一九八二年
（创刊号）
无锡轻工业学院学报
JOURNAL OF THE WUXI INSTITUTE OF LIGHT INDUSTRY

利用再生资源—植物纤维生产酒精的近况

章克昌

摘　　要

植物纤维是最大量存在的有机物，也是一种再生资源。有效地利用植物纤维或纤维素废料来制造液体燃料，（如酒精），对于缓和全世界的能量供应是很重要的。

由于许多新的产纤维素酶菌株被发现和分离，许多先进的技术，例如木质纤维素连续预处理工艺，糖化发酵混合进行，纤维酶的连续生产等的发明，植物纤维或纤维素废料制酒精已经通过了中间工厂的试验，效果很好。现在的问题是在商业性大生产前要经过较大规模的示范性工厂的证实。

半纤维素是再生植物纤维的主要成份之一，为了完全地利用植物纤维产生的糖制造酒精，半纤维素水解后得到的糖（例如 D-木糖）的利用是非常重要的。试验结果表明，酵母可发酵 D-木糖为酒精，但必需要有木糖异物酶存在，这时酒精的得率可达 80% 以上，酒精浓度最高达 6%(w/v)以上。

目前 D-木糖直接发酵成酒精的研究进行得很多，结果表明多种微生物可以直接发酵 D-本糖为酒精，但是得率低，酒精浓度低，生长速度和转化速度都慢，在这方面看来还有许多工作要做。

由于本世纪七十年代接连发生了两次石油危机，世界各国对于开发新能源都具有浓厚的兴趣。生物能源由于它具有资源丰富，可以再生及不污染环境等优越性而得到普遍的重视。植物纤维是生物能源的一个重要组成部分，地球上每年因光合作用而合成的有机物达 2×10^{11} 吨，地球每年生成植物所含的能量相当于目前全球每年消耗能量的十倍以上，这是一个巨大的潜在能源。

由于石油的短缺和价格的上涨，人们开始考虑用酒精来代替部分或全部汽油作为汽车的燃料，许多国家都制订了利用淀粉，糖类原料或植物纤维（农业纤维下脚、森林加工工业废料和城市纤维素垃圾等）生产酒精的计划，这就大大推动了对植物纤维生产酒精的科学研究和技术发展的工作。

本文收到日期 1982 年 9 月 14 日

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

近年来，美国、加拿大等国在纤维素制酒精的研究工作方面取得了很大的进展，利用麦杆和城市纤维素垃圾生产酒精的工艺已通过了中间工厂试验，进入商业性示范和大规模生产的阶段，原来认为不能被酵母发酵为酒精的半纤维素水解糖——木糖也已经成功地发酵出酒精，这是一个重要的进展。植物纤维中半纤维素的含量与纤维素相仿，半纤维素的充分利用必将大大增强纤维素酒精的竞争能力。本文仅对植物纤维素和半纤维素生产酒精的进展近况和研究动向作一介绍。

纤维素制酒精的概况

本世纪二十年代 Bergius 首次提出用浓硫酸进行纤维水解，三十年代 Scholler 提出了纤维素稀硫酸高压水解的生产流程，该流程在苏联得到了工业化的应用，乌拉尔、高加索和列宁格勒等地都建立了水解工厂。利用木材纤维素生产酒精，用稀酸高压水解流程的技术是落后的，经济上也不合算。但是对某些国家的特定情况来说还是可行的，例如巴西为了推行用酒精代替汽油的国家计划，在大力发展用木薯、甘蔗和废糖蜜生产酒精的同时，也采用苏联的技术用纤维素制酒精。

第二次世界大战期间美国威斯康辛州迈迪孙市军用品实验室，发明了一种称为连续渗滤的酸水解方法，大大提高并改进了 Scholler 的酸水解进程。根据这一改进的方法，在奥立冈市建立了一个年产 1.5—2.5 万吨酒精的水解工厂。但战后的五十年代，由于石油化工工业和合成酒精生产的蓬勃发展，使这个工厂倒闭了。

五十年代之后一段时间，纤维素水解的研究工作处于低潮，七十年代中发生的石油危机促使人们再次重视再生资源的开发。利用植物纤维等再生资源生产液体燃料——酒精的研究在世界上形成了一股热潮，以美国为例，国家能源部和农业部连年来都拨出了相当数量经费来资助这方面的研究工作，现将已经取得基本成功的几个流程介绍如下。

(一) SSF 流程

这个流程是美国海湾石油公司主特，由科学家Emert 为首发展的，其特点是边糖化边发酵，SSF 就是其英文缩写。

该流程采用的菌种是 Trichoderma reesei 的一个变异菌株，它的特点是可以在木质素存在的情况下将纤维素水解成葡萄糖，原料的预处理就可以大为简化。

Emert 采用连续培养的方法生产纤维素酶，培养时间(即培养液在发酵罐内的停留时间)仅 48 小时，所得酶液不必经过任何处理而直接用于糖化，用于制备纤维酶的原料量占整个纤维素用量的 15%。

边糖化边发酵过程在发酵罐内进行，85%的纤维素原料经过巴氏灭菌和冷却后送往发酵罐，在那里和酶液及酵母相混合并开始糖化及发酵。混合发酵的优点在于：(1)、省去单独糖化所需的时间、设备和消耗；(2)、葡萄糖一产生就被酵母所消耗，从而避免了终端产品对纤维酶的抑制作用，从而转化率得以提高；(3)、由于所用纤维酶体系中有足够的 β-葡萄糖苷酶存在，能分解纤维二糖，因此也能防止纤维二糖对酶反应的抑制作用。

最终发酵醪酒精浓度为 3.5%w/v，酒精用蒸馏方法回收。蒸馏废糟经蒸发浓缩到 60%干物质，可作为家畜的饲料。固体残余物主要是木质素和未转化的纤维素可作燃料用。

海湾公司根据 SSF 流程在匹兹堡建立了一个日处理 1 吨干原料的中间工厂，并进一步

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

完成了日加工250吨原料的示范工厂的流程和工程设计。计划以2/3的城市纤维素垃圾和1/3的废纸浆为原料。建厂资金3千万美元，目前正在筹备建厂的款项。

与此同时，“联合生物燃料工业”公司也买了上述专利并计划在彼得斯堡市建立一个年产20万吨酒精的工厂，也是以城市纤维素垃圾为主要原料，总投资达1亿4千万美元，计划在1983年开工兴建，1985年建成投产。

（二）DE流程

DE流程是通用电气实验室发展的，该流程有以下的特点：

采用耐热单孢菌（Thermomonospora）作为纤维素酶产生菌，该菌能在60℃温度下直接水解纤维。

该流程是以木材碎片为原料，用热的稀酒精预处理，以使半纤维和木质素部分分解，淡酒精回收后可重复使用。处理后的纤维素直接进入高温混合糖化发酵，由于Thermomonospora水解纤维素所得的产品主要是纤二糖，所以要采用耐温菌Clostridium therocellum代替酵母，以便使纤二糖发酵成为酒精。生成的酒精不断由低真空抽走，这就可以避免高浓度酒精对产生菌的抑制作用。由于糖化发酵是在高温下进行，所以杂菌污染的机会极少。

如果糖化和发酵不同时进行，则除了Thermomonospora外还要添加β-葡萄糖苷酶以分解纤二糖，减少它对分解反应的抑制作用。

用上述流程可以制得浓度接近20%的葡萄糖溶液，既可发酵制酒精，也可以异构成高果糖糖浆。

新成立的生物能源公司已决定用200万美元及二年时间来进一步研究和完善这个课题，以使纤维素酒精生产商业化。

（三）加拿大Canddian公司流程

这个流程的特点是采用蒸汽爆炸的方法来对纤维素进行预处理。原料用蒸汽加热加压使纤维结构软化，然后瞬时减压并将纤维素排出。纤维素的结晶结构因激剧膨胀而被破坏，因而比较容易被纤维酶水解。

Canadian公司采用的纤维酶菌种也是Tricoderma reesei的变种。糖化和发酵是分别进行的，发酵前用过滤的方法将木质素除去。这种方法的纤维素水解率可达90%，半纤维素为80%，分离得到的木质素适合于制造酚醛树脂和其他化工产品。

该公司正在设计一个中间工厂，以白杨树碎片为原料，发酵后最终酒精浓度可达6%w/v。该公司还和一家加拿大石油公司一起建造一个以木材和大麦杆为原料的酒精厂，生产能力为年产酒精5000-10000吨，计划在一年内建成。

（四）Vulcan-Stake流程

这个流程是美国的Vulcan公司和加拿大多伦多Stake公司联合设计的，其特点是采用了特殊的原料预处理和连续酸水解工艺。纤维原料经加料器进入圆柱形的分解器中，并由螺旋输送器推动前进，原料在分解器中用蒸汽加热到半纤维素能溶于水、木质素能溶于碱的程度，然后原料通过一个排出装置，定期间歇地排出器外。预处理后的原料依次用水和碱冲洗，以取出半纤维素和木质素，余下的纤维素就较容易被酸水解了。

酸水解是在连续水解器中进行的，由于保证了未转化的纤维素能重复进行水解，因此水

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

解率可达 80%，远较一般稀酸水解率 55%为高，而酸用量要比浓酸水解少，和酶水解相比，其水解速度要快一个数量级。

美国乔治亚研究所正在根据这一流程筹建一个日产 3 吨酒精的示范性工厂。

从上面几个流程的情况看来，各个流程都有它的特点，如果能将这些特点综合起来，设计出一个最佳的工艺流程，则纤维素制酒精一定能进一步提高得率，降低成本。

关于纤维素酒精，今后研究的重点应该放在以下几个方面：(1) 改良和选育菌种，不仅要选育纤维素酶活动高的菌株，而且也要寻找半纤维素分解能力强的菌种；(2) 在酸水解工艺方面要进一步提高水解速度，在转化率方面要求能提高到酶水解的水平；(3) 应该考虑纤维素和半纤维素综合利用生产酒精的工艺；(4) 在酒精发酵本身，要选育耐高浓度酒精的酵母，改善蒸馏的能量利用率，要寻找新的酒精回收和无水酒精制备的新方法，如吸附技术、膜分离和超晶体流体萃取等。

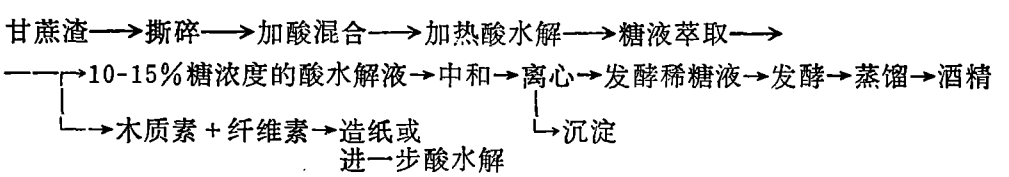
半纤维素制酒精的近况

半纤维素水解液中主要的成分是木糖，其含量在 50—70%之间，其余的是葡萄糖和阿拉伯糖及其它糖类。长期以来，认为木糖这种五碳糖不能被普通的酒精酵母发酵为酒精，故称它为不发酵性糖。本世纪七十年代以来，在木糖的发酵和利用方面先后取得了一系列进展，先后发现嗜水气单孢菌 (Aeromonas hydrophila)，热解糖梭菌 (Clostridium thermosaccharolyticum) 等细菌及镰孢霉 (Fusarium)，毛霉和根霉等霉菌，都能将木糖发酵生成包括酒精在内的许多发酵产品，只是发酵速度慢，生成酒精的浓度低 (1%以下)，有机酸和木糖醇等含量却相当高，因此木糖的发酵效率不高。1980 年初，美国普渡大学“再生资源工程实验室 (LORRE)”研究成功了采用 D-木糖异构酶，将木糖异构成木酮糖，再用酵母发酵生成酒精的新途径，为大规模利用半纤维素生产液体燃料——酒精开创了一条新的途径。

1981年以来利用 Pachysolen tannophilus 和 Candida sp. 等菌株直接发酵木糖为酒精的报导愈来愈多，这是当前国际上研究的半纤维素生产酒精的新趋向。利用嗜热梭状芽孢杆菌(Clostridium thermophillum) 等菌株直连发酵植物纤维为酒精的报导也不少，现将这些研究的情况，摘要介绍如下。

(一) “LORRE” 半纤维素生产酒精流程

LORRE 流程选择甘蔗渣中的半纤维素为对象，甘蔗渣在造纸之前先将半纤维素分解取出，用于酒精发酵，纤维素则用来造纸，这样做不仅不影响纸的质量，而且有利于黑液的处理。LORRE 流程示意如下：



甘蔗渣经过撕碎，喷入浓硫酸，混合均匀，保持一段时间后，加热到 90—100℃ 进行半纤维素水解，用萃取法抽去水解生成的糖，得到 10—15%糖度的酸水解液，剩下的纤维素送去造纸。糖液用石灰中和，离心除去沉淀物，所得的发酵稀糖液加异构酶和酵母进行酒精发酵，

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

发酵醪经蒸馏和脱水制得无水酒精。

在菌种方面，开始用的酒精酵母，后来发现粟酒裂殖酵母 (Schizosaccharomyces pombe) 在产酒精浓度，发酵速度和发酵率等方面均高于一般的酒精酵母，以后的试验就采用了裂殖酵母。

在发酵工艺方面，开始采用木糖转化和木酮糖发酵分别在不同容器内进行的方法，以便保证木糖异构酶作用和酒精发酵各自最佳的 pH 和温度。这个方法从理论上看是合理的，但是实际上由于设备较多，操作复杂，因而不大可能用于生产。为此，他们通过试验，选择了一种兼顾木糖异构酶作用和木酮糖酒精发酵的工艺条件，使上述两种不同的反应在一个反应器中实现。

现将本人进行的最新试验结果简述如下：

菌种：Schizosaccharomyces pombe。

发酵工艺条件：pH = 6，温度 = 30℃。酵母接种量为 100—150g/l(以压榨酵母计)，固定化木糖异化构酶用量为 20—50g/l。培养基，甘蔗渣半纤维水解液 + 部分纯木糖、葡萄糖、阿拉伯糖混合物，使发酵糖液浓度达 16 % 左右。

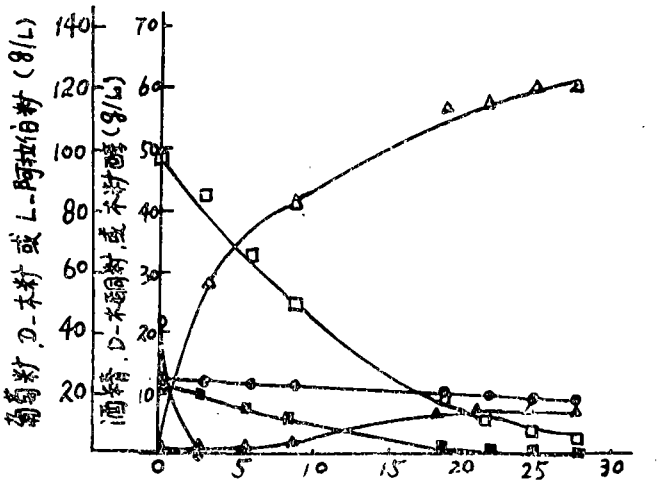


图 1 在异构酶存在的条件下，Schizosaccharomaces pombe 对甘蔗渣水解的酒精发酵，T = 30℃，pH = 6.0
▲—木糖醇；■—D-木酮糖；△—酒精；□—D-木糖；○—葡萄糖；●—L-阿拉伯糖。

发酵结果：从图 1 可见，葡萄糖不到 4 小时已发酵完，而阿拉伯糖几乎没有变化，木糖经 28 小时的发酵已降到 1%以下。酒精含量在 28 小时发酵后达 6%w/v 以上。另外，在发酵过程中生成约 1%的副产物木糖醇、木糖异构生成的木酮糖的浓度逐步降低到零。通过计算发酵效率在 80%以上。

从酒精浓度和发酵效率来看这个流程，相当不错，问题在于它要使用异构酶，而且固相化异构酶活力的半衰期仅为 80 小时左右。另外，发酵过程中阿拉伯糖没有被利用。为此 LORRE 正在通过遗传工程的手段培育一种既具有酒精酵母特点，又能直连利用木糖的新菌株。笔者在 LORRE 做的实验证明，利用废液中的阿拉伯糖及剩余的木糖可以培养链霉菌生产异构酶，每 100 ml 发酵液的酶活力相当于 1 克固相化异构酶。

(二) 直接发酵木糖为酒精的研究

1981 年以来，关于直接发酵木糖为酒精的研究报导日益增多，所用的菌种有酵母 Pachysolen tannophilus, Caudida XF 217, Candida tropicolis ATCC1369，镰孢霉 (Fusarium oxysporum VTT-D-80134) 等，现分别介绍如下：

(一) 用 pachysolen tannophilns 直连发酵木糖为酒精

美国农业部北方研究中心 P.J.Slininger 等用摇瓶培养 Pachysolen tannophilus NRRL Y-2460 发酵木糖：种子培养：

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

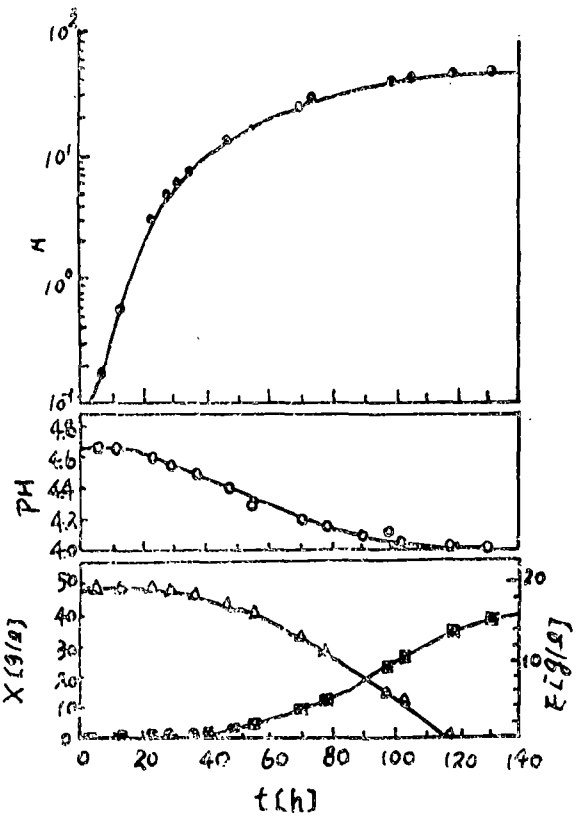


图 2　pachysole tannopilns的木糖发酵：
A—菌体的光密度；X—木糖浓度；
E—酒精浓度，pH—通风培养液的 pH

在 125ml 三角瓶中装 50g/l 浓度的木糖溶液 50ml，pH = 4.5，接入培养2天的斜面菌种，28℃，150 rpm培养 48 小时，发酵：在500ml 三角瓶中装 100ml 浓度 50g/l 木糖液，pH = 4.5，接入种子，200rpm，25℃条件下培养。其结果表明，Pachysolen 酵母在 5 %木糖溶液中的最大生长比速率为 0.18h^{-1}，是啤酒酵母在葡萄糖溶液中的生长比速率 μ 的 50 %多。培养 2 0 小时后产生酒精，当木糖消耗比速率达最大值(0.3g/g/hr)时，酒精生成的比速率为 0.08g/g/hr，从图 2 可见，培养 120 小时后木糖才消耗完，酒精浓度为 1.5%左右，每克木糖生成 0.3g 酒精，是理论产率 0.5g 的 60%，pH 值在发酵过程中从 4.6 逐步下降为 4 。

笔者利用同一菌种发酵甘蔗渣半纤维素水解液所得的数据与上述情况接近。因为水解液中有一部分葡萄糖，所以酒精浓度略高，达 1.9%，但木糖醇的含量较高，可达 3%。

P.J.Slininger 还做了不同通风量，温度和 pH 对发酵的影响试验。结果表明，通风条件下酵母生长要比不通风时快 10 倍，酒精产量也要高 3.5 倍，温度以 32℃ 最好，pH以4.5为佳，pH 低于 4.5发酵也能进行，但

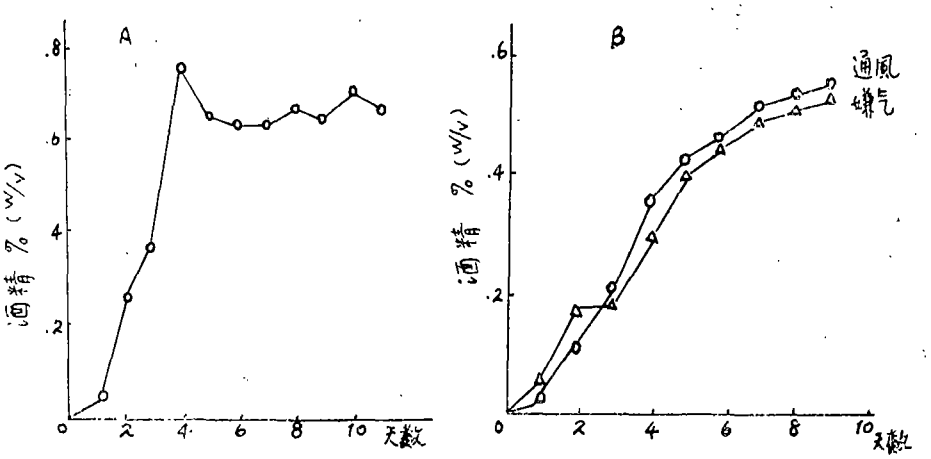


图 3　A—重复使用P.tannophilus细胞木糖发酵情况　　B—固定化P.tannophilus细胞木糖发酵情况

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

菌体生长慢，发酵时间很长。试验还表明，酒精浓度超过2%时即对酵母正常发酵有抑制作用。

加拿大H.Schneider等研究表明，半通风情况下发酵比通风和不通风时都好。他们指出，当溶液中糖分消耗完后，Pachysolen能同化酒精。

加拿大R.Maleszka研究了重复使用Pachysolen酵母细胞或使用固定化细胞对木糖发酵的影响。重复使用酵母是将Pachysolen接入装有100ml 2%木糖溶液的三角瓶中，摇瓶培养，150rpm，30℃，24小时后离心除去发酵液(测定酒精含量)，酵母加到新鲜培养液中培养，如此经过四天重复，酒精含量从第一次的0.075%增加到0.75%，并长期保持在这个水平上，转化率达理论值的78%(见图3)。如果将温度提高到37℃得到的酒精浓度则略有增加。发酵液中有木糖醇存在。通风对发酵会略有影响。

固定化细胞是用藻酸钙凝胶包埋法，每10ml培养液中约装200粒，30℃静止培养，24小时后。更换新鲜培养液，结果9天以后每24小时可以从2%的木糖液中生成0.55%酒精，通风与不通风的结果一样。用固定化细胞可以不需要通风，这是一个好苗头。

(二) 用假丝酵母直接发酵木糖为酒精

美国普渡大学LORRE龚成雄博士用Candida XF-217发酵木糖，发现有氧或无氧情况下都能产生酒精，但有氧时结果要好得多(见图4)。在通风情况下，5%的木糖经60小时可消耗完，生成略多于2%的酒精，并有0.5%的木糖醇生成。在不通风时60小时后还有4%的木糖没有被发酵，酒精浓度只略多于0.5%。

美国军工产品实验室和威斯康辛大学一起也做了用Candida tropicalis ATCC 1369发酵木糖的研究。在7.5%的木糖溶液中接入种子，通风条件下培养，24小时后产生酒精，90小时生成酒精1.7%。

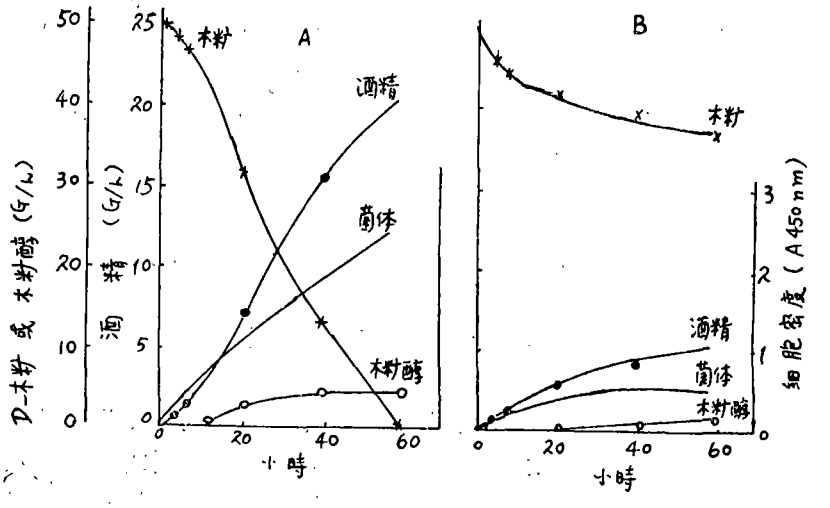


图4 Candida sp XF —217对木糖的发酵 A—通风，B—嫌气

(三) 用镰孢霉发酵木糖为酒精

芬兰的M.L.Suihko对26株Fusarium菌株对葡萄糖和木糖进行了酒精发酵研究，其培养基的组成为(以每升计)：葡萄糖或木糖50g，酵母浸出汁1.0g，$NaNO_3$ 3.4g，KH_2Po_4

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.0g，$CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0.4g，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.3g 及微量元素，原始 pH = 5.0，121℃ 消毒 15 分钟，30℃，摇床 200rpm。

种子培养是在 250ml 三角瓶中装 100ml 培养液(糖浓度为 30g/l)接入孢子，培养 2-3 天。发酵是在 250ml 三角瓶中装 90ml 培养和 10ml 种子，用 CO_2 或 N_2 排去三角瓶上层空气，30℃摇床培养，每天测酒精量、pH 值和菌体干重。比较结果以 Fusarium oxysporum VTT-D-80134 最好：葡萄糖 4 天发酵产酒精 2.3%，木糖 7 天发酵产酒精 2.1% w/v。

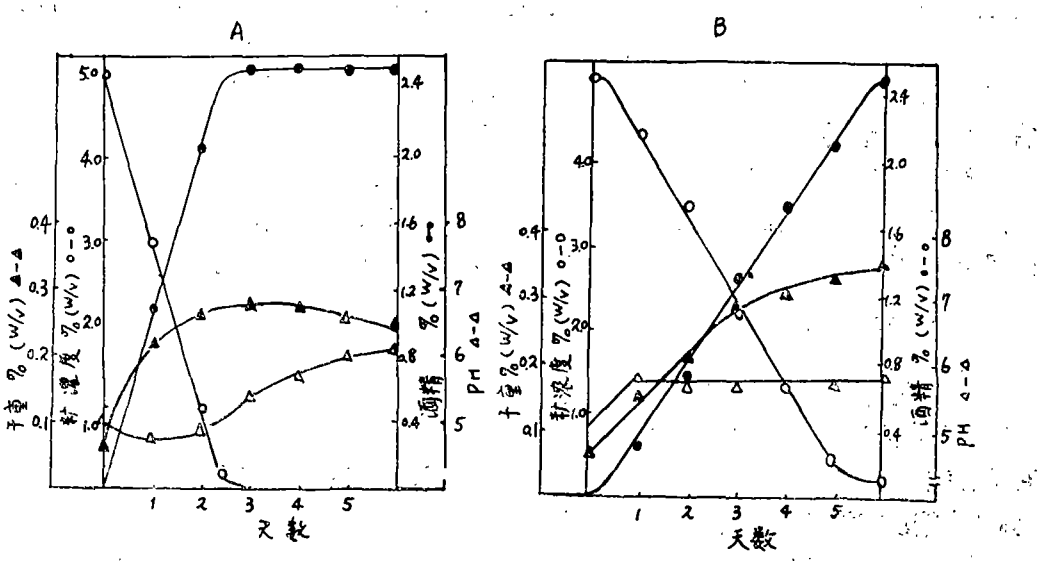


图 5　A—Fusarium oxysporum 发酵5% w/v葡萄糖
B—Fusarium oxysporum 发酵5% w/v木糖

图 5 表示 Fusarium oxysporum VTT-D-80134 发酵葡萄糖和木糖进一步研究的情况，发酵时间分别是 3 天和 6 天产酒精量为 2.5% w/v，接近理论产率，试验表明该菌株在严格厌气条件下不消耗酒精，对酒精的忍耐能力达 5-6% w/v。

用镰孢霉发酵的优点是酒精得率高，不要通风，但缺点是发酵速度太慢，应进一步研究解决。

植物纤维直接发酵生产酒精

除了上述一些利用植物纤维素和半纤维素的方法和研究动向之外，还有一些关于直接将植物纤维发酵生产酒精的研究报导。

美国麻省理工学院 D.I.C.Wang 等研究利用耐热梭状芽孢杆菌(Clostridium thermocellum)直接分解纤维素和半纤维素为纤二糖、葡萄糖、木二糖和木糖，并将六碳糖嫌气发酵生成酒精和醋酸等有机酸。为了利用分解生成的五碳糖，选用了另一种能发酵木糖的耐热嫌气菌——热解糖梭菌(Clostridium thermosaccharolytium)。上述两种菌种的问题是耐酒精能力不强(酒精发酵浓度在 1%上下)和有机酸产量太高。

加拿大的 W.D.Murray 也研究了用热解糖梭菌和其它纤维分解嫌气菌一起发酵植物纤维，它用添加 $CaCO_3$ 来保持 pH 为 7.4～8.0(酒精发酵适宜 pH)，并指出(1)添加酵母汁会提高代谢产物的产量；(2)发酵容器顶部充满氢气能增加酒精产量。采用以上措施后，发

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

酵产生的精酒与醋酸的比例可从1提高到4以上，如控制好生长条件可提高到7以上。每1克分子木糖的精酒产量为1克分子酒精。

参 考 文 献

[1] 章克昌，食品与发酵，1982,2,p77—85

[2] Lin-Chang chiang, Humg-Yu Hsiao, Pear P. Ueng等, Biotechnology and Bioengineering Symp.N11, 263—274(1981)。

[3] Cheng-Shung Gong, Applied and Environmeutal Microbiology Feb. 1981, p.430—436。

[4] P.J. Slininger, Biotechnotogy and Bioenginering Vol XXIV p. 371—384 (1984)。

[5] H.Schneider, Biotechnology letters Vol.3 No.2 89—92(1981)。

[6] Cheng-shung Gong, Biotochnology letters Vol 3 N 5 245—250(1981)。

[7] R.Maleszko, Biotechnology letters Vol, 3 No.8 415—420(1981)。

[8] M.L.Suihko, Biotechnology letters Vol.3 N.12 723—728(1981)。

[9] D.I.C.Wang Third symposium on Biotechuology in Energy Production and Convertion.

[10] J.N.Saddler, Biotechnology letters Vol.3 No.6.321—326(1981)。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

The Recent Situation of Alcohol Production Using Plant Fibers—One of The Renewable Resources as The Raw Materials

Zhang Kechang

Abstract

Plant fibers are the most abundant organic material. It is one of the renewable materials too. Efficient use and conversion of plant ffiberes or cellulosic wastes to liquid fuels, such as alcohol, is very important for relax of the energy supply in the world.

Due to the new cellulase producing cultures of microorganism were selected and a lot of advanced techniqnes, such as the continnous digestion technology for pretreatment of lignocellulosic feedstock, the simultaneous saccharification and fermentation and the continuous enzyme production, were developed, the processes of alcohol production from plant fibers or cellulose wastes have been carried through the pilot-plant stage with encouraging results. Now they need to be proved in larger demonstrationscale plants before comerical plants are attampted.

Hemicellulose is one of the major components of renewable plant fibers. To fully ntilize biomass-derived sugars in the production of ethanol, the fermentation of hemicellulose-derived sugars, such as xylose, becomes important. It has been observed, that fermenting yeast are able to produce ethanol from D-xylose when D-xylose isomerizing enzyme is present. The results indicate that ethanol could be produced from D-xylose in a yield of greater thou 80% with alcohol concentration over 6%(w/v) by a twosteps process.

Now, direct fermentation of D-xylose to ethanol by voriouse microorgamism cultures is studed widly. The results indicate, that ethanol could be produced from D-xylose directly, but with low alcohol conceutration and slow rates of growth and convertion. There are still a lot of works have to do in this area.

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net