

固态混菌发酵产纤维素酶的研究进展

罗永生, 常 春

(郑州大学化工学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 纤维乙醇是目前可再生能源领域中的研究热点, 而如何提高纤维素酶活性、降低生产成本是纤维乙醇发展的关键。介绍了固态混菌发酵的最新研究进展, 并对纤维素酶混菌发酵存在的问题进行了分析和展望。

关键词: 燃料乙醇; 纤维素酶; 固态发酵; 混菌发酵

中图分类号: TS262.2; Q55; TQ925

文献标识码: A

文章编号: 1001-9286(2010)01-0078-05

Research Progress in Cellulase Production by Solid Fermentation of Mixed Fungi

LUO Yong-sheng and CHANG Chun

(School of Chemical Engineering and Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou, He'nan 450001, China)

Abstract: Cellulosic ethanol is currently the research hotspot in the field of renewable energy. How to improve the activity of cellulase and How to reduce the production cost are the keys to the development of cellulosic ethanol. In this paper, the latest research progress in solid fermentation of mixed fungi was introduced and the existed problems in mixed fungi fermentation were analyzed.

Key words: fuel ethanol; cellulase; solid fermentation; mixed fungi fermentation

纤维素类物质是自然界中最廉价、最丰富的一类可再生资源。全世界的植物体生成量每年高达 1500 亿 t 干物质, 其中全球的秸秆年产量超过 20 亿 t。如果将天然纤维素降解为可利用的糖类物质, 再进一步转化为乙醇、菌体蛋白、气体燃料(如氢气)等物质, 对解决当今世界所面临的环境污染、粮食短缺、饲料资源紧张和能源危机等问题具有重大现实意义^[1]。纤维素酶是降解纤维素最有效的生物催化剂, 自然界存在很多产纤维素酶的生物。多年以来, 为了提高酶活、降低成本, 人们在菌种选育、发酵工艺方面开展了大量的工作。近年来, 利用微生态原理, 采用多菌种的混菌发酵工艺引起人们的重视, 该方法被证明能够有效地提高纤维素酶活力, 国内外学者加大了对其研究的力度^[2-4]。本文在此介绍固态混菌发酵技术生产纤维素酶方面的最新研究进展。

1 纤维素酶的分类和主要菌种

纤维素酶是能将纤维素水解成葡萄糖的一组酶的总称, 它是多酶组分的一个复杂酶体系。根据各酶在功能上的差异可分为 3 类。

1.1 葡聚糖内切酶

葡聚糖内切酶(endo-1,4- β -D-glucanase, EC3.2.1.4)来自真菌的简称 EG, 来自细菌的简称 Len, 又称为 C1

酶。这类酶作用于纤维素分子非定形区, 无规则水解 β -1,4 糖苷键, 形成葡萄糖、纤维二糖和不同大小的纤维糊精, 为纤维二糖水解酶提供更多的可供水解的末端, 其分子量大小为 23~146 KD。

1.2 葡聚糖外切酶

(exo-1,4- β -D-glucanase, EC3.2.1.91)来自真菌的称为 CBH, 来自细菌的称为 Cex, 又称为 Cx 酶。这类酶作用于无定形纤维素的非还原末端, 依次切下纤维二糖, 故又称纤维二糖水解酶(Cellobiohydrlase), 分子量为 38~118 KD。

1.3 β -葡萄糖苷酶

β -葡萄糖苷酶(β -1,4-glucosidase, EC3.2.1.21)简称 BG 酶, 又称纤维二糖酶(Cellobiase, CB)。这类酶将纤维二糖和寡糖水解成葡萄糖分子。其分子量约为 76 KD, 酶解纤维素时, 这 3 类酶协同作用最终将纤维素降解为葡萄糖。目前, 对纤维素酶的分子机制大致有 3 种假说: 改进的 C1-Cx 假说、顺序作用假说和竞争吸收模型。他们都认为, 纤维素酶降解纤维素时, 先吸附到纤维素表面, 然后其中的内切酶在葡聚糖链的随机位点水解底物产生寡聚糖, 外切酶从葡聚糖链的还原或非还原端进行水解产生纤维二糖, β -葡萄糖苷酶水解纤维二糖为葡

基金项目: 国家科技支撑计划(2007BAD66B04)。

收稿日期: 2009-10-13

作者简介: 罗永生(1984-), 男, 硕士研究生, 主要从事发酵工程方面的研究。

通讯作者: 常春(1973-), 男, 工学博士, 高级工程师, 主要从事生物化工与发酵工程方面的研究, chunchang@zzu.edu.cn。

葡萄糖。在纤维素溶解糖化过程中内切酶和外切酶的比值会显著地影响纤维素溶解活力,而且在纤维素糖化过程中 β -葡萄糖苷酶组分的加入会使这种协同作用大大加强^[5-6]。

自然界中广泛地存在着能降解纤维素的微生物,并且种类繁多,包括细菌、真菌和放线菌等。从微生物分解菌来讲,20世纪60年代以来,国内外共记录了产纤维素酶的菌株大约已有53个属的几千个菌株,其中丝状真菌是研究最多的纤维素降解类群。通常,细菌所产纤维素酶一般都存在于胞内或吸附在细胞壁上,不分泌到培养液中,所以工业上很少采用细菌作生产菌种。当前用来生产纤维素酶的微生物研究较多的是真菌,包括大部分腐殖质腐生菌、担子菌门非褶菌目的类群以及反刍动物瘤胃真菌。在所有产纤维素酶真菌中,木霉属(*Trichoderma*)是公认的较好的纤维素酶生产菌。另外,青霉属(*Penicillium*)、曲霉属(*Aspergillus*)和镰刀菌属(*Fusarium*)的一些类群降解纤维素的能力也较强。目前,研究报道较多的主要是黑曲霉(*Aspergillus niger*)、里氏木霉(*Trichoderma reesei*)和绿色木霉(*Trichoderma viride*)等。

2 纤维素酶的固态发酵

固态发酵(Solid State Fermentation, SSF)是指利用不溶性原料作为固体支持物和营养物质,体系无自由流动液体,在其上进行的任何发酵过程^[7]。SSF历史悠久,应用广泛,是人类利用微生物生产产品历史最悠久的技术之一。自20世纪90年代以来,随着能源危机和环境问题的日益严重,人们重新开始审视SSF的优点,并不断在原料、工艺和设备等方面进行大量深入的研究,使SSF在酶制剂领域取得了长足的进展^[8]。目前,纤维素酶的生产有固体发酵和液体深层发酵两种方法,其中固体发酵相比于液体深层发酵,可以利用农作物废弃物为原料,具有能耗小、成本低等优点,此外,固态发酵所提供的环境更加接近自然环境,因而适合丝状真菌的生长,其发酵产生的酶系较液体发酵产生的酶系也更全面^[9]。

固态发酵时,影响纤维素酶产量和酶活的因素很多,主要包括菌种自身的特性、培养基组成及培养条件的差异等,为了提高纤维素酶活力和产量,研究者在菌株选育及发酵工艺方面作了大量研究,但一直未有重大的突破。究其原因,这主要是因为纤

维素的降解需要3种酶系协同作用,而目前采用的单菌产纤维素酶均存在酶系不完整和个别酶活不高的缺陷。如,目前公认较好的绿色木霉(*Trichoderma viride*)及其近缘菌株,普遍存在产生的 β -葡萄糖苷酶活性偏低的缺陷。为了克服这个问题,研究者提出利用微生物的微生态原理,采用固态混菌发酵技术进行纤维素酶的生产。

3 纤维素酶的固态混菌发酵

微生物的混合培养是指将两种或两种以上不同的微生物进行共同培养的过程。早在几千年前,我国传统的酿酒、制醋就已利用了多种微生物的共同作用。至今,混合培养在食品、饮料、环保、能源等领域中被广泛应用。而工业微生物领域中,在人为控制的条件下,利用混合培养的方式进行生态学的研究,以及建立一个新的发酵工业体系等一直是人们关注研究的热点。近年来,随着人们对纤维素酶研究的不断深入,利用混菌发酵技术提高纤维素酶酶活的研究也日益得到关注。

3.1 混合菌种搭配

微生物混合培养中各种微生物之间的相互关系是既多样又复杂的,可以有互生、共生、寄生、拮抗和捕食关系。研究不同纤维素降解菌降解效果的差异以及混合菌中各菌株的相互作用,可以为工程中优选菌种、发挥菌株间协同作用、防止拮抗作用的发生提供实验依据。纤维素的有效降解需要多种纤维素酶的协同作用,而纤维素酶是具有不同底物特异性的多酶系复合物酶,不同菌种产生的纤维素酶系不同,进行混菌发酵时就可以弥补菌种之间的差异,产生多种不同功能的酶作用于纤维素的不同位点,充分发挥各酶之间的协同作用,大幅度提高纤维素酶的活性^[10]。表1列举了不同菌种搭配生产纤维素酶的报道。

从表1中可以看出,纤维素酶混合菌的选择主要包

表1 纤维素酶生产混合菌种搭配

混合菌种中文名称	混合菌种学名
木霉、黑曲霉 ^[11]	<i>Aspergillus niger</i> A3、 <i>Trichoderma</i> sp. T6
绿色木霉、黑曲霉 ^[12-13]	<i>Trichoderma viride</i> 、(<i>Aspergillus niger</i>)
里氏木霉、黑曲霉 ^[14-16]	<i>Trichoderma reesei</i> 、 <i>Aspergillus niger</i>
木霉、青霉 ^[19]	<i>Trichoderma</i> sp.、 <i>Penicillium</i> sp.
康氏木霉、扣囊拟内孢霉 ^[20]	<i>Trichoderma koingii</i> 、 <i>Endomycopsis Fibuligera</i>
串珠霉、链霉菌 ^[21]	<i>Monilia</i> sp.、 <i>Sreptomycy</i> sp
康氏木霉、酵母 ^[22]	<i>Trichoderma koningi</i> 、 <i>Candida</i>
绿色木霉、产朊假丝酵母 ^[23]	<i>Trichoderma viride</i> 、 <i>Candida utilis</i>
黑曲霉、烟曲霉、酵母 ^[24-25]	<i>Aspergillus niger</i> 、 <i>Aspergillus fumigatus</i> 、 <i>Candida</i>
里氏木霉、黑曲霉、酵母 ^[26]	<i>Trichoderma reesei</i> 、 <i>Aspergillus niger</i> 、 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
细菌、细菌 ^[27]	<i>Bacillus</i> sp.、 <i>Bacillus</i> sp.
细菌、放线菌 ^[28]	

括产纤维素酶菌之间的搭配,纤维素酶与其他产酶菌种的搭配,纤维素酶和酵母菌的搭配。在这些不同菌种的组合中,微生物之间更多的是共生和互生关系,其依据的生态原理主要是酶系互补和减弱酶的反馈抑制作用。

3.2 原料的影响

微生物生长需要从外界获得营养物质,这些物质包括碳源、氮源、无机盐、生长因子和水分。作为发酵培养基的原料必须提供微生物生长所需的全部营养物质,才能保证生长发酵过程的实现。常用的碳源有玉米芯、麸皮、秸秆、稻草粉、可溶性淀粉等;常用的氮源有硝酸铵、硫酸铵、酵母膏、尿素、蛋白胨等。杨盛等分别以玉米芯麸皮比例为2:1~6:1,采用绿色木霉与黑曲霉混合发酵,实验结果表明,在玉米芯与麸皮比例为4:1时酶活最高,而且麸皮比例越高,酶活越低,由此推断出麸皮只能作为添加碳源,加入过多会对纤维素酶的形成产生抑制,加入量越多,抑制作用越强。以麸皮和玉米芯为碳源,酵母膏为氮源,研究发现,当碳氮比为5:1时,酶活最高^[29]。

原料营养物质的结构对微生物生长同样存在影响,对营养物质的结构进行有效的改造,往往能提高整个微生物生长发酵过程的效率。通常的预处理方法包括物理法、化学法、生物法及上述方法的综合利用^[30]。预处理提高发酵效率的同时也引入了新的工序,因此应从经济效益出发,选择合理的预处理方法。许宪松等^[31]研究发现,将稻壳通过300 W的微波处理7 min后发酵,可以得到最高的酶活。但以单位能耗产生的酶活增加量计,以处理5 min时产生的酶活增加量为最高。

3.3 接种方法与接种量的影响

接种量直接影响产酶结果,接种量过少,菌种生长达到稳定期的时间较长,导致生产效率低;接种量过多,会导致营养物质供不应求。张建强等以稻草粉与麸皮为碳源,硫酸铵为补充氮源,通过毛霉菌与曲霉菌混合培养,结果表明,当接种量为20%,毛霉菌与曲霉菌比为2:1时,CMC酶活最大为732411 $\mu\text{mol/g}\cdot\text{h}$;而当接种量为30%时,接种比为1:1时,FPA酶活最大为75314 $\mu\text{mol/g}\cdot\text{h}$ ^[32]。

另外,混菌发酵过程中,是通过引入另外的菌种来弥补原来菌种产酶的某些缺陷,因此应通过实验选择合适的混合方式。刘薇等采用串珠霉与链霉菌混合发酵,通过4种混合方式:①串珠霉与链霉菌同时接入装液量为100 mL/250 mL的同一瓶培养液中,先于37℃摇瓶发酵4 d,再于28℃摇瓶发酵2 d,测酶活。②串珠霉与链霉菌同时接入装液量为100 mL/250 mL的同一瓶培养液中,先于28℃摇瓶发酵4 d,再于37℃摇瓶发酵2 d,测酶活。③串珠霉与链霉菌分别接入装液量为50 mL/250 mL

的不同瓶培养液中,串珠霉于28℃培养,链霉菌于37℃培养,各自发酵4 d,再将培养液混合一起,于37℃摇瓶再发酵2 d,测酶活。④串珠霉与链霉菌分别接入装液量为50 mL/250 mL的不同瓶的培养液中,串珠霉于28℃培养,链霉菌于37℃培养,各自发酵4 d,再将培养液混合一起,于28℃摇瓶再发酵2 d,测酶活。4种方式的接种量,串珠霉孢子液和链霉菌种子液均为5 mL。结果发现,方法①的效果最好,其CMC酶、FPA酶和 βG 酶酶活分别为3158 IU/mL、114 IU/mL和2144 IU/mL^[21]。

3.4 温度的影响

各种菌种都有其相适应的生长温度。大多数霉菌生长最适宜的温度为25~30℃,在0℃以下,生长缓慢甚至处于休眠状态,而温度过高时会使其生长繁殖受抑制甚至死亡。王仪明等在不同的温度下利用绿色木霉固态发酵,结果显示,在35℃时酶活最高,产C1酶活力最大,为2.38 U/mg,产CMC酶活力最大为1.97 U/mg, FPA酶活力最大为0.47 U/mg,产 β -葡萄糖苷酶活力最大为0.32 U/mg^[33]。

混菌发酵中存在多种菌种,其生长产酶的适宜温度又不尽相同。因此,必须通过实验,选择合适的温度,使各菌种之间得以协调,达到互相补充互相促进的目的。有的菌种在不同的生长阶段所需的适宜温度也不同,以至于需要采用变温培养。刘薇等采用串珠霉与链霉菌混合发酵,通过4种方案考查温度对混菌发酵的影响:第1组始终28℃;第2组始终3℃;第3组先37℃发酵4 d,再于28℃发酵2 d;第4组先于28℃发酵4 d,再于37℃发酵2 d。均在发酵第6天测酶活。结果显示,第3组方案的酶活最高,其CMC酶、FPA酶和 βG 酶酶活分别为3162 IU/mL、1151 IU/mL、2148 IU/mL^[21]。

3.5 pH值的影响

和温度一样,微生物生长有其适宜的酸碱环境。细菌生长环境的pH值为6.5~7.5,放线菌适宜生长的pH值为7.5~8.0,酵母菌和霉菌的适宜pH值为6.0~6.5。pH过高或过低都会抑制微生物的生长繁殖,超过一定范围甚至能导致微生物死亡。邝哲师等利用玉米秸秆和玉米芯为原料,采用里氏木霉固态发酵的方法考察其发酵条件,结果表明,在自然pH值(pH5.5~6.0)和弱酸的环境下(pH4.5~5.5)时,产纤维素酶滤纸酶活较高,达到3200~3500 U/mL;而在偏碱(pH7.0~7.5)的环境下,产纤维素酶滤纸酶活较低,为2500~2800 U/mL^[35]。林捷等以木薯渣为原料,设计正交试验考察初始pH值、培养温度、培养基装量、接种量对纤维素分解菌混合发酵产酶的影响,通过极差分析显示,初始pH对产酶的影响最大^[36]。

3.6 水分的影响

水分是微生物生长不可或缺的物质。而在固态发酵中,水分的量是有限的。选择合适的水分比例,在固态发酵中显得尤为重要。由于固体发酵是好氧发酵,水分过多,会影响透气性,使培养基内部散热难,且易造成杂菌污染,制曲发酵困难,产品酶活力下降。水分过小,则可能会满足不了菌种生长的需要,造成产酶活力低下。刘海德等通过实验对纤维素酶菌与蛋白酶菌混合培养的条件进行优化,结果显示,在培养基含水量为40%~50%时,酶活较低,纤维素酶活为4930 U/g,木聚糖酶活为4013 U/g;在培养基含水量为51%~55%时,酶活力大幅度提高,纤维素酶活为7946 U/g,木聚糖酶活为4054 U/g;而当培养基含水量上升到60%时,酶活力略有下降,纤维素酶活为7761 U/g,木聚糖酶活为3896 U/g^[34]。

培养基含水量的选取和原料纤维素的含水量有关。张冬艳等通过研究发现,以麦秸为原料时,在料水比1:1.5的条件下产酶活力最高,而玉米秸产最高酶活的料水比为1:2,酒糟产最高酶活的料水比为1:1^[23]。

4 存在的问题及发展方向

4.1 原料运输的问题

在纤维素酶的发酵生产过程中,所用到的多为秸秆、麸皮、谷壳、甘蔗渣、玉米芯等这类占空间较大的原料,因此原料运输的成本方面是实际生产中必须考虑的问题。考虑到原料一般要经过预处理才投入到生产中,因此可以针对不同的发酵方法,对原料在产地进行预处理后再运输到生产厂家。如秸秆,可以先经过粉碎再运输,这样就能加大单次的运输量,节省运输费用,同时也为后续的生产省去了粉碎这道工序。

4.2 染菌的问题

染菌是发酵生产中一个非常严重的问题,可能直接导致整个生产失败,造成重大的损失。因此,如何避免染菌是每个发酵工作者必须重视和研究的问题。避免染菌必须注意以下几点:①生产设备(甚至厂房)的密封性,应能保证正常生产过程中外界微生物无法进入生产系统。②灭菌,设计良好的灭菌方案,保证灭菌的彻底性。③无菌操作,保证生产操作在无菌的环境下进行,这需要操作者具备相关的专业知识。④染菌后的补救措施,应当设计适当可行的补救方法,在万一发生染菌情况下,能对整个生产系统进行补救,使损失降到最低。

4.3 实际生产的问题

固态发酵现阶段在实际生产中的应用相对液态发酵要少,主要原因是固态发酵的生产技术和设备还不成熟。设计相应的生产设备、自动控制系统,优化产物分离纯化方法及对生产废弃物的处理等都待人们去研究开发。

4.4 发展方向

实际已经证明,通过混菌发酵提高产酶活性的途径是可行的,采用现代生物技术,结合传统工艺进行混菌培养,已越来越受到人们的关注。但是混菌培养的反应机制较复杂,混合发酵的机理有待阐明。

另外,采用固定化细胞技术进行混菌培养,利用基因工程技术和细胞融合技术构建基因工程菌等都有可能成为一个新的发展方向。

参考文献:

- [1] 刘洁丽,王靖. 生物产纤维素酶研究进展[J]. 化学与生物工程, 2008,25(21):9-12.
- [2] 汪金萍,徐尔尼,史立康,易明花. 高产纤维素酶生产方法的研究[J]. 食品科技. 2007,(2):73-76.
- [3] 张颖. 纤维素酶与碱性纤维素酶的研究进展[J]. 中山大学研究生学刊(自然科学、医学版),2005,26(2):13-21.
- [4] 王巧兰,郭刚,林范学. 纤维素酶研究综述[J]. 湖北农业科学, 2004,(3):14-20.
- [5] 熊海燕,王卫国,王存文,徐汶. 混合菌培养及其在工业上的应用[J]. 贵州化工, 2004,29(3):16-18.
- [6] 陈娜,顾金刚,徐凤花,姜瑞波. 产纤维素酶真菌混合发酵研究进展[J]. 中国土壤与肥料,2007,(4):16-21.
- [7] Pandey, A. Recent process developments in solid-state fermentation[J]. Process Biochemistry, 1992, 27:109-127.
- [8] 陈洪章,徐建. 现代固态发酵原理及应用[M]. 北京化学工业出版社, 2004.10-12.
- [9] S.Rodriguez Couto, M A.Sanroman. Application of solid-state fermentation to ligninolytic enzyme production[J].Biochemical Engineering Journal.2005,22:211-219.
- [10] 熊海燕,王卫国,王存文,徐汶. 混合菌培养及其在工业上的应用[J]. 贵州化工. 2004,29(3):16-19.
- [11] 胡奎娟,吴克,潘仁瑞,刘斌,蔡敬民. 固态混合发酵提高木聚糖酶和纤维素酶活力的研究[J]. 菌物学报,2007,26(2):273-278.
- [12] 王振宇,樊梓鸾. 混菌固态发酵生产纤维素酶的研究[J]. 中国林副特产,2007,(2):1-3.
- [13] 张海,颜日祥. 用混合培养法提高木霉 A10 的纤维素酶活性[J]. 河北大学学报.1990,20(2):73-79.
- [14] Aftab Ahamed, Patric Vermette. Enhanced enzyme production from mixed cultures of *Trichoderma reesei* RUT-C30 and *Aspergillus niger* LMA grown as fed batch in a stirred tank bioreactor[J]. Biochemical Engineering Journal,2008,42:41-46.
- [15] R.Duenas, R.P.Tengerdy, M.Gutierrez-Correa. Cellulase production by mixed fungi in solid-substrate fermentation of bagasse[J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology. 1995,(11):333-337.
- [16] Marcel Gutierrez-Correa, Leticia Portal, Patricia Moreno,

- Robert P. Tenderdy. Mixed culture solid substrate fermentation of *Trichoderma reesei* with *Aspergillus niger* on sugar cane bagasse[J]. Bioresource Technology, 1999, 68: 173-178.
- [17] Marcel Gutierrez-Correa, Robert P. Tenderdy. Production of cellulase on sugar cane bagasse by fungal mixed culture solid substrate fermentation[J]. Biotechnology Letters, 1997, 19(7): 665-667.
- [18] Zhiyou Wen, Wei Liao, Shulin Chen. Production of cellulase/ β -glucosidase by the mixed fungi culture *Trichoderma reesei* and *Aspergillus phoenicis* on dairy manure[J]. Process Biochemistry, 2005, 40: 3087-3094.
- [19] 张晓伦, 刘旭, 饶泽昌. 高效纤维素分解菌混合培养及其降解能力[J]. 南昌大学学报, 2005, 29(5): 500-502.
- [20] 祖国仁, 张苓花, 王运吉. 微生态发酵在纤维素酶生产中的应用[J]. 大连轻工业学院学报, 1998, 17(4): 1-5.
- [21] 刘薇, 徐尔尼, 徐颖宣, 任仲丽, 汪金萍. 串珠霉与链霉菌混合发酵产纤维素酶条件的研究[J]. 中国酿造, 2008, 14: 26-29.
- [22] 张苓花, 王运吉. 固态混合发酵生产纤维素酶的研究[J]. 中国饲料, 1998, (2): 14-17.
- [23] 张冬艳, 张瑞兰, 张通. 绿色木霉与产朊假丝酵母混合发酵生产纤维素酶和单细胞蛋白[J]. 内蒙古农业大学学报, 2003, 22(3): 180-185.
- [24] 司美茹, 薛泉宏, 蔡艳. 混合发酵对纤维素酶和淀粉酶活性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2002, 30(5): 69-73.
- [25] 涂璇, 薛泉宏, 司美茹, 龚明福. 多元混菌发酵对纤维素酶活性的影响[J]. 工业微生物, 2004, 34(1): 30-34.
- [26] Y.H. Yang, B.C. Wang, Q.H. Wang, L.J. Xiang, C.R. Duan. Research on solid-state fermentation on rice chaff with a microbial consortium[J]. Colloids and surface B: Biointerfaces, 2004, 34: 1-6.
- [27] Chong Zhang, Xin-Hui Xing, Min-Sheng Liu. Production of multienzymes consisting of alkaline amylase and cellulase by mixed alkalophilic culture and their potential use in the saccharification of sweet potato[J]. Biochemical Engineering Journal, 2004, 19: 181-187.
- [28] 卢月霞, 吕志伟, 袁红莉, 李振林. 纤维素降解菌的筛选及其混合发酵研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(10): 3952-3953.
- [29] 杨盛, 侯红萍. 高效降解纤维素混合菌的筛选及其产酶条件的研究[J]. 中国酿造, 2008, 21: 20-22.
- [30] 勒胜英, 张福琴, 张礼安. 木质纤维原料制乙醇原料预处理技术[J]. 中国工程学科, 2008, 11(10): 82-87.
- [31] 许宪松, 周玉杰, 张建安, 刘德华, 杨明德. 微波预处理稻壳对纤维素酶固态发酵的影响[J]. 可再生能源, 2006, (4): 21-25.
- [32] 张建强, 王艳坤, 李勇. 纤维素高效降解混合菌的筛选及其发酵条件[J]. 西南交通大学学报, 2008, 43(4): 549-554.
- [33] 王仪明, 张宗舟, 蔺海明, 孙小弟, 雷艳芳, 王东明. 绿色木霉固态发酵产纤维素酶活力的研究[J]. 草业科学, 2009, (5): 123-127.
- [34] 刘德海, 安明理, 王红云, 周伏忠, 陈小鸽. 固态发酵复合酶培养条件的优化及工艺研究[J]. 饲料工业, 2004, (6): 56-58.
- [35] 邝哲师, 黄小光, 叶明强, 赵祥杰, 潘木水. 利用甜玉米秸秆和玉米芯发酵生产纤维素酶的研究[J]. 广东饲料, 2009, (2): 34-35.
- [36] 林捷, 谭兆赞, 罗伟诚. 利用木薯渣进行纤维素分解菌混合发酵工艺研究[J]. 安全与环境学报, 2005, (5): 26-29.

匀酒战略投资签约仪式暨新匀酒上市品鉴会在筑召开

本刊讯：“匀酒战略投资签约仪式暨新匀酒上市品鉴会”于2009年12月26日在贵阳花溪迎宾馆隆重举行。贵州省、黔南州、都匀市的各级领导及黔南州委宣传部、州外事办、州工商联等部门代表、酒类专家组成员以及200多位匀酒全国各地经销商代表、省内数十家新闻媒体记者等近300人出席了品鉴会。

都匀市市长胡晓剑代表都匀市人民政府与都匀市酒厂有限责任公司董事长喻祖雄在大会上正式签署“收购匀酒厂战略投资协议书”。胡晓剑市长为匀酒厂有限责任公司授牌。贵州省政协副主席吴嘉甫、省经信委党组成员孔黔筑和匀酒厂董事长喻祖雄共同为“匀酒”揭幕。

贵州省轻工研究所所长黄平代表专家组对新“匀酒”产品做如下评价：酒体清亮晶莹，浓香淡雅，陈香舒适，酒体丰满，空杯留香，馨香馥郁，柔绵爽口、尾净味醇、余味悠长。

据了解，贵州省都匀市酒厂有限责任公司始建于1950年，现在的“匀酒厂区”，包括拟扩建的白酒生态工业园区，占地450余亩，总资产1.4亿元，现有职工420人，拥有国家级评酒委员2人，中高级酿酒专业人才和品酒师28人，年产贵州典型风格兼香型白酒6000余吨，是贵州大型白酒酿造集中产地之一。预计在3年以后，随着匀酒白酒生态工业园区的建成，将形成年产10000余吨贵州典型风格兼香型白酒生产规模。

本次推出两款新匀酒，一款为酱香型“衡志老酒”，一款为酱、浓兼香型新匀酒。经专家鉴评，对新匀酒的评价为“酒体清亮晶莹，浓香淡雅，陈香舒适，酒体丰满，馨香馥郁，柔绵爽口、尾净味醇、余味悠长”。

贵州都匀市酒厂有限责任公司已正式启动“贵州典型风格兼香型白酒”传统工艺历史和产地保护工作，以都匀市酒厂强大的酿酒技术人才为基础，依托贵州大学和相关酿酒科研机构学科带头人，组建“贵州典型风格兼香型白酒研究中心”，并在全新建设的“匀酒生态酿酒工业园区”，全面还原“贵州典型风格兼香型匀酒”工艺和生产特征。（小雨）