

教育部 108 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：小米『酒』了沒?發酵反應線上監測系統開發

主持人：劉亞汶 電子信箱： yeawenn@ntpc.edu.tw

共同主持人：吳宗憲、趙元均

執行單位：新北市立烏來國民中小學

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫? 是 否

2. 執行重點項目：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3. 辦理活動或研習會等名稱：無

4. 辦理活動或研習會對象：無

5. 參加活動或研習會人數：無

6. 參加執行計畫人數：3 人

7. 辦理/執行成效：

- (1) 使用 arduino 開發板與 MQ-3 酒精氣體偵測器，透過 mBlock 程式即時偵測紀錄在密閉容器中進行發酵反應過程產生酒精氣體的多寡，以線上即時監測發酵反應的進行；讓學生實際將資訊科技運用於部落傳統釀酒工藝上。
- (2) 讓學生從感測器實測所得的數據，探討酒精發酵反應的原理及影響發酵反應的因素。
- (3) 本研究參與新北市 107 學年度中小學科學展覽國中組化學科甲等獎。
- (4) 本研究參與 107 學年度原住民族文化科教獎國中組佳作獎。
- (5) 本研究結果 Has the millet become wine? An on-line monitoring of fermentation 於 2019 第八屆亞洲化學教育國際研討會進行口頭發表。

二、計畫目的

- (一) 傳承泰雅族的釀酒文化。
- (二) 開發發酵反應線上監測系統，探討並了解發酵反應的條件，應用於小米酒釀造之即時監測。

(三) 探討發酵反應的科學原理，以科學的角度來詮釋泰雅祖先的釀酒智慧。

三、研究方法

(一) 向耆老學習泰雅族人釀造小米酒的方法與文化。

台灣的原住民族，除了達悟族，各族多以小米為主食，都有自己的小米文化傳統，傳統原住民族的小米酒是非常珍貴的，原因是釀造不易，整個過程必須非常謹慎。傳統小米酒用自然發酵法釀造，首先將蒸熟的小米飯放在芭蕉葉上，翻動變涼。接著在小米飯中加入酒麴，翻動小米飯，將酒麴與小米混和均勻。在此同時，將滾燙的開水倒進酒罈，將酒罈洗淨並消毒後；把小米飯放進酒罈，再把芭蕉葉蓋上，並用好幾層布壓緊甕口，以麻繩把罈口一圈圈封緊。因為小米的主要成分是澱粉屬於大分子，必須先分解成小分子的醣類(如葡萄糖)才能進行酒精發酵。發酵的材料必須密封，避免接觸空氣，讓發酵作用完整，才能釀出美味的小米酒。

過去原住民族人不隨便喝酒，只在規範的時間或情況才會釀酒，也才有機會喝到酒。例如慶典、祭典、婚禮、祈福、狩獵歸來、換工、道歉賠罪或是有尊貴賓客的時候。根據泰雅族的 gaga (社會倫理規範)，喝酒前會先以手指沾酒，向土地點灑三下，請求祖靈庇佑。

(二) 設計製作發酵反應即時監測實驗裝置

以 100 毫升血清瓶作為發酵反應槽，將血清瓶瓶蓋分別鑿出直徑 1.5 公分及 0.6 公分的兩個圓孔，再將酒精感測器及 PE 塑膠管放置於圓孔中，並以環氧樹脂密封孔洞間隙並固定感測器及塑膠管，再於塑膠管上套一個氣球以容納發酵反應產生的二氧化碳並隔絕外界氣體進入，便完成發酵反應實驗裝置。

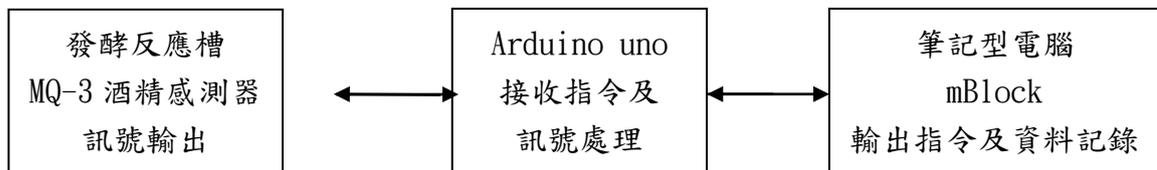
(三) 發酵反應即時監測電路連接

Arduino uno 接腳	MQ-3 酒精感測器接腳	備註
GND	GND	提供 MQ-3 酒精感測器 5 伏特的工作電壓
5V	VCC	
A0	AOUT	酒精感測器訊號輸出至 Arduino 後，以 mBlock 程式紀錄

(四) 發酵反應即時監測程式

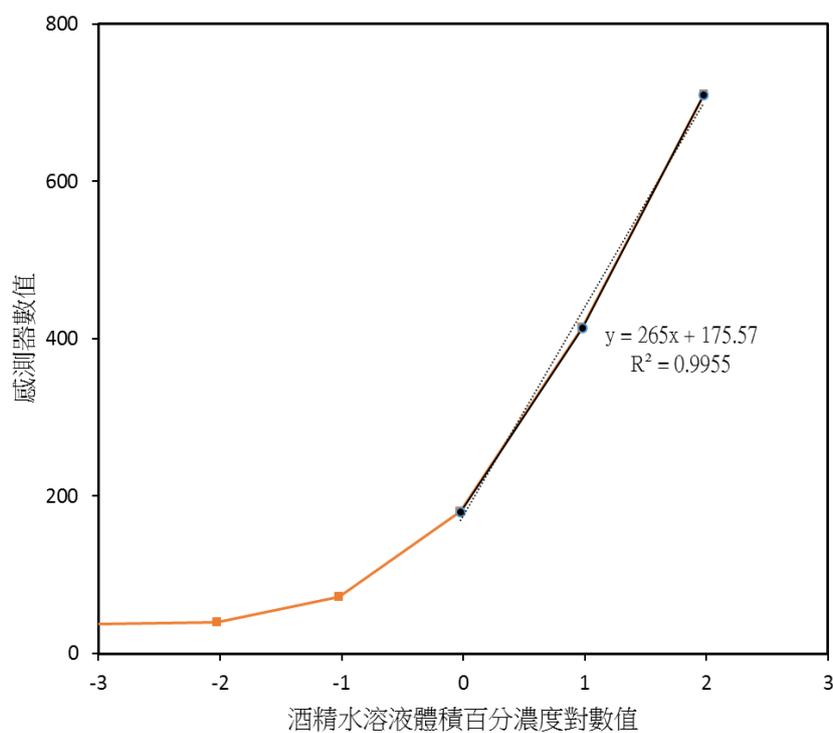


(五)發酵反應即時監測實驗裝置

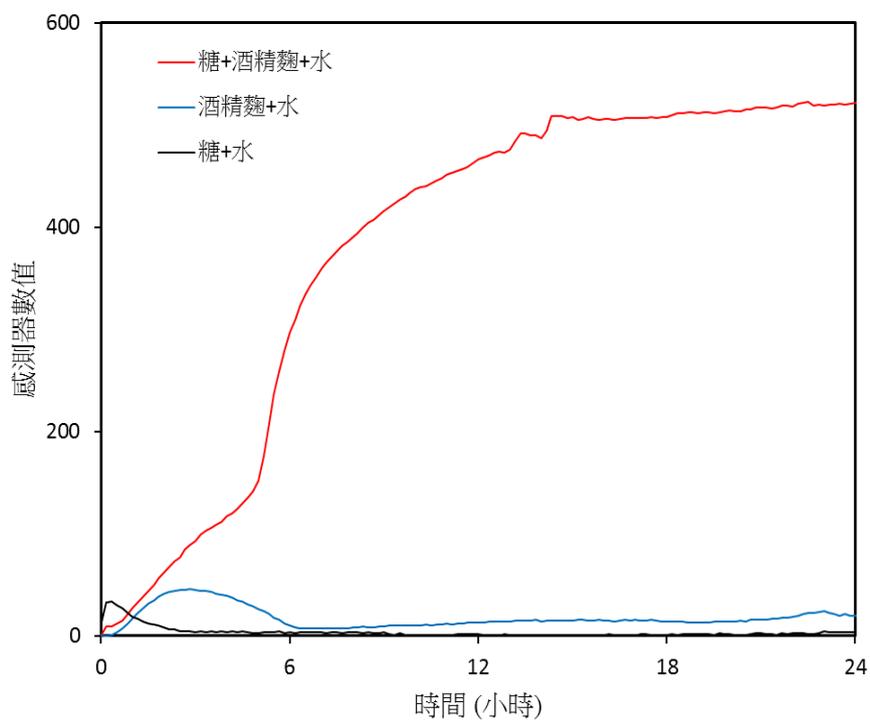


四、研究成果

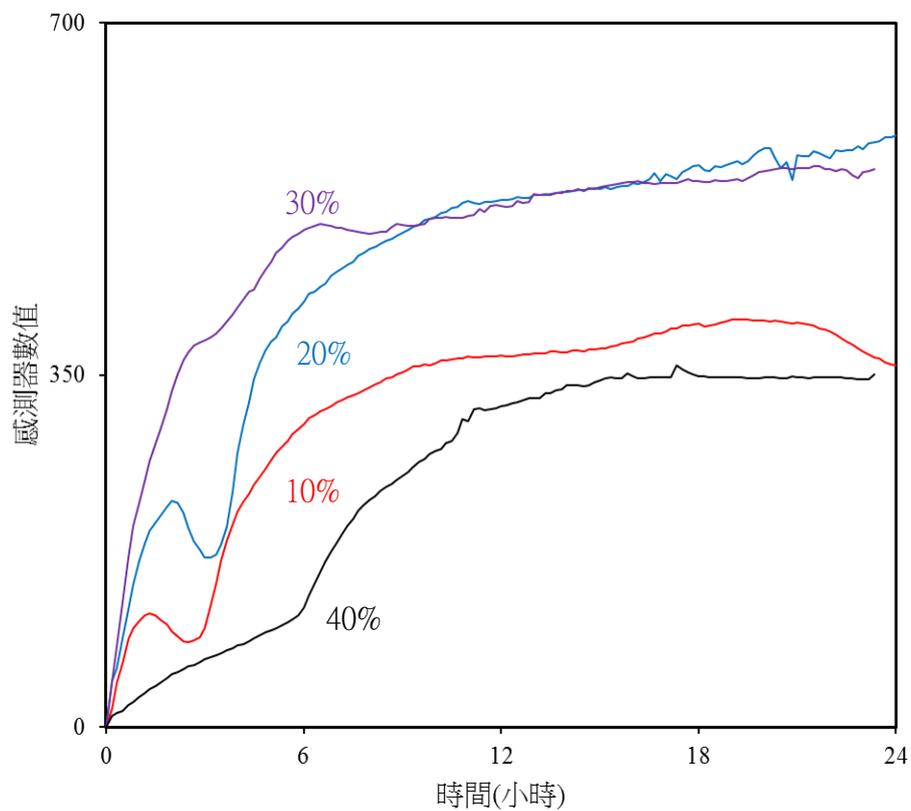
(一)酒精感測器檢測範圍測試 (室溫 20°C)



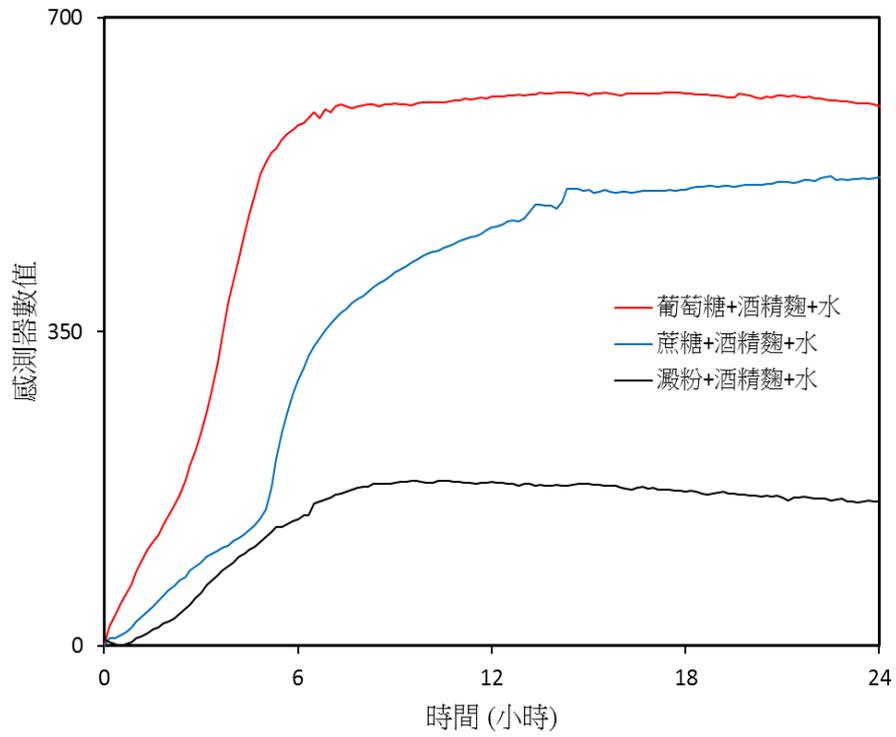
(二) 發酵反應的必要條件探討 (室溫 19~20°C)



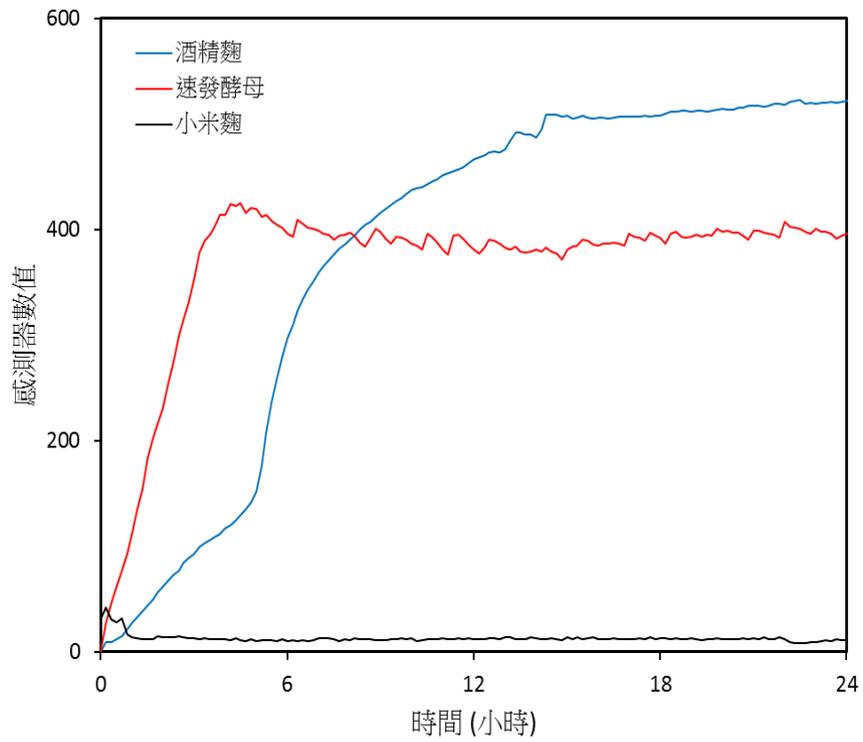
(三) 糖水濃度對發酵反應的影響 (室溫 19~20°C)



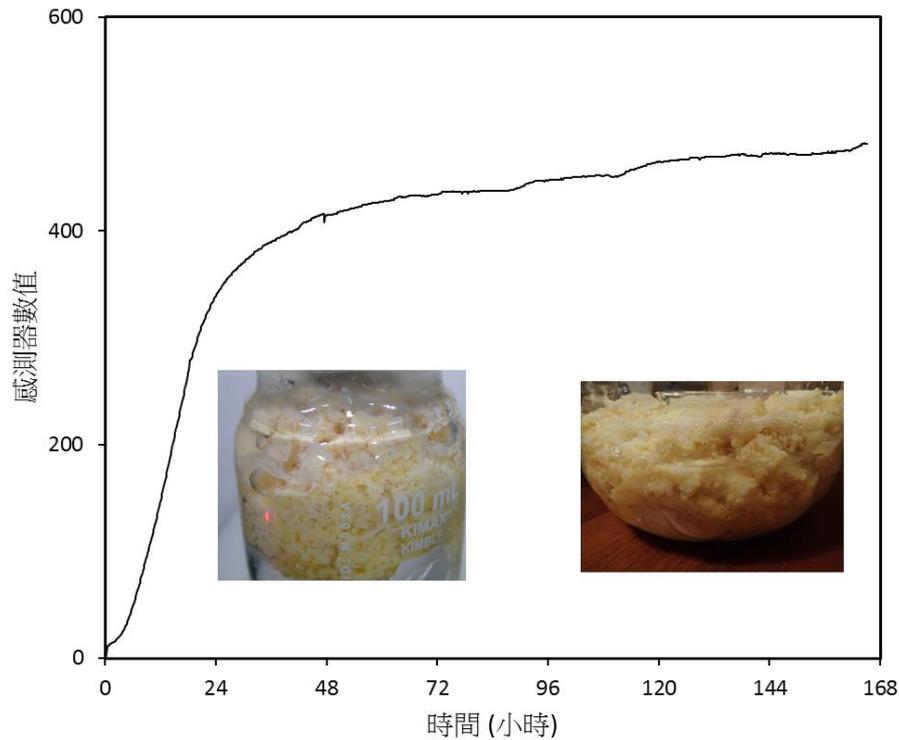
(四)原料對發酵反應的影響 (室溫 19~20°C)



(五)酵母種類對發酵反應的影響 (室溫 19~20°C)



(六)小米發酵反應的即時監測 (室溫 18~20°C)



(七)結論

1. 當 MQ-3 酒精氣體感測器在環境中存在酒精蒸氣時，感測器的導電度隨空氣中酒精氣體濃度增加而上升，相對應的輸出訊號值也越高。實驗結果顯示，當酒精水溶液體積百分比濃度介於 1%~95% 間時，感測器數值與酒精水溶液體積百分比對數值成正比，涵蓋此次實驗所即時監測的酒精濃度範圍，可準確紀錄發酵反應過程中產生酒精濃度的即時變化。
2. 酒精發酵的化學反應方程式為 $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{酵素}} 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$ ，是指葡萄糖在缺氧狀態下釋出能量的分解作用。將糖水與酵素置於密閉容器中混和攪拌時，將產生酒精與二氧化碳。實驗結果顯示，若閉密容器中只有糖水或只有酵素單獨存在時，無法有效進行發酵反應；若閉密容器中同時有糖水及酵素存在時，則可有效進行酒精發酵反應。
3. 在不同濃度的蔗糖水溶液中加入等量的酒精麴，由實驗結果可以發現蔗糖水濃度越高，發酵產生酒精的反應速率越快，產生的酒精也越多，表示當反應

物濃度越高時，發酵反應速率越快，發酵反應產物也越多；實驗結果也顯示濃度 20% 的蔗糖水溶液發酵後產生的酒精與濃度為 30% 的蔗糖水溶液約相同，可能是因為酒精麴可以發酵的蔗糖量已達飽和的緣故；而濃度為 40% 的蔗糖水發酵反應速率最慢，產生的酒精也最少，則可能是因為酒精麴在高濃度的蔗糖水溶液中，活性受到抑制的緣故。

4. 在等重的葡萄糖、蔗糖及澱粉(12.5 公克)水溶液中，加入等量的酒精麴(1 公克)，可以發現葡萄糖水溶液的發酵反應速率最快，於 6 小時反應達平衡，且產生最多酒精；蔗糖水溶液發酵反應分兩段進行，反應前 5 個小時產生酒精速率較慢，5 小時後反應速率與葡萄糖約相同，並於 12 小時反應達平衡，推測是蔗糖需先水解成葡萄糖才能進行發酵反應所造成的結果；澱粉溶液的發酵反應速率最慢，推測是因澱粉為大分子需要更長的時間進行水解，水解過程中同時也需要酵素參與，因此酒精產量也最少。
5. 在相同濃度的蔗糖水溶液中，加入等量的酒精麴、速發酵母及小米麴，可以發現速發酵母使蔗糖水發酵的反應速率最快，且於反應 9 小時後酒精濃度達飽和；酒精麴使蔗糖水發酵的反應速率次之，反應 15 小時後酒精濃度達飽和；小米麴則無法使糖水產生發酵反應。此結果顯示，酵素種類會影響蔗糖水溶液發酵反應的結果。
6. 蒸熟的小米因加入小米麴產生發酵反應產生酒精，於 48 小時後反應達平衡；若於容器中加入水，可使發酵反應持續進行，產生更多酒精。將小米與小米麴混和拌勻可使發酵反應速率較快，若僅將小米麴撒在小米上，則發酵反應速率較慢。

五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

本實驗使用 arduino 開發板與 MQ-3 酒精氣體偵測器，透過 mBlock 程式即時偵測紀錄在密閉容器中進行發酵反應過程產生酒精氣體的多寡，以監測發酵反應的進行。結果發現在閉密容器中同時有糖水及酵素存在時，可有效進行酒精發酵反應；添加等量酒精麴的蔗糖水溶液，濃度越高時發酵產生酒精的反應速率越快，產生的酒精也越多；相同濃度時，發酵產生酒精的反應速率及產生酒精的量均是葡萄糖>蔗糖>澱粉；另外，酵素種類會影響發酵反應的進行。本實驗所使用的發酵反應即時監測系統，可有效應用於小米酒釀製過程酒精產出的即時監測，以科學化的方式監測及管理部落的釀酒工藝。