

大麦若叶米酒酿造方法研究

王 静, 侯文静, 潘春梅*

[河南牧业经济学院食品与生物工程学院(酒业学院), 郑州 450046]

摘 要: 目的 以大麦若叶粉、糯米为主要原料酿造营养型大麦若叶米酒。**方法** 采用单因素试验和正交试验优化大麦若叶粉添加量、酒曲添加量、发酵温度、发酵时间对酒精度和感官评分的影响, 并用气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)分析大麦若叶米酒中风味物质成分。**结果** 大麦若叶米酒的工艺参数为: 大麦若叶粉添加量为 3.0%, 甜酒曲添加量为 1.3%, 发酵温度为 30 °C, 发酵时间为 3 d。在此条件下, 大麦若叶米酒还原糖含量(以葡萄糖计)为 85.77 g/L, 酒精度为 14.80% vol, 总糖含量为 101.00 g/L, 非糖固形物含量为 15.00 g/L, pH 为 4.06, 总酸含量(以乳酸计)6.28 g/L, 氨基酸态氮含量为 0.25 g/L。大麦若叶米酒中共检测出 26 种化合物, 其中醇类有 5 种、烷烃类有 3 种、酮类有 5 种、酯类有 4 种、醛类有 2 种、酸类有 1 种、苯酚类有 1 种、其他类有 5 种。**结论** 大麦若叶米酒色泽浅绿, 大麦若叶粉香气与米香相互协调, 酸甜可口, 风格独特, 各项指标符合黄酒标准。

关键词: 大麦若叶; 糯米; 米酒; 发酵优化; 气相色谱-质谱法

Research on brewing method of barley leaf rice wine

WANG Jing, HOU Wen-Jing, PAN Chun-Mei*

[College of Food and Biological Engineering (Liquor Industry College), Henan University of Animal Husbandry and Economy, Zhengzhou 450046, China]

ABSTRACT: Objective To brew nutritive barley leaf rice wine using barley leaf powder and glutinous rice as the main raw materials. **Methods** Single factor experiment and orthogonal experiment were used to optimize the influence of barley leaf powder addition, sweet koji addition, fermentation temperature, and fermentation time on alcohol content and sensory scores, the flavor components in barley leaf rice wine were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). **Results** The addition amount of barley leaf powder was 3.0%, the addition amount of sweet koji was 1.3%, the fermentation temperature was 30 °C, and the fermentation time was 3 d. Under these conditions, the reducing sugar content (calculated as glucose) of barley leaf rice wine was 85.77 g/L, the alcohol content was 14.80% vol, the total sugar content was 101.00 g/L, and the non-sugar solid content was 15.00 g/L, the pH was 4.06, the total acid content (calculated as lactic acid) was 6.28 g/L, and the amino acid nitrogen content was 0.25 g/L. Twenty-six kinds of compounds were detected in barley leaf rice wine, including 5 kinds of alcohols, 3 kinds of alkanes, 5 kinds of ketones, 4 kinds of esters, 2 kinds of aldehydes, 1 kind of acids, 1 kind of phenols, and 5 kinds of others (thiazole, pyrrole, etc.). **Conclusion** The barley leaf rice wine is light green in color, and the aroma of barley leaf powder is coordinated with the fragrance of the rice, it is sweet and sour and has a unique style, all indicators are in line with

基金项目: 河南牧业经济学院重点学科项目(503/14020807)

Fund: Supported by the Key Subject Projects of Henan University of Animal Husbandry and Economy (503/14020807)

*通信作者: 潘春梅, 教授, 主要研究方向为发酵工程。E-mail: 670396995@qq.com

*Corresponding author: PAN Chun-Mei, Professor, Henan University of Animal Husbandry and Economy, No.6, Longzihu North Road, Zhengdong New District, Zhengzhou 450046, China. E-mail: 670396995@qq.com

rice wine standards.

KEY WORDS: barley leaf; sticky rice; rice wine; fermentation optimization; gas chromatography-mass spectrometry

0 引言

大麦若叶粉是草药的一种,带有清新的叶香,含有丰富的膳食纤维、蛋白质、氨基酸、维生素、微量元素、矿物质等^[1],可作为食品原料,此外,大麦若叶粉还含有超氧化歧化酶、过氧化氢酶等上百种抗氧化活性酶,能消除机体产生的氧自由基、促进消化吸收、分解体内毒素等^[2]。已有研究表明,大麦若叶具有降血糖、降血脂^[3]、抗肿瘤、缓解人体疲劳和增加抵抗力、防治人类慢性病等多种功效^[4]。大麦若叶产品开发在我国起步较晚,其市场利用率低,仅在糕点、面条、酸奶、豆奶等方面有所应用^[5-6],在米酒的研究开发方面未见报道。李志刚等^[7]测定大麦若叶粉含有 11 种风味物质,主要是萜烯类、醛类、醇类、酮类、吡咯类以及酯类,其中, β -环柠檬醛具有果香和清香,2-乙酰基吡咯具有苦杏仁的香气,1-辛烯-3-醇具有强烈药草香韵、清香带甜的薰衣草气息,上述物质赋予了大麦若叶粉独特的芬芳气味。

米酒,是用优质糯米糖化发酵而成,含有丰富的有机酸、糖类、氨基酸、B 族维生素,还有少量乙醇,这些成分赋予米酒特殊的风味^[8-10]。市场上的米酒营养单一、产品种类少,已不能满足人们的需要^[11-12],为了改善米酒风味,全面提升米酒的营养价值和保健功效,研发新型米酒产品是未来的发展方向,若将具有独特芳香的大麦若叶粉应用于米酒酿造过程,可丰富米酒产品类型。

综上,本研究拟利用糯米和大麦若叶粉为原料,混合酿造大麦若叶米酒,通过单因素试验和正交试验优化大麦若叶米酒的工艺参数,并分析该条件下米酒的理化指标,通过气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)检测其风味成分,为新型米酒产品开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

大麦若叶粉(阿里健康大药房);糯米(溢田食品有限公司);安琪活性干酵母、甜酒曲(安琪酵母股份有限公司)。

酒石酸钾钠、氢氧化钠、亚甲基蓝、二氯甲烷、无水硫酸钠(分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司)。

1.2 仪器与设备

HH-7 型电热数显恒温水浴锅(金坛市华峰仪器有限公司);PHs-4a 型 pH 检测仪[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司];DHP-9373 型电热恒温培养箱(上海一恒科学仪器有限公司);723S 型可见-分光光度计(赛多利斯科学有限公司);TDL-5A

型离心机(湖南赫西仪器装备有限公司);BSA223S 型电子天平(精度 1 mg, 上海菁华科技有限公司);32 cm 双层蒸锅(山东九阳小家电有限公司);5977B MSD 型气相色谱质谱联用仪(美国安捷伦有限公司);HP-5MS 石英毛细管柱(30 m $\times$ 0.25 mm, 0.25 μ m)(北京飞美斯分析科技有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 大麦若叶米酒的酿造工艺

大麦若叶米酒酿造工艺流程图见图 1。

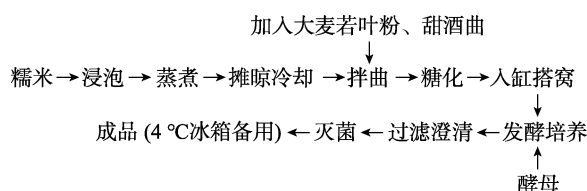


图 1 大麦若叶米酒酿造工艺流程图

Fig.1 Process flow chart of brewing barley leaf rice wine

主要操作要点:

(1)浸米: 优质糯米清洗,除杂,按米与水(质量比)1:2 比例浸泡 24~36 h。

(2)蒸煮: 将泡好的糯米控干水,用双层蒸锅蒸米,蒸 40 min。

(3)摊晾: 将蒸好的糯米取出,晾至温度 28~32 $^{\circ}$ C。

(4)拌曲、加大麦若叶粉: 将称量好的甜酒曲均匀撒到糯米上,用手翻拌使酒曲和米粒混合均匀,用 40 $^{\circ}$ C 温水溶解大麦若叶粉,用玻璃棒充分搅拌,均匀倒入米饭中^[13]。

(5)糖化: 将发酵坛放在恒温培养箱中进行培养,设置温度 28 $^{\circ}$ C,糖化 48 h。

(6)发酵: 用 37 $^{\circ}$ C 温水活化安琪酵母(水和酵母质量比为 10:1) 30 min 左右,同时将活化好的安琪酵母(按照体积比 1.0%)加入发酵坛中,密封完好。

(7)榨酒、过滤: 将已发酵好的米酒用过滤纱布将糯米残渣和酒体分离开来,即得到成品米酒。

(8)灭菌、装瓶: 将米酒用水浴锅进行灭菌,温度控制在 65~70 $^{\circ}$ C,灭菌 15~30 min,然后冷却装瓶,放在 4 $^{\circ}$ C 冰箱中静置澄清,方便备用。

1.3.2 米酒感官评定

参考 GB/T 3662—2018《黄酒》感官评定标准,制定了大麦若叶米酒感官评定表,见表 1。由 10 位经过专业培训的具有国家级三级品酒师职业资格证书的酿酒工程专业学生组成评定小组,分别对酒样色泽、澄清度、香气、滋味和风格 5 个指标进行评定^[14]。

表 1 大麦若叶米酒感官评定表
Table 1 Sensory evaluation table of barley leaf rice wine

项目	评价标准	分值/分
色泽(10 分)	亮绿色,质地均匀,光泽好	8~10
	浅绿色,质地基本均匀,光泽略差	5~7
	浅绿色,质地不够均匀,光泽差	<5
澄清度(10 分)	清澈透明,有光泽,无沉淀及悬浮物	8~10
	轻微沉淀及悬浮物,光泽差	5~7
	大量沉淀及悬浮物,光泽暗哑	<5
香气(25 分)	具有米酒及大麦若叶的香气,酒香及醇香浓郁	20~25
	具有米酒及大麦若叶的香气,酒香及醇香不够浓郁	10~19
	无米酒特有的香气、酒香及醇香不足,有异香	<10
	酒体完整,醇厚柔和,舒顺协调,无其他异杂味	30~40
滋味(40 分)	酒体较淡薄,柔和但不够协调	20~29
	淡而无味,带苦涩味,或者其他混杂味	<20
	风格独特,酒体组分协调	10~15
风格(15 分)	典型性不明显,酒体组分较协调	5~9
	缺乏典型性,酒体组分不协调	<5

1.3.3 大麦若叶米酒工艺优化

单因素试验:以感官评分作为检测指标。以整个发酵体系为基准,大麦若叶粉添加量 3.0%、甜酒曲添加量 1.0%、发酵温度 30℃、发酵时间 5 d 为固定值。依次考察大麦若叶粉添加量(1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5%)、甜酒曲添加量(0.4%、0.7%、1.0%、1.3%、1.6%)、发酵温度(26、28、30、32、34℃)、发酵时间(3、4、5、6、7、8 d)对大麦若叶米酒感官的影响^[15-17]。

正交试验:在单因素试验的基础上,以 A(大麦若叶粉添加量)、B(甜酒曲添加量)、C(发酵温度)和 D(发酵时间)为主要考察因素,以感官评分和酒精度为评价指标,设计 L₉(3⁴)正交表进行正交试验,正交设计因素水平表见表 2。

表 2 L₉(3⁴)正交试验因素水平表
Table 2 L₉(3⁴) orthogonal test factor level table

水平	因素			
	A 大麦若叶粉添加量/%	B 甜酒曲添加量/%	C 发酵温度/℃	D 发酵时间/d
1	2.0	0.7	28	3
2	2.5	1.0	30	5
3	3.0	1.3	32	7

1.3.4 大麦若叶米酒验证试验

参考感官评分和酒精度指标,与正交试验中的 9 组试验进行比对,确定最终验证试验条件,进行 3 组平行试验,并作感官评定。

1.3.5 大麦若叶米酒理化指标测定

参照 GB/T 3662—2018 检验方法,对米酒的酒精度、总糖、还原糖、非糖固形物、pH、总酸及氨基酸态氮进行测定^[18-19]。

1.3.6 大麦若叶米酒微生物指标检测方法

依据 GB 2758—2012《食品安全国家标准 发酵酒及其配制酒》和 GB/T 4789.25—2003《食品卫生微生物学检验 酒类检验》检验方法,对米酒中的微生物指标进行检测。

1.3.7 大麦若叶米酒风味物质测定

采用气相色谱-质谱法对大麦若叶米酒中的风味物质进行检测^[20-22]。

色谱(GC)条件:色谱柱:HP-5MS 石英毛细管柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);进样口温度:250℃;升温程序:初始柱温 35℃,保持 1 min,以 2℃/min 升温至 100℃,保持 2 min,再以 5℃/min 升温到 250℃,保持 5 min,再以 10℃/min 升温到 280℃,保持 5 min;载气:高纯氦气(纯度≥99.999%);流速:0.8 mL/min;进样方式:不分流进样;进样量:1.0 μL。

质谱(MS)条件:电离方式:电子轰击源(electrospray ionization, EI);监测方式:全扫描(SCAN);离子化电离能量 70 eV;离子源温度:230℃;四极杆温度:150℃;传输线温度:280℃;溶剂延迟:2 min;质量扫描范围 m/z: 30~500。

1.3.8 数据处理

采用 Excel 2003 作图,IBM SPSS Statistics 22 软件进行统计分析,P<0.01 表示差异极显著,P<0.05 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果分析

2.1.1 大麦若叶粉添加量对米酒品质的影响

随着添加量的上升,大麦若叶米酒的感官评分在一定范围内呈现逐渐增大然后下降的趋势,经方差分析,不同大麦若叶粉添加量对大麦若叶米酒品质感官评分差异的 F=174.800, P<0.01,可知大麦若叶粉添加量对米酒感官品评影响有极显著差异。大麦若叶粉添加量从 1.0%到 2.5%,味道逐渐变浓,颜色逐渐加深,呈现浅绿色,感官评分逐渐上升。当大麦若叶粉添加量达到 2.5%时,感官评分达到最高值为 93 分,大麦若叶风味和米酒风味相协调,具有大麦若叶米酒典型的风格。当大麦若叶粉添加量超过 2.5%时,大麦若叶粉味道过重,有涩感和过重青草味,掩盖了米酒特有的风味与香气,感官评分呈现下降的趋势,在大麦若叶粉添加量为 3.0%时,感官评分降至 80 分。

2.1.2 酒曲添加量对米酒品质的影响

酒曲添加量多少决定着米酒的糖化速度和风味协调^[23]。随着甜酒曲添加量的上升,大麦若叶米酒的感官评分在一定范围内呈现逐渐增大然后下降的趋势,经方差分析,不同甜酒曲添加量对大麦若叶米酒品质感官评分差异的 $F=89.100$, $P<0.01$,可知甜酒曲添加量对米酒感官品评影响有极显著差异。当甜酒曲添加量为 0.7%时,糖化不完全,发酵效果不太明显,感官评定结果显示,米酒酒味淡薄,随着接种量的增大,微生物数量增加,发酵速度也随之加快,当甜酒曲添加量达到 1.0%时,菌体繁殖速率提高,这时大麦若叶风味与甜酒曲相对协调,酸甜适中,感官评分达到最高值为 88 分。当甜酒曲添加量超过 1.0% 时,过量的甜酒曲使米酒糖化速度过快,糟醅容易生酸^[24-25],故感官评分没有上升反而出现下降的趋势。

2.1.3 发酵温度对米酒品质的影响

发酵温度的高低决定着米酒的发酵程度是否彻底,酒味是否浓烈。随着发酵温度的上升,大麦若叶米酒的感官评分在一定范围内呈现逐渐增大然后下降的趋势,经方差分析,不同发酵温度对大麦若叶米酒品质感官评分差异的 $F=33.188$, $P<0.01$,可知发酵温度对米酒感官品评影响有极显著差异。当发酵温度低于 30 ℃时会延长发酵进程,给发酵带来不利影响,随着发酵温度的升高,大麦若叶米酒感官评分逐渐升高,米酒香气逐渐丰富,口感变得浓醇。当发酵温度为 30 ℃时,发酵完全,感官评分达到最高值为 88 分,风味较好、酸甜适中、香气和谐。当发酵温度超过 30 ℃时,由于较高温度下发酵速度过快,发酵微生物的生物活性降低,甚至死亡,从而使米酒整体风味和品质较差^[15],所以当发酵温度为 34 ℃时感官评分仅 70 分。

2.1.4 发酵时间对米酒品质的影响

随着发酵时间的上升,大麦若叶米酒的感官评分在一定范围内呈现逐渐增大然后下降的趋势,经方差分析,不同发酵时间对大麦若叶米酒品质感官评分差异的 $F=310.350$, $P<0.01$,可知发酵时间对米酒感官品评影响有极显著差异。当发酵第 3 d 时,由于发酵不够彻底,感官评分较低,随着发酵时间延长,当发酵第 5 d 时,糖化酶不断的将淀粉转化为还原糖,增加了酵母菌和根霉的反应底物^[15],感官评分达到最高值为 85 分,大麦若叶风味与米酒风味相协调,酒味圆润。当发酵时间超过 5 d,由于发酵时间长,产生大量酒精和乙酸,导致产品酸味浓,酒味大,加之还原糖被逐渐消耗,含量逐渐降低,可溶性固形物含量下降,所以感官评分下降为 64 分。

2.2 大麦若叶米酒正交试验结果

2.2.1 正交试验结果与分析

在单因素试验的基础上,本研究采取 $L_9(3^4)$ 正交设计进行四因素三水平正交试验,优化生产工艺,正交试验结果见表 3。

表 3 大麦若叶米酒 $L_9(3^4)$ 正交设计结果
Table 3 Orthogonal design results of barley leaf rice wine $L_9(3^4)$

试验号	A	B	C	D	Y ₁ 感官评分 /分	Y ₂ 酒精度 /(% vol)
1	1	1	1	1	83.4±0.81	11.9±0.06
2	1	2	2	2	89.2±1.47	14.5±0.30
3	1	3	3	3	73.1±1.25	12.8±0.00
4	2	1	2	3	65.4±0.85	12.8±0.12
5	2	2	3	1	77.8±0.31	13.0±0.12
6	2	3	1	2	80.2±0.38	14.8±0.12
7	3	1	3	2	76.6±0.74	13.0±0.12
8	3	2	1	3	75.1±0.78	12.8±0.12
9	3	3	2	1	91.7±0.21	14.8±0.12
K ₁	245.7	225.4	238.7	252.9		
K ₂	223.4	242.1	246.3	246.0		
K ₃	243.4	245	227.5	213.6		
k ₁	81.9	75.1	79.6	84.3		
k ₂	74.5	80.7	82.1	82		
k ₃	81.1	81.7	75.8	71.2		
极差 R	7.4	6.6	6.3	13.1		
主次因素	D>A>B>C					
较优组合	A ₁	B ₃	C ₂	D ₁		
K ₁	39.2	37.7	39.5	39.7		
K ₂	40.6	40.3	42.1	42.3		
K ₃	40.6	42.4	38.8	38.4		
k ₁	13.1	12.6	13.2	13.2		
k ₂	13.5	13.4	14.0	14.1		
k ₃	13.5	14.1	12.9	12.8		
极差 R	0.40	1.50	1.10	1.30		
主次因素	B>D>C>A					
较优组合	A ₂ /A ₃	B ₃	C ₂	D ₂		

由表 3 可知,以感官评分为主要考察指标,4 个因素的极差值大小关系为 $D>A>B>C$,即发酵时间>大麦若叶粉添加量>甜酒曲添加量>发酵温度。发酵时间对大麦若叶米酒品质影响最大,在发酵时间为 3 d 时感官评分最高,其次是大麦若叶粉添加量,适量的大麦若叶粉可赋予人清新感,同时可使酒体具有透亮的浅绿色光泽。因此,较优水平组合为 $A_1B_3C_2D_1$,即大麦若叶粉添加量为 2.0%,甜酒曲添加量为 1.3%,发酵温度为 30 ℃,发酵时间为 3 d。

以酒精度为主要考察指标,4 个因素的极差值大小关系为 $B>D>C>A$,即甜酒曲添加量>发酵时间>发酵温度>大麦若叶粉添加量。影响酒精度最大的因素为甜酒曲添加量,而甜酒曲量决定着糖化发酵速度以及风味。因此,较优水平组合为 $A_2B_3C_2D_2/A_3B_3C_2D_2$,即大麦若叶粉添加量为 2.5%或 3.0%,甜酒曲添加量为 1.3%,发酵温度为 30 ℃,发酵时间为 5 d。

综合考虑, 两种考察指标下, 因素 *B*(甜酒曲添加量)、*C*(发酵温度)都达到相同的最优水平, 而因素 *A*(大麦若叶粉添加量)主要带来色泽感与风味, 因素 *D*(发酵时间)主要影响发酵是否彻底完全, 与酒精度有很大关系。根据感官评分指标, 因素 *D* 影响程度最显著, 因此选水平 *D*₁。根据酒精度指标, 因素 *A* 影响程度最小, 通过感官评分比较, 1 水平分最高, 其次为 3 水平, 2 水平分最低; 并且由酒精度分析, 3 个水平相差不大, 2、3 水平酒精度相同, 另外, 9 号评分最高 91.7 分, 并且参考表 4 理化指标值, 非糖固形物、总糖与还原糖在正常范围内, 其所对应的因素水平符合以感官评分和酒精度为考察指标的主要影响水平与程度大小。因此, 因素 *A* 可选取水平 3, 从而确定正交试验的 9 号 *A*₃*B*₃*C*₂*D*₁ 组合为较优条件, 即大麦若叶粉添加量为 3.0%, 酒曲添加量为 1.3%, 发酵温度为 30 °C, 发酵时间为 3 d。

表 4 大麦若叶米酒 *L*₉(3⁴)正交试验理化指标

Table 4 Physical and chemical indexes of barley leaf rice wine *L*₉(3⁴) orthogonal test

试验号	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	非糖固形物/(g/L)	总糖/(g/L)	还原糖/(g/L)
1	1	1	1	1	19.04±0.67	204.96±1.21	185.83±0.48
2	1	2	2	2	22.01±1.06	105.99±0.74	85.77±0.82
3	1	3	3	3	123.00±1.95	57.00±0.68	42.23±1.45
4	2	1	2	3	32.36±1.34	119.64±1.15	113.78±0.46
5	2	2	3	1	33.38±0.89	110.62±0.52	89.92±0.90
6	2	3	1	2	15.60±0.26	112.40±0.34	99.55±0.69
7	3	1	3	2	41.38±0.39	118.62±0.77	67.17±0.34
8	3	2	1	3	62.08±0.45	45.92±0.42	39.54±0.28
9	3	3	2	1	15.00±0.23	101.00±0.16	85.77±0.37

2.2.2 正交试验验证性试验结果与分析

对正交试验确定的较优条件进行 3 组平行验证, 结果见表 5。大麦若叶米酒酒精度的平均值为(14.8%±0.15)%vol, 感官评分为(91±1.53)分, 符合试验预期效果, 因此正交试

验结果可靠, 重复性较好, 预测较优组合与实际试验相符, 可作为本试验大麦若叶米酒发酵的较优工艺条件。

表 5 正交试验验证试验结果表

Table 5 Orthogonal test verification test results

指标	验证次数			平均值±标准偏差
	1	2	3	
酒精度/% vol	14.6	14.8	14.9	14.8±0.15
感官评分/分	93.0	91.0	90.0	91±1.53

2.3 大麦若叶米酒理化指标和微生物指标

对优化的大麦若叶米酒进行理化指标和微生物指标检测, 在理化指标方面, 酒精度为 14.80% vol、总糖为 101.00 g/L、还原糖为 85.77 g/L、非糖固形物为 15.00 g/L、pH 为 4.06、总酸(以乳酸计)为 6.28 g/L、氨基酸态氮为 0.25 g/L, 均符合相关标准。大麦若叶米酒经杀菌后测得微生物菌落总数为 13 CFU/mL, 大肠杆菌及其他致病菌均未检出。

2.4 大麦若叶米酒风味物质测定

经气相色谱-质谱法对成品酒风味物质进行分析, 通过计算机检索与 NIST 相匹配, 谱峰图见图 2, 检测的风味成分相对含量见表 6, 相对含量按峰面积归一化计算。大麦若叶米酒中共检测出 26 种化合物, 其中醇类有 5 种、烷烃类有 3 种、酮类有 5 种、酯类有 4 种、醛类有 2 种、酸类有 1 种、苯酚类有 1 种、其他类有 5 种。3-脱氧-*D*-甘露酸内酯、苯乙醇、甘油等含量较高, 依次占 9.18%、8.77%、5.90%。醇类物质的含量直接影响酒的品质, 苯乙醇具有特殊的玫瑰香气和果香^[26]; 酯类是形成酒体香气浓郁的主体因素, 三丁酸甘油酯和 3-脱氧-*D*-甘露酸内酯对酒体复合香有较好的促进作用; 醛类的香味最为强烈, 糠醛是酱香型白酒中香味成分的骨干, 对米酒的风味也有重要影响^[27]。

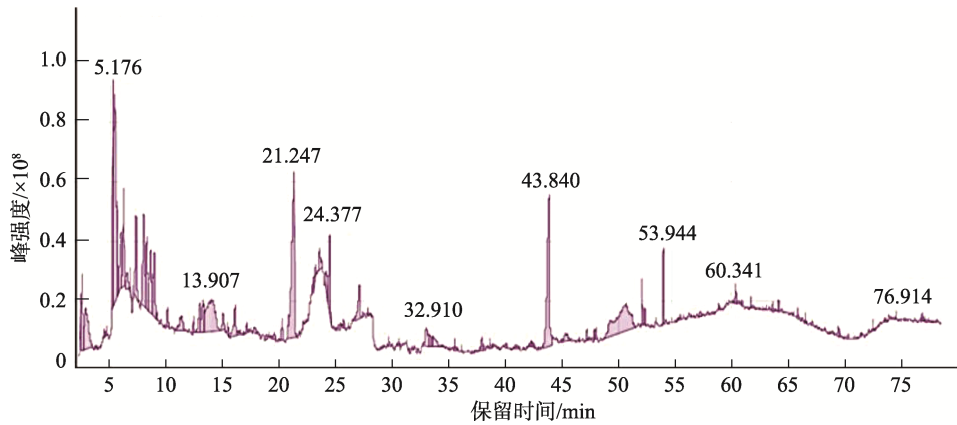


图 2 大麦若叶米酒风味成分的 GC-MS 总离子流图

Fig.2 GC-MS total ion diagram of the flavor components of barley leaf rice wine

表 6 大麦若叶米酒风味成分的 GC/MS 分析结果
Table 6 GC-MS analysis results of flavor components of barley leaf rice wine

可信度	中文名称	分子式	峰面积	相对含量/%
78.9	丙酮	C ₃ H ₆ O	1.45×10 ⁸	4.91
77.7	2-氨基-2-甲基-1,3-丙二醇	C ₄ H ₁₁ NO ₂	9.89×10 ⁶	0.33
72.9	双(N-甲氧基-N-甲氨基)甲烷	C ₅ H ₁₄ N ₂ O ₂	1.97×10 ⁷	0.67
84.4	4,5-二氢-2-甲基噻唑	C ₄ H ₇ NS	1.61×10 ⁷	0.54
81.0	2-呋喃甲醇	C ₅ H ₆ O ₂	4.04×10 ⁷	1.37
71.1	1,2-环戊二酮	C ₅ H ₆ O ₂	4.02×10 ⁷	1.36
98.0	2,4-二羟基-2,5-二甲基-3(2H)-呋喃-3-酮	C ₆ H ₈ O ₄	1.25×10 ⁷	0.42
72.4	2H-吡喃-2,6(3H)-二酮	C ₅ H ₄ O ₃	1.15×10 ⁷	0.39
89.8	苯乙醇	C ₈ H ₁₀ O	2.59×10 ⁸	8.77
78.9	苯乙醛	C ₈ H ₈ O	2.48×10 ⁷	0.84
76.4	N-甲酰二硫代氨基甲酸乙酯	C ₄ H ₇ NOS ₂	2.51×10 ⁷	0.85
97.2	琥珀酸氢乙酯	C ₆ H ₁₀ O ₄	6.14×10 ⁷	2.08
93.8	5-羟甲基糠醛	C ₆ H ₆ O ₃	7.45×10 ⁷	2.52
78.2	甘油	C ₃ H ₈ O ₃	1.75×10 ⁸	5.90
72.4	2-甲基-2-(4-甲基-3-甲基亚戊基)-1,3-二氧戊环	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	3.31×10 ⁷	1.12
73.4	3-脱氧-D-甘露酸内酯	C ₆ H ₁₀ O ₅	2.71×10 ⁸	9.18
88.7	色氨酸	C ₁₀ H ₁₁ NO	5.41×10 ⁷	1.83
94.3	6-羟基-4,4,7a 三甲基-5,6,7,7a-四氢苯并呋喃-2(4H)-酮	C ₁₁ H ₁₆ O ₃	1.89×10 ⁷	0.64
78.2	3-羟基-1-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-1-丙醇	C ₁₀ H ₁₂ O ₄	9.68×10 ⁶	0.33
94.9	三丁酸甘油酯	C ₁₅ H ₂₆ O ₆	4.07×10 ⁷	1.38
85.5	正十六酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	7.54×10 ⁶	0.25
98.3	4,4'-(六氟异丙基)二苯酚	C ₁₅ H ₁₀ F ₆ O ₂	9.34×10 ⁶	0.32
87.8	十六甲基-七硅氧烷	C ₁₆ H ₄₈ O ₆ Si ₇	3.57×10 ⁷	1.21
98.1	1,4-二酮,六氢-3-(苯基甲基)-[1,2-α]吡喃吡咯	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₂	9.23×10 ⁶	0.31
83.5	三苯基氧化膦	C ₁₈ H ₁₅ OP	1.34×10 ⁷	0.45
75.4	四甲基环十二硅氧烷	C ₂₄ H ₇₂ O ₁₂ Si ₁₂	1.53×10 ⁷	0.52

关于米酒的风味物质有少量研究报道,如邹大维等^[28]、周行等^[29]和刘殿锋等^[30]分别对苗家(原生态)香草酒、桑葚、红花米酒和番茄米酒的风味物质进行了分析,指出米酒中风味物质主要包括醇类、酯类、酸类物质等,与文献中米酒香气成分进行对比,发现本研究大麦若叶米酒含有大部分米酒中都具有的苯乙醇、丙三醇、苯乙醛、糠醛、甲酸乙酯、苯酚类、多元酸、呋喃、噻唑等风味物质,而且该米酒中还发现了一些未报道的风味物质,如琥珀酸氢乙酯、呋喃酮(表 6 中未列出)有明显的增香修饰效果,吡喃酮(表 6 中未列出)有干草气味,初步分析与大麦若叶原料香有关。

3 结论与讨论

在单因素试验和正交试验优化的基础上,进行验证

得出大麦若叶米酒最佳工艺参数为:大麦若叶粉添加量为 3.0%、酒曲添加量为 1.3%、发酵温度为 30℃、发酵时间为 3 d,感官评分为(91±1.53)分,香气浓郁、酸甜适中、营养丰富。经 GC-MS 分析,大麦若叶米酒中含有大部分米酒中含有的醇、酯和酸类等风味物质,此外还检测出了其他成分,下一步将对风味物质的具体来源和对酒有主要贡献作用的风味物质进行研究。本试验酿造的大麦若叶米酒既拥有米酒的醇和丰满,又拥有大麦若叶的色泽风味,丰富米酒营养价值的同时也发挥了大麦若叶的独特价值,为开发大麦若叶制品提供了方向。

参考文献

[1] 卢伟,耿楠,陆宁. 大麦苗粉营养成分及其制品研究进展[J]. 包装与食品机械, 2018, 36(1): 63-67.
LU W, GENG N, LU N. Research progress of nutritional components and

- products of barley leaf powder [J]. Packag Food Mach, 2018, 36(1): 63–67.
- [2] 郑国利, 马泉, 姚远, 等. 大麦若叶产品营养成分分析与评价[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(4): 141–145.
- ZHENG GL, MA Q, YAO Y, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components of barley leaves products [J]. Cere Oils, 2021, 34(4): 141–145.
- [3] 鲜瑶, 宋戈, 廖侠, 等. 大麦苗粉调节血糖血脂的临床研究[J]. 营养学报, 2017, 39(3): 307–309.
- XIAN Y, SONG G, LIAO X, *et al.* A clinical trial on the regulation of blood glucose and lipids by barley leaves powder [J]. Acta Nutr Sin, 2017, 39(3): 307–309.
- [4] TIAN ML, LI DT, MA C, *et al.* Barley leaf insoluble dietary fiber alleviated dextran sulfate sodium-induced mice colitis by modulating gut microbiota [J]. Nutrients, 2021, 13(3): 846.
- [5] 沈嘉禄. 大麦若叶豆奶开创植物蛋白饮料新时代[J]. 食品与生活, 2018, (12): 18–20.
- SHEN JL. Barley leaf soy milk creates a new era of plant protein beverages [J]. Food Life, 2018, (12): 18–20.
- [6] 方嘉沁. 大麦若叶牛乳糖沙琪玛制作工艺研究[J]. 现代食品, 2018, (14): 153–156.
- FANG JQ. Study on technology of barley leaf nougat Shachima [J]. Mod Food, 2018, (14): 153–156.
- [7] 李志刚, 许琦, 袁奇, 等. 大麦若叶粉成分分析及其青汁稳定性研究[J]. 中国食品添加剂, 2021, 32(3): 40–45.
- LI ZG, XU Q, YUAN Q, *et al.* Composition of barley tender leaf powder and stability of its juice [J]. China Food Addit, 2021, 32(3): 40–45.
- [8] 廖婷, 吴晓娟, 杨小静, 等. 发酵型桂花米酒酿制工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(11): 106–110.
- LIAO T, WU XJ, YANG XJ, *et al.* Study on fermentation process of osmanthus rice wine [J]. Food Res Dev, 2019, 40(11): 106–110.
- [9] 刘茗铭, 周阳子, 袁乐梅, 等. 天门冬新型米酒的酿造及其品质分析[J]. 食品与发酵工业, 2019, (1): 137–144.
- LIU MM, ZHOU YZ, YUAN LM, *et al.* Asparagus new type rice wine brewing and its quality analysis [J]. Food Ferment Ind, 2019, (1): 137–144.
- [10] 刘晓伟, 郭芳, 王静静, 等. 观赏海棠果米酒保健饮料研制[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(17): 85–89.
- LIU XW, GUO F, WANG JJ, *et al.* Development of a health drink for ornamental crabapple fruit rice wine [J]. Food Res Dev, 2018, 39(17): 85–89.
- [11] LI HC, LI XR, DONG NL, *et al.* Analysis of microbiomes in three traditional starters and volatile components of the Chinese rice wines [J]. Food Sci Biotech, 2020, (30): 1–10.
- [12] 彭春芳, 袁松林, 刘琨毅, 等. 响应面法优化玫瑰红豆复合米酒发酵工艺[J]. 中国酿造, 2021, 40(11): 203–208.
- PENG CF, YUAN SL, LIU KY, *et al.* Optimization of fermentation process of rose and red bean compound rice wine by response surface methodology [J]. China Brew, 2021, 40(11): 203–208.
- [13] 尹怀宁, 李振, 李可心, 等. 菊花米酒发酵工艺[J]. 食品工业, 2021, 42(10): 40–44.
- YIN HN, LI Z, LI KX, *et al.* Fermentation technology of *Chrysanthemum* rice wine [J]. Food Ind, 2021, 42(10): 40–44.
- [14] 冯小刚, 贺羽, 王帅, 等. 产四色营养米酒的混合发酵工艺及品质研究[J]. 食品工业, 2018, 39(8): 108–112.
- FENG XG, HE Y, WANG S, *et al.* Research on technology and quality of mixed fermented puerperal rice wine with four colorful grains [J]. Food Ind, 2018, 39(8): 108–112.
- [15] 王虹玲, 丁昊, 安东平, 等. 南果梨玫瑰米酒酿造工艺的响应面优化[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(19): 142–148.
- WANG HL, DING H, AN DP, *et al.* Response surface optimization of nanguo pear-rose rice wine [J]. Food Res Dev, 2021, 42(19): 142–148.
- [16] 孙记涛, 郑阳, 王占东, 等. 模糊数学评判法在大麦若叶牛奶研制中的应用[J]. 中国奶牛, 2020, (2): 60–63.
- SUN JT, ZHENG Y, WANG ZD, *et al.* The application of fuzzy mathematics evaluation method in the development of barley leaves milk [J]. China Dairy Cattle, 2020, (2): 60–63.
- [17] 卢健新, 袁孝文, 蔡文韬, 等. 基于响应面优化大麦若叶粉中总黄酮超声波提取工艺研究[J]. 农产品加工, 2021, (11): 31–37.
- LU JX, YUAN XW, CAI WT, *et al.* Optimization of ultrasonic extraction technology of total flavonoids from young leaves of barley powder based on response surface methodology [J]. Farm Prod Process, 2021, (11): 31–37.
- [18] 蒋变玲, 刘霞, 陈琼, 等. 大麦若叶青汁粉总黄酮的超声提取[J]. 肇庆学院学报, 2020, 41(5): 6–11.
- JIANG BL, LIU X, CHEN Q, *et al.* The extraction and detection of total flavonoids from young barley grass powder [J]. J Zhaoqing Univ, 2020, 41(5): 6–11.
- [19] 陈琼, 许雪华, 蒋变玲. 大麦若叶青汁粉总三萜超声提取工艺研究[J]. 兰州文理学院学报(自然科学版), 2021, 35(2): 39–45.
- CHEN Q, XU XH, JIANG BL. Researches on ultrasonic extraction of total triterpenes from barley young leaves [J]. J Lanzhou Univ Arts Sci (Nat Sci Ed), 2021, 35(2): 39–45.
- [20] 于跃, 孟柯. 浅谈气相色谱-质谱技术在食品分析的应用[J]. 品牌与标准化, 2019, (1): 63–65.
- YU Y, MENG K. Discussion on the application of gas chromatography-mass spectrometry in food analysis [J]. Enter Stand, 2019, (1): 63–65.
- [21] 王征, 徐清, 詹重清, 等. 气相色谱-三重四极杆串联质谱法同时测定茶叶中 16 种多环芳烃[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(19): 7585–7591.
- WANG Z, XU Q, ZHAN CQ, *et al.* Simultaneous determination of 16 kinds of polycyclic aromatic hydrocarbons in tea by gas chromatography-triple quadrupole tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(19): 7585–7591.
- [22] 王燕飞, 颜林平, 陈莉, 等. 气质联用法测定市售白酒中 18 种邻苯二甲酸酯类塑化剂含量[J]. 酿酒科技, 2019, (8): 99–105, 111.
- WANG YF, YAN LP, CHEN L, *et al.* Determination of 18 kinds of phthalate plasticizers in commercially-available baijiu products by GC-MS [J]. Liquor-making Sci Technol, 2019, (8): 99–105, 111.
- [23] 陈瑞, 韩潇, 孙传伯, 等. 樱桃风味米酒的酿造及风味物质鉴定[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(21): 114–116.
- CHEN R, HAN X, SUN CB, *et al.* Brewing of cherry-flavored rice wine and identification of flavoring substances [J]. Anhui Agric Sci Bull, 2020, 26(21): 114–116.
- [24] 张阳阳, 侯贺丽, 王荣荣, 等. 响应面法优化桂花酒酿造工艺[J]. 中国酿造, 2021, 40(11): 217–222.

- ZHANG YY, HOU HL, WANG RR, *et al.* Optimization of brewing process for *Osmanthus fragrans* wine by response surface methodology [J]. China Brew, 2021, 40(11): 217–222.
- [25] 张园园, 李建芳. 橙汁复合米酒酿造工艺[J]. 食品工业, 2021, 42(8): 39–42.
- ZHANG YY, LI JF. Brewing technology of orange compound rice wine [J]. Food Ind, 2021, 42(8): 39–42.
- [26] 潘天全, 程伟, 张杰, 等. 两款不同原料酿制风味米酒的检测分析与对比研究[J]. 酿酒科技, 2018, (12): 83–87.
- PAN TQ, CHENG W, ZHANG J, *et al.* Contrast analysis of two rice wine products made by different raw materials [J]. Liquor-making Sci Technol, 2018, (12): 83–87.
- [27] 母应春, 姜丽, 苏伟. 两种酒曲制备米酒品质对比研究[J]. 中国酿造, 2019, 38(3): 114–119.
- MU YC, JIANG L, SU W. Comparison of quality office wine with two kinds of Jiuqu [J]. China Brew, 2019, 38(3): 114–119.
- [28] 邹大维, 龙滢, 杨鑫, 等. 苗家(原生态)香草酒安全指标及香气成分分析研究[J]. 酿酒科技, 2019, (7): 1–4.
- ZOU DW, LONG Y, YANG X, *et al.* Analysis of the safety indexes and the flavoring components of natural herb wine of miao people [J]. Liquor-making Sci Technol, 2019, (7): 1–4.
- [29] 周行, 石桐, 李关平, 等. 桑葚、红花米酒的香气物质分析[J]. 酿酒科技, 2017, (11): 65–67.
- ZHOU X, SHI T, LI GP, *et al.* Flavoring compounds in mulberry rice wine & in safflower rice wine [J]. Liquor-making Sci Technol, 2017, (11): 65–67.
- [30] 刘殿锋, 郭培军, 武模戈, 等. 番茄米酒香气成分的 GC-MS 分析[J]. 食品科技, 2013, 38(10): 289–296.
- LIU DF, GUO PJ, WU MG, *et al.* GC-MS analysis of aroma components in tomato rice wine [J]. Food Sci Technol, 2013, 38(10): 289–296.

(责任编辑: 郑 丽 张晓寒)

作者简介



王 静, 硕士, 讲师, 主要研究方向为
发酵食品研究。
E-mail: wangjing201007@126.com



潘春梅, 教授, 主要研究方向为发酵
工程。
E-mail: 670396995@qq.com