

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

080206

金門高粱抗氧化能力探討(二)

學校名稱：金門縣金湖鎮金湖國民小學

作者：	指導老師：
小六 張聖齊	謝家耀
小六 盧淑恩	李永欽
小五 孫偉勛	
小五 何瑀潔	
小六 黃煥城	
小五 邱柏鈞	

關鍵詞：高粱、抗氧化、發酵

摘要

研究高粱各類材料在實驗控制下的抗氧化能力。我們用點滴法進行實驗-記錄滴數與重量，並外加獨創的萃液/碘液重量比法(B/A)觀測以減少誤差。

研究顯示：1.幼苗抗氧化能力：黃化苗 > 綠化苗。平均：金門 9 號 > 台中 5 號 > 大陸。
2. 全株高粱抗氧化能力：果實 > 葉 > 枯葉 > 根 > 莖。3. 全株高粱遮光後抗氧化能力：果實 > 葉 > 根 > 莖。全株高粱遮光後葉與種子抗氧化能力增加。4. 部份葉子遮光的抗氧化能力：同株有遮光最佳。5. 果實萃取溫度與抗氧化能力呈負相關性。6. 常溫萃取及高溫萃取接觸空氣時間與抗氧化能力呈正相關性。萃取液酸鹼 pH 值與接觸空氣時間呈正相關。7. 釀酒過程的平均抗氧化能力：液態發酵 > 固態發酵。有酒麴 > 無酒麴。不接觸空氣 > 接觸空氣。

壹、研究動機

在 2017 年暑假八月，走在金門田野已經可以看到部分農田插滿了高粱幼苗。我生長在金門，常常看得到高粱的種植與收割的景色，也享受到高粱給我的福利，它對我來說既熟悉又陌生，熟悉的是金門高粱產品揚名中外，不熟悉的是我很少接觸並研究它，看到高粱田不禁想起上次做科展時，只有研究高粱釀酒產物的酒醪與酒糟的抗氧化能力，那麼整株高粱植物各部位抗氧化能力又如何呢？日照會不會影響？溫度、空氣會不會破壞？固態發酵與液態發酵有何差異？於是在暑假結束後，請求老師與一群志同道合的同學進行這一次的實驗。

開學後種植高粱雖然有些晚但還來得及，我們趕快把握最後季節時間耕作，透過親友的幫忙，我們取得金門農友常種的「金門九號」高粱種籽，後陸續又取得其他品種的種子，而在老師與學校警衛叔叔指導下，將校園一塊空花圃鬆土除草，開始種植「金門九號」高粱。在種植期間，高粱田竟成校園特殊景色，同學好奇來撫摸詢問，幼兒園的小朋友們也來此做教學觀察，甚至台灣外訪學校的客人以高粱為背景進行拍照。經過三個月的灌溉照顧，到了十二月份，高粱大致都成長並成熟，我們終於有材料進行這次計畫已久的實驗。

貳、研究目的

- 一、探討高粱綠化苗與黃化苗的的抗氧化能力。
- 二、探討全株高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力。
- 三、探討全株高粱被遮光後，高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力。
- 四、探討高粱葉子部分遮光與不遮光的抗氧化能力。
- 五、探討高粱果實萃取液的抗氧化能力與溫度的關係。
- 六、探討高粱果實萃取液在接觸空氣下抗氧化能力與時間的關係。
- 七、探討蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵的抗氧化能力。

我們的研究架構，如圖 2.1 所示。

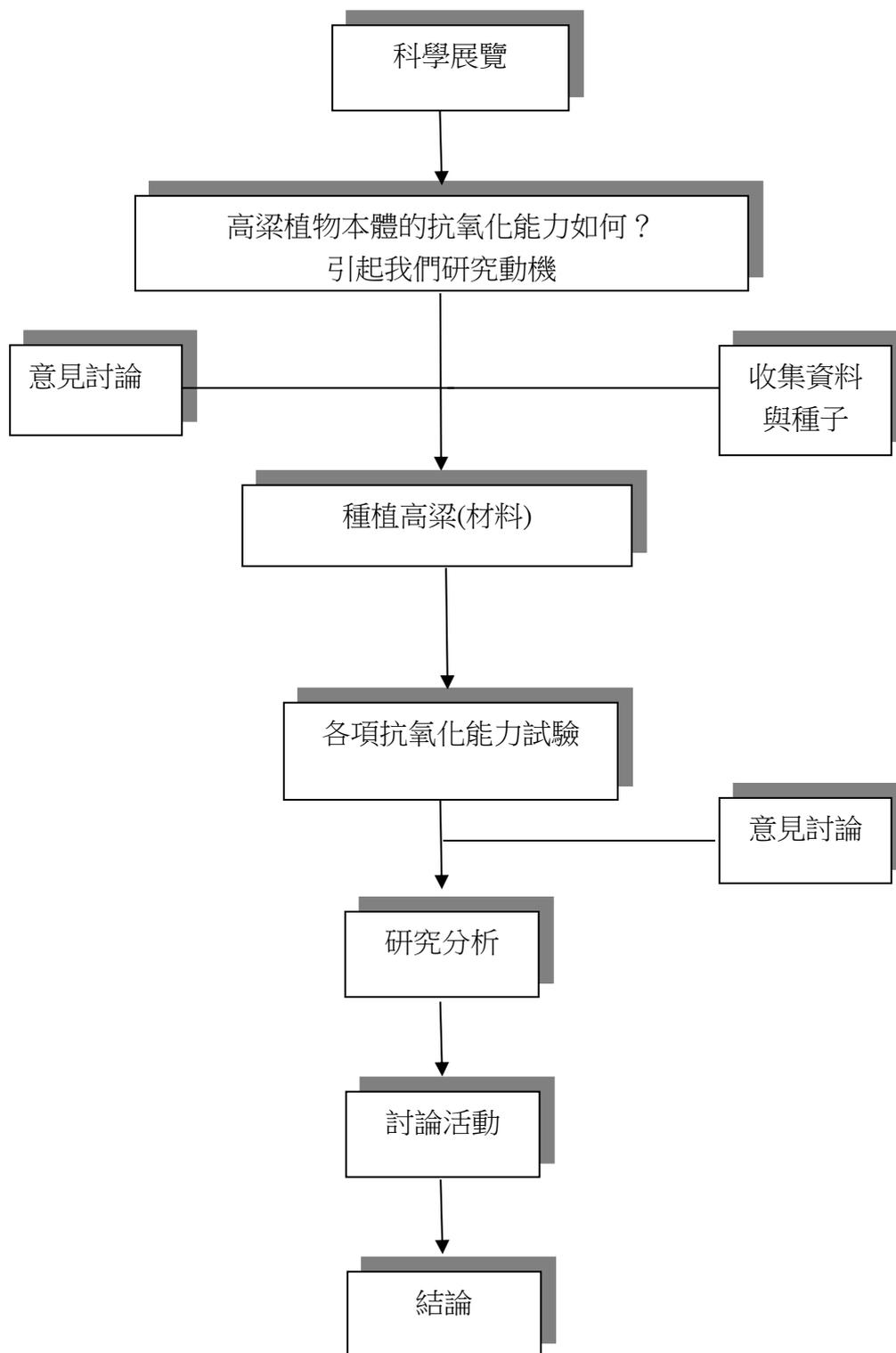
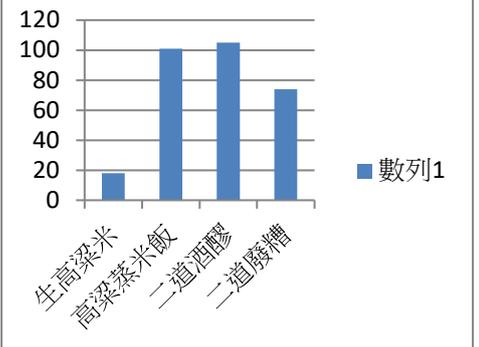


圖 2.1 研究流程架構

參、文獻探討

一、研究作品比較(研究延伸)

屆別	第 57 屆金門地區中小學科學展覽	第 58 屆金門地區中小學科學展覽
作品名稱	金門高粱與地瓜抗氧化探討	金門高粱抗氧化能力探討(二)
研究目的	比較高粱釀酒過程各原料(生高粱米、二道酒醪、二道酒糟、高粱蒸米飯)的抗氧化能力(地瓜部分省略)	請參考本作品說明書的研究目的
研究對象	生高粱米、高粱蒸米飯(發酵)、二道酒醪、二道酒糟。 依金門高粱酒生產過程取各階段原料：「生高粱米」→蒸煮後經第一次酒精發酵的「高粱蒸米飯」→經過第一次酒精蒸餾後再第二次酒精發酵的「二道酒醪」→經過第二次酒精蒸餾後不能再使用的「二道廢糟」。	1、高粱幼苗(金門九號、台中五號、大陸品種) 2、金門高粱九號成株：根、莖、葉、果實。 3、高粱釀酒過程之固、液態發酵。
研究方法	1、 間接點滴法(碘滴定) (1) 碘溶液稀釋五倍 (2) 取 20 毫升的水放入三角燒瓶，滴入 6 滴澱粉溶液及 5 滴稀釋 5 倍的碘溶液製成還原指示劑(藍色) (3) 將材料的萃取液滴入裝有還原指示劑的三角燒瓶，至還原指示劑藍色消失為止。 2、 萃取液製作：重量比 材料:水 =1:2 3、 實驗記錄方式:萃取液點滴的滴數 4、 每項實驗次數 1 次 5、 實驗處理：無	1、 間接點滴法(碘滴定) (1)碘溶液無稀釋 (2)取 20 毫升的水放入三角燒瓶，滴入 6 滴澱粉溶液及 5 滴稀釋 5 倍的碘溶液製成還原指示劑(藍色) (3)將材料的萃取液滴入裝有還原指示劑的三角燒瓶，至還原指示劑藍色消失為止。 2、 萃取液製作：重量比 材料:水 =1:10 3、 實驗記錄方式:萃取液點滴的滴數、碘溶液重量、萃取液重量 4、 每項實驗次數 3 次以上 5、 實驗處理：高粱幼苗及成株光照與黑暗處理、果實萃取液加熱處理、果實萃取液觸空氣時間置放處理、發酵處理。
研究結果	1、 以萃取液點滴的滴數來比較 2、 抗氧化能力比較：生高粱米(18 滴)>二道廢糟(74 滴)>高粱蒸米飯(101 滴)>二道酒醪(105	1、 用比較精準的比值(萃取液重/碘溶液重)及萃取液重來比較抗氧化能力，萃取液點滴的滴數為輔。

	滴)。	2、研究結果請參考本作品說明書的研究結果。
討論與結論	 <p>圖 1: 高粱米抗氧化能力實驗</p> <p>(一) 點滴滴數越少表示抗氧化能力越好，故由圖 1 知生高粱米抗氧化能力最好的，我們推測可能是因為沒有經過高溫破壞。</p> <p>(二)由圖 1 知道二道廢糟比高粱蒸米飯及二道酒醪抗氧化能力好，推測二道廢糟可以經過細菌發酵作用再產生新的抗氧化物質。</p> <p>(三)二道酒醪和高粱蒸米飯抗氧化能力最差，可能是因為經過高溫蒸餾或酒精影響，影響它的抗氧化能力。</p> <p>(四)二道廢糟的抗氧化能力次好，以經濟方面看或許可以做廢物回收再利用，開發抗氧化的新產品。</p> <p>(五)用碘溶液直接點滴生高粱米粉末中，結果呈紅棕色，所以高粱米是屬於偏支鏈型澱粉。</p>	請參考本作品說明書的討論與結論。
參考文獻	<p>1 指導老師：王芸芾、陳筱佩，作者:黃閔淪等人(2010)。大家來找「茶」—各茶葉抗氧化能力探討。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會作品說明書</p> <p>2、指導老師：鄧海、陳俊明，作者:陳威翰等人(2010)。我是「地」—名—地瓜葉抗氧化能力探討。中華民國第 50 屆中小學科學展覽會作品說明書</p>	<p>1、 陳振義(2011)。「不同水稻幼苗萃取液抗氧化能力之測定」。臺東區農業改良場研究彙報</p> <p>2、 指導老師：柯翠菱，作者:林佳恩等人(2015)。「果然」不一樣。2015 全國科學探究競賽-這樣教我就懂 動物組</p> <p>3、 呂怡萱等人(2008)。抗氧化能力測定與應用。中華民國第 47 屆中小學科學展覽會作品說明書。</p>

		4、黃良賢(2004)。熱處理對水果抗氧化的影響。臺灣2004年國際科學展覽會作品說明書。
--	--	---

二、抗氧化

抗氧化劑是指能減緩或防止氧化作用的分子（常專指生物體中）。氧化是一種使電子自物質轉移至氧化劑的化學反應，過程中可生成自由基，進而啟動鏈反應。當鏈反應發生在細胞中，細胞受到破壞或凋亡。抗氧化劑則能去除自由基，終止連鎖反應並且抑制其它氧化反應，同時其本身被氧化。抗氧化劑通常是還原劑，例如硫醇、抗壞血酸、多酚類。

三、固態發酵與液態發酵

1、固態發酵：純糧固態發酵白酒是通過製麴、釀酒、陳釀、勾兌等幾個環節製成的。由於純糧固態發酵工藝所遵循的是自然發酵、自然培甜、自然老熟的釀造規律，加之麴藥、老窖中微生物的作用，酒體中除了乙醇外，還蘊含了豐富的己酸乙酯等營養成分。

2、液態發酵：所謂液態發酵酒就是用甘蔗和甜菜渣、薯干、玉米等製造出來的食用酒精為基礎酒，加入增香調味物質模擬傳統糧食白酒口感，經調配而成的液態白酒。從專業稱呼上業內稱之為「新工藝白酒」。也就是通常所說的香精勾兌酒。

四、黃化苗與綠化苗抗氧化能力

根據陳振義(2011)。「不同水稻幼苗萃取液抗氧化能力之測定」。臺東區農業改良場研究彙報。提出(…Trolox當量抗氧化測定以臺中秈10號14天黃化苗抗氧化能力最高…)，是指水稻幼苗分別在光照(綠化苗)與黑暗(黃化苗)兩條件下進行的抗氧化測定，測定結果發現黑暗處理後的黃化苗抗氧化能力會提高。

肆、研究設備和器材

工具器材	數量	工具器材	數量	材料	數量
相機	1 台	廣口瓶	6 個	高粱種籽(金門九號)	1 包
榨汁機	1 台	溫度計	1 個	高粱種籽(台中五號)	1 包
燒杯	6 個	水果刀	1 把	高粱種籽(大陸高粱)	1 包
鍋子	1 包	玻璃容器	6 個	碘酒	1 瓶
精密電子磅秤 (0.01 克)	1 台	電磁爐	1 台	玉米粉	1 包
酸鹼測試儀器	1 台	鍋盆	2 個	生高粱米	1 包
三角燒瓶	6 個	紙碗	12 個	酒麴	1 顆
塑膠滴管	4 支	空罐	6 個	砂糖	1 包
篩網	1 個	紙箱	1 個	錫箔紙	1 捲
				培養土	1 包



伍、研究過程或方法

一、實驗準備：

(一)種植高粱：採用金門地區常用的品種「金門九號」；在校園內種植高粱，經過三個月成長成熟後採收作為實驗用材料。

	
<p>圖 5.1 選種(金門九號)</p>	<p>圖 5.2 育苗(106 年 9 月)</p>
	
<p>圖 5.3 種植(106 年 9 月)</p>	<p>圖 5.4 成熟(106 年 12 月)</p>

(二)製作還原指示劑(採間接點滴法)

1. 澱粉溶液：取 4g 的玉米粉加 200ml 的水放入燒杯中用電磁爐加熱到沸騰，冷卻後放入三角燒瓶用瓶塞密封，備用。
2. 還原指示劑：取 20 毫升的水放入玻璃容器，再滴入 6 滴澱粉溶液及 5 滴碘溶液，備用。
(每次實驗時用精密電子秤記錄下每次 5 滴碘溶液與 6 滴澱粉溶液的重量)。

二、實驗一：高粱綠化苗與黃化苗的的抗氧化能力實驗

(一)育苗：

- 1、將市售培養土放入底部打孔洞的紙碗 12 個。
- 2、用金門 9 號、台中 5 號與大陸高粱等品種的種子撒播入裝土的紙碗(每品種四個紙碗)。
- 3、發芽後經過 5 天，將每一品種幼苗的兩個紙碗移入紙箱內避免光線照射，剩餘半數幼苗繼續放置戶外接受日照。
- 4、再經過 6 天將沒有日照的黃化苗及有日照的綠化苗取出，備用。

(二)將採收來的幼苗全株(根、莖與葉)做為製作萃取液材料

(三)榨取出高粱材料的萃取液:

將高粱材料與水依重量 1:10 比率加入果汁機中進行榨取，後用濾網過濾取得材料萃取液後放入三角燒瓶用瓶塞密封，備用。

(四)將裝有還原指示劑的玻璃瓶放在精密電子秤上。

(五)用點滴管吸取各材料的萃取液，滴入裝有還原指示劑的玻璃容器中進行點滴。

(六)記錄還原指示劑藍色消失時各萃取液滴入的點滴數與重量。



圖 5.5 選種(台中五號、金門9號、大陸品種)



圖 5.6 三品種高粱育苗



圖 5.7 移入紙箱遮光(黑暗)處理



圖 5.8 摘取綠化苗(光照)與黃化苗(黑暗)



圖 5.9 榨取萃取液



圖 5.10 各類幼苗萃取液裝瓶待測

三、實驗二：高粱的根、莖、葉、枯葉與果實的抗氧化能力實驗

(一) 將採收的全株高粱依根、莖、葉、枯葉與果實進行材料分類。

(二) 榨取高粱各部位材料的萃取液，並進抗氧化能力點滴實驗，步驟如同二、實驗一

(三)、(四)、(五)、(六)。

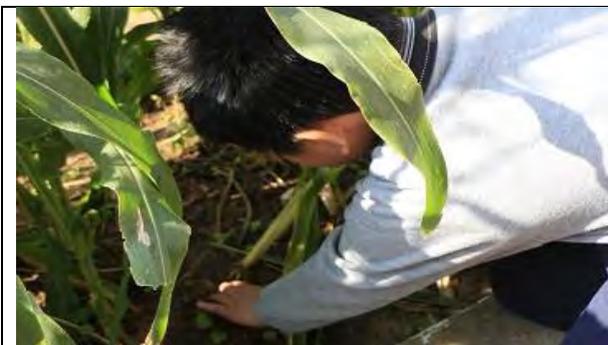


圖 5.11 採收全株高粱

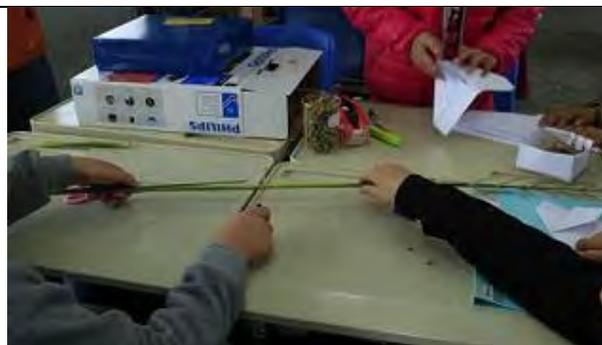


圖 5.12 切割高粱植物本體



圖 5.13 高粱之根、莖、葉、枯葉、果實



圖 5.14 高粱各部位榨取萃取液裝瓶待測

四、實驗三：全株高粱被遮光後，高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力實驗

(一) 用黑色塑膠袋將成株高粱覆蓋遮光，約經過三週後將高粱採收依根、莖、葉、果實等材料分類。

(二) 榨取高粱各部位材料的萃取液，並進抗氧化能力點滴實驗，步驟如同二、實驗一

(三)、(四)、(五)、(六)。



圖 5.15 高粱全株覆蓋黑色塑膠袋	圖 5.16 整株採收(有枯萎現象)
	
圖 5.17 高粱之根、莖、葉、果實	圖 5.18 高粱各部位榨取萃液裝瓶待測

五、實驗四：高粱葉子部分遮光與不遮光的抗氧化能力

(一)用錫箔紙將數棵高粱的部分葉片包住避免日照，經過約 1 個月後，摘取這些有遮光的葉片、同株不遮光葉片以及異株沒任何有遮光處理的葉片材料。

(二) 萃取各類高粱葉片的萃取液，並進抗氧化能力點滴實驗，步驟如同 二、實驗一(三)、(四)、(五)、(六)。

	
圖 5.19 高粱葉片包覆錫箔紙遮光	圖 5.20 剪取葉片
	
圖 5.21 高粱葉片分類	圖 5.22 點滴測試

六、實驗五：高粱果實萃取液的抗氧化能力與溫度的關係實驗

(一)採收種植高粱的果實

(二)如同二、實驗一(二)步驟榨取出高粱果實的萃取液。

(三)溫度處理：將適量的萃取液放入鋼杯，鋼杯插入溫度計測溫，利用電磁爐將鋼杯中的高粱果實萃取液加熱，當溫度達到測試的溫度就關掉電源停止加熱，冷卻後放入三角燒瓶用瓶塞密封，備用。處理的溫度分別是常溫(不加熱)、30°C、50°C、70°C、90°C、100°C。

(四)將溫度處理後的萃取液進行抗氧化能力點滴實驗，步驟如同二、實驗一(三)、(四)、(五)、(六)。

	
圖 5.23 採集高粱果實	圖 5.24 高粱果實萃取液過濾
	
圖 5.25 高粱果實萃取液加熱處理	圖 5.26 溫度處理後裝入三角燒瓶待測

七、實驗六：高粱果實萃取液在接觸空氣下抗氧化能力與時間關係實驗

(一)按照六、實驗五(一)、(二)步驟取得高粱果實的萃取液。

(二)將部份高粱果實的萃取液裝入裝入一個三角燒瓶中，另外一部份的高粱果實的萃取液用電磁爐加熱沸騰，待冷卻後中入另一個三角燒瓶中。

(三)將(二)兩個三角燒瓶的瓶口打開不密封，讓瓶內高粱果實的萃取液接觸到空氣。

(四)每隔一段時間依 二、實驗一(三)、(四)、(五)、(六)的步驟進行抗氧化能力實驗；剛開始每一天測試一次(9~10 天)，之後每三天測試一次(共三次)。

八、實驗七：蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵的抗氧化能力實驗

(一)分別量取 200 公克的生高粱米及 200 公克的水放入兩個鍋盆中，將裝有生高粱米及水的兩個鍋盆一起放入電鍋中蒸煮，經過一小時多電源跳開關閉，打開電鍋鍋蓋待溫度下降後取出裝有蒸熟高粱米飯的兩個鍋盆。

(二)將其一鍋盆放入 200 公克白砂糖後充分攪拌(液態發酵)，另一鍋盆不加糖(固態發酵)。

(三)先從步驟(二)兩鍋盆中各取出部分高粱米飯，分別裝入兩個空罐子中，罐口皆不封閉。

(四)將步驟(三)兩鍋盆剩餘的高粱米飯分別加入少許酒麴後充分攪拌讓米飯有酵母菌進行發酵，再將加了酒麴的加糖與沒加糖的鍋盆中的高粱米飯全倒出，每一鍋盆加了酒麴的高粱米飯再分裝入兩個空罐子中，裝完後其一罐子罐口密閉不接觸空氣，另一罐子罐口封閉不接觸空氣，所以加酒麴兩個鍋盆的高粱米飯共裝入有 4 個罐子。

(五)將步驟(三)、(四)的六個罐子編號分類，編號如下：

	固態發酵(不加糖)			液態發酵(加糖)		
編號	A	B	C	ㄅ	ㄆ	ㄇ
有無酒麴	無	有	有	無	有	有
有無密閉	無	無	有	無	無	有

(六)置放約二禮拜後處理後進行抗氧化能力點滴實驗，步驟如同 二、實驗一(三)、(四)、(五)、(六)。



圖 5.27 蒸煮高粱米飯



圖 5.28 高粱米飯加糖



圖 5.29 加入酒麴



圖 5.30 置放發酵

金門高粱抗氧化能力研究

【實驗一】

探討高粱綠化苗與黃化苗的的抗氧化能力。

【實驗七】

探討蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵的抗氧化能力。

【實驗二】

探討全株高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力。

【實驗三】

探討全株高粱被遮光後，高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力。

【實驗四】

探討高粱葉子部分遮光與不遮光的抗氧化能力。

【實驗五】

探討高粱果實萃取液的抗氧化能力與溫度的關係。

【實驗六】

探討高粱果實萃取液在接觸空氣下抗氧化能力與時間的關係。

分析

1. 比較高粱綠化苗(光照處理)與黃化苗(黑暗處理)的抗氧化能力。
2. 比較高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力。
3. 比較經過遮光處理後，高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力
4. 比較高粱葉子部分遮光與不遮光的抗氧化能力。
5. 比較高粱果實萃取液的抗氧化能力與溫度的關係。
6. 比較高粱果實萃取液在接觸空氣下抗氧化能力與時間的關係。
7. 比較蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵的抗氧化能力。

圖 5.31 研究流程

陸、研究結果

一、實驗一：高粱綠化苗與黃化苗的的抗氧化能力實驗，實驗結果如下

品種	次數	金門九號		台中五號		大陸高粱	
		綠化苗	黃化苗	綠化苗	黃化苗	綠化苗	黃化苗
A 碘溶液重(公克)	1	0.11	0.11	0.14	0.11	0.12	0.12
	2	0.12	0.12	0.13	0.11	0.12	0.12
	3	0.12	0.12	0.14	0.13	0.11	0.12
	平均	0.117	0.117	0.137	0.117	0.117	0.12
澱粉水溶液重(公克)	1	0.34	0.32	0.32	0.29	0.33	0.30
	2	0.33	0.32	0.31	0.31	0.33	0.38
	3	0.32	0.34	0.31	0.32	0.35	0.33
	平均	0.33	0.327	0.313	0.307	0.337	0.337
測試萃取液滴數	1	92	77	164	78	133	101
	2	95	78	153	84	131	98
	3	108	79	169	81	128	103
	平均	98	78	162	81	131	101
B 測試萃取液重(公克)	1	5.52	3.7	7.91	3.68	7.01	4.54
	2	5.53	3.89	7.90	3.79	6.93	4.76
	3	5.89	3.99	8.06	3.90	6.92	5.07
	平均	5.647	3.860	7.957	3.79	6.953	4.790
比值(B/A)	平均	48.265	32.991	58.080	32.393	59.427	39.917

一、實驗二：高粱的根、莖、葉、枯葉與果實的抗氧化能力實驗，實驗結果如下。

次數	根	莖	葉	枯葉	果實
----	---	---	---	----	----

A 碘溶液重(公克)	1	0.13	0.12	0.13	0.13	0.10
	2	0.12	0.11	0.14	0.13	0.11
	3	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13
	平均	0.127	0.120	0.137	0.130	0.113
澱粉水溶液重(公克)	1	0.31	0.28	0.32	0.29	0.31
	2	0.32	0.31	0.33	0.36	0.36
	3	0.28	0.32	0.31	0.34	0.32
	平均	0.303	0.303	0.320	0.330	0.330
測試萃取液滴數	1	255	275	73	183	37
	2	230	325	75	155	42
	3	245	250	90	190	32
	平均	243	283	79	176	37
B 萃取液重(公克)	1	14.50	14.65	3.84	9.14	2.04
	2	11.62	18.59	3.61	8.34	2.44
	3	14.75	14.11	5.49	10.66	1.55
	平均	13.623	15.783	4.313	9.38	2.01
重量比值(B/A)	平均	107.268	131.525	31.482	72.154	17.788

三、實驗三：全株高粱被遮光後，高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力實驗，實驗結果如下：

	次數	根	莖	葉	果實
A 碘溶液重(公克)	1	0.11	0.11	0.10	0.12
	2	0.10	0.11	0.12	0.11
	3	0.12	0.11	0.13	0.12
	平均	0.110	0.110	0.117	0.117
澱粉水溶液重(公克)	1	0.35	0.33	0.34	0.33
	2	0.40	0.31	0.31	0.38
	3	0.34	0.32	0.33	0.33
	平均	0.363	0.32	0.327	0.347
測試萃取液滴數	1	228	330	65	33
	2	242	275	67	33
	3	252	290	66	31
	平均	241	298	66	32
B 測試萃取液重(公克)	1	13.46	23.72	3.01	1.78
	2	14.82	16.77	3.38	1.87
	3	14.53	17.19	3.26	1.82
	平均	14.270	19.227	3.217	1.823
比值(B/A)	平均	129.727	174.791	27.496	15.581

四、實驗四：高粱葉子部分遮光與不遮光的抗氧化能力實驗，實驗結果如下：
(同株有遮光的葉、同株沒有遮光的葉、異株完全沒遮光的葉)

	次數	同株(遮光)	同株(不遮光)	異株(不遮光)
A 碘溶液重(公克)	1	0.13	0.12	0.11
	2	0.12	0.12	0.12
	3	0.12	0.13	0.14
	平均	0.123	0.123	0.123
澱粉水溶液重(公克)	1	0.33	0.34	0.32
	2	0.34	0.33	0.32
	3	0.32	0.36	0.32
	平均	0.330	0.343	0.320
測試萃取液滴數	1	85	87	83
	2	71	73	90
	3	66	78	83
	平均	74	79	85
B 萃取液重(公克)	1	4.44	4.72	4.43
	2	4.35	3.84	4.04
	3	3.53	4.48	4.09
	平均	4.107	4.347	4.187
比值(B/A)	平均	33.390	35.341	34.040

五、實驗五：高粱果實萃取液的抗氧化能力與溫度的關係實驗，實驗結果如下：

		處理的溫度					
	次數	室溫	30°C	50°C	70°C	90°C	100°C
A 碘溶液重(公克)	1	0.12	0.11	0.12	0.13	0.13	0.11
	2	0.13	0.13	0.12	0.10	0.11	0.12
	3	0.10	0.14	0.10	0.11	0.10	0.11
	4	0.11	0.10	0.12	0.13	0.13	0.12
	平均	0.115	0.120	0.115	0.118	0.118	0.115
澱粉水溶液重(公克)	1	0.30	0.29	0.29	0.32	0.31	0.28
	2	0.32	0.32	0.31	0.34	0.34	0.34
	3	0.34	0.31	0.32	0.37	0.31	0.27
	4	0.33	0.36	0.35	0.32	0.36	0.34
	平均	0.315	0.320	0.318	0.338	0.330	0.308
測試萃取液滴數	1	45	40	50	51	52	35
	2	40	36	33	33	32	30
	3	28	24	33	35	32	32
	4	32	36	38	55	53	47
	平均	36	34	39	44	42	36
B 測試萃取液重(公克)	1	2.40	2.34	2.8	2.9	2.64	1.96
	2	2.24	2.00	1.43	1.69	1.65	1.63
	3	1.49	1.24	1.75	1.83	1.7	1.71
	4	1.71	2.00	2.3	3.08	3.09	3.33
	平均	1.960	1.895	2.070	2.375	2.270	2.158

比值 (B/A)	平均	17.043	15.792	18.000	20.127	19.237	18.65
-------------	----	--------	--------	--------	--------	--------	-------

六、實驗六：高粱果實萃取液在接觸空氣下抗氧化能力與時間關係實驗

(一)高粱果實萃取液沒有加熱處理(常溫)，實驗結果如下：

日期		12/24	12/25	12/26	12/27	12/28	12/29	12/30	12/31	1/1	1/2	1/3	1/6	1/9	1/12
天數		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	17	20
A:碘 溶液 重 (公 克)	1	0.13	0.13	0.15	0.14	0.12	0.13	0.12	0.11	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.11
	2	0.13	0.14	0.13	0.13	0.12	0.18	0.13	0.12	0.12	0.14	0.14	0.13	0.12	0.13
	3	0.13	0.13	0.12	0.11	0.12	0.11	0.14	0.13	0.15	0.18	0.12	0.13	0.12	0.15
	平均	0.13	0.133	0.133	0.127	0.12	0.14	0.13	0.12	0.133	0.15	0.13	0.13	0.123	0.13
澱粉 溶液 重 (公 克)	1	0.28	0.32	0.34	0.32	0.33	0.32	0.35	0.34	0.31	0.34	0.31	0.36	0.33	0.33
	2	0.33	0.37	0.34	0.34	0.39	0.33	0.31	0.36	0.31	0.38	0.39	0.34	0.36	0.30
	3	0.31	0.34	0.32	0.29	0.34	0.30	0.33	0.36	0.34	0.38	0.34	0.34	0.35	0.35
	平均	0.307	0.343	0.333	0.317	0.353	0.317	0.33	0.353	0.32	0.367	0.347	0.347	0.347	0.327
萃取 液滴 數	1	40	50	66	48	47	50	30	28	23	25	21	21	18	15
	2	44	58	56	43	46	48	27	25	23	23	21	22	18	15
	3	48	59	44	57	42	45	28	25	26	23	20	22	19	18
	平均	44	56	56	49	45	48	28	26	24	24	21	22	18	16
B:萃 取液 重 (公 克)	1	2.18	2.97	3.77	3.22	2.86	3.18	1.82	1.72	1.41	1.38	1.32	1.18	1.46	0.38
	2	2.47	3.31	3.31	2.8	2.94	2.82	1.72	1.75	1.45	1.40	1.32	1.23	1.15	0.92
	3	2.97	3.57	2.34	2.92	2.74	2.76	1.65	1.54	1.41	1.31	1.39	1.28	1.18	1.18
	平均	2.540	3.283	3.140	2.98	2.847	2.920	1.73	1.67	1.423	1.363	1.343	1.230	1.263	0.827
比值 (B/A)	平均	19.53	24.68	23.60	23.46	23.72	20.85	13.30	13.91	10.69	9.087	10.33	9.462	10.26	6.362
Ph 值		X	5.36	5.44	5.65	5.79	5.94	6.13	6.38	6.66	6.81	6.93	7.27	7.21	7.23

(二)高粱果實萃取液經過加熱至沸騰處理(100°C)，實驗結果如下：

日期		12/25	12/26	12/27	12/28	12/29	12/30	12/31	1/1	1/2	1/3	1/6	1/9	1/12
天數		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	16	19
A:碘 溶液 重 (公 克)	1	0.13	0.17	0.12	0.13	0.12	0.13	0.10	0.11	0.14	0.11	0.13	0.12	0.12
	2	0.13	0.12	0.12	0.14	0.11	0.14	0.14	0.12	0.16	0.13	0.14	0.13	0.14
	3	0.12	0.13	0.10	0.12	0.10	0.13	0.13	0.14	0.12	0.14	0.11	0.14	0.13
	平均	0.127	0.140	0.113	0.13	0.11	0.133	0.123	0.123	0.14	0.127	0.127	0.13	0.13
澱粉 溶液 重 (公 克)	1	0.35	0.43	0.34	0.31	0.38	0.43	0.33	0.34	0.32	0.32	0.37	0.34	0.38
	2	0.35	0.34	0.33	0.33	0.36	0.35	0.34	0.35	0.34	0.33	0.35	0.34	0.35
	3	0.35	0.31	0.30	0.34	0.36	0.31	0.34	0.35	0.30	0.31	0.36	0.35	0.36
	平均	0.350	0.360	0.323	0.327	0.367	0.363	0.337	0.347	0.320	0.32	0.36	0.343	0.363
萃取 液滴 數	1	54	75	60	49	45	30	28	22	23	25	22	19	18
	2	57	59	63	45	40	29	25	23	25	21	21	19	18
	3	52	58	70	43	37	28	25	24	24	20	20	19	19
	平均	54	64	64	46	41	29	26	23	24	23	21	19	18
B:萃 取液 重 (公 克)	1	3.33	4.75	4.18	2.78	2.80	2.29	1.62	1.35	1.51	1.46	1.29	1.09	1.13
	2	3.34	3.79	4.23	2.68	2.40	1.68	1.67	1.40	1.52	1.17	1.29	1.11	1.12
	3	3.24	3.82	4.12	2.37	2.15	1.61	1.50	1.44	1.42	1.27	1.21	1.14	1.14
	平均	3.300	4.120	4.177	2.610	2.450	1.86	1.597	1.397	1.483	1.300	1.263	1.113	1.13
比值 (B/A)	平均	25.984	29.429	36.965	20.077	22.273	13.985	12.984	11.358	10.593	10.236	9.945	8.562	8.692
Ph 值		5.64	6.01	5.85	5.87	6.12	6.43	6.77	6.99	7.06	7.15	7.27	7.30	7.40

七、實驗七：蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵的抗氧化能力實驗

實驗結果如下：

		固態發酵(不加糖)			液態發酵(加糖)		
		A(接觸空氣、無酒麴)	B(接觸空氣、有酒麴)	C(不接觸空氣、有酒麴)	ㄅ(接觸空氣、無酒麴)	ㄆ(接觸空氣、有酒麴)	ㄇ(不接觸空氣、有酒麴)
A 碘溶液重(公克)	1	0.11	0.14	0.12	0.12	0.11	0.13
	2	0.14	0.14	0.12	0.11	0.14	0.12
	3	0.10	0.12	0.14	0.15	0.11	0.12
	4	0.12	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12
	平均	0.118	0.133	0.126	0.125	0.1225	0.1225
澱粉水溶液重(公克)	1	0.31	0.32	0.32	0.34	0.32	0.31
	2	0.31	0.29	0.36	0.32	0.31	0.32
	3	0.31	0.33	0.30	0.30	0.34	0.32
	4	0.30	0.34	0.30	0.36	0.30	0.34
	平均	0.306	0.320	0.320	0.33	0.318	0.323
測試萃取液滴數	1	108	95	82	65	65	58
	2	110	97	83	64	65	58
	3	105	88	86	60	65	57
	4	106	93	85	70	63	60
	平均	107	93	84	65	65	58
B 測試萃取液重(公克)	1	5.85	4.30	3.18	2.97	2.65	3.06
	2	5.73	4.19	3.14	3.16	3.07	3.07
	3	5.91	4.20	3.77	3.18	3.30	2.99
	4	5.88	4.13	3.63	3.15	3.08	3.20
	平均	5.843	4.205	3.430	3.115	3.025	3.080
比值(B/A)	平均	49.517	31.617	27.222	24.920	24.694	25.143
Ph 值		4.56	4.90	6.05	6.76	5.66	5.70

柒、討論

一、本次研究的準備與改變

(一)高粱材料來源：

- 1、為了育苗做黃化苗與綠化苗抗氧化實驗，我們挑選金門耕作最常見二種品種：種籽外觀較紅的「金門九號」、種子外觀偏白的「台中五號」，另外一種為金門地區要推廣的大陸品種，詳細品種名稱不知。
- 2、實驗所用高粱材料大多為在校園內自種的「金門九號」高粱。
- 3、固態與液態發酵釀酒所用的高粱米與金門酒廠使用的高粱米是一樣的。

(二)研究實驗方法與記錄方式

- 1、做點滴實驗大都數採取記錄點滴的數量，除了點滴滴數外我們也記錄碘溶液、澱粉溶

液和材料萃取液的重量。

2、測量點滴滴數以體積為主，滴液的體積限於器材與方法，比較難測量精準，且滴液體積會受溫度冷熱影響，以及操作手勁、滴管口徑…等因素而產生較大的誤差，故我們使用精密電子磅秤來測量重量會比較準確。我們實驗用精密秤測得的萃取液的重量(B)與碘溶液的重量(A)，以萃液/碘液重量比法(B/A)來比較抗氧化能力大小，會得到較精準的比較，另以萃取液的重量與點滴滴數法做為實驗結果的輔助數據。

3、我們使用的精密電子磅秤最小數值為 0.01 公克，極為靈敏所以操作小心，難免會有誤差。

二、正式實驗

【實驗一】探討高粱綠化苗與黃化苗的的抗氧化能力。

<方法>(1)將高粱材料與水依重量 1:10 比率加入果汁機中進行榨取，後用濾網過濾取得材料萃取液後放入三角燒瓶用瓶塞密封。(2)將裝有還原指示劑的玻璃瓶放在精密電子秤上。(3)用點滴管吸取各材料的萃取液，滴入裝有還原指示劑的玻璃容器中進行點滴。(4)記錄還原指示劑藍色消失時各萃取液滴入的點滴數與重量，記錄並繪出萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)長條圖進行分析，如下圖所示。

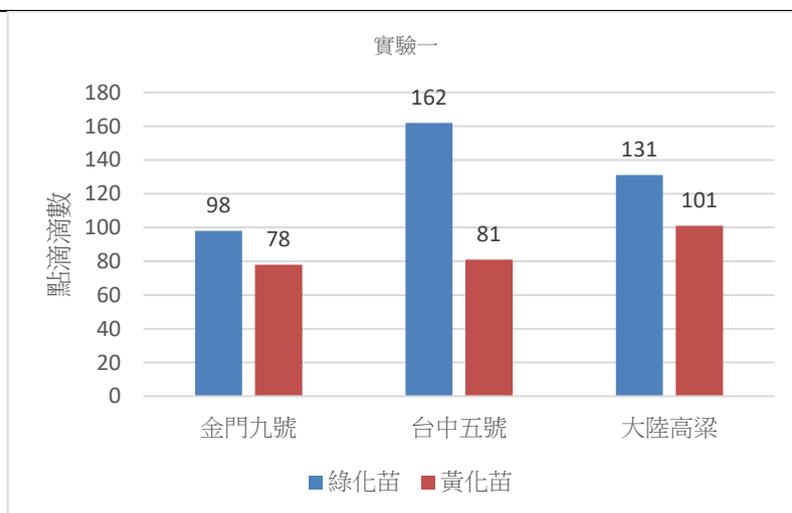


圖 7.1 氧化能力-萃取液滴數法(N)vs 高粱幼苗綠黃化長條圖

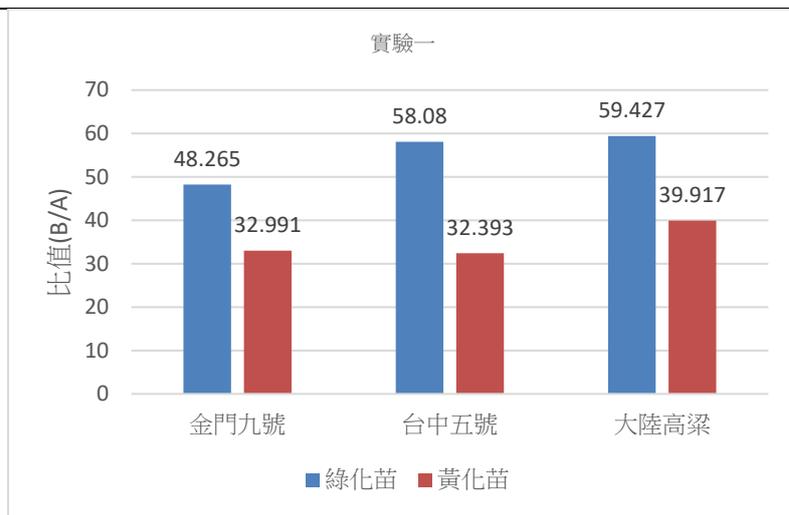


圖 7.2 氧化能力-萃液/碘液重量比法(B/A)vs 高粱幼苗綠黃化長條圖

<結果>

1. 利用萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)來觀測三種不同品種高粱抗氧化能力趨勢大致相同：黃化苗 > 綠化苗。
2. 萃取液滴數法(N)，綠化苗抗氧化能力：金門 9 號 > 大陸 > 台中 5 號。
3. 萃取液滴數法(N)，黃化苗抗氧化能力：金門 9 號 > 台中 5 號 > 大陸。
4. 萃液/碘液重量比法(B/A)，綠化苗抗氧化能力：金門 9 號 > 大陸 > 台中 5 號。
5. 萃液/碘液重量比法(B/A)，黃化苗抗氧化能力：台中 5 號 > 金門 9 號 > 大陸。

<發現>

三種不同品種高粱平均抗氧化能力 B/A (黃化苗 35.1 > 綠化苗 55.26)，黃化苗的抗氧化能力為綠化苗的 1.57 倍。而只要減少日光照射，幼種苗黃化後，似乎抗氧化能力會有所提升。萃液/碘液重量比法(B/A)：綠化苗抗氧化能力：金門 9 號 > 大陸 > 台中 5 號。萃液/碘液重量比法(B/A)：黃化苗抗氧化能力：台中 5 號 > 金門 9 號 > 大陸。平均而言，金門 9 號在綠化苗及黃化苗中抗氧化能力都是較優的，再者是台中 5 號，大陸的最差。

<探究分析>

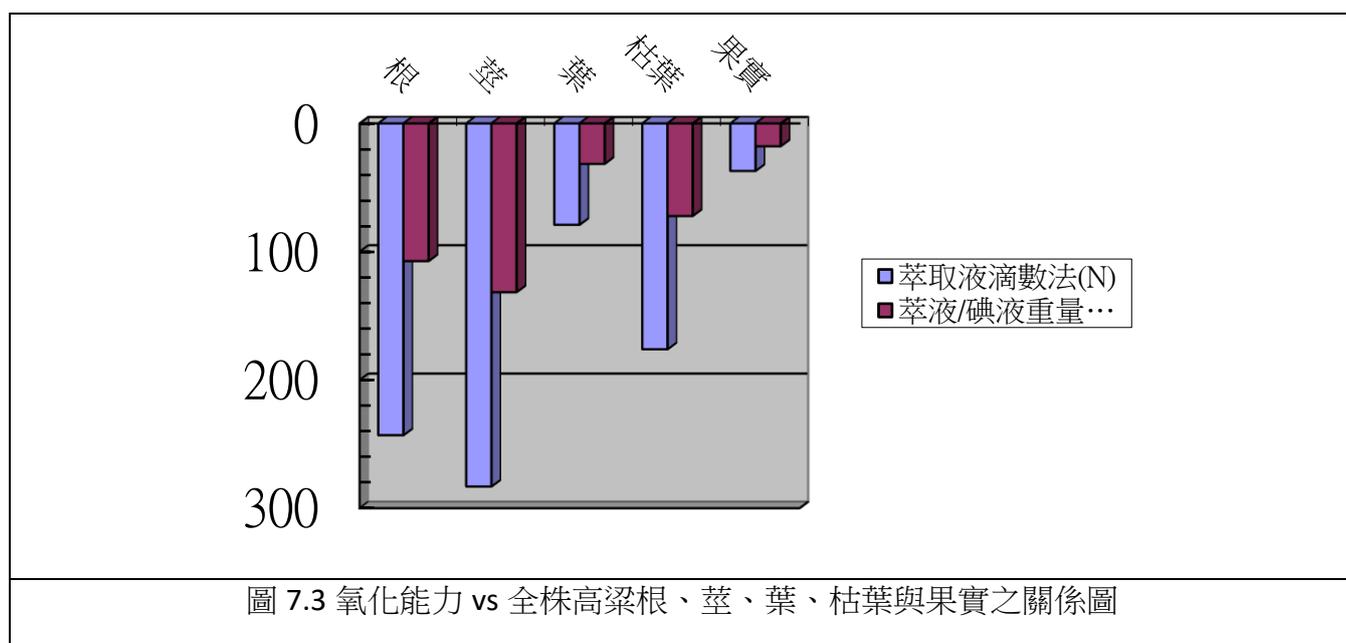
我們獨創的萃液/碘液重量比法(B/A)觀測是可以取代萃取液滴數法(N)，兩者趨勢大致相同，而且使用電子精密秤得重量比為量測依據，實測理論上較為精確。

高粱幼苗抗氧化能力 (黃化苗 > 綠化苗)，根據【一】陳振義(2011)。「不同水稻幼苗萃液抗氧化能力之測定」。臺東區農業改良場研究彙報。提出(Trolox 當量抗氧化測定以臺中秈 10 號 14 天黃化苗抗氧化能力最高)，似乎與我們研究的三種高粱品種黃化苗趨勢相似，也就是高粱黃化苗也比綠化苗的抗氧化能力來的高，我們合理推論：高粱幼苗經黑暗處理也可以提高抗氧化能力。

除了幼苗有抗氧化能力，那全株的每個部位都會嗎？所以我們必需進行下面的研究。

【實驗二】 探討全株高粱根、莖、葉、枯葉與果實的抗氧化能力。

<方法>將採收的全株高粱依根、莖、葉、枯葉與果實進行材料分類 (二) 榨取高粱各部位材料的萃取液，並進抗氧化能力點滴實驗，步驟如同二、實驗一(三)、(四)、(五)、(六)。記錄並繪出萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)長條圖進行分析，如下圖所示。



<結果>

1. 利用萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)來觀測全株高粱抗氧化能力趨勢大致相同。
2. 全株高粱抗氧化能力由大致小排列(B/A)：果實 (17.79) > 葉(31.48) > 枯葉(72.15) > 根 (107.27) > 莖(131.53)。
3. 全株高粱抗氧化能力，果實為最佳、莖為最差，相差近 7.29 倍。

<發現>

全株高粱抗氧化能力由大致小排列(B/A)：果實 (17.79) > 葉(31.48) > 枯葉(72.15) > 根 (107.27) > 莖(131.53)。果實為最佳、莖為最差，兩者相差近 7.29 倍。

【實驗三】 探討全株高粱被遮光後，高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力。

<方法>(1)用黑色塑膠袋將成株高粱覆蓋遮光，約經過三週後將高粱採收依根、莖、葉、果實等材料分類。(2) 榨取高粱各部位材料的萃取液，並進抗氧化能力點滴實驗，步驟如同二、實驗一(三)、(四)、(五)、(六)。記錄並繪出萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)直方圖進行分析，如下圖所示。

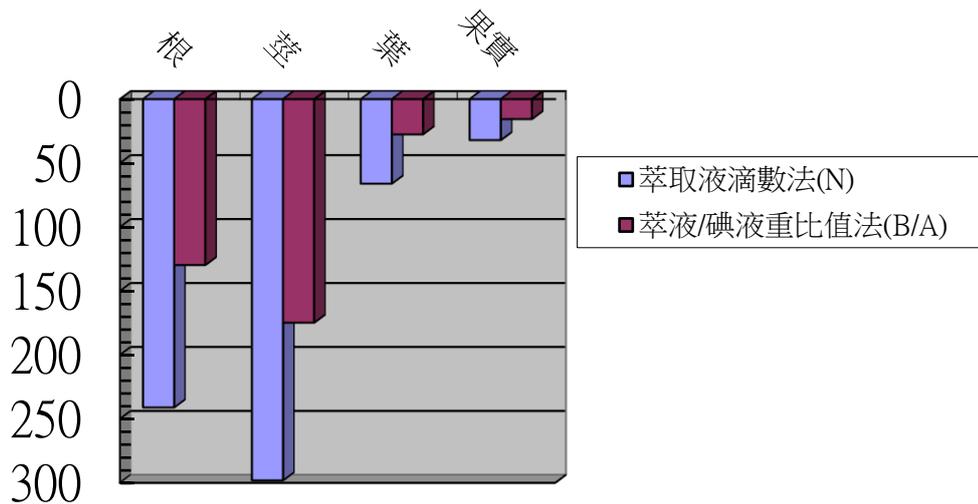


圖 7.5 氧化能力 vs 全株高粱被遮光後根、莖、葉與果實之關係圖

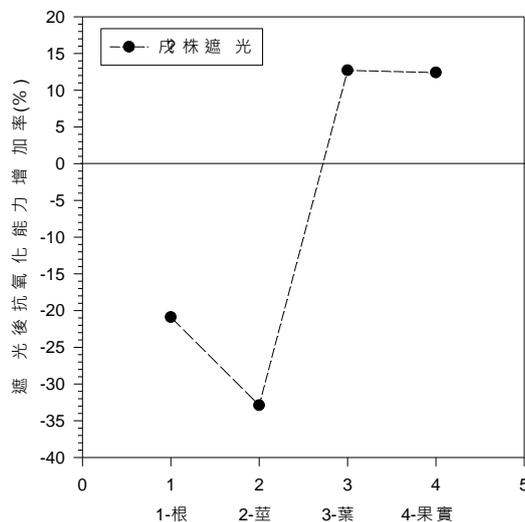


圖 7.6 遮光後抗氧化能力增加率 vs 全株高粱被遮光後之根、莖、葉與果實之關係圖

<結果>

1. 利用萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)觀測全株高粱被遮光後，高粱根、莖、葉與果實抗氧化能力趨勢一致。
2. 全株高粱被遮光後抗氧化能力由大到小排列(B/A)：果實 (15.58) > 葉(27.50) > 枯葉(72.15) > 根(129.73) > 莖(174.79)。
3. 與遮光前比較，全株高粱被遮光後抗氧化能力增加率：葉(+12.7%) > 果實(+12.4%) > 根(-20.9%)。莖(-32.9%)。

<發現>

全株高粱被遮光後抗氧化能力由大到小排列(B/A)：果實 (15.58) > 葉(27.50) > 枯葉 (72.15) > 根(129.73) > 莖(174.79)。果實為最佳、莖為最差，兩者相差近 11.22 倍。全株高

高粱被遮光後抗氧化能力增加率：葉(+12.7%) > 果實(+12.4%) > 根(-20.9%)。葉(-32.9%)。

<探究分析>

全株高粱被遮光後，葉及果實的抗氧化能力是增加的，而根及莖是減少的，我們推論：可能與葉綠素作用有關，葉綠素為植物特有酵素，藉由化學的氧化-還原作用，將光能轉化成為其他能量儲存起來，若能減少葉綠素作用，就可降低氧化作用，進而達到抗氧化作用。

【實驗四】探討高粱葉子部分遮光與不遮光的抗氧化能力。

<方法> (1)用錫箔紙將數棵高粱的部分葉片包住避免日照，經過約 1 個月後，摘取這些有遮光的葉片、同株不遮光葉片以及異株沒有任何有遮光處理的葉片材料。(2)萃取各類高粱葉片的萃取液，並進抗氧化能力點滴實驗，步驟如同二、實驗一(三)、(四)、(五)、(六)。記錄並繪出萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)直方圖進行分析，如下圖所示。

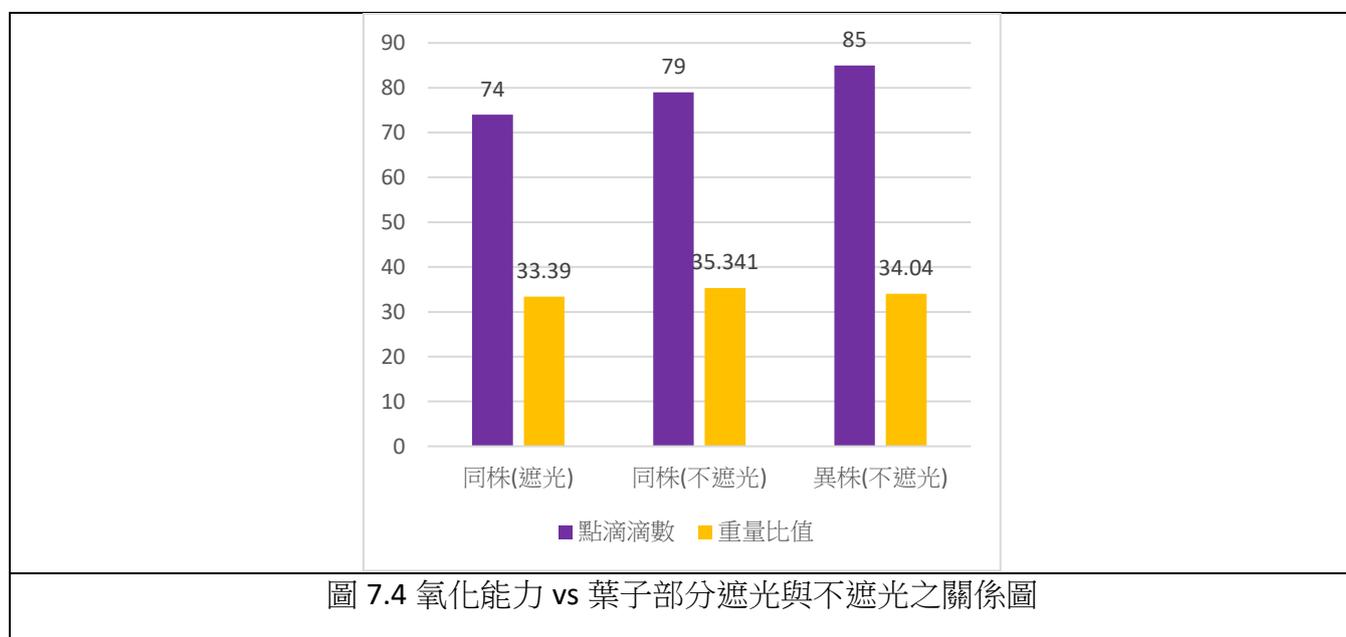


圖 7.4 氧化能力 vs 葉子部分遮光與不遮光之關係圖

<結果>

1. 利用萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)觀測葉子部分遮光與不遮光抗氧化能力趨勢一致。
2. 部份葉子遮光的抗氧化能力：同株(遮光)(B/A=33.39) > (不遮光)同株(B/A=35.34)或異株(B/A=34.04)。
3. 同株(遮光)分別與不遮光的同株或異株葉相比，分別提高 5.52%、1.91%抗氧化能力。

<發現>

部份葉子遮光的抗氧化能力：同株(遮光)(B/A=33.39) > (不遮光)同株(B/A=35.34)或異株(B/A=34.04)，分別提高 5.52%、1.91%抗氧化能力。

<探究分析>

由【實驗一】、【實驗二】、【實驗三】、【實驗四】實驗結果來看，無光照處理會增加葉子的抗氧化能力，即使只有部分葉子遮光也會增加抗氧化能力。更加證明我們推論：抗氧化能力可能與葉綠素作用有關。

【實驗五】探討高粱果實萃取液的抗氧化能力與溫度的關係。

<方法> (1)採收種植高粱的果實(2)如同二、實驗一(二)步驟榨取出高粱果實的萃取液。(3)溫度處理：將適量的萃取液放入鋼杯，鋼杯插入溫度計測溫，利用電磁爐將鋼杯中的高粱種籽萃取液加熱，當溫度達到測試的溫度就關掉電源停止加熱，冷卻後放入三角燒瓶用瓶塞密封，備用。處理的溫度分別是常溫(不加熱)、30°C、50°C、70°C、90°C、100°C。(4)將溫度處理後的萃取液進行抗氧化能力點滴實驗，步驟如同二、實驗一(三)、(四)、(五)、(六)。記錄並繪出金門9號高粱氧化能力與萃取溫度關係圖進行分析，如下圖所示。

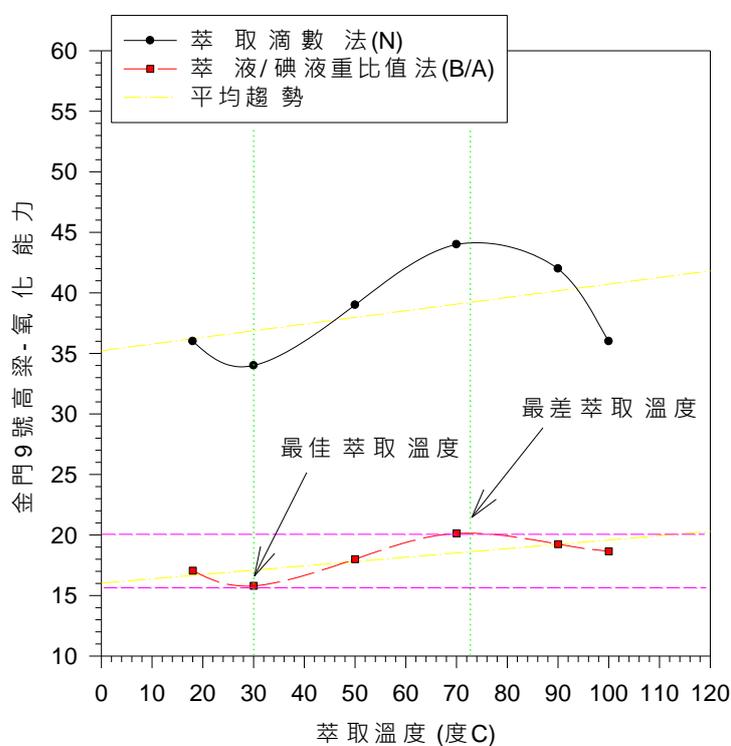


圖 7.7 氧化能力 vs 萃取溫度關係圖

<結果>

1. 利用萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)觀測果實萃取液的抗氧化能力趨勢一致。
2. 果實萃取溫度與氧化能力呈正相關性，也就是果實萃取溫度與抗氧化能力呈負相關性。
3. 溫度 30 度 C 為最佳萃取溫度，73 度 C 為最差萃取溫度。
4. 萃取溫度 ≤ 50 度 C，即可提高 56% 的相對氧化能力。

<發現>

果實萃取溫度與抗氧化能力呈負相關性。溫度 30 度 C 為最佳萃取溫度，73 度 C 為最差萃取溫度。

<探究分析>

果實萃取溫度與抗氧化能力呈負相關性，我們推論：在高溫時氧化作用會增加，如同燃燒作用一樣，溫度高元素活性提升、氧化作用也提升，故只要降低萃取溫度就會讓氧化速度趨緩，進而達到抗氧化效果，但溫度不是越低越好，我們實驗高粱品種以金門 9 號為例，在溫度 30 度 C 時為最佳萃取溫度。

【實驗六】探討高粱果實萃取液在接觸空氣下抗氧化能力與時間的關係。

<方法>(1)照六、實驗五(一)、(二)步驟取得高粱果實的萃取液。(2)將部份高粱果實的萃取液裝入一個三角燒瓶中，另外一部份的高粱果實的萃取液用電磁爐加熱沸騰，待冷卻後中入另一個三角燒瓶中。(3)將(二)兩個三角燒瓶的瓶口打開不密封，讓瓶內高粱果實的萃取液接觸到空氣。(4)每隔一段時間依二、實驗一(三)、(四)、(五)、(六)的步驟進行抗氧化能力實驗；剛開始每一天測試一次(9~10天)，之後每三天測試一次(共三次)。記錄並繪出金門 9 號高粱氧化能力與萃取放置時間關係圖進行分析，如下圖所示。

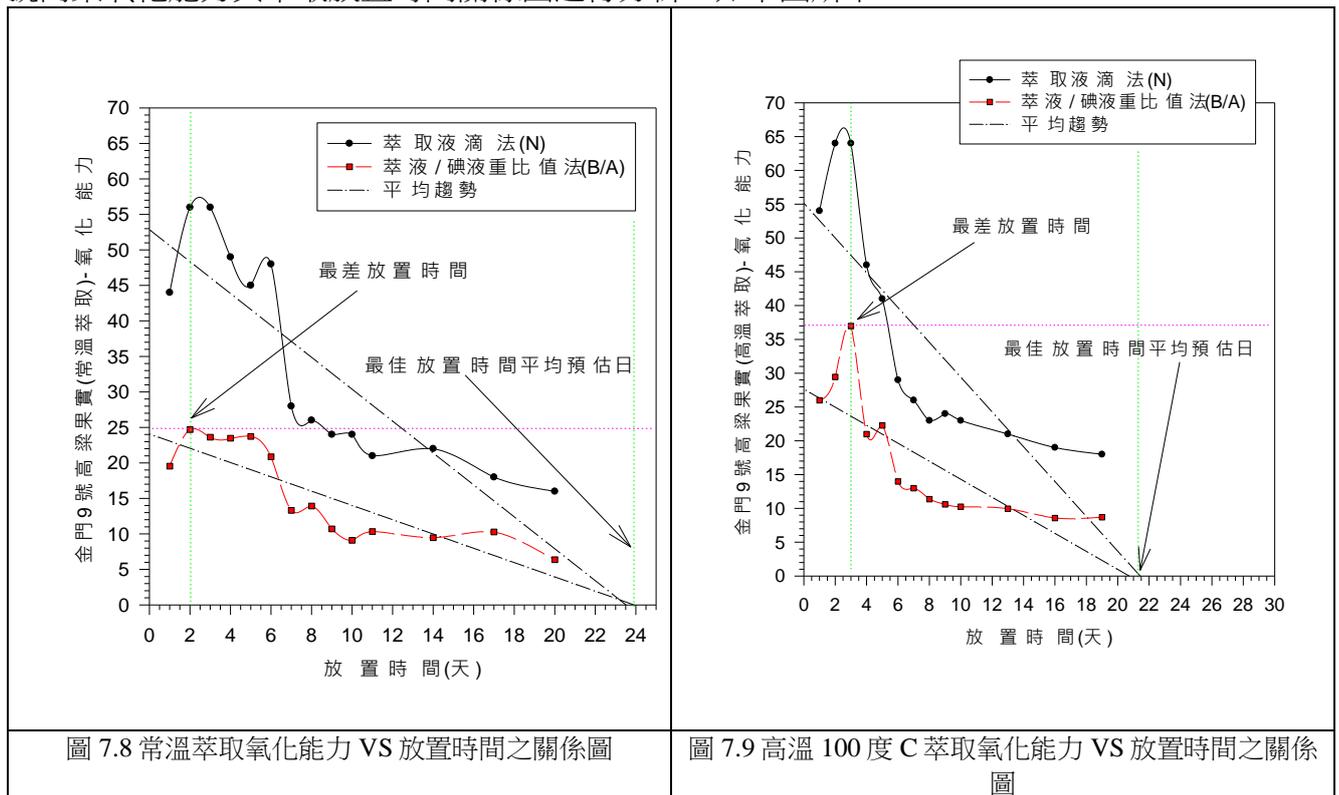


圖 7.8 常溫萃取氧化能力 VS 放置時間之關係圖

圖 7.9 高溫 100 度 C 萃取氧化能力 VS 放置時間之關係圖

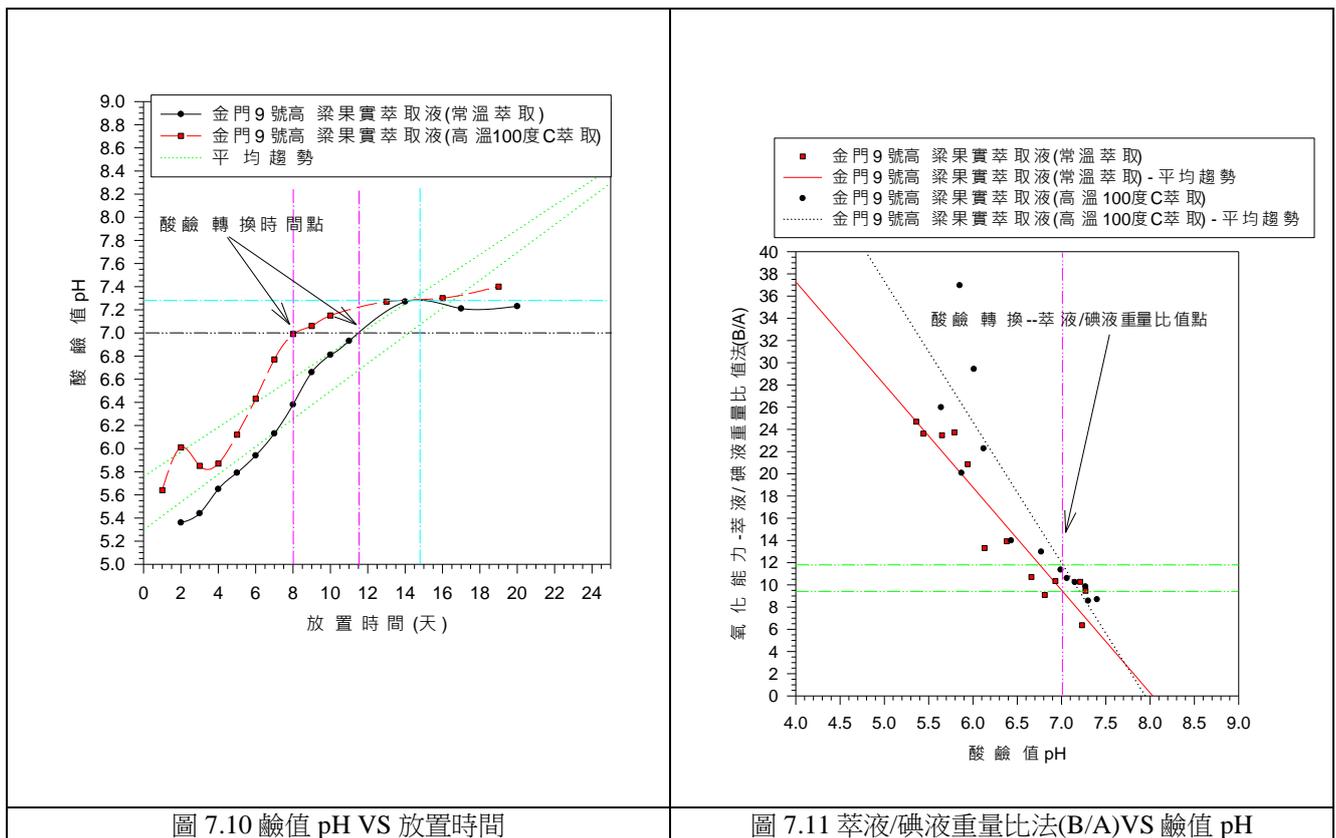


圖 7.10 酸鹼值 pH VS 放置時間

圖 7.11 萃液/碘液重量比法(B/A) VS 酸鹼值 pH

<結果>

1. 利用萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)觀測果實萃取液的抗氧化能力趨勢一致。
2. 常溫萃取及高溫 100 度 C 萃取接觸空氣時間與氧化能力都呈負相關性，也就是萃取接觸空氣時間與抗氧化能力呈正相關性。
3. 常溫萃取接觸空氣時間在第 24 天時，為最佳放置時間。高溫 100 度 C 萃取接觸空氣時間在第 21 天時，為最佳放置時間。
4. 萃取液酸鹼值 pH 與接觸空氣時間呈正相關性。
5. 常溫萃取：前期為 pH 酸性期，第 11.5 天為 pH=7 中性期(此時 B/A=9，可達 84.3% 抗氧化能力)，第 11.5 天後為 pH 鹼性期。
6. 高溫 100 度 C 萃取：前期為 pH 酸性期，第 8 天為 pH=7 中性期(此時 B/A=12，可達 68.4 % 抗氧化能力)，第 8 天後為 pH 鹼性期。

<發現>

常溫萃取及高溫 100 度 C 萃取接觸空氣時間與抗氧化能力呈正相關性。萃取液酸鹼 pH 值與接觸空氣時間呈正相關性。最佳放置時間：常溫萃取為第 24 天時；高溫 100 度 C 萃取為第 21 天。常溫萃取：第 11.5 天為 pH=7 中性期(此時 B/A=9，可達 84.3% 抗氧化能力)；高溫 100 度 C 萃取：第 8 天為 pH=7 中性期(此時 B/A=12，可達 68.4% 抗氧化能力)。

<探究分析>

萃取液接觸空氣時間與抗氧化能力呈正相關性，但提高萃取溫度後由酸變鹼的時間可縮短，我們推論：提高萃取溫度，會加速化學反應，進而提早由酸變鹼期，但抗氧化能力會有些許下降。

【實驗七】探討蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵的抗氧化能力。

<方法> (1)分別量取 200 公克的生高粱米及 200 公克的水放入兩個鍋盆中，將裝有生高粱米及水的兩個鍋盆一起放入電鍋中蒸煮，經過一小時多電源跳開關閉，待溫度下降打開電鍋取出裝有蒸熟高粱米飯的兩個鍋盆。(2)將其一鍋盆放入 200 公克白砂糖後充分攪拌(液態發酵)，另一鍋盆不加糖(固態發酵)。(3)先從步驟(二)兩鍋盆中各取出部分高粱米飯，分別裝入兩個空罐子中，罐口皆不封閉。(4)將步驟(三)兩鍋盆剩餘的高粱米飯分別加入少許酒麴後充分攪拌讓米飯有酵母菌進行發酵，再將加了酒麴的加糖與沒加糖的鍋盆中的高粱米飯全倒出，每一鍋盆加了酒麴的高粱米飯再分裝入兩個空罐子中，裝完後其一罐子罐口密閉不接觸空氣，另一罐子罐口封閉不接觸空氣，所以加酒麴兩個鍋盆的高粱米飯共裝入有 4 個罐子(5)依高粱酒釀造中高粱米飯發酵要十數天再蒸餾的過程，將裝有高粱米飯的罐子置放約兩星期後，依實驗一(三)、(四)、(五)、(六)的步驟進行抗氧化能力實驗。記錄並繪出萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)直方圖進行分析，如下圖所示。

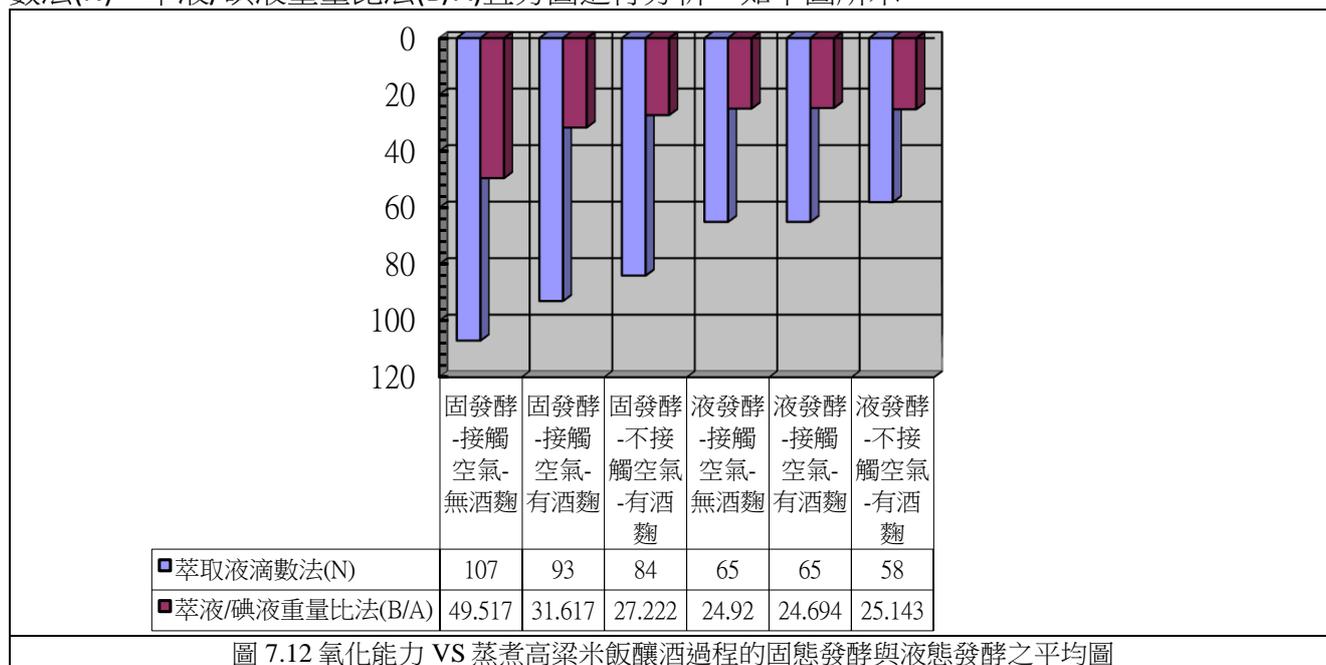


圖 7.12 氧化能力 VS 蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵之平均圖

<結果>

1. 利用萃取液滴數法(N)、萃液/碘液重量比法(B/A)觀測果實萃取液的抗氧化能力趨勢一致。
2. 蒸煮高粱米飯釀酒過程的平均抗氧化能力(B/A)：液態發酵(24.92) > 固態發酵(36.12)。
3. 固態發酵-接觸空氣的抗氧化能力：有酒麴 > 無酒麴。固態發酵-有酒麴的抗氧化能力：不接觸空氣 > 接觸空氣。
4. 液態發酵-接觸空氣的抗氧化能力：有酒麴 > 無酒麴。液態發酵-有酒麴的抗氧化能力：不接觸空氣 > 接觸空氣。

<發現>

蒸煮高粱米飯釀酒過程的平均抗氧化能力(B/A)：液態發酵(24.92) > 固態發酵(36.12)。固、液態發酵-接觸空氣的抗氧化能力：有酒麴 > 無酒麴。固、液態發酵-有酒麴的抗氧化能力：不接觸空氣 > 接觸空氣。

三、可以加強的方向及其他

- (一)實驗一中我們以幼苗全株來榨取萃取液，但也可以依根、莖、葉分類來進行實驗，因實驗材料不足，故沒有做更精細的分類。
- (二)實驗一與實驗三中的黑暗處理可以加入時間因素，以求得黑暗處理時間下的抗氧化能力變化，或許可以找出提升抗氧化能力最經濟與最佳的時間點。
- (三)實驗六中萃取液與空氣接觸會因蒸發作用而改變萃取液的濃度，故用開口比較小的三角燒瓶裝盛萃取液以減少蒸發量，且在實驗期間觀察整體萃取液量的蒸發量，發現蒸發量比率極少，所以實驗忽略不計，但如果能用精密秤測量蒸發量來判斷實驗數據會更好，可以減少實驗誤差。
- (四)在實驗六高粱果實萃取液的抗氧化能力與時間的關係實驗中，抗氧化能力不可能無限進行下去，什麼時間抗氧化能力停止增加轉為減少？因為時間關係沒有繼續進行，故不得而知，只有用統計方法推測最理想的時間。

捌、結論

- 一、金門 9 號、台中 5 號、大陸三種不同高粱品種平均抗氧化能力 B/A (黃化苗 35.1 > 綠化苗 55.26)，黃化苗的抗氧化能力為綠化苗的 1.57 倍。萃液/碘液重量比法(B/A)：綠化苗抗氧化能力→金門 9 號 > 大陸 > 台中 5 號；黃化苗抗氧化能力→台中 5 號 > 金門 9 號 > 大陸。平均而言，金門 9 號在綠化苗及黃化苗中抗氧化能力都是較優的，再者是台中 5 號，大陸的最差。
- 二、全株高粱抗氧化能力由大致小排列(B/A)：果實 (17.79) > 葉(31.48) > 枯葉(72.15) > 根 (107.27) > 莖(131.53)。果實為最佳、莖為最差，兩者相差近 7.29 倍。
- 三、全株高粱被遮光後抗氧化能力由大到小排列(B/A)：果實 (15.58) > 葉(27.50) > 枯葉(72.15) > 根(129.73) > 莖(174.79)。果實為最佳、莖為最差，兩候相差近 11.22 倍。全株高粱被遮光後抗氧化能力增加率：葉(+12.7%) > 果實(+12.4%) > 根(-20.9%)。葉(-32.9%)。
- 四、部份葉子遮光的抗氧化能力：同株(遮光)(B/A=33.39) > (不遮光)同株(B/A=35.34)或異株 (B/A=34.04)，分別提高 5.52%、1.91%抗氧化能力。
- 五、果實萃取溫度與抗氧化能力呈負相關性。溫度 30°C 為最佳萃取溫度，73°C 為最差萃取

溫度。

- 六、常溫萃取及高溫 100 度 C 萃取接觸空氣時間與抗氧化能力呈正相關性。萃取液酸鹼 pH 值與接觸空氣時間呈正相關性。最佳放置時間：常溫萃取為第 24 天時；高溫 100 度 C 萃取為第 21 天。常溫萃取：第 11.5 天為 pH=7 中性期(此時 B/A=9，可達 84.3% 抗氧化能力)；高溫 100 度 C 萃取：第 8 天為 pH=7 中性期(此時 B/A=12，可達 68.4% 抗氧化能力)。
- 七、蒸煮高粱米飯釀酒過程的平均抗氧化能力(B/A)：液態發酵(24.92) > 固態發酵(36.12)。固、液態發酵-接觸空氣(不密封)的抗氧化能力：有酒麴 > 無酒麴。固、液態發酵-有酒麴的抗氧化能力：不接觸空氣(密封) > 接觸空氣。
- 八、綜合以上，如果蒸煮高粱米飯釀酒過程中不考慮風味問題，要提高釀造高粱酒抗氧化能力，我們可以：(一)高粱果實種植時黑暗處理(提高 12.4%)。(二)加糖(液態發酵)。(三)加酒麴發酵。(四)發酵時不接觸空氣。如果要開發以高粱材料為主的抗氧化產品，我們可以：(一)使用高粱果實為材料。(二)高粱果實種植時黑暗處理(提高 12.4%)。(三)不蒸煮(溫度會破壞抗氧化能力)。(四)約 30°C 進行萃取。(五)接觸空氣理想天數 24 天(第 11.5 天，就可達 84.3% 抗氧化能力)，或許外加加糖、加酒麴與不接觸空氣發酵等過程亦有可能提昇抗氧化能力。

玖、參考資料

- 一、陳振義(2011)。「不同水稻幼苗萃取液抗氧化能力之測定」。臺東區農業改良場研究彙報。https://www.ttdares.gov.tw/upload/ttdares/files/web_structure/4478/10008a003.pdf
- 二、林佳恩等人(2015)。「果」然不一樣。2015 全國科學探究競賽-這樣教我就懂 動物組 <http://sciexplore2015.colife.org.tw/Upload/443.pdf>
- 三、呂怡萱等人(2008)。抗氧化能力測定與應用。中華民國第 47 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 四、黃良賢(2004)。熱處理對水果抗氧化的影響。臺灣 2004 年國際科學展覽會作品說明書。

備註

- 一、本次研究中的實驗用每次的高粱萃取液及碘液點滴數的重量控制、加熱過程中溫度恆溫控制不易等，所以會產一些的操作及觀測誤差值。
- 二、本件作品是屬於科學實驗製作方法類。

【評語】 080206

本作品在探討高粱各部位的抗氧化能力，利用碘液滴定法進行分析，同時對於萃取溫度、遮光實驗、空氣、蒸煮、發酵，以及萃取液酸鹼值等因素與抗氧化能力的相關性，也進行探討。本作品以金門高粱抗氧化能力探討結合地區特產做為研究題材，與過去參展及研究成果相比較，正確呈現實驗相近及差異處，值得嘉許。然而研究工作中針對全株高粱進行分析，發現抗氧化能力的效力為：果實>葉>枯葉>根>莖，但因多為非可食用部分，研究動機為何，應多加說明。同時因為採樣分項細緻，實驗數據量較大，所以在結果分析及表達時可以再更精簡、明瞭。本研究為利用現有方法延續性發展分析另一植物的抗氧化能力，較無新意。實驗日誌的記錄方式過於簡略，部分字跡太過潦草，也有許多空白處，建議應詳實紀錄實驗步驟、實驗數據及實驗結果分析方式。

壹、研究動機

在 2017 年暑假八月，走在金門田野已經可以看到部分農田插滿了高粱幼苗。我生長在金門，常常看得到高粱的種植與收割的景色，也享受到高粱給我的福利，它對我來說既熟悉又陌生，熟悉的是金門高粱產品揚名中外，不熟悉的是我很少接觸並研究它，看到高粱田不禁想起上次做科展時，只有研究高粱釀酒產物的酒醪與酒糟的抗氧化能力，那麼整株高粱植物各部位抗氧化能力又如何呢？日照會不會影響？溫度、空氣會不會破壞？固態發酵與液態發酵有何差異？於是在暑假結束後，請求老師與一群志同道合的同學進行這一次的實驗。

開學後種植高粱雖然有些晚但還來得及，我們趕快把握最後季節時間耕作，透過親友的幫忙，我們取得金門農友常種的「金門九號」高粱種籽，後陸續又取得其他品種的種子，而在老師與學校警衛叔叔指導下，將校園一塊空花圃鬆土除草，開始種植「金門九號」高粱。在種植期間，高粱田竟成校園特殊景色，同學好奇來撫摸詢問，幼兒園的小朋友們也來此做教學觀察，甚至台灣外訪學校的客人以高粱為背景進行拍照。經過三個月的灌溉照顧，到了十二月份，高粱大致都成長並成熟，我們終於有材料進行這次計畫已久的實驗。

貳、研究目的

- 一、探討高粱綠化苗與黃化苗的的抗氧化能力。
- 二、探討全株高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力。
- 三、探討全株高粱被遮光後，高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力。
- 四、探討高粱葉子部分遮光與不遮光的抗氧化能力。
- 五、探討高粱果實萃取液的抗氧化能力與溫度的關係。
- 六、探討高粱果實萃取液在接觸空氣下抗氧化能力與時間的關係。
- 七、探討蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵的抗氧化能力。

參、參考文獻

請參考作品說明書

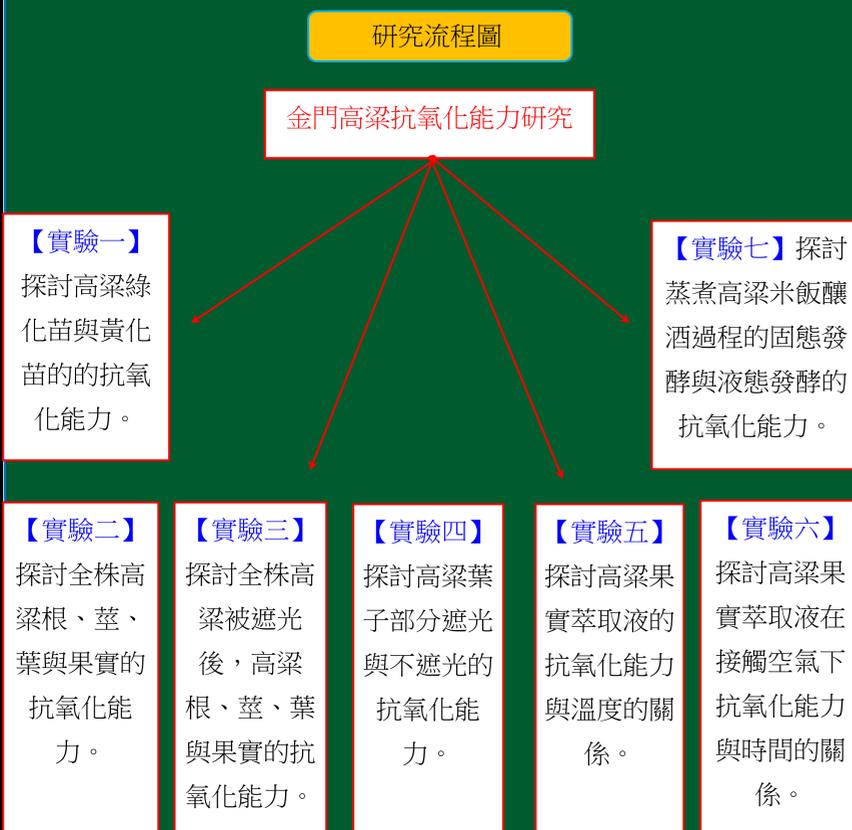


肆、研究設備和器材

工具器材	數量	工具器材	數量	材料	數量
相機	1 台	廣口瓶	6 個	高粱種籽(金門九號)	1 包
榨汁機	1 台	溫度計	1 個	高粱種籽(台中五號)	1 包
燒杯	6 個	水果刀	1 把	高粱種籽(大陸高粱)	1 包
鍋子	1 包	玻璃容器	6 個	碘酒	1 瓶
精密電子磅秤 (0.01 克)	1 台	電磁爐	1 台	玉米粉	1 包
酸鹼測試儀器	1 台	鍋盆	2 個	生高粱米	1 包
三角燒瓶	6 個	紙碗	12 個	酒麴	1 顆
塑膠滴管	4 支	空罐	6 個	砂糖	1 包
篩網	1 個	紙箱	1 個	錫箔紙	1 捲
				培養土	1 包



伍、研究過程 或方法



分析

- 1.比較高粱綠化苗(光照處理)與黃化苗(黑暗處理)的抗氧化能力。
- 2.比較高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力。
- 3.比較經過遮光處理後，高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力
- 4.比較高粱葉子部分遮光與不遮光的抗氧化能力。
- 5.比較高粱果實萃取液的抗氧化能力與溫度的關係。
- 6.比較高粱果實萃取液在接觸空氣下抗氧化能力與時間的關係。
- 7.比較蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵的抗氧化能力。

一、實驗準備：

- (一)種植高粱：選用「金門九號」
- (二)製作還原指示劑(採間接點滴法)



圖 5.1 選種(金門九號)



圖 5.2 育苗(106 年 9 月)



圖 5.3 種植(106 年 9 月)



圖 5.4 成熟(106 年 12 月)

二、實驗一：高粱黃化苗與綠化苗的抗氧化能力



圖 5.5 選種



圖 5.6 三品種高粱育苗



圖 5.7 移入紙箱遮光(黑暗)處理



圖 5.8 綠化苗(光照)與黃化苗(黑暗)



圖 5.9 榨取萃取液



圖 5.10 各類幼苗萃取液裝瓶待測

三、實驗二：高粱根、莖、葉、枯葉與果實的抗氧化能力



圖 5.11 採收全株高粱



圖 5.12 切割高粱植物本體



圖 5.13 高粱之根、莖、葉、枯葉、果實



圖 5.14 高粱各部位榨取萃液裝瓶待測

四、實驗三：全株高粱被遮光後，高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力



圖 5.15 高粱全株覆蓋黑色塑膠袋



圖 5.16 整株採收



圖 5.17 高粱之根、莖、葉、果實



圖 5.18 高粱各部位榨取萃液裝瓶待測

五、實驗四：高粱葉子部分遮光與不遮光的抗氧化能力



圖 5.19 高粱葉片包覆錫箔紙遮光



圖 5.20 剪取葉片



圖 5.21 高粱葉片分類



圖 5.22 點滴測試

六、實驗五：高粱果實萃取液的抗氧化能力與溫度的關係

七、實驗六：高粱果實萃取液在接觸空氣下抗氧化能力與時間關係實驗



圖 5.23 採集高粱果實



圖 5.24 高粱果實萃取液過濾



圖 5.25 高粱果實萃取液加熱處理



圖 5.26 溫度處理後裝入三角燒瓶待測

八、實驗七：蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵的抗氧化能力



圖 5.27 蒸煮高粱米飯



圖 5.28 高粱米飯加糖



圖 5.29 加入酒麴



圖 5.30 置放發酵

陸、研究結果

請參考作品說明書

柒、討論

一、本次研究的準備與改變

(一)高粱材料來源：

- 1、黃化苗與綠化苗抗氧化實驗：「金門九號」、「台中五號」與「大陸品種」。
- 2、實驗所用高粱材料大多為在校園內自種的「金門九號」高粱。
- 3、固態與液態發酵釀酒所用的高粱米與金門酒廠使用的高粱米是一樣的。

(二)研究實驗方法與記錄方式

實驗除了記錄萃取液點滴滴數(N)外，另使用精密秤記錄了碘溶液重量(A)與萃取液重量(B)，另外加入獨創的”萃液/碘液重量比法(B/A)”觀測以減少誤差。

二、正式實驗

【實驗一】高粱綠化苗與黃化苗抗的抗氧化能力

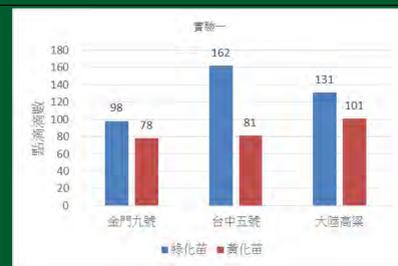


圖 7.1 氧化能力-萃取液滴數法(N)vs 高粱幼苗綠黃化長條圖



圖 7.2 氧化能力-萃液/碘液重量比法(B/A)vs 高粱幼苗綠黃化長條圖

<發現>

三種不同品種高粱平均抗氧化能力 B/A (黃化苗 35.1 > 綠化苗 55.26)，黃化苗的抗氧化能力為綠化苗的 1.57 倍。而只要減少日光照射，幼種苗黃化後，似乎抗氧化能力會有所提升。萃液/碘液重量比法(B/A)：綠化苗抗氧化能力：金門 9 號 > 大陸 > 台中 5 號。萃液/碘液重量比法(B/A)：黃化苗抗氧化能力：台中 5 號 > 金門 9 號 > 大陸。平均而言，金門 9 號在綠化苗及黃化苗中抗氧化能力都是較優的，再者是台中 5 號，大陸的最差。

<探究分析>

我們獨創的萃液/碘液重量比法(B/A)觀測是可以取代萃取液滴數法(N)，兩者趨勢大致相同，而且使用電子精密秤得重量比為量測依據，實測理論上較為精確。

高粱幼苗抗氧化能力(黃化苗 > 綠化苗)，根據【一】陳振義(2011)。「不同水稻幼苗萃取液抗氧化能力之測定」。臺東區農業改良場研究彙報。提出(Trolox 當量抗氧化測定以臺中 10 號 14 天黃化苗抗氧化能力最高)，似乎與我們研究的三種高粱品種黃化苗趨勢相似，也就是高粱黃化苗也比綠化苗的抗氧化能力來的高，我們合理推論：高粱幼苗經黑暗處理也可以提高抗氧化能力。

【實驗二】探討全株高粱根、莖、葉、與果實的抗氧化能力

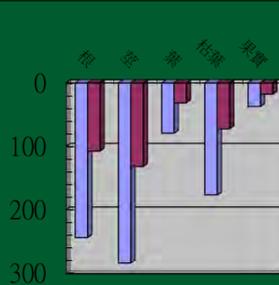


圖 7.3 氧化能力 vs 全株高粱根、莖、葉、枯葉與果實之關係圖

<發現>

全株高粱抗氧化能力由大致小排列(B/A)：果實(17.79) > 葉(31.48) > 枯葉(72.15) > 根(107.27) > 莖(131.53)。果實為最佳、莖為最差，兩者相差近 7.29 倍。

【實驗三】探討全株高粱被遮光後，高粱根、莖、葉與果實的抗氧化能力

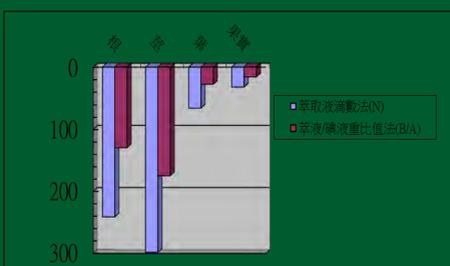


圖 7.5 氧化能力 vs 全株高粱被遮光後根、莖、葉與果實之關係圖

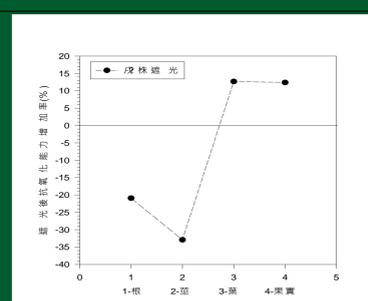


圖 7.6 遮光後抗氧化能力增加率 vs 全株高粱被遮光後之根、莖、葉與果實之關係圖

<發現>全株高粱被遮光後抗氧化能力由大到小排列(B/A)：果實(15.58)>葉(27.50)>枯葉(72.15)>根(129.73)>莖(174.79)。果實為最佳、莖為最差，兩者相差近 11.22 倍。全株高粱被遮光後抗氧化能力增加率：葉(+12.7%)>果實(+12.4%)>根(-20.9%)。葉(-32.9%)。

<探究分析>全株高粱被遮光後，葉及果實的抗氧化能力是增加的，而根及莖是減少的，我們推論：可能與葉綠素作用有關，葉綠素為植物特有酵素，藉由化學的氧化-還原作用，將光能轉化為其他能量儲存起來，若能減少葉綠素作用，就可降低氧化作用，進而達到抗氧化作用。

【實驗四】探討高粱葉子部分遮光與不遮光的抗氧化能力。

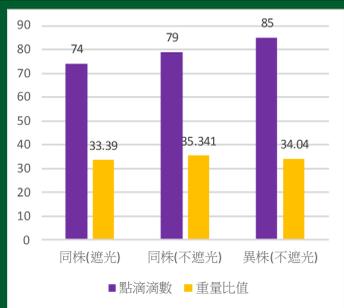


圖 7.4 氧化能力 vs 葉子部分遮光與不遮光之關係圖

<發現>部份葉子遮光的抗氧化能力：同株(遮光)(B/A=33.39)>(不遮光)同株(B/A=35.34)或異株(B/A=34.04)，分別提高 5.52%、1.91% 抗氧化能力。

<探究分析>由【實驗一】、【實驗二】、【實驗三】、【實驗四】

實驗結果來看，無光照處理會增加葉子的抗氧化能力，即使只有部分葉子遮光也會增加抗氧化能力。更加證明我們推論：抗氧化能力可能與葉綠素作用有關。

【實驗五】探討高粱果實萃取液的抗氧化能力與溫度的關係。

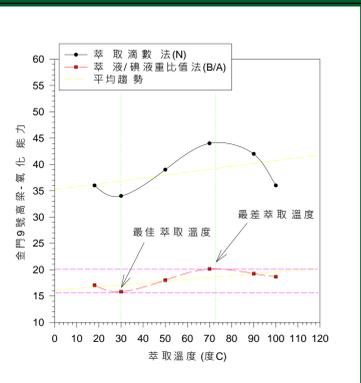


圖 7.7 氧化能力 vs 萃取溫度關係圖

<發現>果實萃取溫度與抗氧化能力呈負相關性。溫度 30°C 為最佳萃取溫度，73°C 為最差萃取溫度。

<探究分析>果實萃取溫度與抗氧化能力呈負相關性，我們推論：在高溫時氧化作用會增加，如同燃燒作用一樣，溫度高元素活性提升、氧化作用也提升，故只要降低萃取溫度就會讓氧化速度趨緩，

捌、結論

- 金門 9 號、台中 5 號、大陸三種不同高粱品種平均抗氧化能力 B/A (黃化苗 35.1>綠化苗 55.26)，黃化苗的抗氧化能力為綠化苗的 1.57 倍。萃液/碘液重量比法(B/A)：綠化苗抗氧化能力→金門 9 號>大陸>台中 5 號；黃化苗抗氧化能力→台中 5 號>金門 9 號>大陸。平均而言，金門 9 號在綠化苗及黃化苗中抗氧化能力都是較優的，再者是台中 5 號，大陸的最差。
- 全株高粱抗氧化能力由大致小排列(B/A)：果實(17.79)>葉(31.48)>枯葉(72.15)>根(107.27)>莖(131.53)。果實為最佳、莖為最差，兩者相差近 7.29 倍。
- 全株高粱被遮光後抗氧化能力由大到小排列(B/A)：果實(15.58)>葉(27.50)>枯葉(72.15)>根(129.73)>莖(174.79)。果實為最佳、莖為最差，兩者相差近 11.22 倍。全株高粱被遮光後抗氧化能力增加率：葉(+12.7%)>果實(+12.4%)>根(-20.9%)。葉(-32.9%)。
- 部份葉子遮光的抗氧化能力：同株(遮光)(B/A=33.39)>(不遮光)同株(B/A=35.34)或異株(B/A=34.04)，分別提高 5.52%、1.91% 抗氧化能力。
- 果實萃取溫度與抗氧化能力呈負相關性。溫度 30°C 為最佳萃取溫度，73°C 為最差萃取溫度。
- 常溫萃取及高溫 100 度 C 萃取接觸空氣時間與抗氧化能力呈正相關性。萃液酸鹼 pH 值與接觸空氣時間呈正相關性。最佳放置時間：常溫萃取為第 24 天時；高溫 100 度 C 萃取為第 21 天。常溫萃取：第 11.5 天為 pH=7 中性期(此時 B/A=9，可達 84.3% 抗氧化能力)；高溫 100 度 C 萃取：第 8 天為 pH=7 中性期(此時 B/A=12，可達 68.4% 抗氧化能力)。
- 蒸煮高粱米飯釀酒過程的平均抗氧化能力(B/A)：液態發酵(24.92)>固態發酵(36.12)。固、液態發酵-接觸空氣(不密封)的抗氧化能力：有酒麴>無酒麴。固、液態發酵-有酒麴的抗氧化能力：不接觸空氣(密封)>接觸空氣。
- 綜合以上，如果蒸煮高粱米飯釀酒過程中不考慮風味問題，要提高高粱酒抗氧化能力，我們可以：(一)高粱果實種植時黑暗處理(提高 12.4%)。(二)加糖(液態發酵)。(三)加酒麴發酵。(四)發酵時不接觸空氣。如果要開發以高粱材料為主的抗氧化產品，我們可以：(一)使用高粱果實為材料。(二)高粱果實種植時黑暗處理(提高 12.4%)。(三)不蒸煮(溫度會破壞抗氧化能力)。(四)萃取最佳溫度約 30°C。(五)接觸空氣理想天數 24 天(第 11.5 天，可達 84.3% 抗氧化能力)，推測再外加加糖、加酒麴與不接觸空氣發酵等過程亦可能提昇抗氧化能力。

抗氧化效果，但溫度不是越低越好，我們實驗高粱品種以金門 9 號為例，在溫度 30°C 時為最佳萃取溫度。

【實驗六】探討高粱果實萃取液在接觸空氣下抗氧化能力與時間的關係。

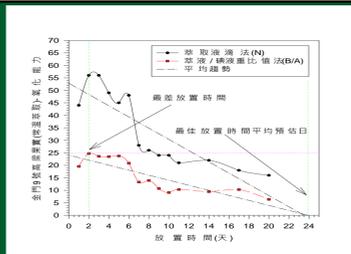


圖 7.8 常溫萃取氧化能力 VS 放置時間之關係圖

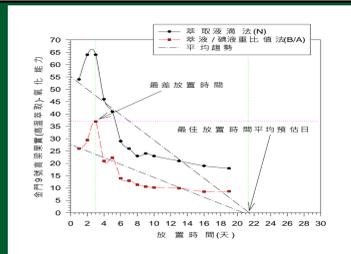


圖 7.9 高溫 100 度 C 萃取氧化能力 VS 放置時間之關係圖

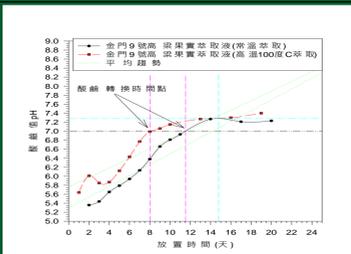


圖 7.10 鹼值 pH VS 放置時間

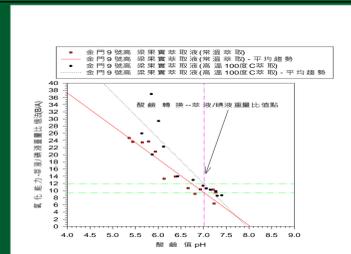


圖 7.11 萃液/碘液重量比法(B/A) VS 鹼值 pH

<發現>常溫萃取及高溫 100°C 萃取接觸空氣時間與抗氧化能力呈正相關性。萃液酸鹼 pH 值與接觸空氣時間呈正相關性。最佳放置時間：常溫萃取為第 24 天時；高溫 100°C 萃取為第 21 天。常溫萃取：第 11.5 天為 pH=7 中性期(此時 B/A=9，可達 84.3% 抗氧化能力)；高溫 100°C 萃取：第 8 天為 pH=7 中性期(此時 B/A=12，可達 68.4% 抗氧化能力)。

<探究分析>萃液接觸空氣時間與抗氧化能力呈正相關性，但提高萃取溫度後由酸變鹼的時間可縮短，我們推論：提高萃取溫度，會加速化學反應，進而提早由酸變鹼期，但抗氧化能力會有些許下降。

【實驗七】探討蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵的抗氧化能力。

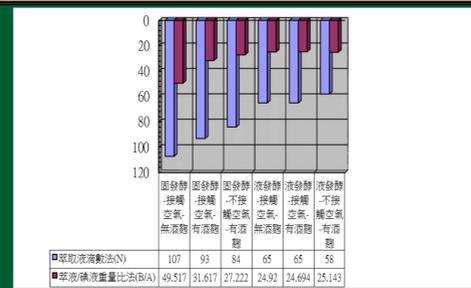


圖 7.12 氧化能力 VS 蒸煮高粱米飯釀酒過程的固態發酵與液態發酵之平均圖

<發現>蒸煮高粱米飯釀酒過程的平均抗氧化能力(B/A)：液態發酵(24.92)>固態發酵(36.12)。固、液態發酵-接觸空氣的抗氧化能力：有酒麴>無酒麴。固、液態發酵-有酒麴的抗氧化能力：不接觸空氣(密封)>接觸空氣。

不接觸空氣>接觸空氣。