

嘉南藥理科技大學97年度教師專題研究計畫

重點研究總計畫

生質酒精之連續式發酵及分離

子計畫名稱

連續式薄膜生物反應槽系統製備生質酒精之研發

Study of a continuous plug-flow anaerobic membrane bioreactor process for bioethanol production

計畫編號：CN9710

執行期限：97年1月1日至97年12月31日

總計畫主持人：張錦松 嘉南藥理科技大學 環境工程與科學系

子計畫主持人：張家源 嘉南藥理科技大學 環境工程與科學系

一、摘要

本研究子題乃利用薄膜生物反應槽(membrane bioreactor, 簡稱 MBR)技術, 建構一連續式柱塞流式厭氧 MBR 酒精發酵系統, 轉換生質進料為乙醇溶液。研究以評估此新式反應系統產生乙醇之可行性為主要目的, 主要研究之參數為反應溶液 pH 值與系統溫度對乙醇產率之影響。研究結果顯示, 系統反應溶液 pH 值與系統溫度對乙醇之產率均有影響, 惟系統乙醇之產率仍有待提升。初步評估結果顯示, 此一連續式柱塞流式厭氧 MBR 系統可為製造生質酒精之替代方案。

關鍵詞：薄膜生物反應槽、生質酒精、厭氧發酵

Abstract

The purpose of this preliminary study was to assess the feasibility of a continuous plug-flow anaerobic membrane bioreactor process for bio-ethanol production. The results of this study indicated that the plug-flow anaerobic membrane bioreactor system has potential as a means of converting the sucrose solution into ethanol solution. The results also revealed that both pH and temperature were the significant factors for ethanol production. However, the further study to enhance the production rate of

ethanol is the most important topic in the future.

Keywords: Membrane bioreactor (MBR); bio-ethanol; anaerobic fermentation

二、緣由與目的

生質是指由光合作用衍生的生物物質, 例如玉米、高粱、小麥等穀類, 甘蔗、甜菜、糖漿、澱粉、糖等糖類, 以及纖維素等。生質酒精是指由生物物質所製成之酒精。生質酒精與汽油混合之燃料即為生質酒精汽油。在石油價格日益高漲及潛在的短缺問題, 傳統的微生物發酵再度引起人們的興趣。目前常見的酵素水解製程有兩種設計, 一種是水解和醱酵前後分開進行 SHF(Separate Hydrolysis and Fermentation), 另一種水解和醱酵同進行 SSF(Simultaneous Saccharification and Fermentation)。無論是 SHF 或 SSF, 纖維質經過水解程序之後, 纖維質已經被分解成六碳糖與五碳糖, 此時可分成個別醱酵與同時醱酵兩種方式進行。纖維素經水解後產生六碳糖, 半纖維素經水解產生之五碳糖, 也就是木糖(xyllose)為主要成份, 經微生物醱酵轉化為酒精。影響木糖轉化酒精製程的關鍵技術, 在於能否符合幾點重要需求, 如: 1.酒精容忍度 2.水解時對抑制物忍受度 3.醱酵條件 4.高產率 5.高產值。

本研究嘗試利用一連續式柱塞流式厭氧

MBR酒精發酵系統，轉換生質進料為乙醇溶液。研究以評估此新式反應系統產生乙醇之可行性為主要目的，以研發製造生質酒精之替代製程。

三、研究設備與方法

1. 反應系統

本研究子題乃利用薄膜生物反應槽技術，建構一連續式生質酒精發酵系統，轉換生質進料為酒精溶液。本研究子題連續式生質酒精MBR發酵轉換系統示意圖如圖1所示。實際組裝之實驗系統如圖2所示。

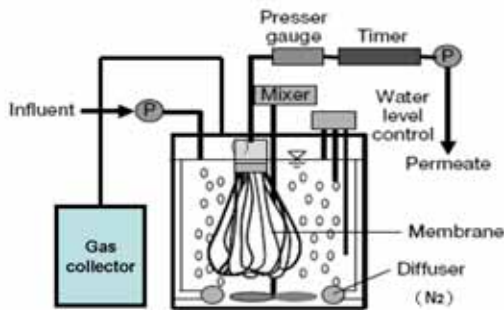


圖1. 連續式生質酒精MBR系統示意圖

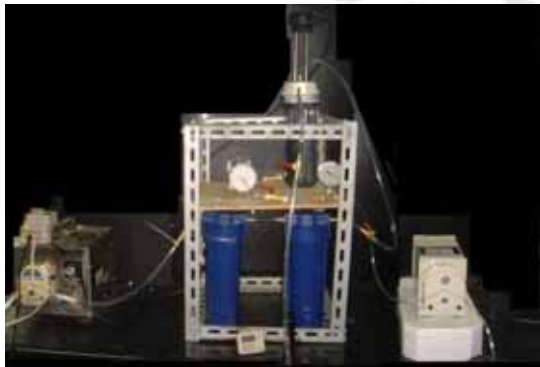


圖2. 連續式柱塞流式厭氧MBR酒精發酵系統示意圖

圖2為一連續式柱塞流式厭氧MBR酒精發酵系統，本系統主要由3個3.5公升之串聯式柱塞流反應槽及一個1.2公升之外部式薄膜過濾槽所組成，系統整體為厭氧密閉系統，周邊系

統配置有液位控制器、壓力計、流量計、恆溫水槽、進料桶、閥件及管線等。

2. 材料與分析

本研究發酵菌種取自於台南善化啤酒廠酒糟液及製程污泥之混和液。

進料基質母液組成如下：160 g/L 蔗糖、6 g/L 酵母萃取物、5 g/L KH_2PO_4 、1.5 g/L 氯化銨、1.0 g/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、1 g/L 氯化鉀，pH 5.0 ± 0.2 ， $32 \pm 0.5 \text{ C}$ 。母液後經檢測COD值約 200000 mg/L，經稀釋500倍後為進料基質。

乙醇分析以GC-TCD進行之（中國層析GC-9800，層析管柱Porapak Q）。

3. 薄膜選擇

本研究薄膜選用大陸膜天公司所生產之中空纖維薄膜，薄膜模組為圖3所示，其流量為 240 L/day。為配合實驗系統規格，膜組經改裝後如圖4所示，膜半徑 $0.53 \times 10^{-3} \text{ m}$ ，膜長 0.3 m，總表面積為 0.003 m^2 。



圖3. 膜天公司中空纖維薄膜



圖4. 本研究所使用膜組

四、結果與討論

生物方法相對於化學方法在纖維素水解上有改善轉化率及降低成本的潛力，然而目前沒有微生物可產生高濃度的纖維素酵素、半纖維素酵素及其他酵素，同時又可轉化五碳糖及六碳糖為酒精，此法在應用性仍在研究中。酵素對周圍環境的影響非常敏感，每一個酵素都有其最理想的環境條件，酸鹼值、溶劑、溫度、壓力等因素的變化，都可能對其催化能力產生明顯的影響。環境中存在的其他物質，亦有可能對其產生抑制或毒化的作用，進而影響其活性表現。

本研究子題乃利用薄膜生物反應槽技術，建構一連續式生質酒精發酵系統，轉換生質進料為酒精溶液。由文獻蒐集得知，目前尚無利用厭氧MBR系統轉換生質進料為酒精溶液之相關研究，故本研究本階段之目的，主要為評估連續式柱塞流式厭氧MBR系統做為酒精發酵反應器之可行性。

本研究實驗初期除針對系統微生物進行馴養外，並針對水力停留時間進行篩選，篩選結果顯示水力停留時間固定為28天時，系統出流經檢測有乙醇產生。後續研究之水力停留時間固定為28天，主要研究之參數為反應溶液pH值與系統溫度對乙醇產率之影響。

反應溶液pH值之分別固定在3.5、4、4.5、5與5.5進行研究，研究結果顯示，系統在反應溶液pH值為5時有最高之乙醇產率，pH 4.5與

5.5條件下之乙醇產率雖略低於pH值為5時之乙醇產率，但均高於3%。研究結果顯示，反應溶液pH值為4.5以下時，其乙醇產率均較上述pH值條件為低。

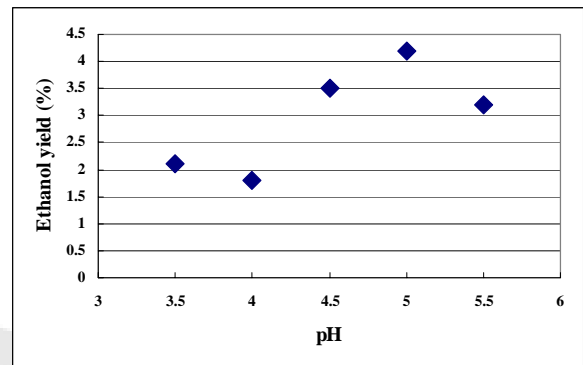


圖5. 反應溶液pH值對乙醇產率之影響

系統溫度對乙醇產率之影響如圖6所示，反應系統溫度分別控制在28、31、34與37°C下進行研究，研究結果顯示，乙醇之產率隨系統溫度之升高而增加，顯示系統溫度為厭氧MBR系統轉換生質進料為酒精溶液之顯著影響因子。

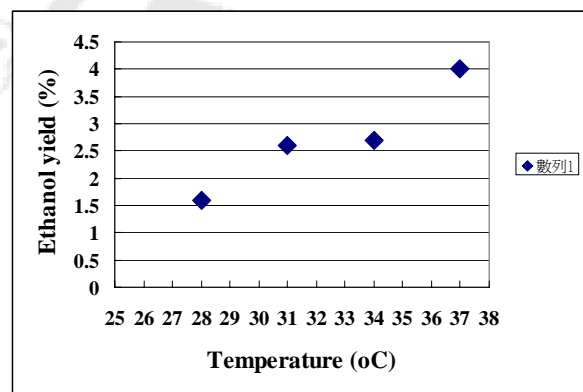


圖6. 系統溫度對乙醇產率之影響

五、結論

1. 本研究為利用厭氧MBR系統轉換生質進料為酒精溶液之先期研究，研究結果顯示，連續式柱塞流式厭氧MBR系統可做為

生質酒精之轉換系統。

2. 系統反應溶液pH值與系統溫度對乙醇之產率均有影響。
3. 本系統酒精轉換率最高介於4~4.5%間，如何提高乙醇產率為後續研究之重點。
4. 後續研究可針對乙醇以外之系統副產物進行分析，以瞭解系統副產物對微生物抑制之程度。
5. 本研究乃利用混種微生物進行發酵作用產生乙醇，後續研究可利用單株純種發酵菌進行連續流厭氧MBR系統之操作，以提高乙醇之產率。

六、致謝

本研究承蒙嘉南藥理科技大學97年度教師專題研究計畫經費補助，特此致謝。

七、參考文獻

1. Muller, E. B. et al., 1995, Aerobic domestic waste water treatment in a pilot plant with complete sludge retention by cross-flow filtration, *Wat. Res.*, 29 (4), 1179-1189.
2. Fan, X. J. et al., 1996, Nitrification and mass balance with a membrane bioreactor for municipal wastewater treatment, *Wat. Sci. Tech.*, 34 (1-2), 129-136.
3. Suwa, Y. et al., 1992, Single-stage, single-sludge nitrogen removal by an activated sludge process with cross-flow filtration, *Wat. Res.*, 26 (9), 1149-1157.
4. Bailey, A. D. et al., 1994, The use of crossflow microfiltration to enhance the performance of an activated sludge reactor, *Wat. Res.*, 28 (2), 297-301.
5. Yamamoto, K. and Win, K. M., 1991, Tannery wastewater treatment using a sequencing batch membrane reactor, *Wat. Sci. Tech.*, 23, 1639-1648.
6. Krauth, KH. and Staab, K. F., 1993, Pressurized bioreactor with membrane filtration for wastewater treatment, *Wat. Res.*, 27 (3), 405-411.
7. Leland M Vane, 2005, A review of Pervaporation for Product Recovery from Biomass Fermentation Processes, *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 80(6), 603-629.
8. Zheng, Yu-Guo, Chen, Xiao-Long, Wang, Zhao2005, Microbial Biomass Production from Rice Straw Hydrolysate in Airlift Bioreactors, *Journal of Biotechnology*, 118(4), 413-420.