

利用稻壳、玉米芯、秸秆等替代麸皮制曲的研究

杜 鑫 骆 燕 刘宪春

(贵州省轻工科研所, 贵州立高轻工科技发展有限公司, 贵州 贵阳 550007)

摘 要: 根据稻壳、玉米芯、秸秆等的营养成分、透气性等特点, 以此为原料研究替代麸皮原料生产 Q303 根霉曲, 进行了 Q303 根霉三、四级模拟试验及酿酒试验。结果表明, 生产的 Q303 根霉曲满足生产要求, 成本比麸皮原料成本大幅降低, 最高可达 71.7%, 最佳原料配伍为稻壳 70%、米糠 3%。

关键词: 制曲; 酒曲; Q303 根霉曲; 原料

中图分类号: TQ925.7; TS261.1; TS261.4 文献标识码: B 文章编号: 1001-9286(2007)09-0048-05

Study on the Use of Paddy Hull, Corn Cob and Stalk Instead of Bran for Starter-making

DU Xin, LUO Yan and LIU Xian-chun

(Guizhou Provincial Light Industry Scientific Research Institute, Guiyang, Guizhou 550007, China)

Abstract: Paddy hull, corn cob, and stalk were used instead of bran to produce Q303 rhizopus starter due to their properties of rich nutrient and high air permeability. Then Q303 rhizopus starter was used in Grade III and Grade IV simulation test and liquor-making experiments. The results indicated that the produced Q303 rhizopus starter could meet production requirements and the production cost reduced greatly by the maximum of 71.7% and the optimum proportioning of raw materials was 70% paddy hull and 3% rice bran. (Trans. by YUE Yang)

Key words: starter-making; starter; Q303 Rhizopus starter; material

1962 年, 我所开创了以麸皮原料生产 Q303 根霉曲生产技术, 不仅节约了大量的大米和中药材, 而且原料出酒率获得大幅度提高, 为国家节约了大量的粮食。近年来, 随着饲料业的飞速发展, 麸皮的需求量猛增, 价格节节上涨。为此, 我们开展了以稻壳、玉米芯、秸秆等替代麸皮的生产试验。综合利用农副产品的废弃物, 降低生产成本, 变废为宝。本试验生产工艺基本沿用传统工艺, 原料配方合理, 来源丰富, 可因时、因地选择合理的原料配方, 且技术容易掌握。因此, 给小曲生产及小曲酒的发展带来更好的经济效益。

1 材料与方法

1.1 原辅材料及菌种

原料: 稻壳、米糠、玉米芯、小麦秆、玉米秆、玉米糠、次粉 (介于麸皮与面粉的中间产物)、吴家酒曲、大米。

菌种: Q303 根霉二级种、Q303 根霉三级种、活性干酵母。

1.2 主要设备

年产 50 t Q303 根霉曲生产线一套。

1.3 方法

1.3.1 原料成分

替代原料化学成分^[1]见表 1。

种类	表 1 替代原料化学成分 (%)					
	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物 (可溶性碳水化合物)	粗灰分
麸皮	12.1	13.5	3.8	10.4	55.4	4.8
稻壳	6.8	2.0	0.6	45.3	28.5	16.9
米糠	9.0	9.4	15.0	11.0	46.0	9.6
玉米芯	8.7	2	0.7	28.2	58.4	20
小麦秆	10.0	3.1	1.3	32.6	43.9	9.1
玉米秆	11.2	3.5	0.8	33.4	42.7	8.4
玉米糠	10.7	8.9	4.2	1.7	72.6	1.9
大米	13	9.1	2.4	8.9	75	5.4

为了满足微生物的生长和繁殖, 其培养基各组分必

收稿日期: 2007-07-16

作者简介: 杜鑫 (1963-) 男, 贵州人, 发酵工程师, 参加科研项目曾获省科技成果三等奖, 发表科技论文多篇。

须按适当比例配伍,是微生物生长和繁殖的重要前提。其中,各组分比例中碳源与氮源之比(C/N)在微生物整个生命活动过程中举足轻重。表1表明,直接使用某些替代原料,其可溶性碳水化合物含量达不到要求,且其透气性也达不到要求,因此,根据实际情况,以麸皮化学成分含量为依据,设计替代原料间的配比方案。

1.3.2 替代原料配比方案

我们根据实际情况,以麸皮化学成分含量为依据,设计替代原料间的配比方案,通过以上分析,选择了7组原材料进行配伍,见表2。

表2 替代原料配比

组别	原料	组别	原料
1组	玉米芯+米糠	5组	玉米秆+米糠
2组	稻壳+次粉	6组	小麦秆+次粉
3组	稻壳+米糠	7组	小麦秆+米糠
4组	玉米秆+次粉		

以每组对应设定6个不同的含量,即42个方案,进行Q303根霉曲模拟试验。

1.3.3 替代原料的Q303根霉三级、四级模拟试验

按替代原料配比方案进行Q303根霉三级、四级模拟试验,其工艺流程见图1。

替代原料配比方案(加水)→搅拌润料→高压蒸料→冷却→接种(二级种)→装盘→培养→烘干→出房(检验)→较优方案三级种(筛选)→较优配比方案(加水)→搅拌润料→常压蒸料→冷却→接种(三级种)→装帘→培养→烘干→出房(检验)→较优方案四级种

图1 替代原料的Q303根霉三级、四级模拟试验工艺

1.3.4 替代原料的Q303根霉三级、四级模拟试验工艺参数及设备

表3 替代原料的Q303根霉三级、四级模拟试验工艺参数及设备

项目	麸皮试验工艺查定	替代原料模拟试验	较优方案模拟试验
选用菌种	Q303 纯种根霉二级	Q303 纯种根霉二级	Q303 纯种根霉三级
制种原料(%)	麸皮 100	替代物配比见表7	较优配比见表8
加水量(%)	45~50	以查定工艺的“手感量”来确定替代物配比试验所加水量	参考模拟试验
浅盘/帘子	44.5×34.5×2.9 cm ³	44.5×34.5×2.9 cm ³	D78 cm
培养箱/曲房	80×80×100 cm ³	80×80×100 cm ³	4.6×3.2×3.2 m ³
烘箱/曲房	80×80×100 cm ³	80×80×100 cm ³	4.6×3.2×3.2 m ³
原料粉碎度	过1 mm 以下筛网	过1 mm 以下筛网	过1 mm 以下筛网
pH	自然	自然	自然
接种量(%)	0.3~0.5	0.3~0.5	0.3~0.5
接种温度(℃)	30~35	30~35	30~35
灭菌压力(MPa)	0.14	0.14	0.10
灭菌时间(min)	55±5	55±5	≥120
培养温度(℃)	28~33	28~33	28~33
培养时间(h)	22~24	22~24	22~24
培养品温(℃)	≤37	≤37	≤37
烘干温度(℃)	45~48	45~48	45~48

按替代原料配比方案进行Q303根霉三级、四级模拟试验,其工艺参数及设备见表3。

1.3.5 替代原料酵母曲试制

该试验是将Q303根霉四级种生产中较优方案替代原料的最佳方案之一(稻壳70%、米糠30%)与活性干酵母菌进行培养,做成酵母曲。

1.3.5.1 酵母曲模拟试验方案

酵母曲模拟试验方案见表4。

表4 酵母曲模拟试验方案

试验方案	配料比例(%)	实际投料(kg)	接入活性干酵母(g)	加水量(kg)
T ₁ (对对照)	麸皮(100)	40	0.2%(80)	28
T ₂	稻壳30:米糠70	12+28	0.2%(80)	28

1.3.5.2 替代原料Q303根霉曲(酒药)的配制

试验中向纯根霉中加入的固体酵母的量与固体酵母所含的细胞个数有关。一般固体酵母中酵母细胞数在4亿/g左右,加入的固体酵母以6%为宜。

1.3.5.3 替代原料Q303根霉曲(酒药)配比方案

替代原料Q303根霉曲生产(酒药)配比方案见表5。

1.3.6 替代原料Q303根霉曲(酒药)酿酒试验

1.3.6.1 酿酒试验方案

以生产的替代原料Q303根霉曲(酒药)为菌种进行酿酒试验,其试验方案见表6。

1.3.6.2 酿酒试验方法

称取大米2.5 kg 2份,淘洗干净,分别加水2.5 kg,蒸饭1 h(上汽后计时)后凉饭至常温分别接种0.5%酒曲JL、吴家酒曲培菌24 h左右,然后将其装入2个陶瓷容器中,其分别编号A、B。A、B容器装完料醅后,再加入与料醅等温的自来水,然后再密封盖口,保持室温15~28℃。经7 d自然发酵后进行蒸馏烤酒。

1.3.7 试验分析方法

1.3.7.1 试饭方法及检查

称取大米(粳稻中米)100 kg。用水淘洗干净,装于饭盒中,加水使大米及水的总量为200 kg。放在锅中蒸饭(水沸后蒸60 min),要求饭粒熟而不烂,饭重应为米重的2倍(如不足2倍,可趁热加冷开水补足。在灭过菌的器皿中打散)。将米饭放入直径10 cm的灭过菌的培养皿中,每皿装饭60 g,凉至35℃左右,拌入0.3%(90 mg)的待试曲样(拌饭的玻璃棒也与饭一起蒸过),于30℃保温箱中培养,在48 h

表 5 替代原料 Q303 根霉曲 (酒药) 配比 (%)

配比方案	稻壳 Q303 根霉四级种	稻壳 酵母曲	麸皮 Q303 根霉四级种	麸皮醇 母曲
J ₁	94	6	/	/
J ₂	90	10	/	/
J ₃	/	/	94	6
J ₄	/	/	90	10

表 6 酿酒试验方案

试验	试验原料	原料重量 (kg)	所用酒曲	接种量 (%)	发酵时间 (d)
小试	A 大米	2.5	J ₁	0.5	7
	B 大米	2.5	市售酒曲	0.5	7
生产试验	C1 玉米	250	J1	0.5	7
	D2 玉米	250	市售酒曲	0.5	7

进行品尝 ,品评糖化饭的软硬程度、酸味、甜味、异味以及气味等。

1.3.7.2 试饭糖分的测定

用 50 mL 三角瓶每瓶装 10 g 大米 ,常压灭菌 1 h ,于冷水中冷却后使用 ,接入 0.3 % (15 mg) 的干曲样 ,摇匀后于 30 ℃ 保温箱中培养 48 h ,加 10 mL 蒸馏水到上述培养完毕的三角瓶中 ,置沸水浴 15 min ,倒入 300 mL 烧杯中 ,用 140 mL 的蒸馏水洗三角瓶 ,一并倒入烧杯中 ,煮沸 5 min ,浸出所有的糖 ,脱脂棉过滤后用蒸馏水洗残渣 ,定容 250 mL ,用快速定糖^[2]以每 100 g 米饭中所含葡萄糖的克数为试饭糖分值。

1.3.7.3 糖化发酵率的测定

称取粳稻米 ,按试饭所述的方法蒸成米饭 ,装入 300 mL 三角瓶中 ,每瓶装饭 60 g (相当于 30 g 大米) ,塞上棉塞 ,用牛皮纸包瓶口 ,常压灭菌 1 h ,趁热将米饭摇散 ,冷却至 35 ℃ ,接种 0.3 % (90 mg) 的待试干曲样 ,置于 30 ℃ 保温箱中培养 24 h ,加入无菌水 100 mL ,瓶口改包塑料薄膜 ,每天称重 1 次 ,至发酵基本停止 (减重小于 0.2 g/d) ,用 500 mL 蒸馏器蒸酒。

蒸酒时 ,将发酵醪倒入蒸馏器中 ,用 100 mL 自来水洗净三角瓶 ,洗液并入发酵醪中一起蒸馏 ,接蒸馏液 100 mL ,测量温度及酒度 ,查表校正为 20 ℃ 的酒度。另

外 ,用盐酸水解法测定大米的淀粉含量 (72 % ~ 73 %)。

计算

$$\text{糖化发酵率 } (\%) = \frac{\frac{C}{100} \times 100 \times 0.79}{30 \times \frac{A}{100} \times 0.568} \times 100 \%$$

$$= \frac{C}{A} \times 463.6$$

式中 C——酒度 ;

0.79——乙醇的密度 ;

30——大米的克数 ;

A——大米淀粉含量的百分数 ;

0.568——理论上淀粉产乙醇的换算数。

1.3.7.4 酸的测定

中和每克糖化饭所消耗 0.1 M NaOH 毫升数。

1.3.7.5 酵母数检测

显微镜血球计数法等综合测定法。

1.3.7.6 发酵力

称取蔗糖 20 g ,磷酸铵 1.25 g ,磷酸二氢钾 1.25 g ,将以上物质加水溶解后定容至 250 mL 。用移液管吸取发酵液 50 mL 于 150 mL 三角瓶中、塞上棉塞 ,并以牛皮纸包裹棉塞 ,在常压下杀菌 1 h ,取出 ,待冷却至室温后 ,加入欲测定的曲样 1 g ,称其重量 (称量时可将棉塞取下 ,需称至 3 位有效数字) ,置于 30 ℃ 恒温培养箱中 ,保温 24 h ,再称其重量 (称量前 30 min 将棉塞取下 ,轻轻地振动 ,使二氧化碳逸出 ,两次重量之差即为所损失二氧化碳的重量 ,由此可计算其发酵力。

1.3.7.7 理化卫生指标

酒的理化卫生指标分析 (送检) 为常规分析。

2 结果与分析

2.1 模拟试验及感官、试饭、分析检测结果

替代原料配比方案进行 Q303 根霉三级种模拟试验 ,对原料配比方案的模拟试验及感官、试饭、分析检测结果见表 7。

模拟试验 1、8 方案组进行的 Q303 根霉四级种生产试验 ,其生产原料配比方案见表 8。

表 7 模拟试验及感官、试饭、分析检测结果

试样编号	原料配比	试饭结果	试饭糖化力 (g/100g ,以葡萄糖计)	试饭酸 (mL/g ,以消耗 0.1 M NaOH 计)
1	稻壳 70 % : 次粉 30 %	香味纯 , 液化好 , 甜 , 爽口	33.55	0.42
2	稻壳 80 % : 次粉 20 %	香味纯 , 液化好 , 甜 , 微酸	32.59	0.50
3	稻壳 70 % : 米糠 30 %	香味正 , 液化好 , 甜 , 爽口	32.86	0.45
4	稻壳 80 % : 米糠 20 %	香味纯 , 液化好 , 甜 , 微酸	32.41	0.50
5	玉米秆 70 % : 次粉 30 %	味纯 , 液化好 , 香甜	32.72	0.4
6	玉米秆 80 % : 次粉 20 %	香味纯 , 液化好 , 甜 , 微酸	32.32	0.56
7	玉米秆 70 % : 米糠 30 %	味纯 , 液化好 , 香甜	32.61	0.35
8	玉米秆 80 % : 米糠 20 %	香味纯 , 液化好 , 甜 , 微酸	32.25	0.43

注: 麸皮对照样 , 与筛选样无差异 , 糖化力及试饭酸度分别为 32.25 和 0.4。

从筛选出的 8 个编号较优方案的 Q303 根霉四级种模拟试验中其结饼状况来看 ,菌丝生长良好 ,无不良现象 ,令人满意 ;从其产品的化验检测结果来看 ,水分、酸度以及试饭糖化力各项指标均

表8 生产应用原料配比方案

试验方案	原料配比	试饭品尝结果	试饭糖化力 (g/100g, 以 葡萄糖计)	试饭酸度 (mL/g, 以消 耗 0.1 MNaOH 计)
I	稻壳 70 % : 次粉 30 %	香味纯, 液化好, 甜, 爽口	>31.6	<0.5
II	稻壳 70 % : 米糠 30 %	香味正, 液化好, 甜, 爽口		
III	玉米秆 70 % : 次粉 30 %	香味纯, 液化好, 甜, 微酸		
IV	玉米秆 70 % : 米糠 30 %	味纯, 液化好, 香甜		

注: 麸皮对照样曲: 糖化力 < 31.6, 试饭酸度 < 0.5。

结果见表 11。

2.5 替代原料 Q303 根霉曲(酒药大生产)酿酒试验理化卫生指标

替代原料 Q303 根霉曲(酒药大生产)酿酒试验理化卫生指标分析结果见表 12。

表9 酵母曲模拟试验分析检测结果

试验方案	水分 (%)	酸度(mL/g, 以 消耗 0.1 MNaOH 计)	发酵力	镜检酵母数 (亿/g)	镜检酵母特征
T ₁	9.2	0.45	2.145	3.32	形态正常、肥大、健壮
T ₂	9.6	0.42	2.312	4.15	形态正常、肥大、健壮

在对照样范围内。

2.2 酵母曲模拟试验分析检测结果(表 9)

2.3 替代原料 Q303 根霉曲(酒药)配比方案

根据 1.3.2 替代原料 Q303 根霉曲(酒药)配比方案生产曲, 对其进行分析检测, 结果见表 10。

表10 替代原料 Q303 根霉曲(酒药)配比方案
生产曲分析检测结果

项目	配比方案				市售酒曲 (对照样)
	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	
水分 (%)	9.3	9.6	9.1	9.6	9.2
酸度(mL/g, 以消 耗 0.1 MNaOH 计)	0.41	0.43	0.42	0.43	0.42
糖化发酵率 (%)	83.7	83.2	81.5	82.9	80.8
酵母细胞数(×10 ⁸ 个/g)	2.49	4.15	1.99	3.32	1.80
试饭品尝及镜检	饭面均匀, 呈微黄色, 醒饭快, 无杂菌斑点, 饭粒松软, 口尝甜酸适口, 无异臭味, 镜检菌丝粗壮, 无横隔, 孢子囊膨大, 圆形				

从表 10 分析结果来看均符合标准。但从实际生产考虑, 一般情况下都会选择 J₂。在实际生产中, 由于小曲酿酒原料其蛋白质较为丰富, 过高的酵母配比量更容易使生产出来的小曲酒杂醇油含量偏高。这一点, 我们可以从试验酒的理化卫生指标分析得到答案。

2.4 替代原料 Q303 根霉曲(酒药)酿酒试验

替代原料 Q303 根霉曲(酒药)酿酒试验出酒率对照

3 结果与讨论

3.1 替代原料的成本核算

通过试验, 我们获得了重现性好、满足质量要求的替代原料共 4 组, 其成本与传统原料

表11 替代原料 Q303 根霉曲(酒药)酿酒试验结果

项目	小试			生产试验		
	J ₁	J ₂	对照	J ₁	J ₂	对照
出酒量(kg)	1.61	1.55	1.48	159318	1575	150
酒度(%vol, 20℃)	30.8	32.8	30.8	45.6	44	45
	30	127.4	130	116	99	98
出酒率* (%)	38	99	102	91	77	77.1
	45	83	85	76	65	63.5
	50	74	75.6	67.7	57.5	56.3
	55	66	68	61	51.6	50.6

*: 出酒率分别折算为不同酒度对比(%vol)。

表12 替代原料 Q303 根霉曲(酒药大生产)
酿酒试验理化卫生指标

项目	J ₁	J ₂	市售曲 样产酒	执行标准 (GB2757-81)	结论
酒度(%vol)	44.5	43.5	44.8	/	/
总酸(g/L)	0.22	1.26	1.25	/	/
总酯(g/L)	0.37	1.14	1.67	/	/
固形物(g/L)	0.15	0.05	0.07	/	/
杂醇油(g/100 mL)	0.16	0.23	0.26	≤0.20	合格
甲醇(g/100 mL)	0.01	<0.01	0.01	≤0.04	合格
铅(mg/L)	未检出	未检出	未检出	≤1.0	合格
锰(mg/L)	/	/	/	≤2.0	/

麸皮相比结果见表 13。

因此, 筛选出来的替代原料与麸皮从原料成本相比, 其降低成本最高可达 71.7%, 最低达 50.9%, 我们得出的最佳原料配比方案是稻壳(70%)、米糠(3%), 是根

表13 替代原料的成本核算结果

项目	稻壳(70%) + 次粉(30%)		稻(70%) + 米糠(30%)		玉米秆(70%) + 次粉(30%)		玉米秆(70%) + 米糠(30%)	
产地	本市面粉厂	本市面粉厂	本市面粉厂	本市面粉厂	惠水	本市面粉厂	惠水	本市面粉厂
获取程度(基于试验点)	易	易	易	易	难	易	难	易
原料成品价格(元/kg)	0.05	0.2875	0.05	0.25	0.15	0.2875	0.15	0.25
原料配比价格(元/kg)		0.1212		0.11		0.1681		0.18
与麸皮相比降低成本比例(%)		68.9		71.7		50.9		53.8
最佳原料配比方案								

注: 稻壳(70%)、米糠(30%) + 0.39 元/kg 系麸皮市场价格。

据贵阳地区原料价格作基础计,其他地区可根据实际情况,可因时、因地选择合理的原料配方。

3.2 筛选出来的替代原料曲与对照曲的出酒率及质量指标

试验结果可知,试验酒曲在酒度设定为 45 % vol 时,比吴家酒曲出酒率高出 5 %,筛选出的配比原料与麸皮原料相比所生产的 Q 303 纯种根霉菌在质量上并无差异,而仅仅是二者的价格上的差异。从试验酒样的理化卫生指标可以看出,酵母配比为 10 % 的 J₂ 试验酒及市售曲的试验酒虽然我们在蒸馏工序中进行了掐头去尾的操作处理,但是杂醇油含量仍然超标。而酵母配

比量为 6 % 的 J₁ 试验酒的杂醇油含量却在标准范围内。当然,小曲酒杂醇油的降低除了与酒曲相配的酵母有关外,另一方面,蒸馏工序中严格执行掐头去尾的操作,也有利于酒体杂醇油含量的控制。因此,在酒曲配制过程中,添加适量的酵母配制对杂醇油的降低是十分有效的。J₁ 的实验分析结果表明,添加酵母的配比量以 6 % 为宜。

参考文献:

- [1] 陈士瑜.食用菌生产[M]北京:农业出版社,1987.
- [2] 天津轻工业学院,等.工业发酵分析[M]北京:轻工业出版社,1991.

(上接第 44 页)

- [2] 廖力夫,何玉媛,袁亚莉,等.可见分光光度法检测 Fenton 反应中的羟自由基[J].衡阳医学院学报,1996,24(2):130-134.
- [3] Beauchamp C, Fridovich I. In Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels[J]. Anal Biochem, 1971, 44: 276-287.
- [4] 王爱国,罗广华.羟自由基启动下的脱氧核糖降解及其产物的 TBA 反应[J].生物化学与生物物理进展,1993,20(2):150-152.
- [5] 程伟贤,陈鸿雁,张义平,等.余甘子功能食品的开发及其类

SOD 活力测定[J].食品与生物技术学报,2006,25(4):113-115.

- [6] Cutteridge M C. Thiobarbituric acid reactivity following iron-dependent free radical damage to amino acids and carbohydrates[J]. FEBS Letters, 1961, 128: 343-348.
- [7] 魏朝良,于德红,安利佳.黄酮类化合物及清除自由基机制的探讨[J].中成药,2005,27(2):239-241.
- [8] 贾之慎,杨贤强.茶多酚清除活性氧自由基的分光光度法研究[J].茶叶,1993,19(1):25-27.

(上接第 47 页)

表5 无机氮源对休哈塔假丝酵母木糖发酵的影响

项目	无机氮源				
	尿素	硫酸铵	硝酸铵	磷酸氢二铵	柠檬酸三铵
乙醇最大浓度(g/L)	20.52 ^a	17.76 ^a	19.26 ^a	16.18 ^a	14.84 ^a
得率(g/g)	0.34	0.30	0.32	0.28	0.26
乙醇得率与理论值之比(%)	74.5	64.4	70.0	60.1	56.7
残余木糖浓度(g/L)	0.15 ^a	0.00 ^a	0.15 ^a	1.47 ^a	3.10 ^a
木糖利用率(%)	99.8	100	99.8	97.6	94.8
生物量(g/L)	4.32	4.50	4.82	3.44	5.16

能力达到 3 % vol 在 28 ℃, 初始 pH 值 5.0, 160 r/min, 250 mL 三角瓶装液量 150 mL, 木糖浓度 60 g/L, 玉米浆 0.5 % (v/v), 尿素 0.024 % 的条件下, 休哈塔假丝酵母发酵木糖能产乙醇 20.52 g/L, 得率达到理论值的 74.5 %, 且发酵时间由原来的 120 h 缩短到 72 h。由于休哈塔假丝酵母发酵木糖产乙醇周期还较长, 而且酒精耐受性不高, 因此有待对菌株选育和发酵条件等方面进行研究。

参考文献:

- [1] 刘巍峰,张晓梅,陈冠军,等.糖发酵酒精代谢工程的研究进展[J].过程工程学报,2006,6(1):138-143.
- [2] Jeewon Lee. Biological conversion of lignocellulosic biomass to ethanol[J]. J. Biotechnol, 1997, (56): 1-24.
- [3] T W. Jeffries, Y. S. Jin. Metabolic engineering for improved fermentation of pentoses by yeasts[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2004, (63): 495-509.
- [4] Dien B S, Cotta M A, Jeffries T W. Bacteria engineered for fuel ethanol production: Current status[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2003, (63): 258-266.
- [5] 杜连祥,等.工业微生物学实验技术[M].天津:天津科学技术出版社,1992.
- [6] 蔡武诚,袁厚积.生物物质常用化学分析方法(第一版)[M].北京:科学出版社,1982.
- [7] 王亚楠,肖冬光.快速测定啤酒酒精度和真正发酵度的方法[J].酿酒,2002,29(6):84-86.
- [8] Noileau V, Preziosi Beiby L, Kogenes J P, et al. Xylooligosaccharide production from xylose by two yeast strains: sugar tolerance[J]. Current Microbiol, 1993, (27): 191-197.