

不同产区赤霞珠葡萄酒酚类物质特征性分析

吕真真, 焦中高*, 杨文博, 张 强, 刘杰超, 刘 慧, 陈大磊

(中国农业科学院郑州果树研究所, 郑州 450009)

摘 要: **目的** 探究赤霞珠葡萄酒酚类物质的产区差异性。**方法** 利用高效液相色谱法分析新疆天山北麓产区、焉耆盆地区与山东半岛产区赤霞珠葡萄酒中酚类物质组成与含量, 结合多元统计方法进行评价。**结果** 新疆天山北麓产区、焉耆盆地区与山东半岛产区赤霞珠葡萄酒的酚类物质含量差异较大, 其中新疆两产区的原花青素 B₁、儿茶素、表儿茶素、对香豆酸、总黄酮醇类、总黄酮醇类、总类黄酮及总酚含量显著高于山东半岛产区($P<0.05$), 焉耆盆地区芦丁、槲皮苷、白藜芦醇含量显著高于山东半岛产区($P<0.05$)。基于酚类物质的聚类分析结果显示, 当欧氏距离超过 15 时, 山东半岛产区样品聚为一类, 新疆两个产区葡萄酒样品聚在一起; 基于酚类物质的 Fisher 判别分析能区分山东半岛产区样品, 对新疆两个产区个别样品有误判, 回代检验与交叉验证合计正确率分别为 91.30%和 86.96%。**结论** 新疆天山北麓、焉耆盆地与山东半岛产区赤霞珠葡萄酒酚类物质具有明显的产地差异性。

关键词: 赤霞珠; 葡萄酒; 产区; 酚类物质; 产区差异性

Characteristic analysis of phenolic compounds in *Cabernet Sauvignon* wines from different regions

LV Zhen-Zhen, JIAO Zhong-Gao*, YANG Wen-Bo, ZHANG Qiang,
LIU Jie-Chao, LIU Hui, CHEN Da-Lei

(Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, China)

ABSTRACT: Objective To explore the differences of phenolic compounds in *Cabernet Sauvignon* wines producing areas. **Methods** The composition and content of phenols in *Cabernet Sauvignon* wines from the Northern Foot of Tianshan Mountain, Yanqi Basin and Shandong Peninsula were analyzed by high performance liquid chromatography, and evaluated combined with multivariate statistical methods. **Results** The content of phenolic compounds in *Cabernet Sauvignon* wine from the Northern Foot of Tianshan Mountain, Yanqi Basin and Shandong Peninsula were different. The content of proanthocyanidin B₁, catechin, epicatechin, para-coumaric acid, total flavanols, total flavone alcohols, total flavonoids and total phenols in *Cabernet Sauvignon* wines from 2 producing areas of Xinjiang were significantly higher than those from Shandong Peninsula producing area ($P<0.05$), while the content of rutin, quercetin and resveratrol in wines from Yanqi Basin were significantly higher than those from Shandong Peninsula ($P<0.05$). The results of cluster analysis based on phenolics showed that the samples from

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程专项(CAAS-ASTIP-2022-ZFRI)、中国农业科学院基本科研业务费专项院级统筹项目(Y2021XK14)

Fund: Supported by the Agricultural Science and Technology Innovation Program of Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS-ASTIP-2022-ZFRI), and the Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund (Y2021XK14)

***通信作者:** 焦中高, 博士, 研究员, 主要研究方向为果品营养与保鲜加工。E-mail: jiaozhonggao@caas.cn

***Corresponding author:** JIAO Zhong-Gao, Ph.D, Professor, Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hanghai East Road, Guancheng District, Zhengzhou 450009, China. E-mail: jiaozhonggao@caas.cn

Shandong Peninsula were grouped into one group, and the samples from 2 producing areas of Xinjiang were grouped together when the Euclidean distance exceeded 15. The samples from Shandong Peninsula producing area could be identified by Fisher discriminant analysis based on phenolic compounds, but the individual samples from 2 producing areas in Xinjiang were misjudged. The accuracy of return test and cross verification of discriminant analysis were 91.30% and 86.96%, respectively. **Conclusion** There are obvious original differences in phenolic compounds of *Cabernet Sauvignon* wines between the northern foot of Tianshan Mountain, Yanqi Basin and Shandong Peninsula.

KEY WORDS: *Cabernet Sauvignon*; wine; regions; phenolic compounds; original differences

0 引言

随着消费者观念的不断提升,人们越来越注重葡萄酒的品质,而酚类物质是葡萄酒重要的功能性成分和品质评价参数^[1]。葡萄酒酚类物质通常包括黄酮类(花色苷、黄酮醇和黄烷醇等)和非黄酮类(酚酸和芪类化合物等),具有抗氧化性、抗菌、抗癌等功能,同时能促进葡萄酒颜色稳定,并能在不同程度上与唾液蛋白相互结合,负责葡萄酒的涩味呈现,影响滋味、口感、收敛性^[2-3]。葡萄酒的酚类物质主要来源于酿造过程中对葡萄皮、葡萄籽及果肉等部分的浸渍,含量与组成首先取决于品种,但国内外生产实践表明,不同产地生产的葡萄,即使是同一品种,所酿葡萄酒的风格明显不同,法国称为地域性,即产地气候、土壤条件,这些因素决定了葡萄的特性、葡萄酒的品质。葡萄酒中的酚类物质含量与生产地域密切相关,是区分葡萄酒不同来源的良好指标^[4]。国内外学者分析了不同产地来源葡萄酒的酚类物质,如 ROCCHETTI 等^[5]测定 6 个不同地区的‘霞多丽’白葡萄酒中的酚类物质,结果表明黄酮类物质差异显著;PISANO 等^[6]研究表明花青素种类可以有效区分 8 个葡萄品种和 3 个葡萄酒产地;马磊^[7]通过超高效液相色谱法分析葡萄酒中非挥发性风味物质,实现对葡萄酒样品在产区和品种间的有效识别,证明了中国葡萄酒基于有机酸和酚类物质的种类和含量具有良好的产地和品种特征性。王燕等^[8]基于非挥发性风味物质(糖类、醇类、酸类及酚类等)对宁夏贺兰山东麓、河北怀来、新疆焉耆产区的 15 款赤霞珠干红葡萄酒进行聚类分析得出,新疆焉耆产区酒样与其他产区酒样可以明显归为两类,宁夏贺兰山东麓产区与河北怀来产区酒样也得到了很好的区分。

赤霞珠具有优良的酿酒品质,所酿制的葡萄酒陈年潜力强^[9],在中国栽培广泛,主要产区包括山东半岛、宁夏、新疆、河北、云南等^[10]。新疆是我国最重要的葡萄种植区和葡萄酒产区之一,目前已形成了北疆天山北麓、南疆焉耆盆地等主要产区,是中国葡萄酒的代表性地域^[11]。我国虽对国内葡萄酒的风味解析工作进行过许多研究,但有关新疆天山北麓、南疆焉耆盆地及国内其他产区赤霞珠葡萄酒中酚类物质的特征及差异性,仍然缺乏系统研究。本研究通过采集新疆天山北麓产区、南疆焉耆盆地产区与

山东半岛产区赤霞珠葡萄酒样品,利用高效液相色谱法测定样品中的酚类物质,结合差异性分析、系统聚类分析和 Fisher 判别分析方法探寻不同地域葡萄酒差异化品质指标,讨论基于酚类物质区分不同产区葡萄酒的可行性,以期为赤霞珠葡萄酒的产地溯源和质量评价提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验共收集了新疆 2 个产区与山东半岛产区赤霞珠(*V. vinifera* L. cv. *Cabernet Sauvignon*)干红葡萄酒样 23 个批次 65 瓶,其中,新疆天山北麓产区 11 个批次(Tianshan1~Tianshan11, TS1~TS11) 31 瓶、南疆焉耆产区 6 个批次(Yanqi1~Yanqi6, YQ1~YQ6) 18 瓶及山东半岛产区 6 个批次(Shandong1~Shandong6, SD1~SD6) 16 瓶,所有酒样品均为常规干红酿造法酿造的干型葡萄酒^[12],具体信息如表 1 所示。

没食子酸、儿茶素、咖啡酸、表儿茶素(纯度 99%,美国 Sigma 公司);矢车菊素-3,0-葡萄糖苷、原儿茶酸、原花青素 B₁、对香豆酸、芦丁、鞣花酸、异槲皮苷、槲皮苷、白藜芦醇、槲皮素、山奈酚、异鼠李素(纯度 99%,上海源叶生物科技有限公司);乙酸乙酯(分析纯,天津市致远化学试剂有限公司);甲醇、乙腈、乙酸(色谱纯,北京迪马科技有限公司)。

1.2 仪器与设备

RE-52AA 旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂);1525-2707-2998 Waters 高效液相色谱仪(配有 1525 二元梯度泵、2707 自动进样器、2998 二极管阵列检测器、Empower 工作站)、Waters Symmetry C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm)(美国 Waters 公司);BT125D 型十万分之一电子分析天平(德国 Sartorius 公司);默克 Milli-Q Academic 实验室纯水仪(德国 Milli-Q 达姆施塔特默克集团);0.22 μm 微孔滤膜(天津市领航实验设备股份有限公司)。

1.3 高效液相色谱法测定酚类物质

样品前处理及色谱条件:参考王燕等^[13]、LIU 等^[14]方法,稍有改动。取 20 mL 的葡萄酒,用 60 mL 的乙酸乙酯分 3 次萃取,合并有机相,在 37℃条件下用旋转蒸发仪

表 1 样品信息
Table 1 Sample informations

产区	命名	批次名称	瓶数/瓶	采收时间	生产地及经纬度
新疆天山北麓产区	TS1	大唐西域	3	2019.09	新疆大唐西域酒庄, 44°10'12"N, 86°44'23"E
	TS2	印象戈壁	3	2019.09	新疆印象戈壁葡萄酒庄, 43°51'24"N, 87°12'32"E
	TS3	中信国安	3	2019.09	新疆中信国安葡萄酒业有限公司玛纳斯县分公司, 44°14'32"N, 86°15'3"E
	TS4	楼兰红 1#	3	2019.09	
	TS5	楼兰红 2#	3	2019.09	
	TS6	楼兰红 3#	3	2018.09	昌吉市聚隆葡萄酒有限责任公司, 44°4'24"N, 87°24'13"E
	TS7	楼兰红 4#	3	2018.09	
	TS8	兄弟酒	2	2019.09	
	TS9	闺蜜酒	2	2018.09	
	TS10	自酿 1#	3	2019.09	
	TS11	自酿 2#	3	2018.09	新疆农科院, 43°59'24"N, 87°32'33"E
南疆焉耆盆地产区	YQ1	兵二十四 32#	3	2019.09	
	YQ2	兵二十四 22#	3	2018.09	新疆兵二十四葡萄酒业有限公司, 42°17'26"N, 86°47'41"E
	YQ3	兵二十四 8#	3	2019.09	
	YQ4	兵二十四 2#	3	2018.09	
	YQ5	佰年酒庄 1#	3	2019.09	新疆佰年庄酒业有限公司, 42°14'31"N, 87°10'25"E
	YQ6	佰年酒庄 2#	3	2018.09	
山东半岛产区	SD1	蓬莱国宾 1#	2	2019.10	蓬莱国宾葡萄酒庄有限公司, 37°47'44"N, 120°45'5"E
	SD2	蓬莱国宾 2#	2	2018.10	
	SD3	木桐庄园 1#	3	2019.10	
	SD4	木桐庄园 2#	3	2018.10	山东木桐庄园葡萄酒有限公司, 36°18'26"N, 119°42'15"E
	SD5	木桐庄园 3#	3	2019.10	
	SD6	木桐庄园 5#	3	2018.10	

减压浓缩至干, 残留物用色谱级甲醇定容至 2 mL, 上机检测前用 0.22 μm 微孔滤膜过滤。

色谱柱: Symmetry C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相: 乙腈(A)、0.2%乙酸(B); 梯度洗脱程序见表 2; 流速 1 mL/min; 柱温 35℃; 进样体积 10 μL; 二极管阵列检测器: 扫描波长范围 210~420 nm; 检测波长 280、320 nm。

定性定量方法: 将对应的酚类物质标准品配制 5 个不同浓度并上机测定, 以各标准品的含量为横坐标、面积为纵坐标绘制标准曲线。根据保留时间和二极管阵列检测器扫描光谱图定性, 采用外标法定量。

表 2 梯度洗脱程序
Table 2 Gradient elution procedures

时间 /min	0	9	12	16	21	25	28	33	53	56	61	69	79
A/%	5	12	12	14	14	16	16	19	30	45	100	100	5
B/%	95	88	88	86	86	84	84	81	70	55	0	0	95

1.4 数据处理

实验数据采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 16.0 软件进行统计分析。实验设置 3 次重复, 结果以平均值±标准偏差表示。

2 结果与分析

2.1 赤霞珠葡萄酒酚类物质测定结果

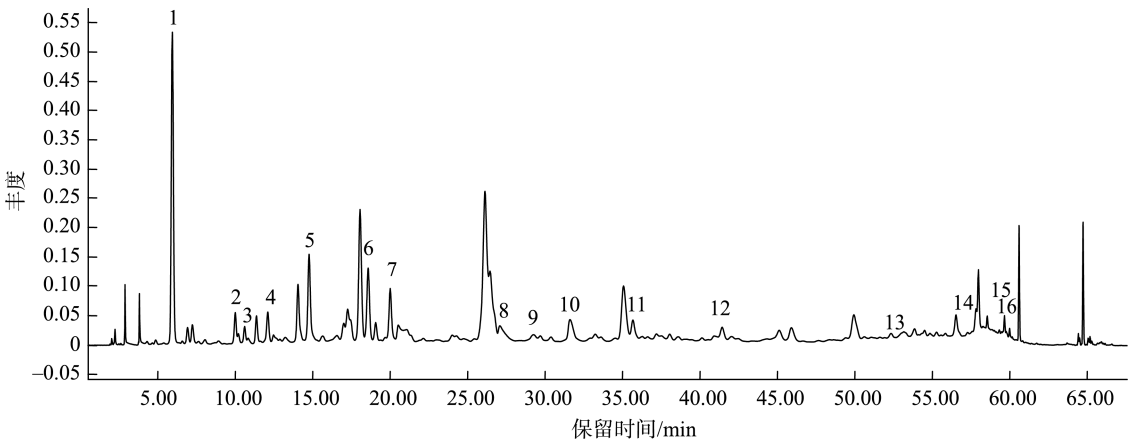
赤霞珠葡萄酒酚类物质的高效液相图谱如图 1 所示。由图 1 可知, 利用高效液相色谱法从赤霞珠葡萄酒中鉴定出 16 种酚类物质, 包括 4 种酚酸类物质(没食子酸、原儿茶酸、咖啡酸、对香豆酸)、11 种类黄酮物质[其中 1 种花色苷类物质(矢车菊素-3, O-葡萄糖苷)、2 种单宁类物质(原花青素 B₁、鞣花酸)、2 种黄烷醇类物质(儿茶素、表儿茶素)、6 种黄酮醇类物质(芦丁、异槲皮苷、槲皮苷、槲皮素、山奈酚、异鼠李素)], 以及 1 种芪类物质(白藜芦醇)。

2.2 不同产区赤霞珠葡萄酒酚类物质差异性分析

不同产区赤霞珠葡萄酒酚类物质组成见表 3。如表 3 所示, 不同产区赤霞珠葡萄酒酚类物质中没食子酸、原花青素 B₁、儿茶素、咖啡酸、表儿茶素、芦丁含量较高, 各地区平均含量在 7.47~63.91 mg/L 之间, 其次为矢车菊素-3, O-葡萄糖苷、原儿茶酸、对香豆酸、鞣花酸、异槲皮苷、槲皮苷、白藜芦醇、槲皮素、异鼠李素、山奈酚含量, 各地区平均含量在 0.42~9.41 mg/L 之间。其中, 酚酸类物质含量在 69.67~95.36 mg/L 之间, 最高的为没食子酸, 37.98~63.91 mg/L, 其次为咖啡酸,

16.58~24.70 mg/L, 黄烷醇类物质含量在 52.67~168.12 mg/L 之间, 最高的为儿茶素, 21.06~60.13 mg/L, 总黄酮醇类物质含量在 18.03~50.73 mg/L 之间, 最高的为芦丁, 7.47~27.67 mg/L, 与报道基本一致^[7,11]。除没食子酸、原儿茶酸、总酚酸类物质, 新疆 2 个产区葡萄酒酚类物质平均含量及总含量均高于山东半岛产区, 其中原花青素 B₁、儿茶素、表儿茶素、对香豆酸、

总黄烷醇类物质、总黄酮醇类物质、总类黄酮总量及总酚含量差异显著($P<0.05$), 焉耆盆地产区葡萄酒芦丁、槲皮苷、白藜芦醇含量显著高于山东半岛产区($P<0.05$)。新疆两个产区中, 除对香豆酸、鞣花酸和异槲皮苷, 焉耆盆地产区酚类物质含量高于天山北麓产区, 原儿茶酸、芦丁、总黄酮醇类物质、总类黄酮及总酚含量差异显著($P<0.05$)。



注: 1. 没食子酸; 2. 矢车菊素-3,O-葡萄糖苷; 3. 原儿茶酸; 4. 原花青素B₁; 5. 儿茶素; 6. 咖啡酸; 7. 表儿茶素; 8. 对香豆酸; 9. 芦丁; 10. 鞣花酸; 11. 异槲皮苷; 12. 槲皮苷; 13. 白藜芦醇; 14. 槲皮素; 15. 山奈酚; 16. 异鼠李素。

图1 赤霞珠葡萄酒酚类物质高效液相色谱图

Fig.1 High performance liquid chromatogram of Cabernet Sauvignon wine phenols

表 3 不同产区赤霞珠葡萄酒酚类物质组成比较(mg/L)

Table 3 Comparison of phenolic composition in Cabernet Sauvignon wines from different regions (mg/L)

酚类物质含量	天山北麓	焉耆盆地	山东半岛
没食子酸	37.98±22.60 ^b	58.42±14.11 ^{ab}	63.91±23.68 ^a
原儿茶酸	1.63±0.83 ^b	3.73±2.43 ^a	3.02±2.03 ^a ^b
咖啡酸	21.53±12.41 ^a	24.70±7.43 ^a	16.58±5.28 ^a
对香豆酸	8.53±3.95 ^a	8.51±1.09 ^a	4.28±1.46 ^b
总酚酸类物质	69.67±27.66 ^a	95.36±13.27 ^a	87.78±21.62 ^a
原花青素 B ₁	47.91±15.34 ^a	61.58±14.92 ^a	15.83±6.26 ^b
鞣花酸	9.41±7.49 ^a	7.12±6.61 ^a	4.91±3.14 ^a
儿茶素	54.32±17.81 ^a	60.13±12.84 ^a	21.06±7.35 ^b
表儿茶素	29.49±10.62 ^a	39.29±15.5 ^a	10.87±6.13 ^b
总黄烷醇类物质	141.15±43.87 ^a	168.12±43.65 ^a	52.67±21.24 ^b
芦丁	14.37±7.53 ^b	27.67±10.51 ^a	7.47±5.93 ^b
异槲皮苷	7.82±4.95 ^a	7.19±3.70 ^a	3.34±1.87 ^a
槲皮苷	6.11±2.94 ^{ab}	7.95±3.14 ^a	3.33±1.65 ^b
槲皮素	4.62±1.77 ^a	5.54±4.66 ^a	2.57±1.20 ^a
山奈酚	0.63±0.26 ^a	0.69±0.50 ^a	0.42±0.19 ^a
异鼠李素	1.54±1.05 ^a	1.70±1.32 ^a	0.90±0.28 ^a
总黄酮醇类物质	35.09±13.01 ^b	50.73±15.97 ^a	18.03±9.32 ^c
矢车菊素-3,O-葡萄糖苷	1.69±1.10 ^a	2.26±0.40 ^a	1.46±0.54 ^a
总类黄酮物质	247.60±51.69 ^b	316.48±42.36 ^a	159.93±30.45 ^c
白藜芦醇	1.32±0.77 ^{ab}	1.89±0.94 ^a	0.51±0.17 ^b
总酚含量	248.91±51.29 ^b	318.37±42.64 ^a	160.44±30.48 ^c

注: 同一行肩标小写字母不同表示差异性显著($P<0.05$)。

2.3 不同产区赤霞珠葡萄酒聚类分析

聚类分析是将数据中具有相似性的数据进行归类划分的统计方法, 是一种最常用的无监督模式识别技术之一^[15-16]。以赤霞珠葡萄酒样品中的 16 种酚类物质及总酚含量为依据, 采用组间联接和 Euclidean 平方距离进行聚类分析, 结果见图 2。当欧氏距离超过 15 时, 可以将所有样品聚为两类, 山东半岛产区 6 个样品聚为一类, 新疆两个产区葡萄酒样品聚在一起, 不能区分开。

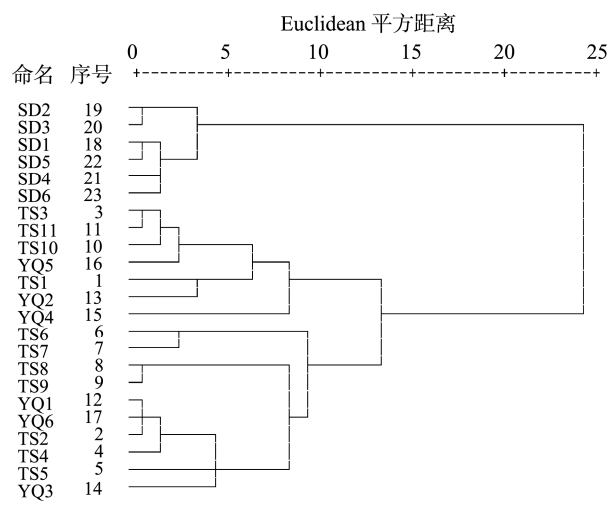


图2 基于酚类物质的不同产区赤霞珠葡萄酒聚类分析
Fig.2 Cluster analysis of Cabernet Sauvignon wines from different regions based on phenolic compounds

2.4 不同产区赤霞珠葡萄酒判别分析

不同产区赤霞珠葡萄酒酚类物质的 Fisher 线性判别式分类函数系数见表 4, 线性判别分析结果见表 5。

表 4 判别式分类函数系数 Table 4 Discriminant classification function coefficients			
因子	天山北麓 (Y ₁)	焉耆盆地 (Y ₂)	山东半岛 (Y ₃)
原儿茶素(X ₁)	3.260	4.824	2.350
原花青素 B ₁ (X ₂)	0.672	0.895	0.320
异槲皮苷(X ₃)	1.542	1.893	0.757
白藜芦醇(X ₄)	7.437	9.994	3.295
常量	-30.784	-53.897	-9.276

判别分析是按照一定分类条件, 建立判别函数, 进行数据样本分类的统计方法, 被广泛用于不同产地的样品区分, 实现产品的溯源^[15-16]。以 16 种酚类物质作为自变量, 不同产地作为分类变量, 利用 Fisher 线性判别分析对新疆 2 个产区和山东半岛产区葡萄酒进行产地鉴别。结果显示, 原儿茶酸、原花青素 B₁、异槲皮苷和白藜芦醇共计 4 种对产地判别显著的酚类物质被引入到判别模型中, 建立了不

同产地葡萄酒判别式分类函数, 方程系数见表 4, 判别分析结果见表 5, 回代检验正确判别率为 91.30%, 交叉验证的正确判别率为 86.96%, 回代检验是针对所有训练样本进行的检验, 样品的错判率是相应总体率的偏低估计, 而交叉检验比较真实地体现了模型的判别能力^[17]。回代检验与交叉验证中分别有 1 个和 2 个天山北麓产区样品被误判在焉耆盆地区中, 各 1 个焉耆盆地区样品被误判在天山北麓产区中, 山东半岛产区酒样能被正确判别, 说明基于酚类物质的判别分析能鉴别山东产区样品, 对新疆两个产区个别样品有误判, 可能由于新疆两个产区酒样酚类物质组成差别相对较小或者样品量不够。

表 5 不同产区赤霞珠葡萄酒酚类物质线性判别分析					
Table 5 Linear discriminant analysis of Cabernet Sauvignon wines from different geographic origins					
项目		预测组计数			预测组 正确率/%
		天山 北麓	焉耆 盆地	山东 半岛	
回代检验	天山北麓	10	1	0	90.90
	焉耆盆地	1	5	0	83.33
	山东半岛	0	0	6	100.00
	合计				91.30
交叉验证	天山北麓	9	2	0	81.82
	焉耆盆地	1	5	0	83.33
	山东半岛	0	0	6	100.00
	合计				86.96

3 讨论与结论

本研究中不同产区赤霞珠葡萄酒共鉴定出 16 种酚类物质, 包括 4 种酚酸类物质, 11 种类黄酮物质, 其中 1 种花色苷、2 种单宁、2 种黄烷醇、6 种黄酮醇类物质, 以及 1 种芪类物质。酚酸是葡萄中最主要的非类黄酮, 主要集中在果肉中, 具有营养保健作用和抗氧化性的药用价值^[18-20]。黄烷醇属于类黄酮多酚, 广泛分布于葡萄果实、果皮、种子、枝条中^[21-22]。葡萄酒中的黄烷-3-醇不仅具有很强的功能性^[23-24], 同时是赋予葡萄酒苦涩感、结构性和收敛性的主要物质^[25-26]。黄酮醇类 also 具有很强的功能性, 虽然在葡萄酒中的含量很少, 但仍然对葡萄酒的品质起着重要作用^[27]。

除去个别酚类物质, 新疆 2 个产区葡萄酒酚类物质平均含量及总含量均比山东半岛产区高, 其中对香豆酸、原花青素 B₁、儿茶素、表儿茶素含量及总酚含量差异显著 (P<0.05), LI 等^[23]研究中指出中国西部产区(宁夏、新疆、云南)赤霞珠干红葡萄酒中的没食子酸、儿茶素、表儿茶素、原花青素 B₁ 比东部产区(山东、河北)多。新疆产赤霞珠葡萄酒较山东半岛产区葡萄酒含有更丰富的黄烷醇类物质、

黄酮醇类物质以及白藜芦醇,特别是南疆焉耆盆地产区,这三类物质分别是山东半岛产区3.19倍、2.81倍、3.71倍,所以其葡萄酒口感可能更苦涩,具有收敛性,保健功能更高。产地对于葡萄中酚类物质的影响主要是由生态条件不同产生的,光照、温度、水分、土壤等是影响葡萄生长发育的直接因子^[25,28],此外还有许多间接因素,如海拔、坡度、坡向、风力、地形等^[29]。黄酮类化合物浓度与光照参数呈显著正相关^[30],新疆以温带大陆性干旱气候为主,有着丰富的水土热量资源,光照时间长,年日照时数2700~4200 h,而山东半岛为温带季风区大陆性气候,地区降雨量较大,光照时间相对短,年日照时数2193~2517 h^[11,31],因此新疆两个产区的生态条件,特别是南疆焉耆盆地,可能更有利于赤霞珠葡萄果实中黄酮醇类物质、黄酮醇类物质以及白藜芦醇的积累,从而浸渍传递到葡萄酒中。

以酚类物质为依据得到的聚类分析和判别分析结果显示,这两种模型能有效地将新疆两个产区赤霞珠葡萄酒样品与山东产区样品区分开,新疆两个产区间个别样品有误判。目前,国内外对葡萄酒产地鉴别技术的研究,主要基于矿质元素指纹^[32]、稳定同位素^[33]和香气化合物^[34],基于酚类物质对多个产区的系统分析仍然较少,本研究验证了基于酚类物质对赤霞珠葡萄酒产地判别的可行性。

综上所述,新疆天山北麓产区、焉耆盆地产区与山东半岛产区赤霞珠葡萄酒的酚类物质含量差异较大,原花青素B₁、儿茶素、表儿茶素、对香豆酸、芦丁、槲皮苷、白藜芦醇、总黄酮醇类、总黄酮醇类、总类黄酮及总酚含量差异显著。经聚类分析和判别分析显示,基于酚类物质可以实现对新疆天山北麓、焉耆盆地产区与山东半岛产区赤霞珠葡萄酒产地判定。

参考文献

- [1] 张欣珂, 赵旭, 成池芳, 等. 葡萄酒中的酚类物质I: 种类、结构及其检测方法研究进展[J]. 食品科学, 2019, 40(15): 255-268.
ZHANG XK, ZHAO X, CHENG CF, *et al.* Research progress of phenolic compounds in wine I: Species, structure and detection methods [J]. Food Sci, 2019, 40(15): 255-268.
- [2] BIMPILAS A, TSIMOGIANNIS D, BALTA-BROUMA K, *et al.* Evolution of phenolic compounds and metal content of wine during alcoholic fermentation and storage [J]. Food Chem, 2015, 178: 164-171.
- [3] WANG SN, WANG XY, ZHAO PT, *et al.* Mannoproteins interfering wine astringency by modulating the reaction between phenolic fractions and protein in a model wine system [J]. LWT-Food Sci Technol, 2021, 152: 112217.
- [4] 王秀芹, 张庆华, 战吉成, 等. 产地与品种对葡萄酒中酚类物质含量的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 113-118.
WANG XQ, ZHANG QH, ZHAN JC, *et al.* Effects of grape varieties and geographical origins on content of phenolic compounds in grape wine [J]. Food Sci, 2009, 30(21): 113-118.
- [5] ROCCHETTI G, GATTI M, BAVARESCO L, *et al.* Untargeted metabolomics to investigate the phenolic composition of Chardonnay wines from different origins [J]. J Food Compos Anal, 2018, 71: 87-93.
- [6] PISANO PL, SILVA MF, OLIVIERI AC. Anthocyanins as markers for the classification of Argentinean wines according to botanical and geographical origin chemometric modeling of liquid chromatography-mass spectrometry data [J]. Food Chem, 2015, 175: 174-180.
- [7] 马磊. 基于不挥发风味物质对葡萄酒产地、品种特征性及收敛性的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016.
MA L. Study on the characteristics and convergence of non-volatile flavor substances to wine regions and varieties [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016.
- [8] 王燕, 李德美, 孙智文, 等. 不同产区赤霞珠干红葡萄酒非挥发风味物质的差异性分析[J]. 中国酿造, 2021, 40(4): 72-76.
WANG Y, LI DM, SUN ZW, *et al.* Analysis on the difference of non-volatile flavor substances in Cabernet Sauvignon dry red wines from different regions [J]. China Brew, 2021, 40(4): 72-76.
- [9] 张亚飞, 姚瑶, 杜林笑, 等. 基于主成分分析的新疆多地酿酒葡萄赤霞珠品质分析及最适采收期[J]. 食品工业科技, 2020, 41(2): 227-232.
ZHANG YF, YAO Y, DU LX, *et al.* Quality analysis and optimal harvest period of Cabernet Sauvignon in Xinjiang based on principal component analysis [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(2): 227-232.
- [10] 王染霖. 天山北麓酿酒葡萄产区葡萄与葡萄酒品质研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2015.
WANG RL. Study on grape and wine quality in wine grape producing areas at the northern foot of Tianshan mountains [D]. Shihezi: Shihezi University, 2015.
- [11] 岳泰新. 不同生态区酿酒葡萄与葡萄酒品质的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
YUE TX. Study on wine grape and wine quality in different ecological regions [D]. Yangling: Northwest Agriculture & Forestry University, 2015.
- [12] 葛谦, 曹彩霞, 吴燕, 等. 贺兰山东麓产区不同单品种葡萄酒风味物质特征分析[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(17): 256-264.
GE Q, CAO CX, WU Y, *et al.* Flavor characteristics of varieties wines from eastern foot of Helan mountain [J]. Food Ferment Ind, 2021, 47(17): 256-264.
- [13] 王燕, 李德美, 孙智文, 等. 高效液相色谱法同时测定贺兰山东麓干红葡萄酒中7种酚类物质的方法研究[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(10): 246-250.
WANG Y, LI DM, SUN ZW, *et al.* Simultaneous determination of seven phenolic compounds in Helan Mountain Donglu dry red wine by high performance liquid chromatography [J]. Food Ferment Ind, 2021, 47(10): 246-250.
- [14] LIU H, LIU JC, LV ZZ, *et al.* Effect of dehydration techniques on bioactive compounds in hawthorn slices and their correlations with antioxidant properties [J]. J Food Sci Technol, 2019, 56(5): 2446-2457.
- [15] 张欣听, 张福金, 刘广华, 等. 基于矿质元素和稳定同位素的马铃薯产地溯源技术[J]. 食品科学, 2020, 41(18): 296-303.
ZHANG XX, ZHANG FJ, LIU GH, *et al.* Tracing the geographical origin of potato based on mineral elements and stable isotopes [J]. Food Sci, 2020, 41(18): 296-302.
- [16] 武琳霞, 李玲, 张国光, 等. 基于主成分分析及聚类分析的不同产地冬枣品质特性分析[J]. 食品科学, 2022, 43(8): 334-338.
WU LX, LI L, ZHANG GG, *et al.* Quality characteristics of winter jujube from different producing areas based on principal component analysis and

- cluster analysis [J]. Food Sci, 2022, 43(8): 334–338.
- [17] 李彩虹, 开建荣, 闫玥, 等. 基于矿质元素的我国不同产地葡萄酒的判别分析[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(20): 265–271.
- LI CH, KAI JR, YAN Y, *et al.* Discriminant analysis of wines from different regions of China based on mineral elements [J]. Food Ferment Ind, 2022, 48(20): 265–271.
- [18] VO GT, LIU ZL, CHOU O, *et al.* Screening of phenolic compounds in australian grown grapes and their potential antioxidant activities [J]. Food Biosci, 2022, 47: 101644.
- [19] JOSE PN, ISIDRO HG, SERGIO GA, *et al.* *Vitis vinifera* Turkish novel table grape ‘Karaerik’. Part II: Non-anthocyanin phenolic composition and antioxidant capacity [J]. J Sci Food Agric, 2022, 102: 813–822.
- [20] 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 SW, QIAO D, XU TT, *et al.* Effect of grape maturity on phenolic and antioxidant activity of *Cabernet Sauvignon* wines [J]. Food Ferment Ind, 2022, 48(12): 202–209.
- [21] CRITINA MP, HALEY M, NICK D, *et al.* Investigating the relation between skin cell wall composition and phenolic extractability in *Cabernet Sauvignon* wines [J]. Fermentation-Basel, 2022, 8(8): 401.
- [22] HENSEN JP, HOENING F, WEILACK I, *et al.* Influence of grape cell wall polysaccharides on the extraction of polyphenols during fermentation in microvinifications [J]. J Agric Food Chem, 2022, 70(29): 9117–9131.
- [23] LI SY, ZHU BQ, REEVES MJ, *et al.* Phenolic analysis and theoretic design for Chinese commercial wines’ authentication [J]. J Food Sci, 2018, 83(1): 30–38.
- [24] SANDA CV, LUCIA TL, OCTAVIAN MF, *et al.* Antioxidant/pro-oxidant actions of polyphenols from grapevine and wine by-products-base for complementary therapy in ischemic heart diseases [J]. Front Cardiovasc Med, 2021. DOI: 10.3389/fcvm.2021.750508
- [25] LI WP, YAO H, CHEN KQ, *et al.* Effect of foliar application of fulvic acid antitranspirant on sugar accumulation, phenolic profiles and aroma qualities of *Cabernet Sauvignon* and *Riesling* grapes and wines [J]. Food Chem, 2021, 351: 129308.
- [26] 谭立杭. 红葡萄酒中缩合单宁特性与感官收敛性的关系研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
- TAN LH. Study on the relationship between condensed tannins and sensory convergence in red wine [D]. Yangling: Northwest Agriculture & Forestry University, 2019.
- [27] DRITAN T, HASIM K, GAMZE G, *et al.* LC-DAD-ESI-MS/MS characterization of phenolic compounds in wines from *Vitis vinifera* ‘Sheshi bardhë’ and ‘Vlosh’ cultivars [J]. J Food Process Pres, 2022, 46: e16157.
- [28] RINALDI A, LOUAZIL P, ITURMENDI N, *et al.* Effect of marc pressing and geographical area on *Sangiovese* wine quality [J]. LWT-Food Sci Technol, 2020, 118: 108728.
- [29] 王秀芹, 陈小波, 战吉成, 等. 生态因素对酿酒葡萄和葡萄酒品质的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 791–797.
- WANG XQ, CHEN XB, ZHAN JC, *et al.* Effects of ecological factors on wine grape and wine quality [J]. Food Sci, 2006, 27(12): 791–797.
- [30] FRIEDEL M, FROTSCHER J, NITSCH M, *et al.* Light promotes expression of monoterpene and flavonol metabolic genes and enhances flavor of winegrape berries (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) [J]. Aus J Grape Wine Res, 2016, 22(3): 409–421.
- [31] 宋希贤, 单守明, 刘成敏, 等. 中国主要酿酒葡萄产区环境条件与栽培方式比较分析[J]. 农业科学研究, 2019, 40(4): 13–16.
- SONG XX, SHAN SM, LIU CM, *et al.* Comparative analysis of environmental conditions and cultivation system of main wine grape producing areas in China [J]. J Agric Sci, 2019, 40(4): 13–16.
- [32] SU Y, ZHAO Y, CUI K, *et al.* Wine characterisation according to geographical origin using analysis of mineral elements and rainfall correlation of oxygen isotope values [J]. Int J Food Sci Technol, 2022, 57: 552–565.
- [33] 蒋越, 李安, 靳欣欣, 等. 基于稳定性同位素技术的水果及其制品产地溯源研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(1): 121–127.
- JIANG Y, LI AN, JIN XX, *et al.* Research progress on origin tracing of fruit and its products based on stable isotope technology [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(1): 121–127.
- [34] 李媛媛, 李德美, 张亚东, 等. 赤霞珠干红葡萄酒在不同子产区香气特征的差异[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(6): 256–262, 268.
- LI YY, LI DM, ZHANG YD, *et al.* Comparative study of aroma characteristics of *Cabernet Sauvignon* dry red wine in different sub-regions [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(6): 256–262, 268.

(责任编辑: 张晓寒 郑 丽)

作者简介



吕真真, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为果品营养与保鲜加工。

E-mail: lvzhenzhen@caas.cn



焦中高, 博士, 研究员, 主要研究方向为果品营养与保鲜加工。

E-mail: jiaozhonggao@caas.cn