

6种益生菌及其添加方式对发酵米酒品质的影响

Comparison of fermentation effects of six kinds of probiotics on rice wine

黄治国¹ 蒲领平¹ 任志强¹ 程国富² 邓杰¹

HUANG Zhi-guo¹ PU Ling-ping¹ REN Zhi-qiang¹ CHENG Guo-fu² DENG Jie¹

(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. 四川宇晟酒业投资管理有限公司成都分公司, 四川 成都 610000)

(1. Sichuan University of Science & Engineering, Liquor Brewing Biotechnology and Application Key Laboratory of Sichuan Province, Yibin, Sichuan 644000, China; 2. Chengdu Branch of Sichuan Yusheng Liquor Investment Management Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610000, China)

摘要:目的:探究不同益生菌及其添加方式对米酒制作效果的影响。方法:以糯米为原料,通过外源添加鼠李糖乳杆菌 BV-77、发酵乳杆菌 TSF-331、唾液乳杆菌 AP-32、约氏乳杆菌 MH-68、嗜酸乳杆菌 TYCA-06、干酪乳杆菌 CS-773 酿制益生菌米酒,对比只添加糖化酶、同时添加糖化酶和酵母以及添加方式(益生菌麸曲和益生菌菌粉)对米酒酒精度、还原糖、总酸和感官质量的影响。结果:酵母对益生菌米酒的发酵有促进作用,可显著提高米酒酒精度和还原糖含量。利用发酵乳杆菌菌粉同时添加用量为 200 U/g 的糖化酶和 0.04% 的酵母,在 30 °C 发酵 3 d 的米酒发酵效果最佳,酒精度和还原糖含量达到最高,分别为 7.20% vol 和 270.00 mg/mL,总酸含量达到最低,为 8.40 mL/L,酿造出的米酒口感较为浓郁。结论:发酵乳杆菌是 6 种益生菌中最适宜酿造米酒的益生菌。

关键词:米酒;益生菌;添加方式;糖化酶;酵母;感官质量

Abstract: Objective: This study aimed to investigate the effects of 6 kinds of probiotics and their different adding ways on the production of rice wine. Methods: The probiotic rice wine was prepared by adding *Lactobacillus rhamnosus* BV-77, *Lactobacillus fermentans* TF-331, *Lactobacillus saliva* AP-32, *Lactobacillus johnsoni* MH-68, *Lactobacillus acidophilus* TYCA-06 and *Lactobacillus casei* CS-773. To compare the effects of saccharifying enzyme alone, saccharifying enzyme and yeast at the same time and adding methods (probiotic bran koji and

probiotic powder) on alcohol content, reducing sugar, total acid and sensory quality of rice wine. Results: Yeast can promote the fermentation of probiotic rice wine and significantly improve the alcohol content and reducing sugar content of rice wine. The rice wine was fermented at 30 °C for 3 days by adding 200 U/g saccharifying enzyme and 0.04% yeast, with the highest alcohol content and reducing sugar content of 7.20% vol and 270.00 mg/mL, respectively, and the lowest total acid content of 8.40 mL/L. The rice wine is relatively rich in taste. Conclusion: *Lactobacillus fermentans* is the most suitable probiotics for rice wine brewing among 6 kinds of probiotics.

Keywords: rice wine; probiotics; adding method; saccharifying enzyme; yeast; sensory quality

米酒是中国的传统发酵酒。由于富含氨基酸、维生素、有机酸及矿物质等成分,米酒一直被当成一种滋补食品^[1-2]。目前大多数新型米酒还处于研究和开发阶段,能够在市场中畅销的并不多^[3]。益生菌具有改善人体肠道菌群结构^[4]、削弱致病因子、降低胆固醇^[5-6]、提高人体免疫力的功能^[7-8]。随着对益生菌保健功能的认识以及益生机理的不断揭示,益生菌相关食品的开发成为目前食品领域的研究热点。在米酒发酵中添加具有某些特性的益生菌,可提高其营养价值、改良其风味。

乳酸菌(LAB)是对人体健康有益的益生菌,多用于生产发酵乳制品^[9-11],而在酒类酿造中的应用较少。乳酸杆菌由最初的浸米过程中产生,到随着酒曲的接入以及酿造过程中随着米酒发酵条件变化而产生,乳酸杆菌在米酒的酿造过程中无处不在,其在米酒酿造过程中产生的乙酯类化合物则是米酒中重要的香气物质^[12]。因此,乳酸杆菌对米酒发酵具有重要影响。而目前将益生菌乳酸杆菌应用到米酒生产的研究鲜见报道。

研究拟探讨 6 种益生菌乳酸杆菌(鼠李糖乳杆菌 BV-

基金项目:四川轻化工大学研究生创新基金项目(编号: y2020056, y2021051);四川轻化工大学校级大学生创新创业训练计划项目(编号: cx2020113);产学研合作项目(编号: HX2020128)

作者简介:黄治国,男,四川轻化工大学教授,博士生导师,博士。

通信作者:邓杰(1988—),男,四川轻化工大学实验师,硕士。

E-mail: 380553839@qq.com

收稿日期:2021-09-28

改回日期:2022-10-17

77、干酪乳杆菌 CS-773、发酵乳杆菌 TSF-331、唾液乳杆菌 AP-32、约氏乳杆菌 MH-68、嗜酸乳杆菌 TYCA-06)在只添加糖化酶、同时添加糖化酶和酵母以及不同的添加方式下对米酒发酵效果的影响,通过对益生菌菌粉与益生菌麸曲发酵米酒的酒精度、还原糖、总酸及感官评分结果进行对比,以期找到最适宜酿造米酒的益生菌,为生产优质新型米酒提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

糯米、麸皮:市售;

糖化酶:酶活力为 4 万 U/g,江苏博立生物制品有限公司;

酒精活性干酵母:成都醇中醇酒曲有限公司;

益生菌菌粉:鼠李糖乳杆菌 BV-77、发酵乳杆菌 TSF-331、唾液乳杆菌 AP-32、约氏乳杆菌 MH-68、嗜酸乳杆菌 TYCA-06、干酪乳杆菌 CS-773,安徽锦乔生物科技有限公司;

磷酸氢二钾、硫酸镁、硫酸锰、乙酸钠、葡萄糖、酒石

酸钾钠、氢氧化钠、硫酸、苯酚、柠檬酸氢二铵:分析纯,成都市科隆化学品有限公司。

1.2 主要仪器设备

生化培养箱:LRH-150-B 型,广东泰宏君科学仪器股份有限公司;

立式自动压力蒸汽灭菌锅:CI54DS 型,致微(厦门)仪器有限公司;

电热恒温培养箱:DH4000B2 型,天津市泰斯特仪器有限公司;

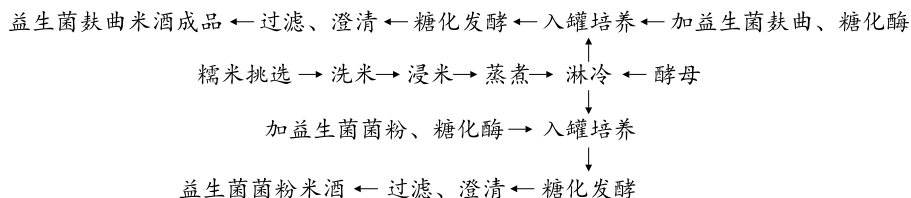
干燥箱:LS-0610 型,杭州乐乾科学仪器有限公司;

紫外可见分光光度计:UV-1200 型,上海翱艺仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 益生菌麸曲制作 称取 50.00 g 麸皮于 500.00 mL 三角瓶中,加入 50.00 mL 去离子水,灭菌后分别添加 6 种益生菌菌粉 1.00 g,在 28 °C 培养 4~5 d,于 40 °C 烘干并打碎,可制成相应的益生菌麸曲。

1.3.2 不同米酒的酿造工艺流程



操作要点:

(1) 糯米挑选:原料要求颗粒饱满,无虫蛀、无霉变、无其他杂质。

(2) 洗米、浸米:每份取 300.00 g 糯米,淘洗干净后浸泡 4~5 h,直到糯米可以揉碎即可。

(3) 蒸饭:用高压蒸汽锅蒸 40.00 min 左右。

(4) 淋冷:将蒸好的饭放于摊凉的容器中,加入 70.00~80.00 °C 的热水,边拌边淋,使米饭快速降温至 35.00 °C 左右,避免因缓慢冷却导致微生物污染。

(5) 加菌加酵母:

益生菌麸曲米酒:益生菌麸曲添加量为 0.80%,糖化酶用量为 200 U/g,活化后加至米饭中,搅拌和匀。

益生菌菌粉米酒:添加益生菌菌粉 1.00 g,200 U/g 的糖化酶于米饭中搅拌均匀。

只在研究酵母对益生菌麸曲米酒或益生菌菌粉米酒的影响时,添加 0.04% 的酵母(以原料的干重计),在酿造益生菌麸曲米酒和益生菌菌粉米酒时不添加酵母。

(6) 糖化发酵:将加曲后的糯米装入发酵罐中,搭成喇叭型的凹窝,用保鲜膜密封发酵,置于 28.00 °C 的培养箱中培养 3 d。

(7) 过滤:用 4 层纱布过滤醪糟得到原液成品米酒,后续可用于理化分析和感官评价。

(8) 煎酒:60.00 °C 灭菌 30.00 min。

1.3.3 理化指标测定

(1) 酒精体积分数:按 GB/T 15038—2006 的酒精计法执行。

(2) 还原糖:3, 5-二硝基水杨酸法^[13]。

(3) 总酸:按 GB/T 13662—2008 的氢氧化钠滴定法执行。

1.3.4 感官分析 采用定量描述分析法对益生菌米酒的香气成分进行评价。感官培训参照文献[14—15],选择 10 位经过培训的感官品评员(5 男 5 女)在独立的品评间进行品评,米酒的基本口感特征评价按照 5 点标度法,分别对酸、甜、苦、鲜和涩味打分,0~5 分别表示感觉强烈程度逐渐增大,最终评分取平均值。

1.3.5 数据处理 每组试验均重复 3 次,试验结果均用“平均值±标准偏差”表示,用 SPSS 22.0 统计软件进行分析。

2 结果与讨论

2.1 益生菌米酒和益生菌麸曲米酒理化性质的比较

2.1.1 酒精含量 为了研究添加酵母对 6 种益生菌米酒和益生菌麸曲酿造米酒酒精含量的影响,结果发现添加酵母可显著提高这两种米酒的酒精含量。如图 1(a)所示,添加酵母后嗜酸乳杆菌、鼠李糖乳杆菌、发酵乳杆菌

酿制的米酒的酒精含量分别提高了 24.39%, 21.43%, 18.85%; 如图 1(b) 所示, 唾液乳杆菌、干酪乳杆菌麸曲酿制的米酒的酒精含量分别提高了 33.33%, 26.67%; 而约氏乳杆菌、嗜酸乳杆菌、发酵乳杆菌麸曲酿制的米酒酒精含量仅提高了 2.00% 左右, 可能因为这些菌种在发酵过程产生了乳酸及营养竞争等原因影响了酵母酒精发酵的过程^[16]。

2.1.2 还原糖的比较 由图 2 可知, 加入酵母可提高米酒的还原糖含量; 其中, 鼠李糖乳杆菌酿制的米酒还原糖含量最多, 显著高于其他各组 ($P < 0.05$), 可能是因为鼠李糖乳杆菌能在短时间内降解原料中的淀粉产生更多的还原糖^[17]。如图 2(b) 所示, 还原糖含量提高最多的是发酵乳杆菌麸曲酿制的米酒, 提高了 18.37%, 而约氏乳杆菌麸曲酿制米酒的只提高了 0.36%, 可能是由于发酵时间较短, 糖类还未转化成酒精, 导致不同益生菌对糖类转化为酒精和有机酸的影响不同。

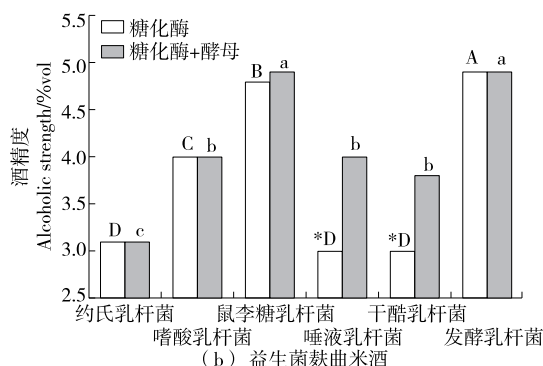
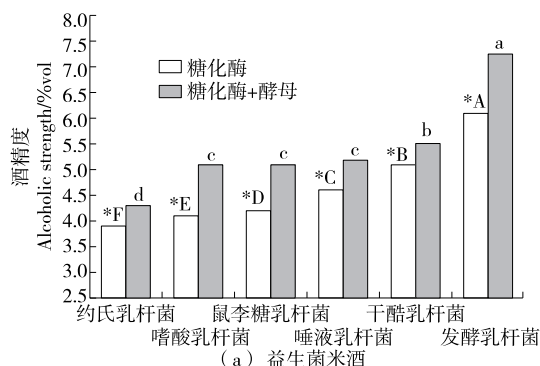
2.1.3 总酸含量的比较 由图 3 可知, 添加酵母后大部分米酒总酸含量均有所下降。添加酵母后, 利用发酵乳杆菌酿制米酒的总酸含量下降最多, 而唾液乳杆菌、嗜酸

乳杆菌和发酵乳杆菌麸曲酿制的米酒的总酸含量分别降低了 12.06%, 9.24%, 6.20%。而约氏乳杆菌酿制米酒、干酪乳杆菌麸曲酿制米酒的总酸含量却分别提高了 7.84% 和 7.54%, 可能由于这两种菌在发酵过程中能发酵碳水化合物产生乳酸, 且具有良好的产酸特性以及抗逆性^[18-19]。

2.2 益生菌添加方式对米酒发酵的影响

2.2.1 酒精含量 由图 4 可知, 在不同添加方式下得到的米酒酒精含量有所差异。除鼠李糖乳杆菌外, 只添加糖化酶的益生菌菌粉酿造的米酒酒精含量高于益生菌麸曲的, 可能是鼠李糖乳杆菌麸曲的糖化能力较强, 使得原料中的淀粉酶解为还原糖的含量增加, 导致发酵产生的酒精含量高^[20]; 与只添加糖化酶相比, 酵母的添加可提高米酒酒精含量, 并且添加益生菌菌粉比添加益生菌麸曲效果更好。研究^[21]表明, 酿造米酒酒精度一般在 5.00%~14.00% vol, 结合 2.1.1 发酵试验, 进一步证实了发酵乳杆菌菌粉、干酪乳杆菌菌粉、唾液乳杆菌菌粉更适宜酿造米酒。

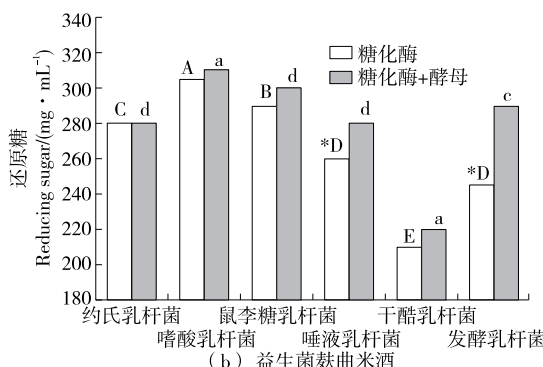
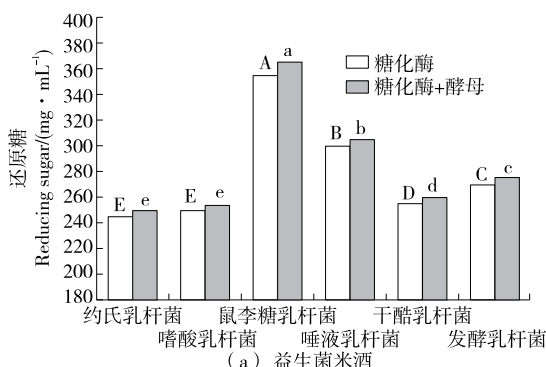
2.2.2 还原糖含量 由图 5(a) 可知, 益生菌菌粉酿造的米酒的还原糖含量总体上高于益生菌麸曲酿造的米酒;



字母不同(只加糖化酶组:大写字母;添加糖化酶和酵母组:小写字母)表示不同益生菌米酒的差异显著 ($P < 0.05$); “*”表示同种益生菌不同组米酒的差异显著 ($P < 0.05$)

图 1 益生菌米酒和益生菌麸曲米酒酒精含量比较

Figure 1 Comparison of alcohol content between probiotic rice wine and probiotic bran yeast rice wine



字母不同(只加糖化酶组:大写字母;添加糖化酶和酵母组:小写字母)表示不同益生菌米酒的差异显著 ($P < 0.05$); “*”表示同种益生菌不同组米酒的差异显著 ($P < 0.05$)

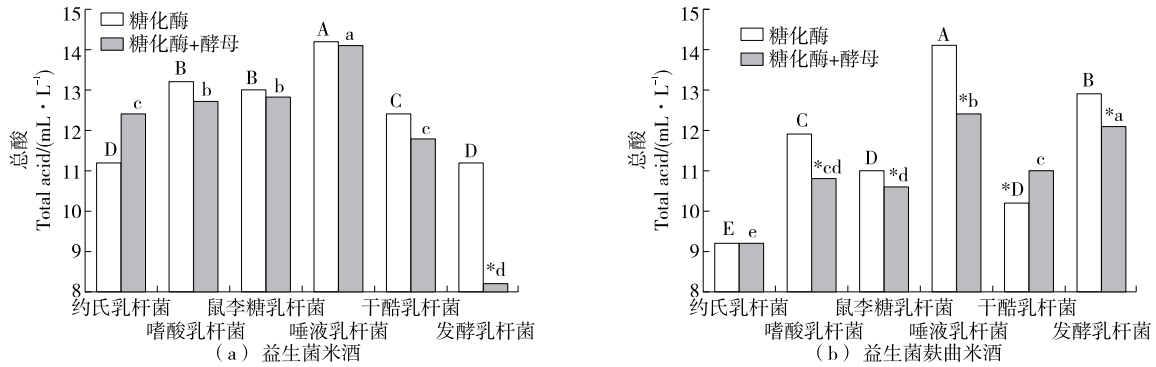
图 2 益生菌米酒和益生菌麸曲米酒还原糖含量比较

Figure 2 Comparison of reducing sugar content between probiotic rice wine and probiotic bran rice wine

相比益生菌菌粉酿造的米酒,唾液乳杆菌、鼠李糖乳杆菌麸曲酿造米酒的还原糖含量有所提高,可能是因为麸曲的糖化能力加强使得原料中淀粉质的转化率提高,进而在短时间内产生了更多的还原糖^[22];而其他菌种的还原糖含量却有所下降,可能是糖类转化成了甘油和有机酸。由图 5(b)可知,在相同的发酵条件下,鼠李糖乳杆菌、唾

液乳杆菌、干酪乳杆菌菌粉酿造的米酒的还原糖含量显著高于其麸曲酿造的($P<0.05$),其他几种菌株相反。表明益生菌的加入对米酒的还原糖含量有一定影响,产糖的含量根据益生菌自身的特性而定。

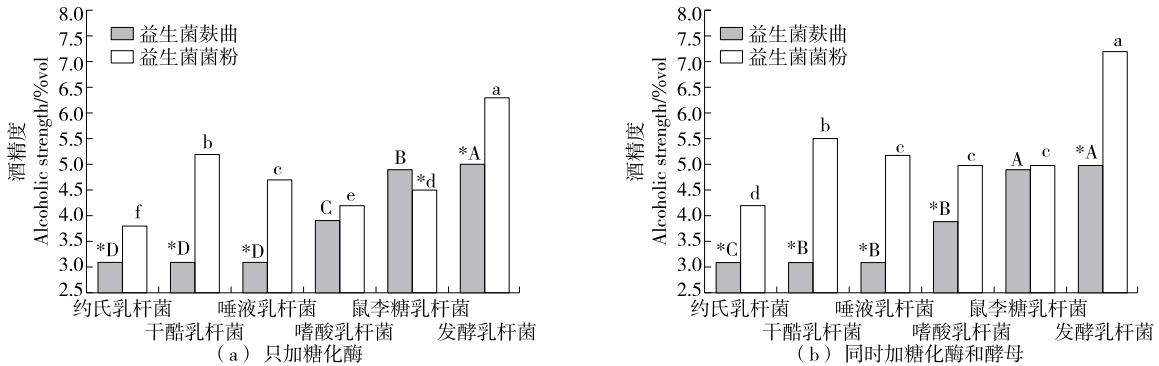
2.2.3 总酸含量 如图 6(a)所示,在只加糖化酶的条件下,益生菌菌粉酿造的米酒总酸含量均有显著差异



字母不同(只加糖化酶组:大写字母;添加糖化酶和酵母组:小写字母)表示不同益生菌米酒的差异显著($P<0.05$);“*”表示同种益生菌不同组米酒的差异显著($P<0.05$)

图 3 益生菌米酒和益生菌麸曲米酒总酸含量比较

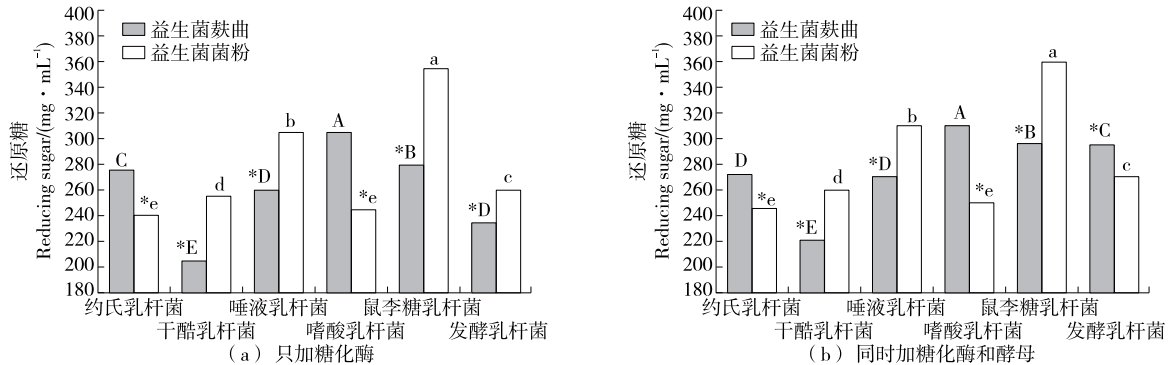
Figure 3 Comparison of total acid content between probiotic rice wine and probiotic bran koji rice wine



字母不同(益生菌麸曲组:大写字母;益生菌菌粉组:小写字母)表示不同益生菌样品之间差异显著($P<0.05$);“*”表示同种益生菌不同添加方式的米酒的差异显著($P<0.05$)

图 4 益生菌不同添加方式的米酒酒精度含量

Figure 4 The alcohol content of rice wine with different probiotics addition methods



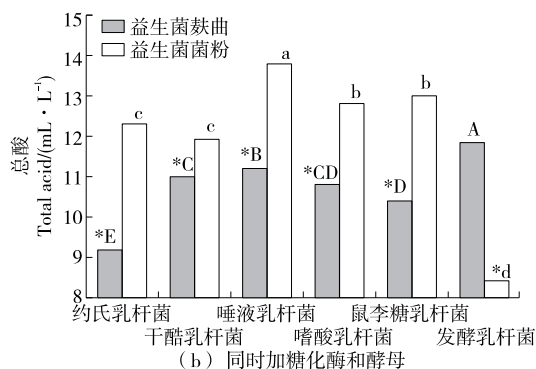
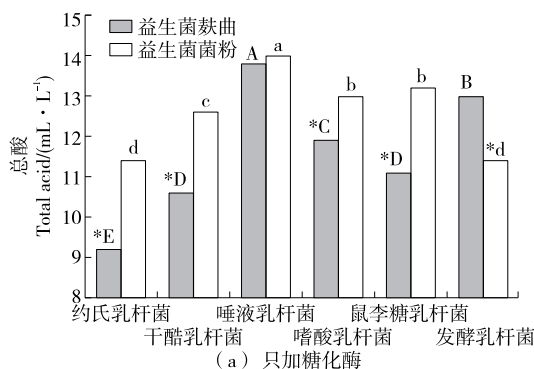
字母不同(益生菌麸曲组:大写字母;益生菌菌粉组:小写字母)表示不同益生菌样品之间差异显著($P<0.05$);“*”表示同种益生菌不同添加方式的米酒的差异显著($P<0.05$)

图 5 益生菌不同添加方式的米酒还原糖含量

Figure 5 Reducing sugar content of rice wine in different ways of probiotics addition

($P < 0.05$); 添加唾液乳杆菌菌粉米酒的总酸含量最高 (14.30 mL/L), 而约氏乳杆菌麸曲米酒的总酸含量最低 (9.20 mL/L)。如图 6(b) 所示, 同时添加酵母和糖化酶时, 不同添加方式下米酒的总酸含量均有所提高, 可能是酵母菌呼吸作用产生的二氧化碳促进了同一环境下乳酸

杆菌的生长^[23], 乳酸杆菌进一步通过戊糖磷酸途径产生乳酸^[24], 导致总酸含量增加; 添加发酵乳杆菌菌粉米酒的总酸含量最低 (8.40 mL/L), 且在口感上酸甜适口; 结合上述发酵试验结果来看, 发酵乳杆菌菌粉在同时加糖化酶和酵母的添加方式下酿出的米酒最佳。



字母不同(益生菌麸曲组: 大写字母; 益生菌菌粉组: 小写字母)表示不同益生菌样品之间差异显著 ($P < 0.05$); “*”表示同种益生菌不同添加方式的米酒的差异显著 ($P < 0.05$)

图 6 益生菌不同添加方式的米酒总酸含量

Figure 6 Total acid content of rice wine with different probiotics addition methods

2.3 感官评价

分别对酒样的酸、甜、苦、鲜、涩 5 种主要口感特征进行强度打分, 不同种类益生菌发酵的米酒感官评价雷达图见图 7。各米酒样品的口感特征差别较大, 发酵乳杆菌与嗜酸乳杆菌酿制米酒的各项评分均较为接近, 唾液乳杆菌和约氏乳杆菌的感官得分较低, 可能与酿造条件有关, 导致给米酒风味造成负面影响。总体来看, 采用发酵乳杆菌发酵米酒时酒体自然清香, 无异味, 甜酸适口, 醇正绵和, 具米酒特有的风味。因此, 确定发酵乳杆菌为开发益生菌米酒的最佳菌种。

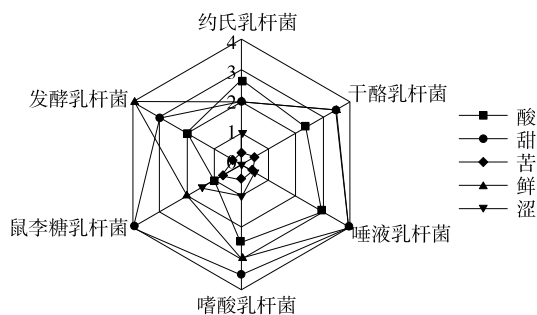


图 7 感官分析雷达图

Figure 7 Radar map of sensory analysis

3 结论

研究了添加酵母及不同益生菌添加方式对米酒品质的影响, 通过对米酒的酒精度、还原糖、总酸和感官评分进行比较分析, 得出添加 1.00 g 发酵乳杆菌菌粉、0.04% 酵母和 200 U/g 糖化酶酿造的米酒效果最好, 其酒精度为 7.20% vol, 还原糖含量为 270.00 mg/mL, 总酸含量

8.40 mL/L, 且口感较浓郁。乳酸杆菌与酵母混合发酵能提高食品的益生特性, 其中添加发酵乳杆菌的益生菌酸奶的感官得分很高。后期可对发酵乳杆菌的性能及在米酒发酵工艺中的应用进一步研究验证。

参考文献

- [1] 李永波, 王荣丽, 肖国学, 等. 红曲甜米酒主要营养成分的检测[J]. 黔南民族师范学院学报, 2016(5): 102-106.
LI Y B, WANG R L, XIAO G X, et al. Analysis of the main nutrients of red koji rice wine[J]. Journal of Qiannan Normal University for Nationalities, 2016(5): 102-106.
- [2] SHEN F, NIU X, YANG D, et al. Determination of amino acids in chinese rice wine by fourier transform near-infrared spectroscopy[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(17): 9 809-9 816.
- [3] 闻峰. 中国新型米酒产品的研究与开发现状[J]. 食品工程, 2007(2): 16-17.
WEN F. Research and development status of new rice wine products in China[J]. Food Engineering, 2007(2): 16-17.
- [4] 张扬, 袁杰利. 肠道益生菌对机体免疫功能的影响[J]. 中国微生物生态学杂志, 2003, 15(4): 246-248.
ZHANG Y, YUAN J L. Effects of intestinal probiotics on immune function[J]. Chinese Journal of Microecology, 2003, 15(4): 246-248.
- [5] DIEHL G E, LONGMAN R S, ZHANG J X, et al. Microbiota restricts trafficking of bacteria to mesenteric lymph nodes by CX3CR1hi cells[J]. Nature, 2013, 494(7 435): 116-120.
- [6] 肖琳琳, 董明盛. 干酪乳杆菌 KM-16 的筛选及其降胆固醇活性研究[J]. 中国乳品工业, 2003, 4(6): 7-10.
XIAO L L, DONG M S. Screening of Lactobacillus casei KM-16

- and its cholesterol-lowering activity[J]. China Dairy Industry, 2003, 4(6): 7-10.
- [7] VINDEROLA C G, MOCCHIUTTI P, REINHEIMER J A. Interactions among lactic acid starter and Probiotic Bacteria used for fermented dairy products[J]. Journal of Dairy Science, 2002, 85(4): 720-729.
- [8] LAMAS B, MATHIS L, RICHARD H, et al. Caspase recruitment domain 9, microbiota, and tryptophan metabolism: Dangerous liaisons in inflammatory bowel diseases[J]. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care, 2017, 20(4): 243.
- [9] MAITY T K, MISRA A K. Probiotics and human health: Synoptic review [J]. African Journal of Food Agriculture Nutrition & Development, 2009, 9(8): 1 778-1 796.
- [10] 胡会萍. 益生菌及其在功能食品中的应用[J]. 食品研究与开发, 2007(2): 173-175.
- HU H P. Probiotics and their application in functional food[J]. Food Research and Development, 2007(2): 173-175.
- [11] SANDERS M E. Overview of functional foods: Emphasis on Probiotic Bacteria [J]. International Dairy Journal, 1998, 8(5/6): 340-347.
- [12] 莫依灿, 钟伟俊, 何湛, 等. 黄酒中乳酸菌的研究进展[J]. 中国酿造, 2015, 34(9): 5-8.
- MO Y C, ZHONG W J, HE Z, et al. Research progress of lactic acid bacteria in rice wine[J]. China Brewing, 2015, 34(9): 5-8.
- [13] MILLER G L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar[J]. Analytical Chemistry, 1959, 31(3): 426-428.
- [14] YANG Y J, XIA Y J, WANG G Q, et al. Effect of mixed yeast starter on volatile flavor compounds in Chinese rice wine during different brewing stages[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 78: 373-381.
- [15] 王琼波. 模糊综合评价法在米酒感官评价中的应用[J]. 饮料工业, 2014, 17(6): 42-44.
- WANG Q B. Application of fuzzy comprehensive evaluation method in sensory evaluation of rice wine[J]. Beverage Industry, 2014, 17(6): 42-44.
- [16] NARENDRANATH N V, HYNES S H, THOMAS K C, et al. Effects of *Lactobacilli* on yeast-catalyzed ethanol fermentations[J]. Appl Environ Microbiol, 1997, 63(11): 58-63.
- [17] 杨红梅, 林汉亮. 鼠李糖乳杆菌在酸奶中的应用研究[J]. 新疆畜牧业, 2011(10): 30-32.
- YANG H M, LIN H L. Application of *Lactobacillus rhamnosus* in yoghurt[J]. Xinjiang Animal Husbandry, 2011(10): 30-32.
- [18] OGAWA M, SHIMIZU K, NOMOTO K, et al. Inhibition of in vitro growth of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157: H7 by probiotic *Lactobacillus* strains due to production of lactic acid [J]. Int J Food Microbiol, 2001, 68(1/2): 135-140.
- [19] 张桢, 朱晓峰, 崔雷鸿, 等. 猪源乳酸杆菌的安全性及抗逆性评价[J]. 畜牧与兽医, 2021, 53(1): 31-35.
- ZHANG Z, ZHU X F, CUI L H, et al. Evaluation of safety and stress resistance of *Lactobacillus* from pigs[J]. Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 201, 53(1): 31-35.
- [20] GERARDI C, TRISTEZZA M, GIORDANO L, et al. Exploitation of *Prunus mahaleb* fruit by fermentation with selected strains of *Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae* [J]. Food Microbiol, 2019, 84(12): 103-106.
- [21] 邹凌波, 王栋, 余海燕, 等. 基于理化指标和风味成分的酿造米酒分类及其相关特性分析[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(13): 78-84.
- ZOU L B, WANG D, YU H Y, et al. Classification and related characteristics analysis of brewed rice wine based on physical and chemical indexes and flavor components [J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(13): 78-84.
- [22] 赵恒山. 产糖化酶、液化酶菌株的筛选及麸曲的制备[D]. 晋中: 山西农业大学, 2017: 28-29.
- ZHAO H S. Screening of glycosylase and liquefaction enzyme strains and preparation of bran Qu [D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2017: 28-29.
- [23] BARTLE L, SUMBY K, SUNDBSTROM J, et al. The microbial challenge of wine making: Yeast-bacteria compatibility[J]. FEMS Yeast Res, 2019, 19(4): foz040.
- [24] REDDY G, ALTAF M, NAVEENA B J, et al. Amylolytic bacterial lactic acid fermentation: A review[J]. Biotechnology Advances, 2008, 26(1): 22-34.
- (上接第 56 页)
- [23] HOWARD A, SANDLER M, CHU G, et al. Searching for MobileNetV3 [C]// Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. Seoul: IEEE, 2019: 1 314-1 324.
- [24] ZHENG Z, WANG P, REN D, et al. Enhancing geometric factors in model learning and inference for object detection and instance segmentation[J]. IEEE Transactions on Cybernetics, 2021, 52(8): 8 574-8 586.
- [25] HU J, SHEN L, SUN G. Squeeze-and-excitation networks [C]// Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Salt Lake City: IEEE, 2018: 7 132-7 141.
- [26] HOU Q, ZHOU D, FENG J. Coordinate attention for efficient mobile network design [C]// Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Nashville: IEEE, 2021: 13 713-13 722.
- [27] WANG Q, WU B, ZHU P, et al. Supplementary material for 'ECA-Net': Efficient channel attention for deep convolutional neural networks [C]// Proceedings of the 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Seattle: IEEE, 2020: 13-19.
- [28] MA N, ZHANG X, SUN J. Funnel activation for visual recognition [C]// European Conference on Computer Vision. Cham: Springer, 2020: 351-368.