

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組 化工、衛工及環工科

第三名

最佳創意獎

091101

乾坤大挪移－纖維轉換生質酒精之研究

學校名稱：國立草屯高級商工職業學校

作者： 職二 謝鴻佑 職二 許智揚 職二 孫鈺傑 職二 葉育齊	指導老師： 黃玉麟 張瑞杰
---	-----------------------------

關鍵詞：生質酒精、牛筋草

摘要

石油、天然氣等化石燃料，在二十一世紀前就將枯竭，世界各國均積極尋找其他替代能源，其中生質酒精是相當被看好的一種潔淨能源，生質能源在於能夠利用穀物去轉換成酒精，具有製程簡單的優點，依目前的科技發展，已經有100%的生質燃料，但生質酒精在大量生產過程中，必須耗費大量的穀物，在全球糧食短缺的現在，將會使這種情形更加惡化，因此，我們選定校園附近雜草中的牛筋草作為研究對象，實驗中以硫酸及硝酸(濃度5%)為研究條件，進行微波水解實驗，所得之水解液測定還原糖量，換算出理論酒精量，再以兩種酸中效果較佳的一組進行發酵實驗，實驗結果顯示5%硫酸進行微波水解最好的條件為加熱10分鐘，溫度保持在140℃的條件最好，基質最高轉換率木糖為64.99%、葡萄糖為34.98%，換算酒精產量為236公升/公噸。

壹、研究動機

高一下學期「生物課」及二年級的「工程材料」課中，老師都有提到能源問題，告訴我們在未來的幾年中石油即將因人們大量開採而枯竭，發展石油以外之替代能源以成為先進國家重要能源政策，其中「生質能」這陌生的名詞引起我們的注意，我們開始到圖書館及能源相關網站查詢，並對其製程有了初步的認識，知道世界各國都積極栽種玉米、穀類生產生質酒精，並有相當成效(如表1-1)但大量使用玉米、穀物製造生質酒精，卻引發與人(或動物)爭糧情形，可能造成糧食危機，剛好，我們發現學校附近農地及空地，常常會看見牛筋草及其他雜草叢生的情況，也常在校園看到「工友伯伯」為清除成堆的雜草而煩惱，因此，我們想到如果可以善用廢棄資源，以雜草來製作成『生質酒精』，不但能順利解決雜草堆放、燃燒產生之環保問題，也能達到節能減碳之效果，此為我們進行本研究的動機。

表1-1 纖維素原料轉化酒精產量表

生質作物	作物燃料轉化量 (公升/公噸)	作物生產量 (公噸/公頃)	備註
稻米	450	5	澱粉
甜高粱	120	50	澱粉
玉米	370	8	澱粉
稻草	270	5.45	纖維物
稻殼	270	0.82	纖維物
蔗渣	280	18	纖維物
玉米桿	300	6.4	纖維物

(資料來源：農業生技產業季刊-植物種苗生技 2007年 第九期 p63)

貳、研究目的

在老師的指導及協助，我們擬定以雜草中的牛筋草為主之研究計畫，藉由各種實驗來探討纖維質水解轉換之效率，所得水解液測定還原糖量，並換算出理論酒精量，以探討實際的酒精產量與理論酒精值之間有何差異，進而尋找出其可能影響產量之因素，希望經由實驗探討雜草（牛筋草）轉換生質酒精的可行性及其最佳之轉換條件，這是我們進行本研究之主要目的。

參、研究設備及器材

一、微波反應

微波反應器如圖 3-1 及圖 3-2，其原理是利用微波加熱使其水解，作法是將要水解之樣品擺上盤子，並設定內容(溫度、時間、瓦數、加熱時間)，最後微波完再將其冷卻至 60 度以下就完成水解。



圖 3-1 微波反應器



圖 3-2 微波放置圖

二、酸鹼度計

酸鹼度計如圖 3-3 及圖 3-4，本實驗用來檢測水中氫離子濃度，其操作方法是準備 40% 及 2% 的 NaOH、DI 水，開始進行中和即可。



圖 3-3 酸鹼度計



圖 3-4 清洗殘留物

三、分光光度計

分光光度計如圖 3-5 及 3-6，其方法是將中和完的水解液過濾 1ml 滴入試管再加入 1ml 的 NaOH 再加入 1ml 的 DNS 藥水，然後先用 DI 水做一個標準值(為 0)在開始測實驗物，經過不同溫度及時間加溫水解過後的水解液進行透光度分析。



圖 3-5 與 DNS 藥水混和後



圖 3-6 分光光度計

四、高效液相層析儀

高效液相層析儀如圖 3-7 及圖 3-8，操作方法是先要將機器歸零〈以確保數據精確〉，利用平口針抽取溶液注入機器即可。其用途主要偵測牛筋草水解出之木質糖及葡萄糖的含量。

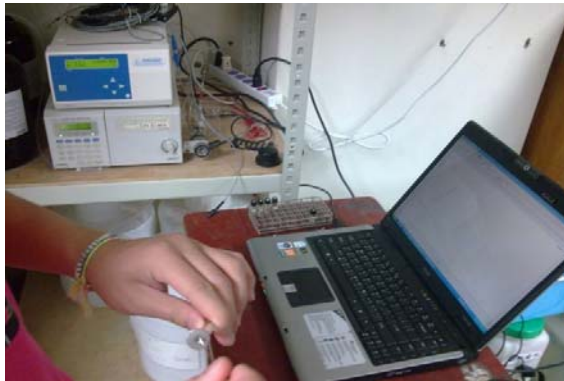


圖 3-7 HPLC



圖 3-8 洗針

五、無菌無塵操作台

無菌無塵操作台如圖 3-9 及圖 3-10 其作用是使我們要的菌的過程中無其他菌種進入以確保發酵菌無汙染，用法是將發酵菌放入並在裡面進行培養的操作即可。



圖 3-9 無菌無塵操作台



圖 3-10 菌培養

六、氣相層析儀

氣相層析儀如圖 3-11 及圖 3-12，其作用是用來測酒精量的多寡，用法事先預設好條件找出測定的物質，然後找尋它們溫度控制的最佳條件使圖譜跑出最佳波峰，再來是打標準品範圍 100~500 ppm 最後完成檢量線，檢測所採集的樣品，是否落在標準品範圍裡面，如落在範圍內其該樣品性質可能與標準品相同。《找物質→物質條件設定→標準品配定→採及樣品分析》



圖 3-11 氣相層析儀



圖 3-12 所需氣瓶

七、高溫高壓滅菌釜

高溫高壓滅菌釜如圖 3-13，其作用是利用高溫高壓進行殺菌，作法是將燒杯擺入並再底部加入一定的水量(因怕玻璃燒杯過熱而爆裂)，溫度調整至 121 度、壓力 1.2kg/cm²、時間 60 分鐘。



圖 3-13 高溫高壓滅菌釜內部情形

肆、研究過程或方法

一、基質處理

將蒐集來的牛筋草置入烘乾機內烘乾，去除水分，再將烘乾完的牛筋草導入破碎機，增加細度與接觸面積以利反應。

二、微波水解

將 100%的硫酸及硝酸配製成 5%的硫酸及硝酸由 $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ 得 $1 \times V = 0.05 \times 200$ 故硫酸及硝酸為 10 毫升，並與 190 毫升的去離子水均勻搖晃混合，靜置 10 分鐘，將 1

公克的基質至入鐵氟龍容器並以 20 毫升濃度 5%的硫酸或硝酸攪拌混合，量產多個批次，再將容器密閉並至入微波處理器中，設定目標溫度、維持時間、瓦數後開始微波處理。

三、過濾中和

等到溫度下降至 60 度以內將微波處理後的溶液以濾紙抽氣過濾，過濾後的溶液以濃度 2%以及 40%的氫氧化鈉中和至 pH 值到達 5.0 為止，以免破壞醱分。

四、分光檢測

取 2 到 3 毫升中和完之溶液以小型過濾碟及針筒注射過濾，再取 1 毫升之過濾完溶液以去離子水稀釋 50 倍，以 1 毫升之 40%氫氧化鈉和 DNS 試劑滴入 1 毫升之稀釋液，予以燒杯隔水加熱 10 分鐘，將液體倒入石英管以分光光度計測透光度。

五、HPLC 檢測

取 1 口針筒於裝盛些許去離子水之燒杯內洗針，並確保將針筒內多餘空氣排除，再取 1 去離子水以平口針筒注射入，清洗管柱，確保實驗準確性，再取 0.1ml 完的溶液注入儀器檢測含糖量的高低。

六、篩選發酵成品

以最高之分光數值代入公式，計算出理論酒精應該發出的量，將該批次標準品打入氣象層析儀中，檢測其酒精發酵量，再參考該批次所測得的含糖量，於比較後證明含糖量之多寡與酒精發酵量之間的關係。

伍、研究結果

一、糖類測定數據

(一) 硫酸實驗糖類測得之數據如表 5-1

表 5-1 硫酸實驗糖類測得之數據

木糖	面積值	濃度(mg/L)	水解率%	酒精產率(g/g)
10min/140°C	627	6,454	64.99%	3.39
葡萄糖	面積值	濃度(mg/L)	水解率%	酒精產率(g/g)
10min/140°C	877	7,102	34.98%	3.63

(二) 硝酸實驗糖類測得之數據如表 5-2

表 5-2 硝酸實驗糖類測得之數據

木糖	面積值	濃度(mg/L)	水解率%	酒精產率(g/g)
10min/110°C	467	4,761	47.94%	2.50
葡萄糖	面積值	濃度(mg/L)	水解率%	酒精產率(g/g)
10min/110°C	708	5,621	27.68%	2.87

二、微波實驗

(一) 硫酸 10 分鐘試驗

如圖 5-1 硫酸 10 分鐘試驗所示，牛筋草於以硫酸微波 10min，溫度各為 80°C、110°C、140°C，其中以 140°C 時之還原糖產量(水解率)最好，其牛筋草理論酒精產率為 5.77g/L。

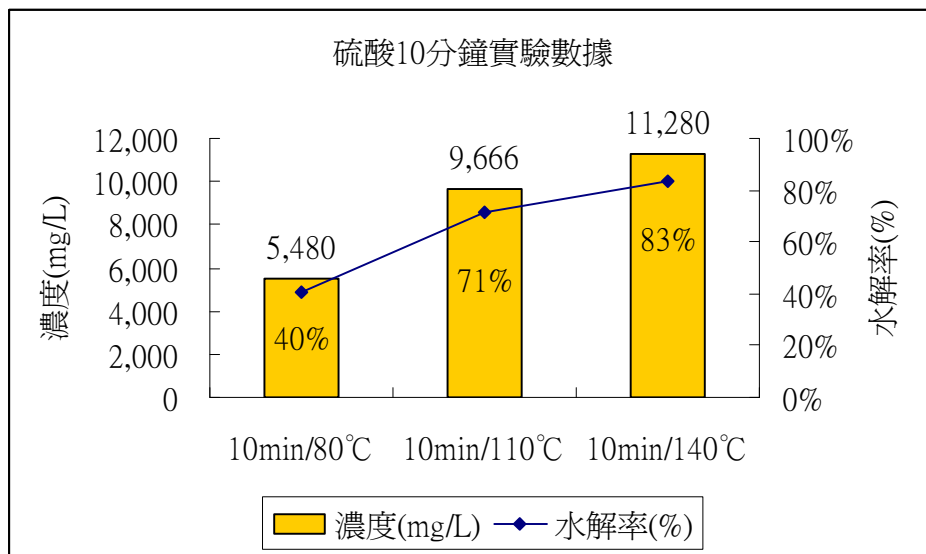


圖 5-1 硫酸 10 分鐘試驗圖

(二) 硫酸 20 分鐘試驗

如圖 5-2 硫酸 20 分鐘試驗所示，牛筋草於硫酸微波時間 20min，溫度各為 80°C、110°C、140°C，其中/140°C 時之還原糖產量(水解率)最好。牛筋草理論酒精產率 5.66g/L。

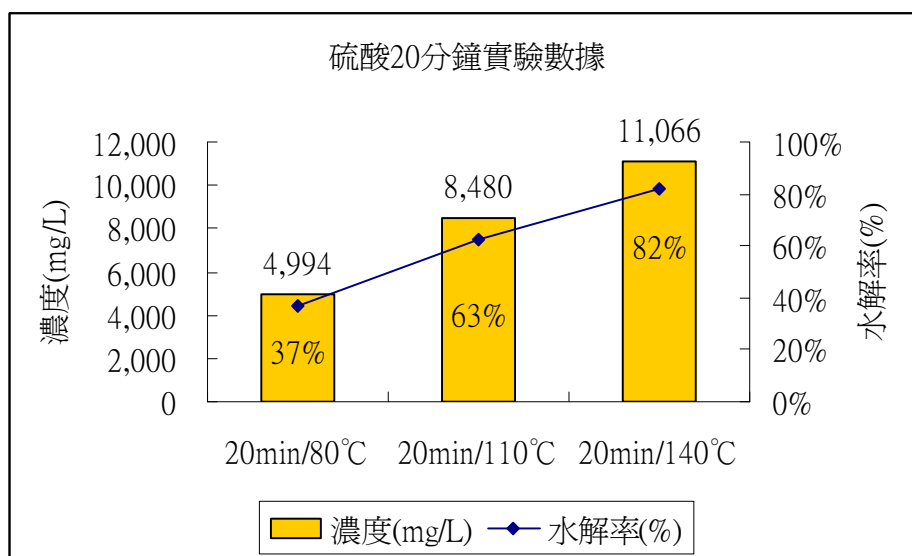


圖 5-2 硫酸 20 分鐘試驗圖

(三) 硫酸 30 分鐘試驗

如圖 5-3 硫酸 30 分鐘試驗所示，牛筋草於硫酸微波時間 30min，溫度各為 80°C、110°C、140°C，其中 110°C 時之還原糖產量(水解率)最好，牛筋草理論酒精產率 6.36g/L。

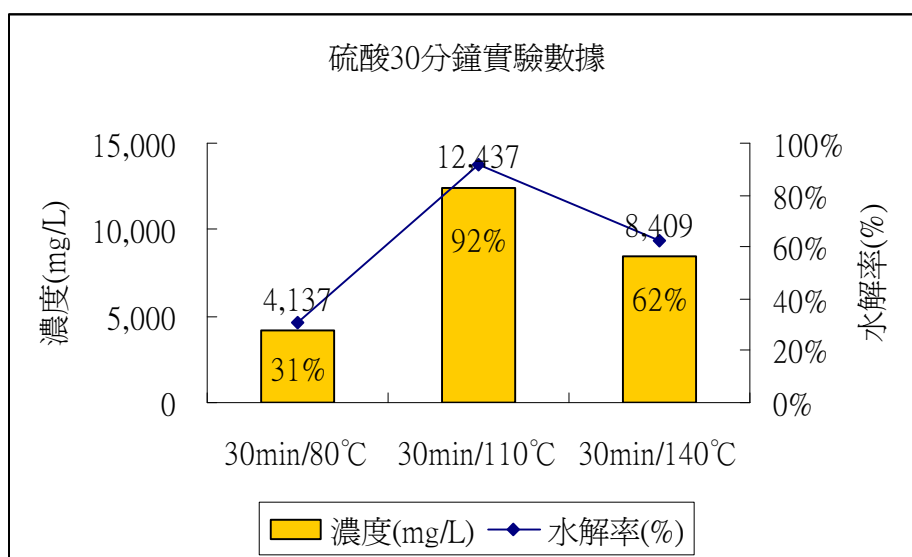


圖 5-3 硫酸 30 分鐘試驗圖

(四) 硝酸 10 分鐘試驗

如圖 5-4 硝酸 10 分鐘試驗所示，牛筋草於硝酸微波時間 10min，溫度各為 80℃、110℃、140℃，其中 110℃ 時之還原糖產量(水解率)最好，牛筋草理論酒精產率 5.68g/L。

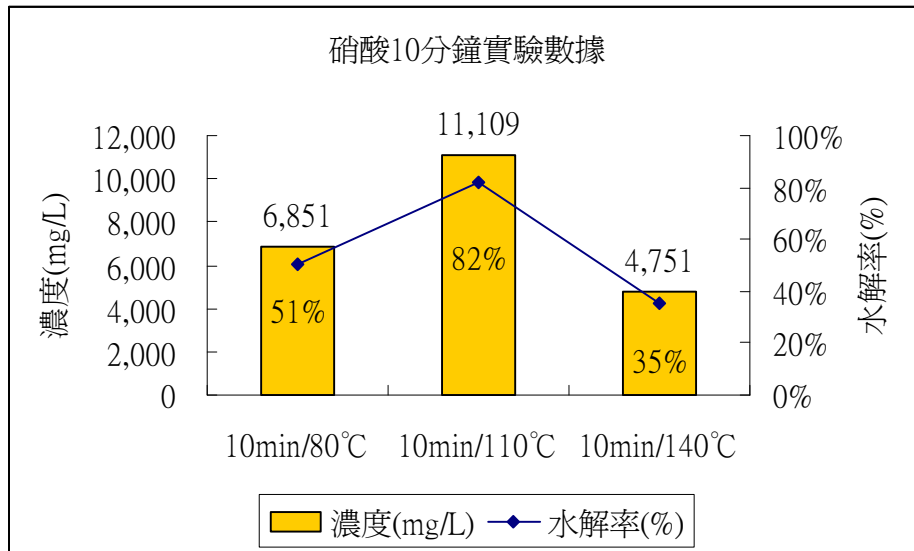


圖 5-4 硝酸 10 分鐘試驗圖

(五) 硝酸 20 分鐘試驗

如圖 5-5 硝酸 20 分鐘試驗所示，牛筋草於硝酸微波時間 20min，溫度各為 80℃、110℃、140℃，其中 80℃ 時之還原糖產量(水解率)最好，牛筋草理論酒精產率 2.94g/L。

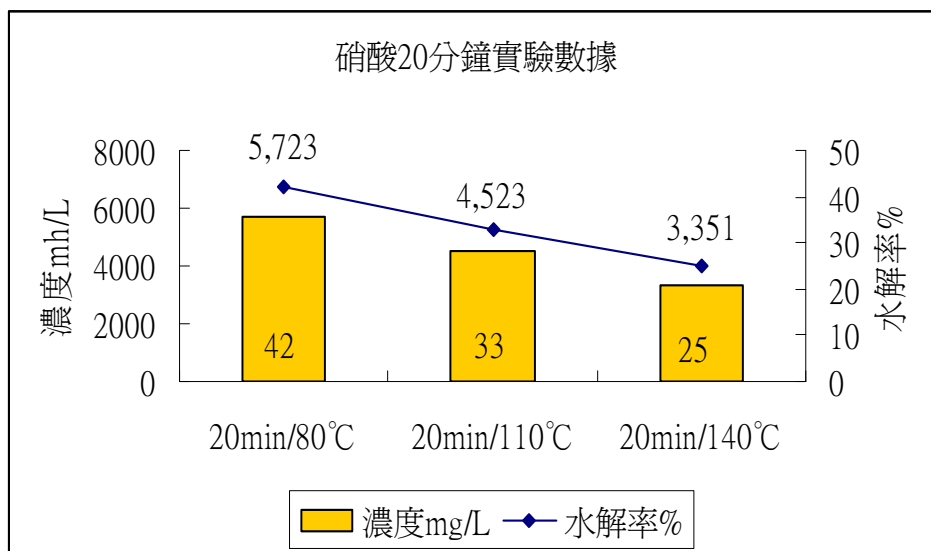


圖 5-5 硝酸 20 分鐘試驗圖

(六) 硝酸 30 分鐘試驗

如圖 5-6 硝酸 30 分鐘試驗所示，牛筋草於硝酸微波時間 30min，溫度各為 80°C、110°C、140°C，其中 80°C 時之還原糖產量(水解率)最好，牛筋草理論酒精產率 4.85g/L。

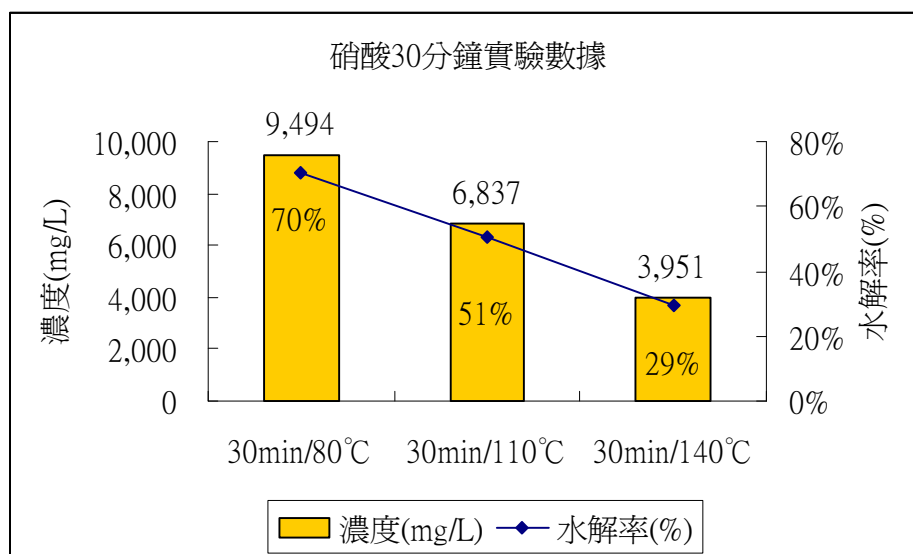


圖 5-6 硝酸 30 分鐘試驗圖

三、木糖發酵實驗

如圖-7，牛筋草(硫酸)以木糖菌發酵，發酵時間各為 0hr、12hr、24hr、36hr、48hr、60hr 每隔 12hr 取樣一次，其中以發酵 24h 時酒精產量為最佳。

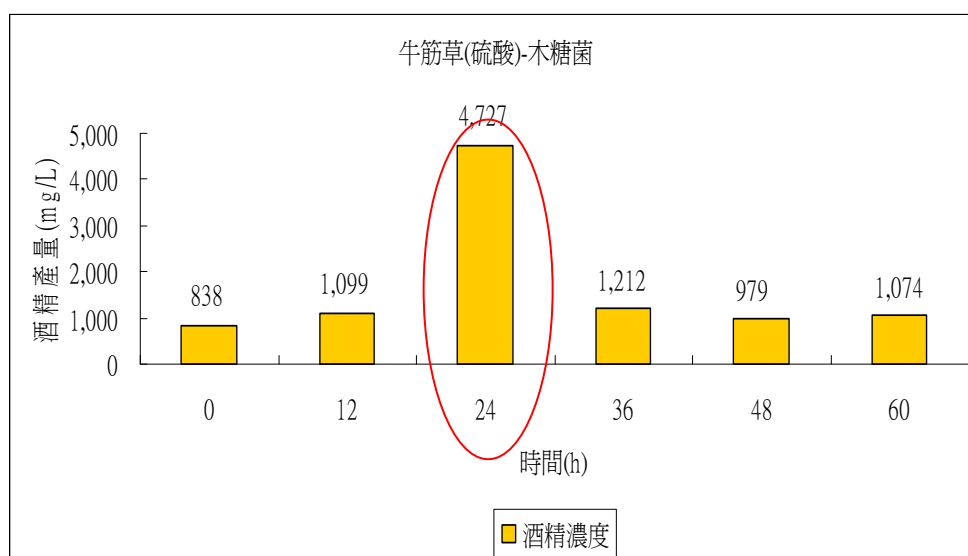


圖 5-7 牛筋草(硫酸)以木糖菌發酵時間酒精產量圖

如圖 5-8，牛筋草(硝酸)以木糖菌發酵，發酵時間各為 0hr、12hr、24hr、36hr、48hr、60hr 每隔 12hr 取樣一次，其中以發酵 24h 時酒精產量為最佳。

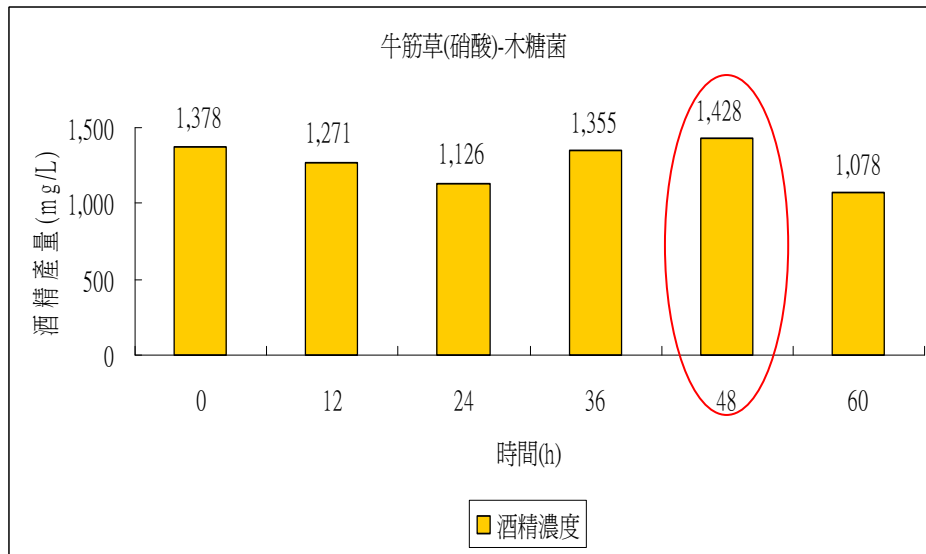


圖 5-8 牛筋草(硝酸)以木糖菌發酵時間酒精產量圖

四、葡萄糖發酵實驗

如圖 5-9，牛筋草(硫酸)以葡萄糖菌發酵，發酵時間各為 0hr、12hr、24hr、36hr、48hr、60hr 每隔 12hr 取樣一次，其中以發酵 48h 時酒精產量為最佳。

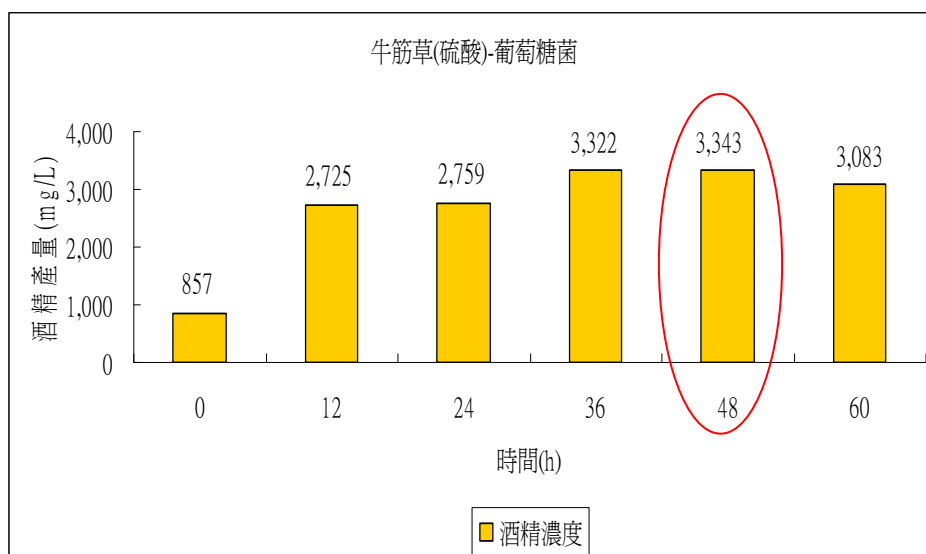


圖 5-9 牛筋草(硫酸)以葡萄糖菌發酵時間酒精產量圖

如圖 5-10，牛筋草(硝酸)以葡萄糖菌發酵，發酵時間各為 0hr、12hr、24hr、36hr、48hr、60hr 每隔 12hr 取樣一次，其中以發酵 48h 時酒精產量為最佳。

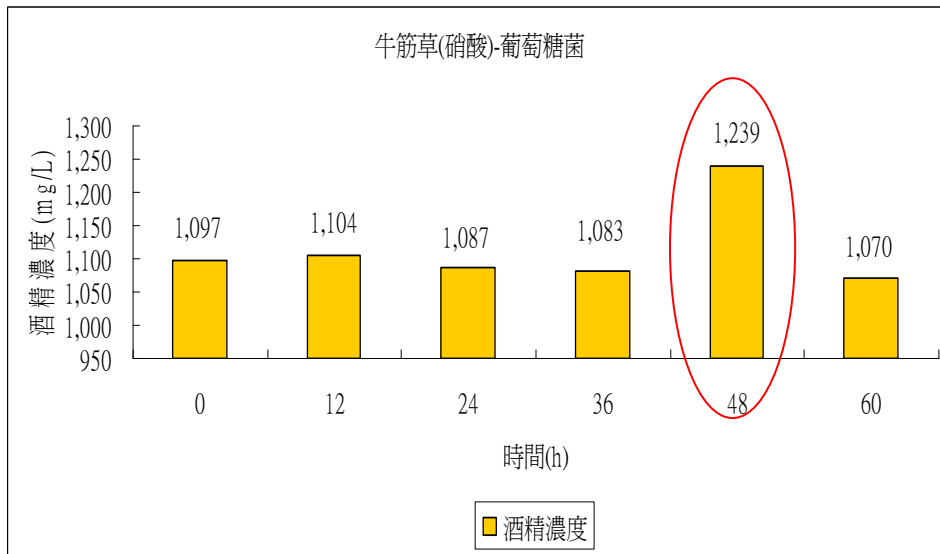


圖 5-10 牛筋草(硝酸)以葡萄糖菌發酵時間酒精產量圖

五、混和菌發酵實驗

如圖 5-11，牛筋草(硫酸)以混合菌發酵，發酵時間各為 0hr、12hr、24hr、36hr、48hr、60hr 每隔 12hr 取樣一次，其中以發酵 48h 時酒精產量為最佳。

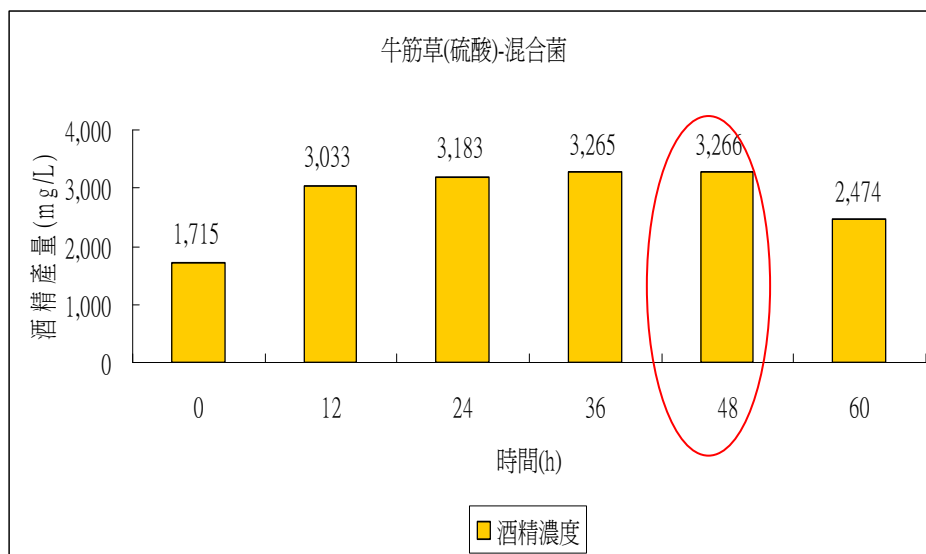


圖 5-11 牛筋草(硫酸)以混合菌發酵時間酒精產量圖

如圖 5-12，牛筋草(硫酸)以混合菌發酵，發酵時間各為 0hr、12hr、24hr、36hr、48hr、60hr 每隔 12hr 取樣一次，其中以發酵 48h 時酒精產量為最佳。

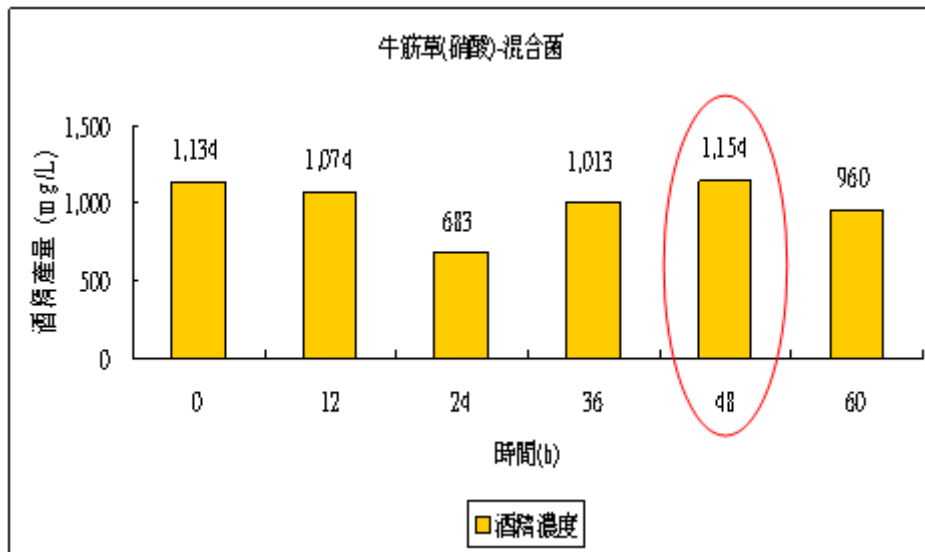


圖 5-12 牛筋草(硫酸)以混合菌發酵時間酒精產量圖

陸、討論

由此次實驗結果可得知，各種糖類對於轉換生質酒精都不盡相同，於量產實驗時都有不錯的結果，本實驗可得到以下幾點的討論：

一、 濃度對於水解率之影響

由實驗結果圖 5-1~5-6 可清楚得知，所測得之濃度越高，水解率就越高，水解率與濃度成正比。

二、 酒精量產各糖類發酵時間之最佳點

各糖類都有產量最高的一個時間點，其各最佳點都是是在發酵 48 小時，但唯獨葡萄糖菌發酵之最佳點在於 24 小時，由此可知大部分的發酵最佳時間在發酵 48 小時。

三、 酸的種類對於產量之影響

本實驗的試驗兩種酸硫酸與硝酸，酸的濃度固定在 5% 時，用硫酸來進行酒精量產，都將會是最高的。

柒、結論

綜合上述實驗，我們得到如下研究結論：

- 一、纖維水解轉化還原糖為產製生質酒精之關鍵步驟，藉由微波輔助可大幅提升纖維水解效率與還原糖產量，亦可提升轉化速率與降低水解液酸濃度，值得進一步開發應用。
- 二、在微波水解部份，我們設定不同條件的溫度和時間進行實驗比較，最後分別採取硫酸、硝酸水解後測定還原糖量，並找出最佳條件（5%硫酸進行微波水解最好的條件為加熱 10 分鐘，溫度保持在 140°C；5%硝酸進行酸微波水解最好的條件為加熱 10 分鐘，溫度保持在 110°C）後進行發酵實驗。
- 三、進行發酵時，我們可由實驗數據圖清楚的看到各糖類的不同變化，大致上由硫酸進行微波水解的實驗效果為最好，發酵結果顯示，硫酸與硝酸之比較，硫酸不論在三種不同發酵條件下(木糖菌、葡萄糖菌、混合菌)效果遠比硝酸來的好，因此硫酸較具有可行性。
- 四、此次實驗牛筋草最大酒精產率經推算為 236 公升/公噸，相較稻米 450 公升/公噸及玉米 370 公升/公噸之產量仍有段差距，但若就「糧食供應」、「土地利用」及「環保政策」面而言，我們覺得牛筋草轉換生質酒精仍值得深入研究和嘗試。

捌、參考資料及其他

- 一、生質酒精技術與產業現況（民 97）。樂多日誌：投資能源科技。民 97 年 4 月 25 日，取自：http://blog.roodo.com/ernews/archives/cat_475225.html。
- 二、林祐生、李文乾。生質酒精。科學發展，433，民 98 年 1 月，取自：<http://web1.nsc.gov.tw/public/Data/9169491029.pdf>。
- 三、許瑞婷，研磨對臭氧降解纖維素的影響，國立臺灣大學，食品科技研究所碩士論文，台北市（2005）。
- 四、陳孝宇，發展生質柴油和生質酒精對台灣農業部門之影響分析，碩士論文，國立台灣大學，農業經濟學研究所，台北市（2006）。
- 五、郭建鏢，應用微波水姊技術提升纖維廢棄物能源化效率之研究，私立弘光科技大學，環

境工程研究所，碩士論文，台中縣(2008)。

- 六、黃宜瑾，介質研磨對纖維素之酵素水解動力學的影響，碩士論文，國立臺灣大學，農學院食品科技研究所，台北市（2007）。
- 七、Alexander A.G., The energy cane alternative. Amsterdam: Elsevier (1985)。
- 八、Badal C.S., Loren B.I., Michael A., Cotta Y., Victor Wu, Dilute acid pretreatment, enzymatic saccharification and fermentation of wheat straw to ethanol. *Process Biochemistry* 40, 3693-3700 (2005)。
- 九、Dale, B.E., Henk, L.L., Shiang, M. Fermentation of lignocellulosic materials treated by ammonia freeze-explosion. *Dev. Ind. Microbiol.* 26, 223–233 (1984)。
- 十、Hassan K. Sreenath, Richard G. Koegel, Ana B. Moldes, Thomas W. Jeffries, Richard J. Straub, Ethanol production from alfalfa fiber fractions by saccharification and fermentation. *Process Biochemistry* 36 , 1199-1204 (2001)。
- 十一、Karin Ohgren, Renata Bura, Gary Lesnicki, Jack Saddler, Guido Zacchi, A comparison between simultaneous saccharification and fermentation and separate hydrolysis and fermentation using steam-pretreated corn stover. *Process Biochemistry* 42, 834-839 (2007)。
- 十二、M. Ballesteros, J.M. Oliva, M.J. Negro, P. Manzanares, I. Ballesteros, Ethanol from lignocellulosic materials by a simultaneous saccharification and fermentation process (SFS) with *Kluyveromyces marxianus* CECT 10875. *Process Biochemistry* 39, 1843-1848 (2004)。
- 十三、Parminder P., Kaur, J.S., Enzymic Hydrolysis of Rice Straw by Crude Cellulase from *Trichoderma reesei*. *Bioresource Technology* 66, 267-269 (1998)。
- 十四、Sanjeev K. S., Krishan L. K., Gurvinder S. k., Fermentation of enzymatic hydrolysate of sunflower hulls for ethanol production and its scale-up. *Biomass and Bioenergy* 27, 399-402 (2004)。
- 十五、Shengdong Zhu, Yuanxin Wu, Ziniu Yu, Xuan Zhang, Cunwen Wang, Faquan Yu, Shiwei Jin. Production of ethanol from microwave-assisted alkali pretreated wheat straw, *Process Biochemistry* 41, 869-873 (2006)。

【評語】 091101

本研究針對生質能源之議題，以校園內之牛筋草為研究對象，進行纖維水解實驗，並嘗試推估理論酒精產量之最佳化條件，以作為生質能源應用之理論基礎。本研究具有創意性，惟統計方法及討論內容仍有加強空間。若未來能尋找到特殊菌種與牛筋草之水解及酒精產量之最佳條件，並予以實際驗證，將對本土生質能源之發展有所貢獻。