

产胞外多糖酵母菌株的筛选鉴定及发酵产糖

包怡红, 梁雪, 李锐达, 秦蕾

(东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040)

摘要:【目的】微生物胞外多糖大多具有良好的功能和特性,但对酵母胞外多糖的研究甚少。本研究从自然界中筛选出产胞外多糖的酵母菌株,并对其发酵产糖条件进行初步研究。【方法】利用平板涂布法从自然界中分离得到酵母菌株,苯酚硫酸法测定菌株胞外多糖的产量,筛选出胞外多糖高产菌株,并对其进行 5.8S rDNA 分类鉴定,最后优化其产糖培养基组成。【结果】对从葡萄、蜜枣、土壤样品中分离得到的 132 株酵母进行筛选,最终得到 3 株高产胞外多糖的酵母菌株 Z14、Z20 和 L25。经 5.8S rDNA 序列测定及系统发育分析,从左优红葡萄中分离得到的 Z14 和 Z20 与东方伊萨酵母 (*Issatchenkia orientalis*) 处于同一分支,相似性达到 99% 以上;从落叶松近表层土壤分离得到的 L25 与土生隐球酵母 (*Cryptococcus humicolus*) 处于同一分支,相似性为 98.8%。经优化,利于 Z20 胞外多糖合成的最优发酵培养基配方为:葡萄糖 8%, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.2%, KH_2PO_4 0.1%,酵母浸粉 0.1%, CaCl_2 0.01%。在初始 pH 6.0,发酵温度 28℃,摇床转速 160 r/min 条件下,在此培养基中发酵 4 d 后胞外多糖产量可达 2.046 g/L,比复筛时的产量 1.137 g/L 提高了 79.9%。【结论】文献已报道某些属的酵母可以生产胞外多糖,经本文研究发现 *Issatchenkia* 属的酵母也可以合成胞外多糖,并且改变基础产糖培养基的成分可以显著提高 Z20 胞外多糖的产量。

关键词: 酵母;胞外多糖;5.8S rDNA;培养基优化

中图分类号: Q935 **文献标识码:** A **文章编号:** 0001-6209 (2010) 02-0278-06

微生物多糖是指部分细菌、真菌和藻类产生的多糖,以胞壁多糖、胞内多糖和胞外多糖 3 种形式存在。2006 年的数据显示,世界上微生物多糖的产量和年增长量均在 10% 以上,一些新兴多糖年增长量在 30% 以上^[1]。与其它来源的多糖相比,微生物多糖最大的优势在于不受季节、地域和病虫害的限制,而微生物的胞外多糖(分泌到培养基中的多糖)除了以上优势外,还具有易于分离、可连续发酵等优点。目前国内外学者研究较多的是细菌和大型真菌的胞外多糖,如乳酸菌的胞外多糖和灵芝胞外多糖^[2-3],这些多糖不仅具有特殊的物理化学性质,而且还具有很好的功能性^[3-4]。20 世纪 80-90 年代,外国学者就开始了酵母菌胞外多糖的研究工

作,取得了一些可喜进展,如 Pavlova 等从南极苔藓中分离得到一株掷孢酵母属的酵母,在对发酵培养基和发酵条件进行优化后,胞外多糖产量可达到 5.63 g/L^[5]。现在已知隐球酵母属 (*Cryptococcus*)、汉逊酵母属 (*Hansenula*)、红酵母属 (*Rhodotorula*)、油脂酵母属 (*Lipomyces*)、布勒弹孢酵母属 (*Bullera*)、短梗霉属 (*Aureobasidium*)、掷孢酵母属 (*Sporobolomyces*) 的酵母可以发酵产生胞外多糖^[5-6]。国内学者如李绍兰等研究的罗伦隐球酵母对底物的转化率可达到 21.725%^[7],周晓兰等通过对啤酒酵母进行紫外线和氯化锂联合诱变,得到一株胞外多糖产量较高的诱变株^[8]。

本文在自然界中筛选获得 3 株高产胞外多糖的

酵母菌株,对这3株菌株进行了5.8S rDNA序列分析鉴定,并对菌株Z20生产胞外多糖的产糖培养基进行了优化,使多糖产量得到了显著的提高。研究证实了伊萨酵母属的东方伊萨酵母(*Issatchenkia orientalis*)可以发酵生产胞外多糖,这为产胞外多糖的酵母家族又增添了新成员,同时也拓展了酵母菌进一步开发利用的新途径。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 样品采集:供筛选分离产胞外多糖酵母菌株的样品包括巨峰葡萄(哈尔滨友谊路沃尔玛超市)、蜜枣(哈尔滨道里菜市场糖果专柜)、左优红葡萄(吉林省吉林市左家)以及哈尔滨东北林业大学林场落叶松下5-10 cm处和哈尔滨东北林业大学林场白桦树下5-10 cm处的土壤。

1.1.2 主要试剂和仪器:PCR所用引物由上海生物工程技术有限公司合成;Buffer、dNTP、*Taq*酶及其它常规试剂均购自TaKaRa公司;葡萄糖、果糖、蔗糖、乳糖、硫酸铵、磷酸二氢钾均为分析纯,购自天津市化学试剂三厂;酵母浸粉、蛋白胨和琼脂购自北京奥博星生物技术有限责任公司。PTC-200 PCR扩增仪, DH6000A型恒温培养箱, HZQ-X100振荡培养箱, 5030-PVL程控压力蒸汽灭菌锅, LD4-2A低速离心机, 722s可见分光光度计。

1.1.3 培养基:①富集培养基(YEPD培养基):蛋白胨2%,酵母浸粉1%,葡萄糖2%,自然pH。②基础产糖培养基:葡萄糖5%,硫酸铵0.2%,磷酸二氢钾0.1%,酵母浸粉0.1%,pH6.0。以上培养基均在100 kPa高压灭菌20 min。

1.2 菌种分离纯化

葡萄和蜜枣用无菌蒸馏水清洗表面后适当捣碎,放入富集培养基中(土壤样品直接放入到富集培养基中),140 r/min、28℃条件下培养48 h,将发酵液进行梯度稀释,选取 10^{-6} - 10^{-9} 浓度梯度的菌悬液在YEPD平板上进行涂布分离,于28℃培养2 d,从中挑取具有典型酵母菌落特征的单菌落进行进一步的划线分离纯化,最终将得到的单菌落挑至斜面在28℃恒温培养箱中培养2 d后于4℃冰箱中保存备用。

1.3 胞外多糖高产菌株的筛选

1.3.1 初筛:分别将保存备用的酵母挑取一环到富集培养基中,在140 r/min、28℃条件下培养2 d,按

5%的接种量接种到基础产糖培养基中,于160 r/min、28℃条件下发酵4 d,4000 r/min离心20 min,取适量上清液用三氯乙酸法除蛋白,离心弃去蛋白沉淀,小心吸取2 mL上清液加入3倍体积的无水乙醇,于4℃冰箱中冷藏过夜,离心所得沉淀用适量蒸馏水溶解后放入透析袋中透析,用苯酚硫酸法检测,直至透析液中无单糖透出为止,将保留液稀释至适当倍数,用苯酚硫酸法测定胞外多糖的产量,选取胞外多糖产量较高的菌株为初筛入选菌株(每个菌株一个平行)。

1.3.2 复筛:复筛方法与初筛方法相同,每株3个平行,胞外多糖产量较高的菌株为复筛入选菌株进行后续试验。

1.4 菌株形态学观察

将入选菌种从斜面挑一环接种到富集培养基中,28℃下摇床培养1 d,在显微镜下观察菌株在液体培养基中的形态,同时将培养液稀释适当倍数,涂布到YEPD固体平板上,培养3 d后观察菌落颜色、形态。

1.5 DNA模板的制备

具体方法参照文献[9-10]。

1.6 5.8S rDNA的PCR扩增纯化及其序列测定

1.6.1 PCR扩增:根据酵母菌5.8S rDNA的ITS区域选择两条引物分别为ITS1(5'-TCCGTAGGTC AACCTGCGG-3')和ITS4(5'-TCCTCCGCTTAT TGATATGC-3')。以50 μL反应体系进行扩增,反应条件为:95℃ 5 min;94℃ 1 min,55℃ 2 min,72℃ 2 min,35个循环;72℃ 10 min。

1.6.2 5.8S rDNA的序列测定:扩增的PCR产物经1%的琼脂糖凝胶电泳后,在凝胶成像系统中紫外灯照射下将目的条带迅速切下,并用琼脂糖凝胶回收试剂盒进行回收,回收产物经1%琼脂糖凝胶电泳检测,得到5.8S-ITS rDNA的纯化产物,测序工作由上海生工生物工程技术有限公司完成。

1.7 分类地位分析及系统发育树的构建

将测序获得的酵母5.8S-ITS rDNA序列与美国国立生物技术信息中心(National Center for Biotechnology Information, NCBI) GenBank核酸数据库进行BLAST分析比对,用MEGA(version 4.1)构建系统发育树,用Neighbor-Joining法对进化树进行评估,进行亲缘关系和系统发育分析。

1.8 培养基成分对胞外多糖产量的影响

基础产糖培养基经试验优化后,得到改良的产

糖培养基。

1.8.1 碳源对胞外多糖产量的影响:在基础产糖培养基其它成分以及发酵条件(1.3.1中所述)不变的情况下,分别用果糖、蔗糖、乳糖替换葡萄糖,以基础产糖培养基做对照,用苯酚硫酸法测定胞外多糖产量。

1.8.2 碳源浓度对胞外多糖产量的影响:在基础产糖培养基基础上,使用确定的最佳碳源,分别调整碳源浓度为2%、4%、6%、8%、10%、12%以确定适宜产胞外多糖的碳源添加量。

1.8.3 氮源对胞外多糖产量的影响:在基础产糖培养基基础上,使用最佳碳源和碳源浓度,分别用0.3%的酵母浸粉、尿素、蛋白胨、胰蛋白胨、硫酸铵、氯化铵、草酸铵替换基础产糖培养基中0.2%的硫酸铵和0.1%的酵母浸粉,确定最佳氮源。

1.8.4 无机盐对胞外多糖产量的影响:在确定最佳碳源和氮源的基础上,对硫酸镁(添加浓度分别为0.005%、0.01%、0.02%、0.05%、0.10%)、氯化钠(添加浓度分别为0.005%、0.01%、0.02%、0.05%、0.10%)、氯化钙(0.01%)、硫酸亚铁(0.01%)、硫酸铜(0.01%)、硫酸锰(0.01%)进行单因子试验,检测各种离子对胞外多糖产量的影响。

2 结果和分析

2.1 酵母菌株的分离筛选

2.1.1 不同来源酵母菌株的分离:从5种样品中共分离得到132株酵母菌株,按其菌株来源进行分类编号:巨峰葡萄中得到20株(J01-J20)、蜜枣中得到30株(M01-M30)、落叶松下土壤中得到30株(L01-L30)、白桦树下土壤中得到32株(B01-B32)、左优红葡萄中得到20株(Z01-Z20)。

2.1.2 胞外多糖高产酵母菌株的筛选:从分离的得到的132株酵母菌中,按照1.3.1中的方法经初筛、复筛得到胞外多糖高产菌株10株。结果显示(表1),经4d的发酵后,菌株L25、Z14、Z20胞外多糖产量较高,因此这3株菌株作为复筛入选菌株进行菌落的形态观察和菌种鉴定试验。

2.2 菌落形态特征

经过筛选后,菌株L25、Z14、Z20为高产胞外多糖的入选菌株,在显微镜下观察,三株菌株均为卵圆形。将菌株在YPD平板上涂布分离培养3d后,Z14、Z20菌落直径为6.9 mm-7.2 mm,L25菌落直径为6.0 mm-6.4 mm,菌落颜色均为白色,圆形,表面隆起,Z14和Z20菌落边缘有褶皱(图1)。

表1 胞外多糖高产菌株的筛选结果

Table 1 Screening of exopolysaccharide-producing yeasts

Strain Number	M12	L03	L09	L25	L30	B12	Z04	Z10	Z14	Z20
EPS yield(g/L)	0.822 ± 0.005	0.699 ± 0.006	0.191 ± 0.002	0.888 ± 0.007	0.822 ± 0.005	0.726 ± 0.004	0.714 ± 0.006	0.645 ± 0.004	1.125 ± 0.011	1.137 ± 0.011

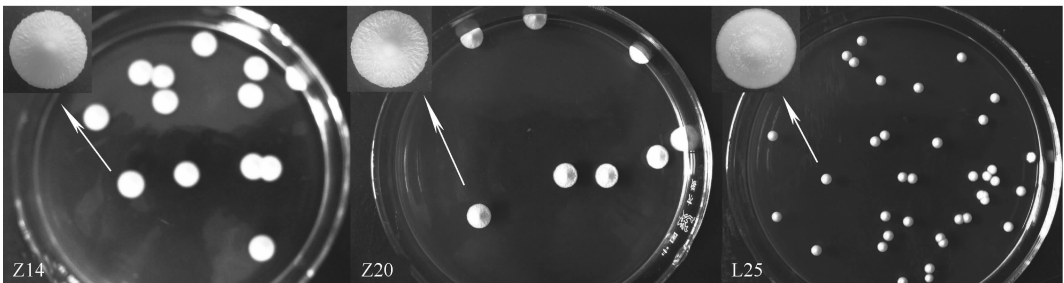


图1 菌株Z14、Z20和L25在平板上的形态

Fig. 1 Morphology of strain Z14, Z20 and L25 in the plate.

2.3 菌株5.8S rDNA序列测定及系统发育分析

3株菌株测序结果表明:Z14、Z20、L25的5.8S-ITS rDNA序列大小分别为468 bp、470 bp、512 bp,序列与GenBank数据库中已收录的酵母菌的5.8S rDNA进行Blast分析,经ClustalX多序列联配,利用MEGA软件对菌株Z14、Z20、L25和模式菌株进行系统发育树的构建,结果表明菌株Z14和Z20与所选4

个 *Issatchenkia orientalis* 模式菌株处在同一分支中,相似性均达到99%以上,说明Z14和Z20均为 *Issatchenkia orientalis* 的酵母,分别命名为 *Issatchenkia orientalis* Z14 和 *Issatchenkia orientalis* Z20;菌株L25与 *Cryptococcus humicolus* 的模式菌株处于同一分支,相似性达98.8%,可鉴定为 *Cryptococcus humicolus* 酵母,命名为 *Cryptococcus humicolus* L25(图2)。

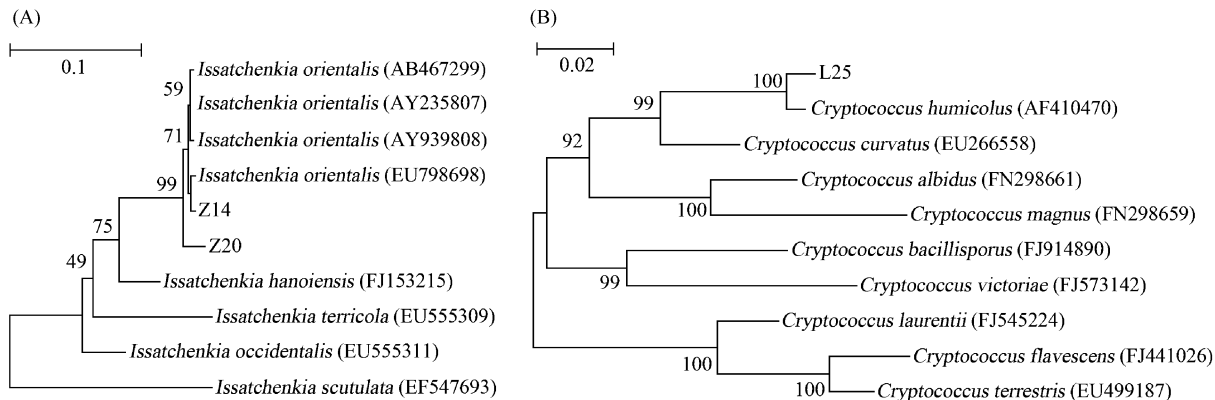


图2 菌株 Z14、Z20、L25 与相关菌株的系统发育树

Fig.2 Phylogenetic tree of strain Z14, Z20, L25 and their relatives. A: Phylogenetic tree of Z14, Z20 and the relatives among *Issatchenkia* genera. B: Phylogenetic tree of L25 and the relatives among *Cryptococcus* genera.

2.4 菌株 Z20 产糖培养基的优化

探讨了碳源、碳源浓度、氮源和各种无机盐对 Z20 胞外多糖产量的影响,从图 3 可以看出:在供试的 4 种碳源中,乳糖和蔗糖基本不能被用来合成胞外多糖,果糖和葡萄糖相比,葡萄糖更利于胞外多糖的合成。碳源浓度对胞外多糖产量影响很大,从图中可看出,多糖产量随着碳源浓度的增大而增加,当碳源浓度达到 8% 时,葡萄糖浓度继续增大,胞外多糖产量的增加趋势已十分平缓,因此从经济角度考

虑,葡萄糖的最佳添加量为 8%。氮源也对多糖产量有一定影响,在供试的 8 种氮源中,0.2% 的硫酸铵和 0.1% 的酵母浸粉最利于胞外多糖的合成,除尿素和草酸铵外,在发酵培养基中添加其它氮源也可提高胞外多糖的产量,而尿素和草酸铵与不添加氮源的情况相比则不利于胞外多糖的积累。在无机盐的优化试验中,发现添加 0.01% 的 CaCl_2 可以提高胞外多糖的产量,但是作用不显著。

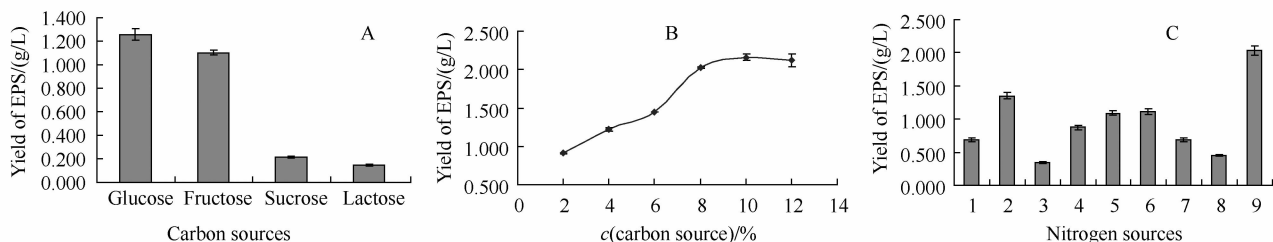


图3 碳源、碳源浓度和氮源对 EPS 产量的影响

Fig.3 Production of exopolysaccharide in different carbon sources(A), concentration of carbon source(B) and nitrogen sources(C). Fermentation was carried out at 28°C, 160 r/min, pH 6.0 for 4 d. A: The medium for testing of carbon sources was based on basal exopolysaccharide-producing medium without glucose. Glucose, fructose, sucrose and lactose were tested as carbon sources and were added to the basal medium in same concentrations(5%, w/v). B: The medium for testing of concentration of carbon source was based on basal exopolysaccharide-producing medium with different carbon source concentrations. C: The medium for testing of nitrogen sources contained(w/v): 8.0% glucose, 0.1% KH_2PO_4 . Different nitrogen sources were added to the medium in same concentrations(0.3%, w/v): 1, no nitrogen; 2, yeast extract powder; 3, urea; 4, peptone; 5, tryptone; 6, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 7, NH_4Cl_2 ; 8, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$; 9, 0.2% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + 0.1% yeast extract powder.

通过上述试验,得到利于胞外多糖产量积累的发酵培养基配方:葡萄糖 8%,硫酸铵 0.2%,磷酸二氢钾 0.1%,酵母浸粉 0.1%,氯化钙 0.01%, pH6.0。在初始 pH 6.0,发酵温度 28°C,摇床转数 160 r/min 条件下,在此培养基中发酵 4 d 后胞外多糖产量可达 2.046 g/L,比复筛时的产量 1.137 g/L 提高了 79.9%。

3 讨论

利用分子生物学方法对未知菌种进行鉴定早已得到了广大学者的充分肯定和日益广泛的应用,分子生物学方法与传统生理生化法相比更加节省人力物力,而且鉴定结果更加准确可靠^[11]。Osorio-Cadavid^[12]、Vasdinyei^[10]和 Arroyo-López^[13]分别利

用 5.8S rDNA、18S rDNA 和 26S rDNA 序列分析对未知酵母进行鉴定,并对分离得到的酵母进行多样性分析,充分显示了分子生物学与微生物领域相结合所带来的便利性。

产糖培养基的优化试验中,经研究发现碳源的种类和浓度(相对于氮源)与胞外多糖的产量密切相关,高 C/N 有利于胞外多糖的合成,这与 Pavlova 等^[5]的研究结果一致。一般来说微生物生长代谢所需要的无机盐浓度很低但必不可少^[14],胞外多糖合成途径中许多酶的作用需要 Mg^{2+} 的存在,也有学者提出胞外多糖的分泌并不受培养基中 $MgSO_4$ 的影响^[15]。苏传东^[16]研究了 $MgSO_4$ 对蓝杆藻 113 菌株胞外多糖产量的影响,试验证实低浓度的 $MgSO_4$ 不仅促进蓝杆藻细胞的生长,还促进该菌胞外多糖的释放。彭爱铭^[17]研究了 $CaCl_2$ 、 $MgSO_4$ 、 $MnSO_4$ 和 K_2HPO_4 四种无机盐对地衣芽孢杆菌胞外多糖产量的影响,结果表明四种无机盐中,添加 0.05% $CaCl_2$ 多糖产量最高,而 $MgSO_4$ 最不利于多糖的积累。在本文所研究的无机盐浓度范围内,0.01% 的 Ca^{2+} 能促进 *Issatchenkia orientalis* Z20 胞外多糖的积累,任何浓度的 Mg^{2+} 均不利于胞外多糖的合成,0.05% 的 Na^+ 对多糖产量的提高效果不显着,几种离子对多糖的合成量都没有太大的影响,对多糖产量影响较大的因素是碳源的种类和相对于氮源的浓度。

目前对酵母菌胞外多糖的研究工作开展得很少,比如酵母菌的胞外多糖是否同其它微生物多糖一样具有功能性和特性还有待于进一步研究。随着微生物多糖工业的兴起,明确微生物胞外多糖的生产机理是十分必要的,目前对某些细菌胞外多糖的生产机理已经被人们认识和掌握,但是对酵母菌胞外多糖的产糖机理的研究还需各国学者共同努力,若在机理方面有所突破,这将对提高酵母菌胞外多糖产量具有十分重要的指导意义。

参考文献

[1] 崔艳红,黄现青. 微生物胞外多糖研究进展. 生物技术通报(*Biotechnology Bulletin*),2006,(2): 25-28.

[2] 宋频然,常继东. 灵芝胞外多糖高产菌株筛选及深层发酵培养基的优化. 食用菌学报(*Acta Edulis Fungi*), 2003,10(2): 9-16.

[3] 顾笑梅,孔健,王富生,等. 一株乳酸菌所产胞外多糖对荷瘤小鼠机体免疫功能影响的研究. 微生物学报(*Acta Microbiologica Sinica*),2003,43(2): 251-256.

[4] Zarzycki R, Linden E, Sagis L, et al. The determination of the first normal stress coefficient of an exopolysaccharide solution by rheo-optical measurements. *Rheologica Acta*, 2004,43: 464-471.

[5] Pavlova K, Koleva L, Kratchanova M, et al. Production and characterization of an exopolysaccharide by yeast. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 2004, 20: 435-439.

[6] Peterson GR, Schubert WW, Richards GF, et al. Yeasts producing exopolysaccharides with drag-reducing activity. *Enzyme Microbiology and Technology*, 1990, 12: 255-259.

[7] 李绍兰,陈有为,李萍,等. 罗伦隐球酵母胞外多糖的研究. 真菌学报(*Acta Mycologica Sinica*),1995,14(4): 296-301.

[8] 周晓兰,施碧红,吴松刚. 啤酒酵母胞外多糖发酵条件的研究. 工业微生物(*Industrial Microbiology*), 2003, 33(1): 34-36.

[9] Chumillas MR, Cortines ME, Gomez AL, et al. Evaluation of a rapid DNA extraction method to detect yeast cells by PCR in orange juice. *Food Control*, 2005, 18: 33-39.

[10] Vasdinyei R, Dea'k T. Characterization of yeast isolates originating from Hungarian dairy products using traditional and 1molecular identification techniques. *International Journal of Food Microbiology*, 2003,86: 123-130.

[11] Sadao N, Masahiko T, Shigeki D. Analysis of pressure sensitive adhesives by GC/MS and GC/AED with temperature programmable pyrolyzer. *Analytical Sciences*, 2000,16: 627-631.

[12] Osorio-Cadavid E, Chaves-López C, et al. Detection and identification of wild yeasts in Champús, a fermented Colombian maize beverage. *Food Microbiology*, 2008, 25: 771-777.

[13] Arroyo-López FN, Durán-Quintana MC, Ruiz-Barba JL, et al. Use of molecular methods for the identification of yeast associated with table olives. *Food Microbiology*, 2006, 23: 791-796.

[14] 江汉湖. 食品微生物学. 第二版. 北京:中国农业出版社,2005: 155-159.

[15] 张云怡. 三株蓝细菌菌株胞外多糖研究和菌种鉴定. 中国海洋大学, 硕士论文, 2006.

[16] 苏传东. 蓝杆藻 113 菌株(*Cyanothecce* sp. 113)胞外多糖的研究. 中国海洋大学, 博士论文, 2005.

[17] 彭爱铭. 地衣芽孢杆菌 TS-01 胞外多糖生产和功能的研究. 中国农业大学, 硕士论文, 2004.

Screening and identification of exopolysaccharide-producing yeasts

Yihong Bao^{*}, Xue Liang, Ruida Li, Lei Qin

(School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: [**Objective**] Most of microbial extracellular polysaccharide (EPS) has the favorable functionality and peculiarity, but little research has been done about EPS that were synthesized by yeasts. Screening of EPS-producing yeasts and studies on the optimal culture composition are the main purpose of this study. [**Methods**] Yeasts were obtained by screening from natural samples using spread-plate method, Yield of EPS synthesized by yeasts was estimated by phenol-sulfate acid method, Based on 5.8S rDNA sequence determination, three strains were identified and selected for the optimization of fermentative medium. [**Results**] 132 yeast strains were isolated from grapes, preserves and topsoil. Three yeast strains were proved to be as high exopolysaccharide-producing yeasts. The results of 5.8S rDNA sequence determination showed that similarities of two yeasts isolated from “Zuoyouhong” grape (Z14 and Z20) were over 99 % compared with *Issatchenkia orientalis*, meanwhile another yeast L25 isolated from topsoil of *Larix gmelini* was identified as *Cryptococcus humicolus*, with the similarity of 98.8 %. The optimal medium for strain Z20 for producing EPS was as followed: 8 % glucose, 0.2 % (NH₄)SO₄, 0.1% KH₂PO₄, 0.1% yeast extract powder and 0.01% CaCl₂. Under the condition of initial pH 6.0, 28°C and 160 r/min for 4 d, yield of EPS could reach to 2.046 g/L, which was 79.9 % higher than the control (1.137 g/L). [**Conclusion**] Reports that yeasts belong to some genera possessed the abilities to synthesize EPS could be seen in some related references, according to the study, we could get the conclusion that yeasts belong to *Issatchenkia* can synthesize EPS and EPS yield of stain Z20 could be increased by changing culture composition.

Keywords: yeast; exopolysaccharide; 5.8S rDNA; culture composition

(本文责编:王晋芳)

* Corresponding author. Tel : +86-451-89858935; Fax : +86-451-82190544; E-mail: baoyihong2003@yahoo.com.cn, baoyihong@163.com

Received: 15 July 2009/ Revised: 25 September 2009

科学出版社书讯 (2009 - 12)

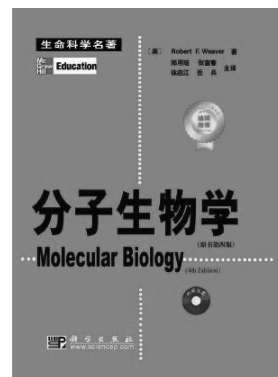
分子生物学 (原书第四版)

[美] Weaver, R. F. 著, 郑用璜 等译主编: 沈萍, 陈向东

978-7-03-299524-4 ¥95.00 2009年12月出版

内容简介: 分子生物学是生命科学发展过程中诞生的一门实验性极强的新兴学科。美国著名分子生物学家 Robert F. Weaver 遵循这一学科发展的特点, 于 1999 年出版了第一版 Molecular Biology。全书以原始研究论文为基础, 通过对实验的设计、对结果的分析而逐步展开对分子生物学理论的讲述, 文字通俗流畅。随着学科的迅速发展, 几经修订再版的 Molecular Biology 第四版共有导论, 分子生物学方法, 原核生物的转录, 真核生物的转录, 转录后加工, 翻译, DNA 复制、重组和转座, 以及基因组 8 部分 24 章, 书后还附有分子生物学专业词汇表。每一章节都以提出科学问题、展开研究过程开始, 以提供思考习题、推荐阅读文献结束, 理论讲述逻辑严密, 实验过程提炼清晰, 特色鲜明, 内容详尽, 图文并茂, 易读易记。

本书是生命科学相关专业的研究生以及从事该方面科研、教学人员不可多得的一本优秀参考书。



欢迎各界人士邮购科学出版社各类图书 (免邮费)

邮购地址: 北京东黄城根北街 16 号 科学出版社 科学出版中心 生命科学分社 邮编: 100717

联系人: 李韶文 (010 - 64000849) 周文宇 (010 - 64031535)

网上订购: www.dangdang.com www.joy.com www.amazon.cn www.beifabook.com

更多精彩图书请登陆网站 <http://www.lifescience.com.cn>, 欢迎致电索要书目