比較後得知，酒精酵素在不同酸鹼環境中活性的大小為：**弱鹼性>中性>弱酸性>強酸性>強鹼性**。
- 九、糖度減少的量與酒度增加的量幾乎成線性關係，糖度減少的越多，酒度就增加的越多；糖度減少的越少，酒度增加的也越少。再再顯示出酵母菌確實將葡萄糖轉變為酒精。
- 十、根據本實驗，糖水濃度高低、溫度、酒精的添加量、食鹽的添加量、不同鹽類的添加及酸鹼度都會影響發酵速率。其較佳發酵條件為：糖水濃度約 20~25%、溫度 22~30°C 左右時、弱鹼的環境、可以少量添加食鹽、不添加酒精及其他鹽類。

玖、參考資料

- 程悅君、楊寶玉、羅麗容主編(2009)。自然與生活科技第五冊。台北市:牛頓國編本。
- 程悅君、楊寶玉、羅麗容主編(2009)。自然與生活科技第六冊。台北市:牛頓國編本。
- 程悅君、楊寶玉、羅麗容主編(2009)。自然與生活科技第七冊。台北市:牛頓國編本。
- 程悅君、楊寶玉、羅麗容主編(2009)。自然與生活科技第八冊。台北市:牛頓國編本。
- 郭重吉主編(2010)。國民中學自然與生活科技 1 上。台北市:南一書局。
- 郭重吉主編(2011)。國民中學自然與生活科技 2 上。台北市:南一書局。
- 尤丁玫等人主編(2009)。國中自然與生活科技(4)。台北市:康軒文教事業。
- 杜冠衡、李鎮宏、洪維呈(2005)。起酵 A!酵母菌的研究。中華民國第四十五屆中小學科學展覽會參展作品專輯。2011 年 9 月 25 日，取自:http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/elementary/0815_menu.htm
- 楊曜彰、吳冠融、鄭丞舜、陳璽元(2005)。酵母國度的產氣之道。中華民國第四十五屆中小學科學展覽會參展作品專輯。2011 年 9 月 25 日，取自: <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/junior/0317.htm>
- 曾建穎、陳寅駿(2008)。不同磁極磁場對酵母菌發酵作用的影響。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會參展作品專輯。2011 年 10 月 1 日，取自: <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/high02.html>
- 林鑫佑、王鈺能、黃思曼、黃玉晴、莊珺茹、蕭宇皓(2008)。一葉千金~超酷的落葉纖維發酵火箭。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會參展作品專輯。2011年10月1日，取自: <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/elementary01.html>
- 李語濡、陳彥伶、曹宛婷、連浩任(2009)。咦！紅茶怎麼變酸了？紅茶發酵因素之研究。中華民國第四十九屆中小學科學展覽會參展作品專輯。2011年10月5日，取自: <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/080211.pdf>
- 酒的分類(2008年2月17日)。無名小站。2011年12月8日，取自: <http://www.wretch.cc/blog/pourquoi0301/13567442>
- 酒的分類(2008年1月27日)。新浪部落。2011年12月8日，取自:<http://blog.sina.com.tw/soapman/article.php?pbgid=18795&entryid=574997>
- 酒精概說(無日期)。2011年11月26日，取自:http://content.edu.tw/vocation/food_production/tn_ag/%B5o%BB%C3/toppage3.htm
- 酒的分類(2002年3月21日)。2011年12月8日，取自: <http://leeder.brinkster.net/drink/alcohol.htm>

附錄：實驗相關圖表

實驗一：探討葡萄糖水溶液的濃度高低對發酵速率的影響

(第一次實驗)

編號	日期	10/21			11/6			約 16 日後		
	濃度 (%)	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)	pH 值變化
1	0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	0.1
2	5	3.0	0.0	6.6	0.0	8.0	3.6	3.0	8.0	3.0
3	10	5.0	0.0	7.0	0.0	16.5	3.7	5.0	16.5	3.3
4	20	10.0	0.0	7.0	0.0	32.0	3.7	10.0	32.0	3.3
5	30	14.0	0.0	6.9	0.0	36.7	3.6	14.0	36.7	3.2
6	40	20.0	0.0	6.9	12.5	19.6	3.5	7.5	19.6	3.4
7	50	24.0	0.0	6.8	17.5	18.5	3.6	6.5	18.5	3.2

表 6-1-1

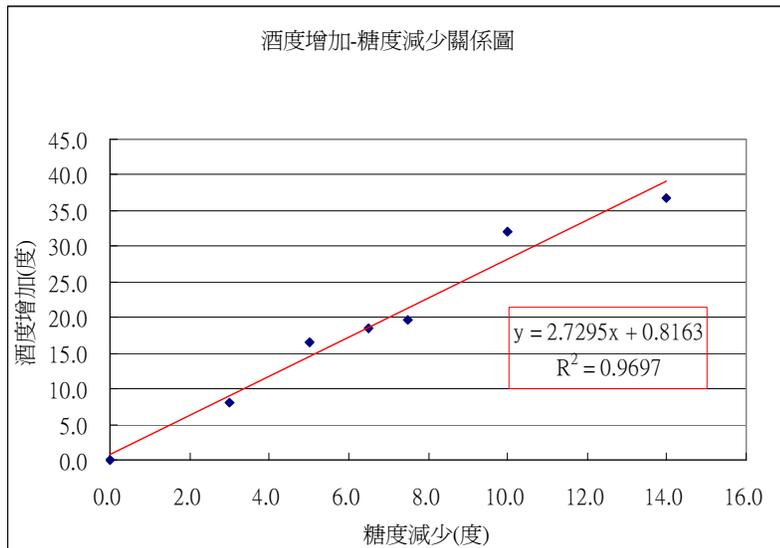


圖 6-1-2

(第二次實驗)

編號	日期	1/08			1/15			約 7 日後		
	濃度 (%)	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)	pH 值變化
1	0	0.0	0.0	6.55	0.0	0.0	4.95	0.0	0.0	1.6
2	10	9.5	0.0	6.15	0.5	12.5	3.33	9.0	12.5	2.8
3	20	18.0	0.0	6.03	8.5	13.0	3.07	9.5	13.0	3.0
4	25	21.0	0.0	6.33	14.5	11.0	3.33	6.5	11.0	3.0
5	30	26.0	0.0	6.23	21.5	5.5	3.39	4.5	5.5	2.8
6	40	33.1	0.0	5.91	31.0	2.5	3.42	2.1	2.5	2.5
7	50	39.9	0.0	5.20	38.5	1.5	3.57	1.4	1.5	1.6

表 6-1-2

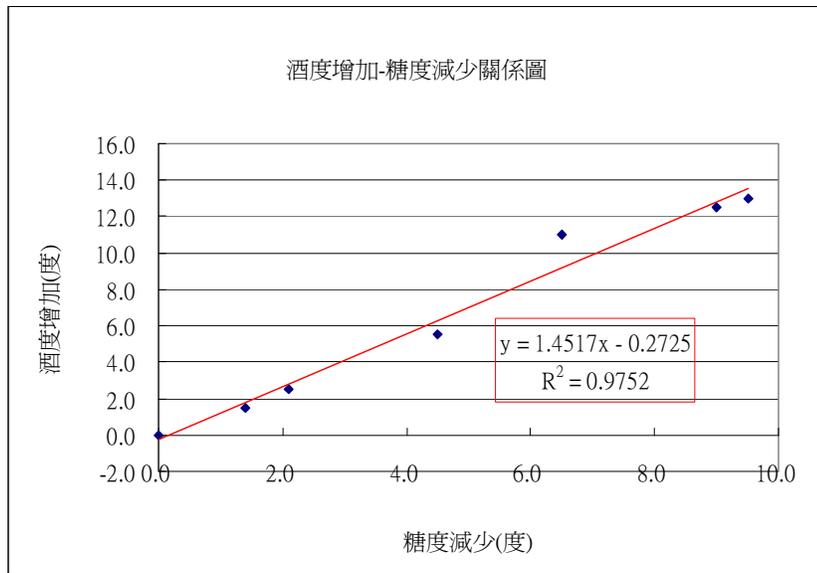


圖 6-1-5

實驗二：探討溫度高低對發酵速率的影響

編號	日期	1/08			1/15			約 7 日後		
		溫度 (°C)	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)
1	2.0	17.1	0.0	6.43	17.1	0.0	4.71	0.0	0.0	1.72
2	8.5	17.1	0.0	6.43	15.1	3.1	3.72	2.0	3.1	2.71
3	17.5	22.0	0.0	6.33	14.9	10.5	3.33	7.1	10.5	3.00
4	22.0	17.1	0.0	6.43	4.5	21.9	3.18	12.6	21.9	3.25
5	30.0	22.0	0.0	6.34	9.5	20.0	3.33	12.5	20.0	3.01
6	37.0	17.1	0.0	6.43	9.1	13.0	3.36	8.0	13.0	3.07
7	40.0	23.0	0.0	6.92	17.0	5.0	3.43	6.0	5.0	3.49

表 6-2-1

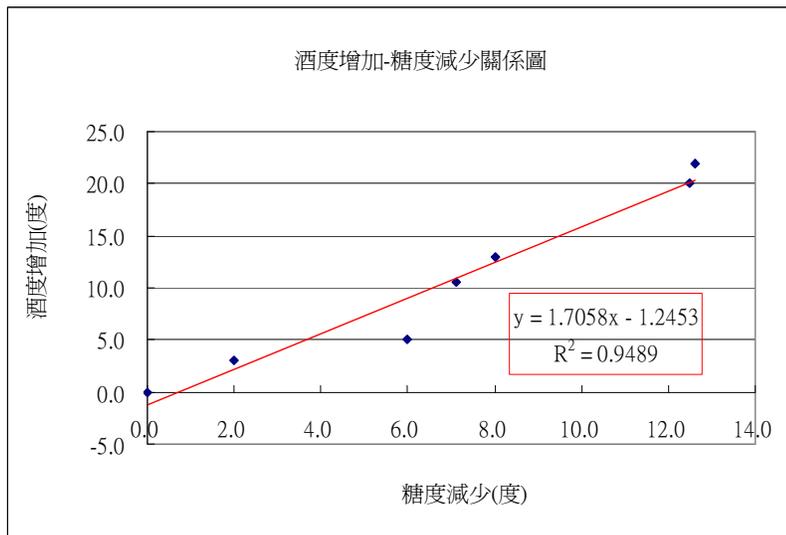


圖 6-2-2

實驗三：探討酒精的添加量對發酵速率的影響

編號	日期	11/13			11/20			約 7 日後		
	酒精添加量 (ml)	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)	pH 值變化
1	0.0	17.1	0.0	6.43	4.5	21.9	3.18	12.6	21.9	3.25
2	10.0	15.1	2.0	6.43	9.0	22.9	3.40	6.1	20.9	3.03
3	20.0	13.0	7.5	6.43	7.9	27.9	3.56	5.1	20.4	2.87
4	40.0	11.1	13.5	6.43	10.9	33.1	5.12	0.2	19.6	1.31

表 6-3-1

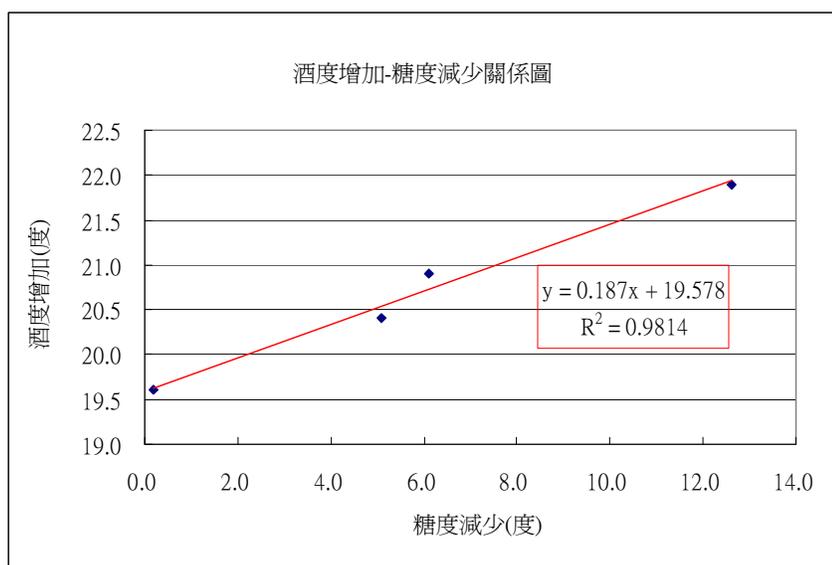


圖 6-3-2

實驗四：探討食鹽的添加量對發酵速率的影響

編號	日期	11/13			11/20			約 7 日後		
	食鹽添加量 (g)	糖度 (度)	酒度 (度)	pH	糖度 (度)	酒度 (度)	pH	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)	pH 值變化
1	0.0	17.1	0.0	6.43	4.5	21.9	3.18	12.6	21.9	3.25
2	0.5	17.6	0.0	6.43	1.0	25.2	3.00	16.6	25.2	3.43
3	1.0	18.2	0.0	6.43	1.5	25.0	2.91	16.7	25.0	3.52
4	2.0	19.1	0.0	6.43	4.1	22.5	2.94	15.0	22.5	3.49
5	5.0	21.1	0.0	6.43	11.9	14.1	3.10	9.2	14.1	3.33
6	10.0	25.0	0.0	6.43	20.5	2.4	3.43	4.5	2.4	3.00
7	20.0	27.3	0.0	6.43	27.1	0.0	4.92	0.2	0.0	1.51

表 6-4-1

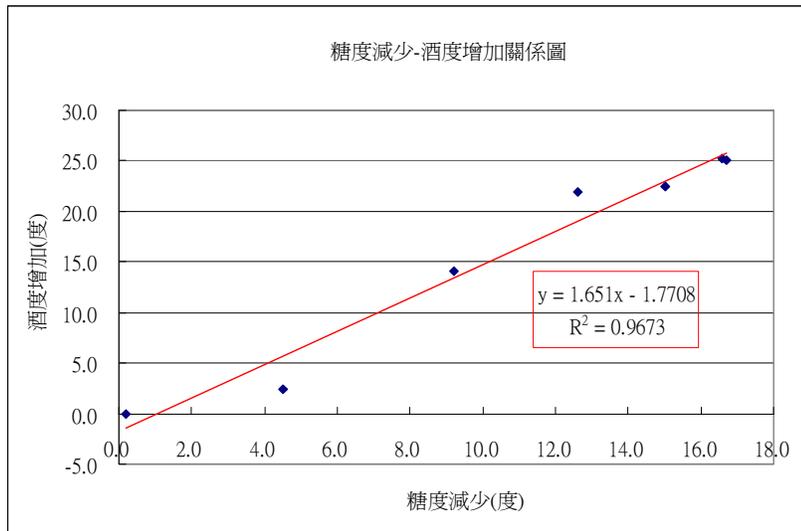


圖 6-4-2

實驗五：探討不同鹽類的添加對發酵速率的影響

編號	日期	1/08			1/15			約 7 日後		
		添加 0.5g 不同鹽類	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)
1	不添加任何鹽類	21.0	0.0	6.33	14.5	11.0	3.33	6.5	11.0	3.00
2	氯化鉀	22.0	0.0	5.68	14.5	13.5	2.99	7.5	13.5	2.69
3	氯化鈉	22.0	0.0	6.30	13.0	15.0	3.09	9.0	15.0	3.21
4	氯化鎂	21.5	0.0	6.22	15.3	9.0	3.08	6.2	9.0	3.14
5	氯化銅	23.5	0.0	6.64	21.5	0.0	3.65	2.0	0.0	2.99

表 6-5-1

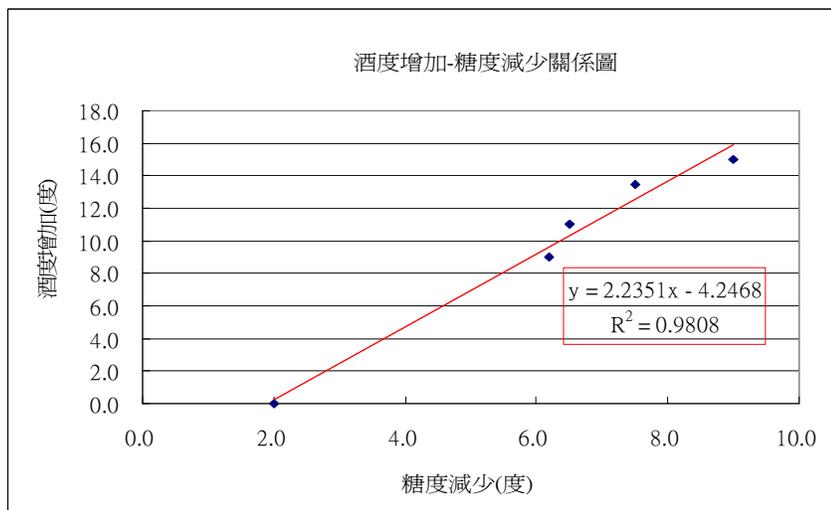


圖 6-5-2

實驗六：探討酸鹼度(pH 值)對發酵速率的影響

(第一次實驗)

編號	日期	1/08			1/15			約 7 日後		
	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)	pH 值變化
1	2.13	22.0	0.0	2.13	22.3	0.0	2.45	-0.3	0.0	-0.3
2	2.65	22.0	0.0	2.65	18.0	4.0	3.13	4.0	4.0	-0.5
3	3.31	22.0	0.0	3.31	16.3	6.0	3.31	5.7	6.0	0.0
4	6.33	22.0	0.0	6.33	14.5	11.0	3.33	7.5	11.0	3.0
5	9.22	22.0	0.0	9.22	12.3	16.0	3.41	9.7	16.0	5.8
6	9.98	22.0	0.0	9.98	12.1	17.0	3.98	9.9	17.0	6.0
7	10.8	22.0	0.0	10.80	10.3	18.9	5.98	11.7	18.5	4.8

(第二次實驗)

表 6-6-1

編號	日期	1/30			2/06			約 7 日後		
	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度 (度)	酒度 (度)	pH 值	糖度減少 (度)	酒度增加 (度)	pH 值變化
1	1.45	21.9	0.0	1.45	21.5	0.0	1.61	0.4	0.0	-0.2
2	2.26	21.8	0.0	2.26	20.1	0.5	2.58	1.7	0.5	-0.3
3	2.54	22.4	0.0	2.54	19.0	2.1	2.69	3.4	2.1	-0.2
4	2.97	22.3	0.0	2.97	16.2	7.0	3.15	6.1	7.0	-0.2
5	6.92	23.0	0.0	6.92	16.0	8.0	3.20	7.0	8.0	3.7
6	10.02	21.5	0.0	10.02	11.1	14.5	3.72	10.4	14.5	6.3
7	10.72	22.0	0.0	10.72	10.2	14.0	5.15	11.8	14.0	5.6
8	11.80	24.8	0.0	11.80	23.2	1.0	10.82	1.6	1.0	1.0
9	12.82	30.0	0.0	12.82	30.0	0.0	12.61	0.0	0.0	0.2

表 6-6-2

(第一次實驗)

(第二次實驗)

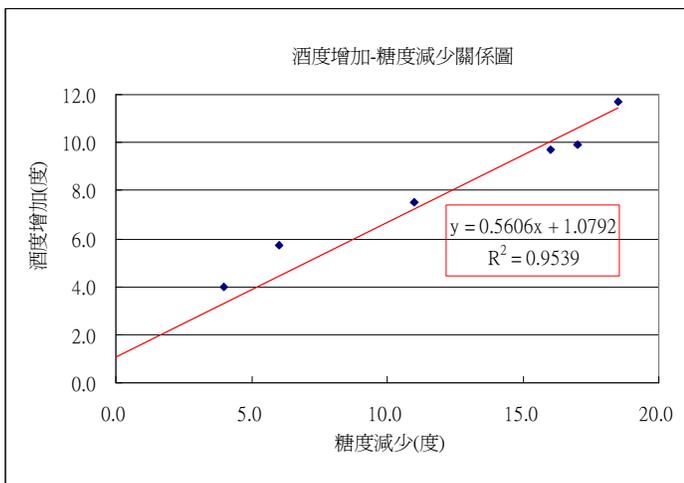


圖 6-6-3

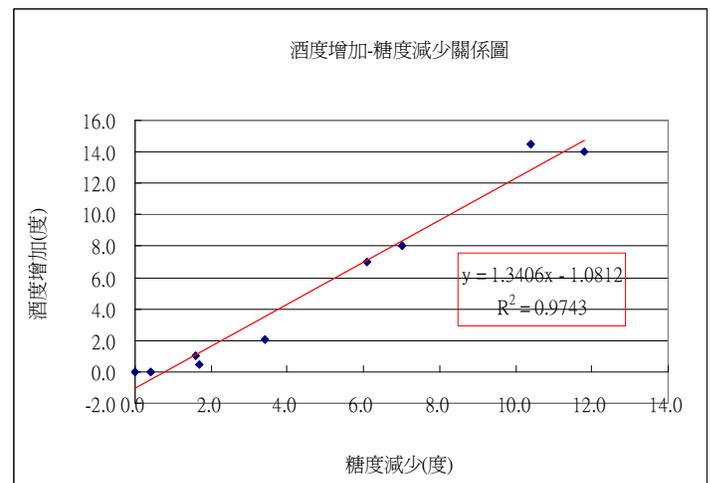


圖 6-6-4

【評語】 080211

實驗控制組和對照組設計可使實驗結果較容易解釋，但解釋宜避免推理過度或因果關係不明確。