

# 新疆产区酿酒葡萄果实中有机酸的比较分析

王晶, 万智博, 许超丽, 张轲, 王文璇, 张珍珍

(新疆农业大学食品科学与药学学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 以新疆4个小产区赤霞珠葡萄果实及天山北麓产区4种红色酿酒葡萄果实(品丽珠、西拉、小味尔多、马瑟兰)为原料, 研究了不同产区、品种间有机酸含量的差异。采用反相高效液相色谱法(RP-HPLC), 对赤霞珠果实生长周期4种有机酸(草酸、酒石酸、苹果酸、柠檬酸)变化情况进行分析。结果表明, 随着葡萄成熟度增加, 赤霞珠果实中有机酸总含量呈现下降趋势, 草酸和柠檬酸含量较低, 变化不明显; 新疆4个小产区的赤霞珠葡萄果实中有机酸总含量在3.97~7.96 mg/g范围内且存在明显差异( $p < 0.05$ ), 产于天山北麓五家渠产地的赤霞珠有机酸总含量最高达7.96 mg/g, 其中草酸、酒石酸、苹果酸分别为0.55 mg/g、4.66 mg/g、2.47 mg/g, 产于伊犁河谷67团产地的赤霞珠有机酸总含量最低3.97 mg/g; 通过对同一产地不同酿酒葡萄果实有机酸物质进行主成分分析, 发现西拉、马瑟兰的酒石酸相对含量较高, 赤霞珠的草酸和柠檬酸相对含量较高, 品丽珠、小味尔多的苹果酸相对含量比较高。试验表明赤霞珠的有机酸含量在不同产区存在一定差异, 同时不同品种在同产地的有机酸积累特性也各不相同, 以期新疆产区酿造中“糖高酸低”的研究提出一些思路。

**关键词:** 新疆产区; 有机酸; 酿酒葡萄; 检测分析

文章编号: 1673-9078(2020)02-249-254

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.2.035

## Comparative Analysis of Organic Acids in Wine Grape Fruits from Xinjiang

WANG Jing, WAN Zhi-bo, XU Chao-li, ZHANG Ke, WANG Wen-xuan, ZHANG Zhen-zhen

(College of Food Science and Pharmacy Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** The organic acid content of *Cabernet Sauvignon* grapes in four small producing areas in Xinjiang and four kinds of red wine grape fruits (*Cabernet Franc*, *Syrah*, *Petit Verdot* and *Matheran*) in the northern foothills of Tianshan mountains were studied. Four organic acids (oxalic acid, tartaric acid, malic acid and citric acid) in the growing cycle of cabernet sauvignon fruits were analyzed by RP-HPLC. The results showed that the total organic acid content in *Cabernet Sauvignon* fruit decreased with the increase of grape ripen, while the contents of oxalic acid and citric acid were lower, and their changes were no significant difference. The total organic acid contents of *Cabernet Sauvignon* grapes in four small regions of Xinjiang were significantly different in the range of 3.97~7.96 mg/g ( $p < 0.05$ ). The total organic acid content of *Cabernet Sauvignon* produced in Wujiacqu of the northern foot of Tianshan mountain reached 7.96 mg/g, in which oxalic acid, tartaric acid and malic acid were 0.55 mg/g, 4.66 mg/g and 2.47 mg/g, respectively, and the total content of organic acid of *Cabernet Sauvignon* produced in the 67<sup>th</sup> Regiment area of Ili Valley was decreased to 3.97 mg/g. Through principal component analysis of organic acid substances in different wine grapes from the same origin, it was found that the relative content of tartaric acid in *Syrah* and *Matheran* was higher, the relative contents of oxalic acid and citric acid in *Cabernet Sauvignon* were higher, and the relative contents of malic acid in *Cabernet Franc* and *Petit Verdot* were higher. The results showed that the organic acid content of *Cabernet Sauvignon* had some differences in different producing areas, and the organic acid accumulation characteristics of different varieties in the same producing area were also different. The results in this work could provide a theoretical basis for research on "high sugar and low acidity" in Xinjiang.

**Key words:** Xinjiang region; organic acid; wine grapes; detection and analysis

有机酸对葡萄中其他有机化合物的性质和含量,

收稿日期: 2019-09-11

基金项目: 国家自然科学基金地区基金(31660547)

作者简介: 王晶(1994-), 女, 硕士, 研究方向: 葡萄与葡萄酒工程

通讯作者: 张珍珍(1984-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 农产品贮藏与

加工

以及葡萄和葡萄酒的风味、色泽和稳定性有显著影响<sup>[1]</sup>。酒石酸、草酸、柠檬酸和苹果酸是葡萄中主要的有机酸, 其中酒石酸和苹果酸占葡萄中总有机酸的90%左右<sup>[2]</sup>。酒石酸在葡萄果实呼吸中具有抗氧化作用, 对葡萄着色抗病也有重要作用, 同时是一种在葡萄酒中具有抗菌作用的酸类<sup>[3]</sup>。苹果酸又名 2-羟基丁

二酸,是葡萄果实生长发育过程中形成的有机酸之一,其存在两种立体异构体,其中L-苹果酸是葡萄果实最常见的异构体<sup>[4]</sup>。柠檬酸是葡萄果实中一种常见组分,在葡萄果实生长发育的不同阶段,均含有柠檬酸。葡萄果实中仅存在少量的草酸。酿酒葡萄果实中有机酸的种类和含量对葡萄酒品质有很大影响<sup>[5]</sup>。

酿酒葡萄果实风味品质表现出明显的地域差异,一方面取决于品种或品系的差异(内因),另一方面与葡萄果实生长微环境(光照、水分、温度)外因密切相关,使得同一葡萄品种在不同的产地呈现不同的风味特点<sup>[6]</sup>。新疆是我国九大酿酒葡萄产区之一,目前已经形成了伊犁河谷、天山北麓、吐哈盆地及焉耆盆地四大优势产区<sup>[7]</sup>。新疆产区葡萄果实表现出“糖高酸低”且成熟迅速的特点,这与该地气候干燥、昼夜温差大,水分容易蒸发有密切关系<sup>[8]</sup>。糖度过高致使酒精度偏高,酸度过低则会使葡萄酒颜色黯淡无光<sup>[9]</sup>,口感单调、不清新,因此“糖高酸低”使该产区酒体潜在品质表现不全面<sup>[10]</sup>。一般会选择在葡萄酒酿造初期加酒石酸或未成熟的葡萄汁等进行发酵,以此来增加葡萄酒中总酸含量,从而提高葡萄酒酒体稳定性。

近年,对新疆产区酿酒葡萄的研究多集中在香气和酚类物质<sup>[11]</sup>,对有机酸的研究多以鲜食葡萄为主<sup>[12]</sup>。对果实生长发育过程中有机酸的含量变化及酿酒葡萄产区、品种间有机酸含量差异性研究较少。为此本试验使用高效液相色谱(reverse phase high performance liquid chromatography, RP-HPLC)方法检测酿酒葡萄果实中4种有机酸,对果实生长发育期、采收期有机酸含量进行测定,了解该地区葡萄中有机酸规律,分析不同产区、不同品种之间差异性,对葡萄果实中有机酸含量变化规律、量变的幅度进行研究,以期新疆地区酿酒工艺中“糖高酸低”的问题提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试剂与材料

#### 1.1.1 试剂

酒石酸(Tartaric acid)、L-苹果酸(L-Malic acid)、草酸(Oxalic acid)、柠檬酸(Citric acid),纯度 $\geq 98\%$ :上海源叶生物科技有限公司;实验用水为超纯水(电导率 $< 18.24 \mu\text{S}/\text{cm}$ ):实验室自制;乙腈为色谱纯( $\geq 99.9\%$ )Sigma公司;磷酸二氢钾、磷酸:天津市致远有限公司。

#### 1.1.2 材料

产区样品:采集2018年天山北麓、伊犁河谷、焉

耆盆地和吐哈盆地四大产区采收期赤霞珠产地样品,焉耆盆地:七个星产地资源圃、曲惠产地资源圃、乌什塔拉产地资源圃;天山北麓:昌吉产地资源圃;吐哈盆地:哈密产地资源圃、鄯善产地资源圃;伊犁河谷:70团产地资源圃、67团产地资源圃。

品种样品:试验所用酿酒葡萄果实样品天山北麓五家渠产地资源圃。选取赤霞珠、西拉、小味尔多、品丽珠、马瑟兰五个品种,自根苗南北行距、单篱架、多主蔓篱架整形果实成熟,采集2018年达到商业采收葡萄样品。从花后第八周即转色期开始,一周为一个采样周期直到果实成熟,达到商业采收。

采摘无病虫害、大小均一的葡萄样品带回实验室清洗干净,液氮冷冻后,贮藏于 $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ 冰箱供有机酸测定使用。

### 1.2 仪器与设备

岛津 LC-20AB 高效液相色谱仪,日本岛津;SPD-20A 紫外检测器;岛津色谱数据处理系统;手动进样器;优普系列超纯水机(UPHW-III-90-T),四川优普超纯科技公司;高速离心机(TGL-16G),上海安亭科技科学仪器厂。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 有机酸标准样品溶液的配制

准确称取有机酸标样酒石酸 22.50 mg、草酸 2.50、苹果酸 16.00 mg 柠檬酸 10.00 mg,用流动相溶解定容至 10 mL 棕色容量瓶摇匀。配制苹果酸、草酸、柠檬酸和酒石酸的标准溶液,其质量浓度范围分别为:0.001~1.000 g/L 草酸;酒石酸:0.017~2.250 g/L;苹果酸:0.012~1.600 g/L;柠檬酸:0.007~1.000 g/L。

#### 1.3.2 葡萄果实有机酸提取

有机酸提取参考崔婧的方法进行<sup>[13]</sup>,将葡萄果实用液氮研磨成粉状,取适量样品,加入 0.8% 1 mol/L 磷酸的蒸馏水,放置  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  水浴 10 min,经  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  离心 8000 r/min 条件下离心 20 min,取上清液,用  $0.45 \mu\text{m}$  的滤膜过滤后用于液相色谱(RP-HPLC)分析。

#### 1.3.3 色谱条件

色谱条件参考吕旭聪的方法进行<sup>[14]</sup>,所用色谱柱为 Diamonsil ODS, (4.6 mm i.d.  $\times$  250 mm,  $5 \mu\text{m}$ ); 采用等度洗脱,流动相为乙腈-0.02 mol/L 磷酸二氢钾水溶液(用磷酸调 pH 2.34),流动相经溶剂过滤器过滤,滤膜  $0.22 \mu\text{m}$  水相滤膜;流速为 1 mL/min。检测波长为 210 nm;柱温  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,进样量 10  $\mu\text{L}$ 。冲洗方式为等度洗脱 15 min。

#### 1.3.4 数据处理

数据统计分析使用分析软件 SPSS 20.0, 绘图采用绘图软件 Origin 8.5。主成分分析(Principal Component Analysis, PCA) 通过代谢组学数据分析网站 <http://www.metaboanalyst.ca/>完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 有机酸标准曲线的制作

按 1.3.3 节的色谱条件, 以各标准有机酸浓度 X 对峰面积 Y 进行线性回归, 结果见表 1, 对葡萄样品进行进样分析, 4 种有机酸分离效果均较好, 结果如图 1 所示。

表 1 4 种标准有机酸峰面积回归分析

Table 1 Regression analysis of peak area of 4 standard organic acids

有机酸	保留时间	线性范围/(g/L)	回归方程	相关系数 R <sup>2</sup>
草酸	3.125	0.001~0.25	Y=2E+07X+27285	0.9989
酒石酸	3.611	0.017~2.25	Y=2E+06X+40227	0.9997
苹果酸	4.960	0.012~1.60	Y=1E+06X+27857	0.9994
柠檬酸	11.182	0.007~1.00	Y=1E+06X+28742	0.9999

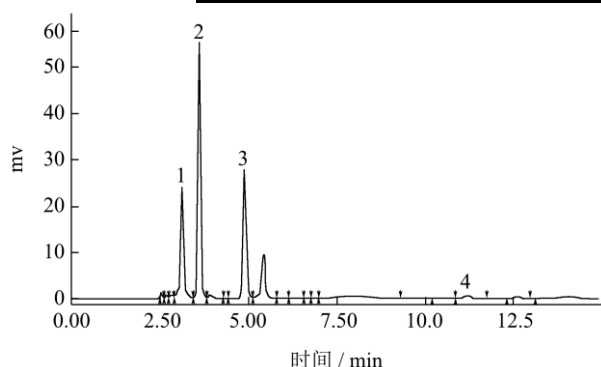


图 1 葡萄样品四种有机酸的 HPLC 色谱图

Fig.1 HPLC chromatogram of four organic acids in grape samples

注: 1、草酸; 2、酒石酸; 3、苹果酸; 4、柠檬酸。

### 2.2 同一产地赤霞珠葡萄果实生长期有机酸含量的变化

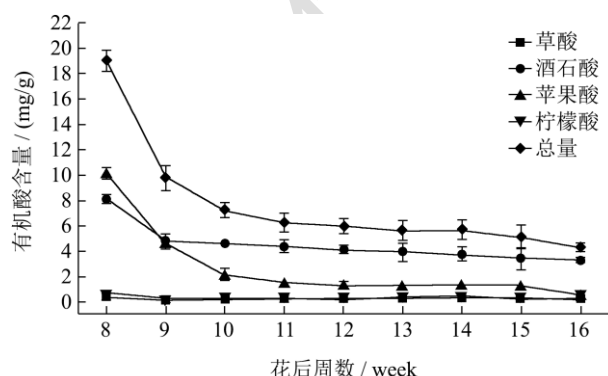


图 2 赤霞珠果实有机酸含量的变化趋势

Fig.2 Variation trend of organic acid content in Cabernet Sauvignon fruits

以赤霞珠果实为研究对象, 图 2 是从花后 8 周直至采收期成熟过程中有机酸含量的变化趋势。如图 2 所示, 随着葡萄成熟度的增加, 葡萄中的有机酸总含

量呈现逐渐降低趋势, 有机酸总含量从花后 8 周的 19.05 mg/g 下降至采收期的 4.20 mg/g, 下降了 77.95%, 果实接近成熟后期, 有机酸合成量减少以及酸分解代谢的增强<sup>[15]</sup>。造成这一因素可能是由接近成熟期赤霞珠果实内的酸转化为其他物质(如糖); 葡萄果实成熟中酒石酸和苹果酸的含量随葡萄成熟也呈现逐渐下降趋势, 苹果酸由花后 8 周 10.20 mg/g 下降至花后 10 周 2.10 mg/g, 下降了 79.41% 呈现骤降趋势, 10 周后苹果酸含量变化趋势较小至采收期 0.43 mg/g; 酒石酸从花后 8 周 8.10 mg/g 下降至花后 9 周 4.80 mg/g, 下降了 40.74% 呈现骤降趋势, 9 周后酒石酸含量变化趋势较小, 含量维持在 3~5 mg/g 范围内; 果实生长过程中草酸和柠檬酸含量都在 1 mg/g 以下变化略有起伏, 但变化不明显。

许多工作者对葡萄浆果成熟过程中酸含量下降的机制进行了研究, 其结果表明有下列几种可能性: (1) 浆果内的酸合成受到抑制: 在葡萄浆果成熟期, 由于浆果内酸的合成受到抑制, 致使其酸含量降低(Hardy, 1967; Kliewer, 1965); (2) 浆果内酸的降解和转化作用: 酸能转化为其他物质(如糖); 呼吸作用的消耗; (3) 盐形成的效应: 钾盐与有机酸作用(Kliewer, 1967); (4) 稀释效应: 酸含量的降低是由于在生长发育期浆果体积的迅速增加而产生的稀释作用, 使其含量相对降低<sup>[16]</sup>。

### 2.3 不同产区采收期赤霞珠果实有机酸含量

以新疆四个小产区采收期赤霞珠果实为研究对象, 由表 2 可知四个产区葡萄果实中有机酸总含量维持在 3.97~7.96 mg/g 范围内, 酒石酸和苹果酸是主要的有机酸占总含量的 58.0%~73.2% 和 17.8%~31.5%, 柠檬酸和草酸仅占 1.6%~5.6% 和 6.5%~9.6%; 有机酸总含量依次为天山北麓>吐哈盆地>焉耆盆地>伊犁河

谷。张瑞等发现宁夏产区银川市产地赤霞珠有机酸总含量 8.973 mg/g<sup>[17]</sup>, 张雪等发现河北省张家口市怀来县赤霞珠有机酸总含量 8.06 mg/g(2012 年)、8.45 mg/g(2013 年)<sup>[18]</sup>。四大产区果实中有机酸总含量之间存在显著差异, 其中以天山北麓产区的五家渠产地有机酸总含量为 7.96 mg/g 最高, 其显著高于其他三个产区( $p<0.05$ ), 这主要体现在其 4 种有机酸中的 3 种(草酸、酒石酸、苹果酸)均显著高于其他三个产区; 天山北麓五家渠产地、吐哈盆地鄯善产地葡萄中草酸含量分别达 0.55 mg/g、0.54 mg/g 显著高于其他产地( $p<0.05$ ); 焉耆盆地乌什塔拉产地、天山北麓五家渠产地酒石酸含量分别 4.43 mg/g、4.46 mg/g 显著高于其

他产地( $p<0.05$ ); 伊犁河谷 70 团、62 团产地苹果酸含量分别是 1.04 mg/g、1.06 mg/g, 说明伊犁河谷产地之间苹果酸无显著差异, 天山北麓五家渠产地葡萄中苹果酸含量 2.47 mg/g 显著高于其他产地( $p<0.05$ ); 焉耆盆地七个星产地柠檬酸含量高达 0.52 mg/g, 显著高于其他产地( $p<0.05$ ), 从表 2 可以看天山北麓产区与伊犁河谷产区, 两大产区的产地间柠檬酸并无显著性差异; 从表 2 不同产区赤霞珠有机酸含量表明, 产区间赤霞珠有机酸含量存在差异, 定植地点虽然属于同一产区, 但由于果际生长微环境的不同, 其有机酸含量也存在差异, 因此在引进种植时要因地制宜<sup>[19,20]</sup>。

表 2 四大产区赤霞珠有机酸含量 (mg/g)

Table 2 Organic acid content of *Cabernet sauvignon* in the four major wine regions (mg/g)

产区	产地	草酸	酒石酸	苹果酸	柠檬酸	总量
焉耆	七个星	0.36±0.02 <sup>d</sup>	3.04±0.19 <sup>c</sup>	0.81±0.03 <sup>e</sup>	0.52±0.02 <sup>a</sup>	4.73±0.26 <sup>dc</sup>
	曲惠	0.52±0.01 <sup>ab</sup>	3.87±0.27 <sup>b</sup>	1.54±0.10 <sup>c</sup>	0.30±0.01 <sup>c</sup>	6.23±0.39 <sup>b</sup>
	乌什塔拉	0.35±0.03 <sup>d</sup>	4.43±0.11 <sup>a</sup>	1.15±0.05 <sup>d</sup>	0.24±0.01 <sup>d</sup>	6.17±0.20 <sup>bc</sup>
天山	昌吉	0.42±0.06 <sup>cd</sup>	3.46±0.18 <sup>bc</sup>	0.86±0.07 <sup>e</sup>	0.26±0.01 <sup>cd</sup>	5.00±0.32 <sup>bcd</sup>
	五家渠	0.55±0.07 <sup>a</sup>	4.66±0.25 <sup>a</sup>	2.47±0.04 <sup>a</sup>	0.28±0.01 <sup>cd</sup>	7.96±0.37 <sup>a</sup>
吐哈	哈密	0.48±0.04 <sup>abc</sup>	3.42±0.19 <sup>bc</sup>	1.79±0.17 <sup>b</sup>	0.27±0.02 <sup>cd</sup>	5.96±0.42 <sup>bc</sup>
	鄯善	0.54±0.04 <sup>a</sup>	3.05±0.52 <sup>c</sup>	1.19±0.31 <sup>d</sup>	0.36±0.01 <sup>b</sup>	5.14±0.88 <sup>cd</sup>
伊犁	70 团	0.41±0.06 <sup>cd</sup>	3.69±0.14 <sup>b</sup>	1.06±0.10 <sup>de</sup>	0.25±0.01 <sup>cd</sup>	5.41±0.31 <sup>bcd</sup>
	67 团	0.45±0.01 <sup>bc</sup>	2.22±0.17 <sup>d</sup>	1.04±0.16 <sup>de</sup>	0.26±0.07 <sup>cd</sup>	3.97±0.41 <sup>e</sup>

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ( $p<0.05$ )。下表同。

表 3 不同酿酒葡萄品种有机酸相对含量 (%)

Table 3 Relative contents of organic acids in different wine grape varieties (%)

有机酸	赤霞珠	品丽珠	马瑟兰	西拉	小味尔多
草酸	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>bc</sup>	0.01±0.03 <sup>b</sup>	0.03±0.01 <sup>d</sup>	0.03±0.07 <sup>cd</sup>
酒石酸	0.59±0.25 <sup>a</sup>	0.55±0.01 <sup>c</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.64±0.25 <sup>b</sup>	0.52±0.15 <sup>c</sup>
苹果酸	0.31±0.04 <sup>b</sup>	0.44±0.04 <sup>a</sup>	0.29±0.06 <sup>c</sup>	0.31±0.15 <sup>c</sup>	0.44±0.32 <sup>a</sup>
柠檬酸	0.04±0.01 <sup>cd</sup>	0.01±0.03 <sup>c</sup>	0.01±0.02 <sup>c</sup>	0.02±0.09 <sup>a</sup>	0.01±0.02 <sup>bc</sup>

## 2.4 同一产地不同酿酒葡萄品种有机酸相对含量

为了更直观的观察这 5 个品种在天山北麓产区五家渠产地的表现, 对 5 个红色酿酒葡萄品种的不同有机酸相对含量进行主成分分析。结果如图 3 所示。通过载荷图可以看出主成分 1 (PC1) 解释总方差 54%, 主成分 2 (PC2) 解释总方差 42.9%, 两者共同解释总方差 96.9%, 可以解释有机酸变量。主成分 1 将 5 个品种分为左右两个半轴, 正半轴有赤霞珠、西拉、马瑟兰, 负半轴有小味尔多、品丽珠, 主成分 2 又将 5 个品种分为上下两个半轴, 正半轴有品丽珠、小味尔

多、赤霞珠, 负半轴有西拉、马瑟兰。结合主成分双标图可以看出, 赤霞珠果实中草酸和柠檬酸相对含量比较高, 杨春霞等发现柠檬酸代谢后能为葡萄酒香气形成提供更多参考, 可丰富葡萄酒的风味<sup>[21]</sup>; 西拉、马瑟兰的酒石酸相对含量比较高, 酒石酸可以参与葡萄酒的味感平衡、微生物和颜色的稳定性<sup>[22,23]</sup>; 从图 3-B 可以看出品丽珠、小味尔多的苹果酸含量比较高, RON S. Jackson 研究发现品丽珠、黑比诺品种苹果酸含量较高<sup>[24,25]</sup>。而苹果酸可以发酵为乳酸, 所以对葡萄酒口感的影响较小<sup>[26]</sup>; 通过主成分对天山北麓五家渠产地 5 个品种的分析, 发现同产地各酿酒葡萄果实中的有机酸相对含量有很大的差异, 不同酿酒葡萄品种有机酸的差异性决定了不同加工工艺<sup>[27,28]</sup>, 可以根

据酸度、酒度和优雅度等各异，生产不同类型的葡萄酒<sup>[29,30]</sup>。

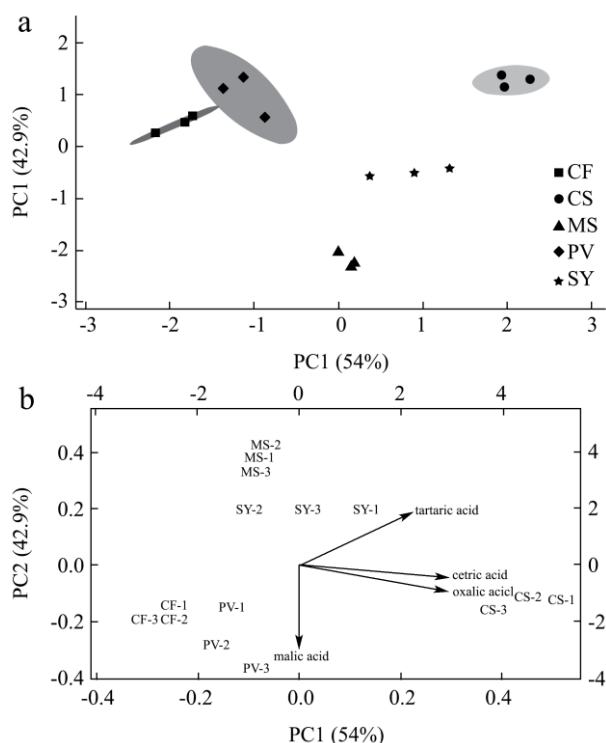


图3 不同品种有机酸相对含量主成分分析图

Fig.3 Principal component analysis of organic acid content in different varieties

### 3 结论

本试验通过对葡萄果实有机酸含量检测，赤霞珠葡萄果实中有机酸总含量呈现下降趋势，果实生长发育前期酒石酸、苹果酸下降趋势比较明显；新疆四大产区赤霞珠果实机酸采收期总含量维持在 3.97~7.96 mg/g 范围内，其中天山北麓五家渠产地的赤霞珠有机酸总含量最高，产于伊犁河谷 67 团产地的赤霞珠有机酸总含量最低，同一产区不同定植地点酿酒葡萄由于小气候的差异有机酸含量也有所不同；根据主成分分析同一产地不同酿酒葡萄果实有机酸物质，发现西拉、马瑟兰的酒石酸相对含量较高，赤霞珠的草酸和柠檬酸相对含量较高，品丽珠、小味儿多的苹果酸含量较高。本试验研究了不同产区、品种间酿酒葡萄果实中有机酸含量的差异，为后续研究葡萄酒中有机酸含量的研究提供理论基础，为新疆产区酿酒葡萄果实“糖高酸低”致使酒体潜在品质表现不全面的研究提供依据。

### 参考文献

[1] Lamikanra O, Inyang I D, Leong S. Distribution and effect of grape maturity on organic acid content of red muscadine

grapes [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1995, 43(12): 3026-3028

[2] 高年发,李小刚.葡萄及葡萄酒中的有机酸及降酸研究[J].中外葡萄与葡萄酒,1999,4:6-6

GAO Nian-fa, LI Xiao-gang. Study on organic acids and acid reduction in grapes and wines [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 1999, 4: 6-6

[3] 段云涛.葡萄和葡萄酒中9种有机酸RP-HPLC检测体系的律立及其相关研究[D].北京:中国农业大学,2007

DUAN Yun-tao. The law and related research of 9 organic acid RP-HPLC detection systems in grape and wine [D]. Beijing: China Agricultural University, 2007

[4] 黄艳红,田延军,郝夕祥,等.L-苹果酸代谢流分析及高产菌株构建[J].山东食品发酵,2009,3:3-8

HUANG Yan-hong, TIAN Yan-jun, HAO Xi-xiang, et al. Metabolic analysis of L-malic acid and confirmation of a strain [J]. Shandong Food Ferment, 2009, 3: 3-8

[5] 杨春霞,刘元柏,葛谦.贺兰山东麓酿酒葡萄中有机酸含量分析[J].食品科技,2016,11:244-247

YANG Chun-xia, LIU Yuan-bai, GE Qian. Analysis of organic acid contents in wine grapes in eastern Helan mountain [J]. Food Science and Technology, 2016, 11: 244-247

[6] 李记明,李华.不同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.1996,5(4):71-74

LI Ji-ming, LI Hua. Study on the maturity of wine grapes and wine quality in different regions [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 1996, 5(4): 71-74

[7] 王平,孙钦明.对新疆葡萄酒产业发展的几点思考[J].新疆农垦科技,2016,39(5):67-69

WANG Ping, SUN Qin-ming. Some thoughts on the development of Xinjiang wine industry [J]. Xinjiang Farm Research of Science and Technology, 2016, 39(5): 67-69

[8] 唐虎利.新疆玛纳斯县葡萄与葡萄酒产地品质分析[D].杨凌:西北农林科技大学,2009

TANG Hu-li. Quality analysis of grape and wine producing areas in Manas county, Xinjiang [D]. Yang Ling: Northwest A&F University, 2009

[9] 张瑛莉.新疆天山北麓赤霞珠干红葡萄酒酚类物质和香气物质分析研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2011

ZHANG Ying-li. Analysis of phenolic substances and aroma substances in cabernet sauvignon red wine in Northern Tianshan mountains, Xinjiang [D]. Yang Ling: Northwest A&F University, 2011

[10] 周晓明,卢春生,樊丁宇,等.新疆不同葡萄品种果实成熟期

- 酸成分分析[J].果树学报,2012,29(2):188-192
- ZHOU Xiao-ming, LU Chun-sheng, FAN Ding-yu, et al. Analysis of acid composition of different grape varieties in Xinjiang during ripening period [J]. Journal of Fruit Science, 2012, 29(2): 188-192
- [11] 崔婧,段长青,潘秋红.反相高效液相色谱法测定葡萄中的有机酸[J].中外葡萄与葡萄酒,2010,5:25-30
- CUI Jing, DUAN Chang-qing, PAN Qiu-hong. Determination of organic acids in grape berry with reversed-phase high performance liquid chromatography [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2010, 5: 25-30
- [12] 吕旭聪,黄志清,黄若兰,等.反相高效液相色谱法同时快速测定黄酒和葡萄酒中有机酸的含量[J].食品与发酵工业,2010,6:132-136
- LYU Xu-cong, HUANG Zhi-qing, HUANG Ruo-lan, et al. Simultaneous determination of organic acids in rice wine and wine with reversed-phase high performance liquid chromatography [J]. Food and Fermentation Industries, 2010, 6: 132-136
- [13] Etienne C, Moing A, Dirlwanger E, et al. Isolation and characterization of six peach cDNAs encoding key proteins in organic acid metabolism and solute accumulation: involvement in regulating peach fruit acidity [J]. Physiologia Plantarum, 2010, 114(2):259-270
- [14] 问亚琴,张艳芳,潘秋红.葡萄果实有机酸的研究进展[J].海南大学学报:自然科学版,2009,3:302-306
- WEN Ya-qin, ZHANG Yan-fang, PAN Qiu-hong. Research progress of organic acids in grape fruits [J]. Natural Science Journal of Hainan University, 2009, 3: 302-306
- [15] 孟鑫.转色前叶果比对“赤霞珠”和“北红”葡萄品质的影响[D].银川:宁夏大学,2016
- MENG Xin. Effect of leaf-to-fruit ratio on the quality of "Cabernet Sauvignon" and "North Red" grapes before transformation [D]. Yinchuan: Ningxia University, 2016
- [16] 张雪,何非,王羽西,等.同一葡萄园不同‘赤霞珠’植株的浆果品质差异[J].西北农业学报,2016,25(4):568-579
- ZHANG Xue, HE Fei, WANG Yu-xi, et al. Differences in berry quality between different 'Cabernet beads' plants in the same vineyard [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2016, 25(4): 568-579
- [17] 杨春霞,苟春林,单巧玲.葡萄酒酿造过程中有机酸变化规律研究[J].中国酿造,2017,36(4):83-86
- YANG Chun-xia, GOU Chun-lin, SHAN Qiao-ling. Organic acids variation in wine brewing process [J]. China Brewing, 2017, 36(4): 83-86
- [18] 赵新节.葡萄果实物质代谢与品质调控[J].中外葡萄与葡萄酒,2002,6:21-22
- ZHAO Xin-jie. Material metabolism and quality control of grape fruit [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2002, 6: 21-22
- [19] Boulton R. The relationships between total acidity, titratable acidity and pH in grape tissue [J]. Vitis, 1980, 19(2): 113-120
- [20] Ron S Jackson. Wine Science [M]. Academic Press, 2000: 82
- [21] Mazzei F, Botrè F, Favero G. Peroxidase based biosensors for the selective determination of D,L-lactic acid and L-malic acid in wines[J]. Microchemical Journal, 2007, 87(1):81-86
- [22] Adams M A, Chen Z L, Landman P, et al. Simultaneous determination by capillary gas chromatography of organic acids, sugars, and sugar alcohols in Plant tissue extracts as their trimethylsilyl derivatives[J]. Analytical Biochemistry, 1999, 266(1):77-84
- [23] 马旭艺,汪发文,佟晓芳,等.碳酸钙降酸对山葡萄酒有机酸及感官品质的影响[J].中国酿造,2018
- MA Xu-yi, WANG Fa-wen, TONG Xiao-fang, et al. Effect of CaCO<sub>3</sub> deacidification on organic acids and sensory quality of wild grape wine [J]. China Brewing, 2018
- [24] 成冰,张京芳,徐洪宇,等.不同品种酿酒葡萄有机酸含量分析[J].食品科学,2013,34(12):223-228
- CHENG Bing, ZHANG Jing-fang, XU Hong-yu, et al. Analysis of organic acid contents in wine grape from different cultivars [J]. Food Science, 2013, 34(12): 223-228
- [25] 王染霖.天山北麓酿酒葡萄产区葡萄与葡萄酒品质研究[D].新疆:石河子大学,2015
- WANG Ran-lin. Study on the quality of grapes and wine in the wine-growing region of the northern foot of the Tianshan mountains [D]. Xinjiang: Shihezi University, 2015
- [26] 李曦,陈倩,唐伟,等.苹果醋饮料中的有机酸分析[J].食品与发酵工业,2017(02):224-229
- LI Xi, CHEN Qian, TANG Wei, et al. Analysis of organic acids in apple vinegar beverages [J]. Food and Fermentation Industries, 2017, 2: 224-229
- [27] 郭柏坤,周垚.离子色谱法测定水果中的有机酸[J].发酵科技通讯,2018,47(3):47-51
- GUO Bai-kun, ZHOU Wei. Determination of organic acids in fruits by ion chromatography [J]. Bulletin of Fermentation Science and Technology, 2018, 47(3): 47-51