

复合菌在浓香型白酒丢糟处理中的应用

游玲¹ 颜胜涛² 王涛^{1,2} 杨志荣^{3*}

(1. 宜宾学院 发酵资源与应用四川省高校重点实验室 四川 宜宾 644000)

(2. 宜宾学院 生命科学与食品工程学院 四川 宜宾 644000)

(3. 四川大学 生命科学学院 四川 成都 610065)

摘要: 【目的】探讨酵母、细菌用于浓香型白酒丢糟处理的应用效果。【方法】对分离自浓香型白酒酿造环境并经多级筛选得到的3株细菌及2株酵母,在不添加任何辅料的情况下,采用不同组合方式,以2%接种量接种丢糟,检测其对丢糟主要成分的影响。【结果】研究发现所有复合菌均可使丢糟酸度及纤维素含量下降,同时能有效增加丢糟蛋白质含量,其中复合菌B5可使其丢糟纤维素降解23.89%,B4可使丢糟蛋白质提高74.01%,达到17.792%。【结论】复合菌在丢糟饲料或有机肥生产中具有很好的应用价值。

关键词: 白酒丢糟, 复合菌, 纤维素, 蛋白质

Application of mixed cultures in the treatment of distillers' grains of Luzhou flavor liquor

YOU Ling¹ YAN Sheng-Tao² WANG Tao^{1,2} YANG Zhi-Rong^{3*}

(1. Key Laboratory of Fermentation Resources and Application at Universities of Sichuan Province, Yibin University, Yibin, Sichuan 644000, China)

(2. College of Life Science and Food Engineering, Yibin University, Yibin, Sichuan 644000, China)

(3. College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China)

Abstract: [Objective] In order to estimate the application of some bacteria and yeast in the treatment of distillers' grains. [Methods] Three strains of bacteria and 2 strains of yeast isolated from Luzhou flavor liquor brewing environment were mixed in different groups, then inoculated to the distillers' grains by an inoculum of 2% without any additives. The main constitutions of the grains were detected to estimate the effects of these strains. [Results] The results showed that the content of acid and cellulose of the distillers' grains decreased, and the protein increased in all treatments, especially, the cellulose in B5 degraded 23.89% and the content of the protein in B4 improved to 17.792% by a rate of 74.01%. [Conclusion] These mixed strains were predictively effective and available in lees feed or organic fertilizer producing.

Keywords: Distillers' grains, Composite microbial inoculum, Cellulose, Protein

基金项目: 宜宾市科技专项研究项目(No. 2012ZGY008); 宜宾学院青年基金项目(No. 2011Z26)

*通讯作者: Tel: 86-28-85460487; ✉: bioyang@163.com

收稿日期: 2013-10-11; 接受日期: 2013-11-20; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2013-11-26

中国白酒产量在 2012 年已经突破 1 100 万 t, 其中浓香型白酒占 70% 以上, 所产丢糟超过 2 000 万 t。浓香型白酒丢糟中残存较多的有机物及水分, 堆放时易霉烂而不耐储存^[1], 目前除部分规模酒企采取各种方式对丢糟进行集约化利用外, 大量的中小型白酒企业的丢糟资源化利用率不高, 如用于生产丢糟酒, 一般需要添加多种酶制剂并接种以酿酒酵母为主的酵母菌; 直接用作饲料则蛋白质含量较低, 牲畜适口性不佳, 烘干粉碎后用作饲料添加剂则耗能太高。同时, 丢糟有机酸含量过高, 不适宜多数微生物生长, 不能直接用于堆肥和菌体蛋白的生产, 因此亟待探索一种丢糟资源化的方法, 为丢糟资源化利用提供一条可行的途径。

利用功能微生物处理丢糟一直是行业及科研人员的研究热点^[2-3], 也取得了一些成果, 但多数仅限于实验室研究^[4-5], 很难实现规模化应用, 究其原因, 主要有 3 个方面: (1) 白酒丢糟作为大宗废弃物, 露天堆放, 很难达到多数菌剂处理所需的实验室工艺控制条件; (2) 常用于丢糟处理的光合菌、霉菌的生长需要光或者氧气, 大量堆放的丢糟内部基本不满足此类条件; (3) 丢糟价格低廉, 添加其他辅料进行复杂的工艺处理在经济上不具备可行性。

在前期研究中, 我们从丢糟中分离筛选了数十株降解纤维素能力较好的细菌^[6], 以及数株对丢糟环境适应较好的酵母。基于高效便捷、不增加丢糟体积及额外成本(即不外加任何其他物质)的原则, 本文选择降解纤维素或产糖化酶较好、耐酸耐贫瘠的 3 株细菌及适应糟醅环境, 生长快, 生物量大的 2 株酵母, 制成复合菌, 评价其在降解丢糟纤维素、增加丢糟蛋白含量方面的应用效果。

1 材料与方法

1.1 材料

浓香型白酒丢糟: 由宜宾叙府酒业提供的生产复糟酒后弃糟, 利用带盖塑料桶在生产现场封闭式装运当天弃糟。

营养琼脂培养基(g/L): 牛肉膏 1、酵母膏 2、蛋白胨 5、氯化钠 5、琼脂 15 (仅固体培养基), pH 7.4。

PDA 培养基(g/L): 马铃薯 200、琼脂 20 (仅固体培养基), 自然 pH。

YPD 培养基(g/L): 酵母膏 10、蛋白胨 20、葡萄糖 20、琼脂 20 (仅固体培养基), 自然 pH。

糖化酶、纤维素酶购自山东泰安信得利生物工程有限公司, 糖化酶活力为 100 000 U/g, 纤维素酶活力为 200 000 U/g。

复合菌由酵母和细菌组成, 均分离自浓香型白酒酿造环境(由宜宾学院发酵资源与应用四川省高校重点实验室提供), 从来源及种属来看较为安全, 其中 2 株酵母均为生长迅速、生物量大的耐酸酵母, 3 株细菌分别为 2 株纤维素分解细菌及 1 株糖化酶产生细菌(表 1)。菌株组合主要依据下列两个原则: (1) 由细菌分解纤维素或淀粉产生可被酵母利用的糖, 由酵母生长产生菌体蛋白; (2) 纤维素分解细菌与糖化酶产生细菌的联合使用可能有助于丢糟中难利用碳源的充分利用。同时, 经对峙生长测试, 供试菌株相互之间无明显的拮抗或促生作用。

主要仪器及试剂: 气相色谱仪, Agilent7890; 凯氏定氮仪, FOSS Kjelttec8100; 纤维素测定仪, FOSS FT350; 旋转蒸发仪, Heidolph Hei-VAP Advantage; 糖化酶、纤维素酶活力分别为 100 000 和 200 000 U/g, 山东泰安信得利生物工程有限公司; 其他试剂均为国产分析纯。

1.2 方法

1.2.1 细菌应用特性评估: 对 2 株细菌的温度耐受性(37–50 °C)及在 2 kg 丢糟中的接种量(1%、2%、4%, 重量比)、处理时间(0、2、4、6、8 d)进行预实验。

1.2.2 复合菌处理丢糟效果评价: 细菌和酵母分别于 NA、YPD 平板上活化培养 48 h 后, 分别接种到相应的液体培养基培养后, 调整培养物 OD 值至 1。各菌株等比例混合(混合方式见表 2)后, 按 2% (重量比)接种到 2 kg 丢糟中, 于封口的普通黑色塑

表 1 供试菌株及复合菌构成					
Table 1 Strains and design of mixed cultures					
菌株编号 Strain	种属 Species	来源 Resource	菌株特征 Feature	复合菌编号 Number of composite microbial	复合菌构成 Strains contained in composite microbial
G7B-58	<i>Brevundimonas naejangsanensis</i>	大曲	降解纤维素	—	
S522B-41	<i>Bacillus cereus</i>	糟醅	降解纤维素	—	
J9B-8	<i>Bacillus safensis</i>	曲房空气	产糖化酶	—	
Z8Y-15	<i>Pichia sp.</i>	糟醅	耐贫瘠,繁殖迅速,生物量大	A1	Z8Y-15、J9B-8
				A2	Z8Y-15、S522B-41
				A3	Z8Y-15、G7B-58
				A4	Z8Y-15、S522B-41、G7B-58
				A5	Z8Y-15、J9B-8、S522B-41、G7B-58
S432Y-42	<i>Issatchenkia orientalis</i>	糟醅	耐贫瘠,繁殖迅速,生物量大	B1	S432Y-42、J9B-8
				B2	S432Y-42、S522B-41
				B3	S432Y-42、G7B-58
				B4	S432Y-42、S522B-41、G7B-58
				B5	S432Y-42、J9B-8、S522B-41、G7B-58

表 2 纤维素降解细菌处理丢糟的应用特性										
Table 2 Treatment of distillers' grains by cellulose-degrading bacteria										
菌株 Strain	蛋白质 增率 Increased protein ratio (%)	纤维素降 解率 Decreased cellulose ratio (%)	淀粉降 解率 Decreased starch ratio (%)	还原糖下 降率 Decreased sugar ratio (%)	水分增 加率 Increased water ratio (%)	酸度变化 Decreased acid ratio (%)	耐受温度 Tolerance temperature (°C)	耐受 pH Tolerance pH	最适接种量 Optimal inoculation quantity (%)	最适处理时间 Optimal time (d)
G7B-58	43.14	18.19	50.40	80.10	2.10	50	45	3.5	2	6
S522B-41	50.60	18.50	53.50	86.80	2.70	65	45	4.0	2	6

料袋中室温(28–32 ℃)培养, 分别于 0、2、4、6 和 8 d 取样检测其水分、蛋白质、酸度、纤维素、乙醇含量等。

以未经任何处理的丢糟为阴性对照(C0), 以添加 10%的纤维素酶(C1)、10%的糖化酶(C2)、糖化酶+纤维素酶(各 5%, C12)为阳性对照。

1.2.3 丢糟理化指标检测: 蛋白质: 样品烘干后适当碾磨, 加浓硫酸静置 4 h 后按凯氏定氮法检测^[7]。

纤维素: 烘干样品加无水乙醚静置 3 h 以上, 再按照酸碱消煮法检测^[8]。

乙醇: 样品 10 g 蒸馏水定容至 100 mL, 85 ℃蒸馏, 气相色谱检测蒸馏液^[9]。

淀粉、还原糖、酸度等按文献[10]方法测定。

2 结果与分析

2.1 纤维素降解菌处理丢糟

由于丢糟中碳源以纤维素为主, 因此主要对 2 株纤维素降解细菌的应用效果及应用方式进行预实验。

通过检测处理前、后丢糟的蛋白质、纤维素、淀粉、还原糖、水分、酸度的研究发现, 2 株菌均能使丢糟的蛋白质含量上升, 酸度、纤维素和还原糖的含量下降(表 2), 具备良好的纤维素分解能力。但在常温(25–32 ℃)下, 2 株细菌最适接种量均为 2%, 都在培养 6 d 后达到最佳效果。

2.2 复合菌对丢糟主要成分的影响

所有接种复合菌的丢糟 24 h 后表面均出现密

集白点，表明有细菌或酵母生长，48-72 h 白点达到最密，其中接种 B4 组合的丢糟表面复合菌生长最好，有浓郁酵母香气，同时，接种所有复合菌的丢糟中霉菌生长均被抑制，其中使用 3 种菌以上的复合菌效果最佳，添加酶制剂处理的丢糟长出浓密的白色霉菌菌丝，无酵母气味；对照无明显变化。

从丢糟蛋白质增量来看，丢糟接种复合菌 8 d 后，10 个处理及 3 个对照的蛋白质含量均有不同程度的上升，其中 4 个处理及 3 个对照的蛋白质含量超过 17%，B4 处理丢糟蛋白含量从 10.0%增加到 17.8%，增长 77.5%，与 C12 处理无显著差异，B5 处理与 C2 处理无显著差异，但二者的丢糟蛋白增量均显著少于仅添加纤维素酶的对照 C1 (19.1%)，可能是由于添加的纤维素酶或糖化酶迅速分解纤维素、淀粉产生多种碳源，使得丢糟中残

留的各种属细菌均衡增殖，协调、充分地利用丢糟中的有限营养，形成更多的菌体蛋白(表 3)。

研究还发现，仅添加纤维素酶的丢糟(C1)与仅添加糖化酶的丢糟(C2)及同时添加两种酶的丢糟(C12)相比，蛋白提高更多，可能是由于丢糟中纤维素含量远远高于淀粉，纤维素酶分解丢糟纤维素可提供更多的速效碳源，这在一定程度上表明纤维素的分解可能是促进丢糟蛋白增加的关键因素。

同时，Z8Y-15 仅在与 1 株分解纤维素的细菌配合使用时，才能使丢糟蛋白质增量最大，当加入菌株增多，反而使蛋白质增量减少，而 S432Y-42 恰好相反，表明这 2 株酵母与纤维素分解细菌之间存在不同的作用关系，而平板实验表明这些菌株均不影响相互生长，可见这种作用不是通过相互的生长影响实现的。

表 3 接种复合菌对丢糟主要成分的影响 Table 3 Effects on the major constituent of distillers' grains by mixed cultures					
处理 Treatment	蛋白含量 Content of protein (%)	纤维素含量 Content of cellulose (%)	酒精含量 Content of alcohol (V/V, %)	水分含量 Content of water (%)	酸度(mg NaOH/100 g 样品) Content of acid (mg NaOH/100 g sample)
丢糟 Distillers' grains	10.023	43.79	0.037	18.9	0.60
C0	11.523 ^{BCDXY}	40.67 ^{BCDXY}	0.023	14.2	0.66 ^{BCDXY}
C1	19.100 ^{ACDXY}	31.49 ^{ACdXY}	0.017	14.3	0.25 ^{ACdY}
C2	17.600 ^{ABdx}	35.22 ^{ABDY}	0.019	14.5	0.35 ^{ABXY}
C12	17.784 ^{ABcY}	32.60 ^{AbCX}	0.019	14.0	0.32 ^{AbXY}
A1	16.104 ^{ABCDXY}	36.04 ^{ABcDY}	0.018	14.1	0.28 ^{AcDXY}
A2	17.060 ^{ABCDXY}	35.64 ^{ABDY}	0.020	14.2	0.24 ^{ACDX}
A3	17.165 ^{ABCDXY}	35.78 ^{ABDY}	0.018	14.4	0.34 ^{ABXY}
A4	15.620 ^{ABCDXY}	34.76 ^{ABDY}	0.016	14.1	0.18 ^{AbCDXy}
A5	15.829 ^{ABCDXY}	37.75 ^{ABCDXY}	0.055 ^{ABCDXY}	14.2	0.11 ^{ABCDX}
B1	14.021 ^{ABCDXY}	34.03 ^{ABcDX}	0.072 ^{ABCDXY}	14.4	0.25 ^{ACdY}
B2	15.893 ^{ABCDXY}	37.67 ^{ABCDXY}	0.019	14.1	0.22 ^{ACDY}
B3	15.160 ^{ABCDXY}	34.65 ^{ABDxY}	0.192 ^{ABCDXY}	14.0	0.26 ^{ACdxY}
B4	17.792 ^{ABcY}	35.75 ^{ABDY}	0.019	14.4	0.19 ^{AbCDy}
B5	17.441 ^{ABDX}	33.33 ^{ABcXY}	0.021	14.5	0.12 ^{ABCDx}

注：各处理与 C0、C1、C2、C12 的差异显著性分别以 a、b、c、d 表示；各处理与 B4、B5 的差异显著性以 x、y 表示；小写字母代表显著($P<0.05$)，大写字母代表极显著($P<0.01$)。

Note: a, b, c and d represents the significance of the differences between all treatments and C0, C1, C2, C12 respectively, x and y represents the significance of the differences between all treatments and B4, B5 respectively; Lowercase letters indicate a significant of $P<0.05$ and uppercase letters indicate a significant of $P<0.01$.

从丢糟纤维素降解情况来看,纤维素降解最多的是 B5 处理,其纤维素含量从 43.79%下降到 33.33%,减幅 23.89%,与同时添加纤维素酶、糖化酶的对照 C12 (25.55%)无显著差异,但显著低于仅添加纤维素酶的对照 C1 (28.09%),高于添加糖化酶的对照 C2 (19.02%)及不接种对照 C0 (6.48%)。可以看出,酵母菌与细菌、纤维素分解细菌与产糖化酶细菌之间在降解丢糟纤维素方面无明显的协作关系。

此外,由于我们使用的丢糟为酒糟蒸馏后不加粮食仅添加酶制剂进行过复糟发酵的弃糟,其中可发酵糖及速效氮源均已很少,丢糟本身残余的酒精又在不断挥发,导致各个处理的丢糟酒精含量均很低,仅 A5、B1、B3 显著高于各对照,其中酒精含量最高的 B3 处理其酒精含量也仅为 0.19%,表明在已充分发酵的丢糟中,酵母即使生长较好,也无法发酵产生较多酒精。

2.3 复合菌 B4、B5 对丢糟蛋白质含量变化的影响

如图 1 所示,与空白对照相比,B4、B5 促进丢糟蛋白质含量提高的效果大致相当于 C2、C12,但 B4、B5 在处理早期促进丢糟蛋白增加更快,B4 在第 4 天时就可使丢糟蛋白质含量达到 15%以上,但 4 d 后其促进蛋白质增加的效果不如纤维素酶,

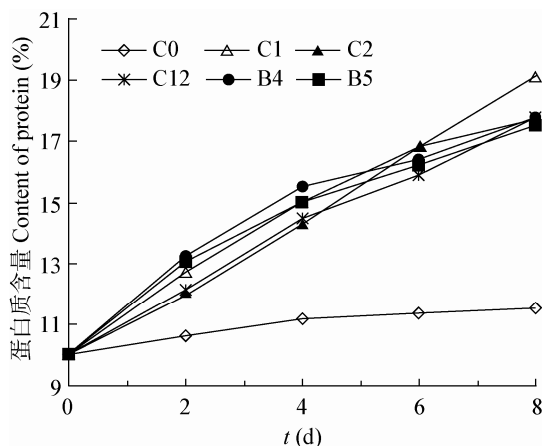


图 1 复合菌 B4、B5 对丢糟蛋白质含量变化的影响
Figure 1 Effects on the content of protein of distillers' grain by the mixed cultures B4 and B5

可能是由于少数几种菌占生长优势后,已充分消耗掉丢糟中这几株菌可利用的营养物质,导致丢糟营养失衡,不再适宜丢糟中蒸馏后残留的耐热产芽孢细菌生长,故蛋白不能持续增长。据报道,仔猪对饲料中蛋白含量的要求为 18%–20%,生长期及育肥猪对饲料中的蛋白质含量的要求分别为 16%–18%及 13%–14%,经复合菌 B4、B5 处理 6–8 d 即可满足猪在 20–100 kg 生长阶段的蛋白营养需求,大大提高了丢糟的饲用价值^[11],同时,处理时无需添加任何辅料,方法简便,具有很好的应用价值。

2.4 复合菌 B4、B5 对丢糟纤维素含量变化的影响

从图 2 可以看出,复合菌 B5 处理 4 d 即可使丢糟纤维素含量从 43.79%降低到 37.04%,接种初期丢糟中仍残留少量可被细菌利用的低分子糖,经测定接种初期丢糟还原糖含量约 0.4%,2 d 后各处理均降低至 0.1%–0.2%,此时细菌分解纤维素的速率加快,2–4 d 期间丢糟纤维素含量下降最快,之后减慢,处理 6 d 后由于细胞自溶,细菌所产纤维素酶释放,丢糟纤维素降解速率又略有增加,总体上符合菌剂中纤维素分解细菌的生长规律,而酶制剂组对纤维素和多糖的直接降解作用强,不需要经过条件代谢的生化途径,降解纤维素速率稳定,但后期出现大量霉菌生长,大大降低丢糟的饲用价值,表明复合菌的增殖可抑制霉菌生长。

据报道当猪饲料中粗纤维含量超过 10%–15%时,就会由于容积过大或适口性降低使采食量下降^[12],虽然丢糟纤维素含量低至 33.33%仍不宜直接用作饲料,但经微生物菌剂处理后的丢糟蛋白含量增加,适口性有所改善,而且按现有糟粉饲料的生产工艺,丢糟粉碎后所占空间减小,不会显著增加容积,因此,菌剂处理可显著提高糟粉饲料的品质,同时还可通过优化菌剂配合比例进一步降低丢糟纤维素含量或添加其他饲料混合使用。另外,该菌剂也可与其他微生物复配用作丢糟有机肥的生产。

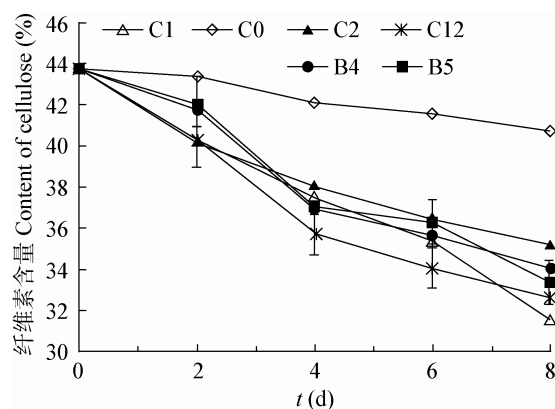


图2 复合菌 B4、B5 对丢糟纤维素含量变化的影响
Figure 2 Effects on the content of cellulose of distillers' grain by the mixed cultures B4 and B5

2.5 复合菌处理对丢糟酒精含量变化的影响

复合菌中均包括酵母,可影响丢糟酒精含量,但从图3可以看出,除复合菌 B3 可使丢糟产生少量酒精外,复合菌 B4、B5 所产酒精均很少,但在丢糟大量堆积时,少量酒精的生成及其所释放的热量也将影响丢糟内微生物的生长及其丢糟本身的物理化学状态,从而影响丢糟饲料的口感,或在生产丢糟有机肥时可能加快内部产热,对复合菌 B4、B5 而言,处理 4 d 后丢糟中酒精含量开始缓慢降低,表明延长处理时间可削弱这种影响。

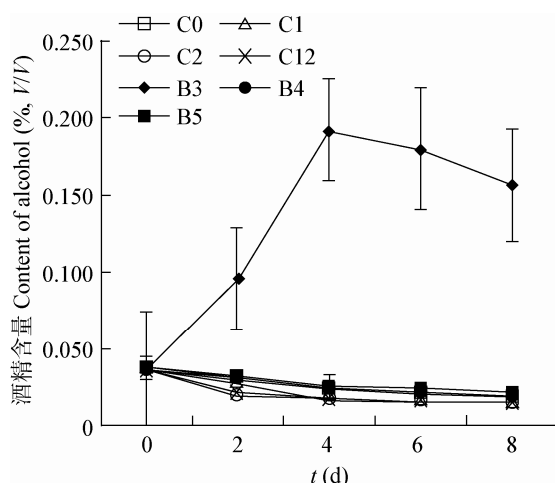


图3 复合菌对丢糟酒精含量的影响
Figure 3 Effects on the content of alcohol of distillers' grain by the mixed cultures B3, B4 and B5

3 结论与讨论

丢糟的主要成分为纤维素,绿色木霉或里氏木霉用于处理丢糟也多见报道^[13],但对于白酒企业来说,丢糟的存放一般为露天大量堆放,很难提供充足氧气使霉菌充分生长繁殖,因此我们认为耐受厌氧环境的细菌、酵母更适宜用于丢糟处理。

与单株菌相比,复合菌在提高丢糟蛋白含量及降解丢糟纤维素方面均体现出了明显的优势,从 500 余株细菌中筛选得到降解纤维素效果最好的一株细菌(S522B-41)也仅能降解丢糟中 18.5% 的纤维素,同时使丢糟蛋白提高 50.6%,但复合菌 B4 或 B5 显著改善了处理效果,特别是在提高丢糟蛋白含量方面,由于添加了适应丢糟环境的白酒酿造酵母,其蛋白含量显著增加。

利用纤维素降解菌与酵母联合用于处理丢糟已有报道,如袁书林等以白地霉和热带假丝酵母和绿色木霉组合发酵白酒丢糟蛋白质含量提高 41.89%,粗纤维降低 26.65%^[14]。刘达玉等以白酒糟为主要原料,辅以麸皮、豆饼粉等物料,利用降解纤维素霉菌(CM-4)、酵母菌(Y-7)、产酯霉菌(EM-3)进行组合发酵,在 30 °C 条件下培养 4 d,蛋白增幅为 51.35%,粗纤维降幅为 25.78%^[15]。本研究采用分离自白酒酿造环境的酵母、细菌组成的复合菌处理丢糟,得到了分解纤维素、增加蛋白质最佳的菌剂组合 B5,以 2% 接种量处理白酒丢糟纤维素降解率最高达 23.89%、蛋白质提高率为 74.01%;同时,该复合菌接种量少,处理方式简单,处理过程中可抑制霉菌生长,最重要的是无需添加任何辅料,实现了对固态发酵副产物的减量、低成本处理,后期还可通过优化复合菌中各菌株的数量比例,或适时翻堆增加通风,促进酵母生长,或结合其他纤维素降解方法,进一步降低丢糟纤维素含量,以达到最佳处理效果。

参考文献

- [1] 王印召, 吴正云, 杨健, 等. 白酒丢糟资源化利用的研

- 究进展[J]. 酿酒科技, 2013(9): 86-89.
- [2] 牛广杰, 刘军, 孙东伟. 白酒丢糟生产菌体蛋白饲料的研究[J]. 酿酒科技, 2010(2): 28-30.
- [3] 曹建兰, 王晓丹, 袁颢, 等. 微生物发酵预处理固态白酒丢糟的研究[J]. 酿酒科技, 2013(4): 88-91.
- [4] 程驰, 刘小俊, 杨欣怡, 等. 高效丢糟纤维素分解复合菌系的构建与效果研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(17): 9459-9460.
- [5] 张健, 罗辉, 张超, 等. 光合菌发酵白酒丢糟条件研究[J]. 饲料工业, 2011(7): 41-45.
- [6] 王怡, 何奉芹, 罗琳, 等. 酿造细菌分解纤维素的初步研究[J]. 中国酿造, 2011(12): 77-80.
- [7] 王俊锋. 饲料中真蛋白质含量的测定方法[J]. 广东饲料, 2004, 13(6): 37-38.
- [8] 周兰兰, 任铮伟, 颜涌捷, 等. 木屑浓硫酸水解的工艺条件研究[J]. 太阳能学报, 2007(4): 385-388.
- [9] 王勇, 徐岩, 范文来, 等. 应用 GC-O 技术分析牛栏山二锅头白酒中的香气化合物[J]. 酿酒科技, 2011(2): 74-76, 79.
- [10] 吴国峰, 李国全, 马永强. 工业发酵分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 4-36.
- [11] 罗平. 猪在不同生长阶段的营养需求[J]. 农村养殖技术, 2008(17): 22.
- [12] 王传宝. 粗纤维在母猪饲料中的应用[J]. 现代农业科技, 2010(10): 323-324.
- [13] 黄治国, 罗惠波, 卫春会, 等. 多菌联合发酵白酒丢糟生产蛋白质饲料的工艺优化[J]. 中国酿造, 2011(11): 82-85.
- [14] 袁书林, 张建华. 酒糟发酵蛋白质饲料菌种筛选的研究[C]. 第五次全国代表大会暨养猪业创新发展论坛“疫百特”杯论文集, 2012: 233-238.
- [15] 刘达玉, 黄丹, 夏兵兵, 等. 组合菌种发酵制备酒糟饲料的研究[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2008(6): 68-70.

编辑部公告

关于《微生物学通报》专题刊申请的通知

当前, 随着生物技术的飞速发展, 微生物学涵盖的领域越来越广, 交叉学科的研究也越来越受到关注。除了已有的微生物学、病毒学、基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程之外, 基因组学、代谢工程、纳米科学、生物炼制、生物质能等也逐步成为微生物学研究的热门领域。为了更加系统、集中地反映各个领域的研究成果, 以及该领域学科的热点难点问题, 充分发挥《微生物学通报》的学科引领和导向作用, 促进学科发展, 为某个领域的科研人员提供一个交流的平台, 《微生物学通报》编委会决定自 2008 年起, 每年出版一定数量的专题刊。专题刊将系统地反映微生物学相关领域或新学科生长点的最新进展, 及时介绍国内外微生物相关前沿领域的突破性成果, 以及面向国家和社会需要并具有重大应用前景的研究成果。真诚欢迎本领域各学科的学术带头人, 申请并组织专题刊。申请得到编委会批准后, 申请人将被邀请担任本专题刊的特邀编辑, 负责组织稿件、确定审稿专家, 并撰写专题刊序言。

根据专刊工作计划, 现将有关事项通知如下:

1. 专刊申请的有关规定附在通知的下面, 请申请者仔细阅读;
2. 提交形式: 请到我刊主页(<http://journals.im.ac.cn/WSWXTBCN>)的“下载专区”下载专题刊申请表; 填写好之后, 以 E-mail 附件的形式发送到编辑部信箱: tongbao@im.ac.cn, 并在邮件主题中注明: “专题刊申请”字样;
3. 申请者如有疑问, 请咨询编辑部, 联系方式: Tel: 010-64807511; E-mail: tongbao@im.ac.cn