

百合多粮白酒半固态法酿造工艺及风味研究

Study on semi-solid brewing technology and flavor analysis of lily multi-grain liquor

游湘淘¹ 余 佶^{2,3} 张 敏¹ 张 斌² 麻成金^{1,2,3}

YOU Xiang-tao¹ YU Ji^{2,3} ZHANG ming¹ ZHANG bin² MA Cheng-jin^{1,2,3}

(1. 吉首大学林产化工工程湖南省重点实验室, 湖南 张家界 427000;

2. 食药两用资源研究与高值化利用湖南省重点实验室, 湖南 吉首 416000;

3. 吉首大学食品科学研究所, 湖南 吉首 416000)

(1. Key Laboratory of Hunan Forest Products and Chemical Industry Engineering, Jishou University, Zhangjiajie, Hunan 427000, China; 2. Hunan Provincial Key Laboratory of Investigation and High-Value Utilization on Edible and Medicinal Resources, Jishou University, Jishou, Hunan 416000, China; 3. Institute of Food Science, Jishou University, Jishou, Hunan 416000, China)

摘要:以百合、高粱为主要原料,辅以大米、玉米,研究半固态法酿造百合多粮白酒的工艺条件,运用正交试验、响应面试验,对百合多粮白酒酿造的糖化和酒精发酵阶段的工艺条件进行优化,并对其风味进行分析。研究结果表明:糖化优化条件为物料初始含水量 55%、糖化曲用量 0.6%、糖化时间 16 h、糖化温度 28 ℃;酒精发酵优化条件为料液比($m_{\text{糖化料}}:V_{\text{水}}$)1:2 (g/mL)、发酵曲用量 1.4%、发酵时间 9 d、发酵温度 28 ℃;在此条件下得到蒸馏基酒,测得出酒率为 $(43.57 \pm 0.58)\%$,总酸含量 (0.61 ± 0.28) g/L,总酯含量 (2.83 ± 0.64) g/L。采用 GC-MS 直接进样检测,共鉴定出 32 种微量风味物质,主要为乙酸乙酯、异戊醇、异丁醇、乙缩醛、棕榈酸乙酯等。酿造所得到的百合多粮白酒以发酵香及粮香为主,口感醇甜爽净,具有类似清香型白酒的基本风格特征。

关键词:百合;多粮白酒;半固态发酵;酿造工艺;风味物质

Abstract: The technological conditions of semi-solid fermentation of lily multi-grain liquor were studied using lily and sorghum as the main raw materials, supplemented with rice and corn. Based on the single factor experiments, the saccharification and fermentation conditions of lily multi-grain liquor were optimized by or-

thogonal experiments and response surface experiments, and its flavor were also analyzed. The results showed that the optimal saccharification conditions were as followed: initial water content 55%, saccharification temperature 28 ℃, saccharification time 16 h, saccharification koji dosage 0.6%. Then the optimal fermentation parameters were: fermentation temperature 28 ℃, fermentation time 9 days, fermentation koji dosage 1.4%. The distilled basic liquor was obtained after distillation under the control of these conditions, the comprehensive liquor yield was $(43.57 \pm 0.58)\%$, with the total acid content of (0.61 ± 0.28) g/L and final ester content of (2.83 ± 0.64) g/L. A total of 32 trace flavor substances were identified by GC-MS direct injection, which mainly included ethyl acetate, isoamyl alcohol, isobutanol, acetal, ethyl palmitate, and so on. The lily multi-grain liquor produced by brewing was the mainly fermented and grain flavor, tasting mellow, sweet and clean, and has the basic style characteristics similar to the Fen-flavor liquor.

Keywords: lily; multi-grain liquor; semi-solid fermentation; production techniques; flavor substances

基金项目:湖南省科技特派员创新创业专项(编号:2020NK4253);湖南省研究生科研创新项目(编号:CX20190868)

作者简介:游湘淘,男,吉首大学在读硕士研究生。

通信作者:麻成金(1963—),男,吉首大学教授,硕士。

E-mail: machengjin368@126.com

收稿日期:2020-01-16

百合(*Lilium brownii* var. *viridulum* Baker)为百合科植物卷丹的干燥肉质鳞叶,是中国卫健委首批通过的药食两用植物。百合富含淀粉、蛋白质、矿物质等营养成分^[1],还含有生物碱、黄酮类、多酚、皂苷等活性成分^[2],具有较高的保健功能价值;其淀粉含量在 70% 以上^[3],且保留百合大部分原本的生物活性成分,具有抗氧化、降血糖、消炎等功效^[4],可以添加至其他产品中提高产品附加值。目前,百合发酵类产品的研究已有百合发酵醋^[5]、百

合发酵酒^[6]、百合酵素^[7]、百合发酵乳^[8]等。

中国白酒历史悠久,生产技术与产品风格的独特性,在国内外都享盛誉^[9]。中国白酒常用的酿造方法主要有固态法、半固态法、液态法等,其中半固态法酿造技术也即固液结合法酿酒技术,由于生产周期较短、产量大,加工成本低,受到白酒生产企业的青睐。目前,高粱、玉米、大米、小麦等为白酒常用酿造原料,以单一粮食或多粮混合的原料形式进行发酵是主要传统酿酒方法^[10],近年来,多粮混合酿造白酒相关研究逐渐增多^[11-15],但未见以百合为原料的多粮白酒研究报道。

研究拟以百合、高粱为主要原料,辅以大米和玉米,小曲为糖化发酵剂,采用半固态法酿造百合多粮白酒,应用正交试验和响应面法优化酿造工艺参数,并分析其风味物质成分,旨在为百合相关深加工产品的研发应用提供实践参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

百合干片:湖南省龙山县百合基地;

红高粱、大米、玉米:吉首市农贸市场;

小曲、白酒曲:湖北安琪酵母股份有限公司;

硫酸、盐酸、冰乙酸、氢氧化钠、无水乙醇、硫酸铜、乙酸锌、酒石酸钾钠、亚铁氰化钾、亚甲蓝、酚酞等均为国产分析纯。

1.1.2 主要仪器设备

恒温水浴锅:HH-S₂X型,金坛市成辉仪器厂;

组合式震荡培养箱:QH2-123A型,常州市国旺仪器有限公司;

蒸煮锅:CFXB型,广东红三角电器实业有限公司;

电子天平:FA2004型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;

电热鼓风干燥箱:101-0/1/2型,北京中兴伟业仪器有限公司;

气相色谱—质谱联用仪:7890A-5975C型,美国Agilent公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程

原料(百合、高粱、大米、玉米)→原料预处理→润料→预蒸煮→混合蒸煮→摊凉→培菌糖化→补水→酒精发酵→蒸馏→陈酿→勾调→成品

1.2.2 操作要点

(1) 原料预处理:在相关文献^[16]的基础上,进行前期预试验,选择原料配方(质量分数;以干重计)为百合25%、高粱35%、大米30%和玉米10%。百合干片破碎至0.2~0.5 cm大小,玉米破碎至0.1~0.2 cm大小,高

粱、大米为整粒。

(2) 润料与蒸煮:按原料配方称取原料,60℃热水浸泡高粱12 h;百合、大米、玉米常温浸泡2 h,至原料充分吸水;清洗1次,沥干、蒸煮;高粱上大汽后蒸煮2 h,泼洒凉水,补充水分,继续蒸煮1 h,然后加入百合、大米、玉米浸泡料混合蒸煮40~50 min,至原料充分熟透,内无生心。

(3) 固态糖化:原料蒸煮完成后迅速冷却至30℃,加入小曲进行固态糖化。

(4) 酒精发酵:在糖化完成后,按设定料水比进行补水,加入白酒曲进行酒精发酵。

(5) 蒸馏接酒与陈酿:采取掐头去尾的方法进行酒醅蒸馏接酒,蒸馏前期约50 mL所接酒为酒头,当所接酒酒度低于40%Vol时停止接酒(剩余馏出酒为酒尾),酒尾可在下次蒸馏接酒时倒入待蒸馏发酵醅中;自然陈酿90 d以上,勾调后灌装即得成品。

1.2.3 糖化阶段单因素试验设计

(1) 初始含水率:固定糖化温度28℃,糖化时间16 h,糖化曲用量0.5%,以不同初始含水率(45%,50%,55%,60%,65%)为变量,以总酸含量及感官评分为评价指标。

(2) 糖化温度:固定初始含水率55%,糖化时间16 h,糖化曲用量0.5%,以不同糖化温度(20,24,28,32,36℃)为变量,以总酸含量及感官评分为评价指标。

(3) 糖化时间:固定初始含水率55%,糖化温度28℃,糖化曲用量0.5%,以不同糖化时间(12,14,16,18,20 h)为变量,以总酸含量及感官评分为评价指标。

(4) 糖化曲用量:固定初始含水率55%,糖化温度28℃,糖化时间16 h,以不同糖化曲用量(0.2%,0.4%,0.6%,0.8%,1.0%)为变量,以总酸含量及感官评分为评价指标。

1.2.4 糖化阶段正交试验设计 以单因素试验结果为基础,以初始含水量、糖化温度、糖化时间、糖化曲用量为变量因素,感官评分及总酸含量为评价指标进行L₉(3⁴)正交试验,优化糖化工艺参数。

1.2.5 酒精发酵阶段单因素试验设计

(1) 发酵温度:固定料液比($m_{\text{糖化料}}:V_{\text{水}}$)1:2(g/mL),发酵时间8 d,发酵曲用量1.0%,以不同发酵温度(24,26,28,30,32℃)为变量,以总酯含量及酒醅酒精度为评价指标。

(2) 发酵时间:固定料液比($m_{\text{糖化料}}:V_{\text{水}}$)1:2(g/mL),发酵温度28℃,发酵曲用量1.0%,以不同发酵时间(6,7,8,9,10 d)为变量,以总酯含量及酒醅酒精度为评价指标。

(3) 发酵曲用量:固定料液比($m_{\text{糖化料}}:V_{\text{水}}$)1:2(g/mL),发酵温度28℃,发酵时间8 d,以发酵曲用量

(0.4%, 0.6%, 0.8%, 1.0%, 1.2%) 为变量, 以总酯含量及酒酯酒精度为评价指标。

(4) 料液比: 固定发酵温度 28 °C, 发酵时间 8 d, 发酵曲用量 1.0%, 以料液比 [$m_{\text{糖化料}} : V_{\text{水}}$ 分别为 1.0 : 1.0, 1.0 : 1.5, 1.0 : 2.0, 1.0 : 2.5, 1.0 : 3.0, 1.0 : 3.5 (g/mL)] 为变量, 以总酯含量及酒酯酒精度为评价指标。

1.2.6 发酵阶段响应面试验设计 在单因素试验基础上, 采用固定的料液比, 选定发酵温度、发酵时间、发酵曲用量作为考察因子, 以酒酯所含酒精度为试验结果评判的响应值, 进行 Box-Behnken 响应面设计试验, 得到酒精发酵阶段优化的工艺条件参数。

1.2.7 风味物质 GC-MS 分析

(1) 样品处理: 经蒸馏后的基础酒, 调整酒度为 60% Vol, 直接进样, 进样量为 1 μ L。

(2) GC 条件^[17-18]: AgilentHP-5MS 毛细管色谱柱, 升温程序为初始温度 45 °C, 以 5 °C/min 升至 80 °C, 再以 8 °C/min 升至 230 °C, 维持时间 5 min。进样口温度 230 °C, 载气为氦气, 分流比 15 : 1。

(3) MS 条件^[17-18]: 电离方式 EI, 电子能量 70 eV, 离子源温度 230 °C, 四级杆温度 140 °C, 质量扫描范围为 m/z 35~500, 采集方式: 全扫描模式。定性和定量分析: 使用 NIST2011 数据库对结果进行谱图分析, 对检测出的风味物质进行定性分析, 各检出组分的相对含量采用峰面积归一化法进行计算。

1.2.8 指标测定方法

(1) 酒精度: 按 GB/T 5009.225—2016 第二法执行。

(2) 总酸 (以乙酸计)、总酯 (以乙酸乙酯计): 按 GB/T 10345—2007 执行。

(3) 还原糖测定: 按 GB 5009.7—2016 执行。

(4) 出酒率计算^[19]:

$$Y = \frac{s \times V}{50 \times M} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

Y ——原料出酒率, %;

s ——原酒精度数, % Vol;

V ——原酒精体积, mL;

M ——原粮质量, g;

50——以酒精度 50% Vol 计。

1.2.9 糖化料感官品评标准 百合多粮白酒采用先糖化后发酵方式进行酿造, 参照 GB/T 33404—2016 及 GB/T 33405—2016 建立糖化料感官品评标准 (表 1)。参加评定人员为 10 名 (5 男、5 女) 经过白酒品评训练的食品科学与工程专业大四学生, 均有参加中国大学生品酒大赛的经验。采取打分制原则进行感官品评, 满分为 100 分。

1.2.10 白酒感官定量描述分析 参照 GB/T 33404—2016 白酒感官定量描述分析方法, 采用白酒风味轮定性

表 1 百合多粮白酒糖化料感官品评标准

Table 1 Sensory evaluation standard for saccharated materials of lily multi-grain liquor

项目	评语	分数/分
外观	光泽明亮, 松散, 不留汁	6~10
(10 分)	灰暗, 留汁, 腐烂	<6
香气	香气浓郁纯正, 清雅协调	20~40
(40 分)	有不愉快气味, 带其他臭气	<20
口味	绵甜, 柔和, 无异味	20~40
(40 分)	酸味, 生料味, 霉味, 其他邪杂味	<20
风格	具有糖化料的正常风格	6~10
(10 分)	偏格, 错格	<6

产品特征, 采用数字标度定量特征强度或滞留度。通过九点标度对白酒进行香气及口味口感分析, 并建立香气特征柱形图和口味口感特征剖面图。

1.2.11 数据处理 所有试验均重测 3 次, 数据用平均值表示, 运用 Excel 2007、Origin 9.0 以及 Design-Expert 8.0.6 软件对试验数据进行绘图以及统计处理。

2 结果与分析

2.1 糖化工艺优化

在单因素试验基础上, 选择初始含水率 55%, 糖化温度 28 °C, 糖化时间 18 h, 糖化曲用量 0.6% 进行糖化阶段正交试验, 各因素水平取值见表 2, 正交试验设计及结果见表 3。

由表 3 可知, 4 个因素对感官得分影响效果依次为 $a > b > c > d$, c 项的影响最小, 优化组合为 $a_2 b_2 c_2 d_2$; 4 个因素对总酸含量影响效果依次为 $a > b > c > d$, d 项的影响最小, 优化组合为 $a_2 b_2 c_1 d_1$ 。感官评分更能全面地衡量糖化效果, 因此, 综合考虑选择 $a_2 b_2 c_1 d_2$, 即初始含水量 55%, 糖化温度 28 °C, 糖化时间 16 h, 糖化曲用量 0.6%。对最优工艺条件进行 3 组验证实验, 感官得分平均为 84.72 分, 总酸含量 0.32 g/L, 还原糖含量为 4.87 g/100 g。

2.2 发酵工艺优化

2.2.1 单因素试验 发酵阶段发酵温度、发酵时间、发酵曲用量、料液比等因素对酒精度及总酯影响的单因素试验结果见图 1。

由图 1 可知, 在酿造用水添加量与原料比值 ($m_{\text{糖化料}}$:

表 2 正交设计因素水平表

Table 2 Factors and levels of orthogonal test

试验水平	a 初始含水量/%	b 糖化温度/°C	c 糖化时间/h	d 糖化曲用量/%
1	50	26	16	0.5
2	55	28	18	0.6
3	60	30	20	0.7

表 3 正交试验结果及直观分析表

Table 3 Orthogonal test results and intuitionistic analysis						
试验号	a	b	c	d	感官得分	总酸/(g · L ⁻¹)
1	1	1	1	1	80.65	0.39
2	1	2	2	2	79.63	0.42
3	1	3	3	3	75.63	0.56
4	2	1	2	3	80.25	0.42
5	2	2	3	1	82.56	0.36
6	2	3	1	2	84.65	0.34
7	3	1	3	2	75.63	0.52
8	3	2	1	3	78.62	0.32
9	3	3	2	1	82.36	0.35
感官得分	<i>k</i> ₁	76.637	76.840	79.310	78.520	
	<i>k</i> ₂	82.487	80.270	79.410	79.970	
	<i>k</i> ₃	77.537	79.540	77.940	78.160	
	<i>R</i>	5.850	3.427	1.473	1.803	
总酸	<i>k</i> ₁	0.452	0.442	0.354	0.366	
	<i>k</i> ₂	0.373	0.366	0.397	0.424	
	<i>k</i> ₃	0.393	0.415	0.484	0.431	
	<i>R</i>	0.084	0.076	0.130	0.066	

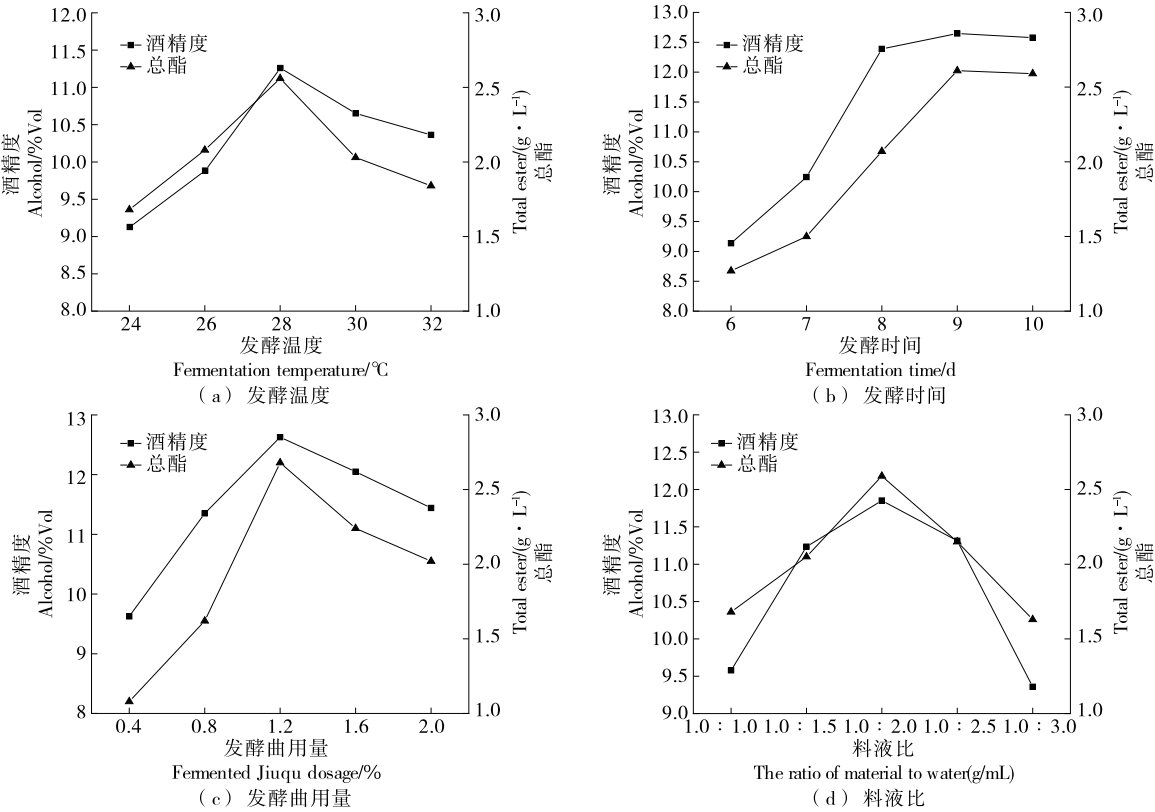


图 1 发酵温度、发酵时间、发酵曲用量和料液比对百合多粮白酒酒精度及总酯的影响

Figure 1 Effects of fermentation temperature, fermentation time, fermentation Jiuqu dosage and different ratio of material to water on alcohol content and total ester of lily multi-grain liquor

$V_{\text{水}}$) 为 1 : 2 (g/mL) 时, 酒精度与总酯均为最高, 继续增加酿造用水酒精度出现下降; 发酵温度为 28 ℃ 时, 酒精度达到最高, 发酵温度过低时, 菌种生产缓慢, 发酵不完全, 不利于产酒, 酒精度较低; 当发酵温度过高时, 菌种生长旺盛, 会造成发酵速度过快, 并产生大量气泡, 因此发酵结束早, 不利于产酯增香, 因此选择发酵温度为 28 ℃ 进行后续试验; 发酵时间的控制对酒的酿造有很大影响, 随发酵的进行, 前期产酒速度较快, 发酵后期酒精浓度过高, 对菌种的生长存在一定的抑制作用, 因此呈先增加后平缓的趋势。发酵曲用量过低会导致发酵不完全, 酒精浓度较低, 用量过高时, 则会消耗过多底物, 同样不利于产酒, 选择发酵曲用量 1.2% 进行后续试验。

2.2.2 响应面试验设计及结果 在单因素试验结果基础上, 固定料液比($m_{\text{糖化料}} : V_{\text{水}}$) 为 1 : 2 (g/mL), 以发酵温度、发酵时间、发酵曲用量为变量因素, 酒酯所含酒精度为响应值, 进行 Box-Behnken 响应面试验。因素及水平见表 4, 试验设计及结果见表 5。

2.2.3 模型建立及显著性检验 Box-Behnken 响应面试

表 4 响应面试验因素及编码水平设计表

Table 4 Design of factors and coding level for response surface test

编码水平	A 发酵温度/℃	B 发酵时间/d	C 发酵曲用量/%
-1	26	8	0.8
0	28	9	1.2
1	30	10	1.6

表 5 响应面试验设计与结果

Table 5 Designs and results of response surface test

试验编号	A	B	C	Y_3 酒精度/% Vol
1	0	1	-1	11.92
2	-1	1	0	11.04
3	1	-1	0	11.23
4	-1	0	1	12.52
5	0	-1	1	12.44
6	1	1	0	12.18
7	0	0	0	14.26
8	-1	0	-1	12.48
9	1	0	1	13.56
10	0	-1	-1	12.32
11	0	0	0	14.52
12	0	0	0	14.58
13	-1	-1	0	11.56
14	0	1	1	12.92
15	1	0	-1	12.13
16	0	0	0	14.25
17	0	0	0	14.33

验结果方差分析见表 6。采用 Design Expert 软件对试验数据进行多元回归拟合, 得回归方程:

$$Y = 14.39 + 0.19A + 0.064B + 0.32C + 0.37AB + 0.35AC + 0.22BC - 1.31A^2 - 1.58B^2 - 0.41C^2 \quad (2)$$

由表 6 可知, 模型的 P 值 $< 0.000 1$, 表明模型中各因素对试验结果的影响极显著; 失拟项的 $P = 0.722 6 > 0.05$, 说明模型失拟项不显著。试验的决定系数 $R^2 = 0.994 5$, 校正系数 $R_{\text{adj}}^2 = 0.987 3$, 说明模型的拟合程度较高, 试验误差小, 能够用于分析发酵温度(A)、发酵时间(B)、发酵曲用量(C)对酒精度的交互影响, 并对酒精度进行预测。从回归方程系数的显著性分析可知, 一次项中 A 和 C 对响应值的影响极显著 ($P < 0.01$), B 项不显著, 而所有的二次项对酒精度的影响均为极显著 ($P < 0.01$); 在交互项中, BC 对酒精度的影响显著 ($P < 0.05$), AB、AC 对酒精度的影响极显著 ($P < 0.01$)。根据 F 值可知, 各因素对酒精度值影响的主次顺序为 C(发酵曲用量) $>$ A(发酵温度) $>$ B(发酵时间)。

2.2.4 响应面分析及最优条件的确定 3 个因素交互项 AB、AC、BC 交互效应的响应面图及等高线图见图 2。3 个因素之间均存在一定的交互作用, 且影响显著。图 3(a) 和图 3(b) 显示发酵曲用量为 0 水平时, 随着发酵温度从 26 ℃ 升至 30 ℃, 发酵时间从 8 d 延长至 10 d, 酒精含量先增加后下降。图 3(c) 及图 3(d) 显示, 随发酵温度和发酵用曲量的升高, 在发酵曲用量和发酵温度的交互作用中, 发酵温度对产酒的影响更为明显, 可能原因是

表 6 回归方程方差分析表[†]

Table 6 Variance analysis of regression equation analysis

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	22.39	9	2.49	138.77	$< 0.000 1$	* *
A	0.28	1	0.28	15.69	0.005 5	* *
B	0.03	1	0.03	1.81	0.220 1	
C	0.84	1	0.84	46.77	0.000 2	* *
AB	0.54	1	0.54	30.13	0.000 9	* *
AC	0.48	1	0.48	26.94	0.001 3	* *
BC	0.19	1	0.19	10.80	0.013 4	*
A^2	7.19	1	7.19	400.86	$< 0.000 1$	* *
B^2	10.50	1	10.50	585.51	$< 0.000 1$	* *
C^2	0.70	1	0.70	39.28	0.000 4	* *
残差	0.13	7	0.02			
失拟	0.03	3	0.01	0.46	0.722 6	不显著
纯误差	0.09	4	0.02			
总和	22.52	16				

[†] * 表示影响显著 ($0.01 < P < 0.05$), * * 表示影响极显著 ($P < 0.01$); $R^2 = 0.994 5$, $R_{\text{adj}}^2 = 0.987 3$ 。

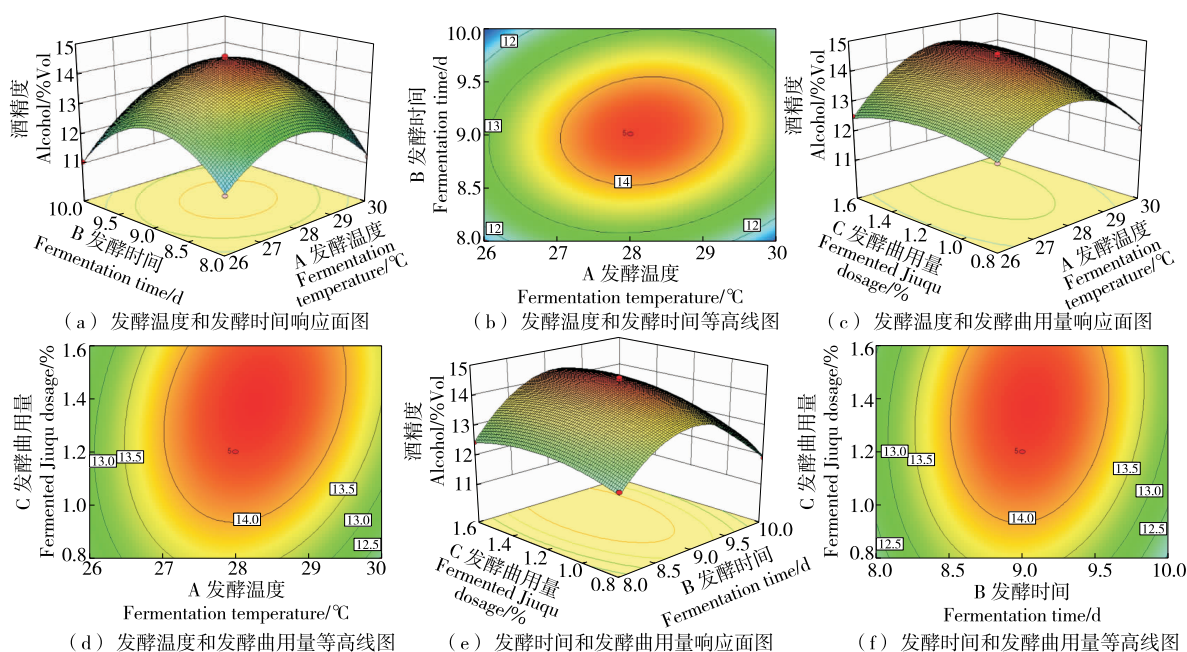


图2 酒精发酵阶段三因素交互作用等高线图及响应面图

Figure 2 Contour map and response surface map of three factors interaction in alcohol fermentation stage

适宜的温度有利于菌种的生长代谢。图3(e)和图3(f)响应面图存在一定的曲面,表明发酵时间与发酵用量存在交互作用。

采用 Design-Expert 8.0.6 软件优化,得到百合多粮白酒发酵的优化工艺条件参数为:发酵温度 28.29℃,发酵时间 9.07 d、发酵曲用量 1.39%。从实际操作出发,调整工艺参数为发酵温度 28℃,发酵时间 9 d,发酵曲用量 1.4%。以优化条件开展验证实验,测得酒醅所含酒精度的平均值为 14.15% Vol,与模型的预测值 14.48% Vol 相比较误差为 2.28%,表明该模型可较好地预测发酵阶段工艺条件参数与响应值酒精度之间的关系。

2.3 百合多粮白酒风味物质分析

2.3.1 百合多粮白酒总酸和总酯含量 按上述工艺条件酿造的百合多粮白酒(新酒)。经蒸馏后,出酒率为 $(43.57 \pm 0.58)\%$ (以酒精度 50% Vol 计);经测定,总酸含量 (0.61 ± 0.28) g/L,总酯含量 (2.83 ± 0.64) g/L。

2.3.2 百合多粮白酒基础酒微量成分 GC-MS 分析 从 GC-MS 直接进样及 NIST 数据库鉴定结果(表 7)和物质保留指数分析可知,鉴定出百合多粮白酒中 32 种主要风味物质,主要包括醇类、醛类、酸类、酯类 4 大类风味物质。由表 7 可知,在微量成分含量上,酯类>醇类>酸类>醛类,其中酯类相对含量为 46.33%,乙酸乙酯为主体成分,乙酸乙酯主要呈水果香,带给酒体清香气感,使百合多粮白酒具有清香型白酒的基本风格特征。醇类化合物相对含量为 37.16%,主体成分为异丁醇和异戊醇;酸类物质相对含量为 5.69%,主体成分为乙酸;醛类物质相

对含量为 5.68%,主体成分为乙缩醛。酯类物质是酒体中主要的呈香物质,较高的酯含量赋予酒体浓郁的酒香,乙酸乙酯主要呈水果香,带给酒体清香气感,有助于提升酒的品质。高级醇也是白酒重要的呈香、呈味物质,适当的含量能够给予酒体醇甜的口感,而含量过高则容易带给酒体杂醇油气味,应在后续试验中,尽量降低异戊醇含量。

2.3.3 百合多粮白酒感官定量描述分析结果 根据 GB/T 33404—2016《白酒感官品评导则》对百合多粮白酒进行香气、口味口感描述分析,结果见图 3、图 4。由图 3、图 4 可知,百合多粮白酒以发酵香和粮香为主,陈香则需陈酿后才会产生。口感突出甜味,一定的酸感有利于增强酒体的协调感,苦味不明显。口感以纯净度得分最高,持久度有所欠缺,柔和度及协调度略低,新酒经陈酿后将有助于提升柔和度及协调度。

综合感官评语为:无色,无沉淀物和悬浮物,清亮透明;香气自然,较纯正清雅;酒体较柔和、净爽;具有百合多粮的特征风格。

3 结论

试验以半固态法酿造百合多粮白酒为目标,采用单因素试验、正交试验、响应面试验分别优化糖化阶段和发酵阶段工艺条件参数,确定糖化优化条件为物料初始含水量 55%、糖化曲用量 0.6%、糖化温度 28℃、糖化时间 16 h;发酵条件为料液比($m_{\text{糖化料}} : V_{\text{水}}$) 1:2 (g/mL)、发酵温度 28℃、发酵时间 9 d、发酵曲用量 1.4%。经蒸馏

表 7 百合多粮白酒主要风味物质鉴定结果

Table 7 Identification results of main flavor substances in lily multi-grain liquor

编号	出峰时间/min	化合物名称	相对含量/%
1	1.499	乙醛	0.42
2	1.895	正丙醇	1.49
3	2.055	乙酸乙酯	39.26
4	2.146	异丁醇	8.42
5	2.440	正丁醇	0.24
6	2.675	乙缩醛	5.23
7	2.766	乙酸	5.47
8	3.066	异戊醇	25.46
9	3.258	1,4-丁二胺	0.42
10	3.553	乙酸异丁酯	0.19
11	4.879	丙酸乙酯	4.01
12	5.361	3-甲基-2-丁醇	0.03
13	5.820	乙酸-3-甲基-1-丁基酯	0.81
14	7.479	糠醛	0.03
15	12.817	DL-2-己酸乙酯	0.05
16	13.838	二氢-3(2H)-噻吩酮	0.02
17	16.331	辛酸乙酯	0.05
18	16.940	苯乙醇	1.52
19	17.539	4-乙基苯酚	0.05
20	17.876	丁二酸二乙酯	0.41
21	19.796	2-苯基乙酸乙酯	0.23
22	20.187	癸酸乙酯	0.10
23	21.102	2-甲氧基-4-乙基苯酚	0.02
24	22.899	反油酸乙酯	0.25
25	22.931	油酸乙酯	0.25
26	23.284	十二酸乙酯	0.06
27	24.327	亚油酸乙酯	0.64
28	25.883	肉豆蔻酸	0.14
29	26.006	十四酸乙酯	0.18
30	27.188	十五酸	0.08
31	28.483	棕榈酸乙酯	3.40
32	28.558	顺-9-十六碳烯酸乙酯	0.45

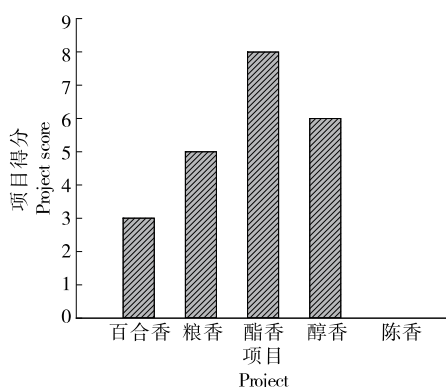


图 3 百合多粮白酒酒香气特征柱形图

Figure 3 Bar chart of aroma characteristics of lily multi-grain liquor

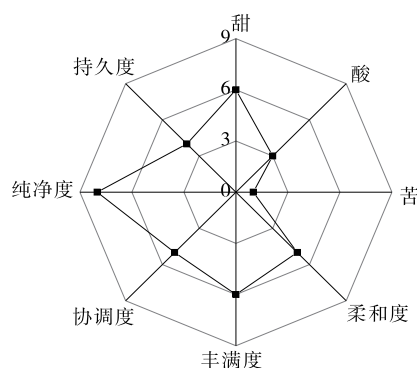


图 4 百合多粮白酒口味口感特征剖面图

Figure 4 Profile of taste characteristics of lily multi-grain liquor

后得到一款香气以发酵香和粮香为主,口感绵甜,爽净的基础酒。试验探索利用百合作为主要原料之一酿造多粮白酒,可为百合的精深加工提供新产品,进而拓宽百合综合利用的途径。试验仅以酿造工艺研究为主,未对酿造机理进行深入探讨,可对此进行后续研究。此外,白酒酿造较为复杂,新酿造白酒需陈酿勾调后才能使酒体更加丰满协调,后续需陈酿勾兑后才可得成品。

参考文献

- [1] 胡悦, 杜运鹏, 张梦, 等. 12 种百合主要营养成分和活性成分的分析评价[J]. 天然产物研究与开发, 2019, 31(2): 292-298.
- [2] 罗林明, 覃丽, 裴刚, 等. 百合属植物甾体皂苷成分及其药理活性研究进展[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(7): 1 416-1 426.
- [3] 李忠海, 徐廷丽, 孙昌波, 等. 三种百合淀粉主要理化性质的研究[J]. 食品与发酵工业, 2005(5): 5-8.
- [4] 胡悦, 杜运鹏, 田翠杰, 等. 百合属植物化学成分及其生物活性的研究进展[J]. 食品科学, 2018, 39(15): 323-332.
- [5] 麻成金, 黄群, 余佳, 等. 杜仲百合醋的研制[J]. 食品与发酵工业, 2006(4): 138-141.
- [6] 唐莹翠. 百合发酵酒的制备工艺研究[J]. 食品安全导刊, 2019(9): 135-137.
- [7] 方晟, 陈彝, 沙如意, 等. 百合酵素自然发酵过程中有机酸及其体外抗氧化活性的变化[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(22): 39-46.
- [8] 袁志鹰, 黄惠勇, 谢梦洲, 等. 应用顶空-气相离子迁移谱分析百合发酵乳的风味物质[J]. 理化检验(化学分册), 2020, 56(1): 78-83.
- [9] JIN Guang-yuan, ZHU Yang, XU Yan. Mystery behind Chinese liquor fermentation[J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 63: 18-28.
- [10] ZHENG Xiao-wei, HAN Bei-zhong. Baijiu, Chinese liquor: History, classification and manufacture [J]. Journal of Ethnic Foods, 2016, 3(1): 19-25.

(下转第 227 页)

- [34] 董彦会, 刘慧彬, 王政和, 等. 2005—2014 年中国 7~18 岁儿童青少年近视流行状况与变化趋势[J]. 中华预防医学杂志, 2017, 51(4): 285-289.
- [35] JHAN J K, CHUNG Y C, CHEN G H, et al. Anthocyanin contents in the seed coat of black soya bean and their anti-human tyrosinase activity and antioxidative activity[J]. Int J Cosmet Sci, 2016, 38(3): 319-324.
- [36] PARK S W, CHOI J, KIM J, et al. Anthocyanins from black soybean seed coat prevent radiation-induced skin fibrosis by downregulating TGF- β and Smad3 expression[J]. Arch Dermatol Res, 2018, 310(5): 401-412.
- [37] VARADHARAJAN V, SHANMUGAM S, RAMASWAMY A. Model generation and process optimization of microwave-assisted aqueous extraction of anthocyanins from grape juice waste[J]. Journal of Food Process Engineering, 2017, 40(3): 27-42.
- [38] KUMAR M, DAHUJA A, SACHDEV A, et al. Evaluation of enzyme and microwave-assisted conditions on extraction of anthocyanins and total phenolics from black soybean (*Glycine max* L.) seed coat[J]. Int J Biol Macromol, 2019, 135: 1 070-1 081.
- [39] 胡云峰, 陈君然, 胡晗艳, 等. 超声波破壁提取葡萄酒酵母泥中多糖的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2013(6): 1 715-1 720.
- [40] 李秀花, 张利. 黑豆花色苷提取工艺的优化[J]. 吉林农业, 2018(19): 72-73.
- [41] 李明英. 离子液体在天然活性物质提取中的应用研究进展[J]. 药学进展, 2015, 39(6): 437-445.
- [42] 苏适, 于德涵, 柴宝丽, 等. 响应面法优化超声辅助离子液体提取黑豆花青素工艺研究[J]. 中国调味品, 2019, 44(7): 154-159.
- [43] 王宏, 付燕秋, 韩静, 等. AB-8 大孔树脂吸附黑枸杞中花青素行为研究[J]. 林产化学与工业, 2016, 36(4): 79-86.
- [44] 朱学伸, 赵文, 林淑鑫, 等. 黑豆种皮中原花青素的提取和纯化研究[J]. 现代食品科技, 2018, 34(1): 154-160.
- [45] 吴艳立, 丁之恩, 闫晗, 等. 黑豆皮中花青素大孔吸附树脂分离纯化工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(21): 50-53, 67.
- [46] 由璐, 隋茜茜, 赵艳雪, 等. 花色苷分子结构修饰及其生理活性研究进展[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 351-359.
- [47] 张晓圆, 汪旭, 陈玥, 等. 黑豆红花色苷的分子修饰和稳定性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(11): 26-31.
- [48] 朱宏明, 蒋天龙, 高橙, 等. 黑豆皮花色苷的分子修饰及抗氧化性研究[J]. 浙江树人大学学报(自然科学版), 2015(1): 24-28.
- [49] HE Jing-ren, CARVALHO A R, MATEUS N, et al. Spectral features and stability of oligomeric pyranoanthocyanin-flavanol pigments isolated from red wines[J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(16): 9 249-9 258.
- [50] 陈长应. 黑豆皮中花青素的提取及测定的研究[J]. 中国调味品, 2013, 38(12): 91-94.
- [51] 中国居民膳食营养素参考摄入量速查手册[M]. 北京: 中国标准出版社, 2014: 36.
- [52] 李妍. 一种生血养血的保健品及其制备方法与应用: CN201610795905.1[P]. 2017-02-15.
- [53] 温家慧. 一种护眼明目的营养保健品: CN102772572A[P]. 2012-11-14.
- [54] DIAZ-GARCIA M C, CASTELLAR M R, OBON J M, et al. Production of an anthocyanin-rich food colourant from *Thymus moroderi* and its application in foods[J]. J Sci Food Agric, 2015, 95(6): 1 283-1 293.
- [55] 陈令浩. 一种治疗肝硬化的颗粒剂及其制备方法和用途: CN105412847A[P]. 2016-03-23.
- [56] 冯璇, 叶振昊, 黄穗平. 一种治疗幽门螺旋杆菌引起的慢性胃炎的中药组合物、制剂及其制备方法: CN109106882A[P]. 2019-01-01.
- [57] 李文科, 李旦. 一种淡化面部色斑的中药面霜及制备方法: CN109464353A[P]. 2019-03-15.

(上接第 174 页)

- [11] 闫涵, 范文来, 徐岩. 单粮和多粮型白酒发酵过程的成分差异分析[J/OL]. 食品科学. (2020-07-22) [2021-01-03]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20200722.1426.110.html>.
- [12] 张杰, 程伟, 彭兵, 等. 一种多粮复合香型白酒的酿造工艺研究[J]. 酿酒, 2020, 47(3): 39-43.
- [13] 高志远, 程伟, 张杰, 等. 一种多粮复合香型白酒的酿造工艺分析与探讨[J]. 酿酒科技, 2019(9): 35-40.
- [14] 黄发琳, 王化斌. 浅析多粮白酒生产工艺[J]. 酿酒, 2016, 43(2): 35-37.
- [15] 寇晨光. 多粮发酵在清香型白酒生产中的应用[J]. 酿酒科技, 2012(11): 72-75.
- [16] 王万能, 王东, 娄国平, 等. 多粮小曲清香型调味酒配方优化[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2011, 25(9): 20-24.
- [17] 冒德寿, 牛云蔚, 姚征民, 等. 顶空固相微萃取-气相色谱质谱联用和气相色谱嗅觉技术鉴定清香型白酒特征香气物质[J]. 中国食品学报, 2019, 19(7): 251-261.
- [18] ZHANG Qi, YANG Jian-gang, AO Zong-hua, et al. Research progress on the aromatic components of fen-flavor liquor (Baijiu) [J]. Advance Journal of Food Science & Technology, 2017, 13(5): 190-195.
- [19] 何媛媛, 曹燕飞, 李宏军. 挤压高粱酿造白酒发酵工艺参数对出酒率的影响[J]. 中国酿造, 2017, 36(8): 36-40.