嘉南藥理科技大學 97 年度教師專題研究計畫

重點研究總計畫名稱:生質酒精之連續式發酵及分離

子計畫名稱:連續式發酵槽乙醇分離技術

子計畫主持人:賴振立

計畫編號: CN9712

摘要

本研究計畫主要以薄膜蒸餾技術進 行連續式發酵槽中酒精分離之研究,使 用直接接觸薄膜蒸餾法(direct contact membrane distillation, DCMD)以及空氣 間隙薄膜蒸餾法 (air-gap membrane distillation, AGMD)針對模擬溶液及發酵 槽實驗,以往的文獻多使用商業性膜, 較少探討膜製備對薄膜蒸餾技術的應 用,因此本計畫探討薄膜表面孔洞控制 聚四氟乙烯 (polytetrafluoroethylene, PTFE)多孔性薄膜,使疏水性薄膜在連 續式發酵槽中分離酒精溶液以增加透過 量,並提高發酵槽效率。實驗結果發現, 使用 PTFE 膜於薄膜蒸餾技術,應用在分 離連續發酵槽可有效分離乙醇溶液,並 提高乙醇濃度。

研究目的

近年來,由於化石燃料快速消耗、 二氧化碳氣體持續增加而導致溫室效 應,因此,如何進行二氧化碳減量與加 速大氣中二氧化碳的固定為現今一大挑 戰,因為原油價格高漲,歐美國家在汽 油中添加百分之十的酒精,以降低石油 的消耗,成為現今重要的研究課題[1-2]。 文獻探討

薄膜蒸餾或滲透蒸發 (membrane distillation or pervaporation)的水源淡化 方式是結合逆滲透法及蒸餾法的優點, 為較新的分離技術。由於薄膜蒸餾在製 程上具備了設備成本低與節省能源等優 點,在未來有可能取代其他如傳統蒸餾 與逆滲透等的分離技術,使得近年來引 起廣泛的研究。

薄膜蒸餾過程就本質而言是一種蒸 發-冷凝過程。利用微多孔疏水性薄膜 (micro-porous hydrophobic membrane) 隔離兩側不同溫度的溶液或流體,利用 兩側不同溫度的溶液或流體,利用 兩側不同溫度的溶液產生飽和 蒸氣,經由薄膜孔洞傳輸到低溫側,然 後再凝結成液體的一種熱滲透過程。 這個概念起源於1967年Findley[3-4]所發表 的文章。這個過程的驅動力主要來自薄 的文章。這個過程的驅動力主要來自薄 此蒸氣壓差是藉由兩流體間的溫度梯度 所造成。薄膜蒸餾過程的傳輸機構中, 大致上可分為下列四個步驟[5]:

 高溫溶液的揮發性物質往薄 膜表面移動

揮發性物質在薄膜與高溫溶液間的接觸面產生蒸發效應

 蒸發的蒸氣通過非濕潤性薄 膜孔洞

4. 蒸氣移動到低溫側冷凝成液 體

研究中將使用的是直接接觸薄 膜蒸餾法(DCMD)以及空氣間隙 薄膜蒸餾法(AGMD)。

DCMD是薄膜蒸餾中最有效的技術[6,7],在此系統中,冷側與熱側溶液 直接與膜表面接觸,在整體設備方面, 其構造較為簡單、操作方便且流通量最 大[6-10]。空氣間隙薄膜蒸餾法(AGMD) 熱溶液與膜表面接觸,冷卻水與冷凝板 接觸,但透過薄膜的蒸氣經由一道空氣 間隙後於冷凝板凝結,此方式的優點是 凝結後的滲透液可直接收集,不與冷卻 溶液相混合,故適用的範圍較為廣泛, 但缺點是因為水蒸氣經過的路徑較 長,因此通量相對較直接接觸式小 [5,12]。



Fig1. 直接接觸式薄膜蒸餾圖[11]

研究方法

建立薄膜蒸餾系統及操作技術

本計畫為薄膜蒸餾應用在連續發酵 槽中乙醇分離技術,針對連續發酵過程 中產生的乙醇會對發酵菌種產生抑制作 用,因此將發酵液中的乙醇溶液分離, 但發酵槽中的酵母菌以及葡萄糖必須能 夠留在發酵槽中,且膜表面不能受到菌 種附著而影響透過量,為本計畫之研究 要項。

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

結果與討論

首先分析酵母菌的粒徑大小,以選擇 適合的分離膜。利用粒徑分析儀(Particle size Analyzer)分析酵母菌及發酵液之顆 粒粒徑分佈,分析結果如表1,粒徑分佈 為1.9~3.6µm,因此選擇 MD 分離膜為 PTFE 孔洞 0.2µm 的疏水膜。

表 1

Sample	Particle size (nm)
酵母菌	2825.9
營養液體培養基	3642.7
(Nutrient broth;NB)	
批次發酵罐	2156.6
11.7L 連續發酵槽	1912.8
在此定義滲透率 J=P=	$\frac{W}{At}$ (kg/hr m ²)
W 物種透過薄膜的重量;	, kg
A 有效薄膜面積, m ²	

t 操作時間, hr

選擇比
$$\alpha_{A/B} = \frac{(Y_A / Y_B)}{(X_A / X_B)}$$

Y_A、Y_B為透過液中乙醇、水濃度

X_A,X_B為進料中乙醇、水濃度,A 為優 DISTILLA**凭**透過之物種。

PERMEATE 乙醇的純化效果如圖2所示,最高可 提升至18.8 wt%,選擇比為1.75,通量為

Aqueous 5 kg/hr m² ,而葡萄糖濃度為12.7 μ solution 5 kg/hr m² ,而葡萄糖濃度為12.7 μ g/L,阻絕率超過99.9%。



Fig 2. 冷卻水溫度對乙醇及葡萄糖濃度 變化圖 (熱流端50℃,乙醇9.03 wt%, 葡萄糖10 wt%,3hr)



變化圖

冷卻端溫度是決定蒸汽冷卻的 速度與效率,熱水端控制在50℃,而 冷卻端溫度範圍溫度範圍為5~28 ℃,實驗結果如圖3所示,冷水端溫 度越低,通量越大,但是因選擇比差 異不大,因此Jα值仍以溫度越低效果 較佳。





連續操作實驗進行120分鐘的操作,主 要需要瞭解膜表面濃度極化及阻塞 的狀況,實驗結果如圖4所示,連續 操作後通量卻時下降,由8.9降至7.1 kg/hr m²,表示膜表面受到濃度極化 以及酵母菌的阻塞,表示本系統需 要反洗機制,將在未來計畫中加以 探討。

結論

- 本研究利用薄膜蒸餾技術架設連續 式發酵分離系統,可有效分離發酵 罐中酵母菌及葡萄糖。
- 薄膜蒸餾技術可將發酵液中乙醇濃 度提升至18.8 wt%,選擇比為1.75, 通量為5.5 kg/hr m²,而葡萄糖濃度 為12.7 μg/L,阻絕率超過99.9%。
- 熱端進料溫度 50℃,冷水端 5℃可 以達到最佳 Jα 值。
- 如何提升乙醇濃度、通量以及減少 薄膜阻塞是後續研究之重點。

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。

參考文獻

- Clifton-Brown J.C., Stampfl P.F. and Jones M.B., Miscanthus biomass production for energy in Europe and its potential contribution to decreasing fossil fuel carbon emissions. Global Change Biology 10, 2004, 509–518.
- Moses, R., rive your car into the ground. Environmental Health Perspectives, 2001,109:A416
- Chiou, S.H. and Wu, W.T., "Immobilization of Candida rugosa lipase on chitosan with activation of the hydroxyl groups," Biomaterials, 25, 197-204., 2004
- Seetharam, G. B. and Saville, B. A., "Degradation of phenol using tyrosinase immobilized on siliceous supports," Water Research, 37(2), 436-440, 2003.
- Xi, F., Wu, J., Jia, Z., and Lin, X. F., "Preparation and characterization of trypsin immobilized on silica gel supported macroporous chitosan bead," Process Biochemistry, 40(8), 2833-2840, 2005.
- Wu, J., Luan, M., and Zhao, J., "Trypsin immobilization by direct adsorption on metal ion chelated macroporous chitosan-silica gel beads," International Journal of Biological Macromolecules, 39, 185-191, 2006.
- Jaw, K. S., Duan, K. J. and Lin, M. T., "Purification of trypsin inhibitor from sweet potato by immobilized trypsin on the glutaraldehyde activated chitosan beads," Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers, Vol. 37(2), 125~129, 2006
- 8. Cheng, T. C., Duan, K. J., and Sheu, D.

С., " Production of Galactooligosaccharides by β-galactosidase immobilized on chitosan coupling with tris (hydroxymethyl) phosphine, " Journal of Chemical Technology & Biotechnology, Vol 81, pp.233-236, 2006

- Cheng, T. C., Duan, K. J., and Sheu, D. C., " Immobilization of Beta-fructofuanosidase from Aspergillus japonicus on Chitosan using tris(hyfroxymethyl) phosphine or glutaraldehyde as a coupling age," Biotechnology Letter, 27, 335-338, 2005.
- 10. Chiou, S. H., and Wu, W. T.,

Immobilization of Candida rugosa lipase on chitosan with activation of the hydroxyl groups," Biomaterials, 25, 197-204, 2004.

- Nouaimi, M., Möschel, K., Bisswanger, H.," Immobilization of trypsin on polyester fleece via different spacers," Enzyme and Microbial Technology, 29(8), 567-574,2001.
- 12. Kopsahelis, Nikolaos; Agouridis, Nikolaos; Bekatorou, Argyro; Kanellaki, Maria, Comparative study of spent grains and delignified spent grains as yeast supports for alcohol production from molasses *Bioresource Technology*, 98(7), 1440-1447, 2007