

葡萄干酿制葡萄酒的工艺优化

林范学¹, 韩小龙^{1*}, 师艳秋¹, 来庆华²

(1. 济宁学院生命科学与生物工程学院, 曲阜 273155; 2. 山东罗欣药业集团股份有限公司, 临沂 276017)

摘 要: **目的** 研究并优化用普通葡萄干酿制葡萄酒的工艺。**方法** 通过单因素和正交试验研究料水比、果胶酶添加量、酵母菌接种量和发酵温度对葡萄酒品质的影响, 并优化酿造工艺。**结果** 单因素试验结果表明, 料水比、果胶酶的添加量以及发酵温度主要影响葡萄酒的色度, 对残糖浓度和酒精度的影响不明显。相比之下, 酵母菌接种量对这些特性的改变贡献较小。正交试验表明, 发酵温度、酵母菌接种量和料水比对酒精度有显著影响, 且果胶酶添加量明显影响感官评分。在最佳的发酵条件下[发酵温度 20℃、酵母菌接种量 0.50 g/L、果胶酶的添加量 25 mg/L、料水比 1:6 (g/mL)], 可以酿造出酒精度约为 12.3%vol, 感官评分约为 90.5 分的高品质葡萄酒。**结论** 普通葡萄干酿制葡萄酒可行性较高, 不同因素组合选择余地大, 葡萄酒品质符合国家标准, 酿造工艺具有一定的商业价值。

关键词: 葡萄干; 料水比; 果胶酶; 接种量; 发酵温度; 工艺优化

Process optimization of wine made from raisins

LIN Fan-Xue¹, HAN Xiao-Long^{1*}, SHI Yan-Qiu¹, LAI Qing-Hua²

(1. School of Life Science and Bioengineering, Jining University, Qufu 273155, China;
2. Shandong Luoxin Pharmaceutical Group Stock Co., Ltd., Linyi 276017, China)

ABSTRACT: Objective To study and optimize the process of brewing wine with ordinary raisins. **Methods** The effects of material-water ratio, pectinase addition amount, yeast inoculation amount, and fermentation temperature on wine quality were examined through single factor tests and orthogonal tests, and the brewing process conditions were optimized. **Results** Based on the results of the single factor tests, it was determined that material-water ratio, pectinase addition amount, and fermentation temperature had a major impact on the chroma of the wine, but had no significant effect on residual sugar concentration and alcohol content. However, yeast inoculation amount helped less to change these characteristics. The orthogonal test showed that fermentation temperature, yeast inoculation amount and material-water ratio had a significant effect on alcohol content and pectinase addition amount had a significant effect on sensory evaluation. Under the optimum fermentation conditions [fermentation temperature 20℃, yeast inoculation amount 0.50 g/L, pectinase addition amount 25 mg/L, material-water ratio 1:6 (g/mL)], high-quality wine with an alcohol content of about 12.3%vol and a sensory score of about 90.5 could be produced. **Conclusion** The feasibility of making wine from common raisins is relatively high, with a wide range of options for different combinations of factors. The quality of raisin wine meets national standards and the brewing process has certain commercial value.

基金项目: 济宁市重点研发计划项目(2020NYNS017)

Fund: Supported by the Key Research and Development Program of Jining City (2020NYNS017)

*通信作者: 韩小龙, 博士, 副教授, 主要研究方向为发酵工程。E-mail: hanxiaolong48933@163.com

*Corresponding author: HAN Xiao-Long, Ph.D, Associate Professor, School of Life Science and Bioengineering, Jining University, No.1, Xingtian Road, Qufu 273155, China. E-mail: hanxiaolong48933@163.com

KEY WORDS: raisin; material-water ratio; pectinase; inoculation amount; fermentation temperature; process optimization

0 引言

葡萄酒是一种酒精饮料,由葡萄汁完全或部分发酵后制成^[1],其富含多种生物活性成分,尤其是多酚类化合物,对适量饮酒的人大有裨益,能够预防心血管疾病、改善脂代谢、调节糖代谢、抗氧化、预防肥胖等^[2],并且在世界各地越来越受欢迎^[3]。

葡萄干是新鲜葡萄经日晒、阴凉通风处自然风干或机械烘干等方式加工后的果干,不但含有一些重要的矿物质元素和维生素,还含有约2%的蛋白质及多种氨基酸,水分含量 14%~16%(不同品种可能有差异),糖含量达 74%~81%^[4]。葡萄干具有较高的保健价值,能够促进身体健康和预防许多慢性疾病,如心血管疾病、2 型糖尿病、胃肠疾病和龋齿等^[5]。葡萄干酿酒技术至少在公元前 1600 年的古安纳托利亚时期就已经为人所知^[6],我国明代的李时珍也曾记载葡萄干粉末可以代替葡萄取汁酿酒:“酿者,取汁同曲,如常酿糯米饭法;无汁,用葡萄干末亦可”^[7]。用葡萄干、酒曲和糯米,可以酿制保健型黄酒^[8],或用葡萄干和生姜酿造生姜葡萄干酒^[9]。酿酒葡萄经过特定方法干化处理后,可以酿造一些世界知名的葡萄酒,如 Passito、Sauternes、Tokaj、Porto、Pedro Ximénez 和 Amarone 等^[10]。

葡萄酒的酿造通常使用鲜葡萄,但这将受到葡萄收获季节以及葡萄保存困难的限制,由此导致酿酒设备的空闲。使用葡萄干酿造,可以实现葡萄酒的常年生产^[11],同时也给自酿葡萄酒爱好者提供了方便。2021—2022 年度我国葡萄干产量约 2.2×10^5 t,仅次于土耳其^[12]。对利用葡萄干酿酒的研究,既可以传承和开发葡萄干酿造葡萄酒的技术,也可以拓展葡萄干的利用途径,具有较高的应用价值和社会效益。有关干化葡萄酒的研究有不少报道^[13-15],但利用常见葡萄干进行酿酒的工艺及葡萄干酒的质量等方面的研究不多。鉴于此,本研究以新疆绿香妃葡萄干为原料,研究料水比、果胶酶添加量、酵母菌接种量、发酵温度等因素对酿造葡萄干葡萄酒的影响,并利用正交试验优化酿造工艺,以期利用葡萄干酿造葡萄酒提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

葡萄干,新疆绿香妃葡萄干,购自曲阜市百意购物中心。酵母菌,购自湖北省安琪酵母有限公司。

果胶酶(酶活 30000 U/g,湖南利尔康生物有限公司);偏重亚硫酸钾(分析纯,天津市光复精细化工研究院);柠

檬酸(分析纯,天津市百事化工有限公司);酒石酸钾钠、酚酞(分析纯,天津市大茂化学试剂厂);氢氧化钠(分析纯,天津市博迪化工有限公司);无水乙醇(纯度 99.7%,天津市凯通化学试剂有限公司);磷酸(分析纯,上海鑫达精细化工有限公司);次甲基蓝(分析纯,沈阳市试剂五厂);硫酸铜(分析纯,天津市化学试剂厂)。

1.2 仪器与设备

99B-3 型料理机(中山皇冠电器有限公司);Shimadzu 电子天平(精度 0.1 mg,北京赛多利斯仪器系统有限公司);HH-S 型电子恒温水浴锅(深圳天南海北实业有限公司);DH124D 型电热恒温培养箱(天津市泰斯特仪器有限公司);SHP-250B 型生化培养箱(天津市天宇实验仪器有限公司);721 型分光光度计(上海菁华科技仪器有限公司);JDJ-0-100 型精密酒精计(河北省河间市玻璃厂);KDM 型调温电热套(山东鄄城华鲁电热仪器有限公司);HT113 型手持糖度折光仪(德州晨昶光学科技有限公司);ST300 型便携式 pH 计[奥豪斯仪器(上海)有限公司]。

1.3 试验方法

1.3.1 葡萄干制备葡萄酒工艺

制备方法参考文献[11]稍作修改,葡萄干清水洗净,晾干,用料理机碾碎,加入纯净水,60℃恒温浸提 4 h,得到葡萄汁。葡萄汁降温至 9℃后,加入偏重亚硫酸钾(终浓度为 52.63 mg/L),搅拌均匀,静置 4 h 后加入果胶酶,搅拌均匀,静置酶解。24 h 后,测其可溶性固形物含量(白利糖度)和酸度并进行糖酸度调整,使糖度为 22°Bx,酸度为 6 g/L。然后加入活化后的酵母菌,控制发酵温度 20~24℃进行酒精发酵。酒精发酵后经过滤、换桶、陈酿、无菌过滤等环节,得到成品葡萄酒。

1.3.2 单因素试验

考察料水比、果胶酶添加量、酵母菌接种量和发酵温度对葡萄干酿造葡萄酒的影响。料水比(g/mL,下同)设置 1:4、1:5、1:6、1:7、1:8,果胶酶添加量设置 10、15、20、25、30 mg/L,酵母菌接种量设置 0.50、0.75、1.00、1.25、1.50 g/L,发酵温度设置 18、20、22、24、26℃。单因素试验时,控制其他条件不变。每组试验都重复 3 次,结果表示为平均值±标准偏差。

1.3.3 正交试验

通过单因素试验和相关数据分析,确定以发酵温度(A)、果胶酶添加量(B)、酵母菌接种量(C)、料水比(D)为因素进行 $L_9(3^4)$ 正交试验,并以酒精度和感官评分为评价指标优化发酵条件,确定最优葡萄酒发酵工艺参数,并根据优化条件对工艺进行验证。

1.3.4 项目测定及方法

主发酵进行第7 d,测定各处理的残糖含量;主发酵进行第15 d,测定酒精度和色度;澄清过滤后,测定pH、总酸、还原糖,并进行感官评定。可溶性固形物,采用手持糖度折光仪测定。色度,采用分光光度计测量过滤后的酒液在420 nm、520 nm处的吸光度值 $A_{420\text{ nm}}$ 、 $A_{520\text{ nm}}$,色度定义为 $A_{420\text{ nm}}+A_{520\text{ nm}}$ ^[16]。酸度,采用pH计测定。酒精度,参照GB 5009.225—2016《食品安全国家标准 酒中乙醇浓度的测定》,酒液蒸馏后采用酒精计法测定。还原糖、总酸、感官品评参照GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》。感官品评时,组织10名经过专业培训的酿酒工程专业的老师和学生进行感官评定,按照色泽(20分)、香气(30分)、滋味(40分)、典型性(10分)进行评分,优级品90分以上,优良品80~89分,合格品70~79分,不合格品65~69分。

1.4 数据处理

利用Excel 2013软件进行数据整理,利用Origin 2022软件进行单因素试验结果的方差分析、多重比较和作图,利用SPSS 25.0进行正交试验结果的极差和方差分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果分析

发酵的第7 d测定酒液中残糖浓度。酒液糖度的变化可以反映葡萄酒的发酵速度,发酵速度快可以缩短发酵时间。发酵第15 d,结束主发酵,测定色度和酒度。色度是评价葡萄酒外观质量的一个重要指标,能够判断葡萄酒的氧化程度和质量的好坏,葡萄酒色度的高低主要由葡萄酒中酚类物质,如花色素苷、单宁等决定的,其色度也可以表示葡萄酒的成熟度^[17]。

不同料水比对主发酵的影响见图1A。在发酵的第7 d,料水比1:6的处理,酒液中残糖浓度最低,为6.0°Bx,且与1:4、1:7和1:8的处理具有显著差异,表明该处理下,发酵速度较快;料水比1:8的处理,残糖浓度最高,为7.2°Bx,与其他处理具有显著差异,表明发酵速度较慢。观察酒液透明度,测定酒液色度,发现料水比1:4、1:5的处理,稍微浑浊,色度较高,而其他处理较为透明,色度较低,表明料水比小的处理,浸出的酚类物质如花色素苷、单宁等含量相对较多。但从色度的差异显著性来看,5个处理之间均存在显著性差异,表明加水的多少,对酒液的色度(酚类物质的含量)有显著性影响。主发酵结束后,测定酒精浓度,发现随着料水比的增加,酒度有所降低,料水比1:4的处理酒度最高,为12.4%vol;1:8的处理,酒度最低,为10.5%vol;1:6的处理酒度为11.6%vol,较为适中。从酒精度的差异显著性来看,1:4、1:5的处理与1:8的处理具有显著性差异,与1:6、1:7的处理没有显著性差异,并且1:6、

1:7、1:8的处理之间也没有显著性差异。

不同果胶酶添加量对发酵的影响见图1B。随着果胶酶添加量的增加,酒液残糖浓度随之降低,30 mg/L的果胶酶添加量,残糖最少,表明发酵速度最快,而10 mg/L的添加量,残糖最多,说明发酵速度最慢。10与15 mg/L的果胶酶添加量之间没有显著性差异,但二者与其他处理之间存在显著性差异,且后三者之间没有显著性差异。观察酒液澄清情况并测定色度,随着果胶酶添加量的增加,酒液色度随之上升,30和25 mg/L的果胶酶添加量,酒液色度较高,澄清度较差,而20 mg/L及以下的添加量,酒液澄清,色度较低。从差异显著性上看,30和25 mg/L的处理之间没有显著性差异,但与其他处理之间存在显著性差异;20与15 mg/L的处理之间没有显著性差异,但二者的色度显著高于10 mg/L的处理。主发酵结束后,酒精度随果胶酶添加量的增加而提高,但差别不大,范围在10.9%vol~11.8%vol之间,各处理间没有显著性差异。

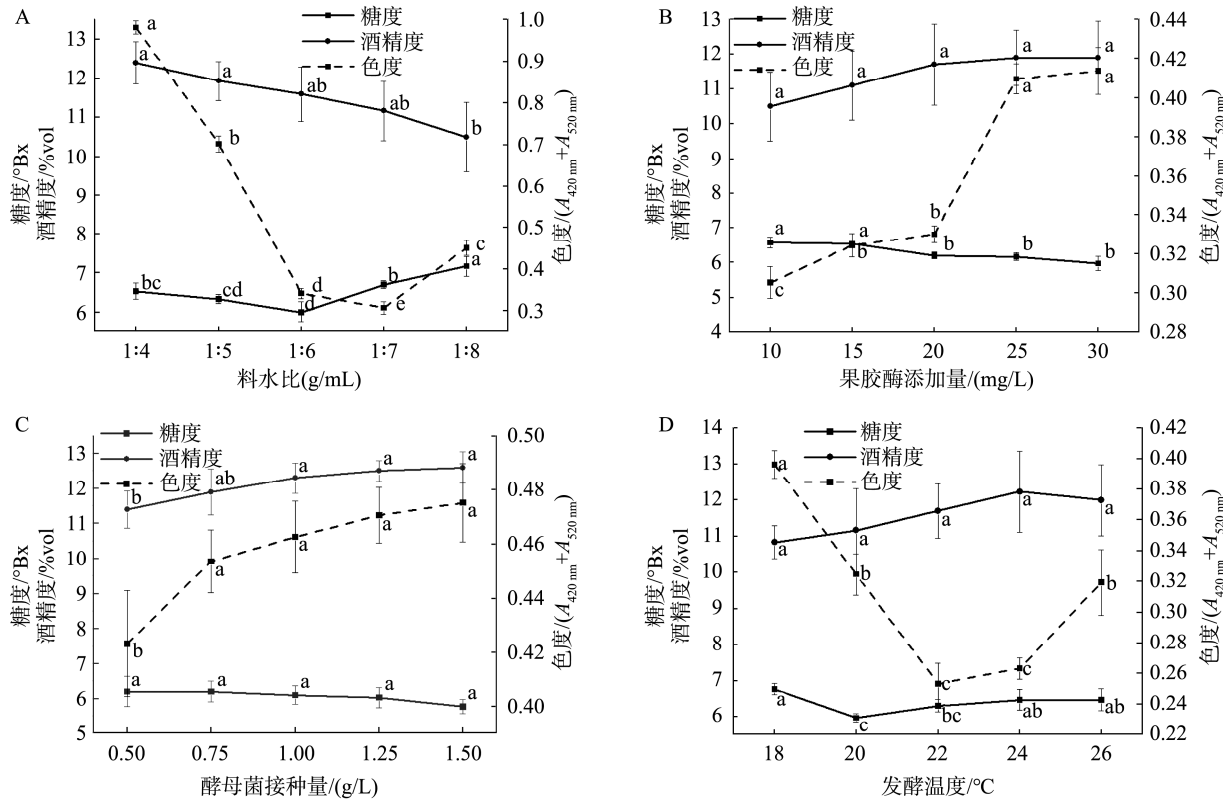
酵母菌接种量对发酵的影响见图1C。随着酵母菌接种量的增加,降糖幅度也增加,表明发酵速度相对加快。酵母菌接种量为1.50 g/L时,发酵速度最快,接种量为0.50 g/L时,发酵速度最慢,其他接种量的发酵速度居于中间,但总体上差异不大,没有显著性差异。酵母菌接种量增加,酒液色度也相应增加,相对而言,0.50 g/L的接种量,酒液澄清透亮,色泽较好,与其他处理之间均具有显著性差异,但其他处理之间没有显著性差异。接种量增加,酒度随之增加,范围在11.4%vol~12.6%vol,其中0.50与0.75 g/L的接种量之间没有差异,与其他处理之间具有显著性差异,而其他处理之间没有显著性差异。试验中酵母菌接种量与产品酒精浓度的研究结果与雷静等^[18]的研究结果相符。

不同发酵温度对主发酵前期的影响见图1D。总体来看,随着温度的升高,降糖幅度增加,但随后降糖幅度又开始上升。20℃时酒液残糖浓度最低,表明该温度下发酵速度最快,该处理与22℃的处理没有显著性差异,但与其他处理之间有显著性差异。其他处理之间差异不大,说明温度超过适宜的发酵温度,糖度变化趋近相同,发酵速度也就趋近相同。从酒液的色度来看,22℃时色度最低,酒液澄清,但与24℃的处理没有显著性差异。其他温度下,色度较高,酒液澄清度稍差,其中18℃的处理,色度显著高于其他处理。随着发酵温度的上升,酒度逐渐上升,24℃时达到最高,为12.3%vol,此后酒度又有所下降,但所有处理之间并没有显著性差异。金柑果酒发酵研究表明,温度26℃时酒精浓度最高,超过该温度,由于酵母容易衰退,故酒精度反而下降^[19],这与本研究结果相符。对刺葡萄发酵的研究结果表明,当温度超过30℃时,酒液中甲醇含量超过安全限值^[20],故发酵温度不宜过高。

2.2 正交试验结果分析

根据单因素试验结果,对发酵温度(A)、果胶酶添加量(B)、酵母菌接种量(C)和料水比(D)四个因素各 3 个水平进

行正交设计 $L_9(3^4)$ (表 1),并分别以酒精度和感官评分指标分别进行试验结果的极差分析(表 2)、方差分析(表 3、表 4)和各因素不同水平下的多重比较(表 2)。



注:不同小写字母表示处理之间具有显著差异性, $P<0.05$ 。

图 1 料水比(A)、果胶酶添加量(B)、酵母菌接种量(C)和发酵温度(D)对葡萄干酿造葡萄酒发酵的影响

Fig.1 Effects of material-water ratio (A), pectinase addition amount (B), yeast inoculum amount (C) and fermentation temperature (D) on the fermentation of wine made from raisins

表 1 正交试验因素水平表
Table 1 Orthogonal test table design

水平	因素			
	A(发酵温度)/°C	B(果胶酶添加量)/(mg/L)	C(酵母菌接种量)/(g/L)	D(料水比)(g/mL)
1	20	20	0.50	1:5
2	22	25	0.75	1:6
3	24	30	1.00	1:7

表 2 葡萄干酿造葡萄酒发酵工艺参数正交设计结果分析
Table 2 Analysis of orthogonal design results of fermentation process parameters of raisin wine

因素水平均值	酒精度/%vol				感官评分/分			
	A	B	C	D	A	B	C	D
k_1	13.13 ^{aA}	12.37	13.00 ^{aA}	12.03 ^{bB}	87.83	82.87 ^b	86.77	88.30
k_2	11.97 ^{bB}	12.47	11.97 ^{bB}	12.97 ^{aA}	87.90	89.40 ^a	87.63	87.60
k_3	12.13 ^{bB}	12.40	12.27 ^{bB}	12.23 ^{bB}	85.33	88.80 ^a	86.67	85.17
R	1.17	0.10	1.03	0.93	2.57	6.53	0.97	3.13
最佳组合	A ₁	B ₂	C ₁	D ₂	A ₂	B ₂	C ₂	D ₁
因素影响顺序	A>C>D>B				B>D>A>C			

注: k_1 、 k_2 、 k_3 分别是各因素 3 个水平平均值, R 是极差; 平均值数据后面不同的上标小写和大写字母, 分别表示每列数据多重比较后 5% 和 1% 水平上的显著性。

以酒精度为指标, 从各因素不同水平的均值 k_1 、 k_2 、 k_3 可以看出, 影响酒精度的主次因素顺序为 $A>C>D>B$, 各因素的最优组合为 $A_1C_1D_2B_2$, 即发酵温度 20℃、酵母菌接种量 0.50 g/L、料水比 1:6 (g/mL)、果胶酶添加量 25 mg/L。

以感官评分为指标, 从各因素不同水平的均值 k_1 、 k_2 、 k_3 可以看出, 影响葡萄酒感官评分的主次因素顺序为 $B>D>A>C$, 因素的最优组合为 $B_2D_1A_2C_2$, 即果胶酶添加量 25 mg/L、料水比 1:5 (g/mL)、发酵温度 22℃、酵母菌接种量 0.75 g/L。

对正交设计结果进行方差分析时, 在无重复试验、又无空白项的情况下, 常取离差平方和最小项的因素作为误差估计^[21]。本研究中, 以酒精度为检测指标时, 因素 B 的离差平方和最小, 仅为 0.016, 对整个试验结果影响最小, 可作为误差项, 用来检验其他因素作用的显著性(表 3)。从显著性中可以看出, 发酵温度、酵母菌接种量对酒精度的影响极显著, 料水比对酒精度的影响显著。对具有显著性影响的因素各水平做多重比较, 结果(表 2)显示, A 因素中 20℃的处理结果最好, 与其他处理具有极显著差异, 22、24℃处理之间没有显著性差异; C 因素中 0.50 g/L 的处理结果最好, 极显著高于 1.00 和 0.75 g/L 的处理, 而后两者之间没有显著性差异; D 因素中 1:6 的处理结果最好, 极显著高于其他 2 个处理, 其他的处理之间没有显著性差异。

表 3 酒精度为检测指标的方差分析
Table 3 Analysis of variance with alcohol content as detection index

来源	III 类平方和	自由度	均方	F 值	显著性
A	2.389	2	1.194	153.571	0.006**
B	0.016	2	0.008	1.000	NS
C	1.696	2	0.848	109.000	0.009**
D	1.449	2	0.724	93.143	0.011*
误差	0.016	2	0.008		
总计	1391.870	9			

注: *、**分别表示在 5%、1%水平上的差异显著性, NS 表示没有显著性差异, 下同。

以感官评分为指标的正交设计方差分析结果中, 因素 C 的离差平方和最小, 为 1.696, 可作为误差项, 方差分析结果见表 4。从显著性可以看出, 只有因素 B 具有显著性差异。从多重比较的结果(表 2)来看, B 因素中 25 和 30 mg/L 的处理之间没有显著性差异, 但都与 20 mg/L 的处理有显著性差异。

结合正交设计结果的极差分析和方差分析, 综合酒精度和感官评分两个指标, $A_1C_1B_2D_2$ 的因素及水平组合较好。在此发酵条件下进行验证试验, 并进行感官品评和测定相关理化指标, 测得酒精度为(12.3±0.20)%vol, 感官品

评分为(90.5±1.1)分, pH 为 3.2, 总酸为(6.5±0.10) g/L, 色度为 0.249±0.013, 葡萄酒澄清透明, 颜色浅黄带绿, 光泽好, 果香、酒香浓馥, 酒体丰满, 诸味协调, 具有典型白葡萄酒的特点, 符合 GB/T 15037—2006《葡萄酒》。由此可以确定葡萄干制备葡萄酒时发酵的最佳工艺条件为发酵温度为 20℃、酵母菌接种量 0.50 g/L、果胶酶添加量 25 mg/L、料水比 1:6 (g/mL)。

表 4 感官评分为检测指标的方差分析
Table 4 Analysis of variance with sensory scores as detection index

来源	III 类平方和	自由度	均方	F 值	显著性
A	12.842	2	6.421	7.574	0.117
B	78.249	2	39.124	46.149	0.021*
C	1.696	2	0.848	1.000	NS
D	16.229	2	8.114	9.571	0.095
误差	1.696	2	0.848		
总计	68264.820	9			

3 讨论与结论

本研究根据优化的工艺参数酿造的葡萄干葡萄酒, 酒精度为(12.3±0.20)%vol, 感官评分为(90.5±1.1)分, 其他所测指标符合 GB 15037—2006。酒精是葡萄酒等酒精饮料中的重要部分, 会影响葡萄酒的组成成分、酒的黏度和酒体以及酒的感官风味等特征^[22]。但高酒精含量会对人类健康及社会安全方面产生负面影响, 故酒精饮料的酒精度一般为 9%vol~13%vol 比较适宜^[23]。本研究发现, 酿造过程的各种处理, 所得葡萄酒的酒精度也在 10%vol 以上(图 1、表 2), 这对相关企业提供了较为宽泛的选择。

未发酵的葡萄中酚类化合物聚合度较大, 不能被人体完全吸收, 但发酵过程中形成的乙醇是酚类化合物的良好溶剂, 有助于将其提取到葡萄酒中, 且酒精本身对心血管系统也有一定的保护作用^[24]。采用常规酿造技术, 由鲜葡萄酿造的白葡萄酒, 总酚含量比红葡萄酒的要低^[2]; 但鲜葡萄只要晒干一周后再压榨, 果汁中多酚的种类和含量都有所增加^[25]。利用杂交品种“Hibernal”的脱水葡萄干碾碎并浸渍 7 d 后发酵, 比直接发酵或加入同品种鲜葡萄酒再发酵, 获得的酒液中多酚含量显著增高^[26]。因此可以推断, 利用葡萄干碾碎后加水浸渍, 酿成的葡萄酒多酚含量要高于直接用鲜葡萄酿造。多酚含量增加, 意味着葡萄酒的保健价值升高^[2]。尽管本研究未对葡萄干酿造的葡萄酒中多酚含量进行测定, 但酿造过程中进行了葡萄干的碾碎和在 60℃下保温 4 h, 推测这一过程比直接利用鲜葡萄酿造白葡萄酒获得的多酚类物质要多, 试验中得到的葡萄酒在未陈年的情况下颜色黄中带绿, 从侧面也可以证明这一点。

白葡萄酒色度一般采用 420 nm 下吸光度值 $A_{420\text{ nm}}$ 来表示,也可采用 420 nm、520 nm 下吸光度值之和 $A_{420\text{ nm}}+A_{520\text{ nm}}$ 来表示^[16]。鉴于吸光度值 $A_{420\text{ nm}}$ 也用于葡萄酒褐变的指示,且葡萄干做葡萄酒时具有浸皮过程,有可能提取到一定量显示红色的成分(花青素),故本研究采用 $A_{420\text{ nm}}+A_{520\text{ nm}}$ 来表示葡萄干葡萄酒的色度。试验结果(图 1)显示,低料水比(1:4、1:5)、高果胶酶添加量(25、30 mg/L)及低温或高温发酵(18、20、26℃)的情况下,酒液色度较高,且料水比、果胶酶添加量及发酵温度对色度影响较大,而酵母菌接种量对色度影响较小。发酵温度对色度的影响,在赛芙蓉葡萄酒酿造过程中也发现类似的情况,即 20℃发酵时色度($A_{420\text{ nm}}$)最低,而 15、30 和 35℃发酵时,色度较高,且具有显著性差异^[27]。

果胶酶是葡萄酒酿造中常用的辅料,能够降低葡萄汁的黏度,提高出汁率和澄清度,并能够促进花色苷等酚类物质的释放。有报道显示,随着果胶酶添加量的增加(从 0.01%到 0.10%),吸光度值 $A_{520\text{ nm}}$ 也随之增加,这与本研究结果一致^[28]。但果胶酶用量过多,酶蛋白会导致酒液混浊,色度增加,甲醇含量上升,也会导致酿酒成本增加^[20],故选择合适的果胶酶添加浓度非常必要。

葡萄干酿造葡萄酒,需要加一定量的水。由于葡萄干含水量约 14%~16%,含糖量约 74%~81%^[4],根据葡萄糖发酵生成酒精的化学式计算,当料水比为 1:4 时,理论上可以产生 11.53%vol~12.68%vol 的酒精,当料水比为 1:5 时,理论酒精度为 9.29%vol~10.21%vol,料水比 1:6 时的理论酒精度为 7.79%vol~8.55%vol。但由于发酵、过滤等损失,实际酒精度会有所降低。本研究中为了达到 12%vol 左右的预期酒精度,各处理在发酵之前添加了蔗糖,使初始糖度为 22°Brix。对野生葡萄 *Vitis tiliifolia* 的发酵工艺研究也表明,初始糖度为 22°Bx 时所产葡萄酒品质较好^[29]。试验结果表明,料水比 1:4、1:5 及 1:6 的处理,酒精度在 12%vol 左右,符合预期;经正交试验优化后,料水比 1:5~1:6 的处理,得到的葡萄酒品质较好,这与美乐多(*Melodorum fruticosum* Lour.)果酒^[30]、金柑果酒^[19]等酿造过程中的料水比比较一致。

综上所述,本研究利用普通葡萄干酿造葡萄酒的技术,以常见的新疆绿香妃葡萄干为原料,探讨了酿造过程中料水比、果胶酶添加量、酵母菌接种量和发酵温度对葡萄酒品质的影响。研究结果表明,料水比、果胶酶的添加量以及发酵温度主要影响葡萄酒的色度,对残糖浓度和酒精度的影响不明显。相比之下,酵母菌接种量对这些特性的改变贡献较小。通过正交试验优化了上述 4 个因素的最佳参数,即发酵温度 20℃、酵母菌接种量 0.50 g/L、果胶酶量 25 mg/L、料水比 1:6 (g/mL),在这种条件下酿造的葡萄酒,酒精度为(12.3±0.20)%vol,感官评分为(90.5±1.1)分,品质最佳。试验结果与已报道的研究结果相符^[11,18]。该研

究结果可以为相关企业和自酿爱好者提供借鉴和参考。本研究仅对绿香妃葡萄干酿造葡萄酒做了酿酒工艺影响条件的研究,对成品酒的抗氧化能力、风味物质及微量成分尚需进一步探讨。

参考文献

- [1] KOSSEVA MR, JOSHI VK, PANESAR PS. Science and technology of fruit wine production [M]. London: Elsevier Inc, 2017.
- [2] 冯朵, 韩迪, 赵博雅, 等. 葡萄酒中生物活性物质与人体健康的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(8): 1-9.
FENG D, HAN D, ZHAO BY, et al. Research progress of bioactive substances in wine and human health [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(8): 1-9.
- [3] INGLIS D, ALMILA AM. The globalization of wine [M]. London: Bloomsbury, 2019.
- [4] 刘世松, 练武, 刘爽. 葡萄酒营养学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2018.
LIU SS, LIAN W, LIU S. Wine nutrition [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2018.
- [5] KARAKUS S, ATES F, KESKIN N, et al. Comparison of contents of sugars, organic acids and free amino acids in raisins obtained from Gök Üzümleri (*Vitis vinifera* L.) [J]. Mitt Klosterneuburg, 2023, 73(2): 98-113.
- [6] MCGOVERN PE, JALABADZE M, BATIUK S, et al. Early neolithic wine of Georgia in the South Caucasus [J]. Proc Natl Acad Sci, 2017, 114(48): E10309-E10318.
- [7] 李时珍(明). 本草纲目[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2014.
LI SZ (Ming dynasty). Compendium of Materia Medica [M]. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Press, 2014.
- [8] 赵宝丰. 蒸馏酒和发酵原酒制品 456 例[M]. 上海: 科学技术文献出版社, 2003.
ZHAO BF. 456 cases of distilled liquor and fermented raw wine products [M]. Shanghai: Scientific and Technical Documentation Press, 2003.
- [9] MAHAPATRA SD, SAHOO PK, DE K, et al. Phytochemical analysis of ginger raisin wine and its fermentation process: Investigating antibacterial properties [J]. J Phytopharm, 2023, 12(5): 311-314.
- [10] CORONA O, TORCHIO F, GIACOSA S, et al. Assessment of postharvest dehydration kinetics and skin mechanical properties of "Muscat of Alexandria" grapes by response surface methodology [J]. Food Bioprocess Technol, 2016, 9(6): 1060-1069.
- [11] 赵金海. 葡萄干酿制白葡萄酒生产工艺研究[J]. 农产品加工(学刊), 2011, (6): 76-78.
ZHAO JH. Production process of brewing white wine by raisins [J]. Acad Period Farm Prod Process, 2011, (6): 76-78.
- [12] STATISTA. Global raisin production 2021/22 [EB/OL]. [2023-05-21]. <https://www.statista.com/statistics/205021/global-raisin-production/html> [2023-08-25].
- [13] RUIZ MJ, MOYANO L, ZEA L. Changes in aroma profile of musts from grapes cv. *Pedro ximenez* chamber-dried at controlled conditions destined to the production of sweet Sherry wine [J]. LWT-Food Sci Technol, 2014, 59(1): 560-565.
- [14] CONSTANTINO S, GÓMEZ-CARAVACA AM, GOULAS V, et al. Metabolic fingerprinting of must obtained from sun-dried grapes of two

- indigenous Cypriot cultivars destined for the production of “Commandaria”: A protected designation of origin product [J]. *Food Res Int*, 2017, 100(3): 469–476.
- [15] 薛逸轩, 王菁, 肖世娣, 等. 不同陈酿方式对干化葡萄酒的影响分析[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(12): 141–147.
XUE YX, WANG J, XIAO SD, *et al.* Analysis on different vinification on the contents of dry wine [J]. *Food Res Dev*, 2019, 40(12): 141–147.
- [16] LEE JH, CHOI KH, KIM D, *et al.* Physicochemical characteristics and electric conductivity of various fruit wines [J]. *Int Food Res J*, 2013, 20(6): 2987–2993.
- [17] ECHAVE J, BARRAL M, FRAGA-CORRAL M, *et al.* Bottle aging and storage of wines: A review [J]. *Molecules*, 2021, 26(3): 713.
- [18] 雷静, 韩琛, 吴斌, 等. 发酵前处理对无核白葡萄干酒品质的影响研究[J]. *酿酒科技*, 2016, (4): 43–46.
LEI J, HAN C, WU B, *et al.* The effects of fermentation pretreatment on the quality of wine produced by seedless white raisins [J]. *Liquor-Making Sci Technol*, 2016, (4): 43–46.
- [19] 王丹, 上官新晨, 沈勇根, 等. 金柑果酒发酵工艺的研究[J]. *食品工业*, 2009, 30(3): 32–35.
WANG D, SHANGGUAN XC, SHEN YG, *et al.* Studies on the technique of the fermented Kumquat wine [J]. *Food Ind*, 2009, 30(3): 32–35.
- [20] WEI XF, FRANCOISE U, QIN MY, *et al.* Effects of different fermentation and storage conditions on methanol content in Chinese spine grape (*Vitis davidii* Foex) wine [J]. *CyTA-J Food*, 2020, 18(1): 367–374.
- [21] 代亚贤, 邹伟, 徐芳, 等. 微波无溶剂法提取东紫苏精油的工艺研究及成分分析[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(4): 130–135.
DAI YX, ZOU W, XU F, *et al.* Study on the extracting process of essential oil from *Elsholtzia bodinieri* vaniot by solvent-free microwave extraction and the analysis for the composition of the essential oil [J]. *Food Res Dev*, 2020, 41(4): 130–135.
- [22] KAALE LD. Determination of sugars, amino acids, pH and alcohol in bamboo beverage from Southern Highlands, Tanzania [J]. *Tanz J Sci*, 2022, 48(4): 927–941.
- [23] OZTURK B, ANLI E. Different techniques for reducing alcohol levels in wine: A review [J]. *Biol Web Conf*, 2014, 3(4): 02012.
- [24] SACCHI KL, BISSON LF, ADAMS DO. A review of the effect of winemaking techniques on phenolic extraction in red wines [J]. *Am J Enol Vitic*, 2005, 56(3): 197–206.
- [25] MORALES-PRieto N, HUERTAS-ABRIL PV, LÓPEZ dE LERMA N, *et al.* *Pedro ximenez* sun-dried grape must: A dietary supplement for a healthy longevity [J]. *Food Funct*, 2020, 11(5): 4387–4402.
- [26] KOWALCZYK B, BIENIASZ M, KOSTECKA-GUGAŁA A. The content of selected bioactive compounds in wines produced from dehydrated grapes of the hybrid variety ‘Hibernal’ as a factor determining the method of producing straw wines [J]. *Foods*, 2022, 11(7): 1027.
- [27] REYNOLDS A, CLIFF M, GIRARD B, *et al.* Influence of fermentation temperature on composition and sensory properties of Semillon and Shiraz wines [J]. *Am J Enol Vitic*, 2001, 52(3): 235–240.
- [28] 黄国宏, 邹文海, 肖智明, 等. 果胶酶澄清青提果汁的研究[J]. *轻工科技*, 2022, 38(5): 1–5.
HUANG GH, ZOU WH, XIAO ZM, *et al.* Study on clarification of centennial seedless grape juice by pectinase [J]. *Light Ind Sci Technol*, 2022, 38(5): 1–5.
- [29] ROSAS-LEYVA MA, SÁNCHEZ-ANASTACIO I, DÍAZ-JOSÉ J, *et al.* Exploración de una técnica enológica para la elaboración de vino a partir de uva silvestre *Vitis tiliifolia* en ambientes controlados [J]. *Eur Sci J*, 2023, 19(24): 185–197.
- [30] TATDAO P, NORRASET S, TIWAWAN S. Physico-chemical and sensory properties of musts and wines from *Melodorum fruticosum* Lour [J]. *Int Food Res J*, 2014, 21(1): 39–43.

(责任编辑: 张晓寒 郑 丽)

作者简介



林范学, 博士, 副教授, 主要研究方向为酿酒微生物。
E-mail: linfanxue@163.com



韩小龙, 博士, 副教授, 主要研究方向为发酵工程。
E-mail: hanxiaolong48933@163.com