

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.60006

# 黄水提前移除对固态发酵浓香型原酒 质量与出酒率的影响

Effect of advanced removal of Huangshui fluid on quality and yield of  
Nongxiang flavor crude Baijiu of solid-state fermentation

杨志龙<sup>1,2,3</sup> 邓嘉伟<sup>3</sup> 余有贵<sup>1,2</sup>

YANG Zhi-long<sup>1,2,3</sup> DENG Jia-wei<sup>3</sup> YU You-gui<sup>1,2</sup>

陈雪鹏<sup>3</sup> 熊翔<sup>1,2,3</sup> 万勇<sup>1,2</sup>

CHEN Xue-peng<sup>3</sup> XIONG Xiang<sup>1,2,3</sup> WAN Yong<sup>1,2</sup>

(1. 邵阳学院食品与化学工程学院, 湖南 邵阳 422000; 2. 生态酿酒技术与应用湖南省  
重点实验室, 湖南 邵阳 422000; 3. 湖南湘窖酒业有限公司, 湖南 邵阳 422000)

(1. College of Food and Chemical Engineering, Shaoyang University, Shaoyang, Hunan 422000, China;  
2. Key Laboratory of Brewing Ecotypically New Technology and Application of Hunan Universities,  
Shaoyang, Hunan 422000, China; 3. Xiangjiao Distillery Co., Ltd., Shaoyang, Hunan 422000, China)

**摘要:**目的:提高浓香型原酒质量。方法:以多粮固态法白酒为研究对象,在酒糟入窖发酵一个周期内的不同时间抽出黄水,研究提前移除黄水对酒质和出酒率的影响。结果:在酒糟入窖发酵第 40 天时移除黄水,与对照组在发酵结束第 60 天时移除黄水相比,原酒的出酒率较高( $P>0.05$ ),优质酒率、优级酒中己酸乙酯含量和己酸乙酯/乳酸乙酯比值均显著提升( $P<0.05$ ),乙醛、高级醇含量显著降低( $P<0.05$ )。结论:获得较优的黄水提前移除时间为酒糟入窖发酵第 40 天,为提高固态法浓香型原酒品质提供了新的途径。

**关键词:**浓香型白酒;固态发酵法;黄水;提前移除;酒质

**Abstract: Objective:** The aim of this study was to improve the quality of Nongxiang flavor crude Baijiu. **Methods:** The effect of advanced removing Huangshui fluid in on the quality and yield of crude Baijiu was studied in multi-grain traditional Baijiu at different times during the cellar fermentation cycle. **Results:** When Huangshui fluid was removed at the 40th day of cellar fermentation of distilled alcoholic fermentative material, compared to the

control group at 60th day, the yield of the crude Baijiu was higher ( $P>0.05$ ), and the high quality ratio of crude Baijiu, ethyl hexanoate content and ethyl hexanoate/ethyl lactate in superior crude Baijiu were significantly increased ( $P<0.05$ ). However, the content of the acetaldehyde and the higher alcohol of the crude Baijiu were significantly decreased ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** The optimal time of advanced removing Huangshui fluid was at the 40th day of cellar fermentation of distilled alcoholic fermentative material. This study provides a new approach for improving the quality of Nongxiang flavor crude Baijiu by solid-state fermentation.

**Keywords:** Nongxiang flavor Baijiu; solid-state fermentation; Huangshui fluid; removed in advance; crude Baijiu quality

中国白酒是世界上六大蒸馏酒之一,以其独特的生产工艺和风格特征享誉全球,按香型可分为 12 种,其中浓香型白酒约占市场销量的 70%<sup>[1-3]</sup>。中国经济发展进入新时代,白酒由高速增长阶段转向高质量发展阶段,因此依靠技术进步不断提高优质酒率成为行业的首选<sup>[4-7]</sup>。黄水是固态法白酒生产的副产物,为发酵期间逐渐渗于发酵容器底部的棕黄色液体<sup>[8]</sup>,每年产量约 6 500 多万 t<sup>[9]</sup>,含有丰富的微生物源、营养源和香味源等有机质<sup>[10-12]</sup>,其资源化再利用可提高酒质、用作基质、制备防腐剂和开发新产品等<sup>[13-15]</sup>。黄水在发酵过程中充当物质转化和能量传递的介质<sup>[9]</sup>,因为黄水的产生,导致中上部糟醅为固态发酵,而被黄水浸泡的中下部糟醅为固液发酵,引起窖内上中下糟醅发酵环境不一使微生物

**基金项目:**湖南省科技厅重点研发计划专项经费资助项目(编号:2020SK2140);湖南省教育厅科学研究重点项目(编号:18A383);邵阳市科技计划重点项目(编号:2018CG18)

**作者简介:**杨志龙,男,湖南湘窖酒业有限公司高级工程师,邵阳学院硕士研究生导师。

**通信作者:**余有贵(1964—),男,邵阳学院教授,博士。

E-mail: yufly225@163.com

**收稿日期:**2021-12-26

生长、代谢速率和代谢产物出现差异。固态法白酒取黄水的传统操作法为入窖酒糟发酵一个周期后,开窖取醅至中下部出现黄水时,在酒醅中间挖一个约 1 m 的黄水坑,通过滴窖操作取走黄水。为了提高酒质,已有关于发酵过程中添加黄水对酒质影响的报道<sup>[6]</sup>,但未见关于在发酵过程中提前移除黄水的研究报告。研究拟在酒糟入窖发酵一个周期内提前移除黄水,旨在探究黄水移除时间对浓香型酒醅发酵原酒的影响,以期为浓香型白酒生产工艺改进提供借鉴,为提高原酒优质率提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

原酒:湖南省湘窖酒业有限公司第一酿酒车间;

乙醛、仲丁醇、异丁醇、异戊醇、正丙醇、正丁醇、己酸乙酯、乳酸乙酯和乙酸乙酯:色谱级,天津迪马科技有限公司。

### 1.2 仪器与设备

超纯水器:GWA-UN1 型,北京普析通用仪器有限责任公司;

气相色谱仪:Agilent 7890B 型,安捷伦科技(中国)有限公司。

### 1.3 试验设计

(1) 试验分组:多粮浓香型白酒每轮次发酵周期不超过 60 d,动态移除窖池中酒糟发酵产生的黄水,即分别在入窖酒糟发酵的第 30,40,50,60 天进行黄水抽离,其中以第 60 天为对照组,第 30,40,50 天分别为试验 1 组、2 组、3 组。试验阶段,第 1 轮次发酵随机安排 40 个正常的发酵窖池,每组 10 个,指定一个班组对选择的窖池连续试验 4 轮次。

(2) 黄水移除:在常规窖底一角挖一个坑,低于窖底预埋一个 0.7 cm×0.4 cm×0.4 cm 不锈钢贮水器。酒糟入窖时,将直径 8 mm 的不锈钢管同步预埋在窖内,不锈钢管的窖内端连接贮水器,窖外端口采用橡皮软管和钢夹密封。在试验时间段移除黄水时,采用自制专用手压泵在预埋管的窖外端口处直接抽入专用黄水箱。每一试验组在设定时间首次抽除贮水器内黄水后,让酒醅中黄水再自流至贮水器,2 d 内反复抽除 6 次。每次取完黄水,用酒尾清洗不锈钢管的窖外端口后,用橡皮软管和钢夹密封。

(3) 试验取样:原酒样为每个窖池发酵结束后中层酒醅和下层酒醅在蒸馏时各取 500 mL,混合成综合样后平分为二,分别进行感观评价和微量成分分析。

### 1.4 检测方法

1.4.1 感观评定 参照 GB/T 12315—2008,按色、香、味、格 4 个方面进行感官描述,由湖南湘窖酒业有限公司 9 名品酒员完成。

1.4.2 原酒微量成分 依据 GB/T 10345—2007,色谱条件参照陈雪鹏等<sup>[17]</sup>的方法,结果用 mg/100 mL 表示。

### 1.5 数据处理

利用 SPSS 23.0 软件中的 one-way ANOVA 和

Origin 2021 软件进行数据分析及作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 对原酒乙醛含量的影响

由图 1 可知,优级酒和一级酒的乙醛含量变化趋势一致,各组间原酒中乙醛含量差异显著( $P<0.05$ ),试验 2 组在降低原酒中乙醛含量方面具有显著优势。尹倩倩等<sup>[18]</sup>研究认为,原酒风味物质主要受发酵窖池内氧气和黄水酸度的影响。郭辉祥等<sup>[19]</sup>研究发现,发酵初期黄水生成少,酒醅处于固态发酵的含氧量相对充足,发酵中后期因黄水量的增加使酒醅相对缺氧;黄水酸度随发酵时间延长先升高后趋于平缓,发酵 35~45 d 时酸度最高。乙醛是由乙醇氧化、丙酮酸脱羧等途径生成,继而通过缩醛反应生成乙缩醛或与双乙酰氧化还原生成乙酸和 3-羟基丁酮等途径转化。因此,第 40 天适时移除黄水,使酒醅含有适量的氧气和降低酒醅酸度,解除高酸对微生物的抑制作用<sup>[20]</sup>,有利于促进乙醛的继续转化,从而降低原酒的乙醛含量。王莉等<sup>[16]</sup>研究发现,黄水可促进酒醅中乙醛含量的增加;尹倩倩等<sup>[18]</sup>认为,上层原酒的醛类物质含量显著低于下层原酒( $P<0.05$ ),与试验结论一致。

### 2.2 对原酒杂醇油含量的影响

由图 2 可知,仲丁醇、异丁醇和异戊醇含量变化一致,为对照组>试验 3 组>试验 1 组>试验 2 组,各组间的优级原酒中仲丁醇、异丁醇和异戊醇含量差异均显著

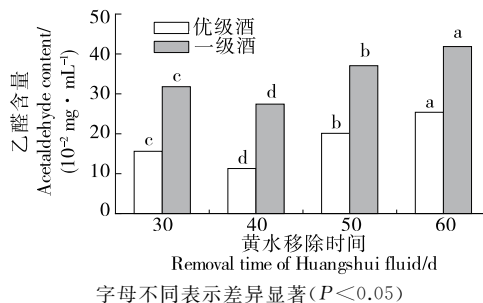


图 1 黄水移除时间对原酒乙醛含量的影响  
Figure 1 Effect of removal time of Huangshui fluid on the acetaldehyde content of crude Baijiu

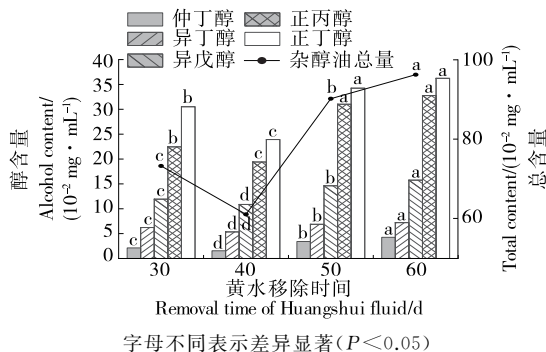


图 2 黄水移除时间对优级原酒杂醇油含量的影响  
Figure 2 Effect of removal time of Huangshui fluid on the fusel oil content of the superior crude Baijiu

( $P < 0.05$ );正丙醇和正丁醇含量变化一致,为对照组 > 试验 3 组 > 试验 1 组 > 试验 2 组,试验 1 组、试验 2 组分别与对照组之间的优级原酒中正丙醇和正丁醇含量差异显著( $P < 0.05$ ),三试验组之间的优级原酒中正丙醇和正丁醇含量差异显著( $P < 0.05$ );杂醇油总量变化为对照组 > 试验 3 组 > 试验 1 组 > 试验 2 组,且各组间差异显著( $P < 0.05$ ),试验 2 组在降低优级原酒中杂醇油含量方面具有显著优势。

由图 3 可知,仲丁醇、异戊醇和异丁醇含量变化一致,为对照组 > 试验 3 组 > 试验 1 组 > 试验 2 组,各组间的一级原酒中仲丁醇和异戊醇含量差异显著( $P < 0.05$ );试验组与对照组之间一级原酒中异丁醇含量差异显著( $P < 0.05$ );正丙醇和正丁醇含量变化一致,为对照组 > 试验 3 组 > 试验 1 组 > 试验 2 组,各组间一级原酒中正丙醇和正丁醇含量差异显著( $P < 0.05$ );杂醇油总量变化为对照组 > 试验 3 组 > 试验 1 组 > 试验 2 组,且各组间差异显著( $P < 0.05$ ),试验 2 组在降低一级原酒中杂醇油含量方面具有显著优势。

杂醇油在酒中称为“上头”物质,主要由酵母利用糖及氨基酸合成。在正常的发酵窖池中,越靠近窖底,正丙醇和正丁醇含量越高<sup>[21]</sup>,可能主要是后期黄水酸度高和含氧量低,酒醅中酵母菌活性受抑制而自溶所致<sup>[22]</sup>。因此,第 40 天适时移除黄水,可以防止后期酒醅中酵母菌早衰自溶,可显著减少杂醇油中高含量组分正丙醇和正丁醇含量,从而有利于降低原酒中杂醇油含量。

### 2.3 对原酒三大酯含量的影响

由图 4 可知,己酸乙酯含量为试验 2 组 > 对照组 > 试验 3 组 > 试验 1 组,试验 2 组分别与试验 1 组、试验 3 组和对照组之间差异显著( $P < 0.05$ )。乳酸乙酯含量为试验 1 组 > 对照组 > 试验 3 组 > 试验 2 组。乙酸乙酯含量为试验 1 组 > 试验 2 组 > 试验 3 组 > 对照组。己酸乙酯/乳酸乙酯为试验 2 组 > 对照组 > 试验 3 组 > 试验 1 组,试验 2 组分别与试验 1 组、3 组及对照组之间差异显著( $P < 0.05$ )。

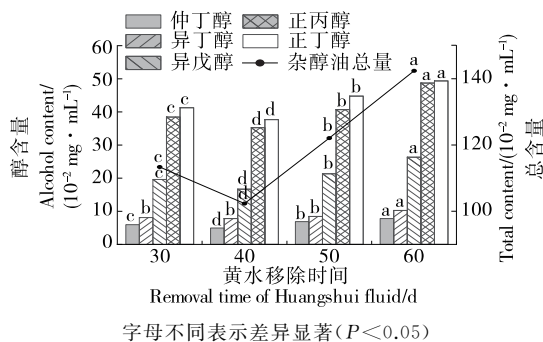


图 3 黄水移除时间对一级原酒杂醇油含量的影响

Figure 3 Effect of removal time of Huangshui fluid on the fusel oil content of the first-class crude Baijiu

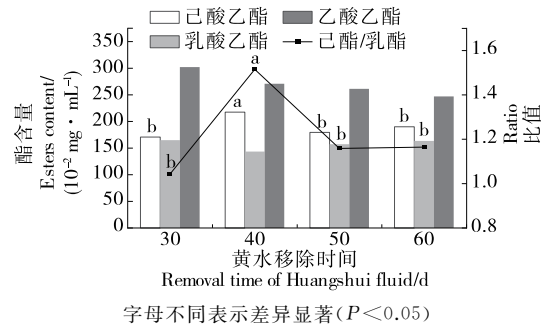


图 4 黄水移除时间对优级原酒三大酯的影响

Figure 4 Effect of removal time of Huangshui fluid on the three kinds of major esters of the superior crude Baijiu

由图 5 可知,己酸乙酯含量为试验 2 组 > 对照组 > 试验 3 组 > 试验 1 组。乳酸乙酯含量为试验 3 组 > 对照组 > 试验 1 组 > 试验 2 组,试验 2 组与试验 3 组之间差异显著( $P < 0.05$ )。乙酸乙酯含量为试验 3 组 > 试验 1 组 > 对照组 > 试验 2 组,试验 3 组分别与试验 2 组和对照组之间差异显著( $P < 0.05$ )。己酸乙酯/乳酸乙酯为试验 2 组 > 对照组 > 试验 3 组 > 试验 1 组,试验 2 组分别与试验 1 组、3 组之间差异显著( $P < 0.05$ )。

尹倩倩等<sup>[18]</sup>报道,己酸乙酯、丁酸乙酯、乙酸乙酯和乳酸乙酯四大酯在上层原酒中含量显著低于下层( $P < 0.05$ ),酯类物质主要是主发酵后期在某些微生物所分泌的酯化酶作用下,酒醅中酸和醇反应生成<sup>[23]</sup>,特别是下层发酵酒醅因接近窖泥,丰富的己酸菌发酵产生更多的己酸乙酯。谢旭等<sup>[21]</sup>研究发现,酒醅的乙酸乙酯含量在窖内各层发酵酒醅中变化不大;乳酸乙酯含量在黄水浸泡层随黄水深度增加逐渐降低,黄水对乳酸乙酯具有显著的“洗脱效果”。因此,第 40 天适时移除黄水,既有利于己酸乙酯的生成,更有利于黄水带走乳酸乙酯,从而达到“增己降乳”的显著效果。

### 2.4 对原酒出酒率的影响

由图 6 可知,试验 2 组 > 试验 3 组 > 对照组 > 试验 1

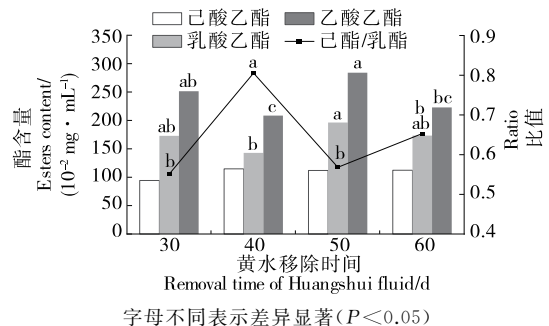
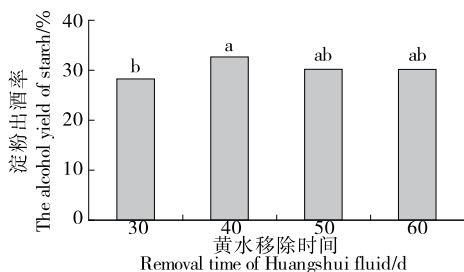


图 5 黄水移除时间对一级原酒三大酯的影响

Figure 5 Effect of removal time of Huangshui fluid on the three kinds of major esters of the first-class crude Baijiu



字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

图 6 黄水移除时间对淀粉出酒率的影响

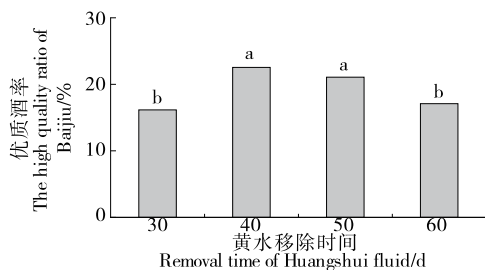
Figure 6 Effect of removal time of Huangshui fluid on the yield of crude Baijiu

组; 试验 2 组与试验组 1 之间的出酒率差异显著 ( $P < 0.05$ )。提前抽黄水窖池的酒体较之正常抽黄水窖池的酒体来看, 前者酒体香气纯正, 味甜, 酒体干净。

浓香型固态法白酒的发酵过程是边糖化边发酵, 酒糟入窖后在霉菌和酵母菌的协同作用下, 淀粉通过生化反应生成酒精。窖内酒醅酸度过高和缺氧时会抑制霉菌、酵母等真菌的生长与代谢, 而导致出酒率低且酒味欠协调<sup>[9,24]</sup>。因此, 第 40 天适时移除黄水, 既保证了发酵前期和中期酒醅中淀粉在霉菌、酵母的协同作用下边糖化边发酵充分使出酒率高, 又避免了发酵后期酒醅中酸度和缺氧程度的偏高对霉菌、酵母的抑制作用所致出酒率下降, 从而总的出酒率相对较高。

### 2.5 对原酒优质率的影响

由图 7 可知, 试验 2 组 > 试验 3 组 > 对照组 > 试验 1 组, 试验 2 组、3 组分别与试验 1 组、对照组之间的原酒优质率差异显著 ( $P < 0.05$ )。浓香白酒的窖内发酵是一个复杂的微生态系统, 微生物体系与酒醅之间遵循“五三原理”, 实现物质与能量的转化过程<sup>[25]</sup>。上下层酒醅中氧气含量和酸度不同, 会影响微生物的生长状况、代谢强度的差异性<sup>[26]</sup>, 发酵结束后酒醅的各项指标是发酵过程的综合体现<sup>[27-28]</sup>。因此, 第 40 天适时移除黄水, 可改善窖内微生态环境, 促进有益于酿酒微生物的生长代谢, 可适当降低原酒中乙醛、高级醇含量, 而显著提高原酒中己酸乙酯含量和己酸乙酯/乳酸乙酯比值, 从而提高优质酒率。



字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

图 7 黄水移除时间对原酒优质率的影响

Figure 7 Effect of removal time of Huangshui fluid on the high quality ratio of crude Baijiu

## 3 结论

试验表明, 获得较优的黄水提前移除时间为酒糟入窖发酵第 40 天。与常规(对照组)相比, 原酒的出酒率较高, 原酒优质酒率、优质酒中己酸乙酯含量和己酸乙酯/乳酸乙酯比值 3 个指标均显著提升 ( $P < 0.05$ ), 可显著降低原酒中乙醛、高级醇含量 ( $P < 0.05$ ), 且优于其他时间段移除黄水的试验组酿酒效果。后续可对发酵过程中黄水的理化指标、微生物类群和代谢产物的动态变化进行深入研究。

### 参考文献

- [1] 余有贵, 黄小贝, 伍强, 等. 固态法白酒与白兰地之间风味差异的主要原因分析[J]. 邵阳学院学报(自然科学版), 2022, 19(1): 73-81. YU You-gui, HUANG Xiao-bei, WU Qing, et al. Analysis of the main reasons for the difference in flavor between solid fermented Baijiu and Brandy[J]. Journal of Shaoyang University(Natural Science Edition), 2022, 19(1): 73-81.
- [2] 李杰, 汤向阳, 余有贵, 等. 不同季节李渡特香型白酒发酵特性比较[J]. 食品与机械, 2020, 36(5): 36-41. LI Jie, TANG Xiang-yang, YU You-gui, et al. Comparative study on fermentation characteristics of Lidu Texiang iquor brewed in different seasons[J]. Food & Machinery, 2020, 36(5): 36-41.
- [3] 杨海晴, 彭锡钰, 任柳阳, 等. 炒制工艺对青稞酒风味和品质的影响[J]. 食品与机械, 2020, 36(9): 183-187, 200. YANG Hai-qing, PENG Xi-yu, REN Liu-yang, et al. Effect of roasting on the flavor and quality of highland barely wine[J]. Food & Machinery, 2020, 36(9): 183-187, 200.
- [4] 向丽萍, 范斌强, 杨志龙, 等. 一株耐酸性酿酒酵母的筛选鉴定及特性[J]. 食品与机械, 2021, 37(6): 51-55. XIANG Li-ping, FAN Bin-qiang, YANG Zhi-long, et al. Screening and identification of a strain of Saccharomyces cerevisiae and its characteristics[J]. Food & Machinery, 2021, 37(6): 51-55.
- [5] 李宝松, 杨月轮, 刘卫义, 等. 红外感温智能装甬提高白酒品质的研究与应用[J]. 酿酒, 2019, 46(6): 104-106. LI Bao-song, YANG Yue-lun, LIU Wei-yi, et al. Research and application of infrared sensible temperature intelligent retort to improve liquor quality[J]. Liquor Making, 2019, 46(6): 104-106.
- [6] 范斌强, 吴浩人, 余有贵, 等. 黑茶菌添加量对包包曲培菌过程品质的影响[J]. 食品与机械, 2021, 37(5): 27-32, 77. FAN Bin-qiang, WU Hao-ren, YU You-gui, et al. The effect of dark tea fungus on the quality of wrapped starter culture process[J]. Food & Machinery, 2021, 37(5): 27-32, 77.
- [7] ZHENG Qing, HU Ya-ru, XIONG A-yuan, et al. Elucidating metal ion-regulated flavour formation mechanism in the aging process of Chinese distilled spirits (Baijiu) by electrochemistry, ICP-MS/OES, and UPLC-Q-Orbitrap-MS/MS [J]. Food & Function, 2021, 12: 8 899-8 906.
- [8] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 白酒工业术语: GB/T 15109—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021: 9. State Administration for Market Regulation, Standardization Ad-



- ministration of the People's Republic of China. Terminology of Baijiu industry: GB/T 15109—2021 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2021: 9.
- [9] 盛杰, 纪海玉, 徐亚超, 等. 酿酒黄水对枯草芽孢杆菌的抑菌机制研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(21): 126-129, 136.  
SHENG Jie, JI Hai-yu, XU Ya-chao, et al. Study on anti-bacterial mechanism of yellow water from liquor fermentation on *Bacillus subtilis*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(21): 126-129, 136.
- [10] 徐传鸿, 余有贵, 张文武. 黄水的理化分析及其应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学, 2014(12): 4 011- 4 017.  
XU Chuan-hong, YU You-gui, ZHANG Wen-wu, et al. Analysis of physical and chemical index of yellow water and research advance in its application[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2014(12): 4 011-4 017.
- [11] 李可. 中国浓香型白酒发酵黄水中微生物群落结构及多样性解析[D]. 成都: 西华大学, 2014: 17-25.  
LI Ke. Microbial community and diversity of fermented yellow water in Chinese intense flavor liquor cellar[D]. Chengdu: Xihua University, 2014: 17-25.
- [12] 冯兴垚, 邓杰, 谢军, 等. 白酒酿造副产物黄水综合利用现状浅析[J]. 中国酿造, 2017, 36(2): 7-9.  
FENG Xing-yao, DENG Jie, XIE Jun, et al. Brief analysis on current situation of comprehensive utilization of by-products yellow water from Baijiu-making[J]. China Brewing, 2017, 36(2): 7-9.
- [13] 刘海晴, 李万鹏, 王奕飞, 等. 酿酒黄水对希瓦氏菌和假单胞菌抑菌机理的研究[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(5): 68-74.  
LIU Hai-qing, LI Wan-peng, WANG Yi-fei, et al. Antibacterial mechanism of yellow water from liquor against *Shewanella* and *Pseudomonas*[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(5): 68-74.
- [14] FAN Bin-qiang, XIANG Li-ping, YU You-gui, et al. Solid-state fermentation with pretreated rice husk: Green technology for the distilled spirit (Baijiu) production[J]. Environmental Technology & Innovation, 2020(20): 101049.
- [15] 文章, 何朝玖, 陈才, 等. 以黄水为培养基生产细菌纤维素[J]. 食品工业科技, 2021, 42(9): 100-107.  
WEN Zhang, HE Chao-jiu, CHEN Cai, et al. Production of bacterial cellulose using "yellow water" as medium[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(9): 100-107.
- [16] 王莉, 袁宁, 管桂坤, 等. 黄水对浓香型白酒酒质的影响[J]. 酿酒科技, 2020(10): 83-86.  
WANG Li, YUAN Ning, GUAN Gui-kun, et al. Effect of yellow water on the quality of Nongxiang Baijiu [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2020(10): 83-86.
- [17] 陈雪鹏, 戴姗, 余有贵, 等. 响应面法优化浓香型基酒重蒸馏工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2022, 43(7): 233-238.  
CHEN Xue-peng, DAI Shan, YU You-gui, et al. Optimization of second distillation process of Nongxiang cude Baijiu by response surface methodology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(7): 233-238.
- [18] 尹倩倩, 刘双平, 秦辉, 等. 浓香型白酒上下层原酒风味特征及影响因子分析[J/OL]. 食品与发酵工业. (2022-02-26) [2022-04-05]. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.030303.  
YIN Qian-qian, LIU Shuang-ping, QIN Hui, et al. Flavor characteristics and its influencing factors of original liquor in the upper and lower layers of the cellar[J/OL]. Food and Fermentation Industries. (2022-02-26) [2022-04-05]. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.030303.
- [19] 郭辉祥, 余东, 龙远兵, 等. 发酵期间多粮浓香型白酒窖内黄水成分的变化趋势[J]. 中国酿造, 2020, 39(1): 82-87.  
GUO Hui-xiang, YU Dong, LONG Yuan-bing, et al. Change trend of Huangshui components in multiple-grains strong-flavor Baijiu fermentation pit during the fermentation period[J]. China Brewing, 2020, 39(1): 82-87.
- [20] 徐亚超, 盛杰, 刘安军. 白酒发酵副产物黄水抑菌特性及稳定性研究[J]. 食品科学, 2017, 38(15): 122-126.  
XU Ya-chao, SHENG Jie, LIU An-jun, et al. Antimicrobial properties and stability of yellow water, a byproduct of Chinese liquor fermentation[J]. Food Science, 2017, 38(15): 122-126.
- [21] 谢旭, 黄永军, 洪胜, 等. 黄水形成及其对酒酯风味物质影响的研究[J]. 酿酒, 2019, 46(4): 20-23.  
XIE Xu, HUANG Yong-jun, HONG Sheng, et al. Study on the regularity of yellow water and its influence to the fermented grains[J]. Liquor Making, 2019, 46(4): 20-23.
- [22] 沈怡方. 白酒生产技术全书[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009: 226-227.  
SHEN Yi-fang. Baijiu production technology[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2009: 226-227.
- [23] 周成龙, 刘念, 倪海斌, 等. 浓香型白酒窖内强化酯化方法研究[J]. 酿酒科技, 2021(6): 49-53, 59.  
ZHOU Cheng-long, LIU Nian, NI Hai-bin, et al. Enhanced esterification of fermented grains of Nongxiang Baijiu[J]. Liquor-Making Science & Technology, 2021(6): 49-53, 59.
- [24] 王福荣. 酿酒分析与检测[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012: 35-50.  
WANG Fu-rong. Analysis and detection of liquor making[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2012: 35-50.
- [25] 余有贵. 生态酿酒新技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2016: 3, 56-59.  
YU You-gui. New ecological brewing technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2016: 3, 56-59.
- [26] 沈才萍, 李喆, 敖宗华, 等. 泸型酒生产中不同层糟醅微生物与白酒风味的关系[J]. 四川理工学院学报(自然科学版), 2013, 26(5): 14-18.  
SHEN Cai-ping, LI Zhe, AO Zong-hua, et al. Relationship between liquor flavor and fermented grain microbes in different depths in the same pit in Luzhou Laojiao[J]. Journal of Sichuan University of Science & Engineering(Natural Science Edition), 2013, 26(5): 14-18.
- [27] YAN S B, WANG S C, WEI G G, et al. Investigation of the main parameters during the fermentation of Chinese Luzhou-flavour liquor[J]. Journal of the Institute of Brewing, 2015, 121(1): 145-154.
- [28] ZOU W, ZHAO C, LUO H. Diversity and function of microbial community in Chinese strong-flavor Baijiu ecosystem: A review[J]. Frontiers in Microbiology, 2018(9): 671.