

林玫, 苏昊, 李维新, 等. 紫秋山葡萄加工品质提升与酿造工艺优化 [J]. 福建农业学报, 2024, 39 (7): 848-856.

LIN M, SU H, LI W X, et al. Quality Improvement and brewing optimization for Wine Made from Ziqiu Wild Grapes [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2024, 39 (7): 848-856.

紫秋山葡萄加工品质提升与酿造工艺优化

林玫^{1,2}, 苏昊², 李维新^{2*}, 张怡¹, 任香芸², 郑春风³, 鞠延仑⁴, 张会宁⁵

(1. 福建农林大学食品科学学院, 福建 福州 350002; 2. 福建省农业科学院农产品加工研究所, 福建 福州 350003; 3. 福建省春秋农林科技有限公司, 福建 泉州 362508; 4. 西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西 杨凌 712100; 5. 福建蓝家渡酒庄有限公司, 福建 三明 353000)

摘要:【目的】从葡萄的品质提升和工艺优化这两个维度上, 研究 GS-1 叶面肥对紫秋山葡萄营养品质, 以及不同工艺参数对葡萄酒口感的影响, 从而为酿造出优质的山葡萄酒提供理论与技术支持。【方法】在葡萄转色期后分 3 次喷施不同浓度的 GS-1 叶面肥, 定期检测紫秋山葡萄总酸、总糖含量的变化, 计算糖酸比 (成熟度系数), 明确紫秋山葡萄的最佳加工采收期; 葡萄采收后, 通过比较不同叶面肥浓度对紫秋山葡萄果实原花青素、游离花色苷、总酚、总类黄酮等主要营养品质的影响, 确定 GS-1 叶面肥的最佳施用浓度; 以感官评价和理化指标为评判标准, 对菌种、发酵温度、时间、接种量 4 个因素进行单因素试验, 并在单因素试验的基础上进行正交试验, 优化山葡萄酒的发酵工艺。【结果】(1) 紫秋山葡萄在福建闽南地区适宜的加工采收日期为 9 月下旬, 其采收成熟度系数 (M 值) 可以达到 21 以上; (2) 紫秋山葡萄在喷施稀释 300 倍 GS-1 叶面肥后可显著提升营养品质, 其总糖、原花青素、游离花色苷、总酚、总类黄酮的含量比对照分别提高 3.79%、26.99%、35.41%、13.91%、24.12%; (3) 优化后的紫秋山葡萄酒发酵的工艺参数为菌种 JP2 酿酒酵母, 发酵温度 24 ℃, 接种量 1%, 发酵时间 10 d。【结论】通过喷施 GS-1 叶面肥和成熟度监测, 可以提升闽南地区紫秋山葡萄的品质; 通过对紫秋山干红葡萄酒酿造工艺进行优化, 提升了紫秋山葡萄酿造品质, 为紫秋山葡萄酒行业的发展提供数据支持。

关键词: 紫秋山葡萄; 营养品质; 成熟度; 采收期; 工艺优化

中图分类号: TS262.6

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2024) 07-0848-09

Quality Improvement and brewing optimization for Wine Made from Ziqiu Wild Grapes

LIN Mei^{1,2}, SU Hao², LI Weixin^{2*}, ZHANG Yi¹, REN Xiangyun², ZHENG Chunfeng³, JU Yanlun⁴, ZHANG Huining⁵

(1. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China; 2. Institute of Food Science and Technology, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, China; 3. Fujian Chunqiu Agriculture and Forestry Technology Co., Ltd., Quanzhou, Fujian 362508, China; 4. College of Enology, Northwest Agricultural and Forest University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 5. Fujian Lanjiadu Winery Co., Ltd., Sanming, Fujian 353000, China)

Abstract: 【Objective】Improvement on quality of wine made from Ziqiu wild grapes southern grapes was explored through vine fertilization and vinification optimization. 【Method】Ziqiu wild grape vines were foliar-sprayed with GS-1 solutions in various concentrations 3 times after the grape color began to change. Application concentration was selected to maximize the contents of proanthocyanidins, free anthocyanins, total phenolics, and total flavonoids in the grapes. Contents of total acid and sugar in the grapes were monitored regularly and ratio of sugar to acid (ripeness coefficient) calculated to determine the time for harvesting and processing. Sensory evaluation and physiochemical parameters on the wine were used to optimize the inoculum species and amount, temperature, and time of the fermentation process in a single factor test followed by an orthogonal experiment. 【Result】(1) Late September, when grape maturity coefficient, M, reached over 21, was the time for harvesting and starting fermentation. (2) By spraying 300x dilution of GS-1 on the vines, the harvested grapes produced

收稿日期: 2023-10-16 修回日期: 2024-04-08

作者简介: 林玫 (1996-), 女, 硕士研究生, 主要从事现代食品加工理论与技术研究, E-mail: 928248783@qq.com

* 通信作者: 李维新 (1970-), 男, 博士, 研究员, 主要从事农产品保鲜加工与食品发酵研究, E-mail: lwx406x@163.com

基金项目: 福建省科技计划公益类专项 (2021R1032001); 福建省科技计划区域发展项目 (2023N3007); 泉州市科技计划项目 (2021N043); 泉州市引进高层次人才团队项目 (2023CT010)

significantly increased amount of key nutrients in the wine. For instance, total sugar, proanthocyanidins, free anthocyanins, total phenolics, and total flavonoids rose 3.74%, 26.99%, 35.41%, 13.91%, and 24.12%, respectively, over control. (3) The optimized fermentation applied JP2 *Saccharomyces cerevisiae* as the inoculum at 1% to culture at 24 °C for 10 d.

【Conclusion】The Ziqiu wild grapes grown on the vines sprayed with GS-1 and picked at the time closely scrutinized by the fruit maturity coefficient produced a wine made by the optimized process with significantly improved nutritional and sensory quality.

Key words: Ziqiu wild grape; nutritional quality; maturity; harvest period; process optimization

0 引言

【研究意义】山葡萄 (*Vitis amurensis* Rupr.) 是东亚种群, 仅在中国、日本、朝鲜、俄罗斯等为数不多的地区生长, 是一种地域性极强的葡萄品种, 具有耐高温高湿、抗病、产量高、果香独特、干浸出物与有机物含量高的特点, 单宁、氨基酸、矿物质、白藜芦醇含量都高于欧亚种群葡萄, 酿制的山葡萄酒因具高营养价值且与欧亚种群葡萄酒完全不同的独特风格而备受关注^[1]。紫秋作为山葡萄的一个品种, 具有适应性强、丰产稳产等优点, 是福建闽南地区引种的特色高山酿造品种, 以其酿制的葡萄酒富有野生山葡萄特有的浓郁果香^[2]。因此开展紫秋山葡萄加工品质提升及酿造工艺优化研究具有重要意义。【前人研究进展】叶面喷肥是改变树体营养、提高果实品质的一项重要农艺措施。周静等^[3]的研究表明, 随着赤霉素和氯吡脲施用浓度的增加, 葡萄果实的单粒重、单穗重均有所增加; 王染霖等^[4]通过探究叶面喷施津平1号水溶肥对葡萄酒香气物质的影响, 得出叶面喷肥处理提高了香气物质浓度; 张永涛等^[5]通过配施不同浓度配比的赤霉素和利果美, 得出在红地球葡萄开花期和果实膨大期适时喷施植物调节剂400倍液赤霉素和有机肥利果美600倍液, 可以大大改善葡萄果实品质。葡萄的成熟度是决定葡萄酒质量的关键因素之一, 通常采用成熟系数M (即含糖量/总酸) 来表示葡萄浆果的成熟程度^[6-7], 要达到高质量的葡萄酒, M值需大于20^[8-9]。酵母代谢产生的脂类和醇类物质是影响葡萄酒香气、口感的重要因素^[10], 李金鹏从宁夏贺兰山东麓葡萄产区的植株和土壤中获得酿酒酵母具有与商业菌株相当的性能, 且可产生独具特色的香气物质, 具有地域性特征潜质^[11]; 闫兴敏等^[12]通过筛选得到了具有良好香气特征的本土酿酒酵母。【本研究切入点】迄今鲜见关于种植在闽南地区的紫秋山葡萄品质提升以及酿造工艺的相关报道, 结合闽南地区独特的地貌, 选取易操作的叶面施肥来提升葡萄品质具有研究价值; 同时虽然已有学者筛选出葡萄酒的优良酵母, 但关于紫秋山葡萄酒的优质酵母菌株及其在酿造中的应用仍值得探索。【拟解决的

关键问题】本研究以紫秋山葡萄为研究对象, 通过喷施不同浓度的GS-1叶面肥, 确定紫秋山葡萄在福建闽南地区的最佳加工成熟度和采收期, 分析不同浓度的叶面肥处理对紫秋山葡萄总糖、总酸、花青素、游离花色苷、总酚、总类黄酮等主要营养品质的影响; 进一步研究山葡萄酒加工的菌种、接种量、发酵温度等对紫秋山葡萄酒发酵的影响, 优化南方山葡萄酒的酿造工艺。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

紫秋山葡萄, 由福建省春秋农林科技有限公司提供; GS-1叶面肥 (初始浓度: 10 mg·L⁻¹; 组成成分: 氨基酸≥20%, 硒≥0.1%), 福建省农业科学院果树研究所研制; 活性干酵母BV818, 安琪酵母股份有限公司生产; JP2酿酒酵母, 福建省农业科学院农产品加工研究所保存菌株; 酿酒酵母Excellence XR, 法国, LAMAO THE-ABIEF公司生产。

其他试剂: 氯化钠、无水碳酸钠、甲醇、盐酸、香草醛、氢氧化钠、乙醇、亚硫酸等均为国产分析纯; 原花青素标样, 四川省维克奇生物科技有限公司, 纯度UV≥95%; 没食子酸标样, 上海源叶生物科技有限公司, 纯度UV≥95%; 芦丁标样, 国药集团化学试剂有限公司, 纯度UV≥95%; Foline-phenol试剂: 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

Himac CR22N高速冷冻离心机 (日本日立有限公司); FE28型pH酸度计 (赛多利斯科学仪器有限公司); HH-8数显电热恒温水浴锅 (常州亿通分析仪器制造有限公司); UV1750分光光度计 (日本岛津公司); KDM型调温电热套 (山东华鲁电热仪器有限公司); TE601-I电子天平 (赛多利斯科学仪器有限公司); LRH-150生化培养箱 (上海一恒科技有限公司); IKA MS3混合振荡器以及常规玻璃仪器等。

1.3 试验方法

1.3.1 GS-1叶面肥处理对紫秋山葡萄成熟度的影响

在福建省春秋农林科技有限公司紫秋山葡萄种

植基地，随机选取 2 片区域（2 次重复），在每片区域中选择 3 个试验区（每个区 0.5 hm²），每个试验区选择 20 株葡萄，分别喷施稀释 600 倍和 300 倍的 GS-1 叶面肥处理以及对照处理（不喷施叶面肥）。葡萄的生长期一般在 4~10 月，转色期通常在七八月，喷施时间选为 8 月 6 日、8 月 19 日和 8 月 30 日。

自葡萄转色开始（8 月 19 日），对每个处理片区的葡萄株，每 5 d 分别取样 1 次（每个处理 10 株，每株不同方位随机取 10 粒果进行检测）。可溶性固形物达到 10%（约 9 月初）开始，每 3 d 取样 1 次，检测葡萄的总糖、总酸含量，并计算糖酸比，根据成熟系数，确定最佳采收期。数据为 2 个片区处理的平均值。

1.3.2 GS-1 叶面肥处理对紫秋山葡萄果实品质的影响

对达到最佳采收期的紫秋山葡萄进行营养品质分析，比较不同浓度的 GS-1 叶面肥处理对紫秋山葡萄花青素、游离花色苷、总酚、总类黄酮等主要营养品质的影响，筛选出最适宜的施用比例，数据为 2 个片区处理的平均值，每次片区处理样品测定 3 次。

1.3.3 紫秋山葡萄酒加工工艺优化

1) 原料预处理。山葡萄清洗后，进行除梗分离，破碎，分装在发酵瓶中。按每 1 kg 葡萄加 1 mL 的比例添加亚硫酸（含亚硫酸 6%），同时添加白砂糖至糖度为 22 度。

2) 单因素试验。分别考察接种量（0.5%、1%、1.5%、2%、2.5%）、发酵温度（16、20、24、28、32 ℃）、发酵时间（4、7、10、13、16 d）、菌种（JP2、BV818、XR）对葡萄酒品质的影响，固定因素为菌种为 JP2、1% 接种量、发酵温度为 24 ℃、发酵时间为 10 d，发酵结束后滤去残渣，均保留上清液于冰箱中冷藏，每个处理均进行 2 次重复。

3) 正交优化试验。根据单因素试验结果确定葡萄酒发酵的正交因素和水平，以发酵菌种、接种量、发酵温度为影响因素，采用 L₉（3⁴）进行正交试验（表 1），每个处理均进行平行试验（*n*=2）。通过检测发酵 10 d 后各处理的主要理化指标，并对各处理的口感进行综合评价，筛选出最优工艺参数。

4) 感官评价。所有试验的葡萄酒，陈酿 4 个月，请 11 位具有一定葡萄酒鉴赏能力者对葡萄酒的色泽、香气、滋味进行品鉴，同时按上、中、下 3 个等级进行打分，等级上的分值为 100，等级中的分值为 80，等级下的分值为 60 分，以色泽、香气、滋味的权重（0.10、0.40、0.50）进行模糊综合评判，总分=模糊综合评判后评分为上的占比×100+中的占比×80+下的占比×60。

表 1 正交试验设计
Table 1 Orthogonal experiment design

处理号 Processing number	A 菌种 Strain	B 接种量 Inoculation amount/%	C 温度 Temperature/ ℃	D 空列 Empty column
1	1 (BV818)	1 (0.5)	1 (20)	1
2	1 (BV818)	2 (1.0)	2 (24)	2
3	1 (BV818)	3 (1.5)	3 (28)	3
4	2 (JP2)	1 (0.5)	2 (24)	3
5	2 (JP2)	2 (1.0)	3 (28)	1
6	2 (JP2)	3 (1.5)	1 (20)	2
7	3 (XR)	1 (0.5)	3 (28)	2
8	3 (XR)	2 (1.0)	1 (20)	3
9	3 (XR)	3 (1.5)	2 (24)	1

1.4 指标测定方法

1.4.1 总糖

参照 GB 5009.7—2016 食品中还原糖的测定方法进行。

1.4.2 总酸

参照 GB 12456—2021 食品中总酸的测定方法进行。

1.4.3 原花青素含量测定

根据李春阳等^[13]的方法稍加修改。取 10 g 葡萄浆液，加入 40 mL 提取液（*V*_{甲醇}:*V*_水=1:1），置于超声中提取 30 min。4 ℃，9000 r·min⁻¹ 离心 10 min，按上述步骤将离心的沉淀物重新提取 1 次，滤液合并，用提取液定容到 100 mL，制成样液。吸取 1 mL 样液，加入 5 mL 的显色剂，于（30±1）℃ 恒温水浴 0.5 h，取出冷水冷却。在 496 nm 的波长条件下测定其吸光度值，重复 3 次，由标准曲线测出原花青素含量。其吸光度（*A*）与原花青素溶液的浓度（*C*）关系曲线的回归方程为： $A=0.6116C-0.0004$ ， $R^2=0.9996$ 。

1.4.4 游离花色苷含量测定

根据霍琳琳等^[14]的方法稍加修改。样液分别用 pH 1.0 的 HCl-NaCl 缓冲液和 pH 4.5 的 HAc-NaAc 的缓冲液稀释 5 倍，然后分别在最大吸收波长处和 700 nm 处测定吸光度，重复 3 次，以蒸馏水作对照。吸光值 *A* 通过下列公式计算： $A=(A_{\max}-A_{700})_{\text{pH}1.0}-(A_{\max}-A_{700})_{\text{pH}4.5}$ 。游离花色苷含量用矢车菊素-3-葡萄糖苷（Cyanidin 3-glucoside, CGE）表示^[15]。

$$\text{CGE}=(A \times M_w \times V \times \text{DF} \times 1\,000)/(\varepsilon \times M)$$

式中：*M_w* 为矢车菊素-3-葡萄糖苷的相对分子质量（449.6），DF 为葡萄提取液稀释倍数，*V* 为提取液总体积， ε 为摩尔吸光系数（29600），*M* 为葡萄研磨粉末的取样质量。

1.4.5 总酚含量测定

根据袁晓春等^[16]的方法稍加修改。量取 0.2 mL 样液于 25 mL 比色管中，用蒸馏水补至 1 mL，再分别加入 1 mL Foline-phenol 试剂及 5 mL 5% 碳酸钠溶液，摇匀，在 30 ℃ 中放置 10 min 后定容至 25 mL 后，于 760 nm 处测定吸光值，重复 3 次，得吸光度（*A*）与没食子酸溶液的浓度（*C*）关系曲线的回归方程： $A=0.4547C-0.0037$ ， $R^2=0.9973$ 。

1.4.6 总类黄酮含量测定

根据许钢等^[17]的方法稍加修改。准确量取 5 mL 样液 2 份，其中一份加入 60% 的乙醇溶液至 25 mL，作为参比液；另一份加入 12.5 mL 乙醇后，加入 1 mL 4% 的 NaNO₂ 溶液，混匀，放置 6 min 后，加入 1 mL 的 10% 的 Al(NO₃)₃ 溶液，放置 6 min 后，加入 10 mL 的 4% 氢氧化钠溶液，再加入 60% 的乙醇溶液稀释至刻度，放置 12 min 后，测定溶液络合前后的吸光度差值 *A*，重复 3 次，得吸光度（*A*）与芦丁的溶液浓度（*C*）关系曲线的回归方程： $A=0.1278C+0.141$ ， $R^2=0.997$ 。

1.5 数据处理

采用 Origin 2018 软件进行绘图；采用使 DPS 软

件对数据进行显著性检验，各处理平均数间的多重比较采用 Duncan 新复极差法，差异显著水平为 $P<0.05$ ，极显著水平为 $P<0.01$ 。

2 结果与分析

2.1 叶面肥处理对紫秋山葡萄成熟过程糖酸比和主要营养物质的影响

2.1.1 不同处理葡萄果实在成熟过程中总酸的变化

葡萄酒中的酸度主要来源于葡萄果实中，总酸含量是葡萄成熟考察的主要指标之一。葡萄果实中的有机酸在其生长中存在先累积后降解的过程，在葡萄成熟期，其有机酸含量是逐渐代谢降低的。从表 2 可知，在 9 月之前，紫秋山葡萄的总酸含量较高，随着成熟时间的延长，各处理的紫秋山葡萄浆果总酸含量在成熟过程中逐渐降低，到 9 月下旬，变化幅度较为缓慢，表明此时果实已达到成熟状态。至 9 月 26 日，对照、稀释 600 倍、稀释 300 倍处理后浆果的含酸量分别为 6.13、5.96、6.06 g·kg⁻¹（以酒石酸计）。从显著性分析结果可知，三者之间不存在显著性差异（ $P>0.05$ ），说明 GS-1 叶面肥处理对紫秋山葡萄的总酸含量影响较小。

表 2 叶面肥处理后紫秋山葡萄果实在成熟期间总酸含量的变化
Table 2 Changes in total acidity of Ziqiu wild grape fruit during ripening after foliar fertilizer treatment

处理 Group	8月19日 August 19 th	8月24日 August 24 th	8月29日 August 29 th	9月2日 September 2 nd	9月5日 September 5 th	9月8日 September 8 th	9月11日 September 11 th	9月14日 September 14 th	9月17日 September 17 th	9月20日 September 20 th	9月23日 September 23 rd	9月26日 September 26 th
对照 Control	15.00± 0.69 Aa	11.34± 0.13 Aa	9.65± 0.15 Aa	9.37± 0.19 Aa	8.66± 0.33 Aa	8.08± 0.26 Aa	7.71± 0.09 Aa	7.33± 0.31 Aa	7.26± 0.03 Aa	6.81± 0.07 Aa	6.34± 0.03 Aa	6.13± 0.02 Aa
稀释600倍 Diluted 600 times	12.10± 0.20 Ab	11.05± 0.06 Aab	9.24± 0.09 Aab	9.04± 0.12 Aab	8.55± 0.03 Aa	7.96± 0.16 Aa	7.38± 0.04 Aa	7.31± 0.13 Aa	7.03± 0.18 Aab	6.46± 0.05 Bb	6.43± 0.21 Aa	5.96± 0.18 Aa
稀释300倍 Diluted 300 times	11.90± 0.10 Ab	10.63± 0.15 Ab	8.91± 0.06 Ab	8.72± 0.05 Ab	8.35± 0.09 Aa	7.63± 0.09 Aa	7.38± 0.11 Aa	6.81± 0.10 Aa	6.55± 0.07 Ab	6.42± 0.06 Bb	6.06± 0.09 Aa	6.06± 0.07 Aa

不同大、小写字母表示差异极显著（ $P<0.01$ ）或差异显著（ $P<0.05$ ）。表3、4同。
Different uppercase and lowercase letters indicate extremely significant difference ($P<0.01$) or significant difference ($P<0.05$).
Same for Table 3 and 4.

2.1.2 不同处理葡萄果实在成熟过程中总糖的变化

葡萄果实的成熟过程伴随着糖度的积累，当糖度趋于平衡时也意味着果实的成熟。由表 3 可知，各处理紫秋山葡萄浆果进入转色后总糖含量逐渐上升，至 9 月 26 日，对照、稀释 600 倍、稀释 300 倍 GS-1 叶面肥处理的紫秋山葡萄的总糖含量依次为 131.70、132.70、136.63 g·kg⁻¹（以葡萄糖计）。从 3 个处理的显著性分析结果可知，三者之间存在极显著差异（ $P<0.01$ ），其中喷施稀释 300 倍 GS-1 叶面肥处理的糖度最高，比对照组高 3.74%，从总体上看，叶面肥的施用有利于葡萄果实糖分的积累。

2.1.3 不同处理下葡萄果实在成熟过程中糖酸比（M 值）的变化

糖酸比（M 值）是酿酒葡萄加工的重要指标，一般适宜加工的葡萄其 M 值要达到 20 以上。在山葡萄成熟初期，葡萄的酸高糖低，糖酸比较小。由表 4 可知，在 8 月 19 日，对照、稀释 600 倍、稀释 300 倍，这 3 个处理的 M 值均较低，随着紫秋山葡萄成熟时间的延长，葡萄的 M 值逐步增加，至 9 月 23 日，所有处理的 M 值都超过了 20，说明其已到达加工成熟度的要求，对照、稀释 600 倍、稀释 300 倍的 GS-1 叶面肥处理分别为 20.32、20.34、21.95。至

表 3 叶面肥处理后紫秋山葡萄果实成熟期间总糖含量的变化
Table 3 Changes in total sugar content in Ziqiu wild grape fruit during ripening after foliar fertilizer treatment

处理 Group	8月19日 August 19 th	8月24日 August 24 th	8月29日 August 29 th	9月2日 September 2 nd	9月5日 September 5 th	9月8日 September 8 th	9月11日 September 11 th	9月14日 September 14 th	9月17日 September 17 th	9月20日 September 20 th	9月23日 September 23 rd	9月26日 September 26 th
对照 Control	47.40± 2.90 Bc	71.60± 1.80 Ab	90.60± 2.80 Aa	99.25± 1.95 Ab	103.50± 1.40 Ab	110.25± 1.25 Ab	114.20± 1.20 Ab	118.20± 0.70 Bb	120.95± 0.55 Bc	123.75± 0.95 Bc	128.85± 0.65 Bb	131.70± 0.10 Cc
稀释600倍 Diluted 600 times	55.70± 0.50 ABb	75.15± 3.75 Aab	94.70± 0.10 Aa	103.70± 0.50 Aab	106.65± 0.25 Aab	114.35± 1.35 Aab	118.40± 0.90 Aa	120.65± 0.65 Bb	123.85± 0.35 Bb	126.95± 0.75 ABb	130.70± 0.30 ABb	132.70± 0.10 Bb
稀释300倍 Diluted 300 times	67.90± 0.10 Aa	83.50± 0.10 Aa	97.70± 0.13 Aa	105.93± 0.18 Aa	108.73± 0.28 Aa	116.80± 0.30 Aa	121.13± 0.43 Aa	126.13± 0.38 Aa	128.18± 0.18 Aa	130.98± 0.08 Aa	133.00± 0.10 Aa	136.63± 0.08 Aa

表 4 叶面肥处理后紫秋山葡萄果实成熟期间糖酸比（M 值）的变化
Table 4 The change in sugar-acid ratio (M value) of Ziqiu wild grape fruit during ripening after foliar fertilizer treatment

处理 Group	8月19日 August 19 th	8月24日 August 24 th	8月29日 August 29 th	9月2日 September 2 nd	9月5日 September 5 th	9月8日 September 8 th	9月11日 September 11 th	9月14日 September 14 th	9月17日 September 17 th	9月20日 September 20 th	9月23日 September 23 rd	9月26日 September 26 th
对照 Control	3.17± 0.34 Bc	6.31± 0.23 Ab	9.40± 0.44 Ab	10.60± 0.42 Ab	11.98± 0.62 Aa	13.66± 0.59 Aa	14.82± 0.03 Ab	16.31± 0.61 Ab	16.49± 0.03 Bb	18.17± 0.05 Cc	20.32± 0.05 Aa	21.47± 0.07 Aa
稀释600倍 Diluted 600 times	4.60± 0.12 ABb	6.80± 0.38 Aab	10.25± 0.08 Aab	11.47± 0.10 Aab	12.48± 0.07 Aa	14.37± 0.47 Aa	16.05± 0.12 Aa	16.52± 0.19 Ab	17.63± 0.50 ABb	19.66± 0.13 Bb	20.34± 0.71 Aa	22.27± 0.68 Aa
稀释300倍 Diluted 300 times	5.71± 0.06 Aa	7.87± 0.13 Aa	10.97± 0.08 Aa	12.13± 0.05 Aa	13.00± 0.07 Aa	15.35± 0.25 Aa	16.47± 0.36 Aa	18.46± 0.17 Aa	19.59± 0.15 Aa	20.43± 0.09 Aa	21.95± 0.35 Aa	22.51± 0.22 Aa

9月26日，稀释600倍GS-1叶面肥处理和对照分别为22.27、21.47，以稀释300倍GS-1叶面肥处理的M值最高，达到22.51，从3个处理的显著性分析结果可知，三者之间差异不显著（ $P>0.05$ ）。本研究也表明，在福建闽南地区，紫秋山葡萄适宜的加工采收日期为9月下旬，其采收成熟度系数（M值）可以达到21以上。

2.1.4 不同处理对紫秋山葡萄主要营养物质的影响

葡萄果实中的糖、酸以及原花青素、游离花色苷、总酚、总类黄酮等主要的营养物质，对葡萄酒的品质有着重要的影响。GS-1叶面肥处理紫秋山葡

萄，除了总酸含量外，对其果实的主要营养品质有着显著的影响。从表5可知，有喷施GS-1叶面肥的处理，其总糖、原花青素、游离花色苷、总酚、总类黄酮的含量均显著高于对照，其中，喷施稀释300倍GS-1叶面肥处理的效果最好，该处理果实总糖、原花青素、游离花色苷、总酚、总类黄酮的含量，比对照组分别提高了3.74%、26.99%、35.41%、13.91%、24.12%，且各指标含量与对照组的差异均达到极显著水平（ $P<0.01$ ），表明施用叶面肥GS-1不仅可以提升山葡萄的糖度，还可以提升山葡萄的营养品质。

表 5 不同叶面肥处理对紫秋山葡萄主要营养品质的影响
Table 5 Effects of foliar spray on major nutrients in grapes

处理 Group	总糖 Total sugar/ (g·kg ⁻¹)	总酸 Total acid/ (g·kg ⁻¹)	原花青素 Proanthocyanidins/ (mg·g ⁻¹)	游离花色苷 Free anthocyanins/ (mg·kg ⁻¹)	总酚 Total phenolics/ (mg·g ⁻¹)	总类黄酮 Total flavonoids/ (mg·g ⁻¹)
对照Control	131.70±0.10Cc	6.13±0.02Aa	7.52±0.12Bb	472.15±3.68Bb	3.02±0.06Bb	16.54±0.29Bb
稀释600倍 Diluted 600 times	132.70±0.10Bb	5.96±0.18Aa	8.43±0.24Ab	610.42±6.19Aa	3.33±0.05ABa	18.75±0.33Ab
稀释300倍 Diluted 300 times	136.63±0.08Aa	6.06±0.07Aa	9.55±0.07Aa	639.33±6.51Aa	3.44±0.02Aa	20.53±0.28Aa

不同大写字母表示差异极显著（ $P<0.01$ ），小写字母表示差异显著（ $P<0.05$ ）。
Data with different uppercase letters indicate extremely significant difference at $P<0.01$; those with different lowercase letters, significant difference at $P<0.05$.

2.2 紫秋山葡萄酒发酵工艺优化

2.2.1 接种量对紫秋山葡萄酒品质的影响

由表 6 可知，在接种量为 0.5%~2.5% 时，随着酵母接种量逐渐增加，紫秋山葡萄酒的挥发酸、总酸呈现先下降后增高的趋势。当接种量过低时，不仅推迟了发酵启动时间，而且增大了发酵体系感染

杂菌的风险，使得挥发酸增高；当接种量过高时，酵母会消耗体系中的养分用于增殖，从而引起酒体的酵母味过重，降低葡萄酒品质^[18]。表中各项指标均符合干红山葡萄酒总糖含量不大于 4 g·L⁻¹，挥发酸不大于 1.1 g·L⁻¹，酒精度不小于 7 % 的国家标准要求，结合感官评价得分，选择 1% 为适宜的接种量。

表 6 不同接种量对紫秋山葡萄发酵理化指标的影响
Table 6 Physiochemical indexes on wine affected by inoculation amount

接种量 Inoculation amount/%	总酸 Total acid/ (g·L ⁻¹)	总糖 Total sugar/ (g·L ⁻¹)	挥发酸 Volatile acid/ (g·L ⁻¹)	酒精度 Alcohol content/%	感官评价得分 Sensory evaluation score
0.5	6.08±0.07	3.46±0.02	0.42±0.03	13.1±0.05	83.09
1.0	5.55±0.06	3.79±0.03	0.37±0.02	13.1±0.03	89.45
1.5	5.36±0.06	3.89±0.06	0.35±0.02	12.8±0.02	88.18
2.0	5.86±0.06	3.74±0.04	0.44±0.01	13.1±0.00	85.45
2.5	6.03±0.03	3.65±0.05	0.45±0.03	13.1±0.02	82.00

2.2.2 发酵温度对紫秋山葡萄酒品质的影响

由表 7 可知，在发酵温度为 16~24 ℃ 时，紫秋山葡萄酒的酒精度、感官评分均呈现升高的趋势；当发酵温度达到 24 ℃ 时，紫秋山葡萄酒的酒精度、感官评分最高，酒精度为 13.3%，感官评价得分为 89.64；当发酵温度>24 ℃ 之后，紫秋山葡萄酒的酒精度和感官评分均呈现下降的趋势。这是因为温度的升高，加速了酵母的生长繁殖，使酵母更容易衰老，产酒精能力下降，且挥发酸增加，从而给干红葡萄酒的口感、香气带来不良影响。但温度太低，会影响酵母代谢，无法利用更多的糖分转化为酒精，造成酒精度过低，残糖含量高，口味甜腻的现象出现^[19]。综上，适宜的发酵温度为 24 ℃。

2.2.3 发酵时间对紫秋山葡萄酒品质的影响

由表 8 可得，在发酵时间为 4~10 d 时，紫秋山葡萄酒残糖量随着发酵时间的增加而逐渐降低，发

酵时间少于 10 d，最终产品的总糖超过 4 g·L⁻¹，而 GB/T 27586—2011 山葡萄酒的国标中规定总糖含量不大于 4 g·L⁻¹；当发酵 10 d 以后，其总糖含量趋于稳定，说明主发酵结束，且总糖含量小于 4 g·L⁻¹，符合山葡萄酒标准；葡萄酒的酒精度随着发酵时间的增加而增加，发酵 13、16 d 的酒精度与 10 d 相同，表明在此条件下 10 d 酒精发酵已经结束。从感官评价可以看出，发酵 13、16 d 酒样的感官评分不高，可能是由于发酵时间长使皮渣中一些不良成分溶出，影响了酒品质。综合考虑，确定其发酵时间为 10 d。

2.2.4 菌种对紫秋山葡萄酒品质的影响

由表 9 可得，接种 JP2 酵母后，葡萄酒的总酸、总糖、挥发酸含量均优于接种 BV818 和 XR 酵母后的紫秋山葡萄酒，且接种 JP2 酵母的酒样感官评分最高，为 89.73 分。酿酒酵母 JP2 是福建省农业科学院农业工程技术研究所从自然发酵的枇杷酒醪中通过

表 7 不同发酵温度对紫秋山葡萄发酵理化指标的影响
Table 7 Physiochemical indexes on wine affected by fermentation temperature

发酵温度 Fermentation temperature/℃	总酸 Total acid/ (g·L ⁻¹)	总糖 Total sugar/ (g·L ⁻¹)	挥发酸 Volatile acid/ (g·L ⁻¹)	酒精度 Alcohol content/%	感官评价得分 Sensory evaluation score
16	5.82±0.01	4.29±0.09	0.59±0.01	12.4±0.02	81.64
20	5.67±0.01	3.16±0.06	0.39±0.02	12.8±0.02	83.82
24	5.59±0.03	3.69±0.10	0.35±0.00	13.3±0.00	89.64
28	5.56±0.02	3.27±0.05	0.48±0.01	12.8±0.03	71.27
32	5.52±0.03	3.26±0.07	0.57±0.02	12.6±0.04	70.73

表 8 不同发酵时间对紫秋山葡萄发酵理化指标的影响
Table 8 Physiochemical indexes on wine affected by fermentation time

发酵时间 Fermentation time/d	总酸 Total acid/ (g·L ⁻¹)	总糖 Total sugar/ (g·L ⁻¹)	挥发酸 Volatile acid/ (g·L ⁻¹)	酒精度 Alcohol content/%	感官评价得分 Sensory evaluation score
4	5.88±0.09	22.35±1.15	0.45±0.01	12.3±0.02	76.73
7	5.68±0.03	4.12±0.09	0.38±0.03	13.1±0.03	81.64
10	5.56±0.01	3.73±0.04	0.35±0.02	13.3±0.03	89.09
13	5.64±0.04	3.78±0.03	0.41±0.01	13.3±0.00	72.55
16	5.78±0.10	3.74±0.02	0.44±0.03	13.3±0.02	67.09

表 9 不同菌种对紫秋山葡萄发酵理化指标的影响
Table 9 Physiochemical indexes on wine by inoculum species

菌种 Strain	总酸 Total acid/ (g·L ⁻¹)	总糖 Total sugar/ (g·L ⁻¹)	挥发酸 Volatile acid/ (g·L ⁻¹)	酒精度 Alcohol content/%	感官评价得分 Sensory evaluation score
JP2	5.54±0.07	3.67±0.09	0.59±0.01	13.1±0.03	89.73
BV818	5.78±0.03	2.27±0.12	0.61±0.03	13.1±0.00	82.64
XR	5.66±0.02	2.12±0.09	0.81±0.02	13.3±0.03	88.64

分离、筛选、鉴定的 1 株优良酵母菌^[20]，且已有研究表明用 JP2 发酵的枇杷酒中总酯种类多达 21 种^[21]，而酯、醇、酸、酮等是果酒香气的主要呈香物质，它们的含量、感觉阈值及其相互作用共同构成果酒独特的香气^[22]，用 JP2 酵母发酵的果酒具有的独特香气和风味，更能酿出具有南方典型性的葡萄酒，综合考虑，最佳酵母为 JP2 酵母。

2.2.5 正交试验结果

为了更好地确定紫秋山葡萄酒的最佳发酵工艺参数，根据单因素试验结果，选定发酵时间为 10 d，以菌种、接种量、发酵温度为影响因素，综合品质评价得分为指标，进行正交试验，其结果和方差分析见表 10。试验结果表明，所有处理的总糖、总酸、酒精度、挥发酸均符合山葡萄酒国家标准要求。试验以综合感官评价为指标，由 *R* 值可以看出，影响葡萄酒质量的主次因素为 *A*>*C*>*B*，即菌种>发酵温度>接种量。由 *K* 值比较可以得出，其最佳组合为 *A*₂*C*₂*B*₂，即菌种为 JP2，发酵温度为 24 ℃，接种量为 1%。以优化后的发酵工艺参数进行验证试验，结果表明，通过最优发酵工艺酿造得到的紫秋山葡萄酒酒体圆润，果香浓郁，最终的感官评分为：89.45 分，试验结果与理论值相符。

3 讨论与结论

山葡萄在我国南方地区广泛种植，具有诸多的营养优势，但山葡萄品种往往存在含糖量低或酚类不丰富的问题，如何提升山葡萄的加工品质是目前山葡萄产业化面临的主要问题之一。为了提高葡萄的加工品质，已有通过套袋^[23]、铺设反光膜^[24]、调控环境条件等方法进行改善。本研究通过在葡萄成熟期喷施不同浓度的 GS-1 叶面肥，探究 GS-1 叶面

肥对葡萄品质的影响，并确定紫秋山葡萄在福建闽南地区的适宜采收成熟度及最佳采收期。适宜的葡萄采收时间是酿出优质葡萄酒的前提条件，而成熟

表 10 正交试验结果
Table 10 L₉ (3⁴) orthogonal experiment and results on fermentation

处理号 Processing number	A菌种 Strain	B接种量 Inoculation amount/%	C温度 Temperature/℃	D空列 Empty column	感官评价得分 Sensory evaluation score
1	1 (BV818)	1 (0.5)	1 (20)	1	87.05
2	1	2 (1.0)	2 (24)	2	87.77
3	1	3 (1.5)	3 (28)	3	84.68
4	2 (JP2)	1	2	3	88.5
5	2	2	3	1	86.32
6	2	3	1	2	87.23
7	3 (XR)	1	3	2	83.41
8	3	2	1	3	85.05
9	3	3	2	1	83.95
K1	259.50	258.96	259.33		
K2	262.05	259.14	260.22		
K3	252.41	255.86	254.41		
k1	86.50	86.32	86.44		
k2	87.35	86.38	86.74		
k3	84.14	85.29	84.80		
R	3.21	1.09	1.94		
主次顺序 Primary and secondary order		<i>A</i> > <i>C</i> > <i>B</i>			
最优水平 Optimal level	<i>A</i> ₂	<i>B</i> ₂	<i>C</i> ₂		

度是确定葡萄最佳采收期的重要依据,当葡萄的总糖、总酸及糖酸比达到相对平衡时,说明葡萄的成熟度达到要求,是最佳采收期。本研究结果表明,在福建闽南地区,紫秋山葡萄的最佳采收期为9月下旬(在9月23日之后),其成熟度系数可超过21,达到了酿酒所需的成熟度。葡萄采收成熟期受葡萄的品种、栽培条件、种植地的气候等影响,因此不同年份同一地区同一品种的葡萄采收期可能会有差异,但通过成熟度系数(M值)的检测可以比较准确判定其加工成熟度和确定其适宜的采收日期。

花青素和花色苷的存在不仅能使蔬菜、水果呈现鲜艳的色彩,也是赋予葡萄酒色泽的主要化合物,对葡萄酒的颜色起到决定性的作用^[25]。另外,原花青素和花色苷还具有抗氧化、抗炎、缓解疲劳以及降血压^[26-27]等多种保健功能。紫秋山葡萄喷施稀释300倍的GS-1叶面肥后,显著提升了原花青素和游离花色苷的含量,分别达到 $9.55\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $639.33\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,比对照处理分别提高了26.99%、35.41%,这对提升紫秋山葡萄酒的颜色、增强抗氧化性能有着重要的作用。酚类及总类黄酮类物质对山葡萄酒的结构平衡性、酒体的厚度、后味等有着重要影响,同时也是葡萄酒中重要的抗氧化类物质,且研究表明多酚类化合物具有降血脂、清除自由基、抗动脉硬化等保健功能^[28],黄酮醇具有抗过敏、抗炎、预防心血管疾病^[29]等多种药理功能,没有喷施叶面肥的紫秋山葡萄,其果实总酚含量为 $3.02\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,总类黄酮含量为 $16.54\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,而喷施稀释300倍的GS-1叶面肥后分别达3.44、 $20.53\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,比对照分别提高了13.91%和24.12%。本研究所使用的叶面肥为专用提高水果品质的叶面肥,通过在紫秋山葡萄上的试验,证明其可以显著提升总糖、花色苷、花青素、总酚、总类黄酮等营养成分的含量,但对紫秋山葡萄中有机酸含量的影响较少,且紫秋山葡萄的总糖度含量仍然偏低。如何通过水肥控制、产量控制以及结合提高喷施叶面肥浓度来提升紫秋山葡萄的含糖量有待进一步研究。

不同酵母菌酿造的葡萄酒品质各不相同,但是市场上的葡萄酒常用国外进口的广适性酵母菌进行发酵,导致红葡萄酒的趋同化问题严重,从而缺少具有地域性特色的优质红葡萄酒^[30],尤其是山葡萄的加工上,更缺少本土酵母的筛选与应用。本研究筛选出本土酿酒酵母菌JP2(*Saccharomyces cerevisiae* JP2),对南方山葡萄酒品质提升以及产业发展起到积极的推动作用。葡萄酒中的酒精、多酚等化学成分,使得葡萄可以长时间保存的同时保持良好的感

官品质,因此,为了更好地体现葡萄酒的风味、香气、颜色和酒精含量,需筛选出最优的发酵工艺参数,发酵过程受温度、时间、菌种、接种量等因素的影响。本研究采用紫秋山葡萄作为原料,进行酒精发酵,其发酵优化条件为菌种JP2、最佳发酵温度 24°C 、最佳接种量1%、最佳发酵时间10 d;发酵温度、接种量和发酵时间是紫秋山葡萄酒发酵的主要因素;3个主要因素对紫秋山葡萄酒的品质影响大小顺序为菌种>发酵温度>接种量。

参考文献:

- [1] 吴莹. 中国野生毛葡萄和葡萄酒抗氧化能力的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
WU Y. Study on antioxidant activity of wild *Vitis quinquangularis* grape and wine in China[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2010. (in Chinese)
- [2] 蒋家稳. 紫秋葡萄特征性及栽培技术要点[J]. 乡村科技, 2019, 10(19): 85–86.
JIANG J W. Characteristics and cultivation techniques of Ziqiu grape[J]. *Rural Science and Technology*, 2019, 10(19): 85–86. (in Chinese)
- [3] 周静, 康佳青, 许业帆, 等. 不同浓度生长调节剂组合对“夏黑”葡萄果品的影响[J]. 上海农业科技, 2020, (5): 88–89.
ZHOU J, KANG J Q, XU Y F, et al. Effects of different concentrations of growth regulators on “Xiahei” grape fruit [J]. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, 2020(5): 88–89. (in Chinese)
- [4] 王染霖, 李树德, 李岁平. 叶面喷肥对赤霞珠葡萄酒香气物质的影响[J]. 新疆农业科技, 2022, (5): 26–29.
WANG R L, LI S D, LI S P. Effect of foliar spraying fertilizer on aroma components of Cabernet Sauvignon wine [J]. *Xinjiang Agricultural Science and Technology*, 2022(5): 26–29. (in Chinese)
- [5] 张永涛, 张涛, 田多成, 等. 植物调节剂对红地球葡萄品质影响及露地丰产栽培技术[J]. 甘肃科技纵横, 2022, 51(8): 26–29.
ZHANG Y T, ZHANG T, TIAN D C, et al. Effects of plant regulators on the quality of red globe grape and high-yield cultivation techniques in open field [J]. *Scientific & Technical Information of Gansu*, 2022, 51(8): 26–29. (in Chinese)
- [6] 刘旭, 陈敏, 武轩, 等. “赤霞珠”葡萄转色后不同成熟度指标的变化[J]. 食品科学, 2016, 37(22): 230–236.
LIU X, CHEN M, WU X, et al. Changes in different maturity indices of cabernet sauvignon(*Vitis vinifera* L.) grape after veraison [J]. *Food Science*, 2016, 37(22): 230–236. (in Chinese)
- [7] 李华, 王华, 袁春龙, 等. 葡萄酒工艺学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [8] 刘怡萱, 袁春龙, 常远, 等. 新疆吐鲁番产区‘美乐’葡萄成熟度指标体系研究[J]. 西北农业学报, 2020, 29(10): 1566–1575.
LIU Y X, YUAN C L, CHANG Y, et al. Maturity index system of ‘merlot’ grape in Turpan region of Xinjiang [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2020, 29(10): 1566–1575. (in Chinese)
- [9] 宋于洋, 王炳举, 塔依尔. 石河子地区酿酒葡萄成熟度与葡萄酒质量的研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(3): 153–156.
SONG Y Y, WANG B J, TAYIR. Studies on winegrape maturity and wine quality in Shihezi zones [J]. *Acta Agriculturae Boreali-*

- Occidentalis Sinica*, 2006, 15(3): 153–156. (in Chinese)
- [10] 王晓飞, 吴晓玉, 孔令保. 葡萄酒酿造及葡萄酒酵母菌种的改良 [J]. 食品工业科技, 2010, 31 (11): 420–423.
- WANG X F, WU X Y, KONG L B. Wine brewing and the improvement of wine yeast species [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2010, 31(11): 420–423. (in Chinese)
- [11] 李金鹏. 宁夏贺兰山东麓酿酒酵母的分离鉴定与发酵特性研究 [D]. 银川: 宁夏大学, 2017.
- LI J P. Isolation and identification of *Saccharomyces cerevisiae* form east foot of Helanshan moutains of Ningxia and fermentation characteristics[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2017. (in Chinese)
- [12] 闫灵敏, 姜娇, 高辉, 等. 优良本土酿酒酵母的酿酒特性及产香能力初析 [J]. 食品与发酵工业, 2022, 48 (4): 62–68.
- YAN X M, JIANG J, GAO H, et al. Oenological properties of superior indigenous *Saccharomyces cerevisiae* and their production of volatile compounds [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2022, 48(4): 62–68. (in Chinese)
- [13] 李春阳, 许时婴, 王璋. 低浓度香草醛-盐酸法测定葡萄籽、梗中原花青素含量的研究 [J]. 食品工业科技, 2004, 25 (6): 128–130.
- LI C Y, XU S Y, WANG Z. Study on determination of proanthocyanidins in grape seeds and stems by low concentration vanillin-hydrochloric acid method [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2004, 25(6): 128–130. (in Chinese)
- [14] 霍琳琳, 苏平, 吕英华. 分光光度法测定桑葚总花色苷含量的研究 [J]. 酿酒, 2005, 32 (4): 88–89.
- HUO L L, SU P, LV Y H. Measurement of total anthocyanins in mulberry by UV-visible spectroscopy [J]. *Liquor-making*, 2005, 32(4): 88–89. (in Chinese)
- [15] 乔玲玲, 马雪蕾, 张昂, 等. 不同因素对赤霞珠果实理化性质及果皮花色苷含量的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2016, 44(2): 129–136.
- QIAO L L, MA X L, ZHANG A, et al. Effects of different factors on physicochemical properties and the content of anthocyanin in the skin of Cabernet Sauvignon[J]. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)*. 2016, 44(2): 129–136. (in Chinese)
- [16] 袁晓春, 李辅碧. Folin-Ciocalteu 法测定昭通葡萄及其葡萄酒总酚含量 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42 (33): 11859–11860, 11862.
- YUAN X C, LI F B. Measure of total polyphenols content in Zhaotong grape and grape wine by folin-ciocalteu method [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2014, 42(33): 11859–11860, 11862. (in Chinese)
- [17] 许钢. 苦荞麦黄酮提取最佳条件及抗氧化研究 [J]. 中国食品学报, 2008, 8 (3): 78–83.
- XU G. Studies on the extracting and antioxidant activities of flavonoids in buckwheat [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2008, 8(3): 78–83. (in Chinese)
- [18] DU J, HAN F, YU P B, et al. Optimization of fermentation conditions for Chinese bayberry wine by response surface methodology and its qualities [J]. *Journal of the Institute of Brewing*, 2016, 122(4): 763–771.
- [19] 海金萍, 刘钰娜, 邱松山. 三华李果酒发酵工艺的优化及香气成分分析 [J]. 食品科学, 2016, 37 (23): 222–229.
- HAI J P, LIU Y N, QIU S S. Optimization of fermentation process of ‘Sanhua’ plum wine and analysis of its aroma components [J]. *Food Science*, 2016, 37(23): 222–229. (in Chinese)
- [20] 何志刚, 林晓姿, 李维新. 枇杷果酒的酵母菌株筛选及工艺优化 [J]. 食品与发酵工业, 2004, 30 (2): 23–26.
- HE Z G, LIN X Z, LI W X. Screening of yeast strains and optimization of technology for loquat wine [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2004, 30(2): 23–26. (in Chinese)
- [21] 李维新, 魏巍, 何志刚, 等. 酿酒酵母 JP2 发酵枇杷汁的有机酸代谢及其产香特征分析 [J]. 中国食品学报, 2016, 16 (2): 251–257.
- LI W X, WEI W, HE Z G, et al. Analysis of organic acids metabolism and fragrant characteristic for fermented loquat juice using *Saccharomyces cerevisiae* JP2 [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2016, 16(2): 251–257. (in Chinese)
- [22] 鲍瑞峰, 秦丹, 唐明, 等. 刺葡萄酒香气成分的研究 [J]. 酿酒科技, 2010, (2): 53–56.
- BAO R F, QIN D, TANG M, et al. Study on the flavoring compositions of *V. didii*. Foex fruit wine [J]. *Liquor-Making Science & Technology*, 2010(2): 53–56. (in Chinese)
- [23] 温源, 温娅丽, 许尔文, 等. 不同颜色果袋对红地球葡萄果实品质的影响 [J]. 落叶果树, 2014, 46 (4): 8–10.
- WEN Y, WEN Y L, XU E W, et al. Effects of different color fruit bags on fruit quality of red globe grape [J]. *Deciduous Fruits*, 2014, 46(4): 8–10. (in Chinese)
- [24] SANDLER H A, BROCK P E II, VANDEN HEUVEL J E. Effects of three reflective mulches on yield and fruit composition of coastal new England winegrapes [J]. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2009, 60(3): 332–338.
- [25] 韩富亮, 李杨, 李记明, 等. 红葡萄酒花色苷结构和颜色的关系研究进展 [J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30 (3): 328–336.
- HAN F L, LI Y, LI J M, et al. Relation between anthocyanin structures and color in red wine: A review [J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2011, 30(3): 328–336. (in Chinese)
- [26] BOIVIN D, BLANCHETTE M, BARRETTE S, et al. Inhibition of cancer cell proliferation and suppression of TNF-induced activation of NFkappaB by edible berry juice [J]. *Anticancer Research*, 2007, 27(2): 937–948.
- [27] MCGHIE T K, WALTON M C. The bioavailability and absorption of anthocyanins: Towards a better understanding [J]. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2007, 51(6): 702–713.
- [28] 王舒伟, 乔丹, 徐通通, 等. 葡萄成熟度对‘赤霞珠’葡萄酒酚类物质及抗氧化能力的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2022, 48 (12): 202–209.
- WANG S W, QIAO D, XU T T, et al. Effect of grape maturity on phenolic and antioxidant activity of Cabernet Sauvignon wines [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2022, 48(12): 202–209. (in Chinese)
- [29] 任红, 郑少杰, 张小利, 等. 基于不同抗氧化机制的黄酮类化合物构效关系研究进展 [J]. 食品工业科技, 2016, 37 (2): 384–388.
- REN H, ZHENG S J, ZHANG X L, et al. Research progress on the structure-activity relationship of flavonoid compounds based on different antioxidant mechanism [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(2): 384–388. (in Chinese)
- [30] 周群浩. 红葡萄酒酿造工艺研究 [J]. 中国食品, 2022, (18): 83–85.
- ZHOU Q H. Red wine brewing process Studies [J]. *China Food*, 2022(18): 83–85. (in Chinese)