

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高職組 農業及生物科技科

第二名

091405

「鳳梨皮」再生—廢棄物利用之研究

學校名稱：臺北市立松山高級工農職業學校

作者：  職二 王秀如  職二 桂嫻筑  職二 黃馨慧	指導老師：  王昭君
---	------------------

關鍵詞：鳳梨皮生質酒精、鳳梨皮肥皂、高纖鳳梨果渣餅乾

## 摘要

「鳳梨皮」是台灣常見的農產廢料、含有鳳梨蛋白酶具抑菌效果，及尋找新生質酒精原料…等研究動機，併用「廢棄物再利用」之綠能環保概念來進行探討。發現鳳梨皮含 67% 汁液及 27% 果渣，汁液含 8.6°Brix 糖度、35.31mg/mL 總醣、27.10 mg/mL 還原糖、0.33% 酸度，不需補糖直接加 1% 酵母菌，發酵 24 hrs 得 6% 生質酒精液；鳳梨皮渣經 50°C 纖維分解酵素作用 36 hrs 後，產生 6.4°Brix、15.68 mg/mL 還原糖的含糖液，發酵得 2% 酒精液，製備生質酒精成效與成本遠劣於鳳梨皮汁。100% 鳳梨皮汁+10% 渣+5% 酒精(F 組)肥皂具有去除高油脂、抑菌圈高出對照組 6.3 mm、殺死 72% 細菌..等特點。添加 15% 果渣的高纖餅乾品評得分最高，與無添加組無顯著性差異，代表具市場潛力，故本研究為「鳳梨皮廢棄物」開創了實際應用面，提升鳳梨附加價值。

## 壹、研究動機

台灣的「鳳梨」收穫面積高達 9027 公頃，年產量超過 42 萬公噸，且近年來「鳳梨酥」成爲台灣的觀光名產，進而造成每年產生將近 16000 公噸鳳梨皮廢棄物，其大多只應用做畜牧產業的粗飼料，但處理上需要龐大的工程。加上目前石油資源耗竭的問題而興起綠色環保概念，積極將農林植物、沼氣、一般或事業廢棄物…等生質原料再利用開發，生產如生質酒精、生質柴油、沼氣等生質能源。

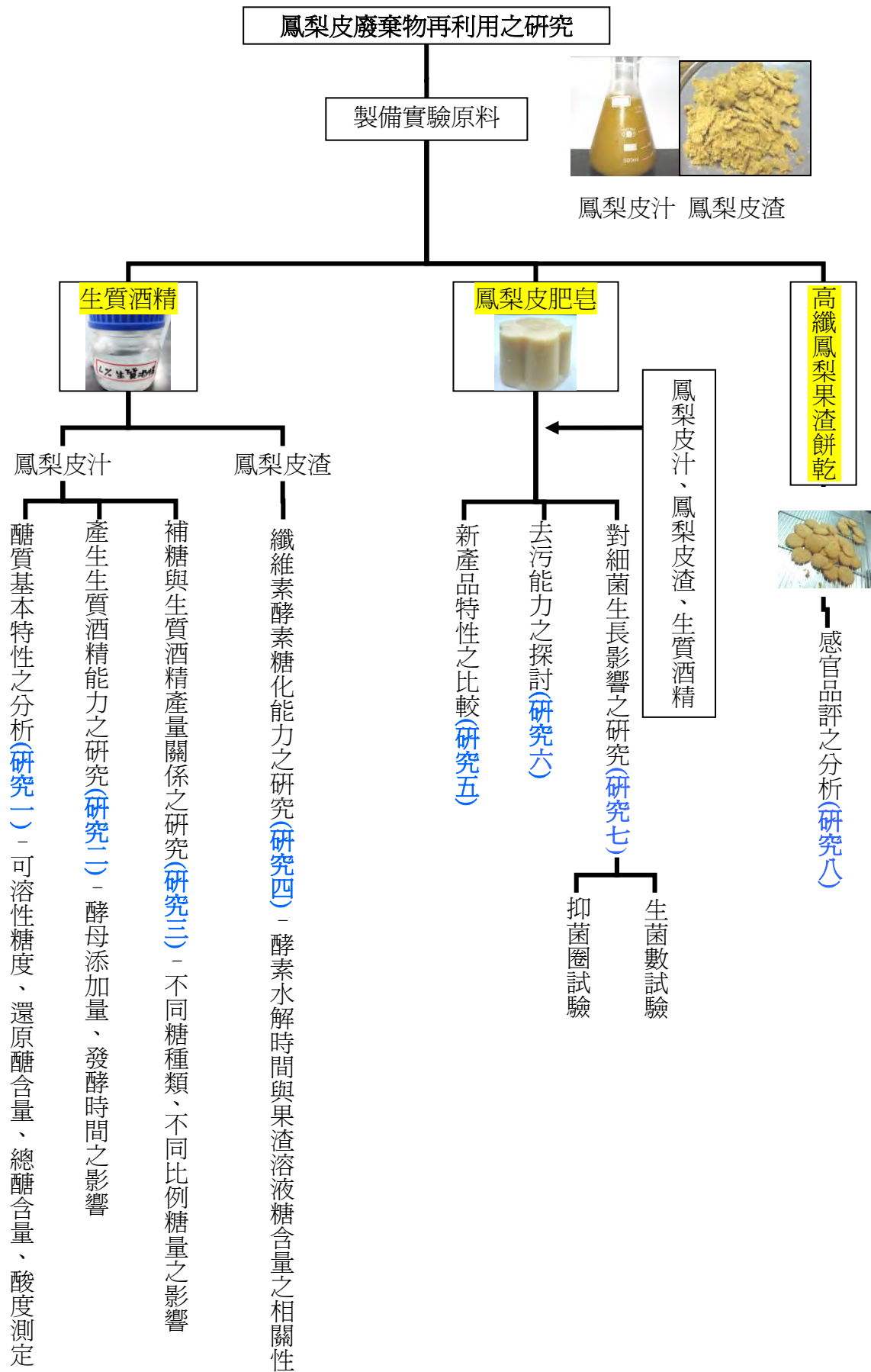
看到市場上黃澄澄且沾附著許多鳳梨果肉的鳳梨皮時，我們總想著其是否還有其他用途，且特有的鳳梨蛋白酶(bromelain)具有抗菌、抗發炎、助消化..等功效，這些因素引發此次科展的研究動機，運用食品加工科所學的專業知能，如食品微生物學-酒精發酵、食品化學-醣質檢測法、基礎化學-皂化反應…等，構思進行三階段的「鳳梨皮廢棄物再利用」開發試驗，第一階段因鳳梨皮兼具第一、二代生質原料的特性，故探究其製備生質酒精之可能性，第二階段則混合廢油炸油做肥皂，最後階段研製高纖果渣餅乾，用環保實用理念來探索鳳梨皮的新價值，希望學以致用，落實在生活層面，將「廢棄物變黃金」提升鳳梨的經濟效益。

## 貳、研究目的

### 一、研究目的

- (一)分析鳳梨皮汁的醣質特性，以做爲酒精發酵原料的基礎。
- (二)添加常見的啤酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)，探討鳳梨皮汁酒精發酵的各項環境條件，包括添加酵母濃度、發酵時間、補充糖度及糖種類..等變因與生質酒精產量之間的相關性。
- (三)運用鳳梨皮渣富含纖維素的優點，添加纖維素酵素水解糖化，探討水解時間與糖含量之間的相關性，以做爲製備纖維酒精之分析。
- (四)因鳳梨內含蛋白酶特有的作用，而以鳳梨皮及自行製備的生質酒精製做肥皂，探討其去污及殺菌能力。
- (五)研發製作含鳳梨皮果渣的新配方高纖餅乾，進行喜好性感官品評問卷，分析一般消費者的接受性。

## 二、研究架構圖



## 參、研究設備及器材

### 一、研究設備

				
細切機	酒精蒸餾裝置	酒精比重計	手持屈折糖度計	pH 值測定計
				
恆溫水槽	分光光度計	黑晶爐	試管振盪器	離心機
				
真空機	磁石攪拌器	恆溫培養箱	無菌無塵操作台	振盪培養箱

### 二、研究器材

#### (一)實驗器具：

錐形瓶、吸量管、定量瓶、滴定管、微量吸管、離心管、試管、螺帽試管、血清瓶、  
鑷子、圓片濾紙、L 型玻棒、不鏽鋼盤、酒精燈、塑膠培養皿。

#### (二)實驗材料及藥品：

- 1.材料：鳳梨皮(品種：金鑽)、廢油炸油、烘焙原料。
- 2.藥品：快速乾酵母(*Saccharomyces cerevisiae*，伯爵牌)、纖維分解酵素 6000U(購自嘉年生化有限公司)、大腸桿菌(*Escherichia coli*)、95%酒精、3,5-dinitrosalicylic acid(DNS)、酒石酸鉀鈉( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )、氫氧化鈉(NaOH)、純硫酸、酚(phenol)、葡萄糖( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )、酚酞指示劑、蔗糖( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )、果糖( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )、蘇丹四號、營養瓊脂培養基、磷酸二氫鉀( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )。

## 肆、研究過程或方法

### 一、研究過程

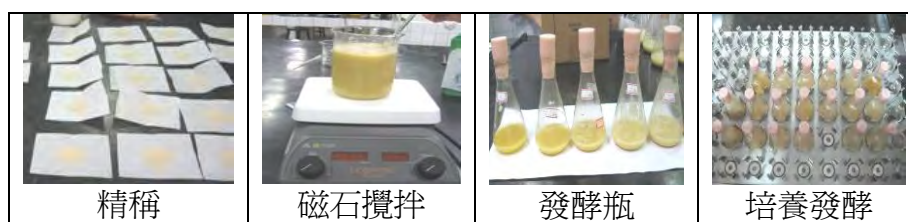
#### (一)鳳梨皮原料前處理

鳳梨削皮後將鳳梨皮切丁，利用細切機細切三分鐘→用果汁機以皮：水=1：1的比例均質 2 分鐘→離心機分離，分別得到鳳梨皮汁及渣，即為實驗之原料。



#### (二)鳳梨皮汁的酒精發酵流程：

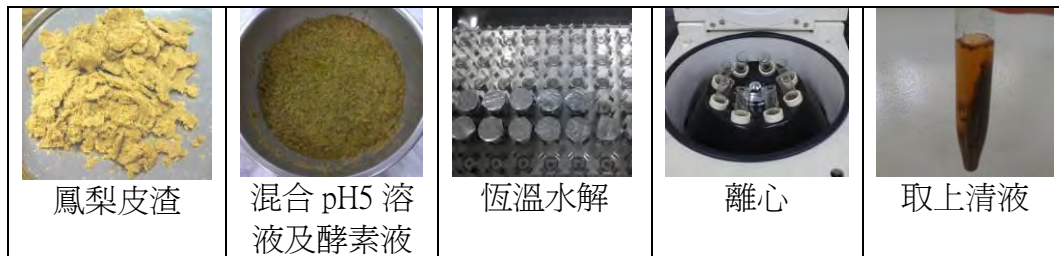
取 50mL 鳳梨皮汁置於錐形瓶中→加入精確稱取的乾酵母(1~5% w/v，分別稱 0.5g、1.0g、1.5g、2g、2.5g)或不同種類的糖(葡萄糖、果糖、蔗糖)溶解均勻→置入恆溫振盪培養箱進行酒精發酵(培養條件：25°C，24~48 小時)。



#### (三)鳳梨皮渣纖維素酵素水解的流程：

- 1.配製 pH5、濃度 10mM 磷酸緩衝液：將 34gKH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>溶解定量至 1000mL(濃度 0.25M)→從中取 40mL 再定量至 1000mL(濃度 10mM)→逐滴加 0.1N NaOH 調整 pH 值至 5.0。
- 2.配製酵素溶液：酵素粉末：pH5 溶液=1:4。

3.纖維素的酵素水解：將果渣混合液(果渣:pH5 溶液=1:2)→加入 1.5% w/w 酵素溶液→在 50°C、150rpm 恆溫振盪水解 0~48 小時→每 12 小時離心，取上清液測可溶性糖度及還原糖含量。



#### (四)鳳梨皮肥皂的製作流程：

以 NaOH:液體=1:2.5 配製鹼水(液體為水或鳳梨皮汁)→持續攪拌降溫到約 50°C →緩慢加入約 8 倍鹼水量的廢油炸油→續攪到混合液呈濃稠狀，添加副原料(鳳梨皮渣或 50%濃度的生質酒精)→倒入模型靜置一天→取出陰乾一個月。(六種肥皂配方為：A - 100%水、B - 100%水+5%生質酒精、C - 100%鳳梨皮汁、D - 100%汁+5%酒精、E - 100%汁+10%果渣、F - 100%汁+10%果渣+5%酒精)。



#### (五)高纖鳳梨皮果渣餅乾製作流程:

- 1.配方：奶油 50%、白油 30%、紅糖 50%、鹽 2%、蛋 50%、蜂蜜 30%、奶水 25%、低筋麵粉 80%、全麥麵粉 20%、細麩粉 10%、燕麥片 50% (各組配方為：A - 對照組(不加果渣)、B-加 5%渣、C - 加 10%渣、D - 加 15%渣)。
- 2.步驟：將奶油、白油、紅糖、鹽混合打發呈鬆發狀→蛋分次加入→加蜂蜜及奶水拌合→最後加粉類及高纖材料攪拌→擠出直徑約 3 公分麵糊→上火 130°C/下火 100°C 烤

15 分鐘。



## 二、研究方法

### (一)可溶性糖度測定：採手持屈折糖度計法

量取約 5mL 待測液，放入離心管→將鳳梨皮汁細渣離心，取上清液→滴數滴在手持屈折糖度計的稜鏡→對準光線並讀取刻度值，即為檢液的可溶性糖度(°Brix)。



### (二)總醣含量測定：採酚-硫酸法

吸取 1mL 待測液於試管中→加 5% 酚液 1mL 及 5mL 濃硫酸→混合振盪後，靜置冷卻 45 分鐘→測波長 488nm 的吸收值→比對葡萄糖標準曲線(濃度 0~50 $\mu$  g/mL，迴歸函數  $Y=0.0124X+0.3737$ ， $R^2=0.9943$ ，X 代表濃度，Y 代表吸光值)→換算出檢液的總醣含量，進行三重覆取平均值。



### (三)還原糖含量測定：採 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS)法

1.配製 1%DNS 溶液：取 1.000gDNS、30g 酒石酸鉀鈉及 1.6g NaOH 溶於 100mL 蒸餾水



中，70~80°C 水浴加熱溶解，置於棕色瓶備用。

2. 檢測法：取 2mL 稀釋待測液於試管中→加 2mL DNS 液混合→沸水加熱 3 分鐘並冷卻→倒入比色管測 540nm 吸光值→比對葡萄糖標準曲線(濃度 0~800μ g/mL，迴歸函數  $Y=0.0021X+0.2578$ ， $R^2=0.9917$ ，X 代表濃度，Y 代表吸光值)→換算出檢液的還原糖含量，進行三重覆取平均值。

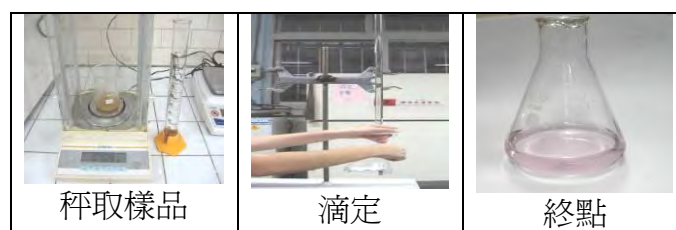


#### (四)酸度測定：採滴定法

稱取約 10g 的待測液到錐形瓶中→加 100mL 蒸餾水及 3 滴酚酞指示劑→以 0.1N NaOH(F=0.99)滴定→呈粉紅色維持 30 秒不變色即為滴定終點→計算檢液酸度(採醋酸含量)，公式：

$$\text{酸度}(\%) = \frac{A \times F \times 0.009 \times D.F.}{W} \times 100\%$$

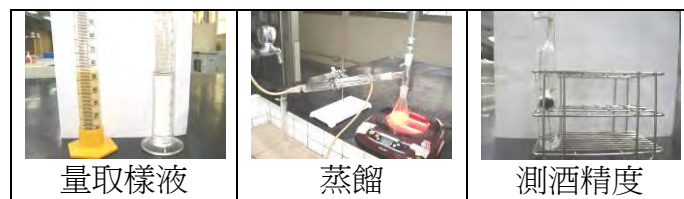
A：0.1N NaOH 消耗體積(mL)；F：0.1N NaOH 的力價；0.009 = 0.1N NaOH 1mL 相當醋酸毫克數；W：樣品克數(g)；D.F 為稀釋倍數。



#### (五)酒精度測定：採蒸餾法

1. 酒精度檢測：40mL 發酵鳳梨皮汁及 40mL 蒸餾水混合放入蒸餾瓶→以電磁爐加熱蒸餾出酒精，注意勿超過 80°C→當量筒內的蒸餾液達 40mL 即停止蒸餾→倒入試管並以酒精比重計(最小刻度為 1%)測酒精度。

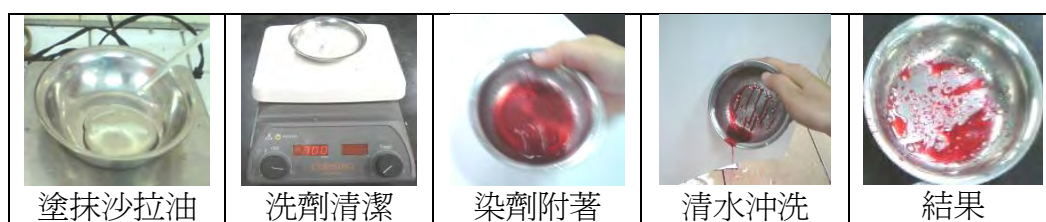
2.純化生質酒精：將上述得到之生質酒精液，反覆蒸餾提高溶液酒精濃度，供做鳳梨皮肥皂。



#### (六)鳳梨皮肥皂去污能力檢測：採脂肪性殘留物簡易檢測法

1.洗劑配製：取 10g 肥皂細切成小塊→溶入 100mL 蒸餾水→以磁石攪拌機攪拌(速率 1000 rpm) 10 分鐘。

2.不鏽鋼盤+1mL 沙拉油均勻塗抹→加洗劑 15mL→以磁石攪拌機清洗 1 分鐘→去洗劑→加 3mL 蘇丹四號溶液以附著染劑→清水沖洗→比較紅色殘留情況。



#### (七)鳳梨皮新肥皂對細菌生長之影響測定

1.配製 NA 培養基：取 23g 營養瓊脂培養基粉末置於 1000mL 蒸餾水中，攪拌均勻→加熱溶解後趁熱分裝→高壓溼熱滅菌(121°C，15 分鐘)→冷卻備用。

2.配製實驗液：在無菌操作台分別秤取 5g A、C、F 組肥皂，細切成小塊→浸入 50mL 無菌水中 60 分鐘。

3.抑菌圈試驗：採濾紙原片擴散法

取 0.1mL E.coli 菌液→以 L 型玻棒均勻塗抹在 NA 培養基→滅菌濾紙片浸泡實驗試液 10 秒→平貼在含菌培養基上→37°C 倒置培養 24 小時→測透明圈直徑(mm)。



#### 4.生菌數試驗：採混合稀釋培養法

取 1mL E.coli 菌液+5mL 肥皂水搖勻後，取 1mL 至 9mL 無菌水試管振震均勻，此為  $10^{-1}$  稀釋液→重覆製作  $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$  及  $10^{-4}$  稀釋液→再分別取 1mL  $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$  及  $10^{-4}$  稀釋液到無菌培養皿→倒入約 15mL 培養基混合→待凝固後倒置於  $37^{\circ}\text{C}$  培養 24 小時→計算菌落數(單位：CFU/ mL)。



#### (八)高纖鳳梨皮果渣餅乾感官品評試驗:

30 位高職二年級學生針對四種高纖餅乾(採亂數表編號，分別為 298、665、334、232))進行消費者喜好性感官品評試驗(問卷如下圖)，測試新產品的市場潛力。評分方式採 5 分制，1 分-非常不喜歡、2 分-不喜歡、3 分-尚可、4 分-喜歡、5 分-非常喜歡。結果以 spss 軟體分析及 Duncan 檢定差異性( $p < 0.05$  代表具顯著性差異)。

## 高纖果渣餅乾新產品喜好性問卷表

各位同學您好：

這份問卷主要目的是針對我們新研發的高纖果渣餅乾喜好性的研究調查，以作為參加科學展覽的數據參考。本問卷採不記名方式填答，填答結果僅供科展寫作參考之用，懇請各位同學撥冗填答。謝謝您的協助與合作！

### 第一部分

- 1.性別：男 女
- 2.您平常吃餅乾的原因為？(可複選)  
休閒零食 補充熱量 健康養身 瘦身代餐  
廣告吸引 親友介紹 其他：\_\_\_\_\_
- 3.是否有意願接受配方改良的高纖餅乾嗎？願意 不願意

### 第二部分

請就298、665、334、232等四種高纖果渣餅乾的顏色、味道、口感等品質特性進行嗜好評分試驗，評分採五分制方式，即：

1分—非常不喜歡；2分—不喜歡；3分—尚可；4分—喜歡；5分—非常喜歡。

說明：

- (1)請就餅乾如深褐、淡褐、金黃、淺黃..等外觀顏色，依喜好度填寫分數。
- (2)請就餅乾在您口中產生如酸味、苦味、甜味...等味道，依喜好度填寫分數。
- (3)請就餅乾之黏稠性、柔軟度及硬脆度..等咀嚼特性，依喜好度填寫分數。

樣品編號	298	665	334	232
品質特性				
顏色				
味道				
口感				
整體喜好性				

★其他意見：

## 伍、結果與討論

### (研究一)鳳梨皮汁基本性質之研究

鳳梨可食步留率[(鳳梨果肉÷鳳梨原料)×100%]約為 62%，表示每顆鳳梨有高達 38% 的廢棄量，750 g 鳳梨皮加水(1:1)細切處理後，約可得 1250g 鳳梨皮汁及 200g 渣，換算廢棄鳳梨皮中含有約 67%汁液及 27%果渣。因糖是酵母菌酒精發酵的重要關鍵，故首先測定鳳梨皮汁可溶性糖度、總糖、還原糖..等含量，酸度可能抑制酵母生長，故亦進行酸度測定。

金鑽鳳梨果肉糖度 12~13° Brix，(表一)得知鳳梨皮汁液中可溶性糖度為 8.6°Brix，較果肉略低 3~4°Brix，顯示削皮時會有果肉殘留在鳳梨皮上，導致鳳梨皮中含有糖分。而總糖包含單糖、雙糖、多糖、纖維素等糖類，範圍大於還原糖，結果發現鳳梨皮汁含 27.10mg/mL 還原糖及 35.31mg/mL 總糖，三者均顯示出鳳梨皮汁具有可供酵母菌酒精發酵的糖質，且 0.33%酸度的鳳梨皮汁與可食果肉(酸度 0.3~0.4%)相近。

(表一)鳳梨皮汁的基本性質

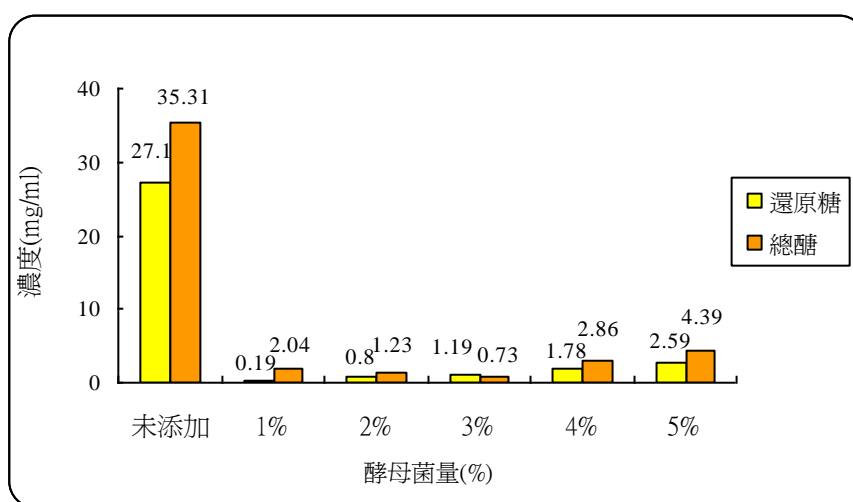
	可溶性糖度 (°Brix)	總糖 (mg/mL)	還原糖 (mg/mL)	酸度 (%)
含量	8.6	35.31	27.10	0.33

### (研究二)鳳梨皮汁酒精發酵產生生質酒精能力之研究

文獻指出 *Saccharomyces cerevisiae* 因可直接利用葡萄糖或在五碳糖進行酒精發酵、具 10%酒精耐性之特性，而視為酒精發酵最具代表性的酵母菌種，基於日常實用之前提，我們使用學校內最易取得的快速乾酵母做為菌種，比較不同添加量及發酵時間對鳳梨皮汁酒精發酵之影響。

### (一)添加酵母菌量對發酵鳳梨皮汁中醣含量變化之影響

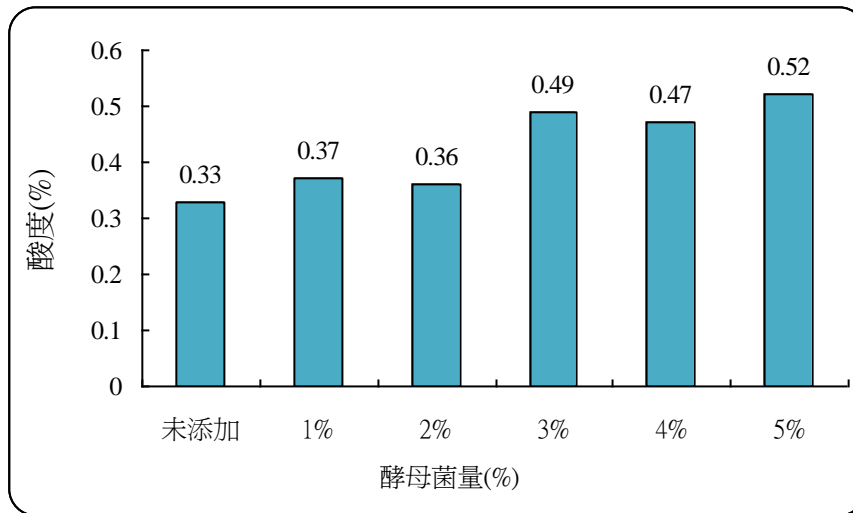
(圖一)發現鳳梨皮汁經發酵處理後，其還原糖、總醣均明顯減低，以添加 5% 酵母菌為例，減少 24.51mg/mL 還原糖、30.92mg/mL 總醣，顯示酵母菌確實可利用鳳梨皮汁醣份進行發酵。添加 5% 組較 1% 組還原糖殘留量高出 2.4mg/mL，相差將近 13.6 倍，且還原糖殘量依序為 5% > 4% > 3% > 2% > 1%，兩者成正比關係；總醣也是以 5% 酵母菌組為最高，兩者結果均顯示出 1% 添加組即可完全消耗掉鳳梨皮汁中的醣，過量並無助於利用鳳梨皮汁中的醣，故建議添加 1% 酵母菌進行鳳梨皮汁的酒精發酵實驗。



(圖一)添加酵母菌量與對發酵鳳梨皮汁中醣含量之變化

### (二)添加酵母菌量對發酵鳳梨皮汁酸度之影響

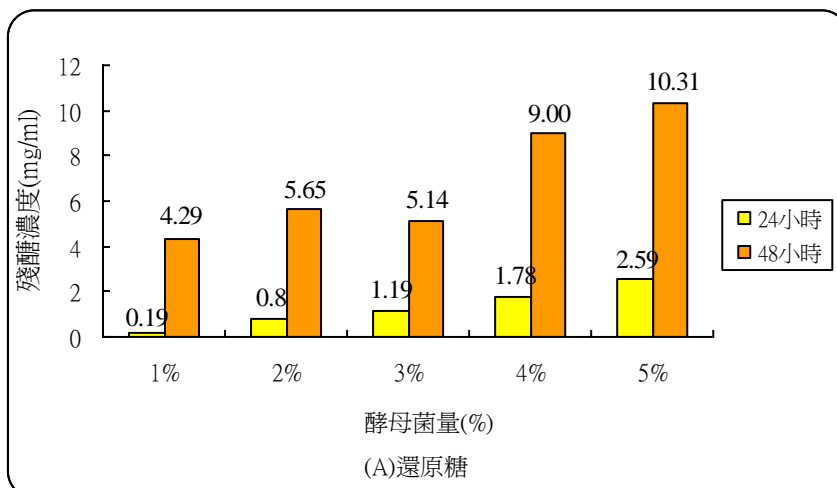
文獻指出酒精發酵時會產酸，酸度太高可能抑制酵母菌生長。(圖二)結果酸度依序為 5% > 3% > 4% > 1% > 2%，發酵鳳梨皮汁酸度均高出純汁，最多 5% 組較純汁高出 0.19%，推測過量酵母菌使發酵液酸度提高，反不利發酵。



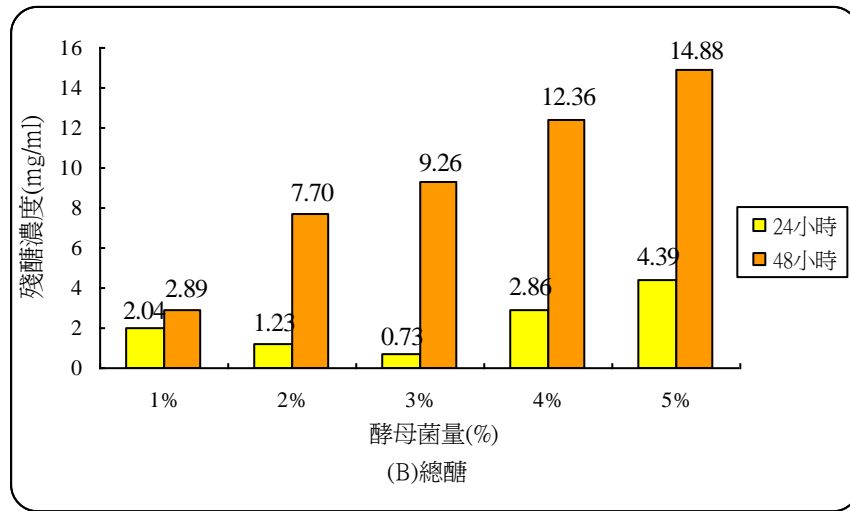
(圖二)添加酵母菌量與發酵鳳梨皮汁酸度之比較

### (三)發酵時間對發酵鳳梨皮汁醣含量之影響

本研究目的在能充分利用鳳梨皮汁的醣進行發酵產生酒精，故我們思考延長發酵時間是否能提升醣消耗性。由(圖三)發現無論還原糖或總醣發酵 48 hrs 後，非但未減少反而增加，各組在 48 hrs 均大於 24 hrs，且均與酵母菌量呈正比關係，添加愈多 48 hrs 發酵液中的醣含量愈高，若以相差最顯著的 5%組為例，48 比 24 hrs 還原糖高出 7.72mg/mL(3.98 倍)，總醣高出 10.49mg/mL(3.39 倍)，推測延長發酵時間酵母菌作用耗盡鳳梨皮汁中的醣份外，酵母菌體本身會分解而導致檢測的醣含量隨著菌量而升高，故建議添加 1%酵母菌、只進行 24 hrs 酒精發酵培養即可。



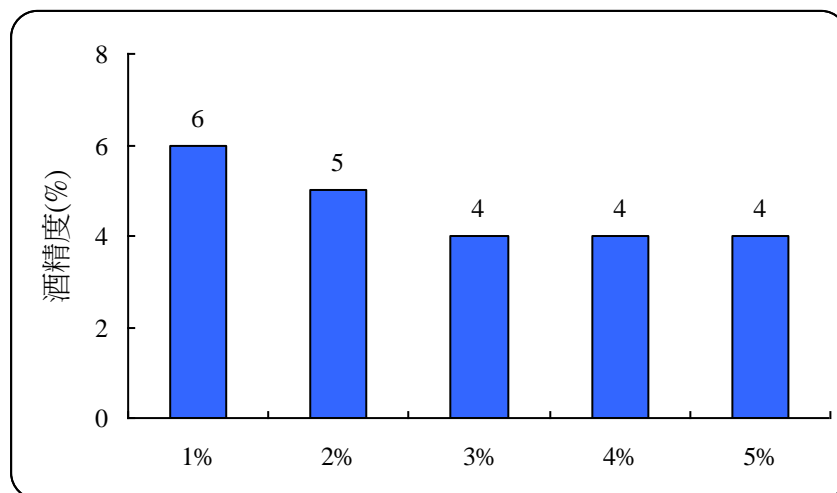
(圖三)發酵時間對發酵鳳梨皮汁中(A)還原糖(B)總醣含量之比較



(圖三)發酵時間對發酵鳳梨皮汁中(A)還原糖(B)總糖含量之比較

#### (四)添加酵母菌量對發酵鳳梨皮汁中酒精產量之影響

由(圖四)得知酒精產量為酵母菌添加 1% > 2% > 3% = 4% = 5%，最高 1% 組較 3~5% 組高出 2% 酒精度，但由於酒精比重計的最小刻度單位為 1 無法進行詳細比較。故綜合(圖一)~(圖四)顯示添加 1% 酵母菌能有效利用鳳梨皮汁的糖份進行發酵作用，維持低酸度的有利發酵環境，生產出含 6% 生質酒精的溶液。



(圖四)添加酵母菌量與鳳梨皮汁發酵液酒精度之比較(25°C 發酵 24 小時)



### (研究三)補糖與鳳梨皮汁生質酒精產量關係之研究

由上述實驗得知鳳梨皮汁添加酵母菌發酵能生產含 6%酒精度的溶液，但在食品加工課本酒精發酵章節中提到製作葡萄酒，若補糖可以提高酒精濃度，故本階段將探討如果鳳梨皮汁進行補糖作業，是否可相對提高生質酒精之產量。

#### (一)添加糖種類對鳳梨皮汁酒精發酵之影響

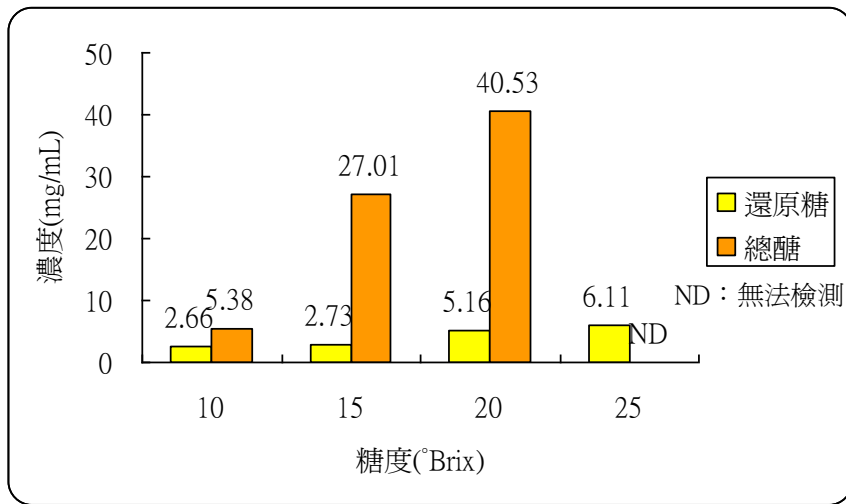
分別以葡萄糖、果糖、蔗糖進行補糖作業將鳳梨皮汁的可溶性糖度調整到 10°Brix，實驗條件採用添加 1%酵母菌、25°C 振盪培養 24 小時。(表二)發現在補糖情況下，還原糖、總醣含量均較未補糖者高，顯示酵母菌只能利用有限的糖，此外各項檢測結果三種糖間並未有顯著差異，尤其最終酒精度均為 6.0%，顯示酵母菌對三種糖的利用性相近，故選用結果和純鳳梨皮汁最相近的葡萄糖，進行補糖濃度與鳳梨皮汁酒精產量關係之研究。

(表二)添加糖種類對鳳梨皮汁酒精發酵之比較

	未補糖	葡萄糖	果糖	蔗糖
還原糖(mg/mL)	0.19	2.66	2.12	2.49
總醣(mg/mL)	2.04	5.38	6.28	5.76
可溶性糖度(°Brix)	3.0	3.0	3.2	3.2
酸度(%)	0.37	0.37	0.41	0.41
酒精度(%)	6.0	6.0	6.0	6.0

#### (二)添加不同葡萄糖量對發酵鳳梨皮汁醣含量之影響

添加葡萄糖使鳳梨皮汁可溶性糖度分別增加至 10°Brix、15°Brix、20°Brix 及 25°Brix。(圖五)發現四組的還原糖、總醣均會隨補糖量增加而殘留量愈高，甚至 25°Brix 組已無法檢測出總醣，顯示 1%酵母菌在 24 hrs 發酵下能利用的糖量是有限度的，過量的糖反會阻礙發酵。

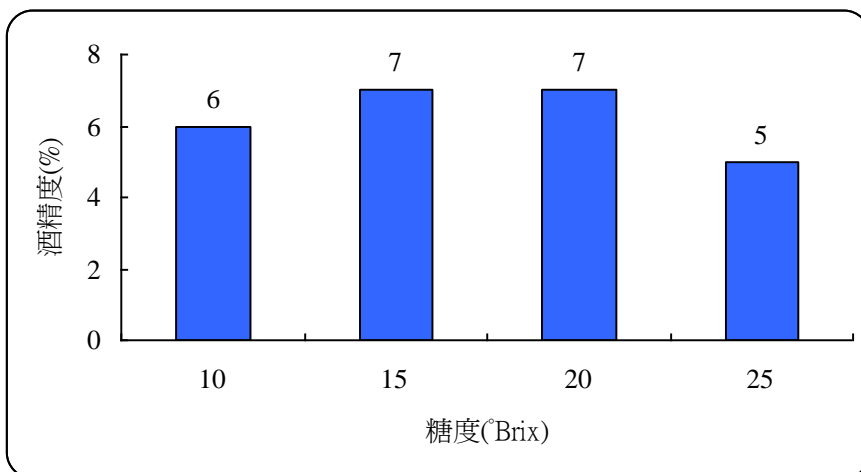


(圖五)添加不同葡萄糖量與發酵鳳梨皮汁醣含量之比較

### (三)添加不同葡萄糖量對發酵鳳梨皮汁生質酒精產量之影響

(圖六)發現生質酒精之產量依序為 15°Brix = 20°Brix > 10°Brix > 25°Brix，合理解釋

(圖五)25°Brix 組殘糖過高的情況，過高糖量抑制酵母發酵作用力使酒精度較原汁(未補糖)者低了 1%，相較補糖到 15°Brix 或 20°Brix 可提高 1%酒精度，顯示補糖確實有助於提煉生質酒精，但效果並不明顯。



(圖六)添加不同葡萄糖量與發酵鳳梨皮汁酒精度之比較

## (研究四)鳳梨皮渣纖維素糖化能力之研究

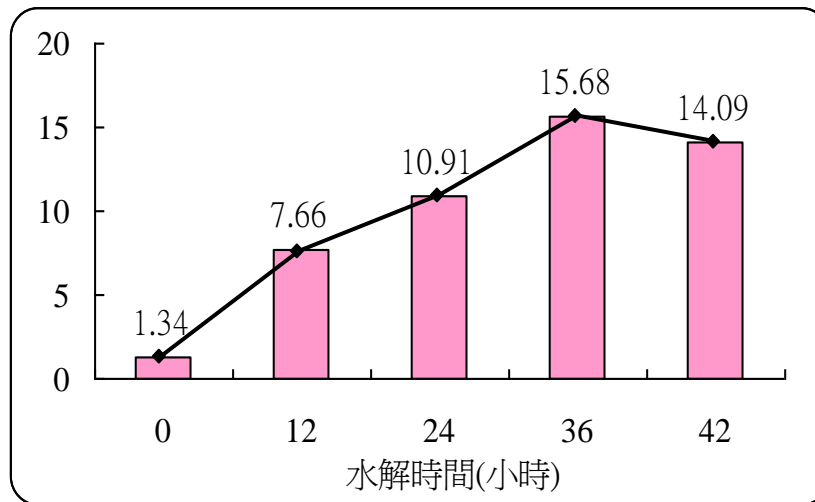
以甘蔗、玉米為原料的第一代糧食酒精有「與糧爭地，與人爭糧」之問題，故世界各國均積極發展第二代生質酒精(亦稱纖維酒精)，如使用柳枝稷青草(美國)，稻桿(台灣)，所以(研究四)將利用鳳梨皮渣富含纖維素，木質素少於稻桿的利基，進行纖維素酵素水解糖化，且酵素具有高轉化率、產生廢棄物少、不需高溫操作等優點，併用兩項特點來探討製備纖維酒精的可行性，分析酵素水解纖維素時間與醣質(可溶性糖度、還原糖)含量之相關性。

(表三)可知在 24~42 hrs 可溶性糖度均為 6.4°Brix，代表經 24 hrs 酵素水解纖維素變得趨緩，故進階測定還原糖含量變化。(圖七)發現還原糖明顯會隨著水解時間愈長而提高，兩者呈正比關係，直到 36 hrs 達最高峰含有 15.68mg/mL 還原糖，較 0 hr 高出 14.31mg/mL (11.7 倍)，再延長到 42 hrs 變化不大，即 36 hrs 為酵素水解纖維素的終點，因此建議鳳梨皮渣纖維素的酵素糖化作用條件為：50°C 下振盪反應 36 hrs，再則此結果亦顯示出此纖維水解酵素易作用在鳳梨皮渣，生產出做纖維酒精的含糖溶液。

將上述的含糖液添加 1%酵母菌、25°C 酒精發酵 24 hrs，經蒸餾後得到含 2%生質酒精溶液，但若以相同含 15.68mg/mL 還原糖的鳳梨皮汁發酵理論換算應產生 3.4%酒精溶液，推測可能是因糖化液含有較高的五碳糖，酵母利用性低；或者含糖液的 pH 值為 5，酵母菌生長作用會受影響..等因素使得發酵減弱，相對產生低生質酒精度。同時考量纖維分解酵素的成本價格(10 元/克)，故建議以鳳梨皮汁為原料製備生質酒精的成效會優於鳳梨皮渣。

(表三)酵素水解時間與鳳梨皮渣溶液中可溶性糖度之變化

時間(小時)	0	12	24	36	42
可溶性糖度(°Brix)	4.2	6.0	6.4	6.4	6.4



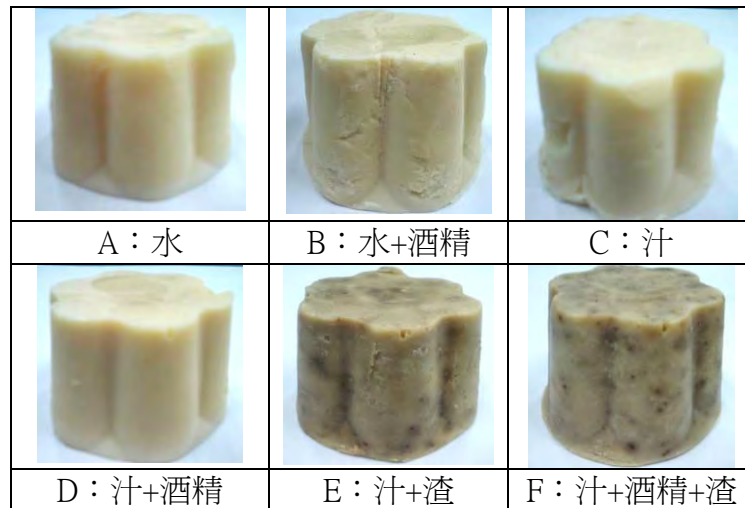
(圖七)酵素水解時間與鳳梨皮渣溶液中還原糖含量之變化

台灣目前以玉米、甘藷、甘蔗等為原料製備生質酒精，成本介於 19~44 台幣元/公升，高出巴西甘蔗酒精(成本 9.4 元/公升)許多，且有第一代糧食酒精之爭論，而生質酒精的生產成本主要包含：資金成本、原物料成本、營運成本等部份，採糧食作物之原料成本佔總成本 40%以上。而綜論(研究一~四)評估本科展的「鳳梨皮生質酒精」具有(1)台灣全年均可取得鳳梨皮，且廢棄量大；(2)因是廢棄物，原料成本幾乎為零；(3)鳳梨皮汁及果渣均可利用發酵，兼具一、二代生質原料特色..等優勢。若 100g 鳳梨皮前處理後再經酵母發酵或酵素水解等實驗，在假設完全無損失的純化前提下，理論換算應得  $10.02\text{mL}(\text{自鳳梨皮汁}) + 1.98\text{ mL}(\text{自鳳梨皮渣}) = 12\text{mL}$  無水生質酒精，顯示出鳳梨皮是一項良好的生質原料。但「相對價格」是刺激替代能源發展的最大動力，鳳梨皮生質酒精雖大幅節省掉 40%原料成本，其煉製及酒精脫水製程所消耗能源的營運成本尚有待分析，不過仍可預見「鳳梨皮」農產廢料的經濟效益。

### (研究五)鳳梨皮肥皂新產品特性之分析

鳳梨特有的鳳梨蛋白酶具有清潔抑菌的效果，且為增加鳳梨皮日常生活利用性及推廣(階段一)的生質酒精，我們研發鳳梨皮新肥皂對照純水肥皂，比較分析去污能力及對

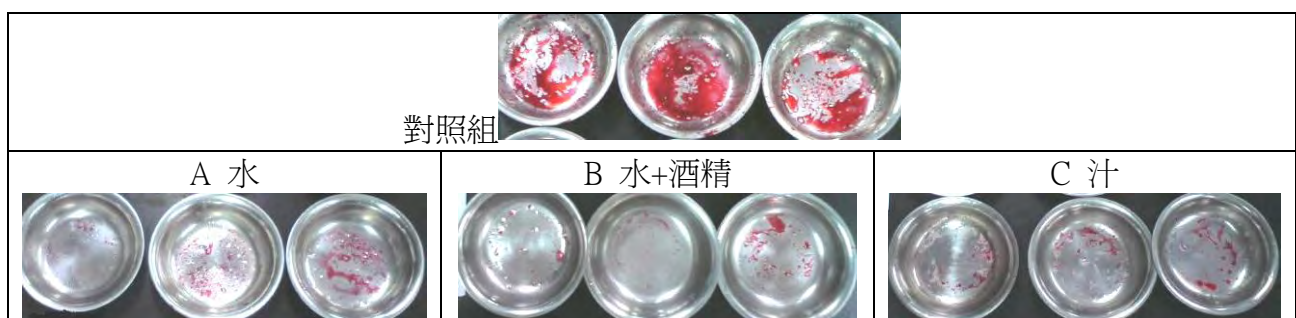
細菌生長之影響。(圖八)為新肥皂的成品圖，添加生鮮鳳梨皮渣(E、F組)色澤遠較純液體組(A、B、C、D組)深，一般接受度較低。而混合成型第一天時F組手觸感最軟，但經一個月陰乾後各組硬度相近，故建議延長陰乾時間，使水份逐漸揮散以提升產品硬度。

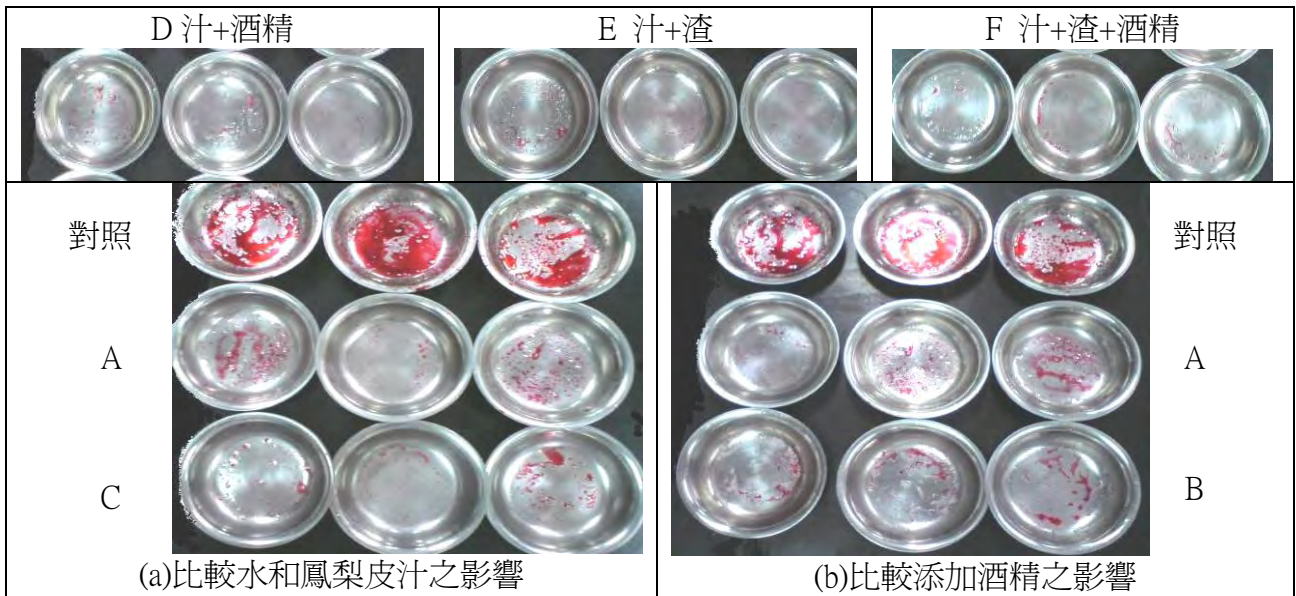


(圖八)添加不同原料新肥皂成品外觀比較圖

### (研究六)鳳梨皮肥皂新產品去污能力之研究

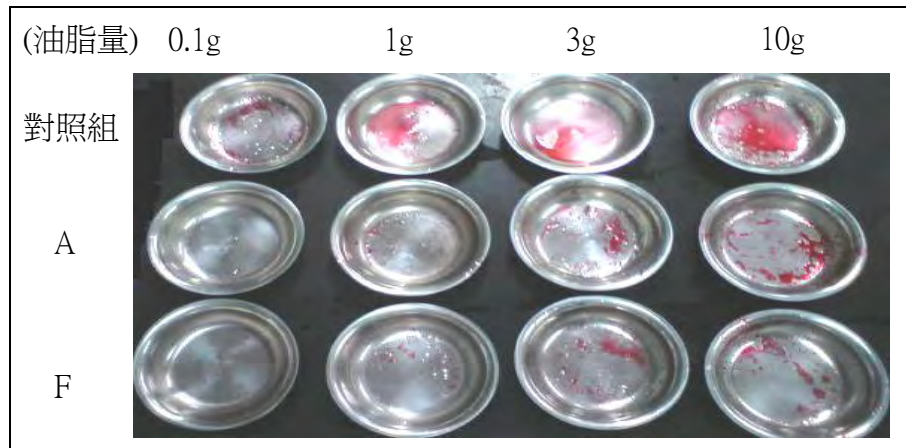
本實驗採用常見的餐盤洗淨簡易檢測法來探究肥皂去油脂能力，即當盤中紅色殘留量愈多表示油脂殘留愈多，並以純水清洗做為對照組。(圖九)(a)顯示以 100%鳳梨皮汁(C)製成的肥皂紅色殘留量與 100%水(A)組二者相近，無明顯差異；(圖九)(b)比較添加酒精之影響性，發現加 5%生質酒精(B)組紅色殘留量略低於 100%水(A)，顯示酒精添加有助於提升去污效果，各組中以 E、F 的效果最佳，且二者相近，即額外加鳳梨皮渣確實可增加去油脂能力。





(圖九)添加不同原料新肥皂對油脂去污能力之比較

再則以 0.1~10g 等不同油脂量來比較去污力，(圖十)明顯看出當 0.1g 油脂時，A、F 均能達極佳去油效果，盤中幾乎沒有紅色殘留，隨著油量增加紅色殘量也愈多，尤其在 10g 高油量下，F 組去油效果明顯優於 A 組，即高油脂的情況下建議使用 F 組的新肥皂來清潔。






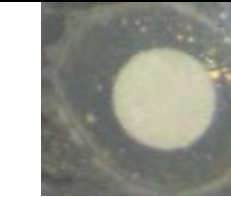
(圖十)不同油量下(A)100%水與(F)100%汁+渣+酒精去污能力之比較

## (研究七)鳳梨皮新肥皂對細菌生長影響之研究

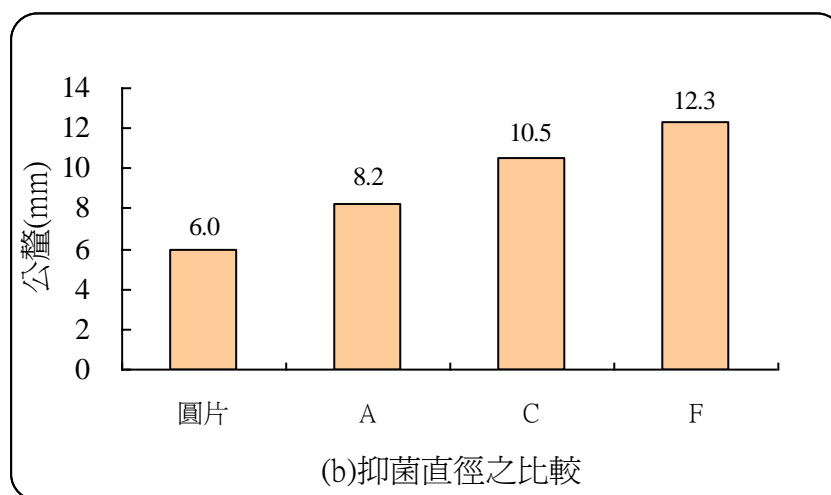
### (一)抑菌圈試驗

(研究六)得知 F 組肥皂對高油脂者去污能力顯著，故只採用 A、C、F 組肥皂來分析對細菌生長之影響。(圖十一)(a)發現在對照組(無菌水)濾片週邊並沒有抑菌圈，而肥

皂液試驗者均有明顯透明抑菌圈，顯示肥皂確實有抑菌效果。(圖十一)(b)的分析顯示 100%鳳梨皮汁(C)較 100%水(A)平均直徑大出 2.3mm，表示鳳梨皮汁抑菌效果優於水，而 100%鳳梨皮汁+10%渣+5%酒精(F)比 C 組大 1.8mm，甚至比對照組大 6.3mm(接近 2 倍)，故添加鳳梨皮渣及生質酒精等副原料更能提升新肥皂的抑菌性。

外觀				
組別	對照組(無菌水)	A(100%水)	C(100%汁)	F(100%汁+渣+酒精)

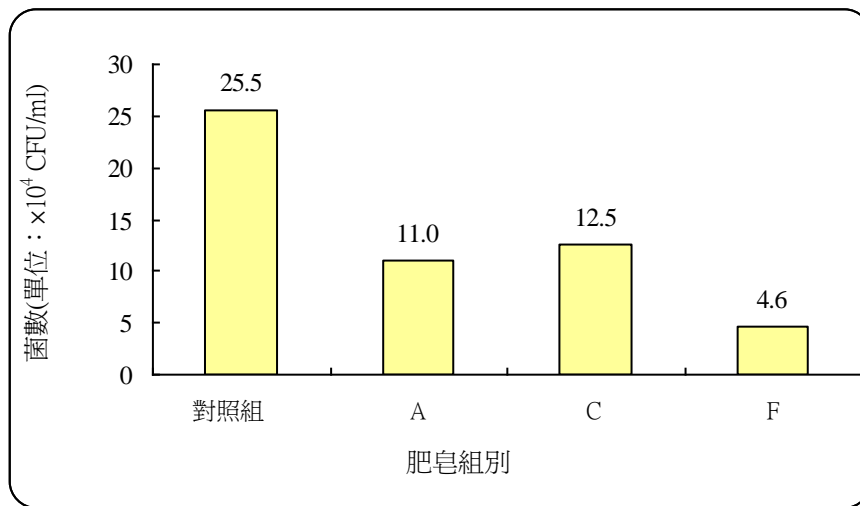
(a)抑菌圈外觀



(圖十一)鳳梨皮新肥皂對 E.coli 生長(a)抑菌圈外觀(b)抑菌直徑之比較

## (二)生菌數試驗

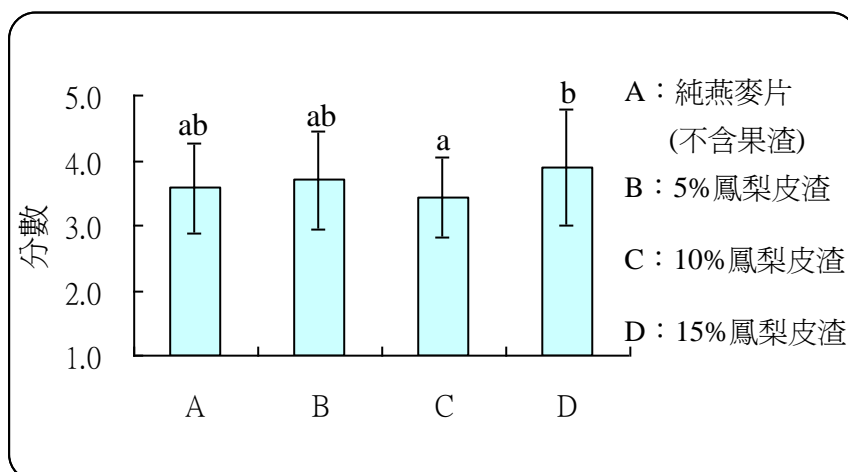
採生菌數試驗探討新肥皂液的殺菌能力，當培養皿中菌數愈少，代表殺菌力愈好。(圖十二)發現生菌數依序為：對照組 > C > A > F，肥皂試驗液明顯降低菌數，100%水(A)與 100%鳳梨皮汁(C)兩者相近，而 F 組則較對照組減低了  $2.09 \times 10^5$  CFU/mL，只剩原始菌數的 18%左右，推測 F 組肥皂額外添加生質酒精能顯著殺死細菌，減少細菌滋生。



(圖十二)鳳梨皮新肥皂對 E.coli 殺菌能力之比較

### (研究八)高纖果渣官能品評分析之研究

採一般消費者的品評問卷，內容針對高纖果渣餅乾的顏色、味道、口感、整體性等特性調查，其中顏色、味道的喜好品評分數各組相近，推測可能是只有果渣添加有無的差異，使外觀上各組得分相近，故我們只將整體喜好性評分結果作圖及 Duncan 分析。(圖十三)得知四種餅乾的喜愛性評分均大於 3(尚可)，顯示一般人均可接受此高纖餅乾。各組得分依序為 D( $3.90 \pm 0.88$ ) > B( $3.70 \pm 0.75$ ) > A( $3.57 \pm 0.68$ ) > C( $3.43 \pm 0.63$ )，以 D 組(添加 15% 鳳梨皮渣)最高，與 A 組(純燕麥片未加果渣者)無顯著性差異( $p > 0.05$ )，即加入 15% 鳳梨皮渣的果纖餅乾非但不會影響消費者的接受性，甚至可提高喜好性。



(圖十三)高纖鳳梨皮果渣餅乾整體喜好性感官品評得分之比較



## 陸、結論

- (一)廢棄鳳梨皮中含 67%汁液及 27%渣，鳳梨皮汁含有低酸多糖質的特性，可直接發酵轉化生產酒精，過程不需補糖、添加 1%酵母菌控制在 25°C、發酵 24 小時即可製備得含 6%的生質酒精液。
- (二)利用纖維水解酵素分解鳳梨皮渣，在 50°C 下經 36 小時可完成糖化作用，得 6.4°Brix 含糖溶液，簡化製備纖維酒精所需的前處理工作，而發酵後可製得 2%生質酒精液，但製備成效及成本明顯均劣於鳳梨皮汁。
- (三)鳳梨皮汁中添加鳳梨皮渣及生質酒精所製作的肥皂新產品，高油脂下明顯具去污能力，對 E. coli 的抑制圈較純水組大 2 倍，且能殺死 72%的菌數，若善加推廣將增加鳳梨皮的實際價值。
- (四)新研製含 15%鳳梨皮果渣的高纖餅乾消費者整體喜好接受性優於未添加組，其能延伸鳳梨皮的應用，更有吃出健康的優點，深富市場潛力。

綜合而論，階段一的鳳梨皮生質酒精雖然品質純度尚待分析，但就原料供應、成本及環保減碳等方面，「鳳梨皮」確實是台灣深具發展潛力的生質原料。而階段二、三開發的鳳梨皮皂、鳳梨果渣餅乾均為「鳳梨皮」創造出新的價值。故本科展不但解決了廢棄物處理的困擾，更為「鳳梨皮」找到另一片天，提高台灣優良農產品-「鳳梨」的經濟價值，達到全面性的利用。

## 柒、參考資料

- 1.郭文玉、劉發勇、邱宗甫(2010)。食品加工 I。復文圖書有限公司。
- 2.黃忠村(2011)。食品微生物。復文圖書有限公司。
- 3.林耕年(編著)(1997)。食品微生物學附實習法。台南市：復文書局。
- 4.賴金泉、王昭君(2011)。食品化學與分析實習 I。台科大圖書股份有限公司。
- 5.行政院農業委員會農業試驗所(2012)。鳳梨植株生長與養份的平衡——淺談「減輕裂梗發生技術」。技術服務季刊，第二十三卷第一期。
- 6.王惠鈞(2007)。台灣生質酒精研究之現況與展望。台灣經濟研究月刊。第 0362 期。
- 7.左峻德(主編)(2009)。發掘綠色黃金：能源經濟新契機。財團法人台灣經濟研究院。
- 8.郭家宏(2009)。纖維素之溶解對其酵素醱化及發酵應用之研究。國立臺灣科技大學碩士論文。
- 9.福田瑞江(2008)。手製化妝品與手工皂。三悅文化圖書事業有限公司。
- 10.廖春梅(2010)。生質酒精之經濟效益分析。台灣銀行季刊，第六十一卷第二期。

## 【評語】 091405

1. 以農產廢棄物開發多樣產品，具有實際應用之價值。
2. 能充份應用所學設計實驗，實驗結果豐富。
3. 實驗能以國產水果為材料，深具意義。
4. 建議能以更客觀及科學方法進行結果之討論。