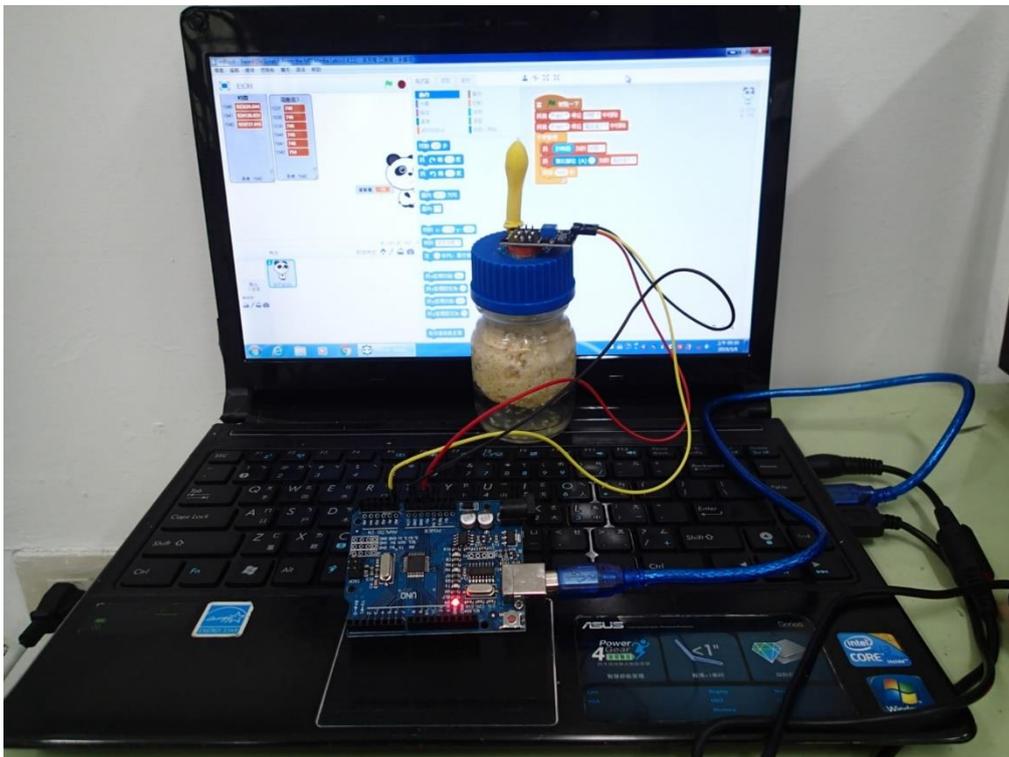




107 學年度原住民族文化科教獎 作品說明書

作品名稱：小米『酒』了沒?發酵反應之即時監測



團隊名稱：烏來國中小

組別：國中組

編號：yabit2018046

指導老師：劉亞汶、吳宗憲、趙元均

團隊成員：游亞凡、張政誠、吳欣芸、游皓宇



作品名稱:小米『酒』了沒?發酵反應之即時監測

摘要

過去泰雅族人只有在慶典、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才會釀酒，也才有機會喝到酒。傳統小米酒用自然發酵法釀造，將蒸熟的小米飯翻動變涼，接著在小米飯中加入酒麴，並將酒麴與小米均勻混合，放入洗淨並消毒的酒罈中密封發酵，釀出美味的小米酒。

酒精發酵的化學反應方程式為 $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{酵素}} C_2H_5OH + CO_2$ ，是指葡萄糖在缺氧狀態下釋出能量的分解作用。本實驗以酒精偵測器即時監測發酵反應過程中酒精濃度的變化，探討發酵反應的原理，並應用於小米酒釀製的即時監測，期望部落釀製小米酒的過程能更科學化且更有效率。





壹、研究動機

一、傳承泰雅族的釀酒文化

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、藉由本實驗來認識小米酒釀造方式，並探討發酵反應的科學原理。

三、應用資訊科技開發發酵反應即時監測實驗裝置。

貳、研究目的

一、以科學的角度來詮釋泰雅祖先的釀酒智慧，並了解酒精發酵反應的原理。

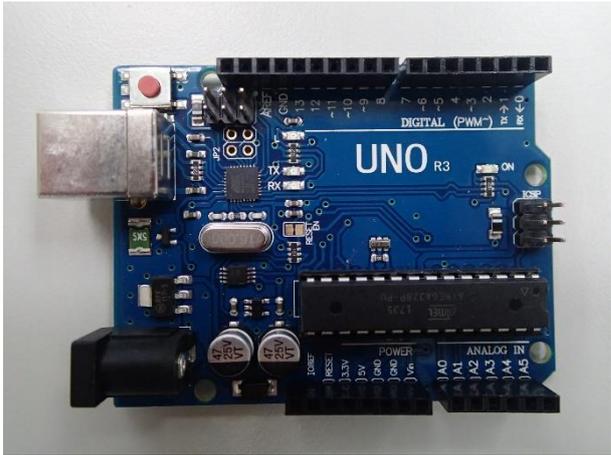
二、即時監測發酵反應，探討發酵反應的條件，並應用於小米酒釀造之即時監測。

三、釀小米酒是傳統原住民部落在重要祭儀才會執行的工作，希望藉由此研究改善部落以經驗法則傳承釀酒工藝所產生的盲點，尋求以科學方法讓小米酒釀製更有效率。

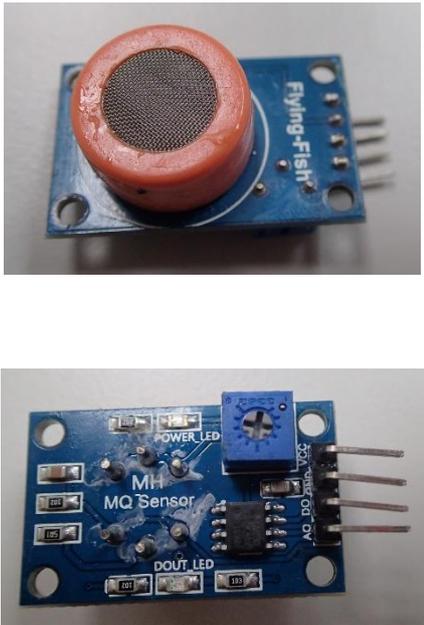


參、研究設備及器材

一、Arduino uno 開發板

照 片	說 明
	<p>Arduino uno 是簡易方便使用的開源控制器，將中央處理器、記憶體、輸入/輸出介面整合在一塊積體電路上，由於體積小且介面簡單，易於和感測器以及各種電子元件連接。本研究使用 Arduino uno 來控制及擷取酒精感測器傳送之訊號。</p>

二、MQ-3 酒精感測器

照 片	說 明
	<p>MQ-3 氣體感測器所使用二氧化錫(SnO_2)作為氣體感測材料。當感測器所在環境中存在酒精蒸汽時，感測器的導電度隨空氣中酒精氣體濃度增加而上升，並利用簡單電路將導電度變化轉換為與酒精氣體濃度相對應的輸出訊號。</p>



三、mBlock 圖形化編輯程式

照片

說明 mBlock 是以 scratch 為基礎而開發的圖形化積木程式，易於編輯撰寫，並可支援 arduino 主機板硬體的使用。本研究使用 mBlock 程式來給予 arduino uno 指令，以控制擷取酒精感測器所測得的訊號。

四、實驗設備及器材

項次	實驗項目	使用器材
1	發酵反應即時監測實驗裝置	筆記型電腦、Arduino uno 開發板、MQ-3 酒精感測器、杜邦線、血清瓶及蓋子、環氧樹脂、氣球、PE 管、攪拌子、酒度計、糖度計、加熱攪拌器
2	發酵反應實驗藥品	葡萄糖、蔗糖、澱粉、水、酒精麴、速發酵母、圓糯米、糯小米、小米麴
3	發酵反應即時監測程式	mBlock



肆、研究過程或方法

一、向耆老學習製作小米酒的方法

- (一) 原料比例：小米(10 斤)、小米酒麴(40 公克)。
- (二) 發酵溫度：室溫攝氏 20~23 度。
- (三) 發酵時間：7 天，隨時可用，密封超過一個月風味絕佳。
- (四) 發酵桶滅菌方法：以 75°C 熱水沖洗滅菌。
- (五) 發酵後的處理：使用機器，以棉布將酒麴及小米過濾移除，將小米酒液盛裝於塑膠桶中，急速冷凍保存。





二、製作方法：

步 驟	照 片
1. 先將小米泡水一整晚(12小時)，之後水瀝乾。	
2. 把小米蒸熟。	
3. 取出小米飯攤平放涼。	



5. 將釀酒原料放入發酵桶中，並加入適量的室溫開水，使小米進行發酵反應。



6. 容器開口以棉布覆蓋，再以塑膠繩綁緊密封，靜置一週。



7. 過濾後裝瓶冷凍保存。
烏來出品，必屬佳釀！





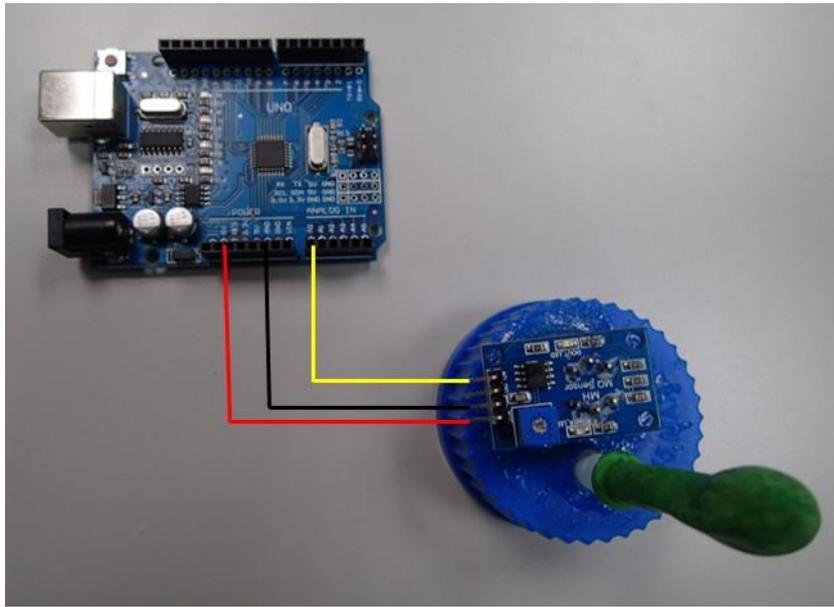
三、發酵反應即時監測實驗裝置

裝置名稱	發酵反應槽	感測器及排氣裝置設置
照片		
說明	<p>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，便完成發酵反應實驗裝置。</p>	



四、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

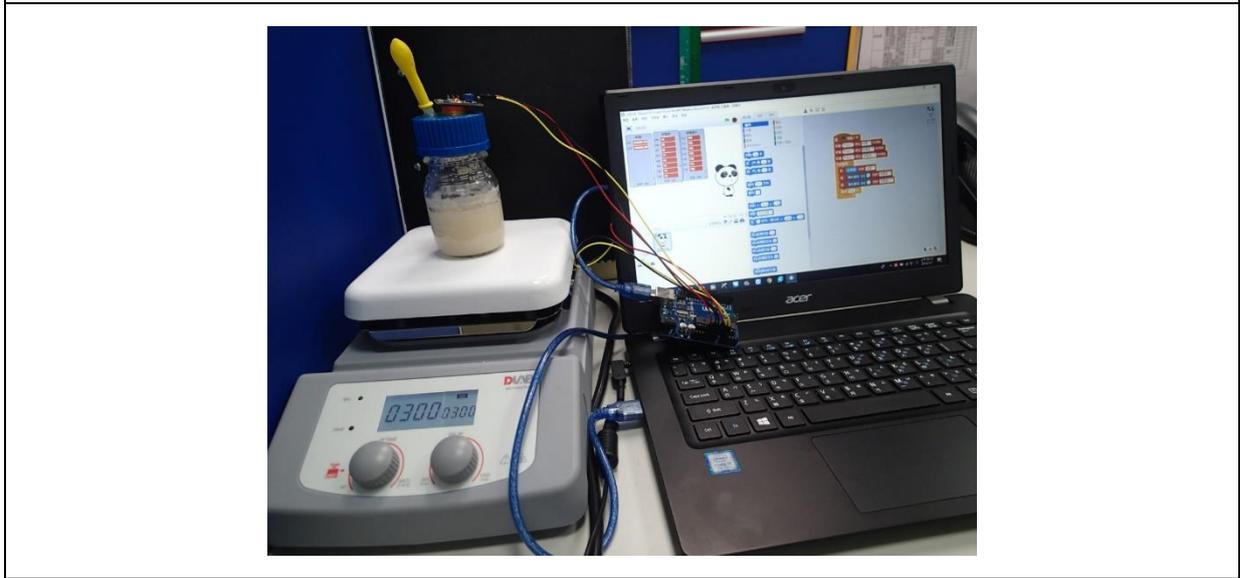
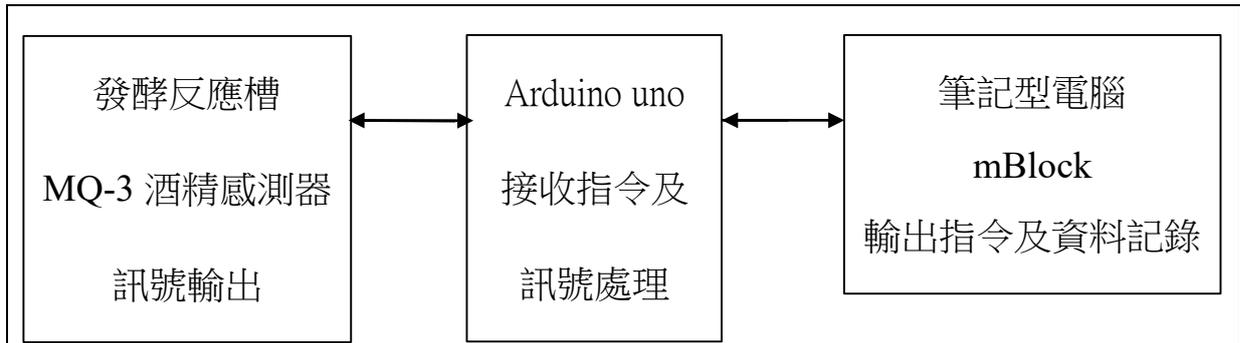


五、發酵反應即時監測程式





六、發酵反應即時監測實驗裝置





七、發酵反應藥品配製

(一)酒精感測器檢測範圍測試

- 1.取 50 毫升體積百分濃度為 95%酒精，盛裝在 100 毫升的血清瓶中，蓋上蓋子靜置 8 小時。
 - 2.取 5 毫升體積百分濃度為 95%酒精加入 45 毫升水，稀釋成體積百分濃度為 9.5%的酒精水溶液盛裝在 100 毫升的血清瓶中，蓋上蓋子靜置 8 小時。
 - 3.取 5 毫升體積百分濃度為 9.5%酒精水溶液加入 45 毫升水，稀釋成體積百分濃度為 0.95%的酒精水溶液盛裝在 100 毫升的血清瓶中，蓋上蓋子靜置 8 小時。
 - 4.取 5 毫升體積百分濃度為 0.95%酒精水溶液加入 45 毫升水，稀釋成體積百分濃度為 0.095%的酒精水溶液盛裝在 100 毫升的血清瓶中，蓋上蓋子靜置 8 小時。
 - 5.取 5 毫升體積百分濃度為 0.095%酒精水溶液加入 45 毫升水，稀釋成體積百分濃度為 0.0095%的酒精水溶液盛裝在 100 毫升的血清瓶中，蓋上蓋子靜置 8 小時。
 - 6.取 5 毫升體積百分濃度為 0.0095%酒精水溶液加入 45 毫升水，稀釋成體積百分濃度為 0.00095%的酒精水溶液盛裝在 100 毫升的血清瓶中，蓋上蓋子靜置 8 小時。
- 以 MQ-3 酒精氣體感測器檢測瓶中的酒精氣體，並記錄酒精感測器的數值。

(二)發酵反應的必要條件探討

- 1.取 12.5 公克蔗糖加入 50 毫升水攪拌溶解成重量百分濃度為 20%蔗糖水溶液。
- 2.取 1 公克酒精麴加入 50 毫升水中成為酒精麴溶液。
- 3.取 12.5 公克蔗糖加入 50 毫升水中攪拌溶解成重量百分濃度為 20%蔗糖水溶液，並加入 1 公克酒精麴。

將上述三種溶液置於發酵反應即時監測實驗裝置中，放入攪拌子以轉速 200 rpm 進行攪拌，記錄酒精感測器所測得的數值。



(三)糖水濃度對發酵反應的影響

- 1.取 5.5 公克蔗糖加入 50 毫升水中攪拌溶解成重量百分濃度為 10%蔗糖水溶液，並加入 1 公克酒精麴。
- 2.取 12.5 公克蔗糖加入 50 毫升水中攪拌溶解成重量百分濃度為 20%蔗糖水溶液，並加入 1 公克酒精麴。
- 3.取 21.5 公克蔗糖加入 50 毫升水中攪拌溶解成重量百分濃度為 30%蔗糖水溶液，並加入 1 公克酒精麴。
- 4.取 33.3 公克蔗糖加入 50 毫升水中攪拌溶解成重量百分濃度為 40%蔗糖水溶液，並加入 1 公克酒精麴。

將上述四種溶液置於發酵反應即時監測實驗裝置中，放入攪拌子以轉速 200 rpm 進行攪拌，記錄酒精感測器所測得的數值。

(四)原料對發酵反應的影響

- 1.取 12.5 公克葡萄糖加入 50 毫升水中攪拌溶解成重量百分濃度為 20%葡萄糖水溶液，並加入 1 公克酒精麴。
- 2.取 12.5 公克蔗糖加入 50 毫升水中攪拌溶解成重量百分濃度為 20%蔗糖水溶液，並加入 1 公克酒精麴。
- 3.取 12.5 公克澱粉加入 50 毫升水中攪拌均勻，並加入 1 公克酒精麴。

將上述三種溶液置於發酵反應即時監測實驗裝置中，放入攪拌子以轉速 200 rpm 進行攪拌，記錄酒精感測器所測得的數值。



(五) 酵母種類對發酵反應的影響

1. 取 12.5 公克澱粉加入 50 毫升水中攪拌均勻，並加入 1 公克速發酵母。
2. 取 12.5 公克澱粉加入 50 毫升水中攪拌均勻，並加入 1 公克酒精麴。
3. 取 12.5 公克澱粉加入 50 毫升水中攪拌均勻，並加入 1 公克小米麴。

將上述三種溶液置於發酵反應即時監測實驗裝置中，放入攪拌子以轉速 200 rpm 進行攪拌，記錄酒精感測器所測得的數值。

(六) 小米發酵反應的即時監測

1. 取搗碎的糯小米 30 公克，加 30 毫升水放入電鍋中蒸熟，再取出放涼。
2. 取 60 公克煮熟的小米飯加入 2 公克小米麴，置於發酵反應即時監測實驗裝置中，記錄酒精感測器所測得的數值。

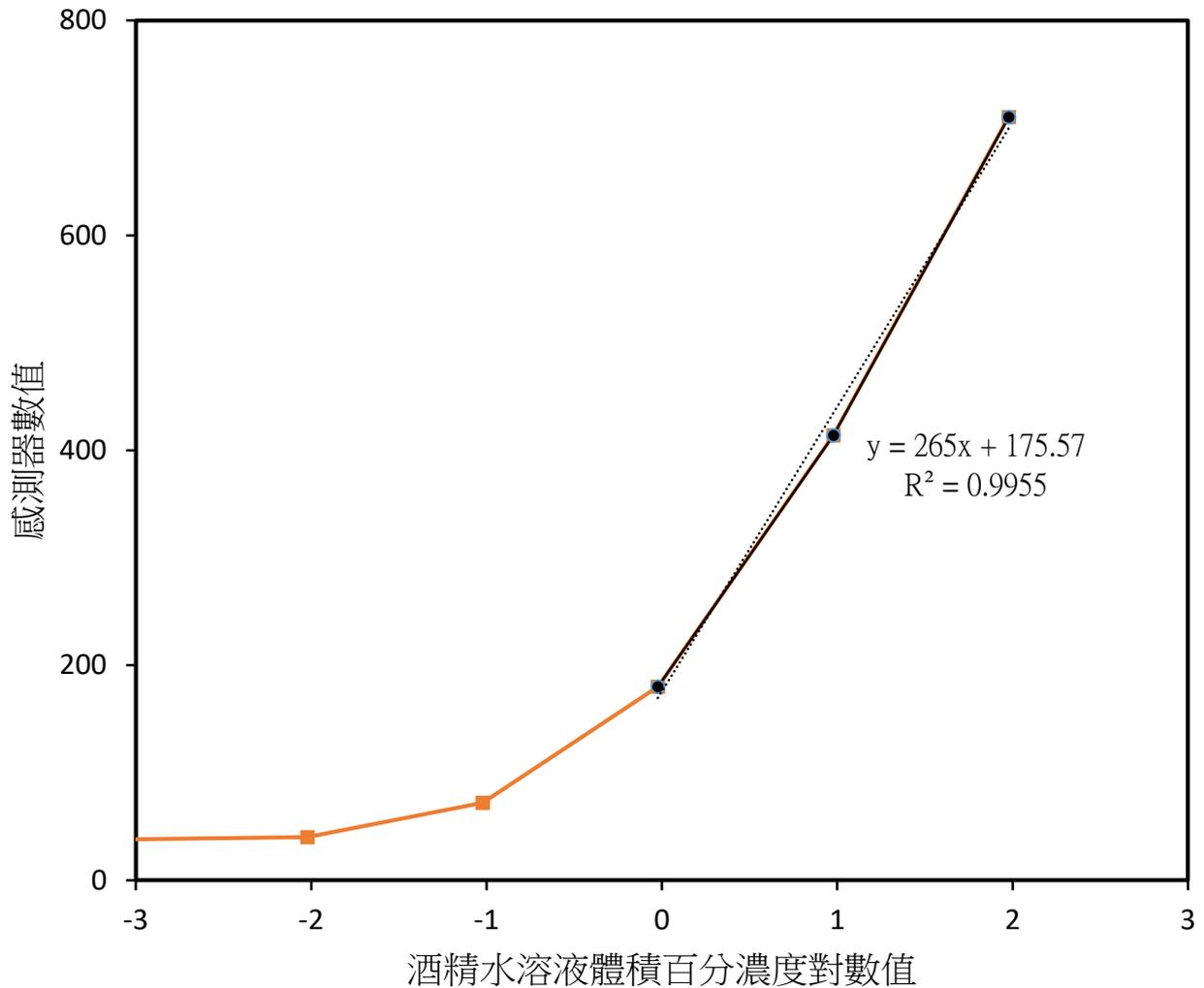
(七) 量產小米酒釀造的即時監測

1. 取糯小米 6 公斤泡水 12 小時後，將水瀝乾，並放入電鍋中蒸熟，再取出放涼。
2. 將放涼至室溫的小米飯加入 40 公克小米麴，再加入 6 公升水，混和均勻，置於發酵桶中反應，記錄酒精感測器所測得的數值。



伍、研究結果

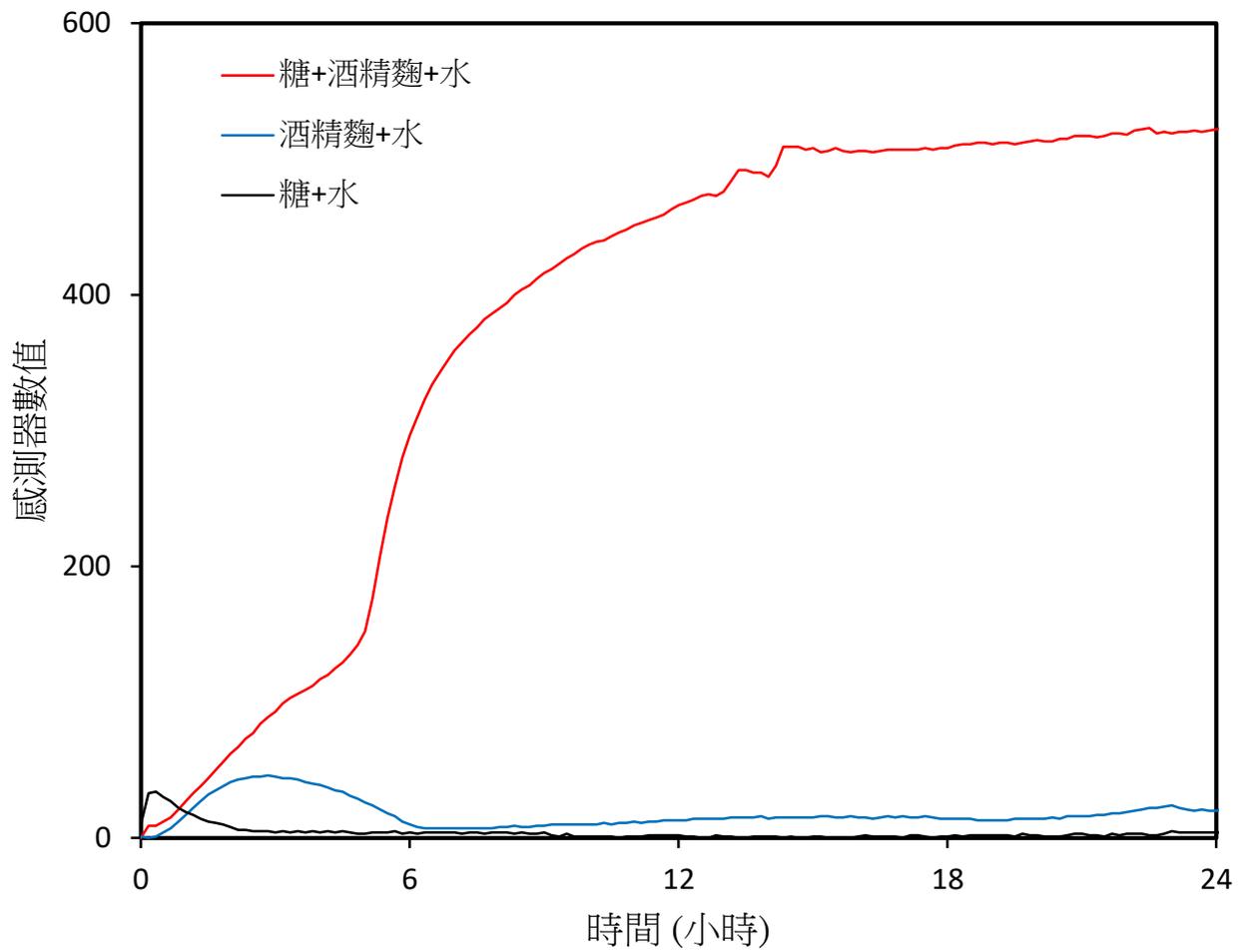
一、酒精感測器檢測範圍測試



結果:當酒精水溶液體積百分濃度越高時，酒精感測器所測得的數值越高，且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。



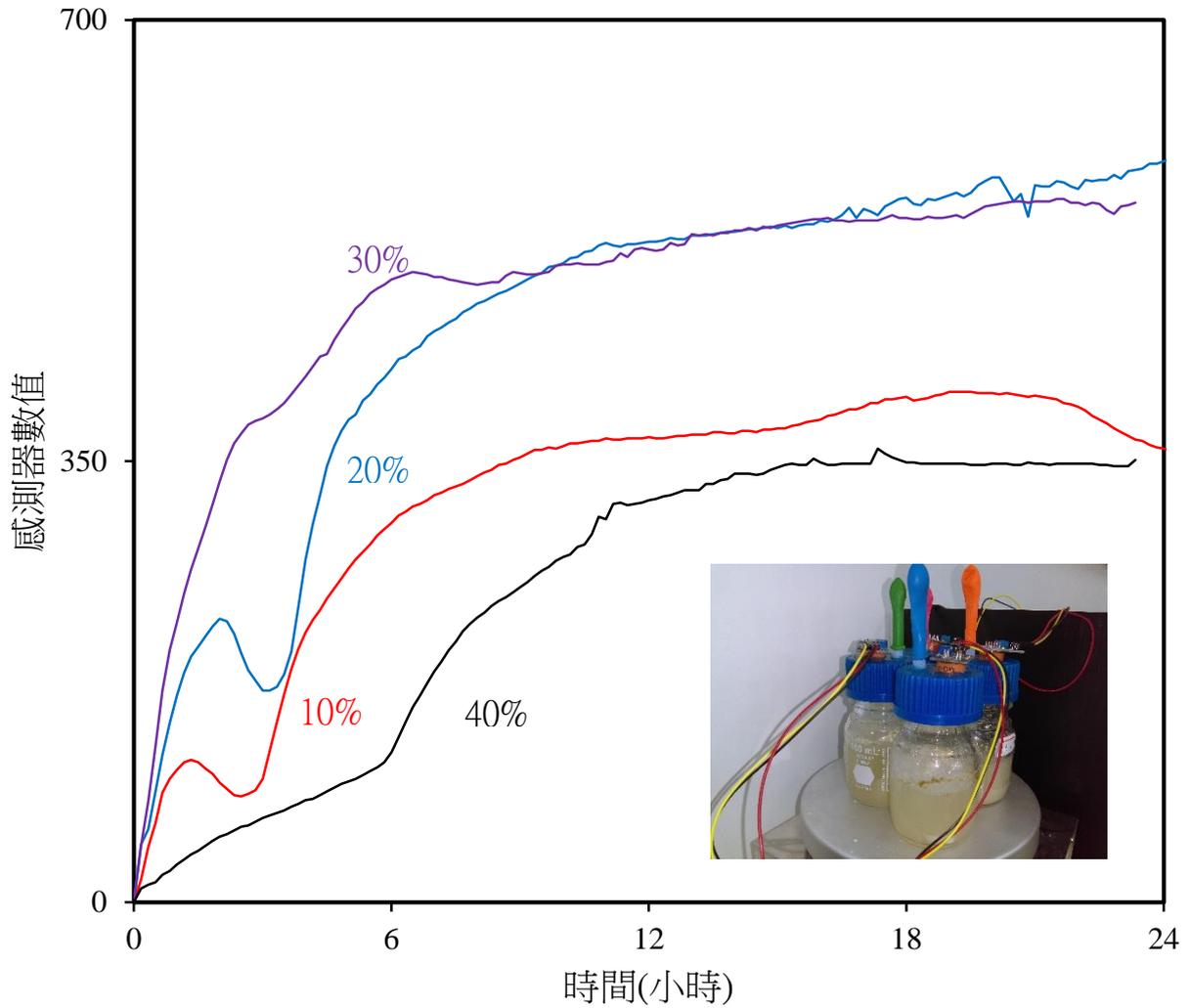
二、發酵反應的必要條件探討



結果:發酵反應需在糖與酒精麴同時存在時，才能產生酒精；若只有糖或只有酒精麴單獨存在時，則無法產生酒精。



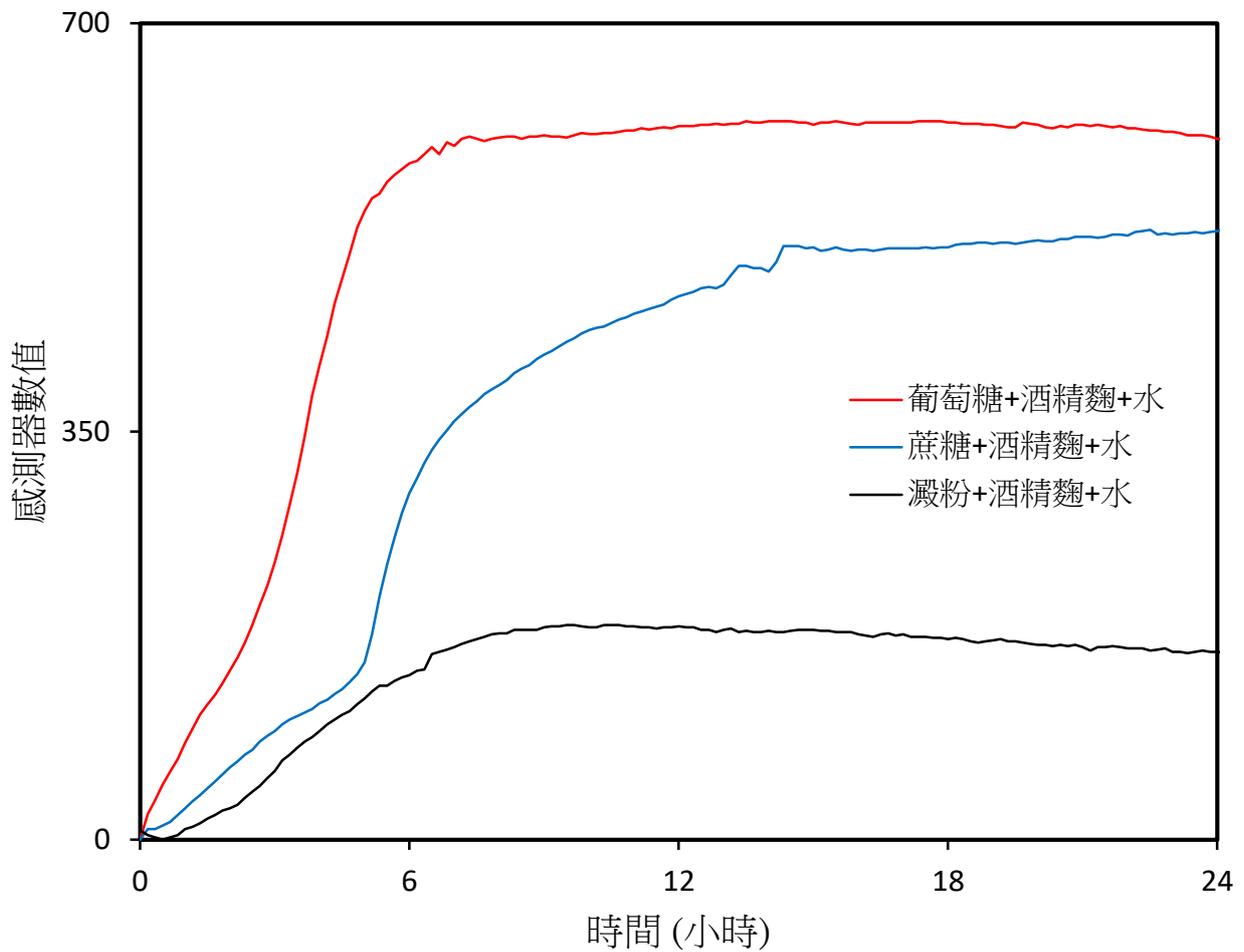
三、糖水濃度對發酵反應的影響



結果:在不同濃度的蔗糖水溶液中加入等量的酒精麴，濃度為 10%~30%糖水濃度越高，發酵產生酒精的速率越快；濃度 20%的糖水溶液產生的酒精較 10%多，但與濃度為 30%的糖水約相同；濃度為 40%的糖水發酵反應速率最慢，產生的酒精也最少。



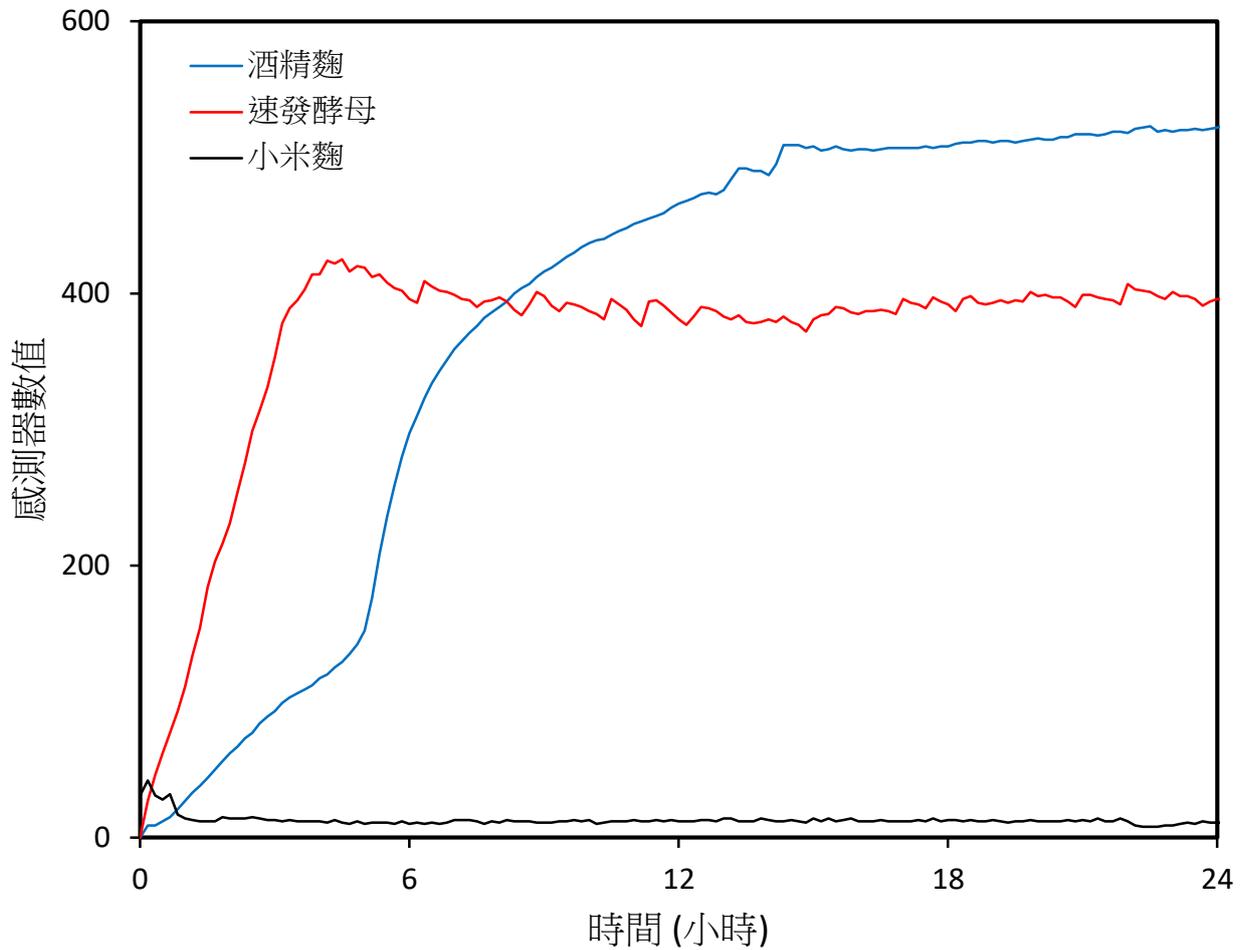
四、原料對發酵反應的影響



結果:在等重的葡萄糖、蔗糖及澱粉水溶液中，加入等量的酒精麴，可以發現葡萄糖水溶液的發酵反應速率最快，且產生最多酒精；蔗糖水溶液發酵反應分兩段進行，產生酒精量較葡萄糖少；澱粉溶液的反應速率最慢，且酒精產量最少。



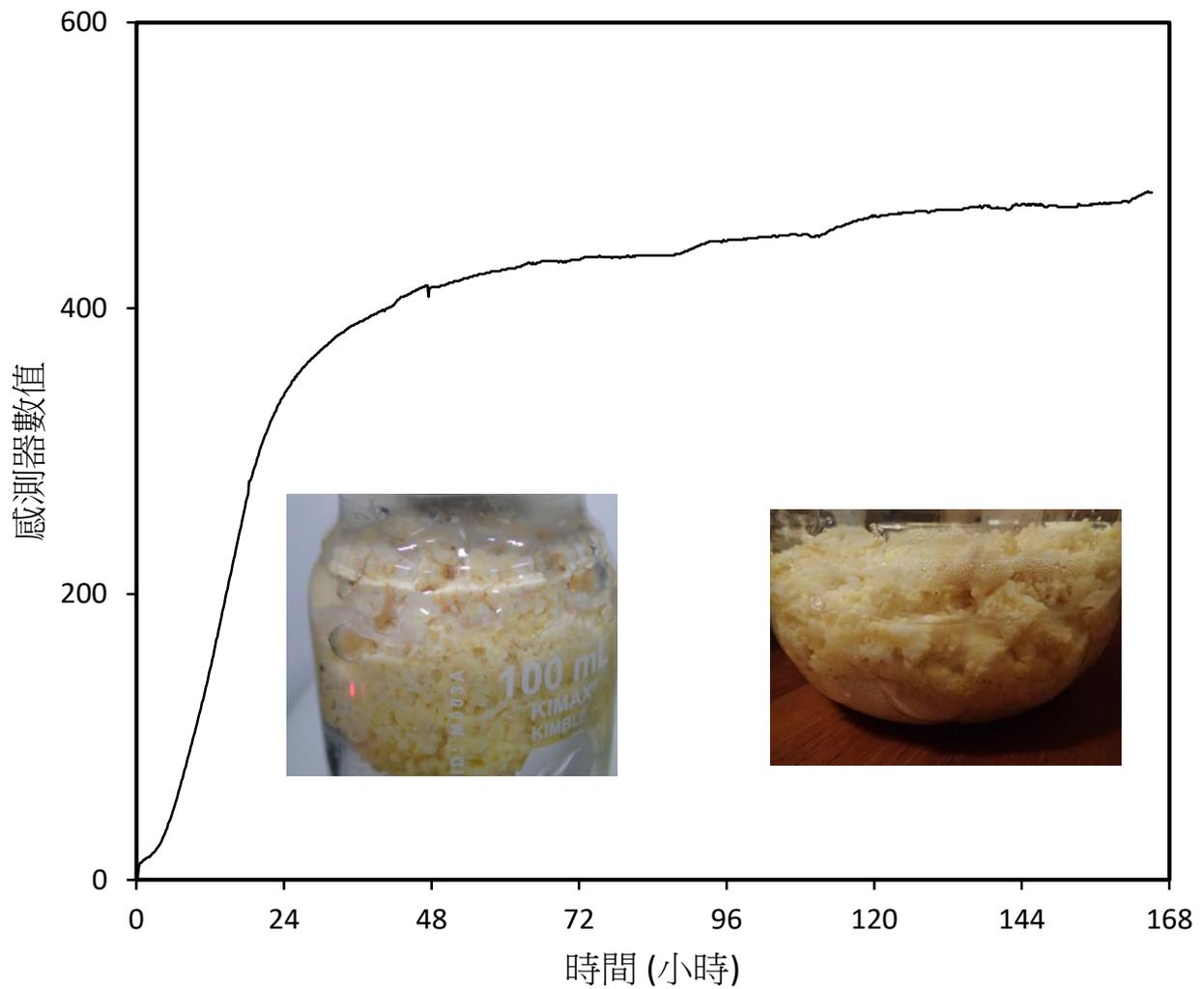
五、酵母種類對發酵反應的影響



結果: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；小米麴則無法使蔗糖水溶液產生發酵反應。



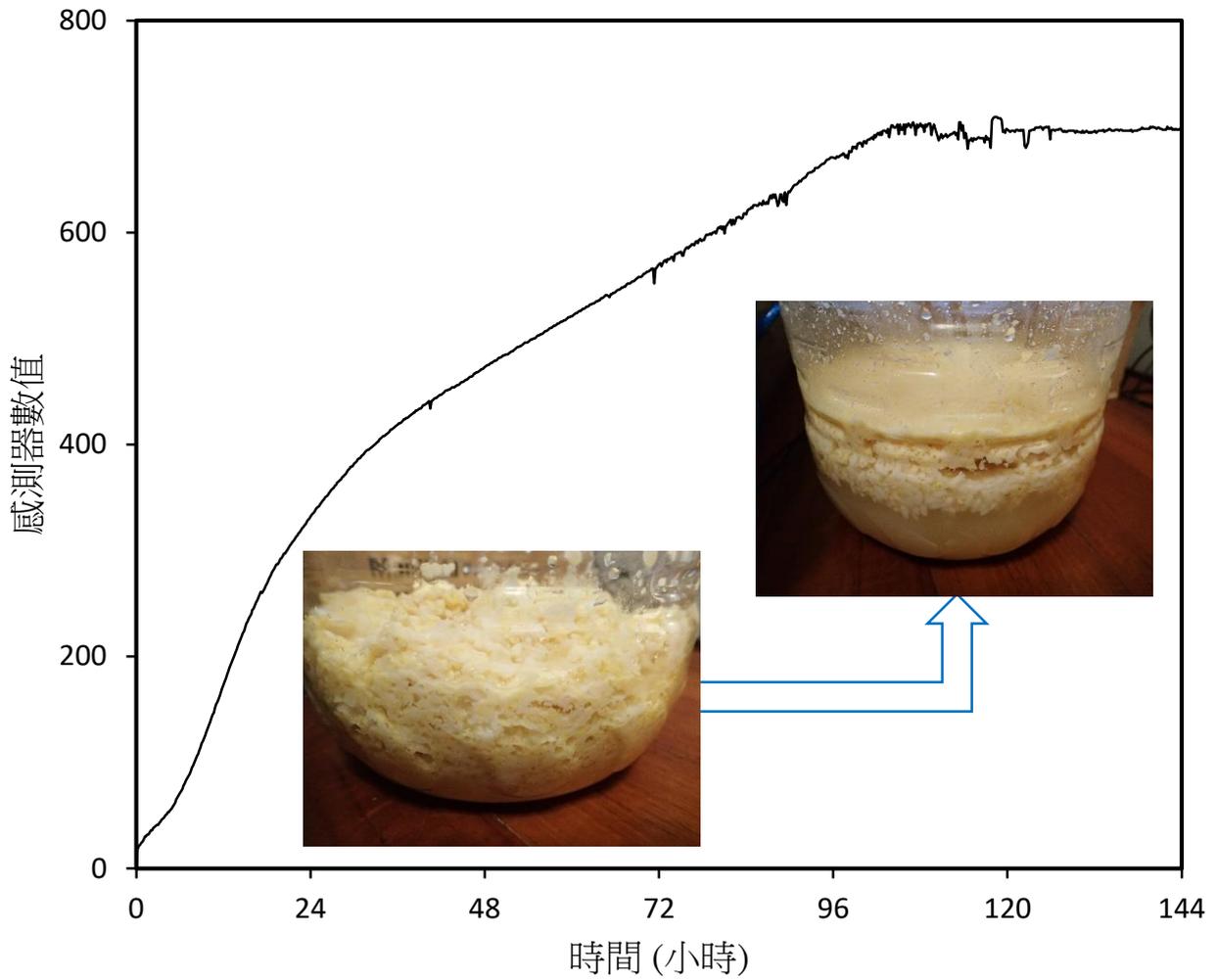
六、小米發酵反應的即時監測 (100 毫升血清瓶)



結果:蒸熟的小米經小米麴產生發酵反應，於 48 小時後反應達平衡。



七、量產小米發酵反應的即時監測 (6.3 公升發酵桶)



結果:蒸熟的小米經小米麴產生發酵反應，於 100 小時後反應達平衡。



陸、討論

- 一、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。
- 二、酒精發酵的化學反應方程式為 $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{酵素}} C_2H_5OH + CO_2$ ，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。
- 三、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。
- 四、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。

五、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。

六、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。當然，加入更多小米及小米麴，會產生更多酒精，反應達平衡的時間也越長。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。

柒、結論

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，可有效應用於量產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。



捌、參考資料及其他

- 一、陳政修、傅麗玉* (2014)。久久酒科學。臺灣化學教育，1(1)，97-99。
- 二、傅麗玉（製作人）、王世偉（導演）（2012）。泰雅之釀-發酵【動畫】。台北市：原金國際公司。
- 三、陳柏鈞（2017）。以微管陣列薄膜固化酵母菌量產化酒精之可行性研究（碩士論文）。取自 <http://etds.lib.ntnu.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/ccd=wFwAUi/search#result>
- 四、邱信仁（2016年12月30日）。mBlock Scratch 教學 - mBot 機器人的資料蒐集方式【探奇 EV3 樂高機器人 LEGO BOOST mBot 教學 Touch Classroom】。取自 <http://touchclassroom.blogspot.com/2016/12/mblock-scratch-mbot.html>。
- 五、Adam Rogers（2016）。酒的科學:從發酵、蒸餾、熟陳至品酩的醉人之旅。臺北市：商周。

玖、謝誌

感謝高欣宜女士協助傳統小米酒製作的教學活動，使本實驗能順利完成，特此誌謝。



小米飯好好吃，謝謝 yaki!