

談再生能源-鳳梨皮廢棄物之研究

投稿類別：農業

篇名：

談再生能源-鳳梨皮廢棄物之研究

作者：

王秀如。臺北市立松山高級工農職業學校。加工科二年級仁班

桂嫻筑。臺北市立松山高級工農職業學校。加工科二年級仁班

黃馨慧。臺北市立松山高級工農職業學校。加工科二年級仁班

指導老師：

王昭君老師

## 壹●前言

前陣子和媽媽去菜市場買菜，無意間看到水果攤販們賣力叫賣著削好去皮的鳳梨，那黃澄澄汁多、略帶點酸甜的滋味不禁讓人直流口水，卻也看到旁邊的竹籃內堆疊著一大堆的鳳梨外皮，我好奇著詢問水果攤的老闆：「老闆，這些鳳梨皮還有其他用途嗎？」老闆的回答說它都是直接丟棄，別無他用，相當令人惋惜，那麼多的皮丟棄好浪費，且廢棄物的處理更是一大工程，讓我們深思著它們是否有再利用的價值呢？

石油是目前世界上使用最多的能源，但地球上能開採的油源卻逐漸耗竭，因此近幾年來，國際原油的價格不斷的飆漲，同時因應而生的是再生能源的興起，以尋求解決能源不足的現況，其中最受矚目的是利用穀物、玉米生產酒精取代部份石油來發動汽車，因此「生質酒精」的概念蔚為風潮。

在我們食品加工科二年級食品微生物的專業課程，老師介紹到關於「酒精發酵」的概念，「酒精發酵」指的是酵母菌在無氧的情況下利用醣類後得到酒精的過程，此時我們突然聯想到那還帶有糖液的鳳梨外皮，「生質酒精」、「鳳梨皮廢棄物」之間似乎產生了聯結，因此我們決定撰寫此篇小論文，透過網路、圖書館藏書、教科書等多方面蒐集有關生質酒精的相關知識，同時與老師討論，親身設計進行「鳳梨皮廢棄物提煉生質酒精」的實驗，希望藉此解決心中的疑問，學以致用，同時提升台灣農產品的附加經濟價值，達到廢棄物變黃金、減少能源短缺的願景。

## 貳●正文

### 一、再生能源介紹

近年來如煤、石油、天然氣等化石能源逐漸耗竭，而科學家極力開發「再生能源」，「再生能源」指的是來自大自然的能源，例如太陽能、風能、潮汐能、地熱、生質能等，取之不盡、用之不竭的能源，生質能(biomass source)廣義是只可培育運用之動植物能源，但狹義說明為「如草木本植物、藻類含糖或澱粉作為原料，吸收太陽能然後經由燃燒、有氧發酵、厭氧分解、熱分解、化學還原、氧化等過程而轉換成各種形式的能源。」(註一)。現今世界上許多國家意識到再生能源的重要性，更有研究指出，到 2050 年再生能源可以滿足全世界能源需求的 40%，故以下將簡介再生能源之現況。

### 二、現今世界再生能源之介紹

#### (一)、巴西

十公噸的甘蔗約可提煉出一公噸的粗糖或 175 萬加侖的乙醇，巴西甘蔗種植面積 700 萬公頃，是世界最大的甘蔗生產國，故多以甘蔗來提煉酒精，是目前最主要的酒精生產國，乙醇產量為 143 億升，出口乙醇 36 億升，現今巴西每十輛新車就有七輛使用的燃料是甘蔗乙醇，占了巴西約 40% 輕型汽車的燃料，因此巴西的生質酒精為目前世界各國開發新能源之典範。

## (二)、美國

美國則以玉米做為生質酒精的提煉原料。在相關生物技術及酒精脫水技術的發展下，生質酒精的產量迅速成長，1980 年之產量約 7,500 公秉，2000 年約達 480 萬公秉，2005 年產量已將近 1,500 萬公秉，故目前美國以 10% 生質酒精混合 90% 石化汽油的代號 E10 汽油，及 85% 生質酒精混合 15% 石化汽油代號的 E85 汽油為主要再生能源產品，統計每年美國在石化汽油至少添加了 50 億加侖的生質酒精。

而以玉米為提煉原料卻帶來了許多負面影響，玉米為人類及動物的糧食作物，大量消耗時導致玉米的價格上漲，故美國伊利諾大學研究團隊研發出以草類替代玉米發展生質燃料作物，「美國政府已宣布，到 2020 年，每年需要以非玉米為原料生產 200 億加侖生質燃料。今後以柳枝稷草和芒草等草類替代玉米成為發展生質燃料是一項更好的選擇。」(註二)，因為製作纖維素乙醇比玉米乙醇更能減低碳排放。

此外，種植柳枝稷的成本比種植玉米便宜，用來種植柳枝稷草的農地約為 3~9 公頃，依季節及雨量的不同，每公頃能產生 5.2~11.1 公噸的柳枝稷草，目前研究顯示利用傳統農業技術所栽種的柳枝稷草產出的乙醇平均每公頃略低於玉米，故每英畝的柳枝稷能轉化成 400 餘加侖的生物燃料。

## (三)、德國

德國對於生質能源的開發則是以兼顧「生態目標」與「經濟成長」的雙軌模式，提出「雲德模式」。「德國的勞動部與經濟在聯邦政府第 5 次研究計畫中，提出 2010 年將在再生能源的使用提高到總電力的 12.5%，2020 年提高到 20%，2050 年要達到一半的總電力供應。」(註三)。故現今德國的電力、暖氣、交通運輸能源皆使用生質能，雲德模式打造了舉世聞名的生質能源村，將傳統的化石能源，以再生能源和無碳排放的生質能代替，生物物質轉變為熱能和電能，德國盡可能讓各種植物都可用以發酵生產沼氣再轉換成能源，由於生質能的價格與成本較多數再生能源為低，同時亦可處理廢棄物、農業轉型、創造新產業、提高就業率等多重效益，故德國此模式深值世界各國效法。

#### (四)、台灣

既然生質能的利用已經是國際間發展的趨勢，在兼顧環保、永續利用及經濟成長的前提下，台灣則多主力發展運用休耕地種植甘藷煉製燃料，在發展生質能前景下同時開啓農民新收入來源，生質酒精目前在我國政府的主導下，以澱粉、糖類及纖維原料，建立酒精轉化程序。故經濟部為因應全球趨勢，提出「再生能源發展條例」，而高雄市生質柴油公車也全面上路，2008年起強制柴油添加1%生質柴油，2011年起強制加油站供給E3(3%酒精)汽油。總之台灣利用堅強研發實力，逐漸追上世界再生能源的開發腳步。

甘藷在台灣因地理氣候、易種植栽培、生長期短且產量高，而被評估為具潛力的能源作物，且以台灣產量最高的台農75號甘藷之莖蔓枝葉採收廢棄物為原料，成分分析顯示廢棄物中約含有64%的碳水化合物和粗纖維，具有被利用來生成生質酒精的候選作物之一，甘藷纖維素生質酒精的技術開發可減少生質物料浪費，有助於降低整體成本，增加生質酒精在生產成本上的競爭力。

### 三、生質酒精之介紹

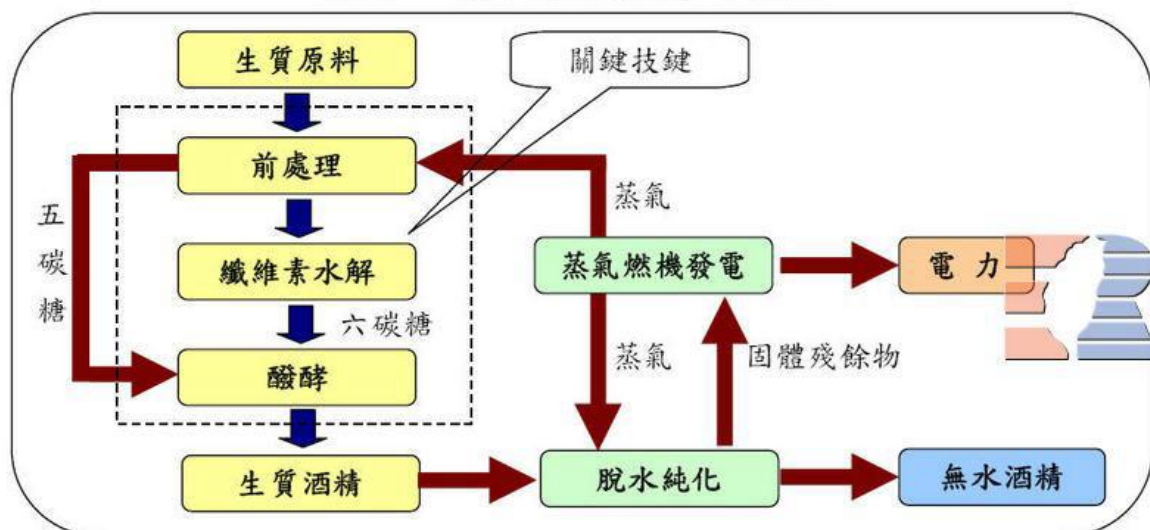
#### (一)原料種類

由上述可知「生質酒精」在再生能源中扮演著重要角色，而生質酒精(bioethanol)之生產原料分成三類：(1)糖質類：來自甘蔗、糖蜜、水果等。(2)澱粉類：來自玉米、甘藷、馬鈴薯、根莖類植物等。(3)纖維質類：農產廢棄物、造紙廢液等。而目前國際大宗生質酒精多以蔗糖或玉米澱粉為原料，其原因為糖質或澱粉質原料之前處理簡單易發酵生產酒精，但卻有糧食競爭隱憂，故發展第三類以纖維質原料為最具有量大、價廉之優點，兼具有廢棄物處理及生質能開發之雙重效果。但是以纖維素原料來生產酒精最主要障礙是纖維素很難被分解的特性，分解過程複雜，須經適當前處理來崩解結構，經生物精煉的主要程序將廢棄物中的纖維素經由酵素水解轉化成可發酵的糖，再利用微生物發酵轉化成其他酒精化學品。

#### (二)製程

生質酒精之生產主要包括兩大製程：(1)將原料轉變分解成可發酵性的糖；(2)利用酵母菌進行酒精發酵。若是選擇以纖維素為原料時，其製程最為繁複，參考製程如(圖一)。台灣目前有許多研究在探討如何使纖維素水解更完全更快速，部分文獻結果指出「添加85%磷酸在50°C下即可溶解纖維素，在24小時內可達到的酒精濃度49.5g/L，酒精的收率為0.48g酒精/g葡萄糖。」(註五)在前處理溶解法的研發精進下，不僅能應用在纖維素的溶解與再製，亦可用在木質纖維素與廢

棄物的前處理時，大幅減少酵素水解所需的時間，提高水解轉化率，同步讓醱化發酵能有效的進行，進而短時間內得到高產量的酒精。



(圖一)纖維素酒精製程(註四)

### (三)發酵微生物

酒精即為化學上所稱的乙醇(ethyl alcohol)，特性為「純粹酒精為無色易燃之液體，有爽快香氣及辛辣味，沸點 78.3℃，冰點-114.1℃，比重 15℃時為 0.794」(註六)，其廣泛使用於釀造酒(合成酒、米酒、威士忌等)、化學合成材料、溶劑等，在工業上的用途可充填到內燃機當燃料。

而酒精之製程不外乎有發酵法及合成法，酒精發酵的機制為「在嫌氣條件下，一分子葡萄糖首先經 EMP 代謝途徑分解，產生兩分子的丙酮酸，其次丙酮酸經脫羧作用生成乙醛，乙醛在酵素作用下還原成乙醇。」(註七)故目前酒精之生產有 99%以上是藉由微生物發酵作用而得，主要的酒精發酵菌種包括細菌與酵母菌兩大類。第一類——細菌類包括如 *Clostridium* 菌屬、*Leuconostoc* 菌屬等，其代謝過程常伴隨著如醇類、有機酸、酮類、不同的氣體(如甲烷、二氧化碳、氫氣)等副產物產生。第二大類——酵母菌類以 *Saccharomyces cerevisiae* 最具代表性，其他還有 *Pichia* 菌屬、*Candida* 菌屬等，此大類一般可直接利用葡萄糖或五碳糖進行酒精發酵生成酒精，實際酒精發酵之收率為理論值的 95%，即發酵 1g 葡萄糖約可得 0.485g 的酒精。

*S.cerevisiae* 為最常用在以糖為原料進行酒精發酵者，此菌最初從英國啤酒釀造中分離出來，其特點為「於 30℃時，經 20 小時可生成子囊孢子，發育適溫為 20~25℃，營上面發酵，常用以製造啤酒、麵包酵母、維生素 B<sub>2</sub>及消化藥劑等。」(註八)，且其酒精耐受性通常只有 10%，只能發酵葡萄糖、果糖、蔗糖等，單位時

間之比重率雖不及細菌類，卻因易取得 pH5.0 下可生長、可忍受抑制物質等特性而廣被採用添加。

#### 四、鳳梨皮廢棄物提煉生質酒精實驗

經由一連串基礎理論的了解，我們知道再生能源的需求性，及提煉生質酒精製程及發酵微生物的種類，接著我們將利用市場收集之鳳梨皮廢棄物來探討提煉生質酒精之效果。實驗設計包括：(1)鳳梨皮汁的前處理(2)鳳梨皮汁特性研究(3)鳳梨皮汁添加酵母提煉生質酒精能力之研究等三大部分。

##### (一)、鳳梨皮汁前處理

###### 1.步驟：如(圖二)

削下鳳梨皮切丁後，利用細切機將鳳梨皮丁細切三分鐘，得到細切的鳳梨皮渣→將鳳梨皮渣加水，以皮渣：水=1：0.5 的比例利用果汁機均質 2 分鐘→將鳳梨皮汁利用離心機分離，得鳳梨皮汁，此即為提煉生質酒精之原料。



(圖二)鳳梨皮汁的前處理(來源：作者自攝)

###### 2.結果與討論：

上述的步驟中，我們實際買了鳳梨並自行削皮，發現鳳梨可食之步留率〔(鳳梨果肉÷鳳梨原料)×100%〕約為 62%，表示一顆鳳梨就有高達 38%的廢棄物，再經細切處理後有許多鳳梨汁被分離出來，顯示鳳梨皮是個很好廢棄物再利用原料。

##### (二)、鳳梨皮汁特性之研究

由實驗(一)發現鳳梨皮磨碎去渣後會得到大量鳳梨皮汁，首先我們必須了解此汁液的基本特性，尤其是含醣的比例、種類，因為糖是酒精發酵的重要關鍵點。故我們將探究此鳳梨皮汁的可溶性糖度及總醣、還原醣的含量，此外因為酸度可能抑制酵母的酒精發酵作用，故亦進行此汁液酸度之測定。

### 1.步驟

(1)可溶性糖度測定：採手持屈折糖度計法，如(圖三)。

量取約 5ml 待測液→放入離心管中將鳳梨皮汁的細渣分離掉，取上清液→滴數滴在手持屈折糖度計的稜鏡上→對準光線並讀取藍白界線所在之刻度值，即為鳳梨皮汁的可溶性糖度。



(圖三)可溶性糖度測定(來源：作者自攝)

(2)總醣含量測定：採酚-硫酸法，如(圖四)。

吸取 1ml 待測液於試管中→加 5% 酚液 1ml 及加入 5ml 濃硫酸→混合振盪後，靜置冷卻 45 分鐘→測定混合液的波長 488nm 吸收值→比對已知濃度葡萄糖標準曲線(濃度：0~50 $\mu$  g/ml， $Y=0.0124X+0.3737$ ，x 代表濃度，y 代表吸光值， $R^2=0.9943$ )換算出鳳梨皮汁的總醣含量。



(圖四)總醣含量測定法(來源：作者自攝)

(3)還原醣含量測定：採 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS)法，如(圖五)。

稱取 2ml 稀釋待測液→加 2ml 1%DNS 溶液於試管中並充分震盪→置於沸水中加熱 3 分鐘並冷卻→將每根試管內的試液倒入比色管中，並測定波長 540nm 之吸光值→比對已知濃度葡萄糖標準曲線(濃度：0~800 $\mu$  g/ml， $Y=0.0021X+0.2578$ ，x 代表濃度，y 代表吸光值， $R^2=0.9917$ )後→換算出鳳梨皮汁的還原醣含量。



(圖五)還原醣含量測定法(來源：作者自攝)

(4)酸度測定：採滴定法，如(圖六)。

精確稱取約 10g 的待測液到錐形瓶中→加入 100ml 蒸餾水，及滴加 3 滴酚酞指示劑→以 0.1N NaOH(F=0.99)溶液滴定→滴定至錐形瓶內溶液呈微粉紅色，且維持 30 秒不變色即為滴定終點→計算鳳梨皮汁酸度(採醋酸含量)，公式如下：

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

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



(圖六)酸度測定法(來源：作者自攝)

## 2.結果

(表一)鳳梨皮汁的基本特性表

	可溶性糖度 (°Brix)	總醣 (mg/ml)	還原醣 (mg/ml)	酸度 (%)
吸光值	-	1.833±0.03	1.397±0.04	-
含量	8.6	35.31	27.10	0.33

## 3.討論

上述的實驗結果發現：鳳梨皮汁液中的可溶性糖度含量為 8.6°Brix，而一般鳳梨果肉之可溶性糖度為 10~12°Brix，故鳳梨皮汁與鳳梨果肉兩者糖度比較，略低了 2~4°Brix(2~4%)，顯示在削皮時鳳梨皮上會有大量果肉殘留，導致鳳梨皮中含有糖分。總醣為單醣、雙醣、多醣、纖維素等醣類的泛稱，總醣又比還原糖多了多醣類，而結果鳳梨皮汁總醣達 35.31(mg/ml)，還原糖 27.10(mg/ml)，總醣比還原糖高出 8.21mg/ml，三種糖類測定顯示鳳梨皮汁中含有可供酵母發酵原料，是一項很好提煉酒精的生質廢棄物。再則鳳梨皮汁測得的酸度為 0.33(%)，市面上販售的水果酸度為 0.3~0.5(%)，代表此汁液酸度和一般的水果相近。

### (三)、鳳梨皮汁添加酵母提煉生質酒精能力之研究

文獻探討中得知添加 *S.cerevisiae* 最具有代表性，此菌為在學校最易取得之酵母，故我們採用伯爵牌速發乾酵母粉(如圖七)進行實驗，發酵實驗步驟如(圖八)，此階段設計在鳳梨皮汁添加 1~5%不同含量的酵母，檢測鳳梨皮汁總醣、還原醣含量變化、酸度變化及發酵液中的酒精度，來探討酵母菌量對提煉生質酒精的影響。



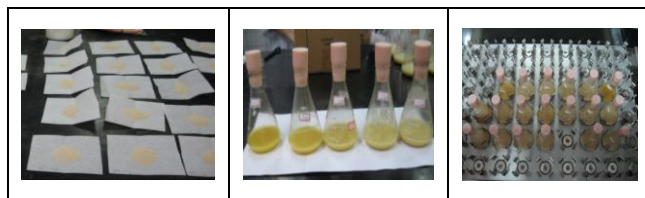
(圖七)實驗用酵母菌(*Saccharomyces cerevisiae*) (來源：作者自攝)



## 1. 步驟

### (1)鳳梨皮汁的酒精發酵製程

秤取酵母 0.5g(A)、1g(B)、1.5g(C)、2g(D)、2.5g(E)→將酵母分別加入含 50ml 鳳梨皮汁的錐形瓶內溶解均勻→置入振盪培養箱(培養條件：25°C，24~48 小時)。



(圖八) 鳳梨皮汁酒精發酵實驗

### (2)酒精度測定：採蒸餾法，如(圖九)

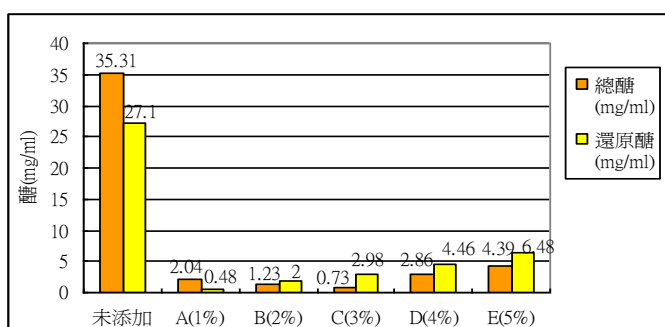
取 40ml 發酵鳳梨皮汁→以電磁爐加熱，使發酵液中的酒精蒸餾出，注意過程中溫度勿超過 80°C→收集蒸餾液到量筒，當讀取的容積達 40ml，即停止蒸餾→將餾液倒入試管中，以酒精比重計測酒精度(比重計最小刻度為 1%)。



(圖九)酒精度測定法(來源：作者自攝)

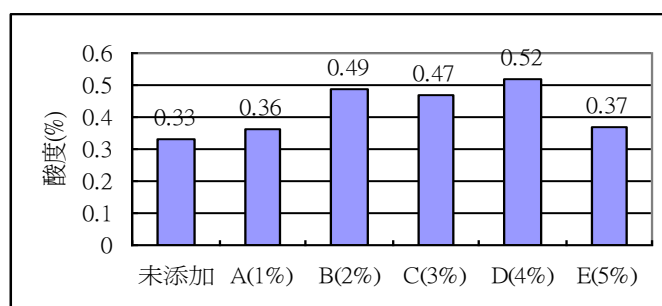
## 2.結果

### (1)添加 1~5%酵母菌對發酵鳳梨皮汁中醣含量之影響



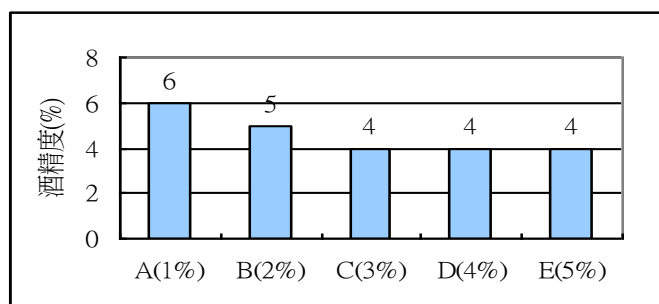
(圖十)添加 1~5%酵母菌對發酵鳳梨皮汁中醣含量之比較

### (2)添加 1~5%酵母菌對發酵鳳梨皮汁酸度之影響



(圖十一)添加 1~5%酵母菌量對發酵鳳梨皮汁酸度之比較

(3)添加 1~5%酵母菌對發酵鳳梨皮汁中酒精度之影響



(圖十二)25°C 發酵 48 小時下對發酵鳳梨皮汁中酒精度之比較

3.討論

(1)添加 1~5%酵母菌對發酵鳳梨皮汁中醣含量之比較

由(圖十)可明顯看出添加酵母菌經 24 小時發酵後，鳳梨皮汁的醣明顯減低，以 1%酵母菌為例，總醣減少 22.27mg/ml，還原糖減少 26.62mg/ml，顯示此酵母菌確實能大量消耗鳳梨皮汁中的醣分。而就添加酵母菌而言，總醣殘留量：E(5%)> D(4%)> A(1%)> B(2%)> C(3%)，還原糖殘留量：E(5%)> D(4%)> C(3%)> B(2%)> A(1%)，可看出酵母菌添加愈多，醣的殘留量愈高，推測添加過量酵母菌不但不能促進發酵作用，反而可能因菌體的分解導致醣含量提高，再則添加 1%、2%、3%三組的殘醣量相近，故基於發揮最大效應的實驗原則下，建議添加 1%酵母菌即可。

(2)添加 1~5%酵母菌對發酵鳳梨皮汁酸度之影響

由文獻探討中得知酵母菌進行酒精發酵時會產酸，但酸度太高可能造成抑制酵母菌生長的反效果，由(圖十一)的結果顯示：酵母菌確實有進行發酵作用，導致發酵鳳梨皮汁酸度均高出純鳳梨皮汁，最多為 B 組(2%)高出 0.13%，而五組酸度依序為 D(4%)> B(2%)> C(3%)> E(5%)> A(1%)，並無隨酵母菌添加量的增加而提升，推測當菌量提高至 5%時，可能隨利用發酵作用的減緩，酸度也降低。

(3)添加 1~5%酵母菌對發酵鳳梨皮汁中酒精度之影響

酒精為此實驗之最終產物，廢棄物再利用的期望是能獲得高酒精產量，由(圖十二)得知酒精產量 A(6%) > B(5%)> C=D=E(4%)，而由於酒精比重計最小刻度單位為 1，並無法做詳細比較，但 A 組比 C、D、E 組高出 2%，顯示添加 1%酵母菌即可獲得最高量的酒精。

參●結論

在蒐集資料的過程中，了解到現今能源逐漸枯竭的現況，同時世界各國也極力開

發再生能源以減少因人類私慾而傷害地球，近來科學家們熱烈鼓吹提倡 4R 運動，4R 分別為減量(reduction)、重覆使用(reuse)、回收(recycling)、再製(regeneration)強調的就是廢棄物再利用的觀點。

而關於我們以鳳梨皮提煉生質酒精的實驗，我們提出以下兩點結論：

- 1.鳳梨皮確實含有醣類，為一種量多且適宜製作酒精之農產廢棄物原料。
- 2.鳳梨皮汁內的糖分能被酵母菌利用提煉出生質酒精，且建議添加 1%酵母菌量，發酵條件控制在 25°C，發酵時間為 48 小時，就能將鳳梨皮汁內的醣消耗殆盡，煉製出 6%的酒精。

總而言之，撰寫此篇小論文讓我們學習了知識的收集及彙整，同時發揮專業的研究精神，在不斷的挫折及困難中尋求解決的方式，將我們台灣優良農產品——鳳梨的龐大廢棄物創造出生質酒精副產品，設想往後若能添加入燃油或配製成殺菌酒精產品等都是值得進行之研究，期能在地球環保、創新領域中善盡己力。

#### 肆●引註資料

- 一、蔡昌永(主編)(2006)。**基礎化學**。新北市：台科大圖書股份有限公司。
- 二、RedOrbit News(2010)。草類可替代玉米成為發展生質燃料作物。**能源報導月刊**：2010年12月。第36頁。
- 三、林子倫、蕭伶玲(2010)。雲德（Juhnde）模式——德國「生質能源村」推動經驗。**能源報導月刊**：2010年7月。第8頁。
- 四、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**。0362期。
- 五、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。
- 六、續光清(1996)。**食品工業**。新北市。財團法人徐氏基金會。
- 七、黃忠村(2008)。**食品微生物**。台南市：台灣復文出版社。
- 八、林耕年(編著)(1997)。**食品微生物學附實習法**。台南市：復文書局。