

纖維酒精技術之發展

撰文/陳文恆·郭家倫·黃文松·王嘉寶

一、前言

過去50年來，全球平均氣溫以有史以來最快的速度持續上升，導致全球性的氣候異常。聯合國跨政府氣候變遷研究小組（IPCC）於2007年所發表的報告中，幾乎已確定了造成當今全球暖化的主因就是由於人類活動的影響。如何減緩全球暖化的趨勢已成為世界各國刻不容緩的課題。

美國是全球溫室氣體排放的第一大國，約佔全球總排放量的1/4。美國總統布希在國情咨文中即已提出要積極推動替代能源，計畫在2017年前要將酒精及生物能源等替代燃料於汽車的使用比率提高為現今的五倍，逐步減少對石油的需求。以生質酒精作為替代運輸燃料，應為有效降低石油依存度以及減少溫室氣體排放的潛力策略之一。因此，近期美國能源部更積極宣示發展生質酒精的決心，宣佈將在四年內投資約四億美金興建六座以纖維生質物為原料的生質酒精煉製廠。

生質酒精是現今全世界最受矚目的再生能源之一，年產量佔全球生質燃料的90%以上。由於酒精的生產係以植物生質物作為原料，其燃燒所釋放的二氧化碳可再經由植物所吸收，故可減少溫室氣體靜排放量。目前可用來生產酒精的生質原料來源相當廣泛，主要包括糖質、澱粉或是木質纖維素 (lignocelluloses) 等三種。其中，糖質原料以甘蔗為其代表，巴西是世界最大的甘蔗酒精生產及輸出國；澱粉類原料如玉米、木薯及穀物等也是目前主要的生質原料，美國即為全球最大的玉米酒精生產國。基本上，以糖質或澱粉原料生產酒精的技術已十分成熟，不過易與糧食資源競

爭，造成食糧物價上升，且全球適合種植之可耕地有限為其發展上的限制。至於以木質纖維素作為生質酒精原料則有以下優點：(一) 原料成本低 (二) 來源多樣化 (三) 原料開發過程中較不會與糧食生產發生衝突 (四) 木質素可作為發電燃料，降低對傳統石化能源之需求。因此，以木質纖維素作為生產酒精的原料，將會是今後發展生質酒精的重點研究方向。

二、木質纖維原料的來源與組成

木質纖維素的來源相當廣泛，包括木本植物、草本植物、農業廢棄物以及生質垃圾等，其中常被使用的纖維素原料有：麥桿 (wheat straw)、稻桿 (rice straw)、玉米穗軸 (corn cobs) 與蔗渣 (bagasse) 等農業廢棄物；森林廢棄物 (forest waste) 中的廢木材以及廢紙 (waste paper)、紙漿廢液 (pulp waste liquid) 等。

木質纖維素主要由纖維素 (cellulose)、半纖維素 (hemicellulose) 以及木質素 (lignin) 所組成，根據其種類以及來源的不同，組成比例亦有所差異 (表一)。其中，纖維素是植物細胞壁的主要成份，係由1,000-1,500個葡萄糖單體以 β -1-4鍵結相連而成之長鏈狀高分子結構物，約佔整體組成的30-50%。半纖維素佔整體組成比例的10-40%，為另一種多醣類，其結構與組成和纖維素不同，係由多種不同醣類聚合而成，諸如半乳糖 (galactose)、阿拉伯糖 (arabinose)、葡萄糖 (glucose)、甘露糖 (mannose) 以及木糖 (xylose) 等，其中木糖是最主要的單醣。與纖維素的長

表一 常見木質纖維素原料組成分析

纖維素生質原料	纖維素	半纖維素	木質素
硬木(hardwood)	40-50	24-40	18-25
硬木(softwood)	45-50	25-35	25-35
玉米穗軸(corn cobs)	45	35	15
柳枝稷(switch grass)	30-50	10-40	5-20
柳枝(rice straw)	31	26	13
蔗渣(bagasse)	37	29	19
芒草(sliver grass)	34	28	19

鏈狀結構相比，半纖維素形成平面狀的結構，其主分子鏈短、分枝多，因此較易被分解。纖維素與半纖維素的含量即佔了整體木質纖維素組成的40-90%，此兩種多醣類所含有的葡萄糖及木糖等糖質均可以作為轉化酒精的來源。至於木質素係為非晶體的高分子化合物，其結構與前述多醣類有很大的差異，主要為芳香族化合物，佔整體木質纖維素組成的5-35%。

在纖維原料的選擇方面，現階段係以農業廢棄物作為發展纖維酒精的主要原料。以亞洲地區為例，每年會產生超過9億噸的農業廢棄物，台

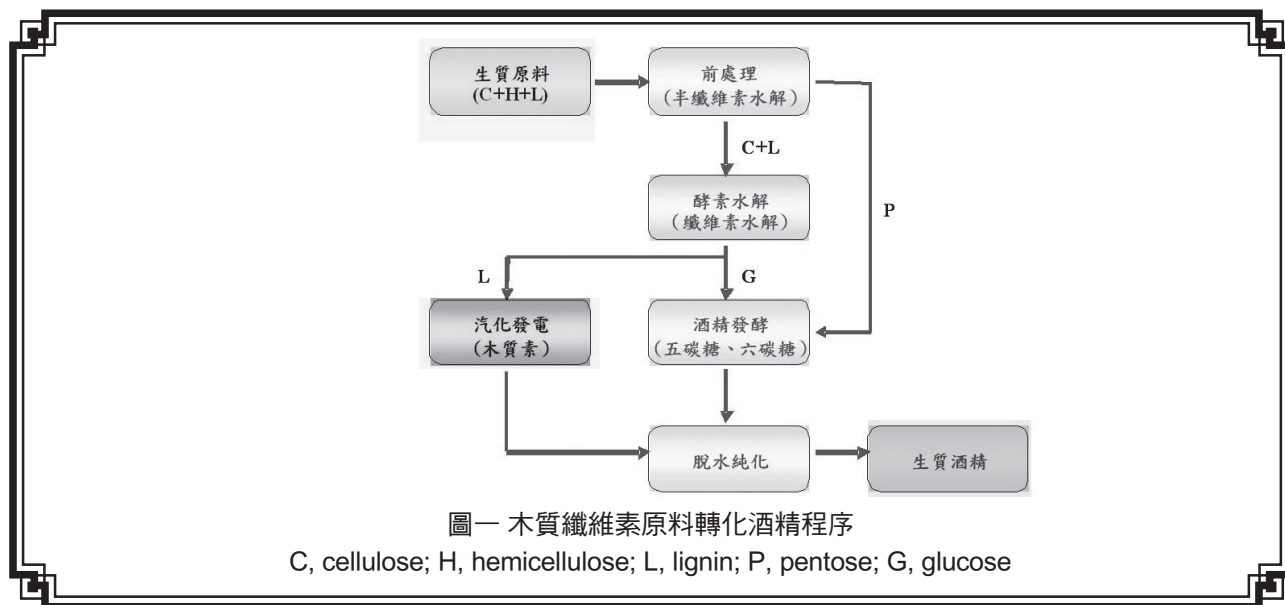
灣每年經由稻草、蔗渣及果菜加工廠所生產的農業廢棄物亦有600萬噸，約有150萬公秉的生質酒精潛量。另一方面，能源作物的開發則已被視為為下一階段纖維酒精原料的發展重點，以美國為例，即已積極發展柳枝稷 (switch grass)作為纖維酒精的生產原料。一般而言，短生長週期且易於生長，同時具有較高光合作用效率的C4植物為理想的能源作物。因此，台灣到處可見的芒草因其特性與柳枝稷相似，即非常具有潛力可作為我國纖維酒精的生產原料來源。此外，海基能源作物由於生長期短且單位面積生產量高(表二)，將是未來非常具有發展潛力的原料來源。

三、纖維酒精轉化程序

將纖維生質原料轉化為酒精，廣義上可分為兩個步驟：(1) 將木質纖維素轉化為可發酵的醣類，又稱醣化 (saccharification)；(2) 發酵醣類產生酒精。典型的木質纖維素轉化酒精程序如圖一。纖維原料先經過前處理程序將半纖維素水解並釋放出五碳糖 (pentose)，其剩餘固體物 (主要是纖維

表二 木質纖維素原料轉化酒精產量

生質作物		作物燃料轉化量	作物生產量	土地燃料產量
主要組成	種類	(公升/公噸)	(公噸/公頃)	(公升/公頃)
糖質	甘蔗	80	70	5,600
	甜菜	100	45	4,500
澱粉	甘藷	150	30	4,500
	稻米	450	5	2,250
	甜高粱	120	50	6,000
	玉米	370	8	3,000
	木薯	150	40	6,000
纖維物及其他	稻草	270	5.45	1,470
	稻殼	270	0.82	221
	蔗渣	280	18	5,040
	玉米桿	300	6.4	1,920
	木材	300	12	3,500
	海藻	320	20-50(乾重)	6,400-16,000



素與木質素)再經由酵素水解程序將纖維素水解並產出六碳糖 (hexose)，最後五、六碳糖溶液再經由發酵程序轉化為酒精。剩餘的木質素可作為汽化發電的固態燃料，提供酒精純化所需的能量。

四、木質纖維素醱化技術

木質纖維素醱化技術包含纖維素、半纖維素水解以及木質素移除等三大類。其中，半纖維素水解與木質素移除又稱作前處理技術，為發展纖維酒精的關鍵技術之一。茲將木質纖維素醱化技術的發展現況說明如下：

(一) 半纖維素水解

1. 稀酸水解法

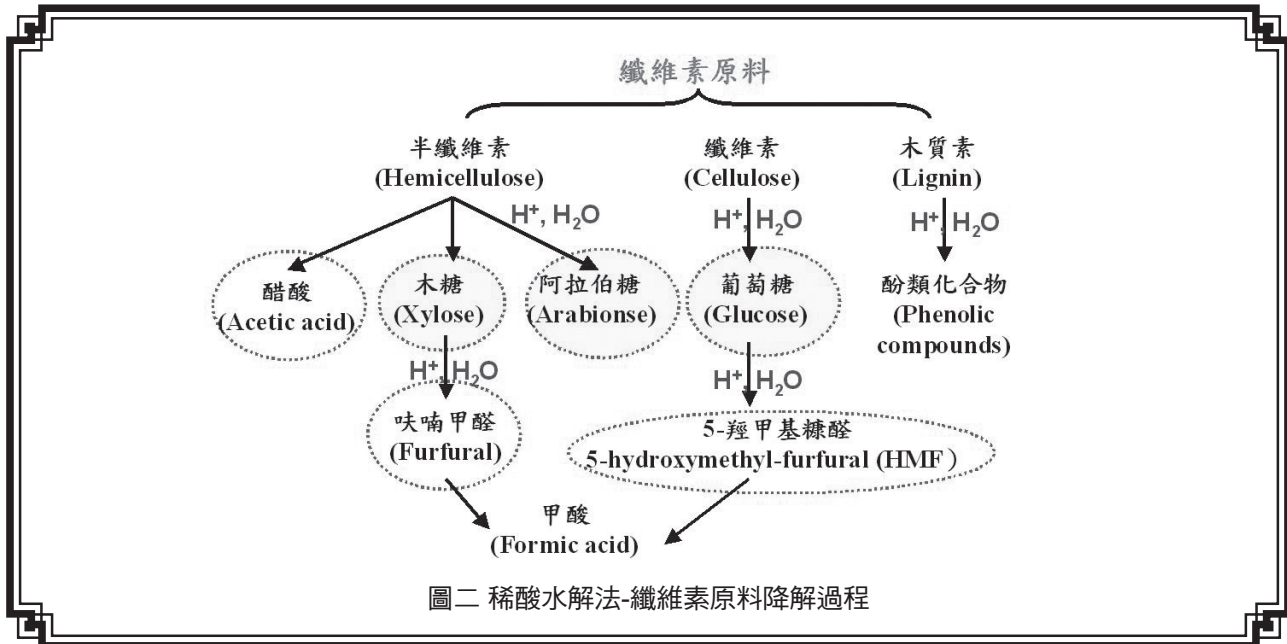
稀酸水解為現階段應用最為廣泛的前處理技術，其作用原理係於高溫高壓下添加稀硫酸，利用酸劑釋出的氫離子將半纖維素間的醱鍵水解形成單醱。其操作溫度多介於160-190℃，稀硫酸濃度介於0.5-1.5%，木糖溶出效率可達75-90%。稀酸水解法的適用範圍很廣，於木材、農業廢棄物、草本作物等大多數種類的纖維生質原料均有不錯的效果。稀酸水解法於大規模應用上的限制主要包括稀酸腐蝕性、產生發酵抑制物及需要酸鹼中

和等問題。

值得注意的是在稀酸水解法的操作過程中會產生若干副產物 (圖二)，對於後續發酵程序產生抑制作用，並以醋酸 (acetic acid)、呋喃甲醛 (furfural)及5-羥甲基糠醛 (5-hydroxymethyl-furfural, HMF)等三種副產物的抑制作用較為顯著。其中，又以呋喃甲醛對後續木糖發酵的影響最大，以木糖發酵菌 *Candida shehatae* 為例，呋喃甲醛濃度大於0.5-1.0g/L時，木糖發酵之酒精產率即會減少50-80%；但醋酸濃度要高於5-10g/L時才會對後續發酵作用產生顯著的影響。

2. 蒸氣爆裂法

蒸氣爆裂法的操作原理係先將纖維素原料通以高溫高壓蒸氣，待纖維素原料孔隙間充滿高溫高壓蒸氣時，再瞬間將其壓力釋放，此瞬間的壓力差會造成原料孔隙間的水蒸氣急速膨脹，在纖維原料孔隙間產生剪力，以達到破壞纖維結構之效果。蒸氣爆裂法之操作溫度多介於160-260℃之間，反應時間僅需數分鐘。蒸氣爆裂法較適用於硬木及農業廢棄物等生質原料的前處理程序，對於軟木的效果則較為有限。現階段蒸氣爆裂法仍存在諸多瓶頸有待克服，由於其並無法完全移除



半纖維素，故其木糖溶出率僅有45-65%，此與稀酸法相較仍略微偏低。又在高溫高壓的反應條件下，所產生的木糖與葡萄糖容易進一步轉化為對發酵具有抑制作用的產物，因此蒸汽爆裂法的設計與效能仍有待提昇。

3. 水熱法

水熱法的特點為無須添加化學藥劑，亦無產生發酵抑制物及酸鹼中和等問題，且進料之生質原料的尺寸並無粉碎及裁切的需求，因此被視為未來深具潛力的熱化學前處理技術。水熱法的操作過程係在高溫環境下，以加壓方式讓熱水維持在液態的前處理技術。當純水在200°C時，其酸鹼值即由中性降低至弱酸性pH=5.0，同時亦會具有非常高的介電係數。此特性首先會將半纖維素所帶有的乙醯官能基水解為醋酸或糖醛酸 (uronic acid)，這些生成的有機酸會再進一步使水溶液呈現弱酸性，繼而將半纖維素及部分纖維素水解為寡醣或單醣。水熱法的操作溫度多介於190-230°C，反應時間約數分鐘，除了能移除近90%的半纖維素外，亦能移除4-22%的纖維素及35-60%的木質素。水熱法目前仍停留在實驗室驗

證階段，預估仍須2-7年的時間才能商業化應用。

(二) 木質素移除

1. 氨水前處理技術

氨水前處理技術主要包括氨水爆裂法及氨水回收過濾法等兩種操作方式。其作用機制主要係氫氧根離子與連結半纖維素與木質素之酯鍵發生皂化反應(Saponification)，進而分解包裹在纖維原料外層之木質素，達到移除及改變木質素之處理需求。同時，鹼劑亦可滲入纖維素的結晶區，藉由膨脹作用而破壞纖維素之結晶性。

氨水爆裂法的操作過程與蒸汽爆裂法非常相似，唯以氨水取代水蒸氣，且爆裂後呈現氣態的氨氣可予以回收再利用。目前氨水爆裂法的操作溫度約在60-110°C左右，反應時間為數十分鐘。氨水回收過濾法的操作過程係於150-170°C的高溫下以10-15 wt%的氨水流經生質原料，經十幾分鐘的反應時間後，再將流出之氨水回收再利用。由於氨水前處理之化學作用原理係移除木質素，故前處理後溶解至水溶液中的木糖產率非常有限，但若合併酵素法水解殘餘物，則整體醣化效率可達50-90%之間。目前氨水爆裂法雖尚未發展至成

熟階段，但其應用潛力較受到重視，其操作時的氨水濃度、氨水量、生質原料之比例及氨水回收率為未來是否具有經濟競爭力的重要影響因子。儘管如此，氨水爆裂法已證實較適用於草本植物與農業廢棄物等生質原料，對於硬木的適用性次之，但不適於作為軟木的前處理技術

2. 生物前處理

在自然界中已發現部分腐生真菌具有分解木質素的功能，因此利用這些腐朽菌類的微生物將生質原料的木質素予以移除，即稱為生物性前處理，目前以白腐真菌 *Phanerochaete chrysosporium* 被認為是最有潛力進行木質纖維素生物性前處理的擔子菌類 (basidiomycetes)。相較於熱化學前處理技術，使用生物性前處理僅需溫和的操作環境，因此對於額外能量的需求極低為其特點。不過基於生物前處理移除木質素的速率相對緩慢，因此通常會併同生質原料儲存，以生物性前處理去除部分木質素，藉以降低後續熱化學前處理所需的能耗。

表三進一步彙整上述各種前處理技術操作特性及反應效率。其中，以稀酸水解法為成熟度較高的技術，已有許多測試廠採取此一技術作為前

處理程序，另有部分示範廠則以蒸氣爆裂法進行測試。至於其他前處理技術均還在研究階段，仍有待進一步驗證其可行性。

(三) 纖維素水解

在木質纖維素原料組成中，由於結構上的差異，半纖維素會較容易被水解成各式單醣，剩餘的纖維素則需要再以稀酸水解或酵素水解法分解為葡萄糖。一般而言，酵素水解法所需的設備成本通常較稀酸法為低，在溫和的操作條件下即可獲得理想的葡萄糖產率，並可減低使用化學藥劑對於環境所造成的影響，更可以避免經由酸水解所產生的副產物對於後續發酵的影響。

纖維素水解酵素是指一群能切斷纖維素結構，釋放出葡萄糖的酵素，依其作用的機制主要可以分為三大類，分別是內切型酵素、外切型酵素和纖維雙醣分解酵素。內切型纖維素水解酵素 (endoglucanase, EG) 主要作用在纖維素的非結晶區，以隨機的方式將長鏈的纖維素結構由中央水解成小片段。外切型纖維素水解酵素 (exoglucanase) 由於其作用機制係由纖維素結構的兩端以纖維雙醣 (cellobiose) 為單位進行水解，故又稱 cellobihydrolase (CBH)。纖維雙醣水解酵素

表三 處理技術操作特性

方法	原料粉碎需求	藥劑	固液比 (%)	木糖溶出率 (%)	纖維素 ¹ 水解效率 (%)	抑制物	設置成本 (元/公/升年)	商轉應用預估時程
稀酸水解 ²	高	酸劑	<40	75-90	<85	有	3.9	已成熟
蒸氣爆裂 ³	低	無	>50	45-65	>90	有	-	已成熟
水熱法	無	無	<20	88-98	>90	無	0.9	2-7年
氨水回收過濾	低	氨水	15-30	4-50	>90	無	5.3	-
氨水爆裂	低	氨水	60-90	~0	>90	無	3.9	-

¹前處理殘餘固體的纖維素水解效率建議值為五天內轉化率達80%以上

²原料以稀酸法處理時尺寸通常需粉碎至數公分

³蒸氣爆裂法及氨水爆裂法後端需設置淋洗單元將木糖溶出，故其木糖溶出率無法反應其高固液比；

由於纖維結構已破壞，經酵素水解後，木糖溶出率仍達到80%以上

β -glucosidase (BGL)可將纖維雙糖水解成葡萄糖單體，亦稱為cellobiase。

纖維素水解酵素的作用之機制如圖三所示，內切型酵素先作用於非結晶性纖維素區域，將長鏈的纖維素水解成大小不一的小片段，再經過外切型酵素將小片段的纖維素水解成纖維雙糖，最後由纖維雙糖水解酵素將其水解為葡萄糖。在纖維素水解成葡萄糖的過程中，纖維雙糖水解為其速率決定步驟，同時產物葡萄糖濃度會對纖維雙糖分解酵素產生回饋抑制效應 (feedback inhibition)。

目前纖維素水解酵素已有許多商業化的產品，*Aspergillus niger*及*Trichoderma reesei*為主要用於生產纖維素水解酵素的微生物菌種。早期因為纖維素水解酵素的價格極為昂貴，因而限制了酵素的應用範圍。然而，近年來由於生物技術的蓬勃發展，利用微生物大量的生產具特定功能的酵素，同時輔以基因工程技術及誘導突變的方式

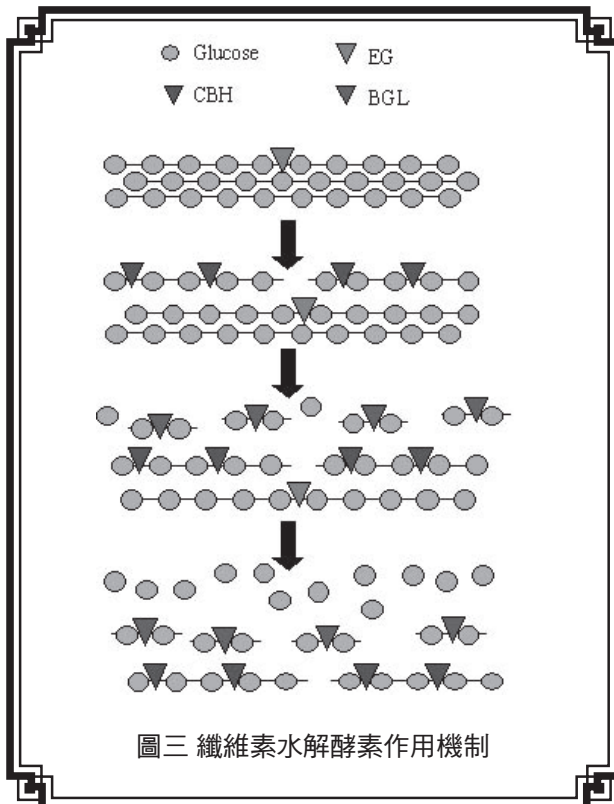
提高其酵素活性，使得纖維素水解酵素的生產成本已大幅的降低，其中以Novozyme及Genencor兩大國際酵素公司所研發的纖維素水解酵素最具有經濟競爭力，其生產每公升酒精所需要的酵素成本，已從2000年的40元/公升大幅降低了30-40倍，產出之酵素溶液的活性值至少在60 FPU/ml以上。目前，在纖維素水解的操作過程中，水解每克纖維素需使用12-15 FPU，近年來由於纖維素水解的操作技術持續改善，預估未來水解每克纖維素所需添加的酵素活性將可降低至5-10 FPU。基於纖維素水解酵素的研發相當成功，美國能源局於2006年所提出的纖維酒精研發藍圖中，已規劃投入大量經費致力於降低半纖維素水解酵素以及木質素水解酵素的生產成本，期能發展出完整的生物前處理技術。

五、酒精發酵與程序整合

經過生質原料的醱化程序，半纖維素會被水解成五碳醱 (木糖為主要成分)，而纖維素則會被水解成六碳醱 (葡萄糖)。葡萄糖是微生物理想的碳源，釀酒酵母*Saccharomyces cerevisiae*可以在無氧條件下進行發酵反應，將葡萄糖轉變為酒精，為目前工業上最普遍用來生產酒精的菌種。*Pachysolen tannophilus*、*Pichia stipitis*及*Candida shehatae*等則為自然界中少數可代謝木糖產生酒精的微生物，不過發酵效率偏低及不易於大規模生產為其使用上的限制。由於半纖維素約佔生質原料組成的40%，發展高效率的木糖酒精發酵菌是提升生質酒精產量的重要關鍵。除此之外，發酵程序與水解程序的整合亦為未來纖維酒精程序的研究重點，茲分別說明如下：

(一) 五、六碳醱共發酵

由於能利用五碳醱發酵酒精的菌種與六碳醱不同，若採用分開發酵，在前處理過程中必將增設將兩種醱類分離的單元，除了增加設備投資外，在分離過程中亦會造成了糖質的損失。此



外，分開發酵會導致產出酒精濃度降低，一般而言，若酒精濃度小於5%，後續的蒸餾所耗費的能量將會大幅提升。因此在酒精發酵技術研究上，發展共發酵菌種是必然的趨勢。

由微生物的代謝途徑研究發現，在細胞內主要有幾種酵素負責木糖的代謝，分別是木糖還原酶 (xylose reductase, XR)、木糖醇脫氫酶 (xylitol dehydrogenase, XD)、木酮糖激酶 (xylulokinase, XK)以及木糖異構酶 (xylose isomerase, XI)。一般微生物若缺乏此類酵素則無法代謝木糖(圖四)。

釀酒酵母*S. cerevisiae*雖有理想的葡萄糖轉化酒精能力，但卻缺少上述木糖代謝基因，因此美國普渡大學的Nancy Ho博士利用基因重組技術將與木糖代謝相關的基因轉殖至*S. cerevisiae*，成功地構築出一系列可以同時將葡萄糖以及木糖轉化為酒精的基因工程重組酵母菌，並以*S. cerevisiae*

424A為其代表菌株。此菌株目前已被加拿大Logen公司的纖維酒精廠所使用。

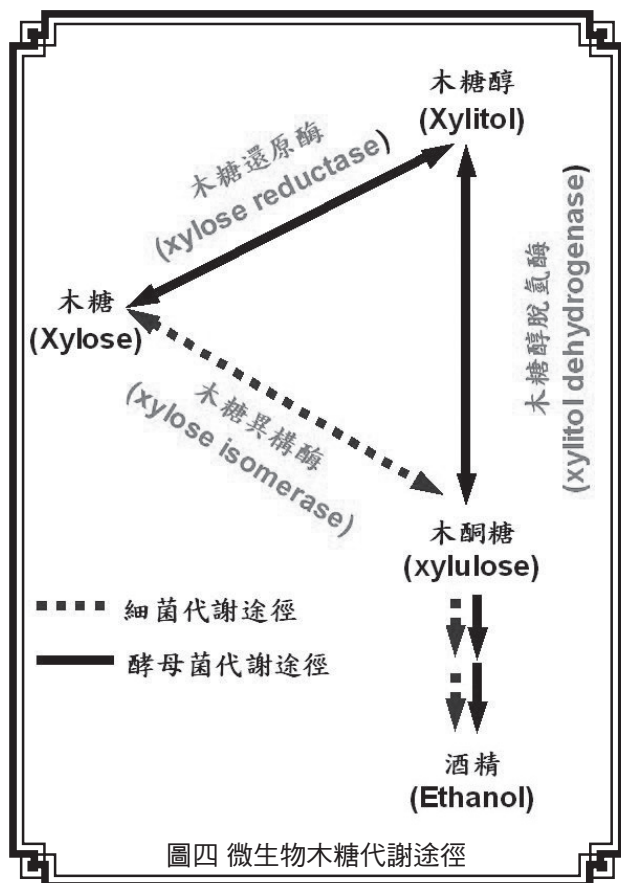
運動發酵單孢菌 (*Zymomonas mobilis*)則是另一個頗受矚目的潛力酒精發酵菌。*Z. mobilis*屬於原核生物，革蘭式陰性菌 (gram-negative bacteria)，最早是從墨西哥的苦艾酒中所分離出來。其具有相當特殊的醣類代謝途徑，是少數幾種經由Entner-Doudoroff (ED) pathway代謝葡萄糖產生酒精的細菌之一。與*S. cerevisiae*相比，*Z. mobilis*有更高的酒精產量及酒精耐受度。1995年Zhang. M所屬的研究團隊成功的建構了能夠同時轉化葡萄糖及木糖為酒精的基因重組菌*Z. mobilis* CP4，且木糖轉化酒精產率高達88%。

*E. coli*是最常被應用於生物科技研究的微生物，同時也具備了五碳醣代謝的能力。美國佛羅里達大學Ingram以 *E. coli* 為目標，將*Z. mobilis*中有關醣類代謝的基因送入其中表現，所構築的*E. coli* KO11亦可同時將葡萄糖及木糖轉化為酒精。

除了上述三株極具代表性的共發酵菌株外，近年來丹麥以及荷蘭的研究團隊亦相繼成功地研發出具有共發酵能力的*S. cerevisiae*菌株，日本地球環境產業技術研究機構 (RITE)亦發展出具有共發酵能力的嫌氣菌株*Corynebacterium*。不過值得注意的是，目前*S. cerevisiae*還是唯一被用來進行大規模生產酒精的菌種，其主要原因除了該菌種發酵效率高之外，酵母菌一般被認為是無害性的生物體，符合GRAS (generally regarded as safe)規範，其發酵後殘留之菌體可以直接用作為動物飼料，而無安全上的疑慮。且酵母菌發酵溫度及酸鹼值均較細菌低，因此可以有效的防止發酵過程中雜菌的污染，此皆為*S. cerevisiae*具有較高接受度的重要關鍵。

(二)、同步醣化及發酵

將酵素水解以及發酵反應合併在同一個反應器中進行，稱為同步醣化及發酵製程 (Simultaneous Saccharification and Fermentation, SSF)。SSF的概





念係由Takagi在1976年所提出，其構想為在纖維素水解的過程中加入酵母菌，便可直接將纖維素水解生成的葡萄糖轉化為酒精，此一程序設計除了可以有效解決高濃度葡萄糖所造成的滲透壓外，更可以同時克服酵素水解過程中葡萄糖回饋抑制的問題，因而可以獲得較高的酒精產量並且縮短發酵時間，同時也降低了硬體設備的投資。如能配合共發酵的研究，將可進一步邁向同步醱化共發酵的製程 (Simultaneous Saccharification and Co-Fermentation, SSCF)。

不過，目前限制SSF發展的最大瓶頸在於如何選擇最佳的反應條件，一般而言，酵素水解反應的最佳溫度為50-60°C，而酵母菌發酵卻通常在30-38°C的溫度範圍內進行，因此目前SSF的操作溫度多選擇在35-40°C之間，但此一操作溫度上的限制卻導致纖維素水解效率降低。近年來已發現數株耐熱發酵菌如*Candida acidothermophilum*可在高溫下進行發酵反應，應用於SSF程序，將能藉由操作溫度的提升改善水解酵素的效率。美國新成立的Mascoma纖維酒精公司即利用此一構想，積極發展高溫同步醱化及發酵程序(thermophilic Simultaneous Saccharification and Fermentation, tSSF)。

(三)、聯合生物轉化製程 Consolidated Bio-Processing (CBP)

發展聯合生物轉化製程 (CBP)是生質酒精程序整合的最終目標，又可稱作直接生物轉化製程 (Direct microbial conversion, DMC)。1996年由Lynd首先提出此一想法，其構想係以單一微生物進行酵素生產、酵素水解及酒精發酵等生產過程中的所有反應，理論上可以將設備投資降到最低，是最有競爭力的程序設計。儘管相關的研究均還處於實驗室階段，不過根據初步估算，採用CBP製程生產酒精的生產成本約只須傳統製程的1/4，可以大幅降低纖維酒精的生產成本。

基本上，目前發展CBP菌種的策略主要可

分為兩個方向：1.原生種策略 (native cellulolytic strategy) 2.基因重組策略 (recombinant cellulolytic strategy)。原生種策略為挑選自然界中已具有纖維素水解能力與酒精發酵能力的菌種，如嗜熱厭氧菌*Clostridium thermocellum*。此類微生物由於酒精發酵效率偏低，需再以代謝工程提高其酒精產量及酒精耐受度。基因重組策略係選擇既有的高效率酒精發酵菌(如*S. cerevisiae*)，利用基因重組技術，轉殖入纖維素水解酵素基因。不過由於真菌的酵素水解系統相當複雜，相對於原生種策略而言，以基因重組策略發展CBP菌種的困難性較高。至於在原生種策略方面，如何提升這些嗜熱厭氧菌的酒精耐受度及降低副產物的生成，為目前的重要研發方向。

六、展望

纖維酒精是非常具有潛力的生質酒精生產技術，許多先進國家已積極投入相關的技術研究，隨著2006年西班牙Abengoa公司的小型纖維酒精廠開始運轉，顯示纖維酒精已逐步邁向商轉階段。不過由於現階段纖維酒精之生產成本仍高於糖質及澱粉酒精，因此仍須藉由技術研發，方能進一步降低其生產成本與提升競爭力。其中，水熱法及氨水爆裂法等熱化學前處理技術的商業化為近程纖維酒精的重要研發目標，共發酵、同步醱化及發酵等程序亦將成為未來纖維酒精廠中水解及發酵程序的主要設計趨勢。

AgBIO

陳文恆	核能研究所	纖維轉化酒精專案副工程師
郭家倫	核能研究所	纖維轉化酒精專案副工程師
黃文松	核能研究所	纖維轉化酒精專案 技術小組負責人
王嘉寶	核能研究所	纖維轉化酒精專案 專案計畫主持人