

发酵条件对高山葡萄石斛酒品质的影响研究

李 夏^{1,2,3}, 谢光杰^{1,2,3*}, 王东鹏^{1,2,3}, 徐 旻^{1,2,3}

(1. 四川化工职业技术学院川酒学院, 泸州 646000; 2. 酿酒生物技术及应用四川省重点实验室, 宜宾 644000;
3. 天然产物与功能性食品开发研究泸州市重点实验室, 泸州 646000)

摘 要: **目的** 分析发酵条件对高山葡萄石斛酒品质的影响。**方法** 以四川地区金钗石斛和高山葡萄为主要研究对象, 以酒精度、石斛多糖含量和感官得分为评价指标, 通过单因素实验筛选影响发酵高山葡萄石斛酒品质的因素和水平, 利用正交实验优化获得最佳发酵条件。**结果** 在石斛汁与葡萄汁体积比 0.4:0.6、果酒酵母接种量 0.4 g/L、发酵温度 30°C 条件下发酵 6 d 所酿造的高山葡萄石斛酒酒精度为 9.01 %Vol, 石斛多糖浓度为 5.33%, 感官得分 84.68 分。**结论** 在此发酵条件下制得的高山葡萄石斛酒澄清透明, 具有葡萄和石斛特有的香气, 滋味纯正、酒体饱满, 具有极佳的感官体验。本研究可为金钗石斛、高山葡萄等特色农产品的开发和加工转化提供一定参考。

关键词: 高山葡萄; 金钗石斛; 石斛多糖; 酿造工艺

Study on the influence of fermentation conditions on the quality of alpine grape *Dendrobium* wine

LI Xia^{1,2,3}, XIE Guang-Jie^{1,2,3*}, WANG Dong-Peng^{1,2,3}, XU Min^{1,2,3}

(1. Chuanjiu College, Sichuan Vocational College of Chemical Technology, Luzhou 646000, China; 2. Liquor Making Bio-Technology & Application of Key Laboratory of Sichuan Province, Yibin 644000, China; 3. Luzhou Key Laboratory of Natural Products and Functional Food Development, Luzhou 646000, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the influence of fermentation conditions on the quality of alpine grape wine. **Methods** In this study, *Dendrobium nobile* and alpine grape from Sichuan were used as the main objects, and the alcohol content, polysaccharide content and sensory score of dendrobium were used as evaluation indexes, the factors and levels affecting the brewing of Alpine grape *Dendrobium* wine were screened through single factor test, and the best brewing process conditions were optimized by orthogonal test. **Results** The volume ratio of *Dendrobium* juice to grape juice was 0.4:0.6, the inoculation amount of fruit wine yeast was 0.4 g/L, and the fermentation temperature was 30°C for 6 days. The precision of Alpine grape *Dendrobium* wine was 9.01 %vol, containing 5.33% *Dendrobium* polysaccharide, the sensory score was 84.68 points. **Conclusion** Under the fermentation conditions, the wine is clear and transparent, with the unique aroma of grape and *Dendrobium*, the taste is pure and full body, with excellent

基金项目: 泸州市科技重点研发项目(2020-NYF-14)、酿酒生物技术及应用四川省重点实验室 2021 年重点开放课题项目(NJ2021-03)、四川化工职业技术学院校级课题项目(SCHYB-2022-08)

Fund: Supported by the Luzhou Science and Technology Key Research and Development Project (2020-NYF-14), and the Key Open Project of Sichuan Provincial Key Laboratory of Brewing Biotechnology and Application in 2021 (NJ2021-03), and the University-level Project of Sichuan Vocational College of Chemical Technology (SCHYB-2022-08)

***通信作者:** 谢光杰, 副教授, 主要研究方向为天然产物提取、食品营养与检测。E-mail: 329787194@qq.com

***Corresponding author:** XIE Guang-Jie, Associate Professor, Sichuan Vocational College of Chemical Technology, Building 13, Victoria Phase II, Jiangyang District, Luzhou 646000, China. E-mail: 329787194@qq.com

sensory experience. This study can provide some reference for the development, processing and transformation of characteristic agricultural products such as *Dendrobium nobile* and alpine grape.

KEY WORDS: alpine grape; *Dendrobium nobile*; *Dendrobium polysaccharide*; brewing technology

0 引 言

高山葡萄属东亚种群中的刺葡萄种, 为强大的藤本植物。原产于南方雪峰山区, 在高温、潮湿、低光照生态环境下驯化选育而成的, 其平均粒重 5.5 g, 最大 11 g, 平均穗重 450 g, 最大穗重 1500 g, 果粒蓝黑色、果粉厚、外观极美、易着色、成熟一致^[1]。高山葡萄含糖量高达 20% 左右, 蜂蜜香味浓郁、酸度合适, 具有极佳的酿酒品质。随着生活水平的不断提高, 消费者对果酒的消费需求日趋个性化^[2], 混合型果酒的市场不断壮大, 葡萄作为混合型果酒的主要原材料之一, 其产业发展将成为农村一二三产业融合的典型案列, 在助力乡村振兴和农村产业融合中发挥巨大作用^[3-4]。

金钗石斛(*Dendrobium nobile*)又名“吊兰花”“扁金钗”, 为兰科多年生草本植物, 其性微寒, 味苦、淡, 具有健脾健胃、滋阴清热、生津止渴的功效^[5]。金钗石斛可以理胃气、清胃火、除心中烦渴、疗肾经虚热、安神定惊^[6-7]。研究表明, 金钗石斛中的功能性成分主要有石斛碱、石斛多糖等, 石斛碱具有清热解毒、降低血糖、抗肿瘤等功效, 石斛多糖能够治疗胃热症促进胃粘膜修复、改善人体胃肠道功能, 具有提高免疫力和一定的抗癌功效, 还可以延缓大脑老化、提高学习能力等^[8-13]。四川省合江县为我国著名的金钗石斛道地产区, 石斛产量大、品质高, 石斛碱和石斛多糖含量均位于全国石斛产区前列, 具有极高的经济开发价值。

目前, 金钗石斛主要作为中药材使用, 因其味苦, 很少被直接用于食品, 限制了金钗石斛的开发空间。有研究^[14-16]显示: 石斛经发酵后, 其风味具有明显改善, 生理活性和营养价值明显提高。因此, 本研究立足于四川地区特色农产品高山葡萄和金钗石斛的产量和质量优势, 以感官得分、发酵后石斛多糖含量和酒精度为指标, 通过单因素实验和正交实验方法, 分析发酵条件对高山葡萄石斛酒品质的影响, 以期对四川地区金钗石斛、高山葡萄的产品开发提供一定的参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

高山葡萄(含糖量 200~220 g/L, 含酸量 6.0~7.0 g/L, 四川凉山五县生态葡萄基地); 金钗石斛(石斛碱含量 0.52%, 石斛多糖含量 11.32%, 四川省合江县川宝金钗石斛科技有限公司)。

果酒酵母(食品级, 安琪酵母股份有限公司); 纤维素酶[食品级, 夏盛(北京)生物科技开发有限公司]; 果胶酶(食品级, 重庆伟博力扬化工集团); 亚硫酸氢钠(分析纯, 苏州亚永化工有限公司); 无水乙醇、浓硫酸、苯酚、标准葡萄糖、氢氧化钠、酚酞(分析纯, 成都金山化学试剂有限公司)。

1.2 仪器与设备

BSA124S 分析天平(感量 0.001 g, 北京海天友诚科技有限公司); MJ-BL1503B 破壁机(广东美的集团股份有限公司); DK-98-IIA 恒温水浴锅(天津市泰斯特仪器有限公司); GNP-9080 恒温培养箱(江苏新春兰科学仪器有限公司); LH-T55 数显糖度计(浙江陆恒生物有限公司); BKQ-B50II 高压蒸汽灭菌锅(山东博科医疗器械有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 理化指标测定

石斛多糖的测定参照 SN/T 4260—2015《出口植物源食品中粗多糖的测定 苯酚—硫酸法》; 葡萄总酸、酒精度测定参照 GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》。

1.3.2 感官评定

参照 QB/T 5476—2020《果酒通用技术要求》, 邀请 20 名具有果酒和露酒感官品评经验的专业人士从外观、香气、滋味、典型性 4 个方面建立高山葡萄石斛酒感官评分标准^[17-18], 满分 100 分, 感官评分标准见表 1。

表 1 高山葡萄石斛酒感官评分标准
Table 1 Sensory score criteria of alpine grape *Dendrobium* wine

评分	标准	优	良	中	差
外观(20 分)	澄清透明、呈产品特有色、无异物	18~20	14~17	11~13	<10
香气(30 分)	具有葡萄和金钗石斛特征香气	26~30	20~25	16~19	<15
滋味(40 分)	具有纯正、优雅、爽怡的口味、酒体完整	34~40	28~33	21~27	<20
典型性(10 分)	具有高山葡萄应有的特征, 同时具备金钗石斛清香风格	9~10	7~8	5~6	<5

1.3.3 工艺流程

参考文献资料^[19-24], 设计高山葡萄石斛酒酿造工艺

高山葡萄→榨汁→过滤
↓
金钗石斛→清洗除杂→破壁榨汁→酶解→过滤→加料→灭菌→发酵→过滤→陈酿→灌装→成品

流程:

活化果酒酵母
↓

1.3.4 工艺要点

(1)原料处理

选用新鲜优质的金钗石斛, 清洗后切断, 放入破壁机中破碎, 按 0.1 g/L 的比例加入纤维素—果胶复合酶(纤维素酶:果胶酶=2:1, *m:m*), 在 60℃条件下酶解 45 min^[25], 4 层纱布过滤备用。

市售高山葡萄清洗后榨汁, 4 层纱布过滤后按比例加入金钗石斛汁。

(2)灭菌灭酶

向处理好的原料汁中添加亚硫酸氢钠(以 SO₂ 计 50 mg/kg), 85℃条件下灭菌灭酶 20 min。

(3)发酵酿造

按比例加入活化后的果酒酵母, 30℃条件下发酵 6 d, 200 目滤布过滤后在 15℃条件下陈酿 30 d, 灌装, 制得成品。

1.3.5 发酵条件对高山葡萄石斛酒品质影响单因素实验

综合参考文献^[26-29]的方法并进行优化, 从提高发酵水平、保留石斛多糖和感官舒适的角度出发, 高山葡萄石斛酒单因素实验在石斛汁与葡萄汁体积比 0.5:0.5、果酒酵母接种量 0.3 g/L、发酵温度 30℃、发酵时间 7 d 的基础上进行, 考查每种因素各水平对实验结果的影响, 以发酵后石斛多糖含量、酒精度和感官得分作为评价指标进行综合分析, 研究各因素水平对高山葡萄石斛酒品质的影响, 据此进行正交实验。

1.3.6 发酵条件对高山葡萄石斛酒品质影响正交实验

在单因素实验的基础上, 设计 L₉(3⁴)正交实验, 确定高山葡萄石斛酒品质最优的发酵条件, 正交实验因素水平设计见表 2。

表 2 正交实验因素水平编码表

Table 2 Orthogonal test factor level coding table				
水平	A 石斛汁与葡萄汁 体积比(V:V)	B 果酒酵母 接种量/(g/L)	C 发酵 温度/℃	D 发酵 时间/d
1	0.3:0.7	0.2	25	6
2	0.4:0.6	0.3	30	7
3	0.5:0.5	0.4	35	8

1.4 数据处理

正交实验设计及数据分析使用 SPSS 22.0, 使用 Microsoft Excel 进行数据处理与制图。

2 结果与分析

2.1 发酵条件对高山葡萄石斛酒品质影响单因素实验结果

2.1.1 石斛汁与葡萄汁体积比对高山葡萄石斛酒品质的影响

随葡萄汁比例的下降, 产品酒精度逐渐下降, 主要因葡萄所含糖分较多, 比例下降导致体系中可利用糖减少; 随石斛汁比例提高, 产品中石斛多糖含量逐渐提高, 原因主要为石斛多糖被微生物代谢较少, 其含量基本与石斛汁比例成正相关。石斛汁与葡萄汁体积比为 0.5:0.5 时感官得分最高, 此时石斛与葡萄风味结合最好(图 1)。综合考虑, 选择石斛汁与葡萄汁体积比 0.3:0.7、0.4:0.6、0.5:0.5 3 个水平设计正交实验。

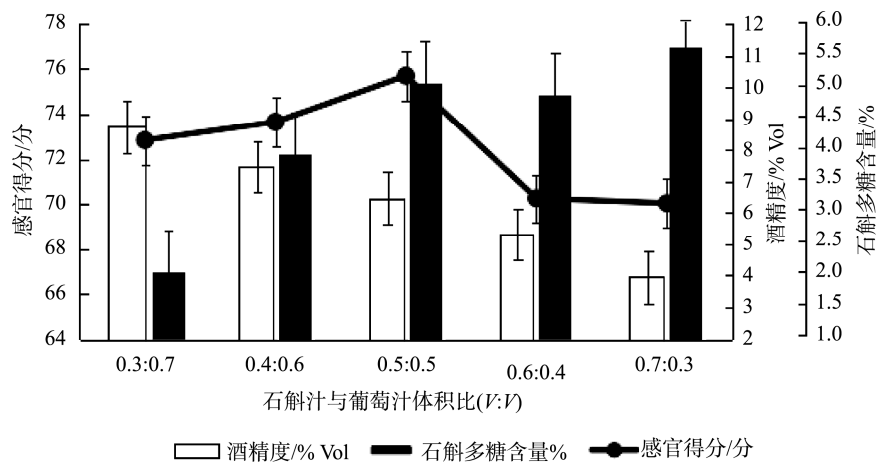


图 1 石斛汁与葡萄汁体积比对高山葡萄石斛酒品质的影响($n=3$)

Fig.1 Effects of volume ratio of *Dendrobium* juice to grape juice on alpine grape *Dendrobium* wine quality ($n=3$)

2.1.2 果酒酵母接种量对高山葡萄石斛酒品质的影响

随酵母接种量增大, 产品中石斛多糖含量变化不大, 酒精度变化也不明显^[30], 但感官得分先升后降, 主要因果酒酵母接种量逐渐增大, 代谢产生废物较多, 酸味明显, 感官得分随之下降(图 2)。综合考虑, 选择果酒酵母接种量 0.2、0.3、0.4 g/L 3 个水平设计正交实验。

2.1.3 发酵时间对高山葡萄石斛酒品质的影响

随发酵时间的延长, 产品中石斛多糖含量逐渐下降, 主要因长时间发酵导致体系中微生物可利用单糖减少, 部分多糖被水解用于微生物代谢; 发酵时间为 7 d 时酒精度和感得分均达最高值, 此时果酒香气突出, 滋味纯正。随发酵时间延长, 酵母大量繁殖, 导致大量糖分被消耗, 酒精度略有下降, 感官得分随之下降(图 3)。综合考虑, 选择发酵时间 6、7、8 d 3 个水平设计正交实验。

2.1.4 发酵温度对高山葡萄石斛酒品质的影响

随着发酵温度提高, 产品中石斛多糖含量基本不变, 主要因为实验温度范围内发酵不会对石斛多糖构成破坏。

发酵温度达 30℃后产品感官得分较高, 酒精度有所提高且基本维持不变, 说明 30℃已经达到使果酒酵母发酵的适宜温度, 提高温度不能再提高产品品质(图 4)。因此, 从节能减排、降低成本的角度考虑, 选择发酵温度 25、30、35℃ 3 个水平设计正交实验。

2.2 发酵条件对高山葡萄石斛酒品质影响正交实验结果

根据单因素实验结果, 按照表 2 设计的正交实验因素水平编码进行 $L_9(3^4)$ 正交实验, 确定高山葡萄石斛酒酿制的最优工艺条件, 结果见表 3。

根据正交实验极差分析和方差分析的结果(表 4~6)可知: 当以酒精度做评价指标时, 各因素对产品酒精度的影响顺序为: $A>D>C>B$, 最优发酵条件为 $A_2B_1C_1D_3$; 当以石斛多糖含量做评价指标时, 各因素影响顺序为: $A>D>C>B$, 最优发酵条件为 $A_2B_3C_2D_1$; 当以感官得分为评价指标时, 各因素的影响顺序为: $C>A>B>D$, 最优发酵条件为 $A_2B_3C_3D_3$ 。

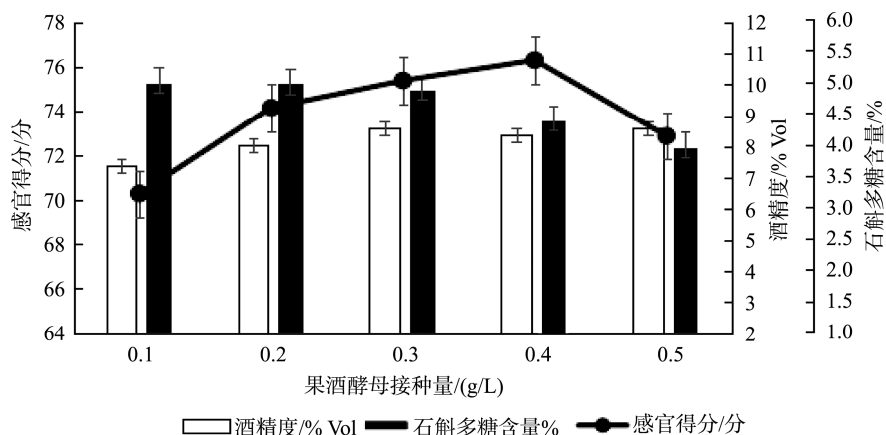


图 2 果酒酵母接种量对高山葡萄石斛酒品质的影响(n=3)

Fig.2 Effects of fruit wine yeast inoculation amount on alpine grape *Dendrobium* wine quality (n=3)

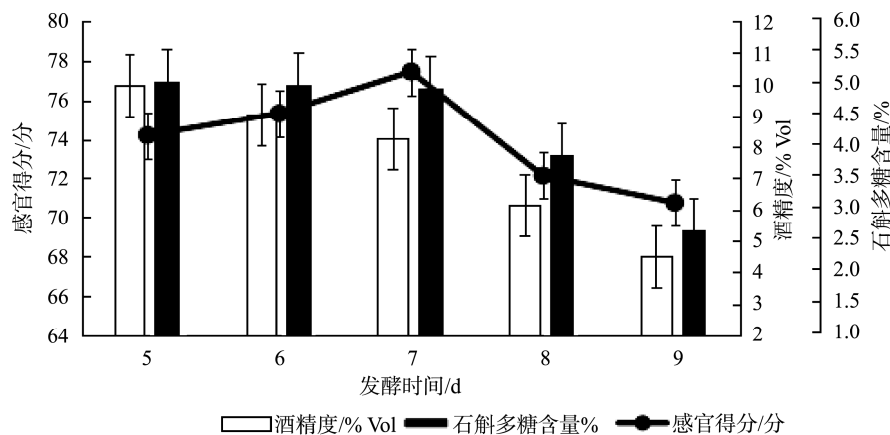


图 3 发酵时间对高山葡萄石斛酒品质的影响(n=3)

Fig.3 Effects of fermentation time on alpine grape *Dendrobium* wine quality (n=3)

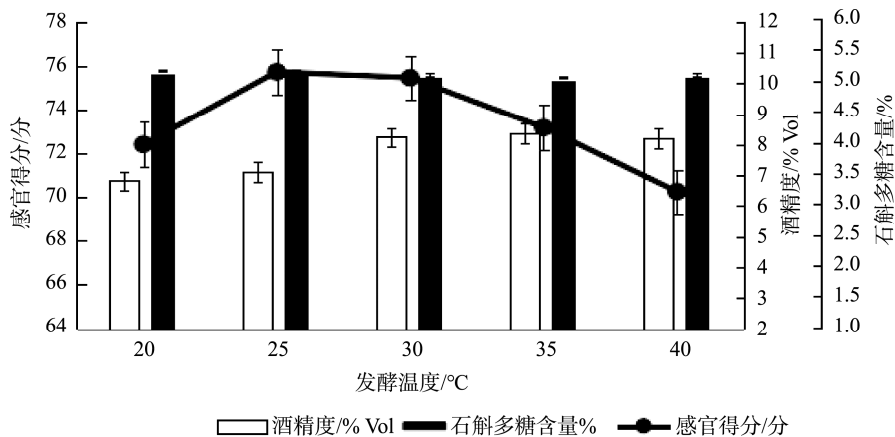


图 4 发酵温度对高山葡萄石斛酒品质的影响(n=3)

Fig.4 Effects of fermentation temperature on alpine grape *Dendrobium* wine quality (n=3)

表 3 发酵条件对高山葡萄石斛酒品质影响正交实验结果(n=3)

Table 3 Orthogonal test results of the influence of fermentation conditions on the quality of alpine grape *Dendrobium* wine (n=3)

序号	A	B	C	D	酒精度/%Vol	石斛多糖含量/%	感官得分/分
1	1	1	1	1	7.37	3.72	70.34
2	1	2	2	2	7.45	3.78	71.29
3	1	3	3	3	7.56	3.54	84.67
4	2	1	2	3	9.32	5.29	75.24
5	2	2	3	1	8.73	5.31	85.33
6	2	3	1	2	9.12	5.30	74.65
7	3	1	3	2	7.42	6.32	81.70
8	3	2	1	3	7.75	6.21	68.54
9	3	3	2	1	6.84	6.75	70.37
酒精度	K_1	7.460	8.037	8.080	7.647		
	K_2	9.057	7.977	7.870	7.997		
	K_3	7.337	7.840	7.903	8.210		
	R	1.720	0.197	0.210	0.563		
		因素主次		$A>D>C>B$			
	最优方案		$A_2B_1C_1D_3$				
石斛多糖含量	K_1	3.680	5.110	5.077	5.260		
	K_2	5.300	5.100	5.273	5.133		
	K_3	6.427	5.197	5.057	5.013		
	R	2.747	0.097	0.216	0.247		
		因素主次		$A>D>C>B$			
	最优方案		$A_2B_3C_2D_1$				
感官得分	K_1	75.433	75.760	71.177	75.347		
	K_2	78.407	75.053	72.300	75.880		
	K_3	73.537	76.563	83.900	76.150		
	R	4.870	1.510	12.723	0.803		
		因素主次		$C>A>B>D$			
	最优方案		$A_2B_3C_3D_3$				

表 4 高山葡萄石斛酒酒精度正交实验方差分析
Table 4 Variance analysis of orthogonal test for alcohol degree of alpine grape *Dendrobium* wine

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
A	5.523	2	3.595	3.11	*
B	0.061	2	0.040	3.11	
C	0.076	2	0.049	3.11	
D	0.485	2	0.316	3.11	
误差	6.14	8			

注: *表示具有显著性差异, 下同。

表 5 高山葡萄石斛酒石斛多糖含量正交实验方差分析
Table 5 Variance analysis of orthogonal test for polysaccharide content of alpine grape *Dendrobium* wine

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
A	11.438	2	3.933	3.11	*
B	0.017	2	0.006	3.11	
C	0.086	2	0.030	3.11	
D	0.091	2	0.031	3.11	
误差	11.63	8			

表 6 高山葡萄石斛酒感官得分正交实验方差分析
Table 6 Variance analysis of orthogonal test for sensory score of alpine grape *Dendrobium* wine

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
A	36.155	2	0.428	3.11	
B	3.425	2	0.040	3.11	
C	297.705	2	3.520	3.11	*
D	1.003	2	0.012	3.11	
误差	338.29	8			

以上 3 种评价指标最优发酵条件分别做 3 组平行实验进行验证, 结果如表 7。

表 7 最优发酵条件验证实验结果($n=3$)
Table 7 Optimal fermentation conditions verify the experimental results ($n=3$)

评价指标	$A_2B_1C_1D_3$	$A_2B_3C_2D_1$	$A_2B_3C_3D_3$
酒精度/%Vol	9.34	9.01	8.95
石斛多糖含量/%	5.17	5.33	5.14
感官得分/分	76.56	84.68	85.40

验证实验表明, 3 种发酵条件下酿造的产品酒精度差异不明显, 但 $A_2B_3C_2D_1$ 条件下酿造的产品石斛多糖含量最高, 感官得分与 $A_2B_3C_3D_3$ 接近, 因此, 综合考虑验证实验结果, 选择 $A_2B_3C_2D_1$ 为最佳发酵条件, 在此条件下酿造的果酒石斛多糖含量最高, 酒精度适宜, 酒体澄清透亮, 石斛清香与葡萄果香融合舒适, 酒体丰满。

3 结 论

金钗石斛是珍贵的药食同源农产品, 但由于直接食用略有苦味, 食用体验感不佳, 目前主要作为中药材使用, 极大的限制了金钗石斛的综合开发和利用。大量研究显示石斛经发酵后可以产生呈香类物质, 改善石斛风味, 但由于金钗石斛中糖含量不高, 单独发酵比较困难, 本研究将金钗石斛汁与含糖量高的高山葡萄汁按一定比例混合, 在促进发酵的同时丰富酒体风味。

研究表明, 将 0.4 g/L 的果酒酵母接种到按体积比 0.4:0.6 混合的金钗石斛汁与高山葡萄汁中, 30°C 条件下发酵 6 d, 所得的高山葡萄石斛酒, 不仅饮用体验感好, 且由于金钗石斛发酵后中小分子多糖和酸性多糖含量增加^[14]导致酒体中石斛多糖含量可达 5.33%(按体积比折算后为 13.33%, 高于未发酵前的 11.32%), 由于石斛多糖具有极高的保健价值, 因此, 在此条件下制备的高山葡萄石斛酒, 不仅滋味纯正, 且可作为人们日常保健饮用, 本研究也为金钗石斛的综合开发利用提供了一种思路和途径。

参考文献

- [1] 邓定洪. 高抗葡萄新品种——高山葡萄[J]. 北方果树, 2006, (6): 59–60. DENG DH. High resistance grape new variety-high mountain grape [J]. North Fruit, 2006, (6): 59–60.
- [2] ALBERTO M, ATTILIO B, FRANCESCA M, et al. Sales capabilities in the wine industry: An analysis of the current scenario and emerging trends [J]. British Food J, 2019, 121(12): 3380–3395.
- [3] 魏灵珠, 樊树雷, 李斌, 等. 浙江地区葡萄产业现状及提升策略[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2021, (4): 7–12. WEI LZ, FAN SL, LI B, et al. Current situation and promotion strategy of grape industry in Zhejiang region [J]. Sino-overseas Grape Wine, 2021, (4): 7–12.
- [4] 孙君宏, 刘晨. 乡村振兴视角下中国葡萄酒产业融合发展探析[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2021, (4): 100–104. SUN JH, LIU C. Analysis on integrated development of Chinese wine industry from perspective of rural revitalization [J]. Sino-overseas Grape Wine, 2021, (4): 100–104.
- [5] 黄璐琦, 匡海学, 孟祥才. 新编中国药材学[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020. HUANG LQ, KUANG HX, MENG XC. New Chinese pharmacology [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.
- [6] 黄雪群, 李继娥. 石斛对胃热证大鼠胃粘膜组织形态学的影响[J]. 医学信息, 2010, 5(8): 2206–2207. HUANG XQ, LI JE. Effects of *Dendrobium* on gastric mucosa histomorphology in rats with gastric heat syndrome [J]. Med Inform, 2010, 5(8): 2206–2207.
- [7] XIA LJ, LIU XF, GUO HY, et al. Partial characterization and immunomodulatory activity of polysaccharides from *Dendrobium officinale* (Tepishihu) in vitro [J]. J Funct Food, 2012, 4(1): 294–301.
- [8] 宁晓妹, 唐圆, 邱集慧, 等. 长期食用铁皮石斛多糖对正常小鼠的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(7): 2753–2757. NING XM, TANG Y, QUI JH, et al. Effects of long-term consumption of *Dendrobium officinale* polysaccharides on mice [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(7): 2753–2757.
- [9] 于子真, 谭周进, 肖嫩群. 铁皮石斛对脾虚便秘小鼠肠道形态及肠道

- 免疫细胞数量的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(8): 3224-3228.
- YU ZZ, TAN ZJ, XIAO NQ. Effect of *Dendrobium officinale* on intestinal morphology and number of intestinal immune cells in mice with spleen-deficiency and constipation [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(8): 3224-3228.
- [10] WANG C, XU L, GUO X, et al. Optimization of the extraction process of polysaccharides from *Dendrobium officinale* and evaluation of the *in vivo* immunomodulatory activity [J]. J Food Process Pres, 2018, 42(5): e13598.
- [11] CHUN XX, HONG CW, YUAN CY, et al. Protective effect of *Dendrobium candidum* on isoproterenol induced cardiac hypertrophy in rats [J]. Chin J Chin Mater Med, 2018, 43(4): 800-804.
- [12] MA C, MENG CW, ZHOU QM, et al. New sesquiterpenoids from the stems of *Dendrobium nobile* and their neuroprotective activities [J]. Fitoterapia, 2019, 138: 104351.
- [13] LI LZ, LEI SS, LI B, et al. *Dendrobium officinale* flower improves learning and reduces memory impairment by mediating antioxidant effect and balancing the release of neurotransmitters in senescent rats [J]. Comb Chem High T Screen, 2020, 23(5): 402-410.
- [14] 王丹, 袁永俊, 谭青云, 等. 铁皮石斛发酵前后主要成分、活性和多糖分子量的变化[J]. 包装与食品机械, 2019, 37(5): 22-26.
- WANG D, YUAN YJ, TAN QY, et al. Changes of *Dendrobium officinale* kimura et migo in main components, activities and molecular weight of polysaccharides before and after fermentation [J]. Packag Food Mach, 2019, 37(5): 22-26.
- [15] 刘琨毅, 罗慧, 李崇萍, 等. 响应面优化人参果铁皮石斛花复合果酒生产工艺[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(18): 56-64.
- LIU KY, LUO H, LI CP, et al. Response surface optimization of production process of pepino fruit and *Dendrobium officinale* flower compound fruit wine [J]. Food Res Dev, 2021, 42(18): 56-64.
- [16] 周美玲, 张志勇, 张川, 等. 铁皮石斛黄酒工艺优化及其抗氧化活性的研究[J]. 江西农业学报, 2021, 33(5): 96-101.
- ZHOU ML, ZHANG ZY, ZHANG C, et al. Study on process optimization and antioxidant activity of glutinous rice wine rich in active components of *Dendrobium officinale* [J]. Acta Agric Jiangxi, 2021, 33(5): 96-101.
- [17] LI Q, JIN YL, JIANG RG, et al. Dynamic changes in the metabolite profile and taste characteristics of Fu brick tea during the manufacturing process [J]. Food Chem, 2020, 344: 128576.
- [18] MARTÍNEZ-GIL AM, ALAMO-SANZA MD, GUTIERREZ-GAMBOA G, et al. Volatile composition and sensory characteristics of *Carménère* wines macerating with Colombian (*Quercus humboldtii*) oak chips compared to wines macerated with American (*Q. alba*) and European (*Q. petraea*) oak chips [J]. Food Chem, 2018, 266: 90-100.
- [19] 赵池, 苏伟, 母应春, 等. 刺梨蜂蜜果酒酿造工艺优化[J]. 食品与发酵工业, 2020, 56(6): 31-38.
- ZHAO C, SU W, MU YC, et al. Optimization of fermentation process for roxburgh rose honey wine [J]. Food Ferment Ind, 2020, 56(6): 31-38.
- [20] 王娅玲, 李维峰, 郭芬, 等. 木奶果果酒加工工艺优化[J]. 食品工业科技, 2020, 41(15): 188-191, 197.
- WANG YL, LI WF, GUO F, et al. Optimization of processing technology of baccaurea ramiflora wine [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(15): 188-191, 197.
- [21] 吉正梅, 叶英, 姜文, 等. 基于响应面设计的狭果茶藨子果酒发酵工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(17): 86-92.
- JI ZM, YE Y, JIANG W, et al. Optimization of fermentation process of *Ribes stenocarpum* Maxim. fruit wine based on response surface design [J]. Food Res Dev, 2021, 42(17): 86-92.
- [22] 张婉菁, 王汉屏. 复合干型富硒苹果酒酿造的响应面工艺优化研究[J]. 食品与发酵工业, 2020, 56(6): 48-53.
- ZHANG WJ, WANG HP. Study on response surface optimization of composite dry selenium enriched cider brewing [J]. Food Ferment Ind, 2020, 56(6): 48-53.
- [23] RINALDI A, ERRICHELLO F, MOIO L. Alternative fining of sangiovese wine: Effect on phenolic substances and sensory characteristics [J]. Aust J Grape Wine Res, 2020, 27(1): 128-137.
- [24] MATTEO M, SIMONE V, ANDREA C. Wine fining with plant proteins [J]. Molecules, 2019, 24(11): 2186-2186.
- [25] 缪园欣, 廖明星, 陈清婵, 等. 澄清型石斛红枣复合果汁饮料加工工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(23): 120-124.
- MIAO YX, LIAO MX, CHEN QC, et al. Study on the technique of clarification compound fruit beverage of *Dendrobium officinale* and red dates [J]. Food Res Dev, 2017, 38(23): 120-124.
- [26] 乔惠田, 黄潇潇, 迺永瑞, 等. 花蜜酒发酵工艺优化及成分分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(21): 25-32.
- QIAO HT, HUANG XX, NI YR, et al. Fermentation process optimization and component analysis of nectar wine [J]. Sci Technol Food Ind, 2021, 42(21): 25-32.
- [27] 米兰, 蒋玉梅, 李霁昕, 等. 沙棘葡萄复合果酒的生产工艺优化[J]. 甘肃农业大学学报, 2019, 54(3): 134-142, 151.
- MI L, JIANG YM, LI JX, et al. Fermentation techniques optimization on mixed wine of seabuckthorn and grape [J]. J Gansu Agric Univ, 2019, 54(3): 134-142, 151.
- [28] 朱菲, 郑云峰, 江凯, 等. 干型水蜜桃果酒酿造工艺研究[J]. 食品与发酵工业, 2019, 55(6): 70-73.
- ZHU F, ZHENG YF, JIANG K, et al. Study on brewing technology of dry peach wine [J]. Food Ferment Ind, 2019, 55(6): 70-73.
- [29] 姜丹, 罗诗琪, 欧军, 等. 山葡萄、苹果混合果酒发酵工艺的优化研究[J]. 酿酒科技, 2020, (5): 27-31, 37.
- JIANG D, LUO SQ, OU J, et al. Optimization of fermentation technology of amur grape-apple wine [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2020, (5): 27-31, 37.
- [30] 王丹, 袁永俊, 谭青云, 等. 不同菌株发酵对铁皮石斛多糖及其生物活性的影响[J]. 中国调味品, 2019, (9): 39-43.
- WANG D, YUAN YJ, TAN QY, et al. Effects of different strains fermentation on polysaccharide and biological activity of *Dendrobium candidum* [J]. China Cond, 2019, (9): 39-43.

(责任编辑: 于梦娇 韩晓红)

作者简介



李 夏, 副教授, 主要研究方向为天然产物提取、食品营养与检测。
E-mail: 329787194@qq.com

谢光杰, 副教授, 主要研究方向为天然产物提取、食品营养与检测。
E-mail: 329787194@qq.com