

“麸曲+酒母”模式对丢糟发酵产酒的影响

黄亮¹, 任志强^{1,2}, 邓杰^{1,2}, 黄治国^{1,2}, 卫春会^{1,2*}

(1. 四川轻化工大学酿酒生物技术及应用四川省重点实验室, 四川宜宾 644000)

(2. 中国轻工业酿酒生物技术及智能制造重点实验室, 四川宜宾 644000)

摘要: 该研究以霉菌麸曲为糖化剂、酒母醪液提供酿酒酵母的新方式酿造丢糟酒。以实验室保存的米根霉 (*R. oryzae* JQ-1) 制备霉菌麸曲, 糖化酶活力为 1 507.91 U/g; 以某商品小曲为菌种, 利用糊化后的粮粉料液为原料制备酒母醪液, 酵母菌数为 2.40×10^8 CFU/mL。将麸曲和酒母按一定比例混合后加入浓香型丢糟中酿制丢糟酒; 发酵结束时酒醪中残余淀粉为 5.20%, 低于以某商品小曲为发酵剂的对照组酒醪中的残余淀粉 7.23% ($p < 0.05$), 表明新模式更容易利用丢糟中的淀粉; 新模式酿制丢糟酒的淀粉出酒率为 92.66%, 显著高于传统模式酿制丢糟酒的淀粉出酒率 82.75% ($p < 0.05$), 表明新模式酿制丢糟酒的产酒效率更高; 新模式和传统模式酿制的丢糟酒都具有浓香型风格、酒质无明显差异。该研究为丢糟酒的酿造提供了一条新途径, 降低了丢糟酒的酿造成本, 提高了丢糟的利用效率。

关键词: 丢糟酒; 酒母醪液; 霉菌麸曲; 淀粉出酒率

文章编号: 1673-9078(2022)11-73-79

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.11.0077

Influence of “Koji + Barm Mash” Mode in Baijiu Fermentation with Distiller’s Grains

HUANG Liang¹, REN Zhiqiang^{1,2}, DENG Jie^{1,2}, HUANG Zhiguo^{1,2}, WEI Chunhui^{1,2*}

(1. Sichuan University of Science & Engineering, Liquor Brewing Biotechnology and Application Key Laboratory of Sichuan Province, Yibin 644000, China) (2. Liquor Brewing Biotechnology and Intelligent Manufacturing Key Laboratory of China Light Industry, Yibin 644000, China)

Abstract: A new method of distilling distiller’s grains was developed using koji mold as the saccharifying agent and *Saccharomyces cerevisiae* as the source of mother liquor. Koji mold was prepared from *R. oryzae* JQ-1 stored in a laboratory; its saccharifying enzyme activity was 1 507.91 U/g. A commercial fermentation starter was used as the strain and gelatinized grain powder liquid was used as the raw material to prepare wine barm mash. The number of yeasts in the barm mash was 2.40×10^8 CFU/mL. The koji and barm mash were mixed in a certain proportion and then added into Luzhou-flavor distiller’s grains to make baijiu. At the end of the fermentation, the residual starch in the fermented grains was 5.20%, which was lower than that (7.23%) in grains of the control group fermented using a commercial ditty as the fermentation agent ($p < 0.05$), indicating that the new model more easily utilizes starch waste. The starch utilization rate of the new model was 92.66%, which was significantly higher than that (82.75%) of the traditional model ($p < 0.05$), indicating that the former has higher wine production efficiency. The baijiu produced using both the new and traditional models exhibited a Luzhou-flavor style and no obvious difference in quality. These results provide a new way for brewing distiller’s grain baijiu. It reduces the cost of the baijiu and improves the utilization efficiency of distiller’s grains.

Key words: distiller's grains baijiu, barm mash, koji mold, conversion rate of starch to ethanol

引文格式:

黄亮,任志强,邓杰,等. “麸曲+酒母”模式对丢糟发酵产酒的影响[J]. 现代食品科技, 2022, 38(11): 73-79

HUANG Liang, REN Zhiqiang, DENG Jie, et al. Influence of “Koji + Barm Mash” mode in baijiu fermentation with distiller’s grains [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(11): 73-79

收稿日期: 2022-01-20

基金项目: 四川省科技厅应用基础研究项目 (2019YJ0474); 四川省重点实验室开放基金项目 (NJ2018-02)

作者简介: 黄亮 (1997-), 男, 在读研究生, 研究方向: 酿酒生物技术及应用, E-mail: 1179016813@qq.com

通讯作者: 卫春会 (1980-), 女, 高级实验师, 研究方向: 酿酒生物技术及应用, E-mail: 147516753@qq.com

白酒是以大曲、小曲或麸曲等为糖化发酵剂,利用谷物原料(高粱、糯米、大米、小麦和玉米等),经蒸煮、糖化、发酵、蒸馏、陈酿、勾兑等工艺制成的蒸馏酒^[1,2]。白酒丢糟是传统固态法白酒生产中的主要副产物,白酒与丢糟的产量比约为1:3^[3]。白酒丢糟中含有较高的粗淀粉、粗蛋白、粗脂肪和粗纤维等,此外还含有多种氨基酸等^[4-6]。近年来,随着白酒产量持续增加,丢糟产量也在不断增加。丢糟的有效处理一直是白酒行业的难题。目前丢糟的利用主要是生产饲料^[7-9]、丢糟酒^[10,11]和有有机肥^[12,13];此外还有生产有机酸^[14]、燃料乙醇^[15]、沼气^[16,17]、氢气^[18]等。

丢糟酒是以传统白酒丢糟为原料,普遍通过添加酵母、糖化酶等一种或多种发酵剂^[19,20],经过发酵、蒸馏获得的白酒。丢糟的特点为酸度高,其中的淀粉经过反复蒸煮、多次返生,不利于糖化发酵。因此,在厌氧状态下丢糟中老化的淀粉难以被酵母利用。酸性环境还妨碍了酵母菌的生长繁殖,不利于产酒。因此,相比于常规的白酒生产,丢糟酒生产过程中需要的糖化发酵剂用量更大,提高了丢糟酒生产成本。目前丢糟酒生产存在的主要问题有以下三点:(1)丢糟酒的发酵条件不利于微生物的生长代谢;(2)用曲量大,成本高;(3)丢糟中的淀粉利用率和资源的利用率低。

本研究采用实验室酿造模型^[21],以米根霉制备霉菌麸曲;以商品小曲为酵母菌源,用粮食糊化料液作为基质,对酵母菌进行复苏增殖制备出酒母醪液;再将麸曲与酒母醪液混合发酵浓香型丢糟酿丢糟酒,以期白酒行业生产丢糟酒提供一种新思路。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验材料与药品

某品牌小曲、高粱、玉米、大米、糯米、小麦、土豆、麸皮均为市售;丢糟由宜宾市某浓香型酒厂提供;米根霉(编号为*R. oryzae* JQ-1),由酿酒生物技术及应用四川省重点实验室提供。麦芽汁培养基,青岛高科园海博生物技术有限公司;乙酸正丁酯(色谱纯),西格玛奥德里奇(上海)贸易。

1.1.2 仪器与设备

SW-CJ-1F超净化工作台,上海博迅实业有限公司;LRH-100-MS微生物培养箱,广东泰宏科学仪器股份有限公司;GI54DS立式自动压力蒸汽压灭菌器,致微(厦门)仪器有限公司;DZKW-4电热恒温水浴锅,上海科恒实业发展有限公司;DW-25W388医用低

温保存箱,青岛海尔特特种电器有限公司;7890A-5975B气相色谱-质谱联用仪,美国Agilent公司。

1.2 试验方法

1.2.1 粮食糊化料液与培养基的制备

(1)粮食糊化料液:粉碎高粱、小麦、大米、糯米、玉米、五粮混合物(高粱36wt%、小麦16wt%、大米22wt%、糯米18wt%、玉米8wt%),过100目筛,各称取100g,分别加入200mL去离子水,搅拌均匀后,加入到800mL沸水中加热至微沸状态,保持15min,冷却至室温,定容至1000mL,即单粮糊化料液和五粮糊化料液。

(2)麦芽汁琼脂培养基:称取麦芽汁培养基130.10g,加入去离子水定容至1000mL,121℃灭菌15min。

(3)PDA培养基:200g土豆丁煮沸,过滤,滤液加20g葡萄糖、20g琼脂,加入去离子水定容至1000mL,121℃灭菌15min。

1.2.2 酒母醪液的制备

称取10g某市售小曲加入至冷却后的1000mL不同的粮食糊化料液中,搅拌均匀,28℃培养48h,制得酵母扩培液,即酒母醪液。

1.2.3 商品小曲中酵母数量的测定

准确称取1.00g小曲,加入到装有99mL无菌生理盐水的锥形瓶内,用封口膜封口,置于摇床,28℃、200r/min下震荡30min,吸取菌悬液进行梯度稀释,依次稀释至 10^{-6} 。分别取 10^{-4} 、 10^{-5} 、 10^{-6} 稀释度的菌悬液进行涂布,每个梯度做3个平行,一组空白对照,28℃培养48h后,对酵母菌菌落计数。

1.2.4 酒母醪液中酵母数量的测定

平板菌落计数法:在发酵48h后,取10mL均匀样液加入含90mL无菌水的三角瓶中,混合均匀,静止后制得菌悬液,静至后取上清液进行梯度稀释,分别取 10^{-4} 、 10^{-5} 、 10^{-6} 菌悬液各0.1mL涂布于PDA平板培养基上,并做空白对照,28℃培养48h后,对酵母菌菌落计数。

血球计数板法:取不同稀释倍数的菌悬液0.10mL于血球计数板,分别数五个中格的酵母菌数,取平均值计算出酵母醪液中的酵母菌数。

1.2.5 麸曲制备工艺

参照文献^[22]的麸曲制备工艺,将根霉菌*R. oryzae* JQ-1制备成麸曲JQ-1。

1.2.6 麸曲和酒母接种量对丢糟酒的影响

(1)为了考察麸曲接种量对丢糟酒酿造的影响,限定的酵母的接种量为每千克丢糟 1.00×10^{10} 个,以麸曲的添加量为0.20wt%、0.40wt%、0.60wt%、0.80wt%、

1.00wt%设计试验。

(2) 为了考察酵母接种量对丢糟酒酿造的影响,限定的麸曲的接种量为 1.2.6 (1) 得到的最佳接种量,以酵母的添加量为每千克丢糟 0.6×10^{10} 、 0.8×10^{10} 、 1.0×10^{10} 、 1.2×10^{10} 、 1.4×10^{10} 个来设计试验。

1.2.7 丢糟酒的酿造试验

(1) 试验组: 取丢糟 6.00 kg, 酒母醪液和霉菌麸曲的接种量分别为 1.2.6 所得到的最佳接种量, 均匀混合, 装入发酵罐, 30 °C 密闭发酵 15 d。

(2) 对照组: 取丢糟 6.00 kg, 加入热水, 使对照组和试验组的质量相同, 小曲接种量为 0.80wt%, 均匀混合, 装入发酵罐, 30 °C 密闭发酵 15 d。

1.2.8 理化指标的测定

糖化酶活力的测定: 参考酿酒曲行业标准 QB/T 4257-2011^[23]。

出酒量的测定: 取 5.00 kg 酒醪进行蒸馏, 得到的酒样充分混合, 测量酒样度数和体积(以 60% vol 计), 即实际出酒量。

酒醪粗淀粉测定: 采用酸水解法^[24]测定酒醪中的淀粉含量。

淀粉出酒率: 根据淀粉消耗量计算出 5.00 kg 酒醪中理论出酒量(以 60% vol 计), 再用公式 (1) 计算淀粉出酒率。

$$A = \frac{V_1}{V_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

A ——淀粉出酒率, %;

V_1 ——实际出酒量, mL;

V_0 ——理论出酒量, mL。

1.2.9 丢糟酒风味检测

(1) 样品前处理: 复蒸酒样, 调整度数为 60% vol, 取 1 mL 进行分析, 加入 50 μ L 乙酸正丁酯溶液 (70 mg/100 mL), 混匀。

(2) GC 条件: DB-WAX (60.00 m \times 250 μ m \times 0.25 μ m) 毛细管色谱柱; 载气为 99.999% 氮气; 进样口温度 230 °C; 升温程序为: 初温 50 °C, 以 8 °C/min 升至 100 °C, 保持 5 min, 再以 10 °C/min 升至 170 °C, 保持 3 min, 最后以 15 °C/min 升至 230 °C, 保持 4 min, 总运行时间 29.25 min; 载气体积流量为 1 mL/min; 不分流, 进样量 1 μ L。

(3) MS 条件: 电子电离源 (Electron Ionization, EI), 电子能量 70 eV, 离子源温度 230 °C, 四级杆温度 150 °C, 质量扫描范围 35~400 u。

(4) 定性定量分析: 采用 NIST05a.L 标准谱库检索、比对, 进行定性分析; 利用内标峰面积对挥发

性物质进行定量分析。

1.3 数据分析

所有试验均重复三次, 结果表示为“平均值 \pm 标准误差”, 采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析, Origin 9.1 软件做图。

2 结果与分析

2.1 麸曲和商品小曲的糖化酶活力比较

分别测定麸曲 JQ-1 和商品小曲的糖化酶活力, 其中商品小曲的糖化酶活力较高, 达到 1 707.63 U/g; JQ-1 的糖化酶活力为 1 507.91 U/g, 两种曲的糖化酶活力具有显著差异 ($p < 0.05$)。霉菌麸曲 JQ-1 的糖化酶的活力略低于商品小曲, 与其他霉菌麸曲相比, 酶活力处于较高水平^[23], 霉菌麸曲制作成功, 可作为丢糟酒酿造的糖化剂使用。

2.2 商品小曲和酒母醪液中酵母数目的比较

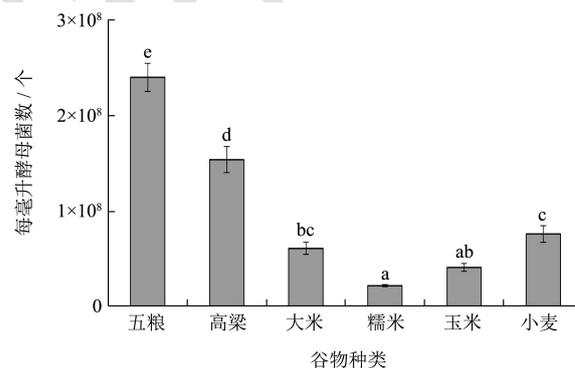


图 1 不同酒母醪液中的酵母菌数量

Fig.1 Quantity of yeast in different barm mash

注: 不同的小写字母表示具有显著差异 ($p < 0.05$), 下同。

按 1.2.3 方法对所使用的小曲中的酵母菌进行计数, 小曲中酵母数目为 3.47×10^7 CFU/g。不同原料制备的酒母醪液中酵母数目的测定结果如图 1 所示。结果表明, 五粮酒母醪液中的酵母数量显著 ($p < 0.05$) 高于单粮酒母醪液。酵母菌在以五粮糊化料液上的扩增效果最佳, 酵母菌数达到了 2.40×10^8 CFU/mL, 与培养前相比, 酵母菌增殖近 700 倍, 表明酵母的扩培效果良好, 可以为丢糟酒发酵提供充足的酵母菌源。原因可能是五粮糊化料液的营养丰富, 更有利于酵母菌的增殖。从不同种类单粮的糊化料液增殖结果来看, 高粱糊化料液扩培效果最佳。这符合单粮酿酒常选用高粱作为原料的实际情况。五种粮食中, 以大米和糯米的总淀粉含量较高, 高粱和糯米的支链淀粉含量较高^[25], 但糯米糊化料液中的酵母数量并不高, 可能是

因为高粱中有某些成分更有利于酵母的生长繁殖。不同粮食对酵母菌生长繁殖的影响还需要进一步试验。

由此可见,在选用不同种类粮食对酵母进行扩培时,可以选择高粱或五粮,都可以实现对酵母菌的高效扩培。考虑到酵母将进入丢糟中发挥作用,不同原料扩培酵母可能存在适应上的差异性,在生产实践中可根据丢糟的原料成分来进行具体选择。本研究采用五粮型丢糟,因此选用五粮糊化料液进行酵母扩培。

2.3 麸曲和酒母接种量对丢糟产酒的影响

2.3.1 麸曲接种量对丢糟产酒的影响

麸曲主要提供糖化酶,将酒醅的淀粉分解为糖。酒醅的糖化过程是白酒酿造的重要环节,因此对麸曲的接种量进行探讨。按照 0.20wt%、0.40wt%、0.60wt%、0.80wt%、1.00wt% 的比例接种米根霉麸曲,30℃发酵 15 d。由如图 2 可知,与酵母接种量对酒醅的影响进行比较,麸曲主要影响酒醅的淀粉含量,随接种量的增加,酒醅的淀粉含量逐渐降低,接种量为 0.20% 的淀粉含量显著高于其他接种量 ($p < 0.05$)。当接种量达到 0.40% 后,在增加接种量对酒醅的含量变化影响不显著 ($p > 0.05$)。可能是因为酒醅中的淀粉在反复蒸煮、发酵过程中,使淀粉老化,淀粉被纤维素包裹或连结,难以利用,酒醅中淀粉利用达到了一个极限值^[21]。由如图 2 可知,不同的麸曲接种量对淀粉出酒率影响不显著 ($p > 0.05$),可能是因为麸曲主要影响淀粉的糖化过程,而酵母主要影响酒醅的产酒过程,因此应再对酵母接种量进行优化。综上所述,确定麸曲的接种量为 0.40%。

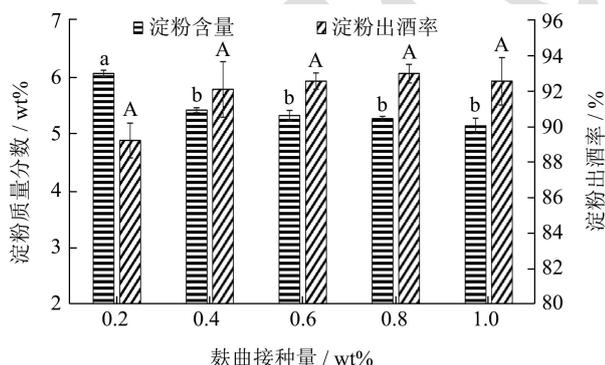


图 2 不同麸曲接种量对丢糟淀粉含量和淀粉出酒率的影响

Fig.2 Effect of different amount of Fuqu on starch content and conversion rate of starch to ethanol of distiller's grains

注:不同的小写和大写字母分别表示淀粉含量和淀粉出酒率具有显著差异 ($p < 0.05$),下同。

2.3.2 酒母接种量对丢糟产酒的影响

酒母的接种量直接影响酒醅的出酒量和出酒率,因此对酒母接种量进行了探讨。选用五粮糊化料液对

酵母进行扩培,分别按照每千克丢糟 0.60×10^{10} 、 0.80×10^{10} 、 1.00×10^{10} 、 1.20×10^{10} 、 1.40×10^{10} 个接种,30℃发酵 15 d。由如图 3 可知,随着酒母接种量的增加,酒醅的淀粉含量逐渐下降。接种量为每千克丢糟 1.00×10^{10} 个时,酒醅淀粉含量显著低于接种量为每千克丢糟 6.00×10^9 个和每千克丢糟 8.00×10^9 个 ($p < 0.05$)。当再增加酒母接种量,酒醅的淀粉含量下降不显著 ($p > 0.05$)。由如图 3 可知,淀粉到酒的转化率随着接种量的增加逐渐增加,当接种量达到每千克丢糟 8.00×10^9 个后,转化率增长不显著 ($p > 0.05$)。酒母醪液为丢糟发酵提供酵母菌,酵母属于兼性厌氧型微生物,在有氧条件和无氧条件下均可以生存,但是其呼吸方式不一样。有氧条件下,酵母通过 TCA 循环途径,将糖类分解为水和二氧化碳,酵母大量生长繁殖,属于酵母的扩培阶段;在无氧条件下,酵母将糖发酵为乙醇和二氧化碳,属于乙醇发酵阶段^[26]。随着乙醇的大量积累,乙醇对酵母有一定的毒害作用,会抑制了酵母的生长代谢。因此,将两阶段分开,先进行有氧繁殖,再进行无氧发酵,可能更利于酵母生产乙醇。综上,酒母的接种量确定为每千克丢糟 1.00×10^{10} 个,此条件下,丢糟的淀粉消耗和淀粉出酒率均达到较高水平。

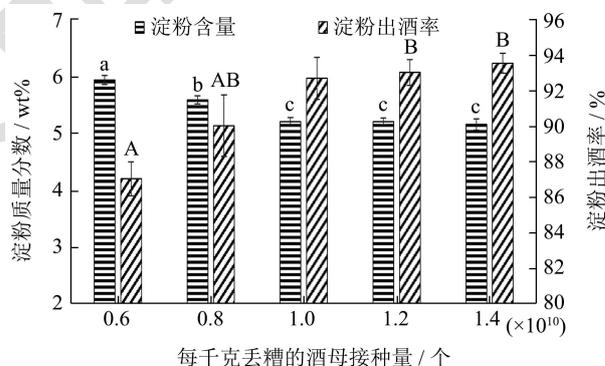


图 3 不同酒母接种量对丢糟的淀粉含量和淀粉出酒率的影响

Fig.3 Effect of different barm mash inoculum amount on starch content and conversion rate of starch to ethanol of distiller's grains

2.4 “麸曲+酵母”模式对丢糟淀粉的利用效果

由 2.3 分别探讨了酵母和麸曲的接种量对丢糟酒酿造的影响,分别得到酵母和麸曲的最佳接种量为每千克丢糟 1.00×10^{10} 个和 0.40%。在此条件下在进行丢糟酒的酿造,以小曲做对照。酿造试验结果如图 4 所示,发酵前酒醅的淀粉含量为 10.69%,对照组酒醅的残余淀粉为 7.23%,发酵过程消耗的淀粉量为 3.46%;试验组酒醅的残余淀粉为 5.20%,消耗了 5.49% 的淀粉。试验组发酵后的酒醅淀粉含量显著 ($p < 0.05$) 低

于对照组。结果表明,采用麸曲和酒母共同发酵能够更好的利用丢糟中的淀粉,发酵丢糟酒的效果较好,提高了淀粉的利用率。可能是由于酵母的加入方式为液态,可以更好将酵母、麸曲和酒醅混合,促进了淀粉的利用^[21]。

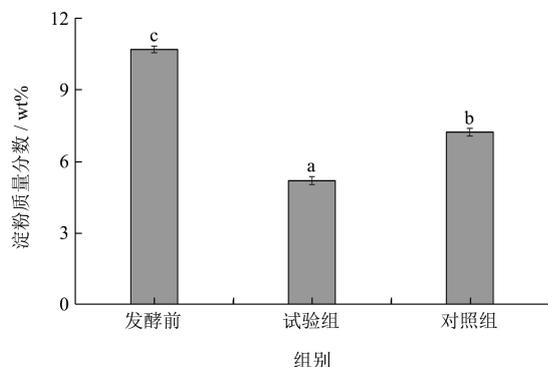


图4 丢糟发酵前后淀粉含量的比较

Fig.4 Comparison of starch content before and after distiller's grains fermentation

2.5 酒醅出酒量的比较

表1 试验组和对照组的出酒量对比

Table 1 Comparison of alcohol output between the test group and the control group

组别	理论出酒量 /mL	实际出酒量 /mL	淀粉出酒率 /%
试验组	257.00±5.00	238.00±8.00	92.66*
对照组	162.00±13.00	134.00±7.00	82.75

注:“*”表示试验组和对照组具有显著差异 ($p < 0.05$)。

根据 2.3.3 发酵前后酒醅中淀粉含量的消耗,分别计算出 5.00 kg 酒醅理论出酒量,得到试验组和对照组的理论出酒量分别为 257.00 mL 和 162.00 mL; 试验组和对照组 5.00 kg 酒醅实际蒸馏得到 60% vol 酒的量分别为 238.00 mL 和 134.00 mL, 试验组出酒量高出对照组 104.00 mL, 约为对照组的 1.78 倍。结果见表 1, 可知试验组和对照组的淀粉出酒率分别为 92.66%、82.75%。由此可见,相比于对照组,试验组不仅更多的利用了丢糟中的淀粉,而且还增加了淀粉出酒率。这是由于麸曲和酵母醪液均匀混合,作用于酒醅的各个部位,能够将更多的淀粉转化为葡萄糖,利于酵母菌的产酒;在发酵前进行了酵母的复苏增殖,避免了由于丢糟内部酸度大^[4]等不利因素对酵母复苏增殖的影响,尤其是乳酸会抑制酿酒酵母的活性^[12,27]。大量活化后的酵母在接触丢糟后可快速开始酒精发酵。试验组采用“麸曲接种 0.40%+酵母接种量每千克丢糟 1.00×10^{10} 个”的模式与对照组小曲的接种量 0.80%相比,查询了市售麸皮、小曲和粮食的价格,

通过计算得到试验组处理 1 t 丢糟用曲费用约为 150 元,出酒 47.60 L; 对照组处理 1 t 丢糟用曲费用约为 260 元,出酒 26.80 L。表明“麸曲+酵母”的模式较用商品小曲的传统模式,更加节约成本,提高出酒量。

2.6 丢糟酒风味分析

表2 试验组和对照组白酒中的风味成分种类及质量浓度 (mg/L)

Table 2 Types and contents of flavor components in liquor of experimental group and control group (mg/L)

物质名称	试验组质量浓度	对照组质量浓度
丙醇	44.38±2.26	39.61±1.88
异丁醇	226.50±8.04	182.98±14.43
正丁醇	4.27±0.77	4.12±0.28
异戊醇	523.94±13.96	492.60±12.28
正戊醇	0.84±0.10	0.71±0.12
正己醇	3.36±0.19	-
2,3-丁二醇	1.59±0.03	0.98±0.10
正辛醇	1.36±0.11	1.03±0.13
苯乙醇	17.82±2.05	-
2-乙氧基乙醇	4.27±0.14	5.69±0.14
戊乙二醇	-	8.36±0.11
2-乙基乙醇	1.36±0.21	1.60±0.14
乙酸	60.61±3.44	66.73±4.26
异丁酸	4.24±0.10	5.37±0.19
丁酸	4.44±0.22	3.18±0.06
4-甲基戊酸	3.45±0.04	-
己酸	265.25±12.67	272.65±11.27
草氨酸乙酯	1.11±0.06	-
乙酸乙酯	249.00±5.61	228.76±14.51
乙酸异戊酯	4.63±0.06	5.52±0.42
戊酸乙酯	0.60±0.07	0.68±0.07
己酸乙酯	443.69±10.80	436.81±8.15
乳酸乙酯	460.90±29.96	418.80±18.73
辛酸乙酯	16.87±1.38	11.45±0.74
癸酸乙酯	33.83±1.14	24.02±1.25
丁二酸二乙酯	0.63±0.07	-
亚油酸乙酯	49.95±2.82	55.21±2.25
十二酸乙酯	33.02±1.22	25.04±0.85
十四酸乙酯	18.22±0.86	14.34±0.86
十五酸乙酯	3.51±0.14	4.38±0.35
十六酸乙酯	320.49±10.63	286.20±5.60
9-十六碳烯酸乙酯	11.14±0.09	11.02±0.18
十八酸乙酯	4.58±0.25	4.54±0.26
甲酸己酯	-	2.16±0.18

注：“-”表示未检出该物质。

通过 GC-MS 法分析试验组和对照组酒样的风味物质。试验组和对照组丢糟酒中的风味物质种类和含量,如表 2 所示。结果发现,试验组有 32 种风味物质,对照组有 29 种风味物质,两组试验的风味物质种类和含量相差不大。且试验组的己酸和己酸乙酯含量分别为 265.25、443.69 mg/L;对照组的己酸和己酸乙酯含量分别为 272.65、436.81 mg/L。说明“麸曲+酒母”新模式酿造的丢糟酒与商品小曲酿造的丢糟酒在风味物质方面几乎无差异,新模式酿造的丢糟酒与商品小曲酿造的丢糟酒的风格相近。

以浓香型白酒丢糟为原料,试验组和对照组酿造的丢糟酒依然具备浓香型风味特点。可能是因为酒醅中残留的浓香型白酒的风味物质,例如非挥发性有机酸等,在发酵过程与乙醇发生酯化反应;酒醅中可能还存有梭状芽孢杆菌,丢糟酒发酵过程为其提供了生长繁殖条件,梭状芽孢杆菌代谢产生了相关风味物质,其原因还有待进一步研究。

3 结论

高糖化力 JQ-1 麸曲的制备,糖化酶活力为 1 507.91 U/g,满足丢糟酒的酿造需求。酵母在不同粮食糊化料液中进行复苏增殖,五粮糊化料液和高粱糊化料液的酵母生长最好,酵母数量在原基础上分别提高了近 700 倍、450 倍。

分别探讨了酵母接种量和麸曲接种量对丢糟酒酿造的影响,分别得到酵母的最佳接种量为每千克丢糟 1.00×10^{10} 个,麸曲的接种量为 0.40wt%,在此条件下酿造丢糟酒,淀粉消耗、淀粉出酒率和出酒量均比较高。以商品小曲作为对照,试验组的淀粉消耗量和淀粉出酒率均高于对照组。采用“麸曲+酵母”新模式酿造丢糟酒,淀粉消耗能力和产酒能力均高于商品小曲。

通过比较试验组和对照组的风味物质,两组丢糟酒的风味物质种类和含量均相差不大,且具有浓香型白酒的特征。

本研究基于实验室建立的酿造模型,采用“麸曲+酵母”新模式酿造丢糟酒,降低了丢糟用曲的使用量和丢糟酒的生产成本。为白酒行业处理丢糟或其他难利用淀粉提供了一种新方法和理论指导。

参考文献

- [1] Jin G Y, Zhu Y, Xu Y. Mystery behind Chinese liquor fermentation [J]. Trend Food Sci Technol, 2017, 63: 18-28
- [2] 沈怡方.白酒生产技术全书[M].北京:中国轻工业出版社,

1998:19

- [3] 高铭坤,温广宇,钱芳.微生物对白酒酒糟的转化利用研究进展[J].食品与机械,2018,34(2):192-194
- [4] 孔博,蔡林洋,徐健,等.浓香型白酒糟基本成分检测与酶水解[J].酿酒,2020,47(1):79-83
- [5] 李芳香,张稳,郁建平,等.茅台酱香型酒糟基本成分的测定与分析[J].贵州农业科学,2016,44(9):114-116
- [6] Yang T W, Rao Z M, Zhang X, et al. Economic conversion of spirit-based distillers' grain to 2,3-butanediol by *Bacillus amyloliquefaciens* [J]. Process Biochem, 2015, 50(1): 20-23
- [7] He M L, Stanford K, Dugan M E R, et al. Association of leptin genotype with growth performance, adipocyte cellularity, meat quality, and fatty acid profile in beef steers fed flaxseed or high-oleate sunflower seed diets with or without triticale dried distiller's grains [J]. Journal of Animal Science, 2020, 98(4): skaa104
- [8] Shen J S, Li Z P, Yu Z T, et al. Effects of dietary replacement of soybean meal with dried distillers grains with solubles on the microbiota occupying different ecological niches in the rumen of growing Hu lambs [J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2020, 11: 93
- [9] Zhai S S, Tian L, Zhang X F, et al. Effects of sources and levels of liquor distiller's grains with solubles on the growth performance, carcass characteristics, and serum parameters of cherry valley ducks [J]. Poultry Science, 2020, 99(11): 6258-6266
- [10] 宗绪岩,王祥余,李丽,等.芝麻香型丢糟酒生产过程中糖化酶的应用[J].食品工业科技,2018,39(7):78-82
- [11] 苏晓丽,樊建辉,张振科,等.仰韶生物酯化液提高丢糟酒酒体丰满度的研究和应用[J].酿酒科技,2019,11:43-48
- [12] Wang S P, Zhong X Z, Wang T T, et al. Aerobic composting of distilled grain waste eluted from a Chinese spiritmaking process: The effects of initial pH adjustment [J]. Bioresource Technol, 2017, 245(22): 778-785
- [13] Huang R, Wang Y Y, Liu J, et al. Partial substitution of chemical fertilizer by organic materials changed the abundance, diversity, and activity of nirS-type denitrifying bacterial communities in a vegetable soil [J]. Appl Soil Ecol, 2020, 152(13): 73-79
- [14] Zhou X B, Zheng P. Spirit-based distillers' grain as a promising raw material for succinic acid production [J]. Biotechnol Lett, 2013, 35(5): 679-684
- [15] Tan L, Sun Z Y, Zhang W X, et al. Production of bio-fuel ethanol from distilled grain waste eluted from Chinese spirit making process [J]. Bioproc Biosystem Eng, 2014, 37(10):

- 2031-2038
- [16] Fu S F, Xu X H, Dai M, et al. Hydrogen and methane production from vinasse using two-stage anaerobic digestion [J]. *Process Saf Environ Protect*, 2017, 107: 81-86
- [17] Ao T, Li R, Chen Y, et al. Anaerobic thermophilic digestion of maotai-flavored distiller's grains: process performance and microbial community dynamics [J]. *Energy Fuels*, 2019, 33(9): 8804-8811
- [18] Lv J W, Ao X Q, Li Q, et al. Steam co-gasification of different ratios of spirit-based distillers' grains and anthracite coal to produce hydrogen-rich gas [J]. *Bioresource Technol*, 2019, 283: 59-66
- [19] 张瑞景,汪江波,蔡凤娇,等.白酒糟生产丢糟酒的研究进展[J].*中国酿造*,2020,39(6):17-21
- [20] 张海英,王涛,游玲,等.5株酵母菌在浓香型白酒丢糟酒生产中的初步应用[J].*食品工业*,2017,38(10):154-157
- [21] 王祥余,刘杰,田小敏,等.浓香型白酒丢糟酒生产的实验室模型建立[J].*食品研究与开发*,2016,37(16):96-99
- [22] 郑自强,卫春会,张立伟,等.中高温大曲中霉菌分离及其麸曲制备[J].*现代食品科技*,2022,38(1):165-172
- [23] QB/T 4259-2011,酿酒大曲通用分析方法[S]
- [24] 王福荣.酿酒分析于检查[M].北京:化学工业出版社,2012
- [25] 姚亚林,黄治国,邓霖,等.不同五粮配方的成分解析及其酿造特性对比研究[J].*中国酿造*,2020,39(7):89-94
- [26] 汤佳鑫.啤酒酵母在不同碳源条件下中间代谢途径关键酶活性分析[D].大连:大连工业大学,2008
- [27] Tristezza M, Feo L, Tufariello M, et al. Simultaneous inoculation of yeasts and lactic acid bacteria: Effects on fermentation dynamics and chemical composition of Negroamaro wine [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2016, 66: 406-412