

花蓮縣第 58 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科別：化學科

組別：國小組

作品名稱：有「酵」？無「酵」？驗了就知道！

關鍵詞：發酵、浸泡米水、褐變程度檢測儀

編號：

壹、研究動機

以前煮飯時，人們都會把淘米水倒掉，認為它沒什麼用。近年來環保意識抬頭，許多人發現了淘米水有許多特殊效果：「淘米水去除污漬的功效非常好。」、「可用淘米水去除食材裡的腥味，會讓食物變得更美味。」……，甚至有些人還說「用淘米水洗臉皮膚變白了！」好奇的我心想：難道米水具有抗氧化力嗎？怎麼做可以讓提高米水的抗氧化效果呢？因此我和同學討論之後，決定以「米水」為主題，揭開「米水」的神祕面紗。

貳、研究目的

- 一、探究影響米水發酵的可能因素
- 二、探究米水的發酵與其抗氧化力的關係

參、研究設備及器材

- 一、材料：白米、長糯米、糙米、紅糯米、黑米、碘液、蘋果、澱粉
- 二、器材：攪拌杯、滴定管、榨汁機、極細濾網、塑膠針筒、透明橡皮管、三通閥、PH計、氧化還原電位計、冰箱、電鍋、鋼杯。

肆、研究架構及流程

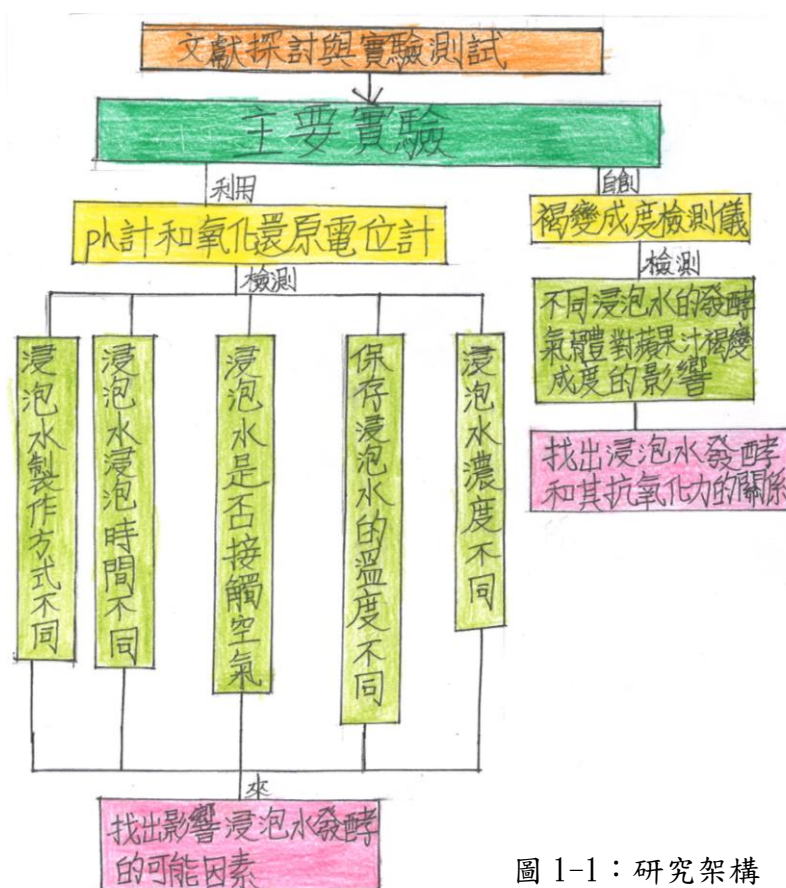


圖 1-1：研究架構

伍、研究過程及結果

實驗一：文獻探討及實驗測試

一、抗氧化力的先前測定：

在歷屆全國小學科展關於抗氧化力的測定方法探究有兩種，一為**間接碘滴定法**，這種方法須在中性或弱酸性溶液中進行，並以澱粉作為指示劑，達終點時溶液由藍色變為無色。如：我是[地]一名-地瓜葉抗氧化力之探討（全國科展第50屆）、[石蓮食美]~抗氧化很夠力（全國科展第52屆）、年輕要[留白]~天然抗氧化食材探討與研發（全國科展第54屆）；另一種為**直接碘滴定法**，這種方法應用在弱鹼性、中性或弱酸性溶液中進行，並以澱粉作為指示劑，滴定過程中溶液裡呈現無色，終點時溶液則由無色變為藍色。如：你[蒜]哪根[蔥]~蔥蒜抗氧化力之探討（全國科展第51屆）、大家來找[茶]~茶抗氧化力之探討（全國科展第52屆）。**考量待測液各種米水的顏色不同，所以我們選擇以直接碘滴定法進行米水實驗的先前測試。**

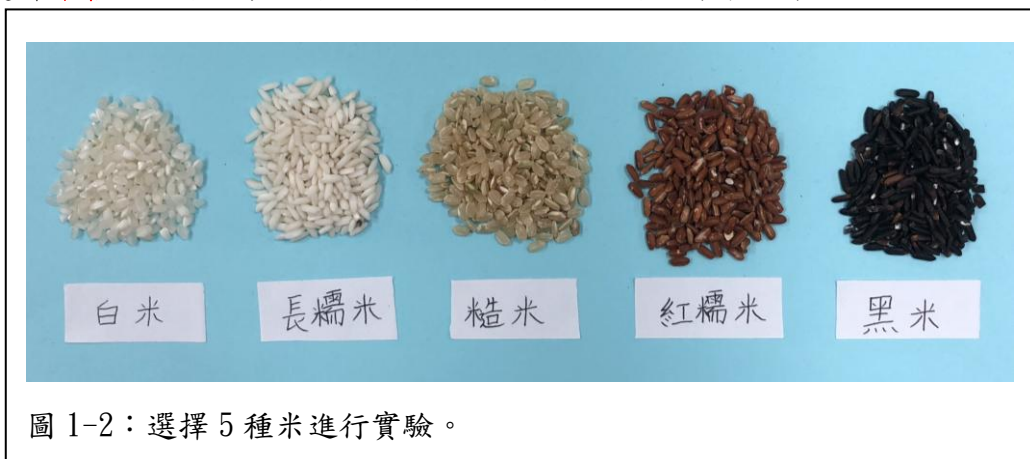
二、實驗測試：使用「碘滴定法」來檢驗不同米種的淘米水與米水其抗氧化力有何差異？

1. 實驗步驟

(1)準備 1%澱粉指示劑：秤 1g 澱粉，將其倒入鋼杯中並加 100g 水，用電磁爐煮到沸騰後，自然冷卻至常溫。

(2)待測液調製：

①選擇**米種**：白米、長糯米、糙米、紅糯米、黑米。(圖 1-2)



②製作米水：10g 米和 100g 水用電鍋煮熟，取上層米水 10cc 待測。

③製作淘米水：將 10g 米加水 100g，用攪拌杯攪拌米和水，以取代用手洗米可能造成人為誤差(圖 1-3)，取其中淘米水 10cc 待測。

(3)在待測液中加入 10 滴 1%澱粉指示劑。

(4)用滴管吸取 0.01M 碘液，將 0.01M 碘液滴入待測液中，測量待測液由無色變為藍色，即達滴定終點，此時記錄滴定至終點時 0.01M 的碘液用量。(圖 1-4)



圖 1-3：用攪拌杯攪拌米和水，以取代用手洗米可能造成人為誤差。

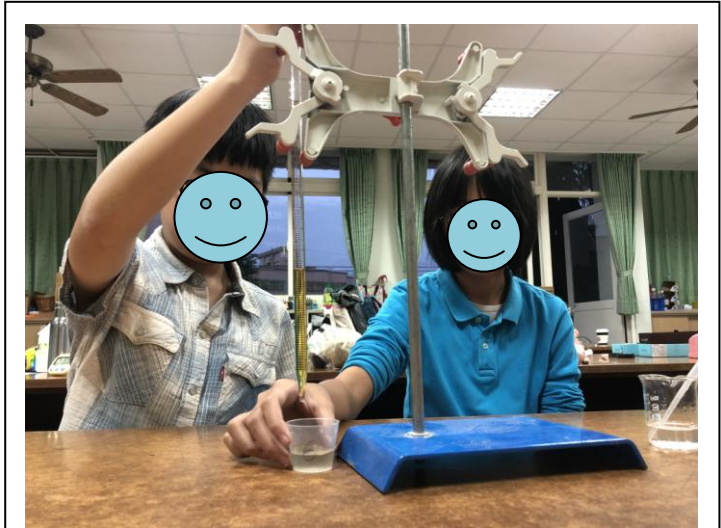


圖 1-4：以「碘滴定法」檢驗不同米種之淘米水

2. 實驗結果

表 1-1：不同米種淘米水以「碘滴定法」滴定之碘液用量一覽表

米種 碘液用量 實驗次數	白米	長糯米	糙米	紅糯米	黑米
	淘米水	淘米水	淘米水	淘米水	淘米水
第一次	0.50 g	0.50 g	0.50 g	0.50 g	1.00 g
第二次	0.60 g	0.60 g	0.50 g	0.60 g	1.10 g
第三次	0.60 g	0.60 g	0.50 g	0.70 g	1.20 g
平均	0.57 g	0.57 g	0.50 g	0.60 g	1.10 g

表 1-2：不同米種米水以「碘滴定法」滴定之碘液用量一覽表

米種 碘液用量 實驗次數	白米	長糯米	糙米	紅糯米	黑米
	米水	米水	米水	米水	米水
第一次	4.45 g	3.80 g	4.15 g	4.60 g	6.00 g
第二次	3.80 g	3.60 g	4.75 g	5.10 g	6.00 g
第三次	4.20 g	3.60 g	4.20 g	5.05 g	5.80 g
平均	4.15 g	3.67 g	4.37 g	4.92 g	5.93 g

3. 實驗發現

將表 1-1~1-2 彙整成圖 1-5 發現：

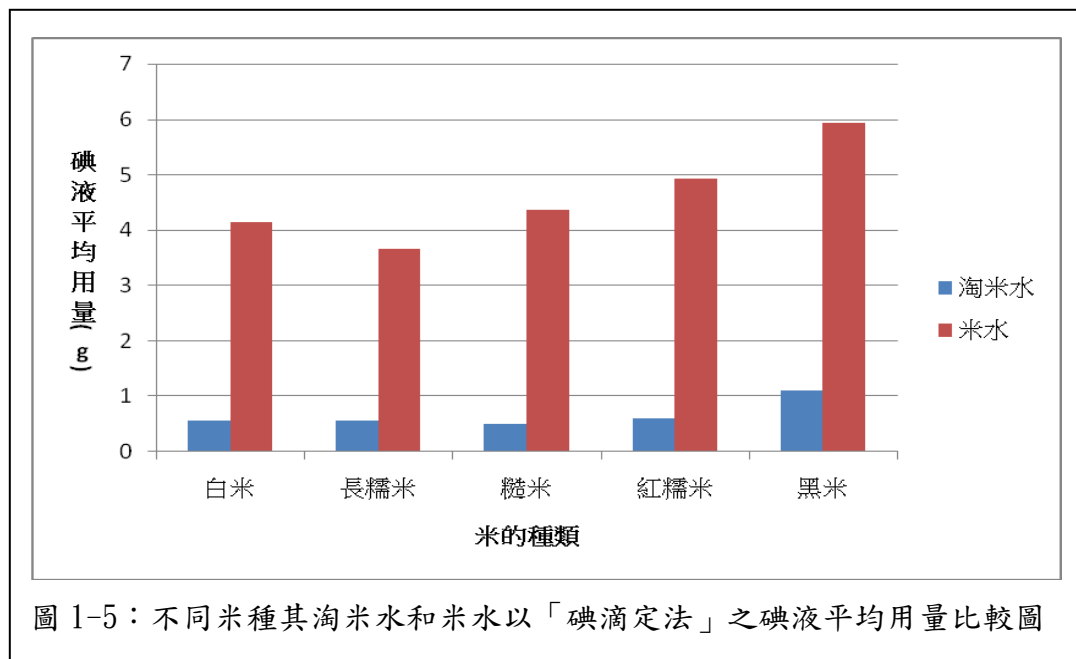


圖 1-5：不同米種其淘米水和米水以「碘滴定法」之碘液平均用量比較圖

(1)從文獻閱讀中我們知道以「碘滴定法」檢驗某溶液，達到滴定終點所需的碘液用量越多，代表其抗氧化能力越好。所以從圖 1-3 長條圖中可得知：

- ①淘米水的抗氧化力由優至劣：黑米 > 紅糯米 > 白米 = 長糯米 > 糙米
- ②米水的抗氧化力由優至劣：黑米 > 紅糯米 > 糙米 > 白米 > 長糯米
- ③任一相同米種，淘米水與米水之抗氧化力比較：米水 >> 淘米水

(2)因本實驗中待測液含澱粉成分，碘液對澱粉本就會產生藍黑或紫黑色反應，再加上受黑米、紅糯米天然色素的影響，使用碘直接滴定法對於滴定是否達到終點，確實有判斷上的困難。且每個人目視顏色標準不同，對於判斷是否達到滴定終點難免有疑義。因此，我們捨棄「碘滴定法」改以「酸鹼性」及「氧化還原電位值」來判斷不同米種的抗氧化力。

三、米水的製作方式：浸泡水與淘米水。

栗生隆子在「超萬能的淘米水」一書中提到，以前淘米水便被運用於生活當中。淘米水可以用在洗臉、掃除、植物澆花等用途。她在書中提到，將淘米水放置一天發酵後，可以幫助水中酵母菌增多，抗氧化能力也隨之提高。真的有如此神奇的功效嗎？於是我們採用書中的浸泡水配置方法，二分之一米杯（約 50 公克）加上 500 毫升水的比例，進行實驗。

四、發酵米水的性質檢測：

氧化還原電位（ORP）一直是被用來監測水質狀況及生物反應趨向的指標。所謂的氧化還原電位用以反應發酵液中所有物質整體表現出來的氧化還原性，氧化還原電位越高，氧化性越強，電位越低，則還原性越強。一般而言微生物代謝會朝向穩定的氧化狀態進行，系統中的氧快速被消耗掉，若 ORP 很快就到達負電位，此時微生物達到氧化還原狀態之速率則可以作為生物活性之指標，即若 ORP 快速變化則代表微生物代謝活動旺盛（徐啟明，2003）。

我們想要觀察米水發酵過程中，PH 值與氧化還原電位的變化，並藉由蘋果汁褐變實驗檢測浸泡水是否具有抗氧化能力。

實驗二：不同米種的淘米水，浸泡時間如何影響其發酵情形？

（一）實驗步驟

1. 對淘米水的外觀、顏色、氣泡量等進行觀察

(1) 備妥 5 支實驗觀察針筒：在塑膠針筒前端套入三通閥來密封管口。如圖 2-1~2-2

(2) 米種：白米、長糯米、糙米、紅糯米、黑米

(3) 備妥不同米種的淘米水：在攪拌

杯中倒入 1.5g 的米和 150g 水，攪拌 1 分鐘，攪拌杯中的溶液即為淘米水。

(4) 取 15g 不同米種的淘米水分別置入實驗觀察針筒中，套上針筒活塞，並貼上識別標籤紙。如圖 2-2~2-3。

(5) 每隔 1、2、3、4、5、6、12、18、24 小時記錄每支實驗觀察針筒中的淘米水外觀、顏色、氣泡量等。

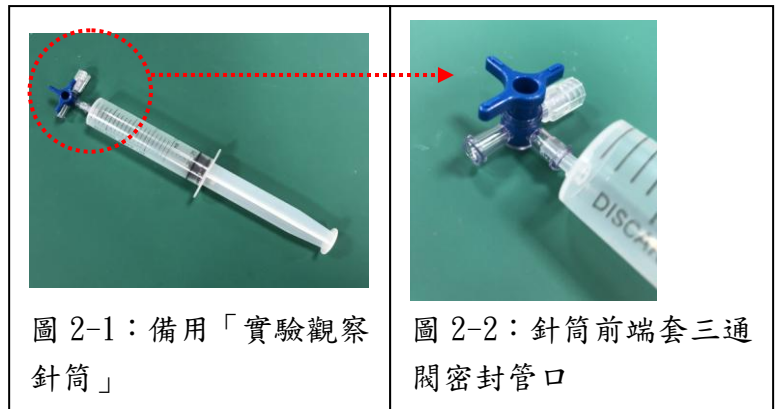
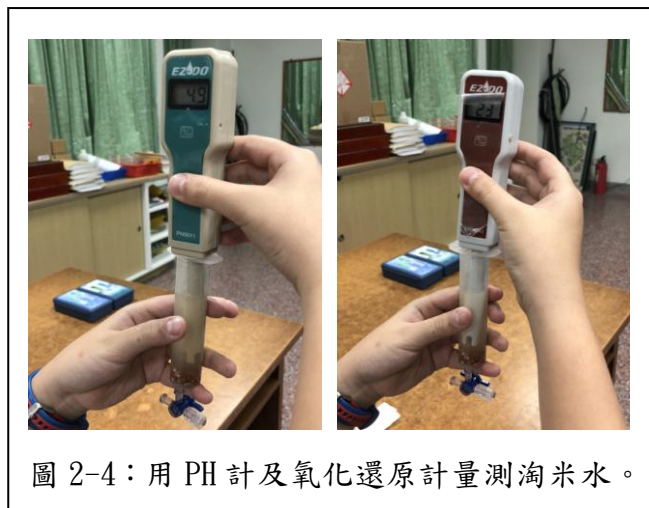


圖 2-2：將不同米種的淘米水分別置入實驗觀察針筒中，並貼上識別標籤紙。



圖 2-3：實驗觀察針筒中白米淘米水

2. 將每種淘米水各置入 5 支實驗觀察針筒，5 種米共 25 支觀察針筒，浸泡至 0、6、12、18、24 小時，分別打開不同實驗觀察針筒以 PH 計測量每支實驗觀察針筒中淘米水的 PH 值(圖 2-4)。(將 PH 計放入校正液中輕搖兩到三下後靜置，校正至 Ph 值出現 7.0，若 Ph 值沒出現 7.0 則用螺絲起子旋轉來校正，一天校正一次)



5. 將每種淘米水各置入 5 支實驗觀察針筒，5 種米共 25 支觀察針筒，浸泡至 0、6、12、18、24 小時，分別打開不同實驗觀察針筒以氧化還原電位計測量每支實驗觀察針筒中的淘米水的氧化還原電位值(圖 2-4)。(將氧化還原電位計放入校正液中輕搖兩到三下後靜置，校正至氧化還原電位值穩定，且氧化還原電位值在固定範圍內跳動，一天校正一次)

(二)實驗結果

表 2-1：不同米種之淘米水其外觀、顏色、氣泡量等觀察項目一覽表

米種 觀察 時間	白 米 淘米水	長糯米 淘米水	糙 米 淘米水	紅糯米 淘米水	黑 米 淘米水
1 小時	溶液混濁，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有些許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣有點霧，有少許水珠，無氣泡。
2 小時	溶液混濁，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有些許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣有點霧，有少許水珠，無氣泡。
3 小時	溶液混濁，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有些許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有少許水珠，無氣泡。
4 小時	溶液混濁，管子邊緣超霧，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣超霧，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣超霧，有些許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣超霧，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣超霧，有少許的水珠，無氣泡。

5 小時	溶液混濁，管子邊緣起霧，有一顆水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有少許的水珠，無氣泡。
6 小時	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡	溶液清澈，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。
12 小時	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡	溶液清澈，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。
18 小時	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。
24 小時	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。

表 2-2：，白米淘米水在不同觀察時間之 PH 值及氧化還原電位值一覽表

實驗時間		0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目		PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
實驗次數	1	6.8	253	6.7	241	6.6	256	6.7	244	6.6	224
	2	6.7	269	6.7	267	6.5	251	6.8	236	6.5	191
	3	6.5	263	6.7	271	6.7	242	6.5	247	6.3	260
平均		6.7	262	6.7	260	6.6	250	6.7	242	6.5	225

表 2-3：長糯米淘米水在不同觀察時間之 PH 值及氧化還原電位值一覽表

實驗時間		0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目		PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
實驗次數	1	6.7	259	6.5	262	6.5	223	6.7	213	6.7	218
	2	6.6	277	6.8	276	6.7	257	6.7	239	6.7	210
	3	6.9	270	6.5	258	6.8	237	6.8	221	6.7	236
平均		6.7	269	6.6	265	6.7	239	6.7	224	6.7	221

表 2-4：糙米淘米水在不同觀察時間之 PH 值及氧化還原電位值一覽表

實驗時間		0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目		PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
實驗次數	1	6.6	252	6.8	245	6.6	219	6.7	233	6.6	221
	2	6.6	268	6.7	259	6.6	214	6.6	206	6.5	193
	3	6.6	252	6.8	245	6.6	219	6.7	233	6.6	221
平均		6.7	265	6.7	258	6.6	213	6.6	213	6.6	192

表 2-5：紅糯米淘米水在不同觀察時間之 PH 值及氧化還原電位值一覽表

實驗時間		0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目		PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
實驗次數	1	6.8	264	6.7	249	6.6	258	6.6	250	6.6	182
	2	6.7	269	6.6	267	6.6	233	6.6	212	6.4	222
	3	6.7	270	6.6	264	6.6	186	6.6	188	6.4	194
平均		6.7	268	6.6	260	6.6	226	6.6	217	6.5	199

表 2-6：黑米淘米水在不同觀察時間之 PH 值及氧化還原電位值一覽表

實驗時間		0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目		PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
實驗次數	1	6.8	266	6.5	261	6.7	191	6.3	199	6.7	170
	2	6.6	269	6.6	266	6.7	200	6.7	199	6.3	193
	3	6.6	278	6.7	257	6.7	218	6.5	204	6.4	188
平均		6.7	271	6.6	261	6.7	203	6.5	201	6.5	184

(三)實驗發現

1. 不論任何米種淘米水放置 24 小時後都沒有產生氣泡，表示沒有發酵，推測是因為實驗觀察針筒中米的含量濃度較低，因此米無法和空氣起反應。
2. 白米淘米水放置 1 小時後、黑米淘米水放置 12 小時後、長糯米、紅糯米淘米水放置 18 小時後，水質才變混濁；但糙米淘米水放置 24 小時後，水質仍然清澈。
3. 淘米水放置一段時間後，都會帶些米本身的顏色，其中黑米淘米水呈明顯的淡紅色。

4. 將表 2-2~2-6 彙整成圖 2-5~2-6 發現：

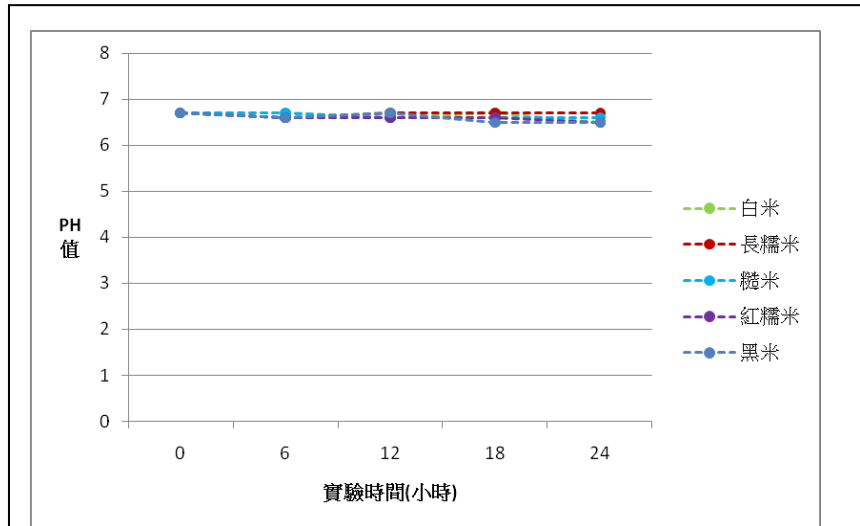


圖 2-5：不同米種淘米水在不同實驗時間之 PH 值關係圖

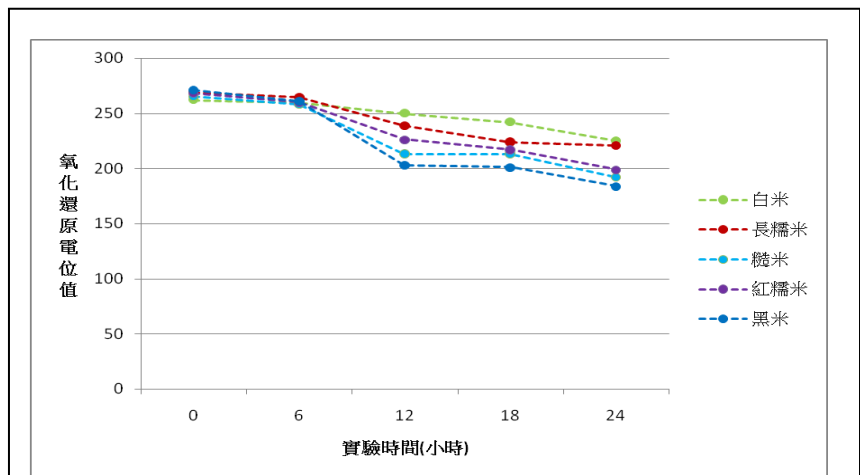


圖 2-6：不同米種淘米水在不同實驗時間之氧化還原電位值關係圖

- ①任一米種淘米水在 24 小時內的 PH 值變化不大，仍接近中性。
- ②任一米種淘米水放置 24 小時後，在 24 小時內的氧化還原電位值會稍微下降，但仍是正值。

實驗三：不同米種的浸泡水，浸泡時間如何影響其發酵情形？

(一) 實驗步驟

1. 對浸泡水的外觀、顏色、氣泡量等進行觀察

(1) 備妥 5 支實驗觀察針筒：在塑膠針筒前端套入三通閥來密封管口，在針筒中倒入 15g 的水待用。

(2) 米種：白米、長糯米、糙米、紅糯米、黑米

(3) 備妥不同米種的浸泡水：在攪拌杯中倒入 1.5g 米和 150g 水，攪拌 1 分鐘後，取出攪拌杯中的米置入內含 15g 水的實驗觀察針筒中，套上針筒活塞。(圖 3-1)

(4) 貼上識別標籤紙，進行觀察。

(5) 每隔 1、2、3、4、5、6、12、18、24 小時記錄每支實驗觀察針筒中的浸泡水外觀、顏色、氣泡量等。

2. 將每種浸泡水各置入 5 支實驗觀察針筒，5 種米共 25 支觀察針筒，每隔 0、6、12、18、24 小時分別打開不同的實驗觀察針筒以 PH 計測量每支實驗觀察針筒中的浸泡水的 PH 值。(將 PH 計放入校正液中輕搖兩到三下後靜置，校正至 Ph 值出現 7.0，若 Ph 值沒有出現 7.0 則用螺絲起子旋轉來校正，一天校正一次)

5. 將每種浸泡水各置入 5 支實驗觀察針筒，5 種米共 25 支觀察針筒，每隔 0、6、12、18、24 小時分別打開不同的實驗觀察針筒以氧化還原電位計測量每支實驗觀察針筒中的浸泡水的氧化還原電位值。(將氧化還原電位計放入校正液中輕搖兩到三下後靜置，校正至氧化還原電位值穩定，且氧化還原電位值在固定範圍內跳動，一天校正一次)

(二) 實驗結果



圖 3-1：將不同米種的浸泡水分別置入實驗觀察針筒中，並貼上識別標籤紙。

表 3-1：不同米種之浸泡水其外觀、顏色、氣泡量等觀察項目一覽表

米種 觀察 時間	白 米 浸泡水	長糯米 浸泡水	糙 米 浸泡水	紅糯米 浸泡水	黑 米 浸泡水
1 小時	溶液混濁，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，底部顏色呈桃紅色，上半部和中段顏色呈粉紅色，管子霧霧的，有少許水珠，無氣泡。
2 小時	溶液混濁，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，顏色下半部呈桃紅色，上半部呈粉紅色，管子霧霧的，有少許水珠，無氣泡。
3 小時	溶液混濁，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣霧霧的，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，下半部及中段顏色呈桃紅色，頂端顏色呈粉紅色，管子霧霧的，有少許水珠，無氣泡。
4 小時	溶液混濁，管子邊緣起霧，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，顏色呈桃紅色，但上淺下深，管子起霧，有少許水珠，無氣泡。

5 小時	溶液混濁，管子邊緣起霧，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有少許水珠，無氣泡。	溶液清澈，顏色呈桃紅色，但上淺下深，管子起霧，有少許水珠，無氣泡。
6 小時	溶液混濁，有些許的乳白色，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液清澈，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液清澈，顏色呈桃紅色帶著一點橘色，但上淺下深，管子起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。
12 小時	溶液混濁，有些許的乳白色，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，溶液顏色有些許的乳白色，管子邊緣霧霧的，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，顏色有些許的黃色，管子邊緣霧霧的，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，顏色呈酒紅色，但上淺下深，管子起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。
18 小時	溶液混濁，有些許的乳白色管子邊緣起霧，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，溶液顏色有些許的黃色，管子邊緣霧霧的，有聚集的小水珠，無氣泡。	溶液混濁，管子邊緣有一部分霧霧的，有聚集的小水珠，氣泡只有在角落的一顆。	溶液混濁，顏色有些許的黃色，管子邊緣霧霧的，有聚集的小水珠，頂端有氣泡的堆積，溶液中的氣泡也多，大多聚集在溶液的外圍。	溶液混濁，顏色呈酒紅色，管子邊緣霧霧的，有聚集的小水珠，氣泡少，都在溶液的外圍。

24 小時	溶液混濁，溶液顏色有些許的乳白色，管子邊緣霧霧的，有聚集的小水珠，氣泡少。	溶液混濁，溶液顏色有些許的黃色，管子邊緣霧霧的，有聚集的小水珠，氣泡少。	溶液混濁，管子邊緣霧霧的，有聚集的小水珠，氣泡少。	溶液混濁，管子邊緣霧霧的，有聚集的小水珠，氣泡多，都聚集在右下角。	溶液混濁，顏色呈酒紅色，管子邊緣霧霧的，有聚集的小水珠，氣泡多，都在溶液的外圍。
-------	---------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------	-----------------------------------	--

表 3-2：，白米浸泡水在不同觀察時間之 PH 值及氧化還原電位值一覽表

實驗時間		0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目		PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
實驗次數	1	6.5	228	6.5	213	6.4	199	5.9	-314	5.8	-366
	2	6.7	240	6.6	201	6.2	127	5.8	-363	5.8	-335
	3	6.5	225	6.0	221	6.3	189	5.9	-284	5.7	-320
平均		6.6	231	6.4	212	6.3	172	5.9	-320	5.8	-340

表 3-3：長糯米浸泡水在不同觀察時間之 PH 值及氧化還原電位值一覽表

實驗時間		0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目		PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
實驗次數	1	6.7	235	6.5	207	6.4	200	5.8	-233	5.6	-354
	2	6.6	223	6.5	207	6.2	203	5.5	-247	5.5	-311
	3	6.6	229	6.4	218	6.4	213	5.9	-232	5.9	-300
平均		6.6	229	6.5	211	6.3	205	5.7	-237	5.7	-322

表 3-4：糙米浸泡水在不同觀察時間之 PH 值及氧化還原電位值一覽表

實驗時間		0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目		PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
實驗次數	1	7.0	233	6.5	192	6.1	146	5.6	-295	5.5	-373
	2	6.6	232	6.5	185	6.2	141	5.7	-278	5.5	-385
	3	6.6	237	6.3	200	6.0	152	5.4	-296	5.6	-403
平均		6.7	234	6.4	192	6.1	146	5.6	-290	5.5	-387

表 3-5：紅糯米浸泡水在不同觀察時間之 PH 值及氧化還原電位值一覽表

實驗時間		0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目		PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
實驗次數	1	6.6	235	6.4	184	6.0	184	5.2	-383	4.9	-401
	2	6.7	236	6.0	164	6.1	164	5.5	-391	4.9	-405
	3	6.6	229	5.8	171	6.0	171	4.9	-347	4.9	-402
平均		6.6	233	6.1	173	6.0	173	5.2	-374	4.9	-403

表 3-6：黑米浸泡水在不同觀察時間之 PH 值及氧化還原電位值一覽表

實驗時間		0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目		PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
實驗次數	1	6.8	229	6.3	172	6.2	157	5.4	-360	5.2	-432
	2	6.7	229	6.1	161	5.9	154	5	-394	5	-433
	3	6.6	237	6.2	162	6.1	169	5.4	-395	5.4	-443
平均		6.7	232	6.2	165	6.1	160	5.3	-383	5.2	-436

(三) 實驗發現

1. 任一米種的浸泡水在 12 小時後，水質都變得很混濁，會有一些懸浮物漂浮在浸泡水中。
2. 浸泡水中在 18~24 小時之間會開始產生氣泡，其中紅糯米產生的氣泡最多，黑米次之(圖 3-2)。



圖 3-2：黑米浸泡水中產生許多細細小小的氣泡。

3. 浸泡水放置一段時間後，會有些米本身的色素沉澱，其中黑米浸泡水的色素沉澱較明顯，呈酒紅色。
4. 將表 3-2~3-6 彙整成圖 3-3~3-4 發現：

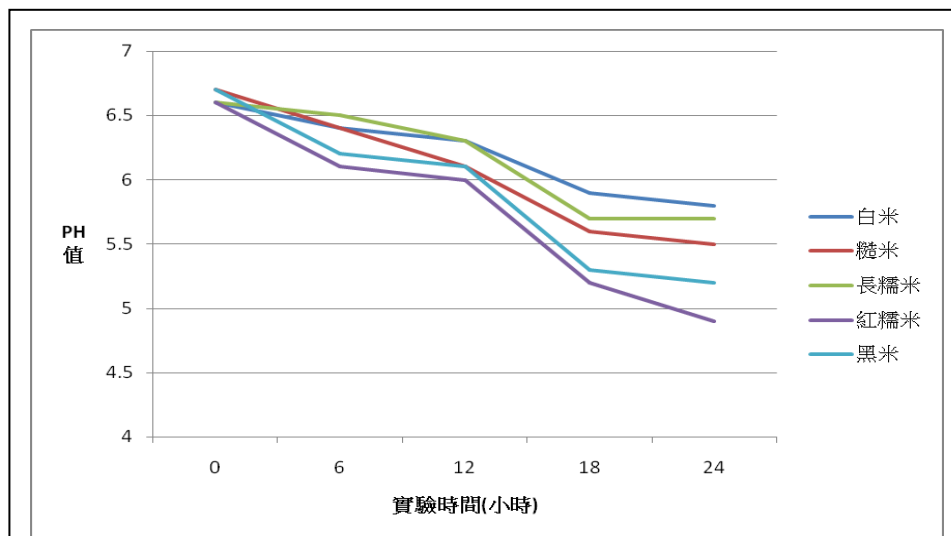


圖 3-3：不同米種浸泡水在不同實驗時間之 PH 值關係圖

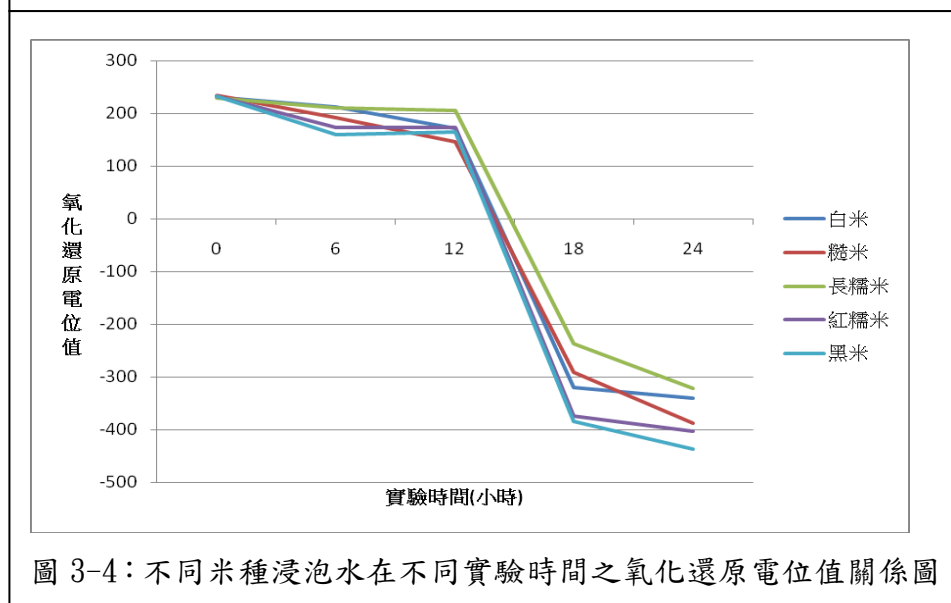


圖 3-4：不同米種浸泡水在不同實驗時間之氧化還原電位值關係圖

- ①任一米種浸泡水，PH 值會隨著時間而減少，0 小時 PH 值皆介於 6.7~6.8，接近中性，但在 12-18 小時間，PH 值大幅降低，皆降至 6 以下，呈弱酸性。
- ②任一米種浸泡水在 12~18 小時間，氧化還原電位值從正值驟降為負值，表示 12-18 小時過程中，浸泡水的發酵變化較為顯著。
- ③任一米種浸泡水的 ph 值變為 6 以下時，氧化還原電位值也會變為負數，是因發酵時，PH 值會呈酸性。
- ④所有米種中，黑米浸泡水的 ph 值和氧化還原電位值都比其他米種的數值小，表示黑米的發酵效果比其它米種來得好。

實驗四：不同米種浸泡水，接觸空氣與否如何影響其發酵情形？

(一) 實驗步驟

1. 準備五種米(白米、長糯米、糙米、紅糯米、黑米)之浸泡水各兩組。
2. 兩組浸泡水都分別置入實驗觀察針筒中，在塑膠針筒前端套入三通閥來密封管口，一組用針筒活塞塞住，使其成密閉空間；一組不用針筒活塞塞住，使其接觸空氣。(如圖 4-1)
3. 分別將兩組浸泡水在放置 0、6、12、18、24 小時等時間點，測量兩組浸泡水的 PH 值和氧化還原電位值。

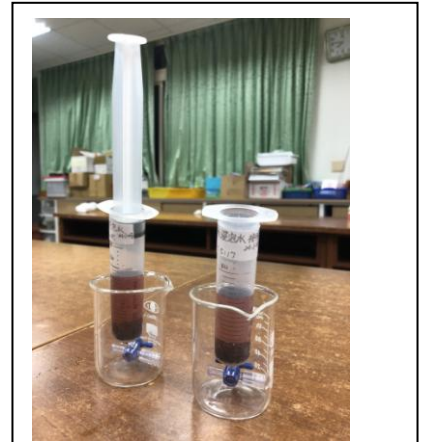


圖 4-1：一組為密閉空間，另一組可接觸空氣。

(二) 實驗結果

表 4-1：密閉空間下，不同米種浸泡水在不同觀測時間其 PH 值及氧化還原電位值一覽表(受限於頁數，僅在此呈現三次實驗的平均數值)

測量項目 觀測時間	白米		長糯米		糙米		紅糯米		黑米	
	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
0 小時	6.6	231	6.6	229	6.7	234	6.6	233	6.7	232
6 小時	6.4	212	6.5	211	6.4	192	6.1	173	6.2	165
12 小時	6.3	172	6.3	205	6.1	146	6.0	173	6.1	160
18 小時	5.9	-320	5.7	-237	5.6	-290	5.2	-374	5.3	-383
24 小時	5.8	-340	5.7	-322	5.5	-387	4.9	-403	5.2	-436

表 4-1：接觸空氣下，不同米種浸泡水在不同觀測時間其 PH 值及氧化還原電位值一覽表(受限於頁數，僅在此呈現三次實驗的平均數值)

測量項目 觀測時間	白米		長糯米		糙米		紅糯米		黑米	
	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位	PH 值	氧化還原電位
0 小時	6.8	223	6.7	229	6.7	230	6.7	233	6.7	230
6 小時	6.3	217	6.4	204	6.6	217	6.4	202	6.4	198
12 小時	6.1	193	6.4	198	6.3	202	6.1	166	6.0	183
18 小時	5.9	-86	6.0	-151	6.0	-145	5.9	-266	5.8	-276
24 小時	5.6	-131	5.6	-202	5.6	-249	5.4	-284	5.4	-309

(二)實驗發現

將表 4-1~4-2 以實驗起訖時間 (0~24 小時)【PH 下降情形】及【氧化還原電位下降值】進行製圖 4-2~4-3，發現：

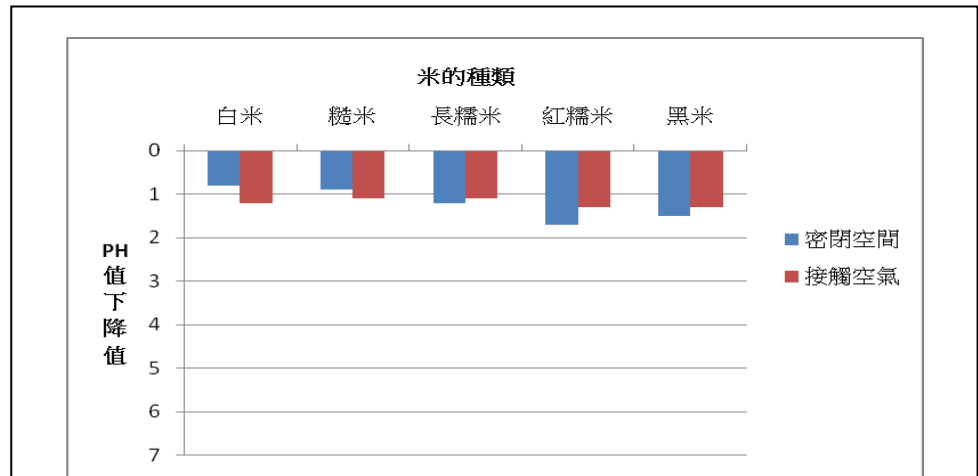


圖 4-2：不同米種在有無接觸空氣下，其 PH 下降值之比較圖

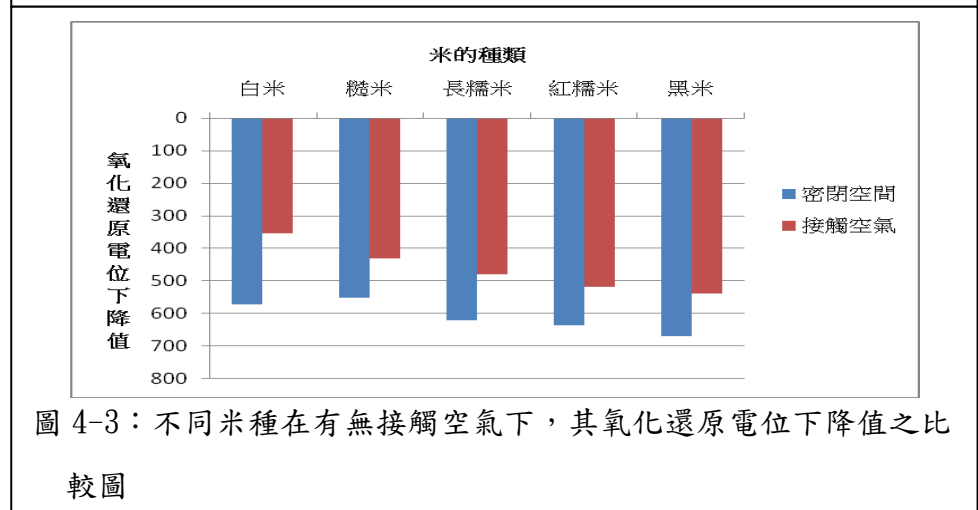


圖 4-3：不同米種在有無接觸空氣下，其氧化還原電位下降值之比較圖

1. 任一米種浸泡水以量測時間 0~24 小時來看，**有無接觸空氣對其 PH 值的影響差異不大。**
2. 任一米種浸泡水以量測時間 0~24 小時來看，沒有接觸空氣的氧化還原電位下降幅度比有接觸空氣的多，表示**密閉空間的環境有助於發酵。**
3. 不論有無接觸空氣，黑米浸泡水在 24 小時內的「PH 下降幅度」及「氧化還原電位下降幅度」都比其它米種大，顯示**黑米不論有無接觸空氣，都比其它米種的發酵情形好。**
4. 白米在密閉空間裡的「氧化還原電位下降幅度」比在接觸空氣時大，表示**密閉空間有助於大幅提高白米浸泡水的發酵速度。**

實驗五：不同米種浸泡水，保存溫度如何影響其其發酵情形？

(一) 實驗步驟

1. 準備五種米(白米、長糯米、糙米、紅糯米、黑米)之浸泡水各兩組，全都置入實驗觀察針筒中，在塑膠針筒前端套入三通閥來密封管口，
2. 一組浸泡水放在常溫下；另一組放入冰箱冷藏室(圖 5-1)。
3. 分別將兩組浸泡水在放置 0、6、12、18、24 小時等時間點，測量兩組浸泡水的 PH 值和氧化還原電位值。



圖 5-1：將浸泡水製於實驗室冷藏庫

(二) 實驗結果

表 5-1：常溫下，不同米種浸泡水在不同觀測時間其 PH 值及氧化還原電位值一覽表(受限於頁數，僅在此呈現三次實驗的平均數值)

米種 測量項目 觀測時間	白米		長糯米		糙米		紅糯米		黑米	
	PH 值	氧化還原 電 位	PH 值	氧化還原 電 位	PH 值	氧化還原 電 位	PH 值	氧化還原 電 位	PH 值	氧化還原 電 位
0 小時	6.6	231	6.6	229	6.7	234	6.6	233	6.7	232
6 小時	6.4	212	6.5	211	6.4	192	6.1	173	6.2	165
12 小時	6.3	172	6.3	205	6.1	146	6.0	173	6.1	160
18 小時	5.9	-320	5.7	-237	5.6	-290	5.2	-374	5.3	-383
24 小時	5.8	-340	5.7	-322	5.5	-387	4.9	-403	5.2	-436

表 5-1：低溫下，不同米種浸泡水在不同觀測時間其 PH 值及氧化還原電位值一覽表(受限於頁數，僅在此呈現三次實驗的平均數值)

米種 測量項目 觀測時間	白米		長糯米		糙米		紅糯米		黑米	
	PH 值	氧化還原 電 位	PH 值	氧化還原 電 位	PH 值	氧化還原 電 位	PH 值	氧化還原 電 位	PH 值	氧化還原 電 位
0 小時	6.8	231	6.7	229	6.7	232	6.7	233	6.7	227
6 小時	6.5	227	6.6	225	6.6	222	6.6	212	6.4	207
12 小時	6.4	208	6.5	196	6.5	198	6.4	204	6.4	190
18 小時	6.3	168	6.5	190	6.5	168	6.4	189	6.3	159
24 小時	6.3	157	6.4	186	6.3	149	6.3	141	6.0	132

(三)實驗發現

將表 5-1~5-2 以實驗起訖時間 (0~24 小時)【PH 下降情形】及【氧化還原電位下降值】進行製圖 5-2~5-3，發現：

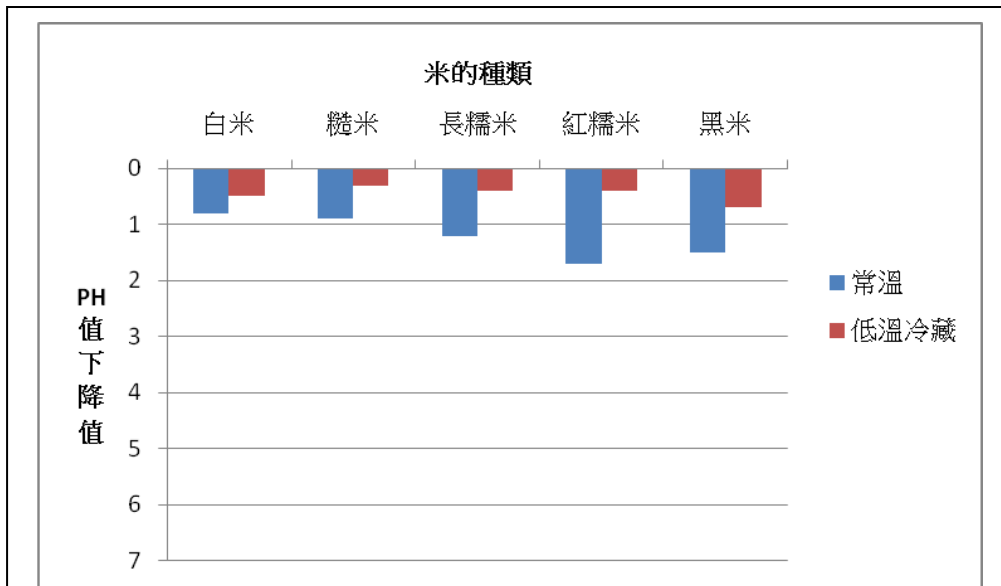


圖 5-2：不同米種在有常溫/低溫冷藏下，其 PH 下降值之比較圖

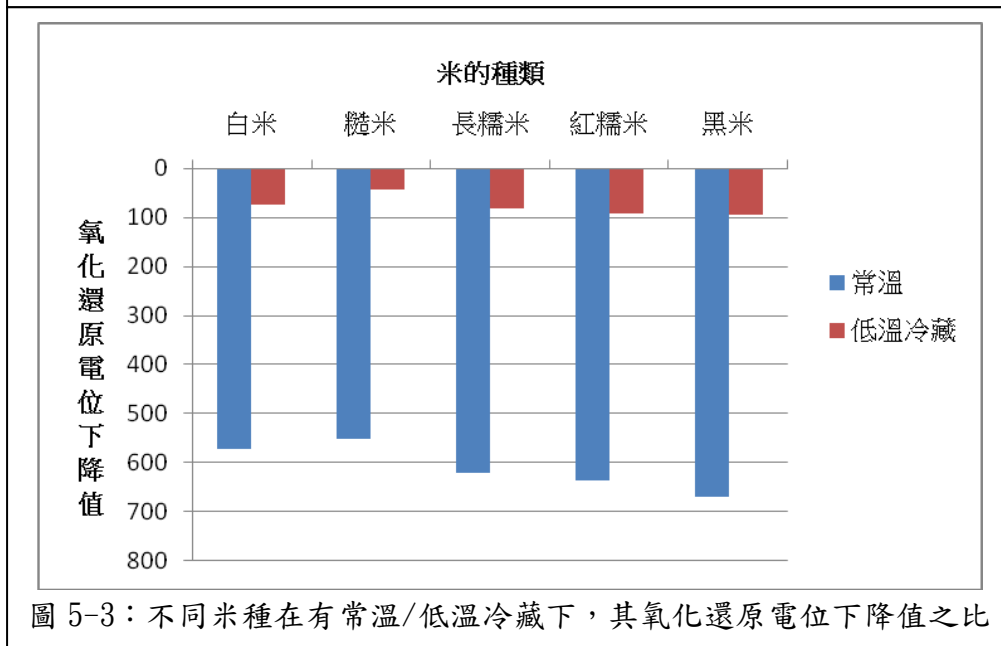


圖 5-3：不同米種在有常溫/低溫冷藏下，其氧化還原電位下降值之比

1. 在低溫環境發酵的浸泡水，其 pH 值範圍都在 6.0~7.0 間，且氧化還原電位值都維持在正數，表示**低溫環境不適合浸泡水發酵。**
2. 冷藏浸泡水的發酵味道沒有常溫浸泡水重。

實驗六：不同濃度的浸泡水如何影響其發酵情形？

(一) 實驗步驟

1. 準備五支空實驗觀察針筒，針筒中裝入固定水量 15g，再分別倒入 0.5g、1.5g、2.5g、3.5g 和 4.5g 的黑米。(圖 6-1)
2. 每種濃度的黑米浸泡水各有五支實驗觀察針筒分別放置 0、6、12、18、24 小時，到達指定時間後，測量其 PH 值和氧化還原電位。



圖 6-1：針筒中的黑米量，由左至右分別為 0.5g、1.5g、2.5g、3.5g 和 4.5g

(二) 實驗步驟

表 6-1：0.5g 黑米濃度之浸泡水的 PH 值和氧化還原電位值一覽表

觀測時間	0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目 實驗次數	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位
第 1 次	6.9	233	6.5	210	6.3	173	6.2	-214	6.1	-208
第 2 次	6.9	200	6.4	198	6.4	184	6.2	-200	6.2	-244
第 3 次	6.7	211	6.4	196	6.4	196	6.2	-233	6.1	-216
平均	6.8	215	6.4	201	6.4	184	6.2	-216	6.1	-223

表 6-2：1.5g 黑米濃度之浸泡水的 PH 值和氧化還原電位值一覽表

觀測時間	0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目 實驗次數	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位
第 1 次	6.8	229	6.3	172	6.2	157	5.4	-360	5.2	-432
第 2 次	6.7	229	6.1	161	5.9	154	5	-394	5	-433
第 3 次	6.6	237	6.2	162	6.1	169	5.4	-395	5.4	-443
平均	6.7	232	6.2	165	6.1	160	5.3	-383	5.2	-436

表 6-3：2.5g 黑米濃度之浸泡水的 PH 值和氧化還原電位值一覽表

觀測時間	0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目 實驗次數	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位
第 1 次	6.8	241	6.3	165	6.2	148	5.4	-383	4.9	-436
第 2 次	6.7	237	6.2	174	6.1	147	5.3	-385	5.1	-444
第 3 次	6.6	226	6.2	163	6.1	156	5.3	-376	5.2	-441
平均	6.7	235	6.2	167	6.1	150	5.3	-381	5.1	-440

表 6-4：3.5g 黑米濃度之浸泡水的 PH 值和氧化還原電位值一覽表

觀測時間	0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目 實驗次數	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位
第 1 次	6.5	263	6.2	159	6.0	123	5.1	-390	4.7	-438
第 2 次	6.4	243	6.2	162	6.0	120	5.2	-406	4.8	-444
第 3 次	6.5	250	6.3	148	6.1	117	5.1	-385	4.7	-445
平均	6.5	252	6.2	156	6.0	120	5.1	-394	4.7	-442

表 6-5：4.5g 黑米濃度之浸泡水的 PH 值和氧化還原電位值一覽表

觀測時間	0 小時		6 小時		12 小時		18 小時		24 小時	
測量項目 實驗次數	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位	PH 值	氧化還 原電位
第 1 次	6.2	240	6.1	124	6.1	82	4.6	-413	4.4	-440
第 2 次	6.3	263	6.2	131	6.0	91	4.5	-386	4.3	-443
第 3 次	6.3	261	6.2	135	6.0	85	4.7	-395	4.6	-438
平均	6.3	255	6.2	130	6.0	86	4.6	-398	4.4	-440

(三)實驗發現

將表 6-1~6-5 彙整成圖 6-2~6-3，發現：

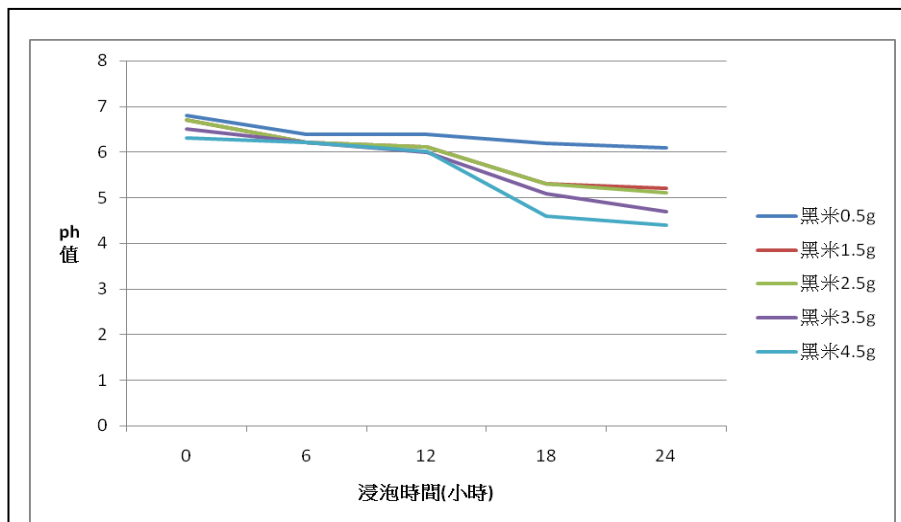


圖 6-2：不同濃度的黑米浸泡水，不同浸泡時間其 PH 值關係圖

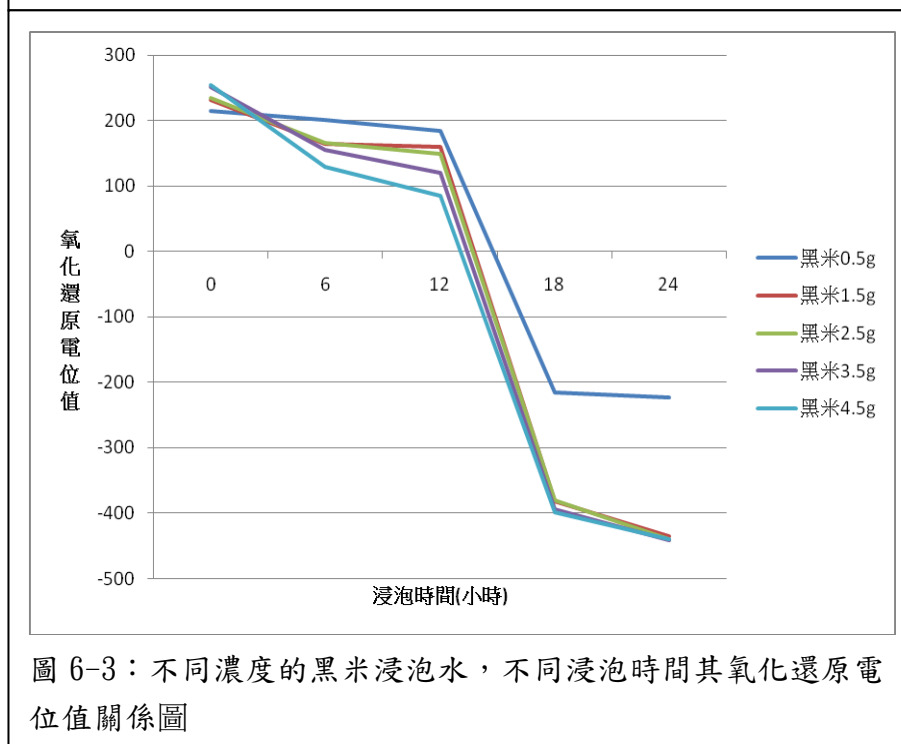


圖 6-3：不同濃度的黑米浸泡水，不同浸泡時間其氧化還原電位值關係圖

1. 整體而言，任一濃度黑米浸泡水，PH 值和氧化還原電位值會隨著浸泡時間越長而降低。其中 0.5g 濃度黑米浸泡水，所測得的 PH 值和氧化還原電位值都較其它濃度的黑米浸泡水高許多，表示黑米濃度過低，發酵效果不佳。
2. 整體而言，1.5g~4.5g 黑米浸泡水，以量測時間 0~24 小時來看，其 PH 值和氧化還原電位下降幅度幾乎相同，表示黑米浸泡水濃度提高到某一程度時，其發酵效果將維持定值。
3. 任一濃度的黑米浸泡水，浸泡 12 小時後，其氧化還原電位值驟降成負值，表示黑米在浸泡 12 小時後發酵效果最為顯著。
4. 黑米浸泡水的濃度越高，浸泡時間越長，顏色也會由酒紅色變為暗酒紅色，表示釋放出的花青素也會越多。

實驗七：使用「蘋果汁褐變反應」來檢驗不同米種的浸泡水其抗氧化

力有何差異？

(一) 實驗步驟

1. 取出浸泡水中的發酵氣體(圖 7-1)

(1) 準備白米、長糯米、糙米、紅糯米、黑米的浸泡水，每一米種浸泡水皆置入 4 支實驗觀察針筒，分別放置 6、12、18、24 小時。

(2) 待達指定時間後，調整三通閥方向將不同米種浸泡水 A 筒內的發酵氣體打入另一空實驗觀察 B 針筒，立即封閉 B 針筒管口。

2. 取蘋果汁(圖 7-2)

(1) 將蘋果去掉果皮和果核後，放入榨汁機內榨汁。

(2) 在榨汁機出汁口用極細篩網濾掉泡沫和渣，只取蘋果汁。

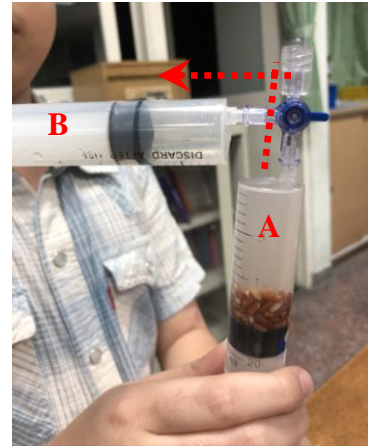


圖 7-1：調整三通閥方向將紅糯米浸泡水針筒內發酵氣體打入另一空針筒 A。(紅色箭頭 ← 為氣體注入方向)



圖 7-2：去掉果皮和果核後，放入榨汁機內榨汁，用極細篩網過濾掉泡沫和渣，只取蘋果汁。

3. 在三通閥上套入一塑膠管，調整三通閥方向，拉動 A 針筒活塞，使塑膠管排除空氣，充滿新鮮蘋果汁(圖 7-3)。

4. 關閉 A 針筒管口，開啟 B 針筒，拉動 B 針筒活塞，使 10 c.c. 新鮮蘋果汁注入 B 針筒內(圖 7-4)。

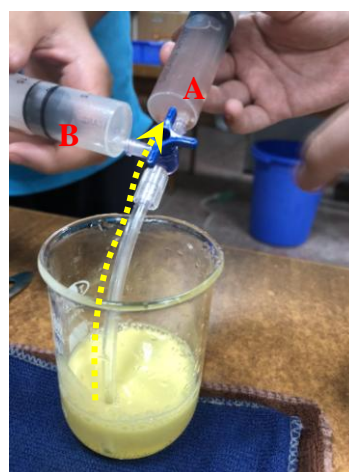


圖 7-3：調整三通閥方向，使塑膠管排除空氣，充滿新鮮蘋果汁。

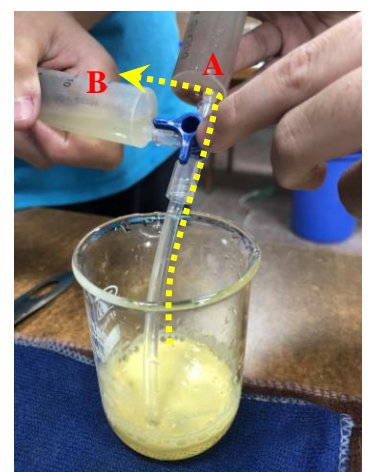


圖 7-4：調整三通閥方向，拉動 B 針筒活塞，使新鮮蘋果汁注入 B 針筒內。

4. 自製「褐變程度檢測儀」

利用三個紙盒、LED 燈泡、魔鬼氈、照度計來製作可用來精準檢驗蘋果褐變程度的檢測儀器，「褐變程度檢測儀」分為三層，設計如圖 7-5~7-9：

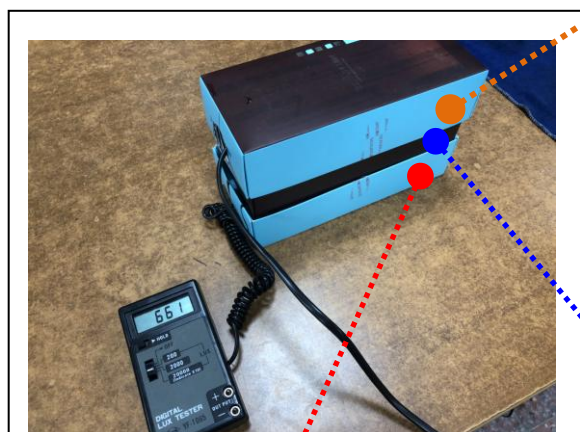


圖 7-5 自製褐變程度檢測儀

最上層-LED 燈泡照射區



←圖 7-6：
最上層嵌入 LED
燈泡。

中間層-待測液置放區



←圖 7-7：
中間層紙盒挖
一方型孔洞，
讓 LED 光線穿
透裝有待測液
的針筒。

最下層-照度感應器接收區



圖 7-9: 固定照度感應器接收區。



←圖 7-8：
黏貼魔鬼氈以
用來固定待測
針筒。

◎ 「自製褐變程度檢測儀」使用方法及所得照度值之代表意涵：

實驗觀察針筒中的蘋果汁若產生褐變，褐變顏色越深，則透過「自製褐變程度檢測儀」檢測，實驗觀察針筒中的蘋果汁透光度變差，所測得的照度值就

越低，表示打入該蘋果汁觀察針筒的米種酵素氣體之抗氧化力較差。

- 將實驗觀察針筒 B(含有浸泡水發酵氣體的蘋果汁)置入「自製褐變程度檢測儀」中，利用照度計取得照度值，每一分鐘記錄一次照度值，連續記錄 20 分鐘。

(二)實驗結果

表 7-1：利用「自製褐變程度檢測儀」檢測不同米種之發酵氣體對於蘋果汁褐變所得照度值一覽表-1

發酵氣體種類 照度值 時間	空氣	白 米				長 糯 米			
	對照組	6 小時	12 小時	18 小時	24 小時	6 小時	12 小時	18 小時	24 小時
0 分鐘	641	651	652	635	666	649	637	628	636
1 分鐘	615	615	627	610	648	629	623	613	618
2 分鐘	604	599	612	601	632	616	618	604	608
3 分鐘	592	596	607	593	622	612	605	594	599
4 分鐘	582	592	602	584	617	609	597	586	591
5 分鐘	572	587	600	582	614	606	588	580	589
6 分鐘	565	585	597	578	613	600	586	575	587
7 分鐘	560	584	594	576	610	596	579	571	583
8 分鐘	557	583	591	573	608	590	574	568	580
9 分鐘	552	582	588	569	605	587	570	564	577
10 分鐘	549	581	587	566	602	587	569	562	573
11 分鐘	546	576	584	564	600	584	565	559	569
12 分鐘	543	572	581	562	597	579	561	556	567
13 分鐘	541	569	579	559	594	574	559	553	565
14 分鐘	539	566	577	556	592	571	557	553	564
15 分鐘	538	564	574	558	590	568	554	551	561
16 分鐘	536	563	572	556	590	567	553	550	559
17 分鐘	534	563	574	557	591	565	552	549	559
18 分鐘	532	561	571	558	590	565	553	549	558
19 分鐘	532	563	569	558	591	564	552	548	557
20 分鐘	531	563	569	558	590	563	553	548	556
差 距	110	88	83	78	76	86	83	80	80

表 7-2：利用「自製褐變程度檢測儀」檢測不同米種之發酵氣體對於蘋果汁褐變所得照度值一覽表-2

時間 \ 發酵氣體種類 \ 照度值	空氣	糙 米				紅 糯 米			
	對照組	6 小時	12 小時	18 小時	24 小時	6 小時	12 小時	18 小時	24 小時
0 分鐘	641	648	647	630	640	617	649	627	638
1 分鐘	615	624	628	613	627	602	629	613	622
2 分鐘	604	602	618	591	616	594	618	601	605
3 分鐘	592	592	612	579	604	583	607	589	593
4 分鐘	582	591	609	577	591	572	604	587	581
5 分鐘	572	585	608	575	587	566	602	586	582
6 分鐘	565	584	607	573	583	558	600	584	581
7 分鐘	560	581	601	570	579	551	598	584	580
8 分鐘	557	580	598	567	576	544	597	582	581
9 分鐘	552	579	594	564	575	540	597	582	580
10 分鐘	549	575	592	561	574	535	596	579	580
11 分鐘	546	575	586	558	576	532	594	576	579
12 分鐘	543	573	583	556	573	532	591	573	579
13 分鐘	541	573	578	554	571	532	588	570	578
14 分鐘	539	573	577	552	571	532	585	567	577
15 分鐘	538	571	574	550	569	532	582	564	576
16 分鐘	536	569	572	551	568	532	579	562	576
17 分鐘	534	568	569	552	568	532	576	561	576
18 分鐘	532	567	568	551	566	533	574	561	575
19 分鐘	532	564	568	551	565	532	574	559	575
20 分鐘	531	564	565	550	565	532	574	557	572
差 距	110	84	82	80	75	85	75	70	66

表 7-3：利用「自製褐變程度檢測儀」檢測不同米種之發酵氣體對於蘋果汁褐變所得照度值一覽表-3

時間 \ 照度值 \ 發酵氣體種類	空氣	黑米			
	對照組	6 小時	12 小時	18 小時	24 小時
0 分鐘	641	651	651	624	623
1 分鐘	615	635	634	605	609
2 分鐘	604	619	625	597	601
3 分鐘	592	609	617	589	594
4 分鐘	582	605	613	587	588
5 分鐘	572	599	613	586	581
6 分鐘	565	596	608	584	576
7 分鐘	560	595	605	584	570
8 分鐘	557	593	603	582	565
9 分鐘	552	591	601	582	562
10 分鐘	549	590	596	580	561
11 分鐘	546	589	590	579	563
12 分鐘	543	586	590	575	563
13 分鐘	541	585	587	572	564
14 分鐘	539	584	584	568	563
15 分鐘	538	582	584	566	564
16 分鐘	536	581	584	564	564
17 分鐘	534	579	581	561	563
18 分鐘	532	578	582	561	563
19 分鐘	532	577	582	559	564
20 分鐘	531	575	582	557	563
差 距	110	76	69	67	59

(三)實驗發現

1. 在「自製褐變程度檢測儀」檢測下，若蘋果汁透光度減少的數值越低，表示蘋果汁的褐變反應慢，可以說明打入蘋果汁內的該米種發酵氣體有很好的抗氧化力。

2. 將表 7-1~7-3 彙整成圖 7-10~7-11

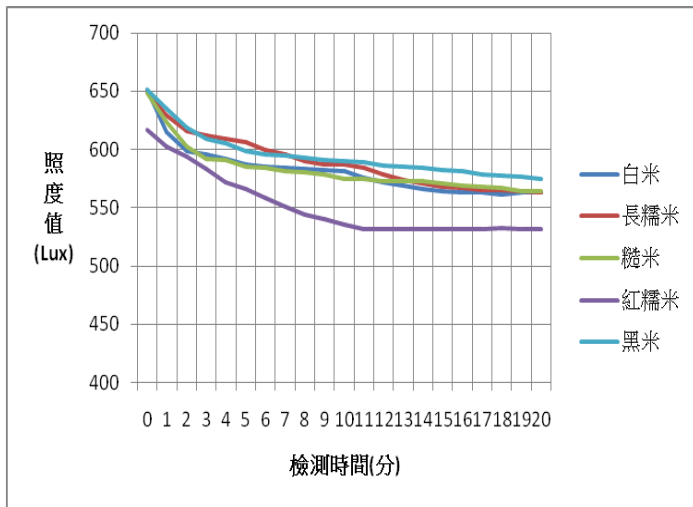


圖 7-10：達 6 小時，不同米種發酵氣體所得照度差異比較圖

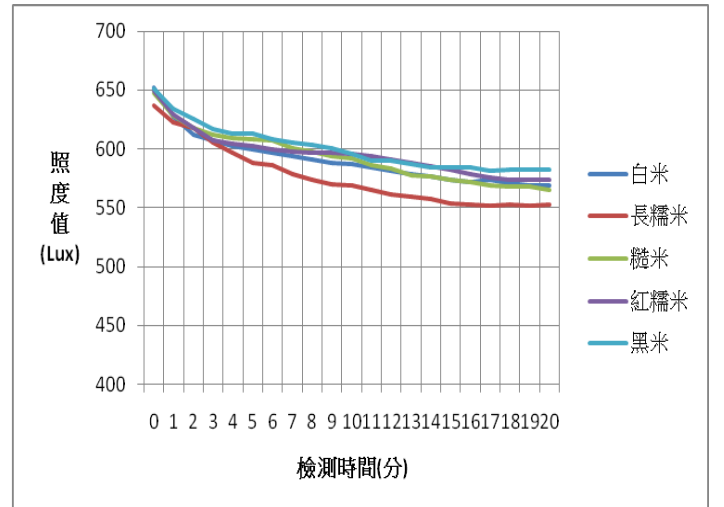


圖 7-11：達 12 小時，不同米種發酵氣體所得照度差異比較圖

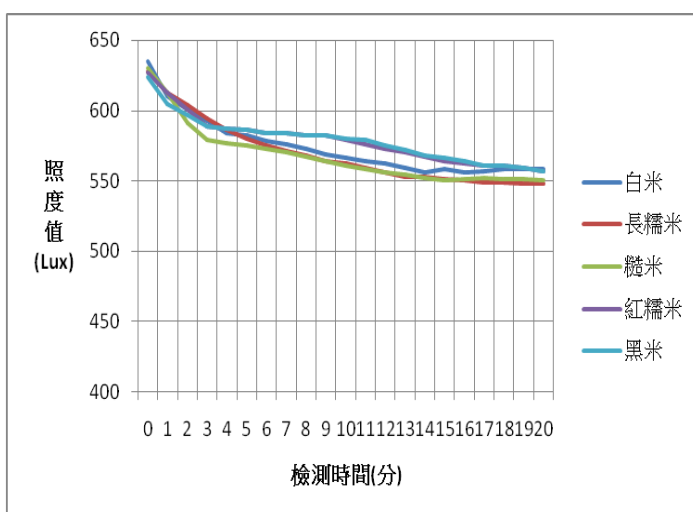


圖 7-12：達 18 小時，不同米種發酵氣體所得照度差異比較圖

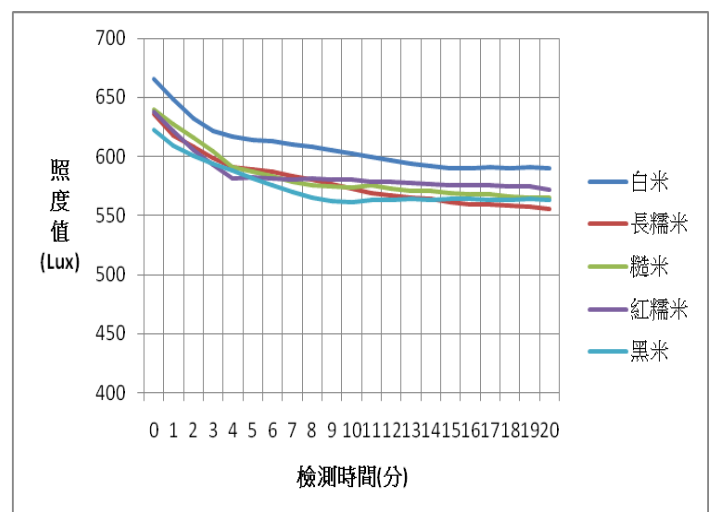


圖 7-13：達 24 小時，不同米種發酵氣體所得照度差異比較圖

- ① 不論何種米種，浸泡時間越長的發酵氣體注入裝有蘋果汁的針筒後，蘋果汁透光的下降速度越慢，說明任一米種浸泡、發酵時間越久，其抗氧化力越強。
- ② 所有米種中，黑米浸泡水之發酵氣體使蘋果汁透光度的下降速度最慢，說明黑米浸泡水的抗氧化力最強。
- ③ 所有米種中，長糯米浸泡水之發酵氣體使蘋果汁透光度的下降速度最快，說明長糯米浸泡水的抗氧化力最差。
- ④ 放置時間相同下，抗氧化力由優至劣為：黑米浸泡水 > 紅糯米浸泡水 > 糙米浸泡水 > 白米浸泡水 > 長糯米浸泡水。

陸、結論

一、米的種類、米水製作方式、浸泡時間、接觸空氣與否、溫度、濃度都會影響米水發酵的效果。

我們藉由觀測米水的外觀、及量測不同米水的 PH 值及氧化還原電位來了解其發酵情形，氧化還原電位值越低、PH 值越小表示該待測液的發酵效果越好。

- (一)子題二、三中得知任一米種浸泡水的發酵效果比淘米水好。
- (二)子題三~六中得知任一米種浸泡水的浸泡時間越長，發酵效果越好。
- (三)子題四中得知任一米種浸泡水不接觸空氣，發酵效果越好。
- (四)子題五中得知任一米種，常溫浸泡水比低溫浸泡水的發酵效果好。
- (五)子題二~五中得知黑米浸泡水的發酵效果好。
- (六)子題六中得知米浸泡水濃度過低，其發酵不顯著，但米浸泡水達到某一濃度後其發酵效果即達穩定值，再提高米浸泡水濃度也無助於促進發酵情形。

二、利用「自製褐變程度檢測儀」，成功以精準的量化數值來呈現蘋果汁的褐變程度。

以往研究蘋果褐變反應，皆是採目視觀察蘋果顏色變化，非常地主觀。本研究自創「褐變程度檢測儀」，採用 LED 光線穿透含有發酵氣體的蘋果汁針筒，針筒中的蘋果汁若產生褐變，褐變顏色越深，針筒中的蘋果汁透光度變差，經由「自製褐變程度檢測儀」所測得的照度值就越低，表示打入該蘋果汁針筒的米種酵素氣體之抗氧化力較差，精準得知蘋果汁的褐變程度。

三、藉由「蘋果汁的褐變實驗」驗證發酵佳的米浸泡水種類其抗氧化力也很好。

從子題七中得知任一米種浸泡、發酵時間越久，其抗氧化力越強。其中黑米浸泡水之發酵氣體使蘋果汁透光度的下降速度最慢，說明黑米浸泡水的抗氧化力最佳。

柒、參考資料

- 栗生隆子 (2017)。超萬能的淘米水：美容＋健康＋掃除，讓身體和住家都煥然一新！。健行文化。
- 徐啟明 (2003)。氧化還原電位與 pH 值對於厭氧產氫菌利用有機固體廢棄物的影響。國立高雄第一科技大學碩士論文。