

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科(二)

082919

跳動的馬祖酒糟

學校名稱：連江縣北竿鄉塘岐國民小學

作者：	指導老師：
小六 黃鎧析	曹祐慈
小六 陳楷中	陳如敏
小六 王熙評	
小六 林品岑	

關鍵詞：紅麴、酒糟、酵母菌

作品名稱：跳動的馬祖酒糟

摘要

本實驗之研究目的，是利用紅麴發酵製作馬祖老酒後產出的酒糟，探討對於酵母菌微生物在不同濃度和不同溫度的酒糟水溶液的反應與影響。本次實驗中使用3%、4%、5%三種濃度酒糟水溶液，發現4%濃度酒糟水溶液和酵母菌反應較快並產生大量氣泡，其次為3%，最後是5%，表示4%時酵母菌微生物較活躍。此外溫控平台以30°C(實際水溫約27°C左右)、40°C(實際水溫約36°C左右)、50°C(實際水溫約46°C左右)三種溫度酒糟水溶液進行實驗時，發現溫控平台40°C(實際水溫約36°C左右)酒糟水溶液和酵母菌反應較快並產生大量氣泡。其次為50°C(實際水溫約46°C左右)，最後是30°C(實際水溫約27°C左右)，表示實際水溫36°C左右時酵母菌微生物較活躍。

壹、前言

一、研究動機

馬祖老酒一直是馬祖文化中很重要的元素，釀製老酒後產出的酒糟，亦是馬祖在地料理中不可或缺的好味道，近幾年來馬祖觀光旅客絡繹不絕，酒糟在馬祖料理中的運用及伴手禮的結合研發，更佔有一席之地，本校校本課程－「馬祖美饌」中，六年級利用紅麴發酵糯米製作馬祖老酒，在製作過程中，發現有氣泡產生，對此甚感興趣，參考老酒製作相關文獻後，發現釀製老酒，早期發酵產生的氣泡量與老酒品質有間接關聯，也想看看如何讓酒糟產生氣泡，因此我們想到利用酵母菌進行實驗，想觀察酒糟對酵母菌微生物產生的反應，討論不同濃度和不同溫度的酒糟水溶液對於酵母菌微生物的影響。

二、研究目的

(一)研究不同濃度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

(二)研究不同溫度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

三、研究假設

(一) 酒糟濃度會顯著影響酵母菌活性。

高濃度可能含有較多養分（促進生長），但也可能因滲透壓或抑制性物質抑制酵母菌活性。

(二) 培養溫度會顯著影響酵母菌活性。

酵母菌通常在30°C左右活性最佳，過高或過低溫度會降低活性。

四、文獻回顧

(一)酵母菌的發酵速率

1.當酵母菌進行酒精發酵時，會將葡萄糖分解，同時產生酒精，並形成二樣化碳。

2.觀察測量發酵過程中二氧化碳產生的量，就可以知道酵母菌的發酵速率快慢。

(二)酵母菌會分解糖，產生二樣化碳。

(三)酵母菌活動能力與溫度關係

1.酵母菌的活動能力與溫度有關。

2.溫度越高，粒子的能量就越高，產生的有效碰撞機會就會增加很多，反應速度也會變快。

3.溫度高於適合作用的溫度後，酵素蛋白質的結構就會被破壞，酵素的活性就會變小，甚至無法產生發酵功能。

貳、研究設備及器材

一、研究材料

(一)酒糟：自釀老酒後產生的酒糟

(二)酵母菌：使用真好家品牌之酵母發粉

(三)水：使用常溫自來水及飲水機飲用熱水

表2-1 研究材料照片 (資料來源：作者拍攝編製)

研究材料 照 片		The bag is blue with yellow and white text. It says "真好家" at the top, followed by "酵母發粉" and "INSTANT YEAST". Below that, it lists "麵包・披薩・餅乾" and "燒臘・包子". There's also a small image of bread and a bun.	
材料說明	自釀老酒後的酒糟	酵母菌	常溫水及飲水機用水

二、設備與器材

(一)電子秤

(二)鋁箔秤皿

(三)培養皿

(四)恆溫加熱台

(五)100ml量筒

(六)實驗玻璃皿

(七)玻璃攪拌棒

(八)1000ml燒杯/250ml燒杯

(九)實驗用量測溫度計

表2-2 設備與器材照片 (資料來源：作者拍攝編製)

設備器材 照 片			
器材說明	電子秤	鋁箔秤皿	培養皿
設備器材 照 片			
器材說明	恆溫加熱台	100ml量筒	實驗玻璃皿
設備器材 照 片			
器材說明	玻璃攪拌棒	1000ml / 250ml燒杯	實驗用量測溫度計

參、研究過程與方法

一、研究架構

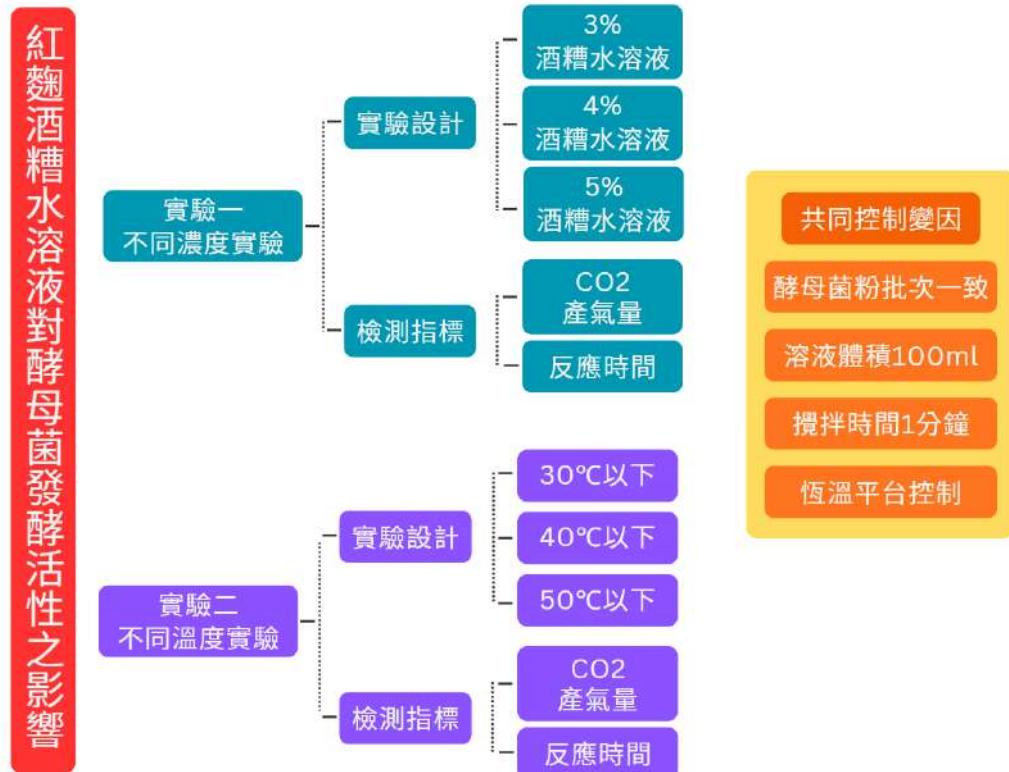


圖3-1 研究架構圖 資料來源:作者編製

二、實驗設計步驟說明(研究方法)：

(一)濃度比例調法：採用重量百分濃度

$$\text{重量百分濃度} = \frac{\text{溶質的質量}}{\text{溶液的質量}} \times 100\% = \frac{\text{溶質的質量}}{\text{溶液的質量} + \text{溶劑的質量}} \times 100\%$$

(二)確認酒糟是促進或抑制酵母作用

1. 將 1g、2g、3g、4g、5g 酵母菌分別加入3杯100ml水溶液中。

2. 觀察發現：水溶液完全沒有反應，因此確認酒糟基礎發酵活性，判斷酒糟是可以促進發酵作用。

表3-1 確認酒糟促進或抑制酵母作用實驗步驟 (資料來源：作者拍攝編製)

酒糟水溶液 製作 照 片			
說明	分別取 1g、2g、3g 酵母菌粉	取100g水溶液3杯	將酵母菌粉加入水中

酒糟水溶液製作照 片			
說明	將酵母菌粉加入水中攪拌均勻	觀察發現：水溶液完全沒有反應，判斷酒糟是可以促進發酵作用。	

(三)確認酒糟水溶液與酵母菌反應情形

- 1.準備不同濃度酒糟水溶液(10%、20%、30%)，加入等量酵母菌粉。
- 2.觀察發現：酒糟水溶液在加入酵母菌粉後，產生反應，由培養皿側邊觀察到大小不一的氣泡，因此確認酒糟水溶液與酵母菌反應後會產生氣泡。

表3-2 酒糟水溶液與酵母菌反應情形實驗步驟 (資料來源：作者拍攝編製)

酒糟水溶液製作照 片			
說明	不同濃度酒糟水溶液，加入等量酵母菌粉	由培養皿側邊觀察到大小不一氣泡	確認酒糟水溶液與酵母菌反應產生氣泡

(四)確認實驗酒糟水溶液重量、濃度與實驗酵母菌粉取量

- 1.準備不同重量(100ml、200ml)、不同濃度(1%、2%、3%、4%、5%、6%)酒糟水溶液、不同重量酵母菌粉(1g、2g、3g、4g、5g)，進行交叉實驗，確認實驗酒糟水溶液重量、濃度與實驗酵母菌粉取量多少。
- 2.觀察發現：100ml酒糟水溶液，操作較方便，也較好觀察，酒糟水溶液濃度在3% ~ 5%之間，反應較快，氣泡量較多較穩定，酵母菌粉的量則是3g為佳。

表3-3 確認實驗酒糟水溶液重量、濃度與實驗酵母菌粉取量(資料來源：作者拍攝編製)

實驗取樣照 片			
說明	不同重量酒糟取量	不同重量水溶液取量	不同濃度酒糟水溶液製作

實驗取樣 照 片			
說明	不同重量酒糟取量	不同濃度酒糟水溶液 製作	不同濃度酒糟水溶液 與酵母菌反應觀察

(五)不同濃度的酒糟水溶液製作(3%、4%、5%)

1. 將培養皿放置電子秤上，將電子秤歸零後，分別取3g、4g、5g紅麴酒糟。
2. 用燒杯盛裝常溫自來水及飲水機熱水，以等比例混合，以實驗用量測溫度計先量測水溫(35°C)，再以量杯分別取97g、96g、95g水溶液。
3. 配製3%、4%、5%酒糟水溶液(各100ml)。
 - (1) 將3g紅麴酒糟，加入97g水中，攪拌均勻成3%濃度酒糟水溶液100ml。
 - (2) 將4g紅麴酒糟，加入96g水中，攪拌均勻成4%濃度酒糟水溶液100ml。
 - (3) 將5g紅麴酒糟，加入95g水中，攪拌均勻成5%濃度酒糟水溶液100ml。

表3-4 不同濃度的酒糟水溶液製作步驟 (資料來源：作者拍攝編製)

酒糟水溶液 製作 照 片			
說明	分別取3g、4g、5g 紅麴酒糟	分別取97g、96g、95g 水溶液	將紅麴酒糟加入水中 攪拌均勻

需要注意的地方：

常溫自來水受氣溫影響，溫差會很大，在觀察反應時間時，會出現較大差異，可以常溫水加入等比例飲水機熱水混合，以實驗用量測溫度計先量測水溫後，再加入酒糟攪拌均勻。另外，酒糟需冷藏保存，加入水溶液後，會讓酒糟水溶液溫度略微下降，因此加入酒糟後的水溶液，亦需使用實驗用量測溫度計再次量測水溫後再進行加入酵母菌步驟。

(六) 實驗一：研究不同濃度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

1. 將實驗鋁箔秤皿放置電子秤上，將電子秤歸零後，取3g酵母菌粉(3份)。
2. 將不同濃度的酒糟水溶液放置35°C 恒溫控制平台上。
3. 將3份3g酵母菌粉，分別同時加入100ml不同濃度酒糟水溶液，利用玻璃棒攪拌1分鐘混合均勻（攪拌速度一致）。
4. 待穩定產生氣泡量時，觀察不同濃度的酒糟水溶液對酵母菌活性反應時間並記錄產生氣泡數量（CO₂產量）。
5. 每組實驗重複3次。
6. 反應時間數據整理及繪製：數據輸入 Excel 製成「濃度反應時間」長條圖。

(七) 觀察不同濃度的酒糟水溶液對酵母菌活性的實驗結果，找出反應時間最快，大量產生氣泡的最佳濃度。(依據實驗一結果，最佳濃度為 4%)

(八) 實驗二：研究不同溫度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

1. 配製 3組 4%濃度酒糟水溶液，每組100ml。
2. 將 3組 4%濃度的酒糟水溶液分別置於 30°C(低溫對照)、40°C（最適溫度）、50°C（高溫對照）恒溫控制平台上。
3. 取3個實驗鋁箔秤皿，以電子秤量秤，取3g酵母菌粉(3份)。
4. 將3份3g酵母菌粉，分別同時加入3個恒溫控制平台上的3組100ml的 4%濃度酒糟水溶液，利用玻璃棒攪拌1分鐘混合均勻（攪拌速度一致）。
5. 待穩定產生氣泡量時，觀察不同溫度的酒糟水溶液對酵母菌活性反應時間並記錄產生氣泡數量（CO₂產量）。
6. 每組實驗重複3次。
7. 反應時間數據整理及繪製：數據輸入 Excel 製成「溫度反應時間」長條圖。

實驗一：不同濃度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響實驗步驟



圖3-2 實驗一：不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響實驗步驟圖 (資料來源：作者拍攝編製)

實驗二：不同溫度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響實驗步驟



圖3-3 實驗二：不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響實驗步驟圖 (資料來源：作者拍攝編製)

表3-5 CO₂發泡(曇雲狀)情形(資料來源：作者拍攝編製)

CO ₂ 發泡 曇雲狀 情形				
說明	初始反應，杯壁可見細微冒泡情形	接著出現曇雲狀冒泡向上情形	反應迅速並持續穩定呈現曇雲狀向上冒泡	大量團狀冒泡噴發，呈現一叢一叢曇雲狀

肆、研究結果

一、實驗一：研究不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

(一)不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性影響實驗結果

表4-1 不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性影響實驗結果紀錄 (資料來源:作者編製)

酒糟水溶液濃度		3%	4%	5%	
一定時間氣泡產生狀況	第一次	反應時間	4分57秒=4.95分	4分40秒=4.67分	5分00秒=5分
		反應速度	次快	最快	最慢
		反應情形	量多	量多	量多
	第二次	反應時間	5分01秒=5分	4分42秒=4.7分	5分04秒=5.07分
		反應速度	次快	最快	最慢
		反應情形	量少	量多	量多
	第三次	反應時間	5分20秒=5.33分	5分04秒=5.07分	5分25秒=5.42分
		反應速度	次快	最快	最慢
		反應情形	量多	量多	量多
平均反應時間		5.1分	4.81分	5.16分	
結果說明		反應時間次快 CO ₂ 發泡量多且 呈現一叢一叢 疊雲狀爆發	反應時間最快 CO ₂ 發泡量多且 呈現一叢一叢 疊雲狀爆發	反應時間最慢 CO ₂ 發泡量多且 呈現一叢一叢 疊雲狀爆發	

(二)不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性影響反應時間分析

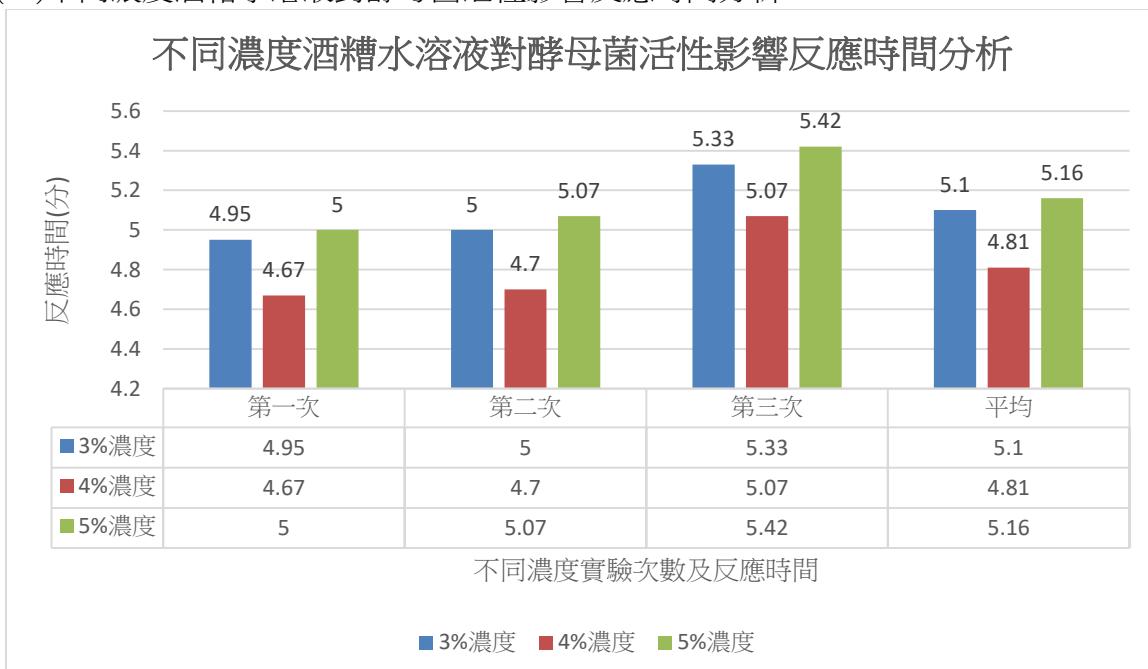


圖4-1 不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性影響反應時間分析 (資料來源：作者編製)

二、實驗二：研究不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

(一)不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性影響實驗結果

表4-2 不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性影響實驗結果紀錄 (資料來源：作者編製)

濃度4%酒糟水溶液		溫控平台30°C (實際約27°C左右)	溫控平台40°C (實際約36°C左右)	溫控平台50°C (實際約46°C左右)	
一定時間氣泡產生狀況	第一次	反應時間	8分55秒=8.92分	4分26秒=4.43分	
		反應速度	最慢	最快	
		反應情形	量多	量多	
	第二次	反應時間	8分15秒=8.25分	4分29秒=4.48分	
		反應速度	最慢	最快	
		反應情形	量多	量多	
	第三次	反應時間	8分20秒=8.33分	4分51秒=4.85分	
		反應速度	最慢	最快	
		反應情形	量多	量多	
平均反應時間		8.5分	4.59分	6.21分	
結果說明		反應時間最慢 CO ₂ 發泡量多且呈現一叢一叢疊雲狀爆發	反應時間最快 CO ₂ 發泡量多且呈現一叢一叢疊雲狀爆發	反應時間次快 CO ₂ 發泡量少，疊雲狀爆發較少	

(二)不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性影響反應時間分析

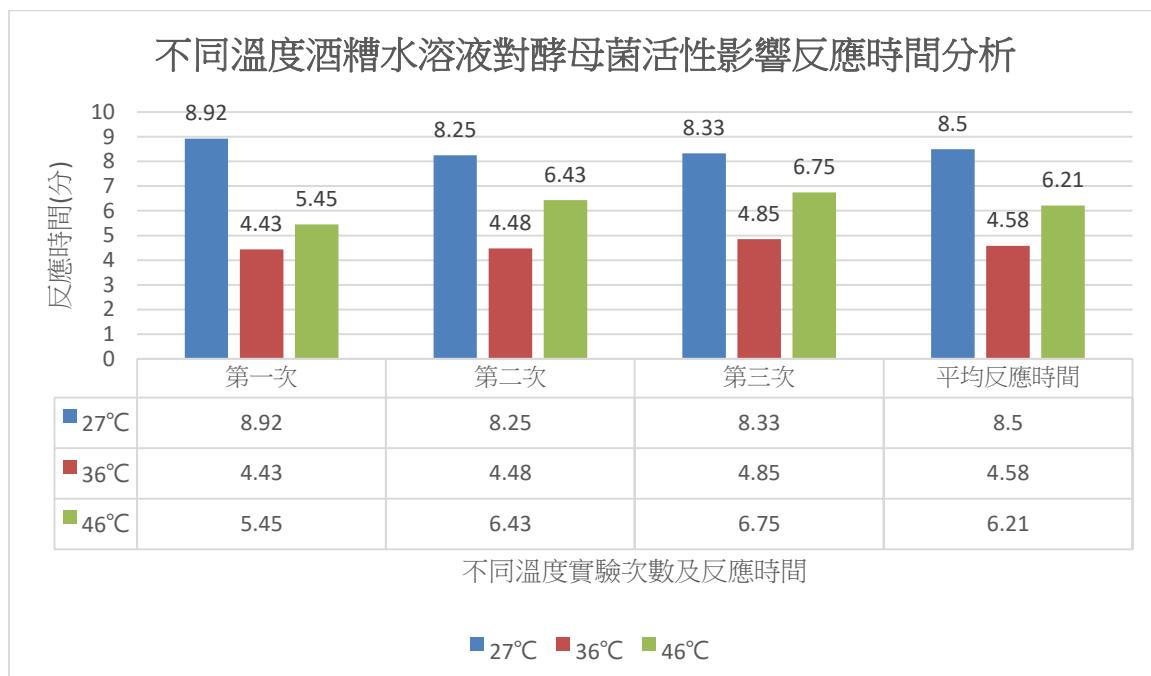


圖4-2 不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性影響反應時間分析 (資料來源：作者編製)

伍、討論

一、實驗測試過程，發現常溫自來水受氣溫影響，溫差相對大，氣溫低，酒糟水溶液和酵母菌反應較慢，要1小時以上才會發現有氣泡產生，這個觀察，正好與冬天製作老酒，在低溫狀況下需要多天才會慢慢發酵相呼應。

二、老酒製作偏好低溫，最佳溫度小於20°C，主要有以下3點原因：

(一)風味考量

低溫下發酵較慢但穩定，相對較能釋放出柔和的酒香與深厚口感。

(二)避免雜菌與酸敗

低溫環境抑制雜菌生長，有利於有益菌（紅麴菌、酵母）的純淨發酵，可以提升酒體乾淨度。

(三)釀造風格傳統

馬祖老酒屬於長時間熟成型糯米酒，慢慢發酵，可培養出甜潤、圓滑、複雜的陳年風味層次。

三、製作老酒最適溫度與本實驗最佳溫度30°C有落差，其原因如下：

(一)快速再發酵

本實驗目的不在追求酒的風味，而是想讓酵母快速發酵、產氣(CO_2)，因此可以犧牲一點風味換取快速產氣或代謝效果。

(二)使用的是單一市售酵母菌粉

這類市售酵母菌的最適溫度就是28°C – 32°C，高溫促進其快速活化與發酵效率。

四、判斷酒糟是促進或抑制酵母作用

根據表3-1確認酒糟促進或抑制酵母作用實驗步驟

實驗前，為確定酒糟促進或抑制酵母作用，增加對照組(0%酒糟)，僅使用水+酵母菌，觀察發現，水溶液完全沒有反應，因此確認酒糟基礎發酵活性，判斷酒糟可以促進酵母作用。

五、研究不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

根據表4-1製成圖4-1，分析如下：

酒糟水溶液濃度3%以上，反應後氣泡量相當大而且穩定，均會明顯出現一叢一叢疊雲狀(如表3-5)噴發情形；酒糟水溶液濃度低於3%則不會產生疊雲狀噴發狀況，產生氣泡多為單顆且數量相對少。

六、標準化酵母菌量分析

本實驗中，當100ml酒糟水溶液，加入3g酵母菌時，能觀察到曇雲狀噴發狀況，若加入1g或2g酵母菌時，則無曇雲狀噴發狀況，相對不好研判本實驗結果，故而採100ml酒糟水溶液，加入3g酵母菌方式混合反應，標準化酵母菌量，作為本實驗的共同控制變因，避免濃度計算偏差。

七、實驗一：研究不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

根據表4-1製成圖4-1，分析如下：

實驗一中，不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響，發現濃度4%酒糟水溶液，加入3g酵母菌時，最快開始反應，反應後產生的氣泡時間量大且穩定。

八、實驗二：研究不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

根據表4-2製成圖4-2，分析如下：

實驗二中，酒糟水溶液溫度在30°C以下和40°C以上，反應時間明顯較慢，表示酒糟水溶液和酵母菌反應，在適合的溫度(36°C左右)表現會更活躍，效果較佳。

九、討論實驗一水溫控制

討論一發現低溫(室溫)時，觀察不同濃度酒糟水溶液對酵母菌影響，反應時間非常長，觀察實驗時間較難掌握，在實驗進行中發現水的溫度高一些，會縮短反應時間，為利實驗觀察進行，因而以常溫水加入等比例飲水機熱水，使用實驗用量測溫度計先量測水溫，調製水溫大約在35°C左右，再加入酒糟、酵母菌粉攪拌均勻，產生實驗一的結果。

十、討論實驗二溫控平台內水溫

實驗二為不同溫度對酵母菌活性的影響，溫控平台以30°C(實際水溫約27°C左右)、40°C(實際水溫約36°C左右)、50°C(實際水溫約46°C左右)三種溫度酒糟水溶液進行實驗，燒杯內酒糟水溶液實際溫度較溫控平台設定溫度略低，主要原因是酒糟需要冷藏保存，由冰箱中拿出來時，酒糟本身溫度較低，加入水溶液中，會讓水溶液略為降溫，另外燒杯置於平台上，直接接觸空氣亦會降低溫度，因此控溫平台上的酒糟水溶液，實際溫度會略低於溫控平台設定溫度，如想要非常精準的控制溫度與知道在哪個溫度下反應效果最佳，則需要更精密的儀器及後續的實驗研究。

陸、結論

這次的實驗，透過校本課程「馬祖美饌」課程，自製馬祖頗具代表性的文化產物--老酒，觀察製作過程中，紅麴、糯米與水攪拌混合後，表面會產生許多大小不一的氣泡，進一步利用老酒製作後產生的紅麴酒糟，進行酒糟對酵母菌微生物反應情形的實驗探究，分別討論不同濃度和不同溫度的酒糟水溶液對於酵母菌微生物的影響。主要研究目的如下：

目的_一：研究不同濃度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

目的_二：研究不同溫度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

透過上述實驗，得到了以下發現：

一、由實驗_一：研究不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響中，觀察發現 4%濃度酒糟水溶液和酵母菌反應時間較快並產生大量氣泡，其次為 3%，最後是 5%，表示酒糟水溶液濃度為 4% 時，酵母菌微生物反應效果最佳。

二、由實驗_二：研究不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響中，溫控平台以 30°C (實際水溫約 27°C 左右)、40°C (實際水溫約 36°C 左右)、50°C (實際水溫約 46°C 左右) 三種溫度酒糟水溶液進行實驗時，發現溫控平台 40 °C (實際水溫約 36°C 左右) 酒糟水溶液和酵母菌反應時間最快並產生大量氣泡，其次為 50 °C，最後是 30 °C，表示實際水溫 36 °C 左右時，酵母菌微生物較活躍。

紅麴酒糟是馬祖老酒製作後的產物，透過學校主題課程，除了知道如何製作老酒，觀察到老酒發酵過程中的現象，更進一步運用酒糟進行觀察實驗，透過簡單量化的實驗，討論酒糟在不同條件下的發酵反應情形，希望研究結果，可以提供馬祖酒糟料理及觀光伴手禮製作時的另一個重要參考。

柒、參考資料及其他

- 一、臺北市信義區博愛國民小學(中華民國第 52 屆中小學科學展覽會)。**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。**
- 二、嘉義市垂楊國小(嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會)。**突「發」奇想-探究麵團發酵的秘密。**
- 三、阿簡生物筆記(2013 年 10 月 10 日)。**酵母菌的科學探究活動。**
- 四、龍騰文化事業股份有限公司（無年代）。**影響酵母菌發酵速率的因素。**
- 五、本作品說明書內的照片、圖表皆由作者自行拍攝、編製。

【評語】082919

1. 本研究利用在地特產酒糟進行酵母菌培養之實驗，善用在地材料進行實驗，並透過實驗設計進行完整科學方法流程。
2. CO₂ 發泡量除了實驗的觀察外，建議可以定量，例如採用集水排氣法量化氣體產生的量。

作品海報

跳舞的馬祖酒

摘要

本實驗之研究目的，是利用紅麴發酵製作馬祖老酒後產出的酒糟，探討對於酵母菌微生物在不同濃度和不同溫度的酒糟水溶液的反應與影響。本次實驗中使用3%、4%、5%三種濃度酒糟水溶液，發現4%濃度酒糟水溶液和酵母菌反應較快並產生大量氣泡，其次為3%，最後是5%，表示4%時酵母菌微生物較活躍。此外溫控平台以30°C(實際水溫約27°C左右)、40°C(實際水溫約36°C左右)、50°C(實際水溫約46°C左右)三種溫度酒糟水溶液進行實驗時，發現溫控平台40°C(實際水溫約36°C左右)酒糟水溶液和酵母菌反應較快並產生大量氣泡。其次為50°C(實際水溫約46°C左右)，最後是30°C(實際水溫約27°C左右)，表示實際水溫36°C左右時酵母菌微生物較活躍。

壹、前言

一、研究動機

馬祖老酒一直是馬祖文化中很重要的元素，釀製老酒後產出的酒糟，亦是馬祖在地料理中不可或缺的好味道，近幾年來馬祖觀光旅客絡繹不絕，酒糟在馬祖料理中的運用及伴手禮的結合研發，更佔有一席之地，本校校本課程－「馬祖美饌」中，六年級利用紅麴發酵糯米製作馬祖老酒，在製作過程中，發現有氣泡產生，對此甚感興趣，參考老酒製作相關文獻後，發現釀製老酒，早期發酵產生的氣泡量與老酒品質有間接關聯，也想看看如何讓酒糟產生氣泡，因此我們想到利用酵母菌進行實驗，想觀察酒糟對酵母菌微生物產生的反應，討論不同濃度和不同溫度的酒糟水溶液對於酵母菌微生物的影響。

二、研究目的

- (一)研究不同濃度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響。
- (二)研究不同溫度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響。

三、研究假設

- (一)酒糟濃度會顯著影響酵母菌活性。
高濃度可能含有較多養分(促進生長)，但也可能因滲透壓或抑制性物質抑制酵母菌活性。
- (二)培養溫度會顯著影響酵母菌活性。
酵母菌通常在30°C左右活性最佳，過高或過低溫度會降低活性。

四、文獻回顧

(一)酵母菌的發酵速率

- 1.當酵母菌進行酒精發酵時，會將葡萄糖分解，同時產生酒精，並形成二氧化碳。
- 2.觀察測量發酵過程中二氧化碳產生的量，就可以知道酵母菌的發酵速率快慢。

(二)酵母菌會分解糖，產生二氧化碳。

(三)酵母菌活動能力與溫度關係

- 1.酵母菌的活動能力與溫度有關。
- 2.溫度越高，粒子的能量就越高，產生的有效碰撞機會就會增加很多，反應速度也會變快。
- 3.溫度高於適合作用的溫度後，酵素蛋白質的結構就會被破壞，酵素的活性就會變小，甚至無法產生發酵功能。

貳、研究設備與器材

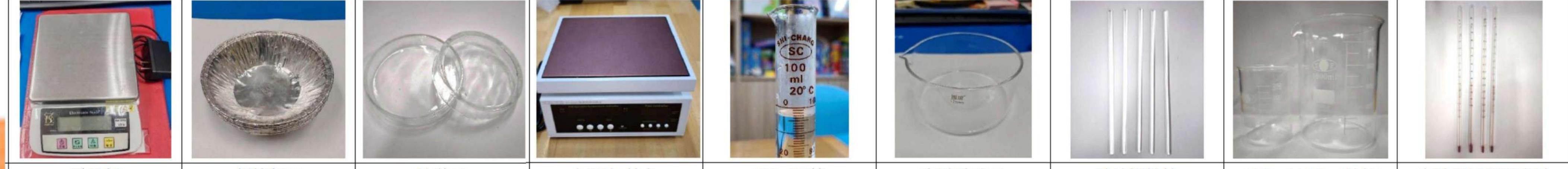
一、研究材料

- (一)酒糟：自釀老酒後產生的酒糟
- (二)酵母菌：使用真好家品牌之酵母發粉
- (三)水：使用常溫自來水及飲水機飲用水



圖片來源：作者自行拍攝

二、設備與器材



圖片來源：作者自行拍攝

參、研究過程與方法

一、研究架構

紅麴酒糟水溶液對酵母菌發酵活性之影響

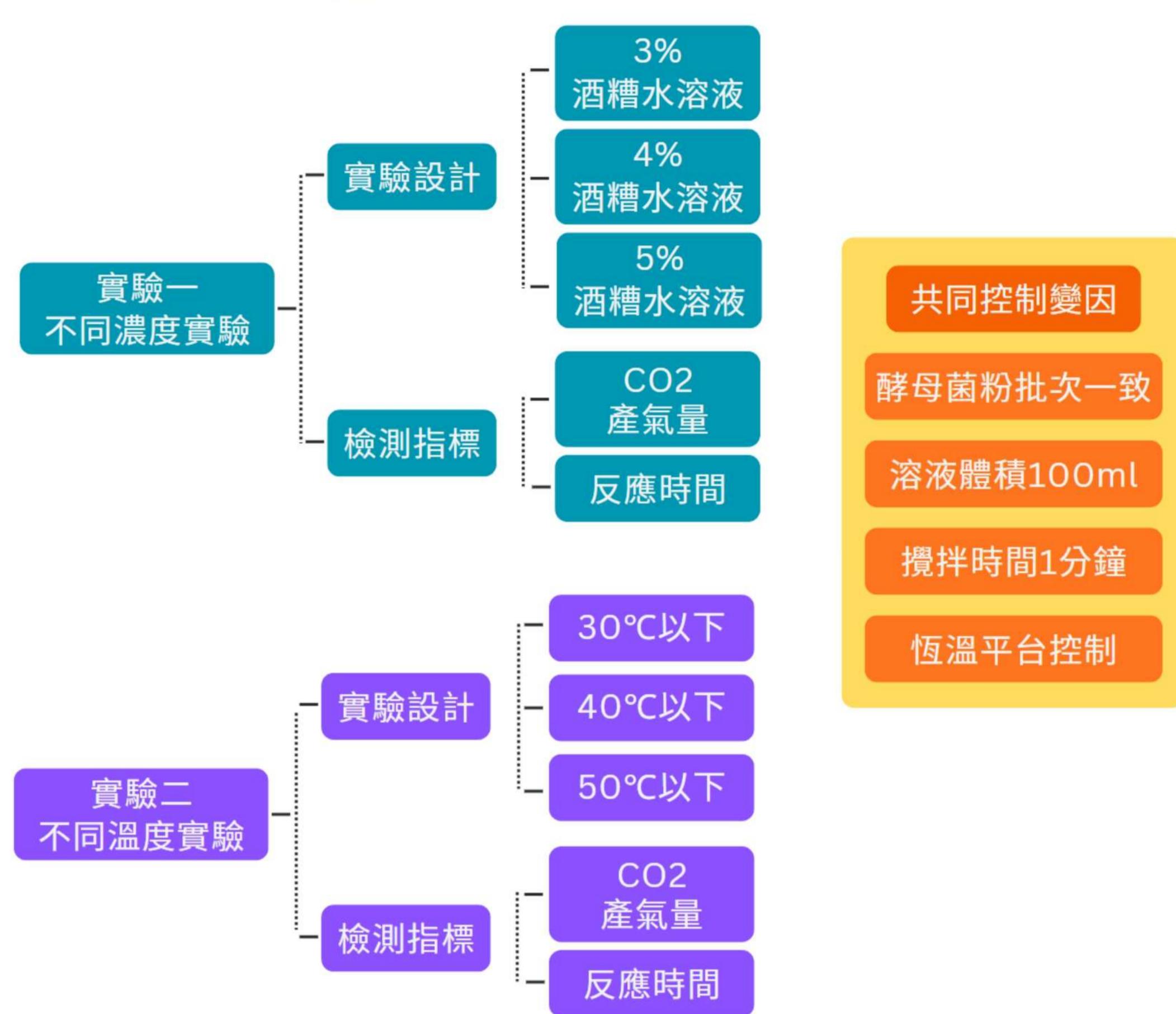


圖3-1 研究架構圖

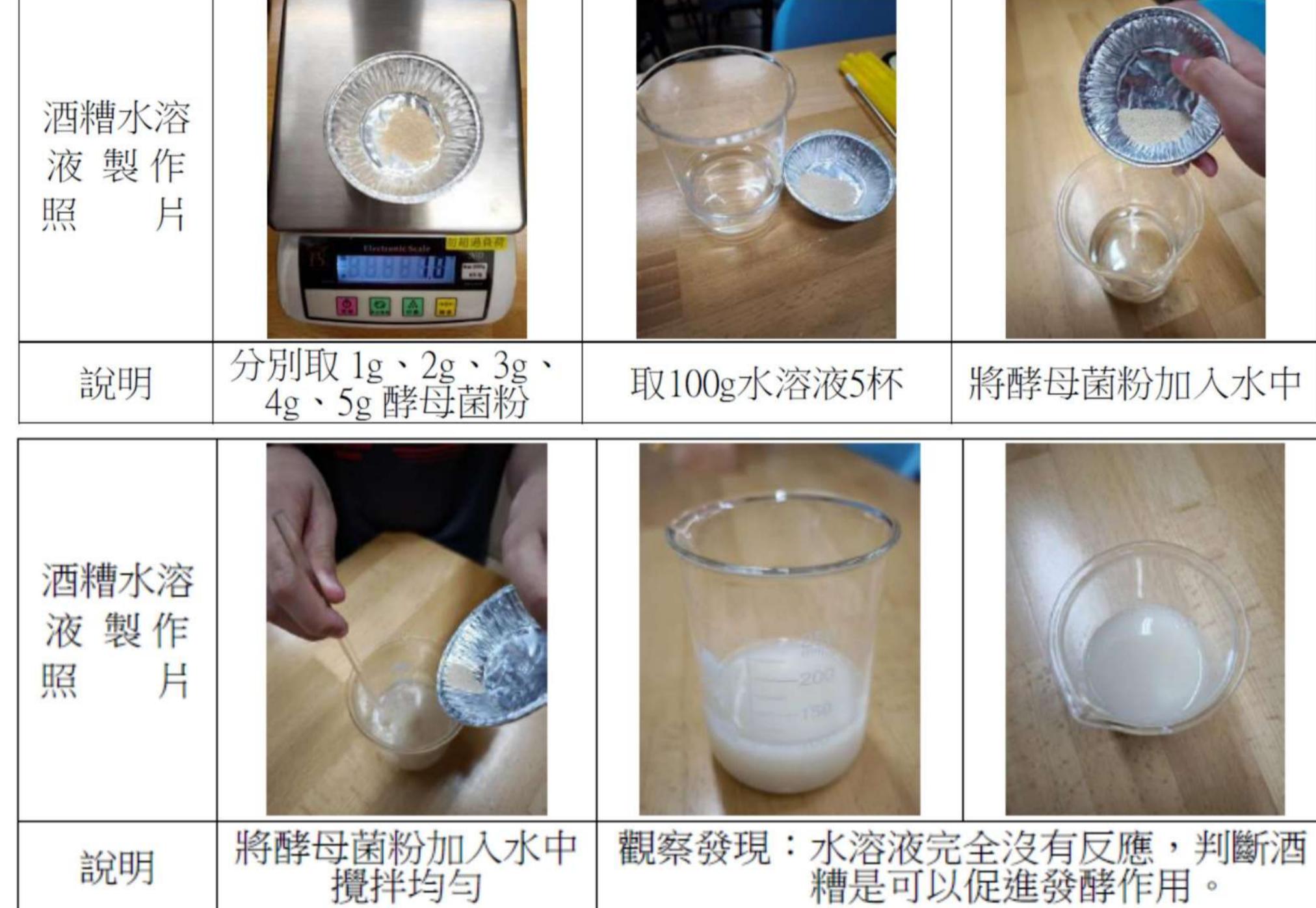
二、研究方法

(一)濃度比例調法：採用重量百分濃度

$$\text{重量百分濃度} = \frac{\text{溶質的質量}}{\text{溶液的質量}} \times 100\% = \frac{\text{溶質的質量}}{\text{溶液的質量} + \text{溶劑的質量}} \times 100\%$$

(二)確認酒糟是促進或抑制酵母作用

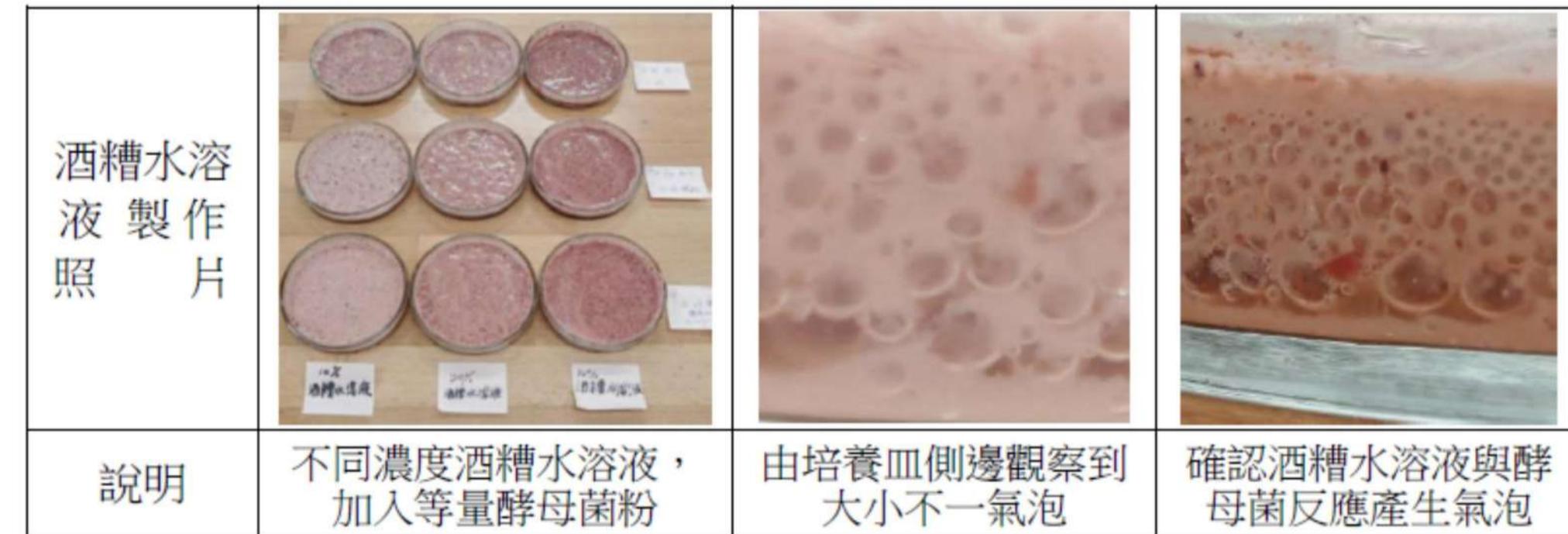
- 將 1g、2g、3g、4g、5g 酵母菌分別加入5杯 100ML水溶液中。
- 觀察發現：水溶液完全沒有反應，因此確認酒糟是基礎發酵活性，判斷酒糟可以促進發酵。



圖片來源：作者自行拍攝

(三)確認酒糟水溶液與酵母菌反應情形

- 準備不同濃度酒糟水溶液(10%、20%、30%)，加入等量酵母菌粉。
- 觀察發現：酒糟水溶液在加入酵母菌粉後，產生反應，由培養皿側邊觀察到大小不一的氣泡，因此確認酒糟水溶液與酵母菌反應後會產生氣泡。



圖片來源：作者自行拍攝

(四)確認實驗酒糟水溶液重量、濃度與實驗酵母菌粉取量

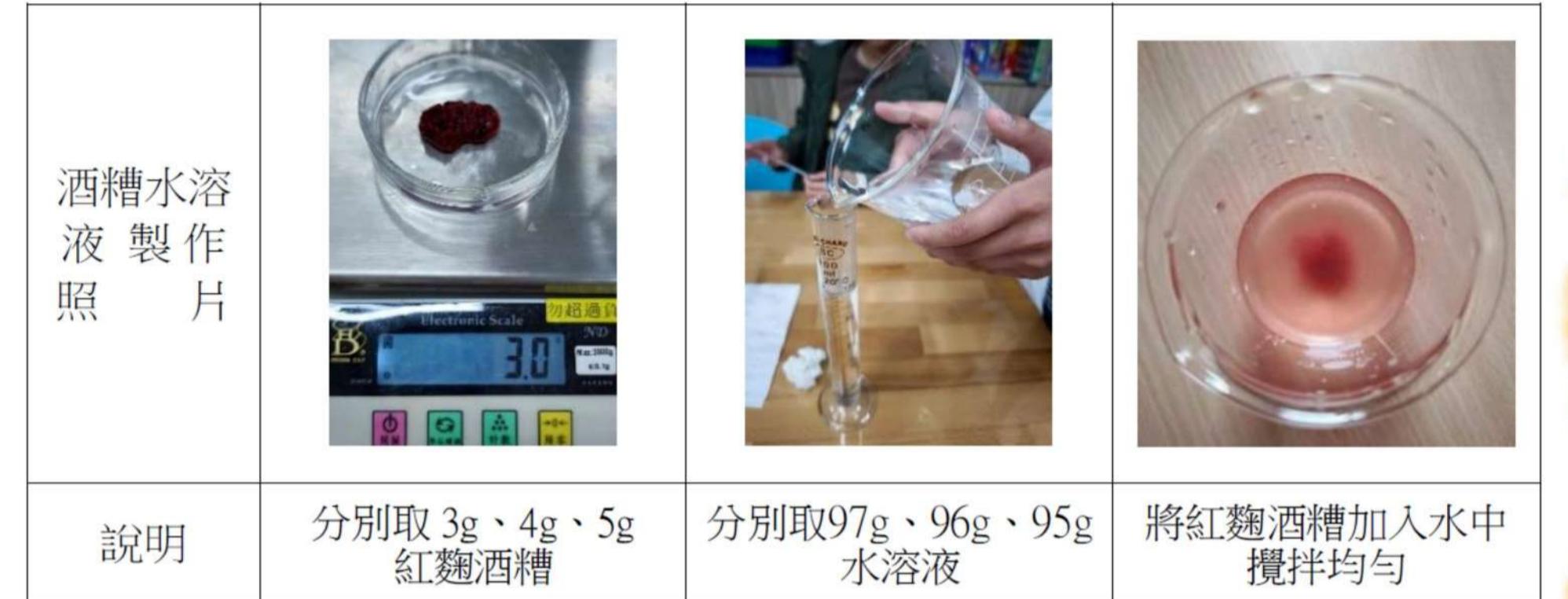
- 準備不同重量(100ML、200ML)、不同濃度(1%、2%、3%、4%、5%、6%)酒糟水溶液、不同重量酵母菌粉(1g、2g、3g、4g、5g)，進行交叉實驗，確認實驗酒糟水溶液重量、濃度與實驗酵母菌粉取量多少。
- 觀察發現：100ML酒糟水溶液較好觀察，酒糟水溶液濃度在 3%~5%之間，反應較快，氣泡量較多較穩定，酵母菌粉的量則是 3g 為佳。



圖片來源：作者自行拍攝

(五)不同濃度的酒糟水溶液製作

(3%、4%、5%)



圖片來源：作者自行拍攝

需要注意的地方：

常溫自來水受氣溫影響，溫差會很大，在觀察反應時間時，會出現較大差異，可以常溫水加入等比例飲用水混合，以實驗用量測溫度計先量測水溫後，再加入酒糟攪拌均勻。另外，酒糟需冷藏保溫，加入水溶液後，會讓酒糟水溶液溫度略微下降，因此加入酒糟後的水溶液，亦需使用實驗用量測溫度計再次量測水溫後再進行加入酵母菌步驟。

(六)研究不同濃度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響(實驗一)

(七)觀察不同濃度的酒糟水溶液對酵母菌活性的實驗結果，找出反應時間最快，大量產生氣泡的最佳濃度。(依據實驗一結果，最佳濃度為 4%)

(八)研究不同溫度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響(實驗二)



圖3-2 實驗一：不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響實驗步驟圖(資料來源：作者自行拍攝)



圖3-3 實驗二：不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響實驗步驟圖(資料來源：作者自行拍攝)

表3-5 CO₂發泡(曇雲狀)情形(資料來源：作者自行拍攝)



肆、研究結果及討論

一、實驗一：研究不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

表4-1 不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性影響實驗結果紀錄

酒糟水溶液濃度		3%	4%	5%
一定時間氣泡產生狀況	第一次	反應時間 4分57秒=4.95分	反應速度 次快	反應情形 量多
	第二次	反應時間 5分01秒=5分	反應速度 次快	反應情形 量少
	第三次	反應時間 5分20秒=5.33分	反應速度 次快	反應情形 量多
平均反應時間		5.1分	4.81分	5.16分
結果說明		反應時間次快 CO ₂ 發泡量多且呈現一叢一叢疊雲狀爆發	反應時間最快 CO ₂ 發泡量多且呈現一叢一叢疊雲狀爆發	反應時間最慢 CO ₂ 發泡量多且呈現一叢一叢疊雲狀爆發

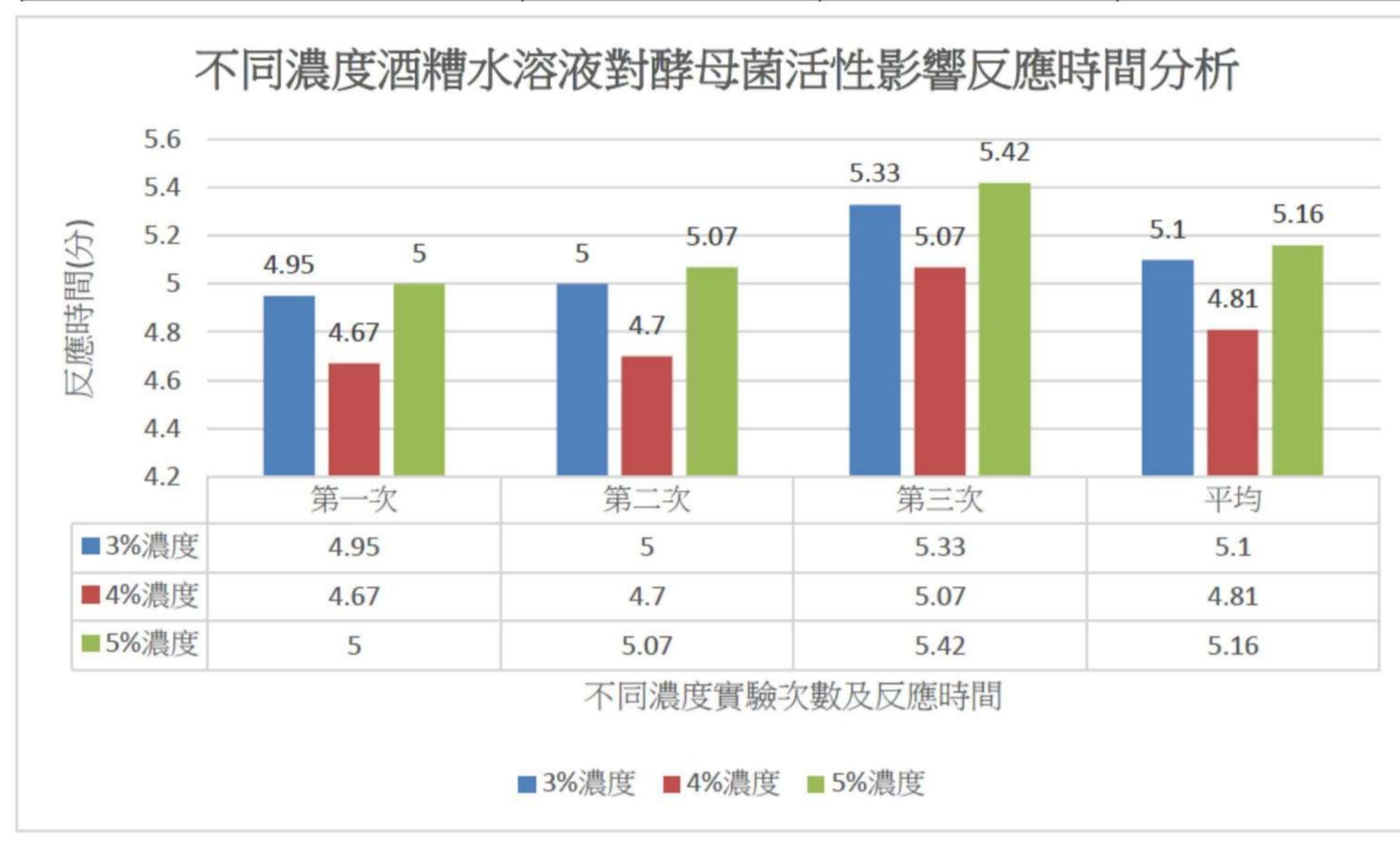


圖4-1 不同濃度酒糟水溶液對酵母菌活性影響反應時間分析(資料來源：作者自行編製)

根據表4-1製成圖4-1，分析如下：

1. 酒糟水溶液濃度越濃，開始反應時間相對較晚，但開始反應後，氣泡量相當大而且穩定，均會明顯出現一叢一叢疊雲狀(如表3-5)噴發情形；酒糟水溶液濃度低於3%時，則不會出現疊雲狀的噴發狀況，產生氣泡多為單顆且數量相對少。
2. 濃度 4% 酒糟水溶液，加入 3g 酵母菌時，最快開始反應，反應後產生的氣泡時間量大且穩定。

實驗中發現低溫(室溫)時，觀察不同濃度酒糟水溶液對酵母菌影響，反應時間非常長，觀察實驗時間較難掌握，在實驗進行中發現水的溫度高一些，會縮短反應時間。

二、實驗二：研究不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

表4-2 不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性影響實驗結果紀錄

濃度4%酒糟水溶液		溫控平台30°C (實際約27°C左右)	溫控平台40°C (實際約36°C左右)	溫控平台50°C (實際約46°C左右)
一定時間氣泡產生狀況	第一次	反應時間 8分55秒=8.92分	反應速度 最慢	反應情形 量多
	第二次	反應時間 8分15秒=8.25分	反應速度 最慢	反應情形 量多
	第三次	反應時間 8分20秒=8.33分	反應速度 最慢	反應情形 量多
平均反應時間		8.5分	4.59分	6.21分
結果說明		反應時間最慢 CO ₂ 發泡量多且呈現一叢一叢疊雲狀爆發	反應時間最快 CO ₂ 發泡量多且呈現一叢一叢疊雲狀爆發	反應時間次快 CO ₂ 發泡量少，疊雲狀爆發較少

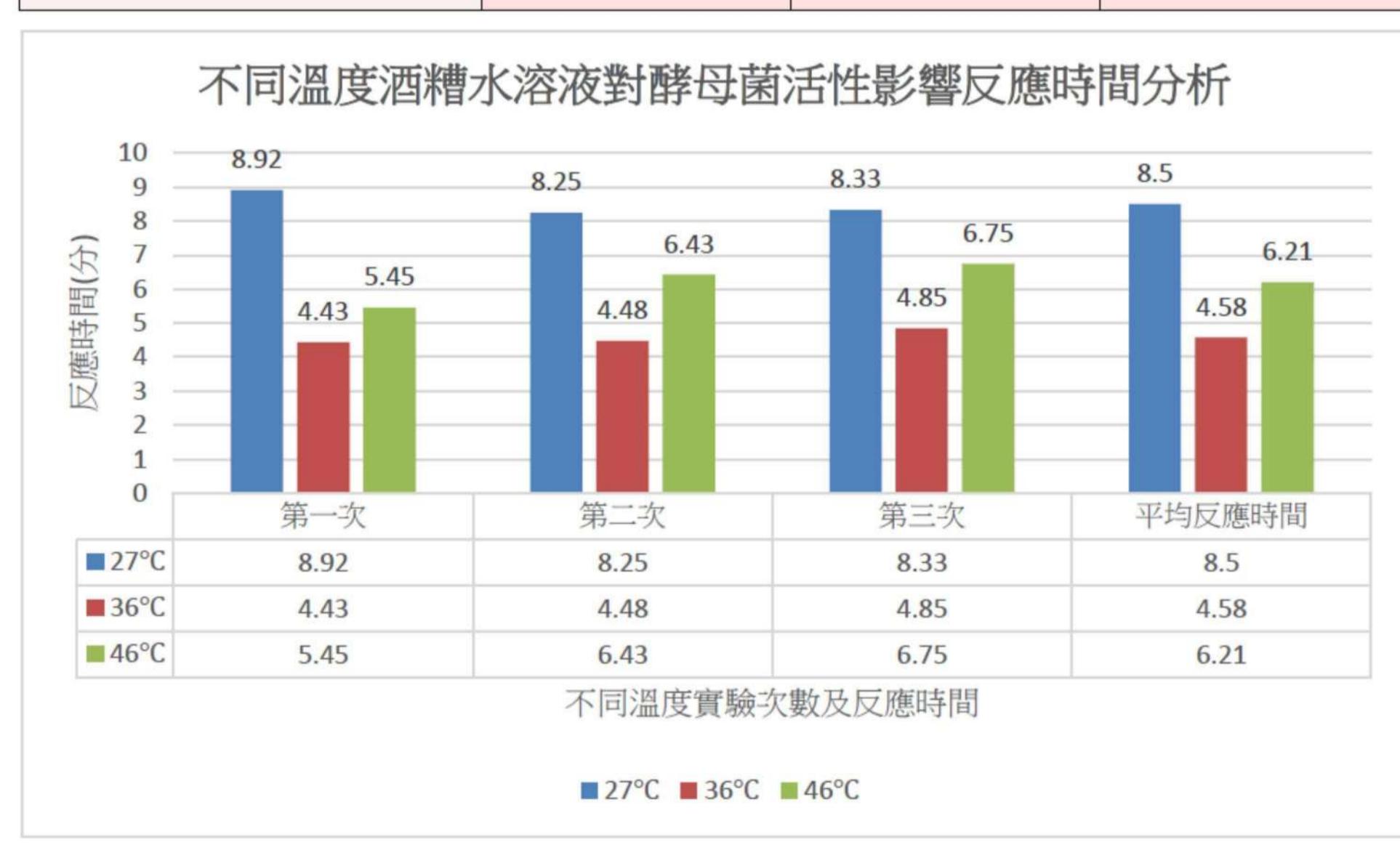


圖4-2 不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性影響反應時間分析(資料來源：作者自行編製)

根據表4-2製成圖4-2，分析如下：

實驗二中，酒糟水溶液溫度在 30°C 以下和 40°C 以上，反應時間明顯較慢，表示酒糟水溶液和酵母菌反應，在適合的溫度表現會更活躍，效果較佳。

實驗二為不同溫度對酵母菌活性的影響，溫控平台以 30°C(實際水溫約 27°C 左右)、40°C(實際水溫約 36°C 左右)、50°C(實際水溫約 46°C 左右)三種溫度酒糟水溶液進行實驗，燒杯內酒糟水溶液實際溫度較溫控平台設定溫度略低，主要原因是酒糟需要冷藏保存，由冰箱中拿出來時，酒糟本身溫度較低，加入水溶液中，會讓水溶液略為降溫，另外燒杯置於平台上，直接接觸空氣亦會降低溫度，因此控溫平台上的酒糟水溶液，實際溫度會略低於溫控平台設定溫度，如想要非常精準的控制溫度與知道在哪個溫度下反應效果最佳，則需要更精密的儀器及後續的實驗研究。

伍、結論

這次的實驗，透過校定課程「馬祖美饌」課程，自製馬祖頗具代表性的文化產物--老酒，觀察製作過程中，紅麴、糯米與水攪拌混合後，表面會產生許多大小不一的氣泡，進一步利用老酒製作後產生的紅麴酒糟，進行酒糟對酵母菌微生物反應情形的實驗探究，分別討論不同濃度和不同溫度的酒糟水溶液對於酵母菌微生物的影響。主要研究目的如下：

目的一：研究不同濃度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

目的二：研究不同溫度的酒糟水溶液對酵母菌活性的影響

透過上述實驗，得到了以下發現：

一、由實驗一：研究不同濃度酒糟水溶液酵母菌活性的影響中，觀察發現 4% 濃度酒糟水溶液和酵母菌反應時間較快並產生大量氣泡，其次為 3%，最後是 5%，表示酒糟水溶液濃度為 4% 時，酵母菌微生物效果最佳。

二、由實驗二：研究不同溫度酒糟水溶液對酵母菌活性的影響中，溫控平台以 30°C(實際水溫約 27°C 左右)、40°C(實際水溫約 36°C 左右)、50°C(實際水溫約 46°C 左右)三種溫度酒糟水溶液進行實驗時，發現溫控平台 40°C(實際水溫約 36°C 左右)酒糟水溶液和酵母菌反應時間最快並產生大量氣泡，其次為 50°C(實際水溫約 46°C 左右)，最後是 30°C(實際水溫約 27°C 左右)，表示實際水溫 36°C 左右時，酵母菌微生物較活躍。

紅麴酒糟是馬祖老酒製作後的產物，透過學校主題課程，除了知道如何製作老酒，觀察到老酒發酵過程中的現象，更進一步運用酒糟進行觀察實驗，透過簡單量化的實驗，討論酒糟在不同條件下的發酵反應情形，希望研究結果，可以提供馬祖酒糟料理及觀光伴手禮製作時的另一個重要參考。

陸、參考資料及其他

- 一、臺北市信義區博愛國民小學(國第52屆中小學科學展覽會)。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。
- 二、嘉義市垂楊國小(嘉義市第38屆中小學科學展覽會)。突「發」奇想-探究麵團發酵的秘密。
- 三、阿簡生物筆記(2013年10月10日)。酵母菌的科學探究活動。
- 四、龍騰文化事業股份有限公司(無年代)。影響酵母菌發酵速率的因子。
- 五、本作品說明書內的照片、圖表皆由作者自行拍攝、編製。