

## 青海柴达木盆地唐古特白刺果实酿酒潜力分析

孟江飞<sup>1</sup>,刘羽佳<sup>1</sup>,李光英<sup>2</sup>,李甲宁<sup>1</sup>,迟 明<sup>2\*</sup>

(1. 西北农林科技大学 葡萄酒学院,陕西 杨陵 712100;2. 青海省轻工业研究所有限责任公司,青海 西宁 810001)

**摘 要:**为综合开发唐古特白刺果实生物资源,以青海省5个天然分布的唐古特白刺居群为研究对象,比较分析其果实中的基本理化指标(还原糖、总酸、pH)、酚类物质(单宁、总酚、花色苷)、香气物质等含量,为进一步开发利用唐古特白刺果实提供数据支撑。结果表明:1)果实还原糖含量达 $154.67\sim 291\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,适合进行酒精发酵类饮品加工;2)果实总酚含量达 $10.18\sim 13.41\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,花色苷含量达 $1.31\sim 1.59\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,适合酿造干红类果酒;3)果实中共有52种挥发性物质,总量最高达 $5\,776.801\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,芳香浓郁,可酿造具有特征芳香的干型果酒。因此,唐古特白刺果实干型果酒酿造方面具有较大的开发潜力。

**关键词:**唐古特白刺;营养成分;香气物质

**中图分类号:**S789.5

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-7461(2023)05-0134-06

### Winemaking Potential of *Nitraria tangutorum* Fruit Grown in Tsaidam Basin

MENG Jiang-fei<sup>1</sup>, LIU Yu-jia<sup>1</sup>, LI Guang-ying<sup>2</sup>, LI Jia-ning<sup>1</sup>, CHI Ming<sup>2\*</sup>

(1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China;

2. Qinghai Light Industry Institute Co., Ltd., Xining 810001, Qinghai, China)

**Abstract:** In order to develop and utilize the wild *Nitraria tangutorum* biological resources occurring in Qaidam Basin, Qinghai Province, mature fruits of *N. tangutorum* from five natural populations in this area were collected, and their basic physical and chemical indexes (reducing sugar, total acid, pH), phenols (tannins, total phenols, anthocyanins) and aroma substances were compared and analyzed. The results showed that 1) the reducing sugar content in the fruit were  $154.67\sim 291\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , among which the QDK populations had the highest sugar content, most suitable for processing alcoholic fermented drinks. 2) The total phenol content ranged from  $10.18$  to  $13.41\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , and the anthocyanin content was from  $1.31$  to  $1.59\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , suitable for brewing dry red wine, and the QDH populations had the highest total phenol content, indicating the potential in the fields of drug and functional food development. 3) There were 52 volatile substances in the fruit with the total amount up to  $5\,776.801\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , among which the characteristic aroma substances in QHN and QHZ populations were high, which could be used to brew dry fruit wine with the characteristic aroma of *N. tangutorum*. Therefore, the fruit of *N. tangutorum* has great development potential in dry red brewing.

**Key words:** *Nitraria tangutorum*; nutritional ingredient; aromatic substance

唐古特白刺(*Nitraria tangutorum*)属于蒺藜科灌丛植物,主要分布于海拔 $2\,700\sim 3\,100\text{ m}$ 的干旱地带,在柴达木盆地分布尤为广泛,白刺果实酸甜可口,

是一类待开发浆果<sup>[1]</sup>,富含多糖、黄酮、氨基酸等营养成分和活性成分,具有清除自由基、抗氧化的功效,还具有改善免疫力的保健功能<sup>[2-6]</sup>。

收稿日期:2022-07-18 修回日期:2022-09-22

基金项目:青海省科技厅应用基础研究计划(2021-ZJ-772)。

第一作者:孟江飞,教授,博士生导师。研究方向:葡萄栽培与酿造。E-mail:mjfwine@nwafu.edu.cn

\* 通信作者:迟 明,助理研究员。研究方向:葡萄与葡萄酒。E-mail:chiming101@163.com

唐古特白刺是一种高原沙生荒漠植被,具有较高的生态保护价值。其耐寒干燥和强烈风沙,耐盐碱,抗逆性强,常表现为干燥和盐碱地带植物群落和建群种群<sup>[7-8]</sup>。在食用、药用、副产品加工等领域具有潜在的经济价值<sup>[9-14]</sup>。

本研究通过对唐古特白刺不同居群的果实理化指标(还原糖、总酸、pH)、酚类物质(单宁、总酚、花色苷)和香气成分进行分析,挖掘其酿酒潜力,为进一步对其开发和利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2021 年 8 月,选择 5 个地理分布有差异的唐古特白刺天然居群进行样品采集,分别为青海省德令哈市尕斯库勒镇(QDG)、怀头他拉镇(QDH)、柯鲁柯镇(QDK)、海西州都兰县诺木洪乡(QHN)和宗加乡(QHZ)。采样点情况见表 1。在 5 个样地中,每个样地选取 20 株生长状况良好的个体,间距>10 m,

选取大小一致的白刺果实。原材料入实验室立即分类,-40℃下冷冻处理。榨汁并过滤获得新鲜的白刺果果汁,以备进行各项指标测定。

1.2 试验方法

1.2.1 基本理化指标的测定 采用斐林试剂滴定法测定果实还原糖,酸碱中和滴定法测定总酸,利用 Sartorius 酸度计 PB-10 测定 pH<sup>[15]</sup>。

1.2.2 总酚与香气物质的测定 采用福林-肖卡法测定总酚<sup>[16]</sup>,在 765 nm 下测定吸光值。利用 pH 示差法测定总花色苷<sup>[17]</sup>,分别在 520 nm 和 700 nm 下测定吸光值,结果以二甲花翠素-3-O 葡萄糖苷(mg·g<sup>-1</sup>)计。采用甲基纤维素沉淀法(MCP 法)测定单宁<sup>[18]</sup>,结果以儿茶素(mg·L<sup>-1</sup>)表示。

果实香气物质萃取采用顶空固相微萃取(SPME)法<sup>[19]</sup>。使用气相色谱仪 Agilent 7890 GC 对香气物质进行测定,每个样品 3 个重复。试验所用质谱选用 Agilent 5975C Inert MSD,仪器自带 7683 自动进样器。

表 1 5 个唐古特白刺天然居群环境参数

Table 1 Environmental parameters of five natural populations of *Nitraria tangutorum*

采样地	经纬度	年均温/℃	海拔/m	年降水量/mm	气候类型
尕斯库勒镇(QDG)	97.42°E,37.22°N	0.2	2 851	120	高原大陆性气候
怀头他拉镇(QDH)	96.76°E,37.35°N	2.4	2 880	90.1	高原大陆性气候
柯鲁柯镇(QDK)	97.22°E,37.32°N	2.7	2 889	82.4	高原大陆性气候
诺木洪乡(QHN)	96.43°E,36.43°N	5.3	2 800	61.9	高原大陆性气候
宗加乡(QHZ)	96.46°E,36.44°N	4.3	2 775	81.9	高原大陆性气候

1.3 数据统计与分析

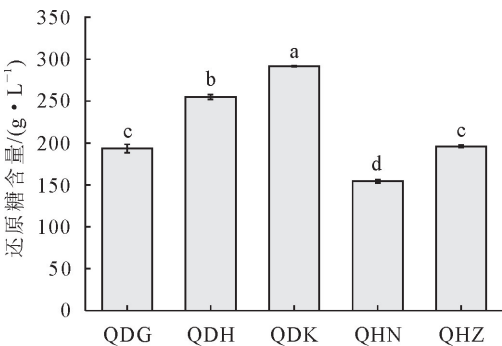
采用 Excel 2018 对果实基本理化指标、酚类物质和香气物质数据进行整理。通过 Agilent. MassHunter. Quantitative 软件对香气物质数据进行分析,其余指标使用 SPSS 21.0 软件通过单因素 anova 检验进行分析,使用 Origin2021 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 5 个居群白刺基本理化指标分析

糖是酒精发酵的基质,果实中的含糖量会直接影响酒精饮料的最终酒度。果实中的还原糖含量见图 1,在同一采摘时期,5 个居群唐古特白刺果实的还原糖含量差异显著( $P<0.05$ ),其中居群 QDK 还原糖含量最高,为 291 g·L<sup>-1</sup>,居群 QHN 还原糖含量最低,为 154.67 g·L<sup>-1</sup>。孙薇等<sup>[20]</sup>研究 6 个品种葡萄(佳丽酿、巴贝拉、摩尔多瓦、西拉、桑娇维塞、小味尔多)还原糖含量为 94.85~166.54 g·L<sup>-1</sup>,本研究中 QDG、QDH、QDK、QHN 居群的唐古特白刺果实还原糖含量高于上述 6 种葡萄,说明唐古特白刺果实具有酒精酿造类饮料开发潜力。

总酸含量一定程度上决定了食用产品的口味风格和加工工艺<sup>[21]</sup>。由图 2 可知,QDK 居群的总酸含量最高,为 2.47 g·L<sup>-1</sup>,是 QHZ 居群的 2.4 倍。由图 3 可见,QHN 居群的 pH 最高,QDG 的 pH 最低,QDK 居群和 QHZ 居群无显著差异。



字母表示不同白刺居群在 0.05 水平的显著性差异。下同。

图 1 唐古特白刺果实还原糖含量

Fig. 1 Reducing sugar content of *N. tangutorum* fruit

2.2 5 个居群白刺酚类物质分析

在酒精饮料中,单宁可以抗氧化、抗自由基、稳定色素,同时还影响着酒的色泽、风味、稳定性。由

图 4 可知, 5 个唐古特白刺天然居群单宁含量为  $23.47 \sim 37.34 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , QHN 居群单宁含量远高于其他居群。

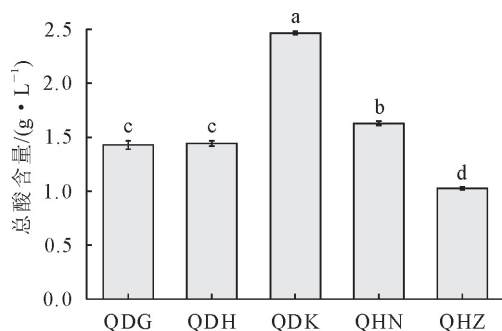


图 2 唐古特白刺果实总酸含量

Fig. 2 Total acid content of *N. tangutorum* fruit

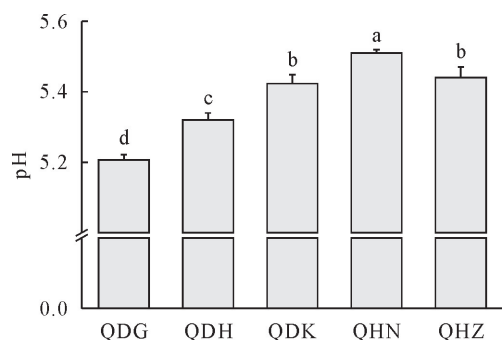


图 3 唐古特白刺果实 pH

Fig. 3 pH of *N. tangutorum* fruit

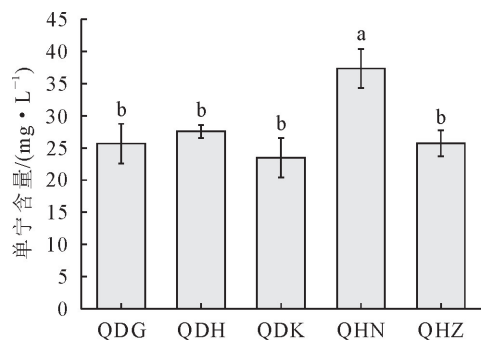


图 4 唐古特白刺果实单宁含量

Fig. 4 Tannin content of *N. tangutorum* fruit

由图 5 可见, 5 个唐古特白刺天然居群的果实总酚含量存在显著差异, QDH 居群总酚含量较高。

花色苷是花色素的糖苷化形式, 在葡萄酒中的含量和组成决定了葡萄酒的色度、色调及颜色稳定性<sup>[22]</sup>。由图 6 可知, 5 个唐古特白刺天然居群花色苷含量为  $1.31 \sim 1.59 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 无显著性差异。

### 2.3 5 个居群白刺香气物质分析

5 个唐古特白刺居群香气物质见表 2, 在 5 个居群中共检测出了 52 种挥发性物质, 但只有香气活性值(odor activity value, OAV)  $\geq 1$  时, 挥发性物质才对香气具有贡献<sup>[23]</sup>。

由表 2 与表 3 可知, 酯类是 5 个居群中挥发性物质总量最高的一类物质, 相对含量为  $40.22\% \sim 71.00\%$ 。5 个居群共检测出 18 种酯类物质, 含量较多的有辛酸乙酯、乙酸乙酯、乙酸正丙酯等, 其中辛酸乙酯在 5 个居群中的质量浓度均远高于阈值  $5 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ <sup>[24]</sup>, 作为特征香气物质为白刺果实提供了果香、茴香、花香等香味。己二酸二甲酯是居群 QHN 和居群 QHZ 中的特有物质。乙酸乙酯是葡萄酒中含量丰富的香气物质, 为葡萄酒提供了果香和酯香<sup>[25]</sup>。乙酸乙酯的 OAV 在 5 个居群均  $< 1$ , 但在居群 QHN 与居群 QHZ 中的含量远高于居群 QDG、QDH、QDK。此外, 在 5 个居群中己酸乙酯的质量浓度均接近阈值  $14 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 提供了果香、花香以及热带水果香气。

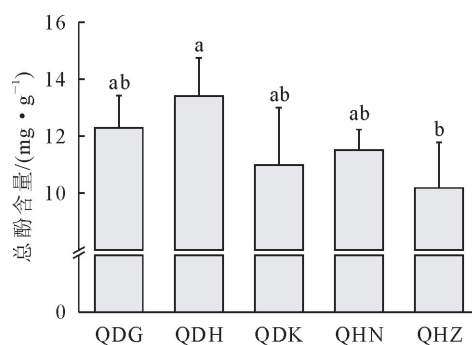


图 5 唐古特白刺果实总酚含量

Fig. 5 The total phenol content of *N. tangutorum* fruit

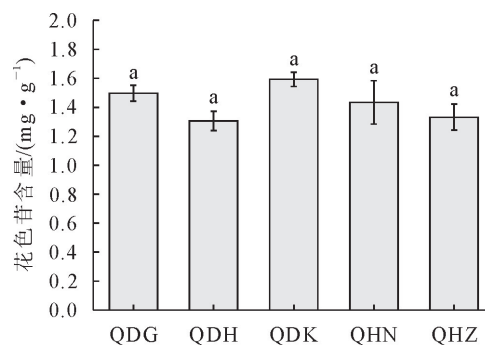


图 6 唐古特白刺果实花色苷含量

Fig. 6 Anthocyanins content of *N. tangutorum* fruit

醇类物质相对含量为  $3.7\% \sim 13\%$ , 居群 QDK 中醇类物质总量与种类均比其他居群少。异戊醇为果实提供了苦杏仁味与涩味<sup>[26]</sup>, 居群 QHN 和居群 QHZ 中异戊醇含量高于另外 3 个居群。5 个居群中共检测出 5 种醛类物质、6 种酮类物质。

酸类物质相对含量为  $11.54\% \sim 27.31\%$ , 其中异戊酸含量最高, 且 5 个居群中异戊酸均高于阈值  $33 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ , OAV  $> 1$ , 提供刺激性气味<sup>[27]</sup>。此外, 居群 QDK 中异戊酸含量远高于其他居群。萜烯类相对含量较少, 共检测到 2 种物质: 芳樟醇和  $\beta$ -香茅醇, 阈值分别为  $25, 40 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

由表 2 与表 3 可知,居群 QDG 挥发性物质总量最少;居群 QDK 的挥发性物质种类最少,但是总量较高,(E)-2-己烯-1-醇、正己醇、丁酸丁酯和乙酸己酯都是居群 QDK 所区别于其他 4 个居群的香气物质;居群 QHN 与居群 QHZ 挥发性物质种类较多,总量较高。

表 2 不同居群唐古特白刺果实挥发性物质比较

Table 2 Comparison of volatile substances in the fruit of *N. tangutorum* from different populations

化合物种类	QDG		QDH		QDK		QHN		QHZ	
	数量	相对含量(%)	数量	相对含量(%)	数量	相对含量(%)	数量	相对含量(%)	数量	相对含量(%)
醇类	13	14.21	13	7.13	9	3.70	12	6.78	13	8.44
酯类	16	43.09	17	47.60	15	40.22	18	71.00	18	57.60
酮类	5	13.40	5	25.97	5	22.38	6	3.82	6	5.74
醛类	5	10.20	5	5.67	5	4.84	5	3.44	5	5.00
酸类	5	14.51	5	11.54	5	27.31	5	13.62	5	21.20
酚类	2	1.57	2	0.82	2	0.46	2	0.52	2	0.82
萜烯类	2	1.36	2	0.41	2	0.35	2	0.27	2	0.40
其他	1	1.67	1	0.86	1	0.74	1	0.55	1	0.80
总计	49	100.01	50	100	44	100	51	100	53	100.00
总量/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	1 901.727		3 690.87		4 332.26		5 776.801		3 965.51	

表 3 唐古特白刺果实主要香气物质及含量

Table 3 Main aroma components and content of *N. tangutorum* fruits

物质类别	化合物	质量浓度/( $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )				
		QDG	QDH	QDK	QHN	QHZ
异戊醇		33.64±1.49	53.40±5.55	49.09±2.19	167.95±5.38	124.32±5.02
醇类物质	(E)-2-己烯-1-醇	7.32±0.24	1.32±0.20	0.00	26.97±0.82	12.77±0.05
	正己醇	8.39±0.06	4.64±0.10	0.00	23.92±1.19	20.90±0.33
	己酸乙酯	13.59±0.01	13.63±0.02	13.60±0.01	14.02±0.07	13.97±0.01
	己二酸二甲酯	0.00	0.00	0.00	32.80±0.38	33.01±0.30
酯类物质	乙酸乙酯	16.34±3.64	12.72±4.06	31.35±3.21	3 240.74±287.07	1 194.99±7.40
	辛酸乙酯	392.24±0.01	392.33±0.05	392.26±0.01	392.27±0.01	392.25±0.01
	乙酸正丙酯	166.75±6.49	834.65±10.86	858.75±5.93	33.35±1.40	29.35±2.47
酸类物质	异戊酸	96.70±2.97	241.76±4.43	1 009.73±16.79	519.27±14.84	599.32±14.32
萜烯类物质	芳樟醇	18.92±0.01	8.45±0.01	8.46±0.01	8.56±0.01	8.51±0.01
	$\beta$ -香茅醇	6.89±0.01	6.88±0.01	6.87±0.01	6.91±0.01	7.27±0.03

根据上述分析,选择 OVA 值较高的 5 种特征香气物质:辛酸乙酯、己酸乙酯、乙酸乙酯、异戊酸、芳樟醇,在 5 个居群中进行比较。由图 7 可知,居群 QDG 和居群 QDH 的特征香气物质含量总量比其余 3 个居群少;在 5 个居群中辛酸乙酯和己酸乙酯含量无显著性差异,居群 QHN 与 QHZ 中的乙酸乙酯含量远高于其余居群,异戊酸在居群 QDK、QHN、QHZ 中含量较高。

3 结论与讨论

3.1 结论

通过对唐古特白刺果实进行品质分析,发现唐古特白刺果实还原糖含量较高,最高为 166.54  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,具有酒精酿造类饮料开发潜力;果实酚类物质含量较高,5 个居群果实中单宁含量为 23.47~37.34  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,总酚含量 10.18~13.41  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,

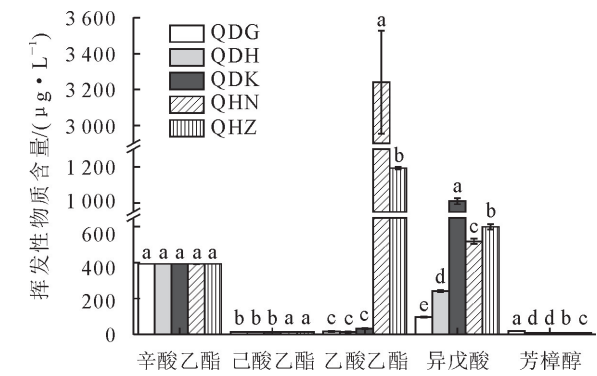


图 7 5 个居群的主要香气物质含量差别

Fig. 7 Differences in the main aroma substances contents among 5 populations

花色苷含量 1.31~1.59  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ;唐古特白刺果实香气物质分析发现,5 个居群中共检测出了 52 种挥发性物质,挥发性物质总量为 1 901.727~



5 776.801  $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。辛酸乙酯、己酸乙酯、乙酸乙酯、异戊酸、芳樟醇是唐古特白刺果实的特征香气物质,为果实提供了果香、茴香味、花香、热带水果香气,可酿造具有唐古特白刺特征芳香的干型果酒。

### 3.2 讨论

糖与酸是果实中的重要营养物质,果实中的糖酸比是酿造酒精类饮料的基础指标<sup>[28]</sup>。在本研究中,居群 QDK 的含糖量与含酸量均高于其余居群,最适合作为酒精发酵类饮品原料。此外,酒精发酵中酵母菌的最适活动 pH 为 4~6<sup>[29]</sup>。本研究中 5 个居群白刺果实 pH 均在 5.21~5.51,有利于酒精发酵的进行。

单宁是酒精类饮料风味的决定性物质,在葡萄酒中缩合单宁可与花色苷结合有助于颜色的稳定<sup>[30]</sup>,还可与口腔中的唾液蛋白结合,产生收敛感<sup>[31]</sup>。同时,花色苷作为唐古特白刺果实中的一类呈色物质,可以使其酒精类饮料酒体更加饱满<sup>[32]</sup>。有研究表明,在唐古特白刺为原料的干红酒样中花色苷发生酰基化,增强了干红的储藏性,营养价值也高于市售干红<sup>[12,33]</sup>,此外唐古特白刺果实清除自由基的效果也优于抗坏血酸<sup>[34]</sup>。本研究发现,5 个居群花色苷含量为 1.31~1.59  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,说明唐古特白刺果实可以酿造唐古白刺干红,同时也可作为一类天然色素资源。经研究表明,唐古特白刺果实的营养和活性成分有降血糖、降血脂、调节免疫力、抗疲劳和耐寒、抗氧化和延缓衰老以及抗肿瘤的作用<sup>[35]</sup>,果实中多酚含量高于大部分常见果蔬<sup>[36]</sup>,在本研究中居群 QDH 总酚含量高达 13.41  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,具有药物、功能性食品开发领域的潜力。

芳香物质是果实的风味品质的主要组成<sup>[37]</sup>,但目前针对唐古特白刺果实芳香物质的研究较少。在本研究中,5 个唐古特白刺居群中酯类物质占据主导地位,在不同居群中主要表现在较高含量的辛酸乙酯、乙酸乙酯、乙酸正丙酯,体现了唐古特白刺果实的花香以及果香。气味活性值(OVA)通常作为衡量香气物质贡献值的指标,只有当  $\text{OVA} > 1$  时才对香气有贡献<sup>[38]</sup>,但有研究表明  $\text{OAV} > 0.1$  的成分也具有潜在的气味活性,在呈香过程中具有相互促进的效果<sup>[39]</sup>。本研究发现,辛酸乙酯和异戊酸在 5 个居群中  $\text{OVA} > 1$ ,是唐古特白刺居群中最主要的呈香物质,己酸乙酯 OVA 值接近 1,己酸、 $\beta$ -香茅醇、芳樟醇在 5 个居群中 OVA 值均大于 0.1,说明其在呈香过程中具有协同效应。值得注意的是,乙酸乙酯在居群 QDG、QDH、QDK 中  $\text{OAV} < 0.1$ ,在居群 QHN、QHZ 中  $\text{OAV} > 0.1$ 。此外居群 QHN、QHZ 中 5 种特征香气物质含量较高,因此居群 QHN、QHZ 可作为干红原料,酿造唐古特白刺特征

芳香的干型果酒。

有研究指出,2012—2020 年,唐古特白刺面积减少了 56%,柴达木盆地天然分布的白刺中以唐古特白刺资源量仍居首位<sup>[1]</sup>。目前,对唐古特白刺的开发利用程度较低,但其经济、生态价值较高。因此,可加强唐古特白刺果实酿造干型果酒的研究,以提升当地唐古特白刺野生资源的利用效率,实现经济与生态价值的有机统一。

### 参考文献:

- [1] 吉德娟,张得芳,于倩. 柴达木盆地白刺种质资源调查及利用前景研究[J]. 青海农林科技,2022(1):38-41.  
JI D J, ZHANG D F, YU Q. Germplasm resources investigation and utilization prospects research of *Nitraria* in Qaidam basin[J]. Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry, 2022(1):38-41. (in Chinese)
- [2] 金建华,柳詹,秦世荣. 唐古特白刺果实多糖提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 内蒙古民族大学学报,2021,36(4):290-297.  
JIN J H, LIU Z, QIN S R. Optimization of extraction technology of polysaccharide from *Nitraria tangutorum* Bobr. Fruit and its antioxidant activity[J]. Journal of Inner Mongolia Minzu University, 2021, 36(4):290-297. (in Chinese)
- [3] 贾忠建,朱广军,王继和. 唐古特白刺黄酮类化合物的研究[J]. 兰州大学学报,1991,27(2):102-107.  
JIA Z J, ZHU G J, WANG J H. Flavonoid constituents of the seeds of *Nitraria tangutorum* Bobr. [J]. Journal of Lanzhou University, 1991, 27(2):102-107. (in Chinese)
- [4] 高航,索有瑞. 柴达木盆地西伯利亚白刺和唐古特白刺的氨基酸含量及其营养评价[J]. 氨基酸和生物资源,2002,24(4):4-7.
- [5] 朱嘉文,迟明,赵鹏,等. 白刺果汁脱盐前后微量元素的检测分析[J]. 青海农林科技,2020(1):17-21.  
ZHU J W, CHI M, ZHAO P, et al. Detection and analysis of trace elements before and after desalination of *N. tangutorum* Bobr. [J]. Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry, 2020(1):17-21. (in Chinese)
- [6] 杨仁明,索有瑞,王洪伦. 唐古特白刺果实化学成分和功效作用研究进展[J]. 天然产物研究与开发,2012,24(7):985-989.
- [7] 王永黎,拉热. 柴达木盆地唐古特白刺开发利用思考[J]. 柴达木开发研究,2020,5:15-17.
- [8] 李珍,李毅,苏世平,等. 唐古特白刺抗旱优良家系早期选择研究[J]. 干旱区研究,2020,37(5):1301-1309.
- [9] 宋英杰. 唐古特白刺果实中次生代谢产物及其基于网络药理学的抗 II 型糖尿病活性研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2020.
- [10] 马慧. 唐古特白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.) 中生物活性成分研究[D]. 南京:南京理工大学,2014.
- [11] 李海涛,曹芳,张东梅. 唐古特白刺果实的化学成分研究[J]. 华西药杂志,2018,33(3):231-234.
- [12] 王彦雕,陈年来,李彩霞,等. 唐古特白刺果实生产干红酒工艺研究[J]. 食品科技,2012,37(2):111-117.  
WANG Y D, CHEN N L, LI C X, et al. Production technology of red dry wine from *Nitraria tangutorum* Bobr. fruits [J]. Food Science and Technology, 2012, 37(2):111-117. (in

- Chinese)
- [13] 赵克昌. 白刺容器育苗和荒山造林试验报告[J]. 甘肃林业科技, 1989(2): 30-34.
  - [14] WANG W, WANG H L, XIAO X Z, *et al.* Chemical composition analysis of seed oil from five wild almond species in China as potential edible oil resource for the future[J]. South African Journal of Botany, 2019, 121: 274-281.
  - [15] 王华. 葡萄酒分析检验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
  - [16] SINGLETON V L, ROSSI J A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16(3): 144-158.
  - [17] BOSS P K, DAVIES C, ROBINSON S P. Expression of anthocyanin biosynthesis pathway genes in red and white grapes[J]. Plant Molecular Biology, 1996, 32(3): 565-569.
  - [18] SARNECKIS C J, DAMBERGS R G, JONES P, *et al.* Quantification of condensed tannins by precipitation with methyl cellulose: development and validation of an optimised tool for grape and wine analysis[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2006, 12(1): 39-49.
  - [19] FUSANI P, AIELLO N, SHACHTER A, *et al.* Volatile composition variability of arnica montana wild populations of trentino-alto adige, Italy, determined by headspace-solid phase microextraction[J]. Chemistry & Biodiversity, 2022, 19(1): 593-603.
  - [20] 孙薇, 刘成敏, 单守明, 等. 不同葡萄品种果实品质与葡萄酒香气成分的比较分析[J]. 南方农机, 2022, 53(13): 20-25.
  - [21] 余凤岚, 潘学军, 张文娥. 贵州野生毛葡萄果实品质及发酵特性的研究[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(6): 114-118.  
YU F L, PAN X J, ZHANG W E. Fruit quality and fermentation characteristics of wild vitis quinquangularis in Guizhou[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(6): 114-118. (in Chinese)
  - [22] 曾桂花, 高飞飞, 惠竹梅, 等. 疏穗对‘赤霞珠’葡萄酒类黄酮物质含量的影响[J]. 西北林学院学报, 2021, 36(5): 112-117.  
ZENG G H, GAO F F, HUI Z M, *et al.* Impact of cluster thinning on the contents of flavonoids in Cabernet Sauvignon wine[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2021, 36(5): 112-117. (in Chinese)
  - [23] PENG C T, WEN Y, TAO Y S, *et al.* Modulating the formation of Meili wine aroma by prefermentative freezing process[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(7): 1542-1553.
  - [24] TAO Y, ZHANG L. Intensity prediction of typical aroma characters of cabernet sauvignon wine in Changli County (China)[J]. LWT - Food Science and Technology, 2010, 43(10): 1550-1556.
  - [25] 王江星, 王颖, 郭雪霞, 等. 橡木片浸泡加温催陈对干红葡萄酒乙酸乙酯、乳酸乙酯及感官品质的影响[J]. 农业工程技术: 农产品加工业, 2011(4): 34-40.
  - [26] 杨学山, 刘琦, 段卫朋, 等. 不同浸渍工艺对贵人香干白葡萄酒香气品质的影响[J]. 核农学报, 2020, 34(10): 2271-2279.
  - [27] 陈璐, 石俊, 张晓蒙, 等. 酿酒葡萄品种及产区对贺兰山东麓葡萄酒香气质量的影响研究[J]. 中国酿造, 2022, 41(4): 39-45.  
CHEN L, SHI J, ZHANG X M, *et al.* Effects of wine grape varieties and producing areas on aroma quality of wine in the eastern foot of Helan Mountain[J]. China Brewing, 2022, 41(4): 39-45. (in Chinese)
  - [28] 李华. 葡萄酒工艺学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
  - [29] CONDE C, SILVA P, FONTES N, *et al.* Biochemical changes throughout Grape Berry development and fruit and wine quality[J]. Food, 2006(1): 1-22.
  - [30] RISTIC R, BINDON K, FRANCIS L I, *et al.* Flavonoids and C13-norisoprenoids in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz: relationships between grape and wine composition, wine colour and wine sensory properties[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2010, 16(3): 369-388.
  - [31] MCRAE J M, SCHULKIN A, KASSARA S, *et al.* Sensory properties of wine tannin fractions: implications for in-mouth sensory properties[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(3): 719-727.
  - [32] VIDAL S, FRANCIS L, NOBLE A, *et al.* Taste and mouthfeel properties of different types of tannin-like polyphenolic compounds and anthocyanins in wine[J]. Analytica Chimica Acta, 2004, 513(1): 57-65.
  - [33] 宋永朋, 高昆, 马华丽. 发酵型白刺果酒酿造工艺的研究[J]. 酿酒科技, 2015(7): 65-67.  
SONG Y P, GAO K, MA H L. The production of *Nitraria-tangutorum* wine[J]. Liquor-Making Science & Technology, 2015(7): 65-67. (in Chinese)
  - [34] 白新明. 唐古特白刺果实色素成分测定及功效研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008.
  - [35] MENG J, DENG K, HU N, *et al.* *Nitraria tangutorum* Bobr. derived polysaccharides protect against LPS-induced lung injury[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2021, 186: 71-78.
  - [36] CIESLIK E, GREDA A, ADAMUS W. Contents of polyphenols in fruit and vegetables[J]. Food Chemistry, 2006, 94(1): 135-142.
  - [37] 郝艳. ‘21世纪’桃与‘久脆’桃及其杂交后代桃果实挥发性成分特征分析[D]. 石家庄: 河北科技师范学院, 2022.
  - [38] 靳国杰, 李爱华, 刘浩, 等. 发酵温度对霞多丽干白葡萄酒香气质量的影响[J]. 中国食品学报, 2017, 17(10): 134-144.  
JIN G J, LI A H, LIU H, *et al.* Influence of fermentation temperature on aroma quality of dry Chardonnay wine[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(10): 134-144. (in Chinese)
  - [39] PENG C T, WEN Y, TAO Y S, *et al.* Modulating the formation of Meili wine aroma by prefermentative freezing process[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(7): 1542-1553.