乳酸菌干预浸米过程对黄酒品质的影响

张振东,王　菲,王丹丹,尚雪娇,杨晓丽,郭　壮*

(湖北文理学院化学工程与食品科学学院,鄂西北传统发酵食品研究所,湖北　襄阳　441053)

摘　要:选取3株从黄酒中分离到的乳酸菌,对黄酒的浸米过程进行干预,分析了乳酸菌干预对黄酒的理化性质与滋味的影响,以期寻找能缩短黄酒浸米时间的优良乳酸菌菌株。结果表明,菌株w1、w2、w3均能有效缩短浸米时间,而菌株w2效果最优。菌株w1、w2、w3都对黄酒的理化性质与滋味产生显著影响。菌株w2处理使黄酒总酸含量显著增加,其中琥珀酸、酒石酸、柠檬酸与乳酸的含量均增加显著;总糖含量增加170%,其中木糖、葡萄糖与乳糖的含量均显著增加。而w1与w3的干预,使黄酒样品总酸度明显下降,总糖含量显著下降。基于试验结果,乳酸菌菌株w2具有较大的应用价值,是用于甜型黄酒浸米阶段处理的潜在菌株。

关键词:乳酸菌;浸米;黄酒;品质

Effect of Lactic Acid Bacteria Intervention on Quality of Rice Wine during Rice Soaking

ZHANG Zhen-dong, WANG Fei, WANG Dan-dan, SHANG Xue-jiao, YANG Xiao-li, GUO Zhuang*

(College of Chemical Engineering and Food Science, Hubei University of Arts and Science, Northwest Hubei Research Institute of Traditional Fermented Food, Xiangyang 441053, China)

Abstract: Three lactic acid bacteria strains, isolated from rice wine, were selected to intervene the rice soaking process of rice wine. The effects of lactic acid bacteria intervention on physicochemical properties and taste of rice wine were analyzed in order to screen excellent lactic acid bacteria strain which could shorten rice soaking time. The results showed that the strains w1, w2 and w3 could effectively reduce the rice soaking time, and the strain w2 showed the best effect. Strains w1, w2 and w3 had significant effects on the physicochemical properties and taste of rice wine. The total acids content of the rice wine treated with strain w2 increased significantly, in which the contents of succinic acid, tartaric acid, citric acid and lactic acid increased obviously, moreover, the sugar content increased by 170%. Among which xylose, glucose and lactose contents increased greatly. While the intervention by strain w1 or w3 significantly decreased the total acids and sugar contents of rice wines. In conclusion, strain w2 had higher application value and great potential in rice soaking of sweet rice wine.

Key words: lactic acid bacteria; rice soaking; rice wine; quality

中图分类号:TS261.1;TS262.4　**文献标识码**:A　DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2019.06.014

基金项目:湖北文理学院科研启动经费资助项目(2020170391);湖北文理学院大学生创新创业训练计划项目(2017);湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目(T201616)

作者简介:张振东(1985—),男,汉族,博士,讲师,研究方向:食品生物技术。

*通讯作者:郭　壮,博士,副教授,研究方向:食品生物技术。

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

黄酒是世界上最古老的酒类之一，具有上千年的酿造历史，其营养丰富、口感独特，且酒精度较低，这些优点都与其独特的酿制工艺有关[1-2]。黄酒制作需要在选取优质糯米后进行浸米，然后分离浆水蒸米，摊晾后与发酵剂、水、浆水混合进行发酵酿制，然后压榨、煎酒[2]。浸米过程是黄酒制作过程的前端工艺，浸米时间的长短对黄酒的口感与品质有直接影响[3]。

浸米过程中，糯米吸水膨胀，部分组分适度分解，浆水的 pH 下降，微生物富集。有研究表明，浸米阶段开始以后，乳酸菌会成为优势细菌。乳酸菌能代谢产生乳酸，使浆水的 pH 发生变化，起到抑制其他杂菌生长的作用[4-5]。酸浆水的加入，使黄酒在发酵初始阶段即具备一定的酸度，可以抑制杂菌的生长。浆水中还含有氨基酸、生长素等营养成分，可供酵母使用，能改善最终黄酒的风味。有研究表明，在黄酒浸米阶段使用乳酸菌，能快速提高米浆水的酸度，缩短浸米时间，并抑制杂菌的生长，提高浸米过程的稳定性[6]。本文在浸米阶段使用从黄酒中分离筛选到的 3 株乳酸菌，使浸米阶段得到乳酸菌强化，然后对乳酸菌干预浸米后的黄酒的理化性质与滋味进行测定与分析，以期为黄酒浸米发酵剂的开发提供优良菌株。

1　材料与方法

1.1　材料与设备

1.1.1　材料与试剂

优质糯米：襄阳市售；浓硫酸、草酸、琥珀酸、酒石酸、柠檬酸、苹果酸、乳酸、乙酸、H_3PO_4、KCl、麦芽糖、蔗糖、果糖、木糖、葡萄糖、乳糖等均为分析纯；甲醇、乙醇、乙腈等均为色谱纯，均购于国药集团化学试剂有限公司；电子舌用阴离子溶液、阳离子溶液和预处理溶液购于日本 Insent 公司；纯水由实验室纯水机纯化；MRS 培养基：青岛海博生物技术有限公司产品。

1.1.2　仪器与设备

SA 402B 型电子舌：日本 Insent 公司，配备 CA0、C00、AE1、CT0 和 AAE 等 5 个传感器；MC-R24 型号电汽蒸饭柜：山东上美厨房设备厂产品；SPX-100B-Z 型数显生化培养箱：上海博迅实业有限公司产品；CR22N 型高速台式冷冻离心机，日本 Hitachi 产品；PHS-25 型 pH 计：上海仪电科学仪器股份有限公司产品；LC20ADXR 型高效液相色谱仪，日本岛津公司产品；ULtraScan XE 型色度仪，美国 Hunterlab 公司产品；BCM1000 型超净工作台：苏州安泰空气技术有限公司产品；PG-RO-75G-6 型纯水机：安徽品冠工贸有限公司。

1.2　方法

1.2.1　乳酸菌培养

取保存的黄酒源乳酸菌 w1、w2、w3，在 MRS 培养基上活化两次，然后接入 MRS 液体培养基中过夜培养，使用无菌生理盐水洗菌后，采用倍比稀释倾注法[7]进行计数，稀释度为 10^{-6} 与 10^{-7}，使平板上生长的菌落数量在 100~300 之间。

计数后计算菌液中的乳酸菌的数量，按照 10^7 CFU/g 糯米的标准计算出浸米所需的 w1、w2 和 w3 菌液的体积。

1.2.2　黄酒的制作

1.2.2.1　浸米

称取糯米加入清水，接入活化的乳酸菌（使乳酸菌终浓度为 10^5 CFU/mL），接入试验设置乳酸菌 w1、乳酸菌 w2、乳酸菌 w3 和对照（CK）4 组处理，对照组未接菌但加入同样体积的生理盐水。置于 18 ℃的培养箱中浸泡，监测并记录浸米浆水的 pH，待浆水 pH 降至 4.2 左右时，停止浸米。

1.2.2.2　黄酒发酵

浸米完成后，将糯米滤掉浆水（备用），进行蒸煮，达到米粒无生心、软而不烂不糊时将其晾凉。将蒸熟的糯米按照不同处理装入相应黄酒罐中，加入冷纯净水、发酵剂（酒母、麦曲）和相应的浆水（浆水不灭菌，用四层纱布过滤），搅拌均匀后于 28 ℃发酵 7 d、18 ℃发酵 14 d。发酵完成后，取上清液离心，然后进行煎酒，冷却后装罐，并测定指标。

1.2.3　测定项目与方法

1.2.3.1　黄酒色度

为减少人为主观因素影响，采用食品中广泛使用的色度仪测定黄酒的色度[8]。将处理过的米酒样品装入 50 mm×50 mm 的比色皿中，测试模式为反射，读数以 CIE1976 色度空间值 L^*（暗→亮：0→100）、a^*（绿-→红+）和 b^*（蓝-→黄+）表示。

1.2.3.2　黄酒有机酸含量

参照刘梦婷等[9]的方法测定。取黄酒样品用 0.45 μm 滤膜过滤，然后直接用 HPLC 分析。分析条件：柱温为 30 ℃，测定波长为 214 nm，流动相为含有 1%甲醇的 20 mmol/L KH_2PO_4（pH 2.4）缓冲液，流速为 0.6 mL/min，柱型号 ZORBAX SB-AQ（4.6 mm×250 mm，5 μm column）。

1.2.3.3　黄酒滋味

参照王玉荣等[10]的方法使用电子舌测定。

1.2.3.4　黄酒其他理化指标

按照 GB/T 13662—2008[11]规定的方法测定黄酒的 pH、总酸、总糖、非糖固形物、氨基酸态氮和酒精度。

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.2.4 数据处理

所有数据使用 SPSS 21.0 进行单因素方差分析及 Duncan 多重比较判断（$P<0.05$），结果以 mean±SD 表示，文中斯皮尔曼等级相关分析使用 SPSS 21.0，使用 Excel 2007 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同乳酸菌干预对浸米时间的影响

浸米是黄酒制作的前端工艺，是在蒸米前将糯米浸泡在水中，使大米膨胀以利于后序的蒸煮，并获取浸米的酸浆水。本研究在浸米时，接入乳酸菌，然后在浆水 pH 降至 4.2 左右时，结束浸米进程。

由图 1 可知，CK、w1、w3 和 w2 组浸米时间分别是 7、6、6、4 d，说明乳酸菌 w2 的酸化效果最好，能有效缩短浸米时间，w1 与 w3 次之，未使用乳酸菌的处理 CK 时间最长。所选择的 3 株乳酸菌中，菌株 w2 是优良的乳酸菌株，在浸米过程中可能产生了较多的乳酸以及其他代谢物[12]，缩短了黄酒的浸米过程，可用作黄酒用发酵剂的候选菌株。

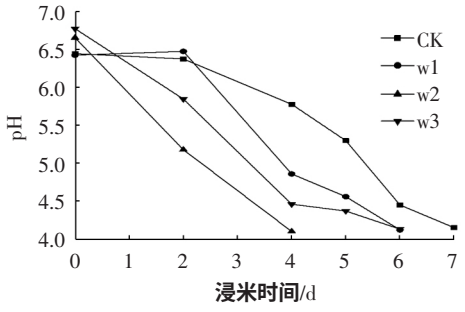

图 1 浸米过程中浆水 pH 的变化

Fig.1 pH of seriflux during rice soaking

2.2 乳酸菌干预对黄酒 pH 与总酸含量的影响

pH 是反映黄酒酸碱度的一项指标。对使用乳酸菌强化浸米的黄酒与未强化的黄酒样品的 pH 与总酸含量进行了测定，结果见图 2。

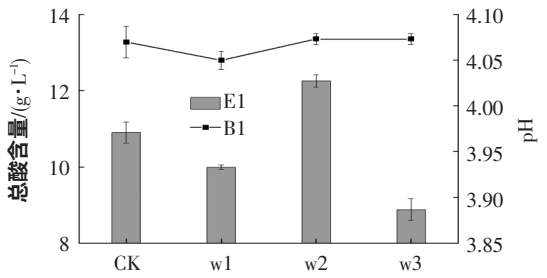

图 2 不同乳酸干预的黄酒 pH 与总酸含量

Fig.2 pH and total acid content of rice wine intervented by different lactic acid bacteria

虽然 3 株候选乳酸菌对浸米浆水的 pH 影响较大，但与对照组相比，乳酸菌 w1、w2、w3 组黄酒样品 pH 均无显著差异，仅 w1 样品的 pH 与 w2、w3 间存在显著差异（$P<0.05$），但是相差并不多，表明乳酸菌干预黄酒浸米过程对黄酒样品最终的 pH 影响不大。各处理的黄酒的总酸含量在 8.82~12.20 g/L 之间。w1 组与 w3 组样品总酸含量显著低于 CK 组，而 w2 组显著高于 CK 组（$P<0.05$）。乳酸菌 w2 对黄酒制作过程的干预增加了样品总酸含量。为了探明总酸含量差异的原因，测定了黄酒中有机酸的种类与含量。

2.3 乳酸菌干预对黄酒有机酸含量的影响

采用高效液相色谱对黄酒中的有机酸进行了测定，结果共检测到草酸、琥珀酸、酒石酸、柠檬酸、苹果酸和乳酸 6 种常见的有机酸（表 1），与文献报道的黄酒中有机酸类型一致[13-14]。乳酸是黄酒香型物质乳酸乙酯的底物[15]，在各组检测到的有机酸中，乳酸含量均最高。w2 组黄酒样品乳酸含量显著高于 CK 组样品（$P<0.05$），达到 375 g/L，比对照高出 98 g/L，而 w1、w3 组均与 CK 组样品相比无显著差异。

表 1 黄酒样品中有机酸含量分析

Table 1 Analysis of organic acids in rice wine samples

单位：g/L

编号	草酸	琥珀酸	酒石酸	柠檬酸	苹果酸	乳酸
CK	13.32±0.31 a	57.76±2.90 a	18.34±0.52 a	11.68±0.19 a	55.59±0.43 a	277.74±4.30 bc
w1	8.26±0.36 c	74.03±18.48 a	31.70±0.76 c	17.18±9.48 a	35.65±0.04 b	276.04±8.76 c
w2	13.74±0.07 a	76.63±1.06 a	23.51±0.31 b	18.62±2.67 a	52.51±4.58 a	375.25±13.44 a
w3	9.84±0.88 b	60.68±2.17 a	30.15±5.96 bc	8.78±0.07 a	41.66±0.55 b	300.83±4.27 b

注：同一列中不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），下同。

w1 与 w3 处理的黄酒中的苹果酸与草酸含量显著低于 CK 组和 w2 组（$P<0.05$）。4 组黄酒样品间的琥珀酸、酒石酸与柠檬酸含量均无显著差异。由此表明，w2 组总酸含量的升高，主要是由乳酸菌干预发酵后黄酒中乳酸含量增加所引起。

2.4 乳酸菌干预对黄酒糖含量的影响

糖类物质赋予了黄酒的甜味与醇厚感，是黄酒的重要组成成分。黄酒制作过程中，在淀粉酶与糖化酶

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的作用下，糯米中的淀粉转化为可溶性糖类。通过测定，分析了黄酒中的总糖、还原糖含量，通过高效液相色谱检测到麦芽糖、木糖、葡萄糖和乳糖等 4 种糖类，但是未检测到蔗糖（表 2）。

表 2　黄酒样品中糖含量分析

Table 2　Analysis of sugar content in rice wine samples　　单位：g/L

编号	总糖	还原糖	麦芽糖	木糖	葡萄糖	乳糖	蔗糖
CK	8.85±0.31 b	2.81±0.04 c	2.17±0.05 a	34.31±0.68 c	3.58±0.03 b	nd	nd
w1	5.45±0.61 c	2.63±0.01 d	1.36±0.52 ab	87.76±2.22 a	1.99±0.12 c	nd	nd
w2	23.87±1.79 a	3.50±0.05 a	2.47±0.02 a	75.98±3.20 ab	34.64±0.18 a	4.65±0.58	nd
w3	5.95±0.37 c	3.10±0.04 b	1.87±0.04 a	81.54±3.66 a	1.19±0.10 d	nd	nd

注：nd 表示未检出。

如表 2 所示，w2 组总糖与还原糖含量均显著高于 CK 组（$P<0.05$），总糖含量是 CK 组的 2.7 倍左右，还原糖含量高于 CK 组约 25%，而 w1 与 w3 组总糖含量则显著低于 CK 组样品（$P<0.05$）。可见，乳酸菌强化浸米后，在不同乳酸菌作用下黄酒的总糖含量产生了明显的变化。

对黄酒中的糖类分析结果表明，4 组黄酒间的麦芽糖含量无显著差异。但是 w1、w2 和 w3 组的木糖含量是 CK 组 2 倍左右。黄酒中葡萄糖与乳糖含量在 4 组样品间差异较大，其中 w2 组葡萄糖含量是 CK 组的 9.7 倍，w1 与 w3 组的葡萄糖含量均显著低于 CK 组（$P<0.05$）。此外，在 w2 组黄酒中还检测到了乳糖的存在，含量为 4.65 g，而其他组样品均未检测到乳糖。

2.5　乳酸菌干预对黄酒固形物含量和色度的影响

非糖固形物与可溶性固形物是黄酒标准中的控制指标，其含量与黄酒的口感密切相关。由表 3 可知，w2 组黄酒样品可溶性固形物含量显著高于 CK 组（$P<0.05$），而 w1 与 w3 组黄酒中可溶性固形物含量显著低于 CK 组（$P<0.05$）。但乳酸菌强化组黄酒样品与 CK 组相比，非糖固形物含量未表现出显著差异。

表 3　黄酒中固形物与色度值分析

Table 3　Analysis of solids and chromaticity of rice wine

编号	可溶性固形物/(g·L⁻¹)	非糖固形物/(g·L⁻¹)	氨基态氮素/(g·L⁻¹)	色度		
				L^*	a^*	b^*
CK	12.17±0.23 a	6.20±8.44 ab	1.28±0.05 b	90.36±0.02 d	−1.74±0.02 a	16.21±0.01 b
w1	11.40±0.35 c	5.87±7.82 b	1.14±0.02 c	91.79±0.04 c	−2.19±0.01 c	13.98±0.01 d
w2	14.43±0.15 b	7.29±10.10 a	1.39±0.02 a	91.06±0.02 b	−1.79±0.01 b	16.71±0.06 a
w3	11.30±0.44 c	5.87±7.68 b	1.11±0.03 c	92.13±0.02 a	−2.30±0.01 d	14.37±0.01 c

随着消费者对食品外观要求越来越高，黄酒的色度也显得很重要。对黄酒色度的测定结果表明，4 组黄酒间的白度、红绿色与黄蓝色值均表现出显著差异。黄酒制作中乳酸菌对浸米阶段的强化，导致了黄酒的白度值显著增加，绿色值降低，也引起了黄酒黄色值的变化。w1、w3 处理样品的黄色值显著下降（$P<0.05$），而 w2 处理的黄色值显著上升（$P<0.05$）。可见，用不同的乳酸菌对黄酒浸米进行强化，对黄酒色度产生了不同的影响。另外，w2 组的氨基态氮含量显著高于对照（$P<0.05$），而 w1 和 w3 组的氨基态氮含量显著低于对照组（$P<0.05$）。

2.6　乳酸菌干预对黄酒滋味的影响

滋味是食品的重要特征，是消费者选择食品的判断标准之一。乳酸菌与黄酒的滋味形成关系密切，在浸米阶段接入乳酸菌可能影响到黄酒的最终滋味[16]，因此对乳酸菌强化浸米后的黄酒滋味进行了测定（表4）。在测定过程中，将 w1 处理组设为参照，其滋味各项指标强度值定义为 0，其他各组滋味指标的强度均为相对强度值。

由表 4 可知，在酸味、涩味、苦味指标上，4 组黄酒样品间均存在显著性差异（$P<0.05$）。在乳酸菌强化后，黄酒样品酸味、涩味与苦味发生了显著变化。与 CK 组相比，w2 组黄酒样品后味 A、后味 B 值增加，咸味、鲜味、苦味、酸味与涩味降低，而丰厚度没有显著变化；w1 组黄酒的酸味、后味 A 和丰厚度显著增加（$P<0.05$），苦味、涩味、咸味和鲜味显著降低（$P<0.05$）；

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 4　黄酒滋味相对强度差异性分析

Table 4　Analysis of difference of taste relative intensity of rice wine

编号	酸味	苦味	涩味	后味 A	后味 B	鲜味	丰厚度	咸味
CK	−0.58±0.07 c	0.24±0.08 b	0.22±0.04 d	−0.12±0.05 c	0.01±0.01 b	0.35±0.06 a	−0.22±0.07 b	0.21±0.04 b
w1	0.00±0.00 a	0.00±0.00 c	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 bc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 a	0.00±0.00 c
w2	−0.76±0.14 d	−0.03±0.01 cd	−0.31±0.07 b	0.19±0.02 a	0.18±0.05 a	0.07±0.05 b	−0.22±0.07 b	−0.76±0.14 c
w3	−0.39±0.02 b	0.42±0.08 a	0.40±0.12 a	−0.05±0.02 b	−0.05±0.02 c	0.42±0.06 a	0.06±0.02 a	0.35±0.04 a

而 w3 组黄酒样品的酸味、苦味、涩味、后味 A、丰厚度和咸味显著增加（$P<0.05$），后味 B 显著下降（$P<0.05$），鲜味与 CK 组相比无显著差异。

结合黄酒滋味与其理化指标，分析了黄酒理化因子与黄酒滋味之间的 spearman's 相关性（表 5）。结果表明，黄酒滋味中丰厚度与葡萄糖、麦芽糖呈现出显著的负相关，相关系数为−0.735 和−0.892；后味 B 与葡萄糖呈现出极显著相关的关系，相关系数为 0.946；酸味与葡萄糖、乳糖负相关，并与还原糖、麦芽糖呈现出极显著的负相关关系。

表 5　黄酒滋味与理化因子的 spearman's 相关系数

Table 5　Spearman's correlation coefficent between taste and physicochemical properties of rice wine

指标	咸味	丰厚度	鲜味	后味 B	后味 A	涩味	苦味	酸味
还原糖								−0.735**
麦芽糖		−0.735*		0.778*				−0.946**
葡萄糖	−0.778*	−0.892**		0.946**		−0.755*	−0.731*	−0.778*
乳糖	−0.768*			0.737*	0.773*	−0.768*	−0.737*	−0.768*
草酸				0.755*				
琥珀酸					0.723*			
柠檬酸	−0.778*					−0.755*	−0.731*	

注：* 表示显著（$P<0.05$）；** 表示极显著（$P<0.01$）。

3　讨论与结论

乳酸菌是发酵食品中常见的细菌类型，对人体健康与肠道环境的稳定具有重要的意义。浸米是黄酒生产的前端工艺，浸米效果直接影响黄酒的品质与口感。有研究表明，黄酒浸米阶段，浆水中存在着多种乳酸菌[3−5]。这些乳酸菌产生的乳酸等代谢物抑制杂菌或者病原菌的生长，改变发酵醪液的 pH、酸度等理化性质，并加速浸米进程，同时浸米浆液中的乳酸菌及其代谢产物也会影响到黄酒的后续发酵过程，进而使黄酒的滋味与理化特征发生改变，产生不同的感官特征[2]。

糖与酸是影响食品口感与风味的重要因素[17−18]。经过分析认为，乳酸菌的干预对黄酒的有机酸、糖含量、总酸含量均产生了的显著影响。菌株 w2 显著增加了黄酒的总酸含量（$P<0.05$），黄酒样品中琥珀酸、酒石酸、柠檬酸与乳酸含量均显著增加（$P<0.05$）；w2 对黄酒的总糖含量也产生显著影响，w2 组黄酒样品糖含量比对照增加 170%，样品中木糖、葡萄糖与乳糖含量显著增加（$P<0.05$）。此外，乳酸菌菌株 w2 还引起了黄酒样品中可溶性固形物、非糖固形物以及氨基态氮含量的改变。这些理化指标的显著改变，可能导致了黄酒样品的咸味、苦味和涩味值的下降以及后味 A 与后味 B 值的上升。

与乳酸菌 w2 相反的是，菌株 w1 与 w3 干预后，黄酒样品总酸含量下降明显。HPLC 对黄酒的有机酸分析表明，与未干预组相比，w1 与 w3 样品的草酸与苹果酸含量显著下降（$P<0.05$），乳酸含量无显著变化，可能正是这两种有机酸含量的变化导致了黄酒样品总酸的下降。黄酒 w1 与 w3 组样品总糖含量显著下降，而通过 HPLC 法对黄酒糖含量的分析表明，样品麦芽糖与葡萄糖含量均显著下降，但是木糖含量显著增加。此外，黄酒中氨基态氮素含量显著下降，这些最终都导致了黄酒样品滋味的显著变化。

总之，乳酸菌菌株 w1、w2 与 w3 均能缩短黄酒的浸米过程，且影响到最终的黄酒品质与滋味。菌株 w2 是最优的乳酸菌菌株。在菌株 w2 干预下，黄酒最终的糖含量与酸度显著增加，是理想的黄酒浸米菌剂候

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

选菌株，可用于黄酒浸米发酵剂的进一步开发。

参考文献：

[1] JIAO A Q, XU X M, JIN Z Y. Research progress on the brewing techniques of new-type rice wine[J]. Food Chemistry, 2017, 215(15): 508-515. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.08.014.

[2] LU Q Y, LEE R P, HUANG J J，et al. Quantification of bioactive constituents and antioxidant activity of Chinese rice wine[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2015, 44: 86-92. DOI: 10.1016/j.jfca.2015.07.005.

[3] LIU S N, HAN Y, ZHOU Z J. Lactic acid bacteria in traditional fermented Chinese foods[J]. Food Research International, 2011, 44(3):643-651.DOI: 10.1016/j.foodres.2010.12.034.

[4] LEE C H. Lactic acid fermented foods and their benefits in Asia[J]. Food Control, 1997 , 8(5-6): 259-269. DOI：10.1016/S0956-7135(97)00015-7.

[5] LV X C, CHEN Z C, JIA R B, et al. Microbial community structure and dynamics during the traditional brewing of Fuzhou Hong Qu glutinous rice wine as determined by culture-dependent and culture-independent techniques[J]. Food Control, 2015, 57: 216-224. DOI：10.1016/j.foodcont.2015.03.054.

[6] 顾国贤. 酿造酒工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社,1996:465.

[7] BEN-DAVID A, DAVIDSON C E. Estimation method for serial dilution experiments[J]. Journal of Microbiological Methods, 2014, 107: 214-221. DOI: 10.1016/j.mimet.2014.08.023.

[8] 徐吉祥,楚炎沛. 色差计在食品品质评价中的应用[J]. 现代面粉工业,2010,24(3):43-45. DOI:10.3969/j.issn.1674-5280.2010.03.016.

[9] 刘梦婷,沈　馨,王　念,等. 基于电子舌技术市售番茄调味酱滋味品质的分析[J]. 食品科技,2016,41(11):248-253.

[10] 王玉荣,张俊英,胡欣洁,等. 湖北孝感和四川成都地区来源的酒曲对米酒滋味品质影响的评价[J]. 食品科学,2015,36(16):207-210.DOI:10.7506/spkx1002-6630-201516038.

[11] 全国食品工业标准化技术委员会酿造分技术委员会. 黄酒: GB/T 13662—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[12] 程　斐,周高峰,谢广发,等. 适用于黄酒生物酸化浸米的乳酸菌筛选[J]. 食品与生物技术学报,2013,32 (10):1079-1084. DOI:10.3969/j.issn.1673-1689.2013.10.012.

[13] 汪建国. 浅谈黄酒中有机酸的特征和功能[J]. 中国酿造,2008 (14):81-83.

[14] 郭金英,杨　慧. 黄酒中主要有机酸的分析[J]. 酿酒科技，2014 (10) :94-96. DOI:10.13746/j.njkj.2014.0195.

[15] 谢广发. 绍兴黄酒功能性组分的检测与研究[D]. 无锡:江南大学,2005.

[16] 朱小芳,张凤杰,俞剑燊,等. 黄酒浸米水中细菌群落结构及优势菌代谢分析[J]. 食品科学,2017,38(10): 82-86. DOI: 10.7506/spkx 1002-6630-201710014.

[17] 陈　双. 中国黄酒挥发性组分及香气特征研究[D]. 无锡:江南大学,2013.

[18] 董文明,刘华戎,唐卿雁,等. 酸甜风味葵花子加工工艺[J]. 保鲜与加工,2014,14(1):50-52. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2014.01.012.

收稿日期：2018-10-05

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net