

# 海拔及工艺差异对葡萄酒中香气及酚类物质的影响

魏晓峰<sup>1</sup>, 闵卓<sup>1</sup>, 何爽<sup>1</sup>, 曹建宏<sup>2</sup>, 马雪蕾<sup>3</sup>, 房玉林<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西省葡萄与葡萄酒工程研究中心, 陕西杨凌 712100) (2. 香格里拉酒业股份有限公司, 云南迪庆 674400) (3. 新疆农业大学食品科学与药学学院, 新疆乌鲁木齐 830000)

**摘要:** 采用搅拌棒固相萃取结合气质联用分析香格里拉 6 种海拔及 2 种工艺的葡萄酒香气及酚类。结果表明: 随海拔升高, 葡萄酒中残糖含量下降但差异不显著; 500 m 海拔落差范围内, 总酚、总类黄酮、总花色苷含量分别升高约 300 mg/L、700 mg/L 和 100 mg/L, 总黄烷醇及总单宁含量呈略有下降; 单体酚总量、儿茶素、槲皮素 (3~20 mg/L) 及多数单体花色苷 (1~15 mg/L) 均呈现不同程度的上升; 最高海拔酒样香气总量、醛酮及萜烯类含量显著高于其他海拔, 酯类物质含量显著高于最低海拔。西当-A 总黄烷醇、总花色苷、总单宁含量略高于西当-B, 酯类 (61.45%) 和醛酮及萜烯类 (0.59%) 百分比显著高于其他酒样, 花色苷总量比西当-B 高约 10~17 mg/L; 而西当-B-X 总酚、总单宁、酯类及醛酮和萜烯类含量均高于西当-B-Y。高海拔有利于提高酒的颜色稳定性和特征香气含量, 西当-A 品质略好于西当-B, 而工艺 X 略优于工艺 Y。

**关键词:** 海拔; 工艺; 葡萄酒; 香气; 酚类物质

文章编号: 1673-9078(2017)12-191-201

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.12.029

## Effect of Cultivation Altitudes and Brewing Processes on the Aromas and Phenolic compounds in Wine

WEI Xiao-feng<sup>1</sup>, MIN Zhuo<sup>1</sup>, HE Shuang<sup>1</sup>, CAO Jian-hong<sup>2</sup>, MA Xue-lei<sup>3</sup>, FANG Yu-lin<sup>1</sup>

(1. Shaanxi Engineering Research Center for Viti-Vini Culture, College of Enology, Northwest A&F University, Yangling 712100, China) (2. Shangri-la Winery Co., LTD, Diqing 674400, China) (3. College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830000, China)

**Abstract:** Using the stir bar solid phase extraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry, the aromas and phenols in wines of 6 different cultivation altitudes and 2 brewing processes from Shangri-La area were analyzed. The results showed that the content of residual sugar in wine decreased with the increase of altitude, but the difference was not significant. Within 500 meters of the altitude range, the contents of total phenols, total flavonoids and total anthocyanins increased about 300 mg/L, 700 mg/L and 100 mg/L, respectively, while contents of total tannin and flavanols showed a slight downward trend with the increase of altitude. The total amount of monophenols, catechin, quercetin (3~20 mg/L) and most of the monomer anthocyanins (1~15 mg/L) showed varying degrees of increase. The contents of aldehydes, ketones and total aroma substances in wine from the highest altitude were significantly higher than those in wine from other altitudes. Esters content in the wine from the highest altitude was significantly lower than that in wine sample from the lowest altitude. The percentages of total flavanols, total anthocyanins and total tannin in Xidang-A sample were higher than those in Xidang-B. Percentages of esters (61.45%), aldehyde ketone and terpenes (0.59%) in Xidang-A sample were significantly higher than those in other samples. Content of total anthocyanins of Xidang-A was also about 10~17 mg/L higher than that in Xidang-B. The contents of total phenols, total tannins, esters, aldehyde ketone and terpenes in Xidang-B-X were higher than those in the Xidang-B-Y. Higher altitude was beneficial to improve the color stability of wine and the characteristics of aroma content. Quality of Xidang-A was better than that of Xidang-B, and the brewing process of X was better than that of Y.

**Key words:** altitude; brewing process; wine; aroma; phenolic compounds

收稿日期: 2017-07-30

基金项目: 国家现代农业(葡萄)产业技术体系建设专项(nycyt-x-30-2p-04); 2015 年杨凌示范区农业科技示范推广基地项目; 西北农林科技大学示范基地科技成果推广项目: 冷棚葡萄高效栽培技术研究与示范

作者简介: 魏晓峰(1993-), 男, 博士研究生, 研究方向: 葡萄与葡萄酒风味化学

通讯作者: 房玉林(1973-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 栽培生理和分子生物学

高品质酿酒葡萄和葡萄酒对产地要求严格。越来越多的人开始引用“风土”一词,通过综合性跨学科研究来对葡萄产地进行评估<sup>[1-3]</sup>。良好的产地,其气候和地理、生物和非生物因素均需适宜相应品种生长<sup>[4,5]</sup>。地质、气候以及生态环境等共同影响着葡萄和葡萄酒的品质<sup>[6-8]</sup>。

海拔是影响酿酒葡萄品质的重要因素之一。一般海拔越高,气温越低,而温度会影响糖、花色苷以及香气物质组成,故葡萄品质会随海拔变化而变化<sup>[1]</sup>。Regina 等针对巴西 Cordislandia(873 m)和 Caldas(1150 m)两地霞多丽和黑比诺研究发现,较高海拔葡萄总酚含量更高,可溶性固形物和酸度更加平衡,更适于当地起泡葡萄品种的栽培<sup>[9]</sup>。Miguel 等<sup>[10]</sup>也发现高海拔利于葡萄颜色和酚类物质积累。此外海拔对葡萄和葡萄酒香气也会产生巨大影响<sup>[11,12]</sup>, Alessandrini 等<sup>[13]</sup>对意大利 DOCG 地区歌蕾拉研究发现,在 200~380 m 海拔落差内虽只有 1.5~2 °C 温差,但香气差异显著,低海拔葡萄特征香气含量少,高海拔葡萄由于其更丰富的花香而更受青睐。高海拔下的 UV-B 辐射还能提高葡萄抗氧化能力<sup>[14]</sup>。Xing 等<sup>[15]</sup>研究了我国西南产区的葡萄酚类,发现较高海拔利于花青素和酚类合成。Mateus 等<sup>[16]</sup>还发现海拔会影响不同聚合度的原花色素含量。

中国 90% 葡萄产区都属于温带大陆性或季风气候,相比欧美而言,不利于葡萄产业发展<sup>[15]</sup>。而香格里拉产区土壤肥沃、日照充足、有较大的昼夜温差和紫外辐射,且采收期一般少雨,利于高品质葡萄和葡萄酒生产,并且其巨大的海拔差异(1500~3300 m)更有利于发展不同风格的葡萄酒,这使该地区成为了葡萄酒行业关注的热点<sup>[17]</sup>。

香气和酚类物质是葡萄和葡萄酒中两大重要成

分,也是影响葡萄酒品质的关键因素<sup>[13]</sup>。大量研究已表明,复杂的香气和酚类物质不仅与葡萄酒的色泽、酒体特性等密切相关,还是构成抗氧化、防疾病等功效的重要成分,而其含量和组成与产地条件密不可分<sup>[2,7]</sup>。

虽然越来越多的人开始研究海拔对葡萄与葡萄酒品质的影响,但其收集的往往只是一个或部分试验点的数据,不能指导不同地区的生产实践,且有些地区的结论也并不一致<sup>[15,18]</sup>;对于香格里拉地区葡萄酒香气及酚类特点研究更是相对较少。因此,本文针对香格里拉地区不同海拔葡萄酒的香气及酚类物质进行研究,期望对于该地以及世界其他高海拔产区优质葡萄和葡萄酒的生产起到一定的启发作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试品种为赤霞珠(Cabernet Sauvignon),根据糖酸比确定葡萄最佳成熟度,于 2014 年 10 月采收。葡萄浆果分别采自云南省迪庆州叶日、斯农、东水、苏鲁、西当和果念等 6 个不同海拔高度的村庄。各试验点海拔及经纬度信息如表 1 所示。

### 1.2 酿造工艺

按照风味、成熟度以及酿酒师品尝将西当村葡萄园分为 A、B 两级(总体而言 A 级葡萄成熟度略低于 B 级葡萄,结合酿酒师偏好),分别采收。叶日、斯农、东水、苏鲁、西当-A 及果念葡萄采用 Y 工艺酿造;西当-B 葡萄分别采用 X、Y 两种不同工艺进行酿造。不同工艺关键控制点如表 2 所示。

表 1 试验点基本情况

Table 1 Introduction of the test sites

实验点	叶日村	斯农村	东水村	苏鲁村	西当村	果念村
海拔/m	2706	2400	2350	2300	2293	2209
经度(E)	98°08'23"	98°47'54"	99°08'15"	99°08'14"	98°49'39"	98°52'21"
纬度(N)	28°24'04"	28°29'15"	28°24'16"	28°40'44"	28°26'22"	28°18'47"

表 2 不同工艺关键控制点

Table 2 Key control points of different brewing processes

		工艺 X	工艺 Y
前期冷浸渍	浸渍时间	2 d 左右	2~3 d
	温度	17 °C 左右	15~18 °C
	处理	冷浸渍期间一般不做处理	根据原料卫生情况,每天循环 1~2 次

转下页

接上页			
发酵温度	接种	20~22 °C	18~20 °C
	发酵前期	22~25 °C	20~25 °C
	主发酵期	25~28 °C	26~28 °C
	发酵后期	28~30 °C	26~29 °C
大循环	开始时间	波美度约 10	比重约 1020
发酵结束后	时间	3~5 d	5~7 d
	温度	22~25 °C	26~29 °C
带皮浸渍	每天循环次数	不循环	1~2 次
辅料	果胶酶	除梗破碎不使用果胶酶	EXV 果胶酶; 20~30×10 <sup>-6</sup>
	硫	偏重亚硫酸钾 100~150×10 <sup>-6</sup>	亚硫酸, 0.6~0.8 L/T
	橡木制品	橡木粉, 根据实际品尝确定量	橡木片, 按照葡萄 1.7 公斤/吨左右
	酵母	混合酵母 AC 和 B0213	单一 BDX 酵母
	单宁添加时间	发酵中分次添加	发酵前期添加
	发酵营养剂 (FN502)	共约 200×10 <sup>-6</sup> , 分次添加	发酵中后期添加; 各 100×10 <sup>-6</sup> 左右

### 1.3 试剂与仪器

单体酚及单体花色苷标准品; 购自 Sigma (Chemical Co., St. Louis, USA) 公司。甲醇、乙腈、甲酸和乙酸为色谱纯, 购 Fisher (Faidawn, NJ, USA) 公司; 乙酸乙酯、硫酸铜、氢氧化钠、乙醇和氯化钠为分析纯, 购自北京化学试剂公司; 福林-肖卡购自广州莱裕生物科技有限公司; 浓硫酸、葡萄糖、基准邻苯二甲酸氢钾和浓盐酸购自深圳市捷讯化工有限公司; 2-辛醇为色谱纯, 购自天津科密欧化学试剂开发中心。

Agilent 1100 高效液相色谱仪-质谱(HPLC-MS)联用仪, 美国安捷伦公司; AS3120B 超声波脱气机, 天津奥特赛恩斯仪器有限公司; UV-1800 紫外/可见分光光度计, 岛津公司; R206 旋转蒸发仪, 上海申生科技有限公司; SJIA-10N-50A 实验室台式冻干机, 宁波市双嘉仪器有限公司; 5804R 低温冷冻离心机, 北京酶阿查生物控股有限公司。

### 1.4 项目测定及方法

#### 1.4.1 葡萄基本理化指标的测定

斐林试剂热滴定法测葡萄含糖量; NaOH 滴定法测葡萄含酸量, 以酒石酸计; 酸度计法测定 pH 值; 酒精计法测酒精度; 蒸馏法测干浸出物; 直接碘量法测 SO<sub>2</sub><sup>[19]</sup>。

#### 1.4.2 总酚、单宁和总花色苷测定

总酚: 福林-肖卡法 ( $\lambda=765$  nm), 结果用没食子酸(GE)表示<sup>[20]</sup>;

总单宁: 甲基纤维素沉淀法 ( $\lambda=280$  nm), 结果以每升葡萄酒中含有的单宁酸表示<sup>[21]</sup>;

总花色苷: pH 示差法 ( $\lambda=520$  nm, 700 nm), 矢

车菊素-3-葡萄糖苷(CGE)表示<sup>[22]</sup>;

总类黄酮 (TFO): NaNO<sub>2</sub>-Al(Cl)<sub>3</sub> 法测定, 结果用儿茶素等价(CE)表示<sup>[23]</sup>;

总黄烷醇 (TFA): DMACA 法测定, 结果用儿茶素等价(CE)表示<sup>[24]</sup>。

#### 1.4.3 单体酚及单体花色苷的测定

单体酚的测定参照张星星等<sup>[25]</sup>的 UPLC 法进行。色谱条件如下: 进样量 10  $\mu$ L; Agilent ZORBAX SB-C18 色谱柱 (4.6 mm×250 mm, 5  $\mu$ m); 流动相 A, 2%冰醋酸水溶液; 流动相 B, 色谱乙腈; 检测波长为 280 nm, 流速为 1 mL/min, 柱温 30 °C。洗脱程序: 0~20 min, B 为 3%~5%; 20~35min, B 为 5%~15%; 35~50 min, B 为 15%~30%; 50~65 min, B 为 30%~30%; 65~75 min, B 为 30%~0%。

单体花色苷的测定参照王贞强等<sup>[26]</sup>的方法略作修改。样品用 0.45  $\mu$ m 的滤膜过滤提取。色谱条件: 进样体积 20  $\mu$ L; 色谱柱: Zorbax C 18 250\*4.6 i.d.; 流动相 A: 10%甲酸水溶液; 流动相 B: 10%甲酸乙腈溶液; 检测波长 520 nm, 流速 1 mL/min, 柱温 30 °C。洗脱程序: 0~45 min, B 为 10%; 45~46 min, B 为 60%; 46~50 min, B 为 100%; 50~55 min, B 为 10%。

#### 1.4.4 葡萄中香气物质的检测

用搅拌棒固相萃取-气质联用技术(SBSE-GC-MS)检测香气物质<sup>[27]</sup>。

取 10 mL 供试酒样置于 15 mL 样品瓶中, 加入 2 g NaCl, 加入 10  $\mu$ L 内标物 2-辛醇, 放入搅拌转子, 密闭样品瓶, 置于磁力搅拌器上, 室温条件下进行萃取, 转子转速 1100 r/min, 萃取 60 min。

GC 条件: 以 He 为载气, 流速 1 mL/min; 色谱柱 DB-WAX 30 m×0.25 mm×0.25  $\mu$ m; 升温程序为,



40 ℃ 3 min, 4 ℃/min 升至 160 ℃, 再以 7 ℃/min 升至 230 ℃, 保持 8 min; 连接杆温度 230 ℃; 脱附流速 45 mL/min; 加热阀温度 245 ℃; 脱附管温度 270 ℃; 传输线温度 255 ℃; 冷阱捕集温度 -30 ℃; 出口分流比为 3:1。

MS 条件: 全扫描, 范围为 43~450 u, 每秒扫描 1 次; 离子源温度 230 ℃; 电子能量 70 eV; 灯丝流量 0.2 mA; 检测器电压 350 V。

## 1.5 数据处理

使用 Microsoft office 2010、SPSS 21.0 软件处理试验数据。Duncan's 新复极差法进行显著性分析,  $p < 0.05$  为显著性差异, 每个处理 3 个重复, 结果以“平均值±标准差”表示。

## 2 结果与讨论

### 2.1 基本理化指标

由表 3 可知, 各葡萄酒样如糖、酸、pH、酒度和游离 SO<sub>2</sub> 等均符合国标要求<sup>[26]</sup>。随着海拔升高, 残糖呈下降趋势, 但差异不显著, 且略有上下浮动; 含酸量与干浸出物上下波动, 但无明显趋势; 而 Regina 等人<sup>[9]</sup>认为低海拔下较高的温度能促进可溶性固形物的积累和苹果酸的降解, 高海拔有利于糖酸平衡。与西当-B 相比, 西当-A 残糖略低, 含酸量略高; 而工艺 X 比工艺 Y 含糖量略低, 含酸量略高。

### 2.2 海拔对葡萄酒中酚类物质的影响

由表 4 可知, 除苏鲁外, 随着海拔上升, 总酚、总类黄酮、总花色苷含量均呈上升趋势, 总黄烷醇含量呈现出一定的下降趋势, 中间有上下波动。酒中的酚类物质大部分来自于果实, 本试验结果与 Xing 等<sup>[15]</sup>针对同一地区葡萄果实的研究结果基本一致 (除黄烷

醇外), 因此在一定程度上也证明了前人的观点<sup>[11,14,15]</sup>; 而蒋宝等人<sup>[29]</sup>对于黄土高原地区葡萄中酚类物质的研究结果却显示, 除花色苷外, 各项酚类物质含量均随海拔升高而降低, 其原因可能是由于不同试验点巨大的海拔差异以及土壤等因素的共同影响所致<sup>[15]</sup>。通常海拔越高光照越强<sup>[30]</sup>, 温度和湿度越低<sup>[31]</sup>, 昼夜温差越大, 还可能伴有更极端的环境条件, 所有这些都是影响类黄酮积累的重要因素<sup>[15]</sup>。黄酮类化合物能有效地吸收 UV-B 辐射, 高海拔地区丰富的 UV-B 辐射可能会导致花青素和黄酮醇在葡萄皮中的积累<sup>[15,32]</sup>。与低海拔相比, 高海拔产地的强光、低温及较大的昼夜温差更有利于葡萄果皮增厚和花色苷等酚类物质的积累<sup>[15]</sup>; 就单宁而言, 其含量在总体上呈下降趋势, 这与其他作者研究结果一致<sup>[29]</sup>, 但其含量随海拔升高下降并不剧烈, 说明海拔对酒中单宁含量影响不显著。与西当-A 相比, 西当-B 总酚、总黄类黄酮含量略高, 总黄烷醇、总花色苷、总单宁含量略低; 与西当-B-Y 相比, 西当-B-X 的总酚和总单宁含量较高, 总类黄酮含量较低, 总黄烷醇与总花色苷含量相近。在中等海拔条件下, 苏鲁总酚、总类黄酮含量却比其他样品都高, 总黄烷醇、总花色苷和总单宁含量也较高, 这可能是该地区土质、地形及微气候更适合酚类物质发育所致。同一产地不同工艺、相同工艺不同海拔酒样均显示出了一定的差别, 其原因是由降水、温度、地形、土质及栽培措施等因素的综合影响所致, 由此可知, 葡萄栽培要从品种、产地气候特性和管理技术等多方面综合考虑, 而根据不同产地来源的葡萄原料, 又需根据具体情况调整工艺条件, 由此才能酿造出高品质的葡萄酒。

为进一步研究海拔及工艺差异对葡萄酒中酚类物质的影响, 对葡萄酒中 10 种主要单体酚类物质和 9 种单体花色苷类物质进行测定。

表 3 不同海拔及工艺条件下葡萄酒的基本理化指标

Table 3 The basic physicochemical indexes of wine under different cultivation altitudes and brewing processes

	残糖/(g/L)	总酸/(g/L)	挥发酸/(mg/L)	pH	干浸出物/(g/L)	游离 SO <sub>2</sub> /(mg/L)	酒度(V/V, %)
叶日	1.47±0.17 <sup>a</sup>	9.43±0.69 <sup>a</sup>	0.25±0.08 <sup>a</sup>	3.10±0.42 <sup>a</sup>	25.82±3.98 <sup>c</sup>	19.24±0.74 <sup>b</sup>	10.62 <sup>a</sup>
斯农	1.55±0.33 <sup>a</sup>	9.15±0.66 <sup>a</sup>	0.34±0.07 <sup>a</sup>	3.28±0.49 <sup>a</sup>	27.40±2.21 <sup>b</sup>	23.64±2.33 <sup>ab</sup>	11.26 <sup>a</sup>
东水	1.53±0.25 <sup>a</sup>	8.78±0.84 <sup>a</sup>	0.22±0.08 <sup>a</sup>	3.56±0.28 <sup>a</sup>	27.35±0.79 <sup>b</sup>	25.96±4.53 <sup>a</sup>	10.74 <sup>a</sup>
苏鲁	1.56±0.03 <sup>a</sup>	9.17±0.35 <sup>a</sup>	0.31±0.05 <sup>a</sup>	3.24±0.13 <sup>a</sup>	28.84±5.22 <sup>a</sup>	20.49±3.16 <sup>b</sup>	11.83 <sup>a</sup>
西当-A	1.58±0.08 <sup>a</sup>	9.06±1.01 <sup>a</sup>	0.28±0.01 <sup>a</sup>	3.36±0.87 <sup>a</sup>	27.33±7.37 <sup>b</sup>	21.92±3.73 <sup>b</sup>	11.19 <sup>a</sup>
西当-B-Y	1.73±0.51 <sup>a</sup>	8.89±0.32 <sup>a</sup>	0.26±0.03 <sup>a</sup>	3.42±0.83 <sup>a</sup>	29.43±2.86 <sup>a</sup>	22.73±5.58 <sup>b</sup>	11.35 <sup>a</sup>
西当-B-X	1.62±0.24 <sup>a</sup>	9.23±0.62 <sup>a</sup>	0.31±0.12 <sup>a</sup>	3.12±0.45 <sup>a</sup>	28.42±1.27 <sup>ab</sup>	19.75±1.20 <sup>bc</sup>	10.82 <sup>a</sup>
果念	1.85±0.15 <sup>a</sup>	9.12±0.73 <sup>a</sup>	0.23±0.02 <sup>a</sup>	3.31±0.14 <sup>a</sup>	31.00±4.56 <sup>a</sup>	17.41±6.83 <sup>d</sup>	11.65 <sup>a</sup>

注: 采用 Duncan's 新复极差法分析, 同一列不同字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。

表4 不同海拔及工艺条件下葡萄酒的总酚类物质

Table 4 Total phenolic compounds in wine under different cultivation altitudes and brewing processes

产地	总酚/(mg/L)TP	总类黄酮/(mg/L)TFO	总黄烷醇/(mg/L)TFA	总花色苷/(mg/L)TA	总单宁/(mg/L)TFA
叶日	1773.98±13043 <sup>ab</sup>	1763.53±65.80 <sup>b</sup>	183.38±34.44 <sup>c</sup>	342.76±23.09 <sup>a</sup>	2453.77±127.51 <sup>ab</sup>
斯农	1863.80±40.82 <sup>a</sup>	1634.12±22.63 <sup>bc</sup>	255.07±11.30 <sup>b</sup>	299.82±30.11 <sup>a</sup>	2580.25±64.65 <sup>a</sup>
东水	1676.76±88.09 <sup>b</sup>	1518.43±139.09 <sup>c</sup>	279.41±63.65 <sup>a</sup>	295.78±8.32 <sup>a</sup>	2669.07±133.64 <sup>a</sup>
苏鲁	1787.87±20.55 <sup>a</sup>	1983.14±27.62 <sup>a</sup>	295.09±21.57 <sup>a</sup>	290.34±12.06 <sup>a</sup>	2718.89±42.56 <sup>a</sup>
西当-A	1682.31±201.32 <sup>b</sup>	1681.18±156.21 <sup>b</sup>	277.13±24.62 <sup>ab</sup>	258.90±15.77 <sup>b</sup>	2639.56±80.39 <sup>a</sup>
西当-B-Y	1556.39±25.53 <sup>c</sup>	1414.51±253.22 <sup>d</sup>	310.72±10.63 <sup>a</sup>	275.62±30.53 <sup>ab</sup>	2688.74±215.56 <sup>a</sup>
西当-B-X	1606.57±56.26 <sup>bc</sup>	1349.80±90.42 <sup>d</sup>	303.53±50.24 <sup>a</sup>	271.36±8.27 <sup>b</sup>	2705.14±178.31 <sup>a</sup>
果念	1470.28±74.31 <sup>d</sup>	973.33±19.42 <sup>e</sup>	327.09±4.21 <sup>a</sup>	259.63±35.15 <sup>b</sup>	2816.61±24.73 <sup>a</sup>

注: 采用 Duncan's 新复极差法分析, 同一列不同字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。

由表5可知, 几种不同海拔及工艺条件下的葡萄酒样中均检测到了10种单体酚, 其中类黄酮类包括3种即儿茶素、芦丁和槲皮素, 含量占到单体酚总量的49.97~56.03%。随着海拔升高, 儿茶素和槲皮素含量呈上升趋势, 中间有上下浮动, 芦丁含量略有下降, 这与 Xing 等结果一致<sup>[15]</sup>; 除个别试验点外, 类黄酮类单体酚占单体酚总量的比例呈现出一定的上升趋势; 西当-A、西当-B-X、西当-B-Y 类黄酮类单体酚无明显差别。非类黄酮类单体酚包括羟基苯甲酸(32.83~38.84%)和羟基肉桂酸(10.16~11.96%)两类, 在各酒样中均有检出。随着海拔上升, 丁香酸、水杨酸和咖啡酸含量呈现出了一定的上升趋势, 中间略有浮动; 其他则有略微的下降, 但幅度均不大(约1.8~4.5 mg/L)。西当-A 中羟基肉桂酸含量比西当-B 高约4 mg/L, 其非类黄酮类单体酚总量也比大多数酒样高。虽然随着海拔上升, 羟基苯甲酸含量的变化规律并不明显, 但其在单体酚总量中所占比例却有一定的上升趋势, 羟基肉桂酸所占比例无明显变化。非类黄酮类所占比例以及单体酚类总量均显示出一定的上升趋势, 最高海拔与最低海拔酒样中单体酚总量相差约22 mg/L。

与陕西、山西(800~1300 m)<sup>[29,33]</sup>、河北<sup>[34]</sup>以及山东龙口(10~15 m)<sup>[35]</sup>等产地的试验结果相比, 本实验酒样儿茶素含量较高, 而比玛纳斯地区(350~400 m)<sup>[36]</sup>葡萄酒儿茶素含量(400~550 mg/L)低; 芦丁、

槲皮素、水杨酸和丁香酸含量差异不明显; 没食子酸、安息香酸、香豆酸和阿魏酸居于中等含量。虽然本试验与其他几个试验所进行的年份及处理方式等均不同, 影响了其可比性, 但这也能在一定程度上间接地说明不同产地的巨大差异, 应根据不同产地条件调整栽培及工艺措施。

就单体花色苷而言(表6), 随着海拔上升, 二甲花翠素-3-咖啡酰化-葡萄糖含量略为下降, 甲基花青素-3-乙酰化-葡萄糖含量变化无明显规律, 除此之外, 其他7种单体花色苷均显示出不同程度的上升趋势, 单体花色苷总量也随海拔升高而呈现上升的趋势, 最高海拔与最低海拔之间相差约32 mg/L, 其他作者有类似结果<sup>[14,15]</sup>, 这也从另一个角度与总花色苷含量变化的实验结果产生呼应; Xing 等<sup>[15]</sup>人结果还证明高海拔产地葡萄含有更高水平的非酰化花色苷, 高海拔有助于葡萄酒色泽稳定性的提升。就工艺而言, 除个别酒样外, 西当-A 中大多数单体花色苷含量以及花色苷总量均比西当-B 含量高, 而除花青素-3-葡萄糖苷和甲基花翠素-3-葡萄糖苷含量差别不大外, 西当 B-Y 的单体花色苷及总量均比西当-B-X 高。

### 2.3 海拔对葡萄酒中香气物质的影响

通过分析, 8种酒样中共检测出26种香气物质, 包括酯类10种、醇类6种、酸类6种、醛酮及萜烯类4种, 结果见表7。

表5 不同海拔及工艺条件下葡萄酒的单体酚含量(mg/L)

Table 5 Contents of monomeric phenols in wine under different cultivation altitudes and brewing processes (mg/L)

单体酚	叶日	斯农	东水	苏鲁	西当-A	西当-B-Y	西当-B-X	果念	
类黄酮类	儿茶素	107.77±4.22 <sup>a</sup>	100.06±1.09 <sup>a</sup>	102.87±1.06 <sup>a</sup>	99.30±4.56 <sup>a</sup>	98.73±0.25 <sup>a</sup>	98.64±1.09 <sup>a</sup>	85.34±3.78 <sup>b</sup>	85.34±3.78 <sup>b</sup>
	芦丁	5.76±0.11 <sup>b</sup>	6.41±0.08 <sup>b</sup>	6.66±0.37 <sup>b</sup>	7.56±0.52 <sup>a</sup>	7.29±0.03 <sup>a</sup>	7.76±0.16 <sup>a</sup>	8.35±0.06 <sup>a</sup>	8.35±0.06 <sup>a</sup>
	槲皮素	8.27±0.01 <sup>a</sup>	7.12±0.27 <sup>b</sup>	6.67±0.22 <sup>b</sup>	6.61±0.21 <sup>b</sup>	6.23±1.09 <sup>c</sup>	7.05±0.23 <sup>b</sup>	5.36±0.62 <sup>d</sup>	5.36±0.62 <sup>d</sup>
	类黄酮类总量	121.80(55.33%)	113.59(51.76%)	116.20(56.03%)	113.47(52.16%)	112.25(53.09%)	113.46(53.41%)	99.05(49.97%)	99.05(49.97%)
非类黄酮类	没食子酸	25.05±2.10 <sup>b</sup>	28.50±0.08 <sup>a</sup>	30.59±1.03 <sup>a</sup>	28.39±0.07 <sup>a</sup>	29.21±2.04 <sup>a</sup>	28.60±1.12 <sup>a</sup>	29.94±0.09 <sup>a</sup>	29.94±0.09 <sup>a</sup>
	安息香酸	15.07±0.03 <sup>cd</sup>	16.25±1.20 <sup>c</sup>	17.06±1.31 <sup>c</sup>	20.60±0.91 <sup>b</sup>	21.57±0.64 <sup>ab</sup>	24.55±0.02 <sup>a</sup>	22.03±0.04 <sup>a</sup>	22.03±0.04 <sup>a</sup>
	丁香酸	10.82±1.39 <sup>b</sup>	13.78±0.14 <sup>a</sup>	9.50±0.20 <sup>b</sup>	9.45±0.28 <sup>b</sup>	8.65±0.33 <sup>b</sup>	6.91±0.90 <sup>c</sup>	7.70±1.10 <sup>bc</sup>	7.70±1.10 <sup>bc</sup>
	水杨酸	21.34±3.55 <sup>a</sup>	21.19±0.31 <sup>a</sup>	21.42±0.50 <sup>a</sup>	19.83±0.37 <sup>ab</sup>	18.26±1.14 <sup>b</sup>	17.08±1.03 <sup>b</sup>	17.32±2.09 <sup>b</sup>	17.32±2.09 <sup>b</sup>
	羟基苯甲酸类	72.28(32.83%)	79.72(36.33%)	79.57(38.37%)	78.27(35.98%)	77.69(36.75%)	77.14(36.31%)	76.99(38.84%)	76.99(38.84%)
	咖啡酸	14.05±1.64 <sup>a</sup>	13.06±0.06 <sup>a</sup>	13.18±0.88 <sup>a</sup>	11.61±1.32 <sup>b</sup>	6.80±0.30 <sup>c</sup>	6.46±0.43 <sup>c</sup>	6.00±0.25 <sup>c</sup>	6.00±0.25 <sup>c</sup>
	香豆酸	1.60±0.08 <sup>b</sup>	1.80±0.01 <sup>b</sup>	2.47±0.17 <sup>a</sup>	2.65±0.05 <sup>a</sup>	3.08±0.39 <sup>a</sup>	3.11±0.13 <sup>a</sup>	3.37±0.42 <sup>a</sup>	3.37±0.42 <sup>a</sup>
	阿魏酸	10.42±0.59 <sup>a</sup>	11.27±2.08 <sup>a</sup>	11.63±0.80 <sup>a</sup>	11.53±0.19 <sup>a</sup>	11.61±0.31 <sup>a</sup>	12.17±1.42 <sup>a</sup>	12.81±2.44 <sup>a</sup>	12.81±2.44 <sup>a</sup>
	羟基肉桂酸类	26.07(11.84%)	26.13(11.91%)	27.28(13.15%)	25.79(11.86%)	21.49(10.16%)	21.74(10.23%)	22.18(11.19%)	22.18(11.19%)
	非类黄酮类总量	98.35(44.67%)	105.85(48.24%)	91.20(43.97%)	104.06(47.83%)	99.18(46.91%)	98.88(46.55%)	99.17(50.03%)	99.17(50.03%)
	单体酚总量	220.15 <sup>a</sup>	219.44 <sup>a</sup>	207.40 <sup>ab</sup>	217.53 <sup>a</sup>	211.43 <sup>a</sup>	212.43 <sup>a</sup>	198.22 <sup>b</sup>	198.22 <sup>b</sup>

注: 采用 Duncan's 新复极差法分析, 同一行不同字母表示差异显著 ( $p<0.05$ )。

表6 不同海拔及工艺条件下葡萄酒的单体花色苷含量

Table 6 Contents of monomer anthocyanins in wine under different cultivation altitudes and brewing processes (mg/L)

	叶日	斯农	东水	苏鲁	西当-A	西当-B-Y	西当-B-X	果念
花翠素-3-葡萄糖苷	14.71±0.34 <sup>a</sup>	15.41±1.22 <sup>a</sup>	14.44±0.93 <sup>a</sup>	14.04±0.63 <sup>a</sup>	13.17±0.07	13.97±0.14 <sup>a</sup>	13.31±1.09 <sup>ab</sup>	12.31±1.56 <sup>b</sup>
花青素-3-葡萄糖苷	1.58±0.11 <sup>a</sup>	1.38±0.07 <sup>a</sup>	1.06±0.18 <sup>b</sup>	1.18±0.21 <sup>a</sup>	1.06±0.02 <sup>b</sup>	0.78±0.10	0.91±0.03 <sup>b</sup>	0.62±0.01 <sup>c</sup>
甲基花翠素-3-葡萄糖苷	7.48±0.42 <sup>a</sup>	7.26±0.09 <sup>a</sup>	6.52±0.74 <sup>b</sup>	6.32±0.18 <sup>b</sup>	6.16±0.32 <sup>b</sup>	6.14±1.77 <sup>b</sup>	6.16±1.52 <sup>b</sup>	6.18±0.08 <sup>b</sup>
甲基花青素-3-葡萄糖苷	7.17±1.35 <sup>a</sup>	6.56±0.39 <sup>a</sup>	6.80±0.76 <sup>a</sup>	6.24±0.02 <sup>a</sup>	6.05±0.12 <sup>ab</sup>	5.47±0.44 <sup>b</sup>	5.56±0.24 <sup>b</sup>	5.39±1.03 <sup>b</sup>
二甲花翠素-3-葡萄糖苷	104.96±6.98 <sup>a</sup>	99.03±3.08 <sup>ab</sup>	93.78±1.34 <sup>b</sup>	96.46±0.39 <sup>b</sup>	98.43±1.35 <sup>ab</sup>	91.70±4.15 <sup>b</sup>	87.83±0.66 <sup>bc</sup>	89.36±1.10 <sup>b</sup>
甲基花青素-3-乙酰化-葡萄糖	1.36±0.42 <sup>c</sup>	2.39±0.52 <sup>ab</sup>	1.26±0.18 <sup>c</sup>	2.15±0.57 <sup>b</sup>	3.06±0.03 <sup>a</sup>	2.51±0.40 <sup>a</sup>	1.69±0.19 <sup>c</sup>	1.33±0.04 <sup>c</sup>
二甲花翠素-3-乙酰化-葡萄糖	36.98±4.44 <sup>a</sup>	33.97±5.53 <sup>b</sup>	31.15±2.16 <sup>b</sup>	31.68±0.45 <sup>b</sup>	30.69±1.94 <sup>b</sup>	28.85±2.62 <sup>bc</sup>	26.84±0.59 <sup>c</sup>	26.89±1.31 <sup>c</sup>
甲基花青素-3-咖啡酰化-葡萄糖	0.82±0.02 <sup>a</sup>	0.78±0.30 <sup>a</sup>	0.66±0.05 <sup>a</sup>	0.54±0.07 <sup>a</sup>	0.57±0.20 <sup>a</sup>	0.53±0.21 <sup>ab</sup>	0.43±0.07 <sup>b</sup>	0.41±0.09 <sup>b</sup>
二甲花翠素-3-咖啡酰化-葡萄糖	2.28±0.53 <sup>c</sup>	2.81±1.32 <sup>ab</sup>	2.09±0.46 <sup>c</sup>	2.56±0.80 <sup>b</sup>	3.12±1.01 <sup>a</sup>	2.57±0.28 <sup>ab</sup>	3.03±0.55 <sup>a</sup>	3.34±0.16 <sup>a</sup>
总量	177.34 <sup>a</sup>	169.59 <sup>a</sup>	157.76 <sup>ab</sup>	161.17 <sup>a</sup>	162.31 <sup>a</sup>	152.52 <sup>ab</sup>	145.76 <sup>b</sup>	145.83 <sup>b</sup>

注: 采用 Duncan's 新复极差法分析, 同一行不同字母表示差异显著 ( $p<0.05$ )。

表7 不同海拔及工艺条件下葡萄酒香气物质

Table 7 Aroma substances in wine under different cultivation altitudes and brewing processes

化合物	相对含量/%									嗅觉阈值 ( $\mu\text{m/L}$ )	感官特点
	保留时间/min	东水		苏鲁		西当-A		西当-B			
<b>酯类</b>											
乙酸乙酯	3.23	0.77±0.21 <sup>c</sup>	3.25±0.10 <sup>b</sup>	2.74±0.11 <sup>bc</sup>	4.33±0.08 <sup>a</sup>	3.83±0.24 <sup>a</sup>	2.13±0.24 <sup>d</sup>	2.72±0.26 <sup>c</sup>	3.49±0.04 <sup>ab</sup>	7500	甜美水果味、菠萝香、樱桃香
丁酸乙酯	5.6	0.38±0.09 <sup>a</sup>	0.42±0.03 <sup>a</sup>	0.37±0.01 <sup>ab</sup>	0.45±0.02 <sup>a</sup>	0.46±0.06 <sup>a</sup>	0.36±0.05 <sup>b</sup>	0.27±0.15 <sup>c</sup>	0.39±0.03 <sup>a</sup>	20	甜美水果味、苹果香、菠萝香
乙酸异戊酯	7.58	3.90±0.31 <sup>a</sup>	2.04±0.08 <sup>b</sup>	1.53±0.25 <sup>c</sup>	1.59±0.14 <sup>bc</sup>	2.13±0.21 <sup>b</sup>	2.48±0.39 <sup>b</sup>	3.71±0.08 <sup>a</sup>	1.38±0.08 <sup>c</sup>	30	甜美水果味、香蕉香、梨香
己酸乙酯	10.66	5.29±0.05 <sup>b</sup>	3.03±0.14 <sup>c</sup>	2.64±0.02 <sup>d</sup>	3.11±0.23 <sup>c</sup>	8.91±0.64 <sup>a</sup>	2.49±0.33 <sup>d</sup>	3.43±0.23 <sup>c</sup>	2.90±0.15 <sup>cd</sup>	5	果香、花香、茴香
乳酸乙酯	4.31	0.08±0.02 <sup>b</sup>	0.15±0.01 <sup>a</sup>	0.17±0.01 <sup>a</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>	0.16±0.02 <sup>a</sup>	0.12±0.01 <sup>ab</sup>	0.13±0.01 <sup>a</sup>	0.12±0.01 <sup>ab</sup>	154 636	愉快的果香、乳香、覆盆子
辛酸乙酯	15.92	10.84±0.91 <sup>a</sup>	6.26±0.43 <sup>b</sup>	4.56±0.06 <sup>d</sup>	6.78±0.93 <sup>b</sup>	3.33±0.50 <sup>e</sup>	5.55±0.64 <sup>c</sup>	6.49±0.23 <sup>b</sup>	5.56±0.16 <sup>c</sup>	250	果香、甜香、奶香
癸酸乙酯	20.63	3.29±0.42 <sup>a</sup>	2.97±0.30 <sup>ab</sup>	2.21±0.07 <sup>b</sup>	3.60±0.03 <sup>a</sup>	2.43±0.40 <sup>b</sup>	3.37±0.44 <sup>a</sup>	3.26±0.05 <sup>a</sup>	2.73±0.12 <sup>b</sup>	200	脂肪味、愉快的果香
丁二酸二乙酯	21.42	4.12±0.09 <sup>c</sup>	4.14±0.34 <sup>c</sup>	2.90±0.10 <sup>d</sup>	7.84±2.57 <sup>b</sup>	2.99±0.93	4.93±0.45 <sup>c</sup>	3.38±0.07 <sup>d</sup>	11.13±0.63 <sup>a</sup>	500 000	清凉水果味
乙酸苯乙酯	23.74	0.63±0.01 <sup>ab</sup>	0.43±0.03 <sup>b</sup>	0.40±0.04 <sup>b</sup>	0.35±0.08 <sup>b</sup>	0.42±0.11 <sup>b</sup>	0.68±0.06 <sup>a</sup>	1.08±0.06 <sup>a</sup>	0.41±0.02 <sup>b</sup>	650	玫瑰花香、热带水果香、蜜香
羟基-3-甲基辛酸内酯	25.93	0.22±0.01 <sup>a</sup>	0.16±0.00 <sup>b</sup>	0.25±0.00 <sup>a</sup>	0.16±0.01 <sup>b</sup>	0.17±0.01 <sup>ab</sup>	0.08±0.01 <sup>c</sup>	0.14±0.01 <sup>b</sup>	0.14±0.01 <sup>b</sup>	40	椰子、焙烤坚果、奶香
酯类总量		29.52 <sup>a</sup>	22.85 <sup>b</sup>	17.77 <sup>c</sup>	28.31 <sup>a</sup>	24.83 <sup>b</sup>	22.19 <sup>b</sup>	24.61 <sup>b</sup>	28.25 <sup>a</sup>		
酯类百分比		51.91% <sup>b</sup>	43.99% <sup>c</sup>	41.37% <sup>c</sup>	54.26% <sup>b</sup>	61.45% <sup>a</sup>	54.97% <sup>ab</sup>	53.04% <sup>b</sup>	57.12% <sup>a</sup>		
<b>醇类</b>											
异戊醇	10.32	10.19±3.28 <sup>b</sup>	16.78±1.67 <sup>a</sup>	16.36±0.64 <sup>a</sup>	13.29±1.34 <sup>b</sup>	6.72±1.26 <sup>d</sup>	10.00±1.44 <sup>c</sup>	13.11±0.84 <sup>b</sup>	13.76±0.33 <sup>b</sup>	40 000	杂醇油的醇香、醚香
正己醇	13.9	0.69±0.04 <sup>a</sup>	0.45±0.06 <sup>b</sup>	0.46±0.00 <sup>b</sup>	0.33±0.01 <sup>bc</sup>	0.30±0.00 <sup>c</sup>	0.20±0.02 <sup>c</sup>	0.23±0.00 <sup>c</sup>	0.43±0.01 <sup>b</sup>	8 000	青草味、生青味
正辛醇	19	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	0.05±0.01 <sup>b</sup>	0.06±0.00 <sup>ab</sup>	120	柑橘香、玫瑰花香、油脂味
壬醇	21.25	-	0.13±0.01 <sup>a</sup>	0.15±0.01 <sup>a</sup>	0.12±0.03 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>b</sup>	-	0.07±0.01 <sup>b</sup>	0.13±0.01 <sup>a</sup>		玫瑰香、橙香、淡油脂味
癸醇	22.95	0.19±0.02 <sup>a</sup>	0.15±0.01 <sup>a</sup>	0.16±0.01 <sup>a</sup>	0.17±0.04 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>b</sup>	0.09±0.02 <sup>b</sup>	0.11±0.01 <sup>b</sup>	0.14±0.01 <sup>ab</sup>	0.4	甜香、花香、果香
庚醇	16.49	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.10±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	0.07±0.00 <sup>a</sup>		淡油脂味、带有辛辣味
醇类总量		11.23 <sup>c</sup>	17.67 <sup>a</sup>	17.29 <sup>a</sup>	14.01 <sup>b</sup>	7.2 <sup>d</sup>	10.29 <sup>c</sup>	13.57 <sup>b</sup>	14.59 <sup>b</sup>		
醇类百分比		19.75% <sup>d</sup>	34.02% <sup>b</sup>	40.26% <sup>a</sup>	26.85% <sup>c</sup>	17.82% <sup>d</sup>	25.49% <sup>c</sup>	29.25% <sup>c</sup>	29.50% <sup>bc</sup>		

转下页



化合物	相对含量/%									嗅觉阈值 /( $\mu\text{m/L}$ )	感官特点
	保留时间/min	东水	苏鲁	西当-A	西当-B-Y	西当-B-X	果念				
酸类											
辛酸	27.17	5.37 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	3.32 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>	1.97 $\pm$ 0.12 <sup>c</sup>	2.51 $\pm$ 0.28 <sup>b</sup>	1.65 $\pm$ 0.16 <sup>c</sup>	1.79 $\pm$ 0.23 <sup>c</sup>	2.05 $\pm$ 0.12 <sup>bc</sup>	1.23 $\pm$ 1.56 <sup>d</sup>	15	奶酪味、腐败味、臭脂肪酸味
壬酸	28.55	-	0.05 $\pm$ 0.00	-	-	-	-	-	-		不愉快的脂肪味
癸酸	29.89	8.46 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	6.41 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	4.28 $\pm$ 0.25 <sup>c</sup>	5.54 $\pm$ 0.08 <sup>bc</sup>	4.99 $\pm$ 0.54 <sup>c</sup>	4.35 $\pm$ 0.59 <sup>c</sup>	4.56 $\pm$ 0.41 <sup>c</sup>	4.63 $\pm$ 0.26 <sup>c</sup>	8	不愉快的脂肪味
月桂酸	32.1	1.19 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.91 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.93 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	0.98 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	1.01 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	1.01 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	0.86 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	-		月桂油香
异丁酸	7.15	0.11 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	0.21 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.20 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.15 $\pm$ 0.04 <sup>ab</sup>	0.08 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	0.13 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	0.10 $\pm$ 0.01 <sup>bc</sup>	0.15 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>		脂肪味、刺鼻气味
己酸	24.2	0.56 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.41 $\pm$ 0.01 <sup>ab</sup>	0.36 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	0.50 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.41 $\pm$ 0.11 <sup>ab</sup>	0.43 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.45 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.36 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>		腐臭奶酪味、脂肪味
酸类总量		15.69 <sup>a</sup>	11.31 <sup>b</sup>	7.74 <sup>c</sup>	9.68 <sup>bc</sup>	8.14 <sup>c</sup>	7.71 <sup>c</sup>	8.02 <sup>c</sup>	6.37 <sup>c</sup>		
酸类百分比		27.59% <sup>a</sup>	21.78% <sup>b</sup>	18.02% <sup>b</sup>	18.55% <sup>b</sup>	20.14% <sup>b</sup>	19.10% <sup>b</sup>	17.28% <sup>b</sup>	12.88% <sup>c</sup>		
醛酮及萜烯类											
2-辛酮	11.92	0.09 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-	0.08 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	-	0.08 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	20	花香, 绿色水果味
$\beta$ -大马酮	23.84	0.2 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.11 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.15 $\pm$ 0.01 <sup>ab</sup>	0.11 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.10 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	0.10 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.14 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.11 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.05 $\mu\text{g/L}$	甜美的花香
壬醛	14.6	0.06 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	-	-	0.06 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.07 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	-	-	-		橘香、脂肪香、花香
芳樟醇	16.89	0.08 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	0.07 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	-	0.06 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.06 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>		花香、果香、柑桔香
醛酮及萜烯类总量		0.43 <sup>a</sup>	0.11 <sup>c</sup>	0.15 <sup>c</sup>	0.17 <sup>bc</sup>	0.24 <sup>b</sup>	0.18 <sup>b</sup>	0.20 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>		
醛酮及萜烯类百分比		0.76% <sup>a</sup>	0.21% <sup>c</sup>	0.35% <sup>d</sup>	0.33% <sup>d</sup>	0.59% <sup>b</sup>	0.45% <sup>c</sup>	0.43% <sup>c</sup>	0.51% <sup>bc</sup>		
香气总量		56.87 <sup>a</sup>	51.94 <sup>b</sup>	42.95 <sup>c</sup>	52.17 <sup>ab</sup>	40.41 <sup>c</sup>	40.37 <sup>c</sup>	46.40 <sup>bc</sup>	49.46 <sup>b</sup>		

注: 采用 Duncan's 新复极差法分析, 同一行不同字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。



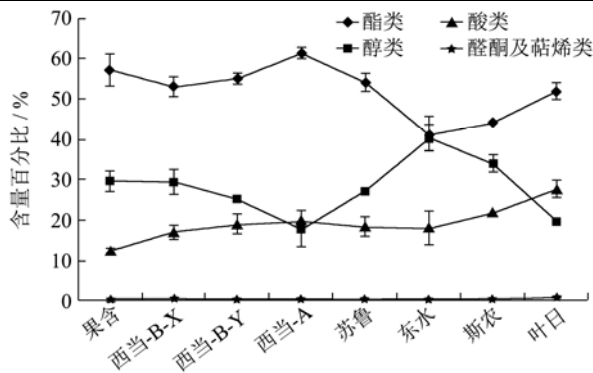


图1 香气物质含量百分比

Fig.1 The percentage of aroma contents

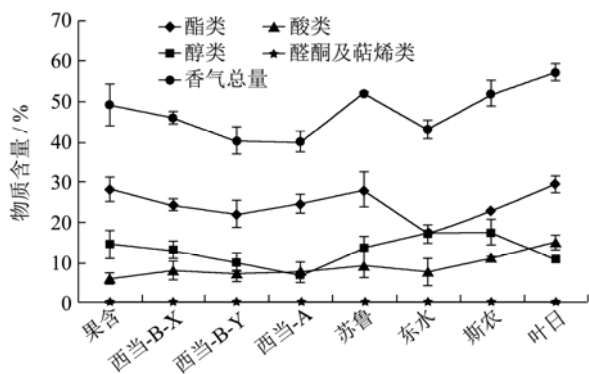


图2 香气物质含量

Fig.2 The content of aroma substances

由表7及图1~2可知,随着海拔升高,酯类物质总量呈现先下降后上升的规律,并且最高海拔葡萄酒中酯类物质比最低海拔还略高,酯类物质占香气总量百分比总体呈现下降趋势。西当-A与西当-B酯类物质含量差别不大,西当-B-Y含量略低于西当-B-X,而西当-A酯类物质百分比却显著高于其他酒样,西当-B-Y略低于西当-B-X。除乳酸乙酯和丁二酸二乙酯外,最高海拔(叶日)酒样中其他8中酯类物质含量均显著高于最低海拔(果念)酒样;而表7中大多数酯类物质的感官特性均为花香、果香等对葡萄酒品质有积极作用的香气,说明高海拔有利于提高酒中的特征香气,此与前人结果一致<sup>[13]</sup>。

醇类物质总量及百分比均呈现先上升后下降的趋势(表7、图1~2),与最低海拔相比,最高海拔酒样中醇类物质含量低约3%。西当-A中醇类物质总含量显著低于西当-B(约3~7%),西当-B-Y醇类物质含量低于西当-B-X,西当-A醇类物质所占百分比显著低于其他酒样,总体来说酒样中醇类物质含量虽海拔升降幅度不大。

酸类物质总含量及百分比均呈现持续上升的趋势(表7、图1~2),最高海拔酒样中酸类物质含量比最低海拔高约9%;西当-A、西当-B-X、西当-B-Y酸类含量无明显差别,而西当-A酸类百分比略高于西当

-B,西当-B-Y略高于西当-B-X。表7中酸类物质大多数带有不愉快的奶酪味、腐败味或油脂味,对葡萄酒的品质有不利作用,辛酸、癸酸等随海拔升高上升幅度还较大,杨晓帆等<sup>[17]</sup>还发现随着海拔增加,一些不利于葡萄和葡萄酒品质的直链脂肪醛类、吡嗪类和支链脂肪族类物质显著升高,带来较明显的生青味,因此在致力于提高有利于葡萄酒品质物质的含量时,同时还应关注不利因素的变化趋势,高海拔地区应适当延迟葡萄果实的采收,以减少葡萄酒的生青味<sup>[17,37]</sup>。

醛酮及萜烯类含量及百分比呈现先下降后上升的规律(表7图1~2),值得注意的是最高海拔酒样(叶日)中四种物质均有检出且总含量远高于其他酒样,而其他酒样中均有1~3种物质未检出,这说明海拔升高可能会促进醛酮及萜烯类物质的合成,这可能与高海拔地区的活动积温较低有关<sup>[11,15]</sup>。西当-A中醛酮及萜烯类含量和百分比均略高于西当-B,而西当-B-Y含量略低于西当-B-X,百分比相似。虽然表7中醛酮及萜烯类含量较低,但其中有些物质的存在也非常重要,其极低的感觉阈值对葡萄酒香气有很大贡献,是葡萄酒特征香气的主要组分<sup>[17,38]</sup>。

在2209~2400 m海拔范围内,香气总量随海拔上升而上下波动,但总体差距不大,而最高海拔(2706)叶日酒样香气总量却显著高于其他海拔。其他研究也发现高海拔能提高果实及酒中香气物质的总量<sup>[11,13,15,17]</sup>。

### 3 结论

对香格里拉产区的6种海拔及2种工艺条件下葡萄酒进行研究,结果表明:

3.1 就海拔而言,高海拔有助于提高葡萄酒中总酚、总类黄酮、总花色苷含量(500 m海拔落差范围内,升高幅度分别约为300 mg/L、700 mg/L和100 mg/L),同时并不会剧烈降低单宁含量(约300 mg/L);儿茶素、槲皮素、丁香酸以及单体酚总量随海拔升高呈现出一定的上升趋势(3~20 mg/L);多数单体花色苷含量(1~15 mg/L)及总量(30 mg/L)也随海拔升高而上升;高海拔还有利于提高酒中香气总量以及对葡萄酒有益的酯类及醛酮和萜烯类物质含量。高海拔有利于提高酒中的颜色稳定性和特征香气含量。此外,苏鲁处于中等海拔,但其总酚(约1788 mg/L)、总类黄酮(约1983 mg/L)含量却比其他样品都高,总单宁、单体酚、单体花色苷以及有益香气物质含量也较高,而有害成分相对较少,是一个较为优质的葡萄酒产地。

3.2 就原料及工艺而言,西当-A总黄烷醇、总花色苷、总单宁含量略高,酯类(61.45%)和醛酮及萜烯

类(0.59%)百分比显著高于其他酒样,并且花色苷总量也比西当-B高(约10~17 mg/L);而西当-B-X的总酚、总单宁、酯类及醛酮和萜烯类含量均高于西当-B-Y。西当-A品质略好于西当-B,而工艺X略优于工艺Y。但同时应注意到西当-A和最高海拔酒样中对品质不利的酸类物质含量也较高。

因此葡萄栽培和葡萄酒酿造要从产地气候、地势、土质、温光和工艺等多方面进行控制,综合分析其影响因素。

## 参考文献

- [1] Falcão L D, Burin V M, Chaves E S, et al. Vineyard altitude and mesoclimate influences on the phenology and maturation of *Cabernet-Sauvignon* grapes from Santa Catarina State [J]. Journal international des sciences de la vigne et du vin, 2010, 44(3): 135-150
- [2] Winkler A J, Cook J A, Kliewer W M, et al. General viticulture [J]. The Quarterly Review of Biology, 1975, 120(50): 453-462
- [3] Tonietto J, Carbonneau A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide [J]. Agricultural & Forest Meteorology, 2004, 124(1): 81-97
- [4] 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 Xiu-qin, CHEN Xiao-bo, ZHAN Ji-cheng, et al. Effects of ecological factors on quality of winegrape and wine [J]. Food Science, 2006, 27(12): 791-797
- [5] Oliveira J M, Faria M, Sá F, et al. C6-alcohols as varietal markers for assessment of wine origin [J]. Analytica Chimica Acta, 2006, 563(1-2): 300-309
- [6] Lüscher J M, Díaz M S, Delrot S, et al. Ultraviolet-B alleviates the uncoupling effect of elevated CO<sub>2</sub> and increased temperature on grape berry (*Vitis vinifera* cv. Tempranillo) anthocyanin and sugar accumulation [J]. Australian Journal of Grape & Wine Research, 2016, 22(1): 87-95
- [7] Hirzel D R, Steenwerth K, Parikh S J, et al. Impact of winery wastewater irrigation on soil, grape and wine composition [J]. Agricultural Water Management, 2016, 180: 178-189
- [8] Song J, Smart R, Wang H, et al. Effect of grape bunch sunlight exposure and UV radiation on phenolics and volatile composition of *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir wine [J]. Food Chemistry, 2015, 173: 424-431
- [9] Regina M D A, Carmo E L D, Fonseca A R. Altitude influence on the quality of 'Chardonnay' and 'Pinot Noir' grapes in the state of Minas Gerais [J]. Revista Brasileira De Fruticultura, 2010, 32(1): 143-150
- [10] Miguel-Tabares J A, Martín-Luis B, Carrillo-López M, et al. Effect of altitude on the wine-making potential of Listan negro and Ruby Cabernet cultivars in the South of Tenerife island [J]. Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin, 2002, 36(4): 185-194
- [11] Mateus N, Marques S, Gonçalves A C, et al. Proanthocyanidin composition of red *Vitis vinifera* varieties from the Douro Valley during ripening: influence of cultivation altitude [J]. American Journal of Enology & Viticulture, 2001, 52(2): 115-121
- [12] Berli, F J, Alonso R, Bressan-Smith R. et al. UV-B impairs growth and gas exchange in grapevines grown in high altitude [J]. Physiologia Plantarum, 2013, 149(1): 127-140
- [13] Alessandrini M, Gaiotti F, Belfiore N, et al. Influence of vineyard altitude on Glera grape ripening (*Vitis vinifera* L.). effects on aroma evolution and wine sensory profile [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2017, 97(9): 2695
- [14] Berli F J, Alonso R, Beltrano J, et al. High-altitude solar UV-B and abscisic acid sprays increase grape berry antioxidant capacity [J]. American Journal of Enology & Viticulture, 2014, 66(1): 65-72
- [15] Xing R R, He F, Xiao H L, et al. Accumulation pattern of flavonoids in cabernet sauvignon grapes grown in a low-latitude and high-altitude region [J]. South African Journal for Enology & Viticulture, 2015, 36: 32-43
- [16] Ndo EGD, Bellamanga F, Ndindeng SA, et al. Altitude, tree species and soil type are the main factors influencing the severity of *Phaeoramularia* leaf and fruit spot disease of citrus in the humid zones of Cameroon [J]. European Journal of Plant Pathology, 2010, 128(3): 385-397
- [17] 杨晓帆,高媛,韩梅梅,等.云南高原区酿酒葡萄果实香气物质的积累规律[J].中国农业科学,2014,47(12):2405-2416  
YANG Xiao-fan, GAO Yuan, HAN Mei-mei, et al. Accumulation characteristics of volatile compounds in wine grape berries grown in high altitude regions of Yunnan [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(12): 2405-2416
- [18] Hall A, Jones G V. Effect of potential atmospheric warming on temperaturebased indices describing Australian winegrape growing conditions [J]. Australian Journal of Grape & Wine Research, 2009, 15(2): 97-119
- [19] 王华.葡萄与葡萄酒实验技术操作规范[M].西安:西安地图出版社,1999

- WANG Hua. Specification for technical operation of grapes and wines [M]. Xi'an: Xi'an Cartographic Publishing House, 1999
- [20] Rapisarda P, Tomaino A, LO Cascio R, et al. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(11): 4718-4723
- [21] Mori K, Sugaya S, Gemma H. Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition [J]. Scientia Horticulturae, 2005, 105(3): 319-330
- [22] Orak H H. Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations [J]. Scientia Horticulturae, 2007, 111(3): 235-241
- [23] Kim D O, Chun O K, Kim Y J, et al. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 51(22): 6509-6515
- [24] Li Y G, Tanner G, Larkin P. The DMACA-HCl protocol and the threshold proanthocyanidin content for bloat safety in forage legumes [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 1996, 70(1): 89-101
- [25] 张星星,郭安鹊,韩富亮,等.UPLC 快速测定葡萄酒中酚类物质的方法[J].食品科学,2016,37(10):128-133  
ZHANG Xing-xing, GUO An-que, HAN Fu-liang, et al. Fast Determination of phenolics and polyphenolics in wine by Ultra performance liquid chromatography [J]. Food Science, 2016, 37(10): 128-133
- [26] 王贞强,韩富亮,王羽,等.HPLC 法测定葡萄与葡萄酒中的花色苷[J].河北农业大学学报,2008,31(6):59-61  
WANG Zhen-qiang, HAN Fu-liang, WANG Yu, et al. Determination of anthocyanin in Granoir grape and wine with HPLC [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2008, 31(6): 59-61
- [27] 李艳霞.三种干红葡萄酒中香气成分的分析[D].北京:中国农业大学,2006  
LI Yan-xia. Analysis of aroma components in three dry red wines [D]. Beijing: China Agricultural University, 2006
- [28] GB 15037-2006,葡萄酒[S]  
GB 15037-2006, Wines [S]
- [29] 蒋宝,罗美娟,张振文.海拔对黄土高原地区赤霞珠和品丽珠葡萄酒中酚类物质及抗氧化活性的影响[J].中国食品学报,2015,15(2):223-230  
JIANG Bao, LUO Mei-juan, ZHANG Zhen-wen. Influence of altitude on phenolic compounds and antioxidant activities of cabernet sauvignon and merlot wines in loess plateau region [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2015, 15(2): 223-230
- [30] Fanzone M N, Peña-Neira A L, Jofré V, et al. Phenolic characterization of Malbec wines from Mendoza province (Argentina) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(4): 2388-2397
- [31] Castellarin S, Matthews M, Gaspero G, et al. Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries [J]. Planta, 2007, 227(1): 101-112
- [32] Cortell J M, Kennedy J A. Effect of shading on accumulation of flavonoid compounds in (*Vitis vinifera* L.) Pinot Noir fruit and extraction in a model system [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(22): 8510-8520
- [33] 惠竹梅,张振文,成宇峰,等.行间生草对赤霞珠葡萄与葡萄酒中主要单体酚的影响[J].中国农业科学,2009,42(9): 3209-3215  
XI Zhu-mei, ZHANG Zhen-wen, CHENG Yu-feng, et al. Effect of vineyard cover crop on main monomeric phenols of grape berry and wine in *Vitis vinifera* L. cv. cabernet sauvignon [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(9): 3209-3215
- [34] 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 Xiu-qin, ZHANG Qing-hua, ZHAN Ji-cheng, et al. Effects of grape varieties and geographical origins on contents of phenolic compounds in grapewine [J]. Food Science, 2009, 30(21): 113-118
- [35] 张军贤,张振文.架式与新梢留量对赤霞珠葡萄酒中单体酚的影响[J].中国农业科学,2010,43(18):3784-3790  
ZHANG Jun-xian, ZHANG Zhen-wen. Effects of trellis system and shoot density on free phenol of wine from *Vitis vinifera* L. cv. cabernet sauvignon [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(18): 3784-3790
- [36] 房玉林,孟江飞,张昂,等.罐储时间对赤霞珠葡萄酒中酚类化合物及抗氧化活性的影响[J].食品科学,2011,32(11): 14-20  
FANG Yu-lin, MENG Jiang-fei, ZHANG Ang, et al. Effect of storage time on phenolic components and antioxidant activity of red wine [J]. Food Science, 2011, 32(11): 14-20
- [37] Ryona I, Pan B S, Intrigliolo D S, et al. Effects of cluster light exposure on 3-isobutyl-2-methoxypyrazine accumulation and degradation patterns in red wine grapes (*Vitis vinifera* L. cv

Cabernet Franc)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(22): 10838-10846

[38] 涂崔,潘秋红,朱保庆,等.葡萄与葡萄酒单萜化合物的研究进展[J].园艺学报,2011,38(7):1397-1406

TU Cui, PAN Qiu-hong, ZHU Bao-qing, et al. Progress in study of monoterpene compounds in grape and wine [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2011, 38(7): 1397-1406

现代食品科技