

黄水的理化分析及其应用研究进展

徐传鸿, 余有贵*, 张文武

(邵阳学院生物与化学工程系, 邵阳 422000)

摘 要: 黄水是浓香型白酒生产的副产物, 其加工应用一直是白酒界的研究热点。通过黄水的感官评价来判断酒醅的发酵情况是评判白酒固态发酵质量的一个传统方法。黄水感官评价的 3 个主要的指标分别是色泽、悬头和味道, 黄水的感官指标不仅可以反映上一轮酒醅的发酵情况, 也可以为下一轮配料操作提供指导, 但这种感官评价只能定性评价酒醅的发酵情况, 不能准确反映酒醅的各种理化指标, 具有一定的局限性和主观性。黄水的感官特征可用于指导白酒的投料生产, 但局限于经验传授。为了能更好地将黄水与酒醅联系起来, 研究建立黄水与酒醅的理化指标之间的关系模型已成为一个新的研发点。本文简要介绍了黄水的形成和主要成分, 对黄水的循环利用研究成果进行了综述。

关键词: 白酒; 黄水; 主要成分; 循环利用

Analysis of physical and chemical index of yellow water and research advance in its application

XU Chuan-Hong, YU You-Gui*, ZHANG Wen-Wu

(The Department of Biology and Chemistry Engineering, Shaoyang University, Shaoyang 422000, China)

ABSTRACT: Yellow water is one of the byproduct in the production of Luzhou-flavor liquor, and its application is always the focus in the field of liquor-making research. It is a traditional method to judge quality of solid fermentation of liquor according to the fermentation condition of fermented grains by sensory evaluation of yellow water, and there are three main indexes in sensory evaluation of yellow water: color, suspension and taste. Sensory index of yellow water can not only reflect fermentation condition of the previous fermented grains, but also provide guidance for next proportioning. However, sensory evaluation can only qualitatively evaluate fermentation condition of fermented grains; it cannot accurately reflect various physical and chemical indexes of fermented grains. So, it has certain limitation and subjectivity. Sensory characteristics of yellow water can be applied in instruction of feeding and production of liquor, but it is limited to impart experience. In order to connect yellow water with fermented grains better, relational model between yellow water and various physical and chemical indexes of fermented grains has become a new research point. This paper briefly introduced the formation and main integrates of yellow water, and summarized the research findings on recycling of yellow water.

KEY WORDS: Chinese liquor; yellow water; main ingredients; recycling

基金项目: 邵阳学院研究生创新项目(CX2013SY006)

Fund: Supported by the Student Innovation Project of Shaoyang University (CX2013SY006)

*通讯作者: 余有贵, 教授, 主要研究方向为生态酿酒。E-mail: yufly225@163.com

*Corresponding author: YU You-Gui, Professor, Department of Biological and Chemical Engineering, Shaoyang University, Shaoyang 422000, China. E-mail: yufly225@163.com

1 引言

在传统浓香型白酒生产过程中,入窖酒醅的含水量大多在 52%~55%之间,经微生物分解代谢后产生大量的游离水,这些水将酒醅中的酸、可溶性淀粉、酵母溶出物、还原糖、单宁、酒精及香味前体物质溶出,再与酒醅中未被微生物所利用的水逐渐沉降,最后慢慢沉积在窖池底部而形成棕褐色、呈流体状的液体,这种液体被称为之黄水^[1]。作为浓香型白酒酿造过程中的副产物之一,黄水又称黄浆水,含有醇类、酸类、醛类、酯类等呈香呈味物质,还含有经长期驯化的有益微生物、糖类物质、含氮化合物和少量的单宁及色素等有机物^[2]。黄水的研究目前还只停留在对有效物质的提取和利用,对黄水的理化指标分析研究的较少。黄水作为浓香型白酒发酵的副产物,是传递窖内信息和物质的载体,因此可以用来判断酒醅的发酵情况,指导生产。在生产浓香型白酒过程中,主要是通过物理、化学分析和感官检验的方法来衡量各工序的质量,判断其操作的正确性,在三大检验方法中,感官检验是用的最多的一种,具有实用性强、经济、快速的特点,因而被广泛应用,但感官检验方法大多是检验人员通过自身经验和感觉来评价或判断产品的质量,具有很多确定的因素,不能精确指导生产,被人称之为“不是科学的科学”^[3]。近年来,白酒科研工作的重心主要是围绕对白酒的香味成分剖析、贮存、勾调等内容,集中体现在固态发酵工艺的提高、白酒储存老熟、对多菌种发酵微生物的分离与应用^[4-6]、调控生物代谢的前提香味物质以及酶的催化作用等^[7],对于酿酒过程的副产物研究则较少。韩永胜等^[8]通过对不同窖龄黄水的差异性及其对酒质影响的研究得出窖池中酒醅的发酵好坏大多受这几种因素的影响:入窖酒醅的酸度、入窖温度的变化、配料比是否精确、操作人员是否精细等,发酵质量的好坏也可以通过黄水、酒醅等物质来反映,大多情况下,不同黄水之间的理化性质差异可以反映出窖池的质量差异,还可以推测酒质的质量。

2 黄水的形成与主要成分

2.1 黄水的形成

我国固态发酵白酒大多选用大米、高粱、玉米、小麦、大麦、糯米等作为发酵的主原料,糠壳、麦壳作为辅料,在这些原辅料中,含有大量的淀粉、脂肪、蛋白质、木质素、半纤维素、纤维素和其他有机物质^[9-11]。传统的固态法白酒生产过程中,粮食在窖池内进行主发酵,不同的微生物将酒醅进行分解利用,代谢产出的部分水分和各种菌体自溶物混合一起沉积在窖底的一种棕褐色的黏稠液体称为黄水^[12]。酒醅中的营养物质在各种微生物代谢的作用下,有的将糖类物质转变为酒精和二氧化碳,当发酵结束时,酒醅中的可溶性淀粉、还原糖、有机酸、酵母溶出物、单宁、

香味前体物质以及菌体自溶物与微生物代谢所产生的水逐渐沉降沉积到窖底而形成黄水^[13]。黄水中含有大量的酸、酯、醇、醛等芳香物质,是一种可利用的宝贵资源,利用好了,可以变废为宝,提高白酒企业的效益。

2.2 黄水的主要成分

2.2.1 黄水的成分分析

在浓香型白酒生产中,不同原料的配比以及原料质量、人为操作因素、窖池质量好坏和窖龄等众多因素,导致发酵产生的黄水主要成分及各成分的含量存在较大差异,表1为黄水的常规分析^[14]。

表1 黄水的常规分析
Table 1 The conventional analysis of yellow water

| 项目 | 含量 |
|---------------------------------|-----------|
| 总固形物含量/g·(100 mL) ⁻¹ | 12.7~17.1 |
| 酸度 | 7.8~6.9 |
| 淀粉含量/% | 2.1~4.4 |
| 还原糖含量/% | 2.2~4.7 |
| 酒精含量/% vol | 3.2~5.3 |
| pH | 2.9~3.8 |
| 粘度/pa·s | 35.2~51.7 |
| 总氮量/% | 0.27~0.35 |
| 总酸/g·L ⁻¹ | 23~38 |
| 总酯/g·L ⁻¹ | 1.3~2.7 |
| 单宁及色素含量/% | 0.13~0.23 |

2.2.2 黄水的微量成分

从表2中可以看出^[15],黄水中的微量成分非常丰富,这些呈香呈味物质,与酒中含量十分相近,如果加以提取利用,可以用来勾兑、提高低档大曲酒质量、人工窖泥的培养、酯化液的生产等等,这些都能将黄水变废为宝,提高企业效益。

2.2.3 黄水的感官评价

黄水的感官评价^[16]主要是从黄水的味道、色泽、悬性来判断,具体见表3。

3 黄水的循环利用

黄水为白酒发酵的副产物, pH 为 3.0~3.5, COD_{Cr} 为 25000~40000 mg/L, BOD_{Cr} 为 25000~30000 mg/L,这些指标都超过了国家允许的废水排放标准,且黄水的生产量也比较大,一般情况下每生产 1000 kg 大曲酒,可产生 300~400 kg 黄水^[17]。生态酿酒技术要求对其进行循环利用,以实现资源的最大化利用和减少环境污染。目前,黄水利用的研究主要表现在以下几个方面:

表 2 黄水微量成分分析(mg/L)
Table 2 The micro-constituent analysis of yellow water (mg/L)

| 微量成分 | 含量 | 微量成分 | 含量 | 微量成分 | 含量 |
|------|-----------|------|-----------|------|-----------|
| 乙醛 | 60.5~70.2 | 正丙醇 | 27~35 | 仲丁醇 | 4.6~5.2 |
| 乙缩醛 | 118~123 | 异丁醇 | 18~22 | 糠醛 | 16~20 |
| 异戊醛 | 8~10 | 正丁醇 | 13~16 | 丙酸 | 40~45 |
| 乙酸 | 1000~1200 | 异戊醇 | 28~31 | 正戊醇 | 7~9 |
| 丁酸 | 105~110 | 己酸乙酯 | 70~90 | 乳酸 | 2600~3000 |
| 戊酸 | 48~52 | 乳酸乙酯 | 2700~3000 | 丁酸乙酯 | 15~20 |
| 己酸 | 110~130 | 甲酸乙酯 | 4~6 | | |

表 3 黄水感官质量指标
Table 3 The sensory evaluation of yellow water

| 指标 | 评定等级 | | |
|----|----------------------|------------|--------------------|
| | 好 | 较好 | 差 |
| 味道 | 涩中带酸, 酸味大, 涩味小, 涩酸适宜 | 有涩酸味 | 很酸, 酸而不涩, 显甜, 甜味重 |
| 色泽 | 黑褐色, 菜油色、透亮 | 金黄色, 透明清亮 | 黄中带白, 米汤色, 黑色、浑浊不清 |
| 悬性 | 大挂悬, 悬丝长、肉头好 | 悬丝好, 起黄鳍尾巴 | 悬小, 无悬, 如同清水 |

3.1 用于提高产酒质量

3.1.1 用于窖池养护、制作人工窖泥、二次发酵

窖池中的微生物种类越丰富, 有益微生物数量越多, 这样的窖池质量就越好。优质的黄水中含有大量的有益微生物菌群, 这些微生物主要是酵母菌和芽孢菌, 另外, 糖类、微生物生长因子、氨基酸态氮等微生物生长繁殖所必需的营养物质含量也很多^[18-21], 因此, 将优质黄水用于制作人工窖泥、窖池养护和拌糟醅二次发酵是个很好的利用途径。张建华等^[22]通过将黄水加工制作成酯化液, 然后将酯化液用于拌糟醅回窖二次发酵, 发酵产出的糟酒质量提升了一个档次。将新鲜的黄水直接喷洒到窖池墙壁上, 可起到养护窖池的目的, 这样可以增加酒醅的酸度、加速酒醅中的酸醇酯化、提高酯香物质的含量, 为下次发酵奠定良好的基础。促进窖泥老熟、进行人工培窖、窖池养护, 拌糟醅二次发酵是黄水提高产酒质量的主要应用措施^[23]。

3.1.2 用于生产强化酒曲

酒曲的发酵力主要由微生物决定。优质的黄水主要由有益微生物、含氮化合物、糖类物质、菌体自溶物、微生物生长因子和少量的单宁及色素等组成, 其中的有益微生物主要包括酵母和产香类的细菌类及梭状芽孢杆菌, 前者是发酵产酒的主要微生物, 后者是产生己酸和白酒香味物质不可缺少的有益菌种, 可以通过将黄水处理利用其中的有益微生物添加到大曲中做成强化大曲^[24-26]。陈炳灿等^[27]通过利用黄水中的有益微生物, 诱导制备生产出的大曲在酯化力、发酵力及糖化力等各方面都有了很大的提高。

3.1.3 用于提高低档白酒产品品质

通过对黄水与酒尾的微量成分分析, 发现黄水与酒尾中含有大量的白酒呈香味的前体物质, 采用酯化反应可以制得酯化液, 用来勾调低档白酒, 提高酒中的香味成分含量, 增强酒体自然协调的浑厚感, 因而可提高低档白酒的品质^[28]。黄水的酯化反应是黄水的酯化深加工, 其目的是产生出白酒香味成分, 用来勾调白酒。目前酒厂所采用的酯化反应是引入酯化酶催化黄水中有有机酸与醇的酯化。罗惠波等^[29]在引入酯化酶的基础上加入了 TH-AADY(耐高温活性干酵母), 黄水经过酯化后, 总酯含量可达 120%~150%, 特别是浓香型大曲主体香成分的己酸乙酯和乙酸乙酯的含量上升幅度更为明显, 高达 9 倍。赫江华^[30]将黄水粗滤后, 添加高活性生物酶进行催化热裂处理, 制得黄水调味液。该黄水调味液具有窖香、糟香的复合香和尾净的特点, 将黄水调味液用于新型白酒的勾调, 可增强新型白酒自然协调感, 效果明显。张宿义等^[31]通过在黄水调味液中添加高活性生物酶, 经催化热裂后的馏出液含有大量的白酒香味物质。利用其对白酒进行调味, 能改善酒质, 赋予白酒自然感, 同时可以降低生产成本, 减少污染。唐丽云^[32]通过利用优质黄水制作酯化液来提高浓香型白酒质量, 在生产应用中起到很大的效果, 在产品质量口感上有了明显的提升, 达到了提高浓香型白酒优质品率, 降低成本的目的。伍显兵等^[33]对黄水用自制的酯化酶进行酯化, 酯化的效果非常显著(其中己酸乙酯和乙酸乙酯的含量提高了几倍); 张培芳等^[34]通过用酯化酶的方法酯化

黄水, 酯化液中各种香味成分的含量得到大大的提高(其中黄水中己酸乙酯的含量由 70.0 mg/L 提高到 2.49 g/L, 提高了 35.57 倍), 加以处理后可以用来勾调低档白酒。黄水酯化是合理利用黄水, 改善酒质, 提高企业收益和实现绿色生产的有效途径。

3.2 用于开发新产品

3.2.1 利用黄水发酵生产食醋

食醋的主要成分是乙酸, 经检测黄水中含有大量的有机酸, 其中乙酸和乳酸的含量最多, 并且还含有与食醋香气成分含量相接近的香味物质^[35], 因此, 通过对黄水调配再发酵, 或者进行相关处理后, 再加工成具有特色风味的优质食醋产品。张志刚等^[36]通过采用大曲对黄水进行二次发酵, 主发酵为醋酸发酵, 生产出的醋酸质量非常好, 也很有特色。杨新力^[37]通过将新鲜黄水分离得到酸、酯、醛等物质, 然后再经过脱臭, 脱色, 分解处理, 最后将得到的溶液浓缩调配成不同风味的食醋。

3.2.2 利用黄水中的乳酸制备乳酸钙、合成复合有机酸钙
乳酸在食品、医药、化工等行业市场需求量非常大, 且需求量每年都在不断增加。在新鲜黄水中, 乳酸的含量可达到 $2 \times 10^3 \sim 3 \times 10^3$ mg/L, 并且黄水中还含有高达 50~54 g/L 的糖类物质, 这些糖类物质可被微生物加以利用进行乳酸发酵, 进一步提高乳酸的含量^[38,39]。罗惠波等^[29]通过对黄水中的微生物进行筛选培养, 得到了性状优良的乳酸菌, 然后利用黄水中的糖类物质进行乳酸菌发酵生产乳酸, 得到的发酵液中, 乳酸的含量得到大大的提高。王国春等^[40]将乳酸从黄水中提取出来并将其制成乳酸钙, 也获得良好效果。然而, 黄水还含有其他很多性质与乳酸相近的有机酸, 所以想要单纯地生产乳酸或乳酸钙, 所面对的困难较大, 但如果是生产复合型有机酸钙则是一种值得考虑的方法。

3.2.3 利用黄水发酵制备丙酸

丙酸在食品加工中的用量与日俱增, 利用黄水中的乳酸和还原糖作为丙酸发酵的底物, 可以大量生产丙酸。另外, 黄水中的各种含氮物质、菌体自溶物、微生物生长因子都可以满足丙酸菌的生长需求。因此通过利用丙酸菌进行黄水发酵生产丙酸可作为白酒厂合理开发黄水的另一途径。梁慧珍等^[41]通过将丙酸菌固定化, 对黄水中的糖类物质和乳酸进行发酵制取丙酸, 产酸量高达 17.9 g/L。周新虎等^[42]以黄水、米酒醪液和酒精醪液为筛选源, 采用固体 MRS 和琼脂黄水为筛选培养基, 选育出 3 株黄水碳源利用能力较强的菌株, 将这 3 株菌依据不同比例进行混菌发酵, 发酵结束后, 发酵液中的乙酸和丙酸含量达到了 4969.7 mg/L 和 60.0.3 mg/L。

3.2.4 利用黄水中的氨基酸生产酱油

通过测定, 黄水中的氨基酸含量高达 2.1 g/L, 而氨基酸含量是酱油的主要质量指标, 普通酱油中氨基酸的含量

大约为 3.9 g/L。郭憬等^[43]通过“超临界萃取黄水釜液、再经过浓缩、除酸、口感勾兑、到成品”的工艺调配出品质不同的酱油。

3.3 用作发酵基质的原料

黄水中含有各种氨基酸、蛋白质分解物, 其中菌体自溶也释放了多种含氮化合物, 因此可以提取黄水中的含氮物质进行加工生产液体蛋白饲料。韩小龙等^[44]通过利用酶水解黄水中残留的蛋白质制得富含各种氨基酸的液体, 然后将这些氨基酸再应用于酒精生产中酒母的培养, 结果表明, 此氮源的效果比以尿素作为氮源的效果要好。刘丹等^[45]通过研究优化米曲霉降解黄水的营养条件得出米曲霉 CGMCC5992 能有效降解黄水中的有机物质, 优化后黄水的 COD 显著降低。另外, 利用黄水中含有大量的蛋白质及氨基酸态氮的特点, 将黄水用于加工生产液体蛋白饲料是一项不错的选择。蒲岚等^[46]利用浓香型白酒生产中产生的副产物黄水为培养基培养灵芝菌丝体, 通过优化培养条件, 培养得到的灵芝菌丝体干重可达 1.308 g/100 mL,

3.4 用作食品防腐剂

黄水中不但含有各种丰富的营养物质, 而且还含有丰富的有机酸, 利用有机酸进行防腐效果不错。同时, 黄水是通过酒醅发酵产生的, 没什么危险性, 因而可以将黄水处理后用作食品防腐剂。杨新力等^[29]对黄水进行除杂、脱臭脱色以及浓缩等处理后, 将其加工成酸度为 8% 的黄水处理液添加入酱油, 防腐效果十分好。

3.5 利用黄水的感官指标来判断白酒酒醅的质量

目前, 大多数酒厂在开窖起糟时都要有个开窖鉴定会议。在滴窖期间, 组长和管窖人员要选定适当的时间, 召集全组人员, 对该窖的母糟、黄水进行感官评价。通过黄水的色泽、悬头和味道判断粮糟发酵情况, 而发酵的优劣又与其入窖条件和工艺密切相关^[47]。因此, 通过对黄水的感官鉴定: 眼观其色、鼻嗅其气、口尝其味、手摸悬头, 就可大体判断母糟发酵的正常与否^[48]。韩永胜等^[49]对浓香型白酒黄水质量评价及检测进展做了比较全的综述, 得出黄水的质量评价体系可以通过黄水的感官因素、理化指标和卫生指标三方面来进行单因素评定, 感官因素可以通过颜色、味道、悬头等方面进行评定, 理化指标可以通过总酸、总酯、还原糖等进行评定, 微生物指标可以通过培养测定细菌、酵母菌、霉菌等的数量来评定, 最后可通过单因素评价的方法来综合评定黄水的质量。方军等^[50]采用建立的酿造用水数学模型生产浓香型白酒, 应用模糊数学感官评判法, 对出窖母糟以及黄水感官质量进行研究, 通过模糊数学进行综合评判, 得出母糟与黄水发酵质量都比较好, 验证了模型的正确性和适用性。

4 展 望

综上所述, 白酒副产物黄水已得到各种研究利用, 若能将黄水这一高酸、高 BOD 值、高 COD 值的副产物重新开发利用, 变废为宝, 不仅能提高白酒行业的利益, 还能减少白酒企业因黄水排放给环境带来的污染。同时对黄水的理化指标研究可以更精确地指导白酒的生产, 提高白酒的生产质量, 增加白酒企业的生产效益, 这将开启黄水另一方面应用, 值得深入探究。

参考文献

- [1] 赵东, 牛广杰, 彭志云, 等. TA.XTplus 物性测试仪对黄水分析初探[J]. 酿酒, 2013, 40(3): 28-30.
Zhao D, Liu GJ, Peng ZY, *et al.* Preliminary study on the physical properties of yellow water using TA.XT Plus texture analyser [J]. Liquor Making, 2013, 40(3): 28-30.
- [2] 罗惠波, 张宿义, 卢中明. 浓香型白酒黄水的应用探索[J]. 酿酒科技, 2004, (2): 71-72.
Luo HB, Zhang SY, Lu ZM, *et al.* Research on the application of yellow water of Luzhou-flavor liquor [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2004, (2): 71-72.
- [3] 卢文龙. 浓香型白酒生产中感官检验方法的探讨[J]. 酿酒, 2007, (1): 69-70.
Lu WL. Investigation on organoleptic examination in the production of Luzhou-flavor liquor [J]. Liquor Making, 2007, (1): 69-70.
- [4] 张大凤, 李可, 刘森, 等. 中国浓香型白酒窖池糟醅中微生物群落演替分析[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 183-187.
Zhang DF, Li K, Liu S, *et al.* Microbial community succession of Chinese Luzhou-Flavor Liquor lees [J]. Food Sci, 2012, 33(15): 183-187.
- [5] 郭娟. 固态发酵酒醅中微生物群落的分析鉴定方法浅析[J]. 中国酿造, 2013, 32(9): 116-119.
Guo J. The summary of microbial community analysis and identification methods of the Chinese liquor's solid fermentation medium [J]. China Brewing, 2013, 32(9): 116-119.
- [6] 程伟, 吴丽华, 徐亚磊, 等. 浓香型白酒酿造微生物研究进展[J]. 中国酿造, 2014, 33(3): 1-4.
Chen W, Wu LH, Xu YL, *et al.* Research progress on brewing microbes in the production process of Luzhou-flavor liquor [J]. China Brewing, 2014, 33(3): 1-4.
- [7] 李付丽, 吴鑫颖, 王晓丹, 等. 微生物技术在浓香型白酒增香方面的应用[J]. 中国酿造, 2014, 33(1): 9-13.
Li FL, Wu XY, Wang XD, *et al.* Application of microbiological technology in aroma enhancement of Luzhou-flavor liquor [J]. China Brewing, 2014, 33(1): 9-13.
- [8] 韩永胜, 刘兴平, 敖宗华, 等. 不同窖龄黄水的差异性及其对酒质影响的研究[J]. 酿酒, 2014, 41(1): 36-39.
Han YS, Liu XP, Ao ZH, *et al.* Study on the Difference of the yellow water from different cellar ages' and its influence on liquor [J]. Liquor Making, 2014, 41(1): 36-39.
- [9] 余乾伟. 酒类添加剂的正确选择及开发应用[J]. 酿酒科技, 2009, 7: 68-72.
Yu QW. Proper selection & development of additives for liquor [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2009, 7: 68-72.
- [10] 王传荣. 白酒的香型及其风味特征研究[J]. 酿酒科技, 2008, 09: 49-52.
Wang CR. Research on liquor flavor types & their flavoring characteristics [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2008, 09: 49-52.
- [11] 汤道文, 谢玉球, 朱法余, 等. 白酒中的微量成分及与白酒风味技术发展的关系[J]. 酿酒科技, 2010, 05: 78-81.
Tang DW, Xie YQ, Zhu FY, *et al.* Relations between Microconstituents in Liquor and the Development of Liquor Flavor Techniques [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2010, 05: 78-81.
- [12] 张晓磊, 史潜玉, 王化斌, 等. 白酒酿造副产物黄水中挥发性化合物的研究[J]. 酿酒, 2010, 37(2): 41-44.
Zhang RL, Shi QY, Wang HB, *et al.* Research on volatile compounds in yellow fermenting liquor by-product of liquor-making [J]. Liquor Making, 2010, 37 (2): 41-44.
- [13] 李娟. 黄浆水的综合开发利用[D]. 济南: 山东轻工业学院, 2012.
Li J. Study on comprehensive utilization of yellow serofluid [D]. Jinan: Shandong Polytechnic University, 2012.
- [14] 彭太升. 黄水调酒液在浓香型白酒中的应用[J]. 酿酒, 2011, 38(6): 36-37.
Peng TS. The Application of yellow water to wine to strong aromatic Chinese spirits [J]. Liquor Making, 2011, 38(6): 36-37.
- [15] 尹礼国, 冯学愚, 许德富, 等. 五粮浓香型白酒黄水微量物质分析及应用探讨[J]. 酿酒科技, 2014, (4): 83-85.
Yi LG, Pen XY, Xu DF, *et al.* Analysis of trace components in yellow water from the production of five-grain Nong-xiang Baijiu(Liquor) and discussion on its application [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2014, (4): 83-85.
- [16] 郭璟. 白酒发酵副产物黄水的综合利用研究[D]. 西安: 西北大学, 2010.
Guo J. Study on comprehensive utilization of wine fermentation byProduct[D]. Xi'an: Northwestern University, 2010.
- [17] 谭光迅, 李净. 黄水的组分分析及应用研究进展[J]. 酿酒科技, 2010,(10): 90-92.
Tan GX, Li J. Analysis of the compositions of yellow water & research advance in its application [J]. Liquor-Making S&T, 2010, (10): 90-92.
- [18] 郝小松. 超临界 CO₂ 萃取白酒发酵副产物黄水中风味物质的工艺研究[D]. 西安: 西北大学, 2010.
He XS. Engineering Process study on extraction of flavouring eomPositions from yellow water-wine fermentation byProduct with suPereritical CO₂ technique [D]. Xi'an: Northwestern University, 2010.
- [19] 杨徐才. 浓香型白酒黄水发黑和无息的原因[J]. 酿酒科技, 2010, 3: 54-57.
Yang XC. Investiation on the causes of black & non-suspension of yellow water of Luzhou-flavor liquor [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2010, 3: 54-57.
- [20] 周明罗, 王涛, 赵兴艳. 厌氧接触-膜生物反应器处理白酒黄水的研究[J]. 中国酿造, 2011, (4): 93-95.
Zhou LM, Wang T, Zhao XY. Treatment of waste water from Chinese liquor production by the anaerobic bio-contact and MBR process [J]. China Brewing, 2011, (4): 93-95.
- [21] 李德林. 浓香型白酒酒醅微生物分子生物学研究[D]. 自贡: 四川理工学院, 2013.
Li DL. Molecular Ecology Research on Microbial Community Structure in

- the Fermented Grains of Chinese Luzhou-flavour Liquor[D]. Zigong: Sichuan University of Science & Engineering, 2013.
- [22] 张建华,徐大好,王传荣,等. 黄水酯化液在浓香型大曲酒丢糟中的应用[J]. 广州食品工业科技, 2003, 78(4): 67-68.
Zhang JH, Xu DH, Wang CR, *et al.* Application of yellow water esterified liquid in the waste distillers of Luzhou-flavor liquors [J]. Guangzhou Food Sci Technol, 2003, 78(4): 67-68.
- [23] 曹新莉,王明山. 白酒生产中黄水和酒尾的应用[J]. 酿酒科技, 2008, (10): 96-99.
Cao XL, Wang MS. Application of Yellow Water and Ending Water in Liquor Production [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2008, (10): 96-99.
- [24] 周江,杨瑞. 白酒黄浆水资源的开发利用现状[J]. 凯里学院学报, 2008, (3): 68-70.
Zhou J, Yang R. The status of exploitation and utilization of liquor yellow slurry water [J]. J Kaili Univ, 2008, (3): 68-70.
- [25] 王旭亮,王德良,韩兴林,等. 白酒微生物研究与应用现状[J]. 酿酒科技, 2009, 6: 88-91.
Wang XL, Wang DL, Han XL, *et al.* A review of current research and application about Chinese liquor microorganisms [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2009, 6: 88-91.
- [26] 李光辉,程铁轶,黄治国,等. 浓香型白酒酒醅微生物群落代谢分析[J]. 酿酒科技, 2009, 3: 29-32.
Li GH, Cheng TY, Hang ZG, *et al.* Metabolic analysis of the microbial community in the fermented grains of Luzhou-flavour liquor [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2009, 3: 29-32.
- [27] 陈炳灿,饶佳家. 黄水诱导制曲初探[J]. 酿酒, 2003, 30(5): 47-48.
Chen BC, Rao JJ. Study on yellow water inducing Daqu-Making [J]. Liquor Making, 2003, 30(5): 47-48.
- [28] 彭太升. 黄水调酒液在浓香型白酒中的应用[J]. 酿酒, 2011, 38(6): 36-37.
Peng TS. The application of yellow water to wine to strong aromatic Chinese spirits [J]. Liquor Making, 2003, 38(5): 47-48.
- [29] 罗惠波,左勇. TH-AADY 和酯化酶对黄水酯化作用的条件优化[J]. 四川食品与发酵, 2002, 38(2): 24-26.
Luo HB, Zuo Y. The optimum conditionson the percolated yellow fennenting liquor esterification by TH-AADY and esterification-enzyme [J]. Sichuan Food Ferment, 2002, 38(2): 24-26.
- [30] 赫江华. 黄水调味液在新型白酒中的应用[J]. 酿酒科技, 2005, 1: 52-53.
He JH. Application of yellow flavoring liquid in new type liquor [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2005, 1: 52-53.
- [31] 张宿义,卢中明,周军. 黄水调味液在白酒调味中的应用[J]. 酿酒科技, 2002, 3: 45-46.
Zhang SY, Lu ZM, Zhou M. Application of Yellow liquid flavouring in liquor-blending [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2002, 3: 45-46.
- [32] 唐丽云,李国红,王步利,等. 利用黄水酯化液提高浓香型白酒质量[J]. 食品与发酵科技, 2013, 49(3): 50-51+59.
Tang LY, Li GY, Wang BL, *et al.* Improve the quality of Luzhou-flavor Liquor by using yellow water esterified liquid [J]. Food Ferment Technol, 2013, (3): 50-51+59.
- [33] 伍显兵,卓忠惠,张庆国,等. 黄水、滴窖水、己酸菌液酯化效果对比试验[J]. 酿酒, 2004, 31(1):33-35.
Wu XB, Zhuo ZH, Zhang QG, *et al.* The contrast test of yellow water, drop water cellar, caproic acid bacteria liquid esterification effect [J]. Liquor Making, 2004, 31(1): 33-35.
- [34] 张培芳,李冰,夏秀梅,等. 浅谈黄浆水的综合利用[J]. 酿酒科技, 2006, (8): 108-109+115.
Zhang PF, Li B, Xia XM, *et al.* Comprehensive use of yellow slurry water [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2006, (8): 108-109+115.
- [35] 范文来,徐岩. 应用HS-SPME 技术测定固态发酵浓香型酒醅微量成分[J]. 酿酒, 2008, 35(05): 94-98.
Fan WL, Xu Y. Determination of volatile compounds of fermented- grains in the solid phase fermentation by HS- SPME coupled with GC- MS [J]. Liquor Making, 2008, 35(5): 94-98.
- [36] 张志刚,何汝良,程江红. 黄浆水酿醋工艺研究[J]. 中国酿造, 2005, (6): 29-30.
Zhang ZG, He NL, Cheng JH. Study on processing technology of vinegar from the distillate [J]. China Brewing, 2005, (6): 29-30.
- [37] 杨新力. 黄浆水提取混合有机酸及其应用[J]. 酿酒科技, 1991, (3): 33-35.
Yang XL. Yellow water extraction of mixed organic acid and its application [J]. Liquor-Making Sci Technol, 1991, (3): 33-35.
- [38] 杨瑞,周江. 白酒生产副产物黄水及其开发利用现状[J]. 酿酒科技, 2008, (3): 90-92.
Yang R, Zhou J. Byproduct in liquor production-yellow water & its development and utilization status [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2008, 3: 90-92.
- [39] 蔡鹏飞. 芝麻香型白酒风味物质产生的两条途径[J]. 酿酒, 2010, 37(5): 46-47.
Ca PF. Sesame flavor liquor flavor produced by two ways [J]. Liquor Making, 2010, 37(5): 46-47.
- [40] 王国春,陈林,赵东. 利用超临界 CO₂ 萃取技术从酿酒副产物中提取酒用呈香呈味物质的研究[J]. 酿酒科技, 2008, (1): 38-41.
Wang GC, Chen L, Zhao D. Study on the extraction of aroma & flavor-producing substances from the by-products in liquor- making by supercritical CO₂ extraction technique [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2008, (1): 38-41.
- [41] 梁慧珍,赵树欣,杨志岩,等. 固定化丙酸菌发酵生产丙酸——黄水应用新途径[J]. 酿酒科技, 2005, (2): 75-78.
Yang HZ, Zhao SX, Yang ZY, *et al.* Propionic acid production by immobilized propionibacteria—new utilizationong method of yellow water [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2005, (2): 75-78.
- [42] 周新虎,陈翔,王永伟,等. 黄水生物转化技术研究[J]. 酿酒科技, 2011, 11: 65-72.
Zhou XH, Chen X, Wang YW, *et al.* Research on biotransformation of yellow water [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2011, 11: 65-72.
- [43] 郭憬,付苗苗,张慧,等. 黄水生产酱油工艺研究[J]. 西北大学学报, 2009, (39): 82-83.
Guo J, Fu MM, Zhang H, *et al.* Study on comprehensive utilization of wine fermentation byproduct [J]. J Northwest Univ, 2009, (39): 82-83.
- [44] 韩小龙,宋文霞,薛洁,等. 黄浆水在木薯原料酒精生产中的应用[J]. 酿酒科技, 2006, (10): 89-91.
Han XL, Song WX, Xue J, *et al.* Application of yellow serofluid in the production of alcohol from Cassava [J] Liquor-Making Sci Technol, 2006, (10): 89-91.
- [45] 刘丹,张志才,冯凡. 响应面法优化米曲霉降解黄水的营养条件[J]. 中

- 国酿造, 2012, (11): 117-121.
- Liu D, Zhang ZC, Fen F. Optimization of nutrition requirement for bio-degradation of vinasse by *Aspergillus oryzae* using response surface methodology [J]. China Brewing, 2012, (11): 117-121.
- [46] 蒲岚, 朱文优, 王涛, 等. 黄水培养灵芝菌丝体适应性研究[J]. 中国酿造, 2011, (2): 62-63.
- Pu L, Zhu WY, Wang T, *et al.* Feasibility of culturing *Ganoderma lucidum* with waste water from liquor production [J]. China Brewing, 2011, (2): 62-63.
- [47] 刘琼, 张跃廷. 酿酒副产物黄水的综合利用[J]. 酿酒, 2001, 28(4): 39-42.
- Liu Q, Zhang YQ. The comprehensive utilization of winemaking byproduct [J]. Liquor Making, 2001, 28(4): 39-42.
- [48] 刘兴禹, 张为民, 徐光. 浓香型白酒生产中黄水的应用[J]. 酿酒, 2000, 3: 43-44.
- Liu XY, Zhang WM, Xu G. Application of yellow water of Luzhou flavor liquor production [J]. Liquor Making, 2000, 3: 43-44.
- [49] 韩永胜, 刘兴平, 敖宗华, 等. 浓香型白酒黄水质量评价及检测进展[J]. 酿酒科技, 2014, (9): 92-95.
- Han YS, Liu XP, Ao ZH, *et al.* Progress in testing and evaluating the quality of yellow water from Nongxiang Baijiu(Liquor) production[J]. Liquor-Making Sci Technol, 2014, (9): 92-95.
- [50] 方军, 张宿义, 赵金松. 模糊数学在浓香型白酒母糟与黄水感官质量鉴定中的应用研究[J]. 酿酒科技, 2010, (3): 31-33.
- Fang J, Zhang SY, Zhao JS. Study on the Application of fuzzy mathematics in sensory quality evaluation of maternal grains and yellow water of Luzhou-flavor liquor [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2010, (3): 31-33.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



徐传鸿, 硕士研究生, 主要研究研究方向为生态酿酒。
E-mail: 502078595@qq.com



余有贵, 教授, 博士, 主要研究方向为生态酿酒。
E-mail: yufly225@163.com