

# 稻草蔗渣半纖維素之水解,分離純化及木糖醱酵生產木糖醇

林偉彬、陳齊聖

E-mail: 8919793@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

許多農業廢棄物所含之半纖維素經酸液水解產生之水解液以木糖為主要成份，可逕行醱酵生產木糖醇。木糖醇為一天然甜味劑，具有防止齲齒等功能，適合應用於食品工業。本研究利用蔗渣、稻草，以稀酸溶液於高溫下進行水解反應生產木糖，結果顯示以採用鹽酸為酸液，以 100 為水解溫度及延長水解時間似乎是較佳之選擇。酸水解形成之色素以及調節 pH 所產生之鹽皆為抑制醱酵之物質，本研究使用以鈣離子吸附之陽離子交換樹脂對水解液進行層析分離，顯示木糖能夠與色素及鹽類產生良好之分離效果。此外，本研究以 *Candida subtropicalis* 醱酵水解液中之木糖生產木糖醇，同時利用活性碳和離子交換樹脂去除水解造成之色素及調節 pH 所產生之鹽類，以探討其對醱酵之影響。水解液經活性碳或離子交換樹脂處理後可達 70% 以上的脫色率，經離子交換樹脂處理後可將鹽濃度自 27 g/100mL 降至 0.43 g/100mL。未經處理之稻草及蔗渣水解液，幾乎不進行醱酵，顯示水解液中之鹽濃度及糠醛等色素對醱酵具顯著抑制作用。醱酵前經樹脂處理之稻草及蔗渣水解液含 66 g/L 之木糖，120 小時後分別可得到 28 g/L 及 20.1 g/L 的木糖醇產量；此結果顯示經樹脂去除色素及鹽類後，可得到較佳之醱酵效率。

關鍵詞：半纖維素；木糖；木糖醇；水解

## 目錄

|  |       |   |       |
|--|-------|---|-------|
| 目錄封面內頁 簽名頁 授權書.....                                  | iii   | 簽署人須知.....                              | ..... |
| .....iv 中文摘要.....                                    | ..... | v 英文摘要.....                             | ..... |
| .....vi 誌謝.....                                      | ..... | vii 目錄.....                             | ..... |
| .....viii 圖目錄.....                                   | ..... | xi 表目錄.....                             | ..... |
| .....xiv 第一章 緒論.....                                 | ..... | 1                                       | ..... |
| 第二章 文獻回顧 第一節 水解半纖維素生產木糖之回顧.....                      | 3     | 1.1 半纖維素之水解.....                        | ..... |
| .....3 1.2 半纖維素水解條件對木糖產量之影響.....                     | 5     | 1.3 水解液中木糖之應用及純化分離.....                 | ..... |
| .....6 第二節 稻草及蔗渣之概述.....                             | 8     | 第三節 木糖醇之介紹.....                         | ..... |
| .....10 3.1 木糖醇之來源及性質.....                           | 10    | 3.2 木糖醇於人體內之代謝.....                     | ..... |
| .....15 3.3 木糖醇之功能介紹.....                            | 17    | 3.3.1 防止齲齒.....                         | ..... |
| .....17 3.3.2 糖尿病患者之糖類補充劑.....                       | 17    | 3.3.3 食品添加劑.....                        | ..... |
| .....18 第四節 醱酵木糖生產木糖醇.....                           | 19    | 4.1 酵母菌代謝木糖之途徑.....                     | ..... |
| .....19 4.2 影響木糖醇醱酵效率之因子.....                        | 19    | 4.2.1 氧氣.....                           | ..... |
| .....21 4.2.2 碳源.....                                | 21    | 4.2.3 氮源及 pH 值.....                     | ..... |
| .....22 4.3 醱酵水解液中之木糖生產木糖醇及抑制效應之探討.....              | 23    | 第三章 水解條件對稻草、蔗渣半纖維素生產木糖之探討 第一節 實驗材料..... | 25    |
| .....25 2.1 半纖維素之水解.....                             | 25    | 2.2 分析方法.....                           | ..... |
| .....26 第三節 結果與討論.....                               | 27    | 第四章 稻草、蔗渣半纖維素水解液中木糖之分離純化 第一節 實驗材料.....  | 38    |
| .....38 2.1 水解液之製備.....                              | 38    | 2.2 水解液之層析分離.....                       | 39    |
| .....39 2.3 分析方法.....                                | 40    | 第三節 結果與討論.....                          | 41    |
| .....41 第五章 稻草、蔗渣水解液經活性碳及樹脂處理對木糖醇產量之影響 第一節 實驗材料..... | 59    | 第二節 實驗方法.....                           | ..... |
| .....59 2.1 前培養.....                                 | 60    | 2.2 水解液之製備.....                         | ..... |
| .....60 2.3 水解液之處理.....                              | 61    | 2.4 醱酵水解液生產木糖醇.....                     | ..... |
| .....61 2.5 分析方法.....                                | 62    | 第三節 結果與討論.....                          | ..... |
| .....64 3.1 結果.....                                  | 64    | 3.2 討論.....                             | ..... |
| .....67 第六章 結果與討論 第一節 結論.....                        | 80    | 第二節 未來展望.....                           | ..... |
| .....80 參考文獻.....                                    | 82    | 圖 目錄 圖 2-1 半纖維素之代表性結構.....              | 4     |
| .....  | ..... | 圖 2-2 經由化學方法生產木糖醇.....                  | ..... |

|  |  |
|--|--|
| .....12 圖 2-3 木糖醇於人體內之代謝途徑.....  | 16 圖 2-4 酵母菌代謝木糖之途徑.....                 |
| .....20 圖 3-1 6 g 蔗渣以 116 、 30分鐘之條件進行水解，使用 150 ml不同濃度之鹽酸對木糖產量之影響.....  |  |
| .....30 圖 3-2 6 g 蔗渣以 116 、 30分鐘之條件進行水解，使用 150 ml不同濃度之硫酸對木糖產量之影響.....  |  |
| .....31 圖 3-3 12 g 稻草以 116 、 30分鐘之條件進行水解，使用 100 ml不同濃度之鹽酸對木糖產量之影響..... |  |
| .....32 圖 3-4 12 g 稻草以 116 、 30分鐘之條件進行水解，使用 100 ml不同濃度之硫酸對木糖產量之影響..... |  |
| .....33 圖 3-5 6 g 蔗渣以 100 、 30分鐘之條件進行水解，使用 150 ml不同濃度之鹽酸對木糖產量之影響.....  | 34                                       |
| 圖 3-6 6 g 蔗渣以 100 、 30分鐘之條件進行水解，使用 150 ml不同濃度之硫酸對木糖產量之影響.....          | 35                                       |
| 圖 3-7 12 g 稻草以 2% 鹽酸溶液100 ml，於100 進行水解之時間曲線.....                       | 36                                       |
| 圖 3-8 6 g 蔗渣以 2% 鹽酸溶液150 ml，於100 進行水解之時間曲線.....                        | 37                                       |
| 圖 4-1 水解液離子交換樹脂層析分離之裝置圖.....   | 45                                       |
| 圖 4-2 鹽酸製備之蔗渣水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 4 ml/min、饋料體積 3 ml.....                 | 47                                       |
| 圖 4-3 鹽酸製備之蔗渣水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 6 ml/min、饋料體積 3 ml.....                 | 48                                       |
| 圖 4-4 鹽酸製備之蔗渣水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 6 ml/min、饋料體積 1 ml.....                 | 49                                       |
| 圖 4-5 硫酸製備之蔗渣水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 4 ml/min、饋料體積 3 ml.....                 | 50                                       |
| 圖 4-6 硫酸製備之蔗渣水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 6 ml/min、饋料體積 3 ml.....                 | 51                                       |
| 圖 4-7 硫酸製備之蔗渣水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 6 ml/min、饋料體積 1ml.....                  | 52                                       |
| 圖 4-8 鹽酸製備之稻草水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 4 ml/min、饋料體積 3 ml.....                 | 53                                       |
| 圖 4-9 鹽酸製備之稻草水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 6 ml/min、饋料體積 3 ml.....                 | 54                                       |
| 圖 4-10 鹽酸製備之稻草水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 6 ml/min、饋料體積 1 ml.....                | 55                                       |
| 圖 4-11 硫酸製備之稻草水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 4 ml/min、饋料體積 3 ml.....                | 56                                       |
| 圖 4-12 硫酸製備之稻草水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 6 ml/min、饋料體積 3 ml.....                | 57                                       |
| 圖 4-13 硫酸製備之稻草水解液層析圖，操作條件為沖提液流速 6 ml/min、饋料體積 1 ml.....                | 58                                       |
| 圖 5-1 鹽酸製備之稻草水解液未經處理之醱酵時間曲線.....                                       | 70                                       |
| 圖 5-2 鹽酸製備之稻草水解液經活性碳處理之醱酵時間曲線.....                                     | 71                                       |
| 圖 5-3 鹽酸製備之稻草水解液經樹脂處理之醱酵時間曲線.....                                      | 72                                       |
| 圖 5-4 硫酸製備之稻草水解液未經處理之醱酵時間曲線.....                                       | 73                                       |
| 圖 5-5 硫酸製備之稻草水解液經活性碳處理之醱酵時間曲線.....                                     | 74                                       |
| 圖 5-6 鹽酸製備之蔗渣水解液未經處理之醱酵時間曲線.....                                       | 75                                       |
| 圖 5-7 鹽酸製備之蔗渣水解液經活性碳處理之醱酵時間曲線.....                                     | 76                                       |
| 圖 5-8 鹽酸製備之蔗渣水解液經樹脂處理之醱酵時間曲線.....                                      | 77                                       |
| 圖 5-9 硫酸製備之蔗渣水解液未經處理之醱酵時間曲線.....                                       | 78                                       |
| 圖 5-10 硫酸製備之蔗渣水解液經活性碳處理之醱酵時間曲線.....                                    |  |
| .....79 表 目錄表 2-1 各類植物之纖維物質組成及其含量.....                                 | 9 表 2-2 木糖醇在各種蔬果中之分佈情形.....              |
| .....10 表 2-3 木糖醇之物理及化學性質.....   | 13 表 2-4 各種糖類甜度之比較.....                  |
| .....14 表 2-5 各種五碳糖臨床代謝實驗.....   | 15 表 4-1 鹽酸及硫酸製備之蔗渣水解液於不同操作條件下之分離效果..... |
| .....46 表 5-1酸水解液於醱酵前不同之處理方式對木糖醇產率之影響.....                             | 69                                       |

## 參考文獻

- 參考文獻 1. 李宗仁。1973。蔗渣之飼料利用價值。臺糖通訊。51 (15):18-19。 2. 苑永弘。1999。大蒜中之含硫氨基酸在肉類香味研發上之應用研究。大葉大學食品工程研究所碩士論文。 3. 莊政道。1994。溶氧對木糖酒精發酵之研究。大葉大學食品工程研究所碩士論文。 4. 張為憲、李敏雄、呂政義、張永和、陳昭雄、孫璐西、陳怡宏、張基郁、顏國欽、林志城、林慶文。1996。食品化學。華香園出版社。 5. 陳伯任。1997。各種糖與氨基酸於微波加熱過程色澤與香味形成之研究。大葉大學食品工程研究所碩士論文。 6. 陳齊聖、劉至一、王偉祺、涂瑞澤。1999。以鈣離子吸附之陽離子交換樹脂層析分離糖蜜色素與糖分。大葉學報。8 (2):121-126。 7. 陳榮耀、許清森。1986。纖維質廢棄物之生化組成及其微生物分解。工業技術。142:60-68。 8. 葉文輝、王隆輝、謝敏章、桑祥麟。1984。萃取半纖維素之蔗渣製造紙漿之研究。臺灣糖業研究所研究彙報。104:33-44。 9. 楊价民、鄭永祥、林育安、吳錦賢。1996。青貯對稻草和稻桿之化學組成變化及其在瘤胃內分解之影響。中國畜牧學會會誌。25 (3):273-286。 10. 趙士慶。1999。木糖醱酵生產木糖醇之研究。大葉大學食品工程研究所碩士論文。 11. 鄭錫霖。1976。木糖醇的生理作用。科學月刊。7 (4):60-62。 12. Bassler, K. H., Prellwitz, W., Unbehau, V., and Lang, K. 1962. Xylitol Metabolism in Man : On the Value of Xylitol as Sugar Substitute for Diabetic Patients. Klin. Wochenschr. 40: 791. 13. Bassler, K. H. 1997. Biochemistry of xylitol. international Symposium. 14. Chen, L. F., and Gong, C. S. 1985. Fermentation of Sugarcane Bagasse Hemicellulose Hydrolysate to Xylitol by a Hydrolysate-Acclimatized Yeast. J. Food Sci. 50: 226-228. 15. Dominguez, J. M., Gong, C. S., and Taso, G. T. 1996. Pretreatment of Sugar Cane Bagasse Hemicellulose Hydrolysate for Xylitol Production by Yeast. Appl. Biochem. Biotechnol. 57/58: 49-56. 16. Dominguez, J. M., Cao, N., Gong, C. S., and Taso, G. T. 1997. Dilute Acid Hemicellulose Hydrolysate from Corn Cobs for Xylitol Production by Yeast. Bioresource Technology 61: 85-90. 17. Du Toit, P. J., Olivier, S. P., and Van Biljon, P. L. 1984. Sugar Cane Bagasse with Regard to Monosaccharide, Hemicellulose, and Amino Acid Composition. Biotechnol. Bioeng. 26: 1071-1078. 18. Emodi, A., and Jahns, F. 1970. Unpublished data. Hoffmann-La Roch Inc. 19. Emodi, A. 1978. Xylitol, its Properties and Food Applications. Food Technology 32 (1): 28-29, 31-32. 20. Fratzke, A. R., and Reilly, P. J. 1977. Uses and Metabolic Effects of Xylitol, . Process

Biochemistry 12 (7): 27-29. 21. Giro, Francisco M., Carlos, Roseiro J., Pascolina, S. M., Rita, Duarte Reis, and Amaral-Collaco, M. T., 1994. Effect of Oxygen Transfer Rate on Levels of Key Enzymes of Xylose Metabolism in *Debaryomyces hansenii*. *Enzyme Micro. Technol.* 16: 1074-1078. 22. Gong, C. S., Chen, C. S., and Chen, L. F. 1993. Pretreatment of Sugar Cane Bagasse Hemicellulose Hydrolysate for Ethanol Production by Yeast. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 39/40: 83-88. 23. Grunberg, E., Beskid, G., and Brin, M. 1973. Efficacy of Xylitol in Reducing Dental Caries in Rats. *Int. J. Vit and Nutr. Res* 43: 227. 24. Hollmann, S. and Touster, O. 1956. An Enzymatic Pathway from L-Xylulose to D-Xylulose. *J. Am. Chem. Soc.* 78: 3544. 25. Jaffe, G. M. 1978. Xylitol- a Specialty Sweetener. *Sugar y Azucar.* 73 (4): 36-38, 40, 42. 26. Kretzl, K., Silbernagel, H., and Bassler, K. H. 1963. *Naturwize* 50: 154. 27. Lawford, H. G., and Rousseau, J. D. 1992 Effect of Acetic Acid on Xylose Conversion to Ethanol by Genetically Engineered *E. coli*. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 34/34: 185-216. 28. Lee, H. 1992. Reversible Inactivation of D-Xylose Utilization by D-Glucose in the Pentose-Fermenting Yeast *Pachysolen tannophilus*. Elsevier Science Publishers. 92: 1-4. 29. Lee, Hung., Sopher Coralie, R., and Yau Kerrm, Y. F. 1996. Induction of Xylose Reductase and Xylitol Dehydrogenase Activities of Mixed Sugar in *Candida guilliermondii*. *J. Chem. Tech.* 66: 375-379. 30. Lee, J. (1997) Biological conversion of lignocellulosic biomass to ethanol. *J. Biotechnol.* 56: 1-24. 31. Lee, Y. Y., Yue, T., and Tarrer, A. R. 1976. Acid Hydrolysis of Oak Sawdust. AIChE National Meeting. 32. Lee, Y. Y., Lin, L. M., Johnson, T., and Chamber, R. P. 1978. Selective Hydrolysis of Hardwood Hemicellulose by Acid. *Biotechnol. Bioeng.* 8: 75-88. 33. Makinen, K. K. 1978. Biochemical Principles of the Use of Xylitol in Medicine and Nutrition with Special Consideration of Dental Aspect. *Exper. Suppl.* 30: 7. 34. Mehlberg, R. L., Taso, G. T., Ladish, M. R. and Dyck, K. K. 1980. Selective Hydrolysis of Cornstover Hemicellulose: the Effect of Moisture. ACS National Meeting, Las Vegas, NE. cell. 153. 35. Nolleau, V., Preziosi, Belloy L., and Nararro, J. M. 1995. The Reduction of Xylose to Xylitol by *Candida guilliermondii* and *Candida parapsilosis*: Incudence of Oxygen and pH. *Biotechnol. Lett.* 17(4): 417-422. 36. Onishi, H., and Suzuki, T. 1996. The Production of Xylitol, L-arabinitol and Ribitol by Yeasts. *Agr. Biol. Chem.* 30:1139. 37. Prior, B. A., Kilan, S. G., and Du Preez, C. 1989. Fermentation of D-xylose by the Yeast *Candida shehaine* and *Pichia stipitis*. *Process Biochemistry*, Feburary, 21-26. 38. Roberto, I. C., Sato, S., Mancilha, I. M. and Taqueda, M. E. S. 1995. Influence of Media Composition on Xylitol Fermentation by *Candida guilliermondii* Using Response Surface Methodology. *Biotechnol. Lett.* 17 (11): 1223-1228. 39. Roberto, I. C., Sato, S., and Mancilha, I. M. 1996. Effect of Inoculum Level on Xylitol Production from Rice Straw Hemicellulose Hydrolysate by *Candida guilliermondii* . *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 16 (6): 348-350. 40. Roberto, I. C., Silva, Silvo S., Felipe Maria G. A., Mancilha, Ismael M. DE, and Sunao, Sato. 1996. Bioconversion of Rice Straw Hemicellulose Hydrolysate for the Production of Xylitol-Effect of pH and Nitrogen source. 57/58: 339-347. 41. Sai Ram, M., and Seenayya, G. 1991. Production of ethanol from straw and bamboo pulp by primary isolates of *Clostridium thermocellum*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 7: 372-378. 42. Scheinin, A., and Mackinen, K. K. 1975. Turku Sugar studies I-XII. *Acta Odontologia Scandinavica* 33, supplementum 70. 43. Silva, Silvo S., Felipe Maria, G. A., and Mancilha, Ismael M. 1998. Factors that Affect the Biosynthesis of Xylitol by Xylose-Fermenting Yeasts-A Review. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 70-72: 331-339. 44. Torget, R., Walter, P., Himmel, M. and Gorhmann, K. 1991. Dilute-Acid Pretreatment of Corn Residues and Short —Rotation Woody Crops. *Appl. Biotechnol.* 28/29: 75-86. 45. Tran, A. V., and Chambers, R. P. 1985. Red Oak Wood Derived Inhibitors in the Ethanol Fermentation of Xylose by *Pichia stipitis* CBS 5776. *Biotechnol. Lett.* 7: 841-846. 46. Wang, Y, M., and van Eyes, J. V. 1981. Nutritional Significance of Fructose and Sugar Alcohols. *Ann. Res. Nutr.* 1: 437. 47. Washuttle, J., Riederer, P., and Banchem, E. 1973. Agualitative and Quantitative Study of Sugar-Alcohols in Several Foods. *J. Food Sci.* 38: 1262. 48. Watson, N. E., Prior, B. A., and Lategan P. M. 1984. Factors in Acid Treated Bagasse Inhibiting Ethanol Production From D-Xylose by *Pachysolen tannophilus*. *Enzyme Microb. Technol.* 6: 451-456. 49. Yamagata et. Al. 1965. Clinical Effect of Xylitol on Carbohydrate and Lipid Metabolism in Diabetes. *The Lancet.* 2 (7419): 918-921.