

海拔对黄土高原地区赤霞珠果实酚类物质 含量及抗氧化活性的影响

蒋 宝¹, 张振文^{1,2}, 张小转¹, 童 平³

(1 西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省葡萄与葡萄酒工程技术研究中心,
陕西 杨凌 712100; 3 戎子酒庄, 山西 乡宁 042100)

[摘 要] 【目的】研究黄土高原地区 2 个不同海拔条件下赤霞珠果实酚类化合物含量及抗氧化活性的差异, 为不同立地条件下酿酒葡萄的种植提供理论依据。【方法】以高海拔(1 280 m)坡地和低海拔(909 m)谷地种植的赤霞珠果实为研究对象, 对其理化指标、酚类物质含量、抗氧化活性(DPPH 自由基清除法、铜离子还原能力和超氧自由基清除能力)及 10 种单体酚(没食子酸、安息香酸、丁香酸、咖啡酸、阿魏酸、香豆酸、水杨酸、儿茶素、槲皮素、芦丁)含量进行分析, 比较海拔对赤霞珠果实酚类物质含量及抗氧化活性的影响。【结果】坡地和谷地赤霞珠果实糖酸比分别为 18.7 和 20.3, 与坡地赤霞珠相比, 谷地赤霞珠的成熟度较好; 坡地和谷地赤霞珠果实总黄烷醇含量分别为 330 和 348 mg/kg, 花色苷含量分别为 1 182 和 929 mg/kg, 与坡地赤霞珠相比, 谷地赤霞珠总黄烷醇含量较高, 但花色苷含量较低; 坡地和谷地赤霞珠果实抗氧化能力分别为 9 715 和 9 824 $\mu\text{mol/kg}$ (DPPH 自由基清除法), 26 033 和 37 109 $\mu\text{mol/kg}$ (铜离子还原能力), 71.6% 和 74.0% (超氧自由基清除能力), 以上 3 种抗氧化方法的测定结果均表明, 谷地赤霞珠果实抗氧化能力强于坡地, 其中以铜离子还原能力测定结果差异最大; 对坡地和谷地赤霞珠果实中所含的 10 种单体酚进行检测, 除香豆酸外, 其他 9 种单体酚含量均表现为谷地高于坡地, 其中以安息香酸、咖啡酸、阿魏酸、儿茶素和槲皮素的差异较为明显。【结论】海拔对赤霞珠果实的品质有一定影响, 但影响程度在不同品质指标间存在差异; 在黄土高原地区, 低海拔谷地赤霞珠果实的成熟度、酚类化合物含量及抗氧化能力均优于高海拔坡地赤霞珠果实。

[关键词] 赤霞珠; 黄土高原; 酚类化合物; 抗氧化活性

[中图分类号] S663.104⁺.5; TS261.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2011)06-0197-06

Influence of altitudes on phenolic compounds content and antioxidant activities of Cabernet Sauvignon berries in Loess Plateau region

JIANG Bao¹, ZHANG Zhen-wen^{1,2}, ZHANG Xiao-zhuan¹, TONG Ping³

(1 College of Enology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Shaanxi Engineering Research Centre for Viti-viniculture, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3 Chateau Rongzi, Xiangning, Shanxi 042100, China)

Abstract: 【Objective】The study was to understand the influence of different altitudes on phenolic compounds and antioxidant activities of Cabernet Sauvignon grape berries, and to provide some theoretical evidence to plant wine grape from 2 different altitude's vineyards located in Loess Plateau region. 【Method】With the Cabernet Sauvignon grape berries from the slope land (1 280 m) and the valley land (909 m) vineyards as subject investigated, the physicochemical index, the phenolic content, antioxidant activities (DPPH free radical-scavenging capacity, cupric reducing antioxidant capacity and superoxide radical-scav-

* [收稿日期] 2010-11-05

[基金项目] 农业部现代农业产业技术体系建设专项(nycytx-30-zp-04)

[作者简介] 蒋 宝(1981—), 男, 宁夏石嘴山人, 在读博士, 主要从事葡萄与葡萄酒研究。E-mail: bao-jiang@nwsuaf.edu.cn

[通信作者] 张振文(1960—), 男, 陕西耀县人, 教授, 硕士, 博士生导师, 主要从事葡萄与葡萄酒研究。

E-mail: zhangzhw60@nwsuaf.edu.cn

enging activity) and 10 individual phenolic (Gallic acid, Benzoic acid, Syringic acid, Caffeic acid, Ferulic acid, Coumaric acid, Salicylic acid, Catechin, Quercetin, Rutin) content of Cabernet Sauvignon grape berries were analyzed. These results were used to compare the effect of cultivation altitudes on phenolic compounds and antioxidant activity of them. 【Result】 The sugar acid ratio of Cabernet Sauvignon grape berries from slope land and valley land vineyards was respectively 18.7 and 20.3, the latter with better ripeness; the total flavanols content in slope land and valley land vineyards was respectively 330 and 348 mg/kg, the anthocyanins content of them was respectively 1 182 and 929 mg/kg. Compared with grape berries from slope land, the content of total flavanols in valley land was higher than that of slope land, but the content of anthocyanins was lower; the antioxidant activities of grape berries in slope land and valley land were respectively 9 715 and 9 824 $\mu\text{mol/kg}$ (DPPH free radical-scavenging capacity), 26 033 and 37 109 $\mu\text{mol/kg}$ (cupric reducing antioxidant capacity), 71.6% and 74.0% (superoxide radical-scavenging activity). The three methods of antioxidant activities conformably indicated that antioxidant activities of grape berries in valley land were higher, but there was difference among the three analytical methods, especially for cupric reducing antioxidant capacity. In two altitude's vineyards, 10 individual phenolics in Cabernet Sauvignon grape berries were detected, except for coumaric acid. The content of other 9 individual phenolics of Cabernet Sauvignon grape berries from valley land was conformably higher than that of slope land, especially for benzoic acid, caffeic acid, ferulic acid, catechin and quercetin. 【Conclusion】 Different altitudes had certain effect on the quality of grape berries, but the influence was inconsistent with different quality indices. The ripeness, the phenolic compound contents and the antioxidant activities of Cabernet Sauvignon grape berries from valley land of low altitude were higher than those of slope land of high altitude.

Key words: Cabernet Sauvignon; Loess Plateau region; phenolic compounds; antioxidant activities

在葡萄酒行业,有“七分原料,三分工艺”之说,可见酿酒葡萄原料的品质是酿造优质葡萄酒的基础和关键。在葡萄果实中,多酚物质是一类重要的次生代谢物质,其含量是葡萄品质的重要参数,这些物质通过影响酿酒葡萄原料而影响葡萄酒的感官特征,如颜色、涩味、苦味和香气等。通常将葡萄果实中的多酚分为类黄酮和非类黄酮物质,其中类黄酮物质包括黄烷醇、花色苷和黄酮醇,非类黄酮物质主要有羟基苯甲酸和羟基肉桂酸。

目前,有研究表明,酚类物质可以减少人体慢性疾病和冠心病的发病率,增强人体的抗氧化损伤能力^[1-3]。活性氧自由基(ROS·)是人体正常生理代谢的产物,然而过量的 ROS· 可以导致氧损伤,破坏人体的生物结构。人体内先天的抗氧化防御系统的防御能力非常有限,因而人体可以通过摄入一定量的多酚类物质以消除体内过量的 ROS·。研究证实,葡萄酒的抗氧化功能与其含有的多酚物质及其组成密切相关^[4-9],而葡萄果实中酚类物质的含量与组成又取决于葡萄的品种及其生长的生态条件^[10]。葡萄在生长发育过程中,与生态条件形成相互关联、相互制约的统一体,其中光照、温度和土壤等是影响葡萄生长发育的直接因子,此外还有许多

间接因子,如海拔、坡度等,它们虽不是葡萄必需的生存条件,但能显著地影响小气候,从而对葡萄的次生代谢物质产生影响。

山西省乡宁县地处黄河中游的黄土高原地区,因具备发展葡萄栽培独特的气候条件和地域特点而深受国内外葡萄、葡萄酒专家的关注,被公认为是葡萄栽培的优生区。但是该地区沟壑纵横,由于坡度、坡向和海拔等的不同,极易形成局部山地小气候,对葡萄与葡萄酒的品质产生很大影响^[11],而目前关于不同地形条件对葡萄品质的影响尚不清楚。为此,本研究选取山西省乡宁县不同海拔条件下的 2 个葡萄园为采样点,对其葡萄果实的酚类物质组成、含量及抗氧化活性进行分析,以期为黄土高原地区进一步发展葡萄与葡萄酒产业提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2010-02-03 在西北农林科技大学葡萄酒学院葡萄生理实验室进行。采样葡萄园位于山西省乡宁县昌宁镇东廋村和大石头村,东廋村葡萄园地处坡地,大石头村葡萄园地处谷地;2 园土壤均属于黏壤土,有机质含量分别为 9.4 和 6.8 g/kg,全钾

含量分别为 21.0 和 23.0 g/kg,全氮含量均为 0.4 g/kg,全磷含量均为 0.7 g/kg,土壤 pH 值均为 8.2;低海拔谷地的赤霞珠果实较坡地果实成熟期早半个月左右。供试葡萄品种均为 2007 年定植的赤霞珠(Cabernet Sauvignon),实生根系、东西行向、株行距为 1.0 m×2.5 m、多主蔓扇形、雨水灌溉,2 个试验点栽培管理措施完全相同。用 GPS 测定 2 点的海拔及经纬度,其中坡地海拔为 1 280 m,地处 36°01′05″ N,110°49′11″ E;谷地海拔为 909 m,地处 35°57′09″ N,110°47′47″ E。

1.2 试剂与仪器

1.2.1 主要试剂 DMACA、DPPH、Trolox、NBT、NADH、PMS、没食子酸、安息香酸、儿茶素、芦丁、丁香酸、阿魏酸、香豆酸、咖啡酸、槲皮素、水杨酸,均购自美国 Sigma-Aldrich 公司;钨酸钠、钼酸钠和硫酸锂,购自上海国药化学试剂公司。

1.2.2 主要仪器 主要仪器有岛津 UV-1800 紫外可见分光光度计,德国 Sartorius PB-10 标准型 pH 计,日本岛津 LC-2010 高效液相色谱仪(含 UV detector 检测器、自动进样器、CLASS-VP 工作站),德国 Eppendorf 5804R 低温冷冻离心机,上海申生 R206 旋转蒸发仪,日本岛津 AUW220D 电子天平。

1.2.3 液相色谱(HPLC)条件 色谱柱为 Hibar RT Lichrospher 反相 C₁₈ 柱(250 mm×4.0 mm,5 μm),流速 1.0 mL/min,柱温 30 ℃,检测波长 280 nm;梯度洗脱的流动相 A 为水和乙酸(V(水):V(乙酸)=98:2),流动相 B 为乙腈。洗脱程序:0~10 min,B 16%;10~25 min,B 20%~40%;25~30 min,B 40%~0。

1.3 样品的采集与制备

根据测定的赤霞珠果实糖酸比值确定其最佳技术成熟度,并于 2009-10 采收葡萄。采用“S”形取样法确定 30 株葡萄,在每株葡萄的上、中、下部各取 1 穗果实,再在每穗果实的上、中、下部各取 1 粒浆果,不同海拔样品各取 270 粒浆果,迅速带回实验室置于-40 ℃超低温冰箱中用于分析。从不同海拔样品中随机选取 15 粒浆果用液氮冷冻,迅速用研钵研磨成粉末;称取 3.0 g 干粉倒入已装有 30 mL 酸化甲醇(V(体积分数 60%甲醇):V(盐酸)=100:0.1)的 50 mL 离心管中(料(g)液(mL)比为 1:10),再将离心管放入超声波提取器中提取 20 min,接着于 4 ℃超低温离心 10 min(10 000 r/min),收集上清液备用;向沉淀中加入 15 mL 体积分数 60%的酸化甲醇(料(g)液(mL)比为 1:5)

重复提取 2 次;合并所有上清液并置于-40 ℃超低温冰箱中用于进一步分析^[12]。试验所有步骤均在避光条件下进行,2 个葡萄样品均按上述步骤分别重复提取 3 次。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 基本理化指标的测定 还原糖(以葡萄糖计)采用斐林试剂滴定法测定;总酸(以酒石酸计)用指示剂法(国标法)测定;pH 值用酸度计法测定。

1.4.2 酚类含量的测定 总酚含量采用福林-肖卡法^[13]测定,结果以每千克果实中含有的没食子酸质量(mg)表示;单宁含量采用福林-丹尼斯试剂法^[14-15]测定,结果以每千克果实中含有的单宁酸质量(mg)表示;总类黄酮含量采用 NaNO₂-Al(Cl)₃法^[16]测定,总黄酮醇含量采用 DMACA 法^[17-18]测定,结果均以每千克果实中含有的儿茶素质量(mg)表示;花色苷含量采用 pH 示差法^[19]测定,结果以每千克果实中含有的二甲花翠素-3-葡萄糖苷质量(mg)表示。

1.4.3 抗氧化活性的测定 选用抗氧化原理不同的 3 种代表性方法,即 DPPH 自由基清除法、铜离子还原能力(CUPRAC)和超氧自由基清除能力(SRSA),分析不同葡萄样品的抗氧化活性。

1)DPPH。取 12.5 mg DPPH,用甲醇溶液溶解后转入 100 mL 容量瓶中定容,使用时稀释 5 倍(25 mg/L),并且现配现用^[20]。取 0.1 mL 适当稀释的提取液样品,加入于 3.9 mL DPPH 甲醇溶液中,在黑暗中反应 20 min 后于 515 nm 处测定吸光值(A₅₁₅),对照以相同体积的体积分数 15%乙醇代替提取液样品,结果以每千克果实中所含的水溶性维生素 E 的物质的量(μmol)表示。

2)CUPRAC。取 0.5 mL 提取液样品,顺次加入 10 mmol/L 硫酸铜溶液 1 mL、7.5 mmol/L 新铜试剂 1 mL 和 NH₄Ac(1 mol/L,pH=7.0)缓冲液 1 mL,最后加入水 0.6 mL,使总反应体系为 4.1 mL,盖紧盖子,反应 30 min 后于 450 nm 处测定吸光值(A₄₅₀),结果以每千克果实中所含的水溶性维生素 E 物质的量(μmol)表示^[21]。

3)SRSA。超氧自由基检测体系使用 NBT-NADH-PMS 体系^[22]。取 1 mL 提取液样品,加 150 μmol/L NBT 1 mL、468 μmol/L NADH 1 mL,最后加入 60 μmol/L PMS 溶液 1 mL 触发产生超氧离子,于 560 nm 处测定吸光值(A₅₆₀),结果以自由基清除率(%)表示。

1.4.4 单体酚含量的测定 1)葡萄中单体酚的提

取。按照上述方法获得约 60 mL 样品的粗提液,旋转蒸发除去甲醇,残液用乙酸乙酯萃取 3 次(乙酸乙酯用量分别为 30,20,20 mL),合并各次萃取获得的有机相,旋转蒸发(温度<40 ℃)至干,残液用 5 mL 色谱甲醇溶解,待测。

2)标准曲线的制备。分别精确称取 0.010 0 g 没食子酸、安息香酸、丁香酸、咖啡酸、阿魏酸、香豆酸、水杨酸、儿茶素、槲皮素、芦丁 10 种单体酚标样,用色谱甲醇溶解并定容于 10 mL 容量瓶中,配成混合溶液,将其稀释成 6.48~257.50 mg/L 8 个不同质量浓度梯度的混合标样,在上述色谱条件下进行分析,进样量为 10 μL。以酚类物质质量浓度为横坐标(x),峰面积为纵坐标(y),绘制标准曲线,拟合其方程。

3)单体酚含量的测定。取待测液,在上述色谱条件下进行色谱分析,分别得到坡地和谷地样品中所含 10 种单体酚的峰面积,并以峰面积为 Y 值,代入相应的标准曲线方程中,求出 X 值即为样品所含该单体酚含量,结果以每千克果实中各单体酚质量(mg)表示。

表 1 不同海拔立地赤霞珠果实的理化指标

Table 1 Comparison of Cabernet Sauvignon grape berries quality in different cultivation altitudes

试验点 Test site	还原糖/(g·L ⁻¹) Reducing sugar	总酸/(g·L ⁻¹) Acidity	糖酸比 Sugar acid ratio	单宁/(mg·kg ⁻¹) Tannins	pH
高海拔坡地 Slope land of high altitude	194.0±4.0	10.4±0.8	18.7±0.6	4 060±68.1	3.1±0.3
低海拔谷地 Valley land of low altitude	195.3±4.8	9.6±0.3	20.3±0.4	4 300±52.2	3.3±0.1

2.2 不同海拔立地赤霞珠果实的酚类物质含量及抗氧化活性

由表 2 可以看出,高海拔坡地和低海拔谷地葡

表 2 不同海拔立地赤霞珠果实的酚类物质含量及抗氧化活性

Table 2 Comparison of total amount of polyphenolic substances and antioxidant activity of Cabernet Sauvignon grape berries in different cultivation altitudes

试验点 Test site	总酚/ (mg·kg ⁻¹) TP	总类黄酮/ (mg·kg ⁻¹) TFO	总黄烷醇/ (mg·kg ⁻¹) TFA	花色苷/ (mg·kg ⁻¹) TA	抗氧化活性 Antioxidant activity		
					DPPH/ (μmol·kg ⁻¹)	CUPRAC/ (μmol·kg ⁻¹)	SRSA/%
高海拔坡地 Slope land of high altitude	3 430±28.3	2 324±166.5	330±7.0	1 182±17.2	9 715±178.2	26 033±1 054	71.6±1.2
低海拔谷地 Valley land of low altitude	3 460±71.5	2 316±90.3	348±18.9	929±2.0	9 824±95.2	37 109±2 144	74.0±0.2

由表 2 还可知,3 种抗氧化指标的测定结果均表明,低海拔谷地赤霞珠果实的抗氧化活性均高于高海拔坡地,但差异程度因测定方法的不同而差异较大,其中以 CUPRAC 法测定结果的差异最大,其低海拔谷地赤霞珠果实的抗氧化值比高海拔坡地高约 43%。

2.3 不同海拔立地赤霞珠果实的单体酚含量

由表 3 可知,不同海拔立地赤霞珠果实中没食

1.5 数据统计分析

试验数据采用 SPSS 16.0 数据分析软件进行统计与分析,单体酚重复测定 2 次,结果以 2 次测定的均值表示;其他所有指标均重复测定 3 次,结果以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 不同海拔立地赤霞珠果实的理化指标

由表 1 可以看出,不同海拔的坡地和谷地赤霞珠果实的还原糖含量无明显差异,总酸含量低海拔谷地较低,糖酸比低海拔谷地高于高海拔坡地,说明谷地赤霞珠果实的成熟度要优于坡地,这可能是由于 2009 年坡地果实成熟后期处于雨季,且雨量较大,在这种情况下,湿度大、光照不足及病虫害等,使得坡地的赤霞珠果实成熟度未能达到最佳;低海拔谷地赤霞珠果实单宁含量、pH 值均高于高海拔坡地。另外,就酿酒葡萄而言,2009 年过多的雨水是不利于酿酒葡萄成熟的,尽管如此,2 种立地条件下的赤霞珠果实还原糖含量均已接近 200 g/L,糖酸比接近或超过 20,表明其成熟度均良好。

萄果实的总酚和总类黄酮含量基本相同,但总黄烷醇含量以低海拔谷地葡萄较高,花色苷含量则以高海拔坡地葡萄较高。

子酸、安息香酸、丁香酸、咖啡酸、阿魏酸、香豆酸、水杨酸、儿茶素、槲皮素、芦丁等 10 种单体酚的质量浓度为 1.81~946.40 mg/kg;10 种单体酚中类黄酮类单体酚有 3 种,即儿茶素、槲皮素和芦丁,其余 7 种单体酚均为非类黄酮类单体酚。另外,与高海拔坡地赤霞珠果实相比,除香豆酸外,低海拔谷地赤霞珠果实的其他 9 种单体酚含量均较高,其中尤以安息香酸、咖啡酸、阿魏酸、儿茶素和槲皮素含量的差

异较为明显,其在低海拔谷地果实中的含量均较高 海拔坡地果实高 50%以上。

表 3 不同海拔立地赤霞珠果实的单体酚含量

Table 3 Comparison of individual phenolics content of Cabernet Sauvignon grape berries in different cultivation altitudes

试验点 Test site	没食子酸 Gallic acid	安息香酸 Benzoic acid	丁香酸 Syringic acid	咖啡酸 Caffeic acid	阿魏酸 Ferulic acid	香豆酸 Coumaric acid	水杨酸 Salicylic acid	儿茶素 Catechin	槲皮素 Quercetin	芦丁 Rutin
高海拔坡地 Slope land of high altitude	31.07	40.67	7.68	11.80	38.73	2.43	752.39	98.11	105.35	8.50
低海拔谷地 Valley land of low altitude	47.03	91.28	10.00	17.76	67.90	1.81	946.40	232.80	159.90	9.70

3 讨 论

海拔对果实品质的影响是相关气候因子间接作用综合的结果,其中以温度、光强、紫外辐射和昼夜温差等的影响较为显著。通常随海拔高度的增加,空气温度降低,光照强度、紫外辐射和昼夜温差明显增加^[23]。果实还原糖、总酸、pH 值等理化指标是构成酿酒葡萄品质的基本指标,在本研究中,低海拔谷地赤霞珠果实的还原糖、总酸含量仅略高于高海拔坡地,这与张振文等^[24]的研究结果一致;另外,谷地赤霞珠果实的糖酸比大于 20,这有利于葡萄酒品质的提高^[25]。

酚类物质的组成和含量对葡萄酒的品质,特别是颜色和收敛性等具有重要影响。酚类物质含量丰富的葡萄是酿造高品质葡萄酒的优质原料^[26-28]。在本研究中,坡地和谷地赤霞珠果实的总酚、总类黄酮含量存在差异,但差异程度较小;而谷地赤霞珠果实的总黄烷醇含量明显高于坡地,这可能是由于 2 种立地的绝对海拔均低于 1 500 m,在这种条件下,高海拔坡地 UV-B 的增幅大于 UV-C 的增幅,而 UV-B 强度的增加能降低葡萄浆果中总黄烷醇的积累^[29]。对于果实单宁含量而言,谷地果实要高于坡地果实,这与 Hess^[23]的研究结果相反,其原因可能是除了海拔之外,还有其他与葡萄园地形相关的生态因素影响了单宁的含量。高海拔区的低温与强光相互作用,影响着葡萄果皮中花色苷的积累^[30-31]。对于本研究而言,谷地赤霞珠果实的花色苷含量明显低于坡地,这与 Mateus 等^[32]的研究结果一致,可能是由于海拔高度增加导致果皮厚度增加所致^[23,32]。

目前人们认为,生物体中至少存在 4 个抗氧化系统,即抗氧化酶系统、蛋白等大分子、多酚等小分子和激素,它们的工作原理及彼此间的关系尚不清楚^[33]。在生物体中存在多种自由基和抗氧化剂资源,它们各自都有不同的化学和物理特征,因此生物

体抗氧化活性的评定是件十分复杂的工作,需要将 2 种以上且抗氧化机理不同的方法结合起来,同时对选用方法进行优化以此来提高测定结果的客观性。本研究选用了 3 种方法,测定结果进一步证实了不同方法间的协同性与差异性,3 种抗氧化指标的测定结果均表明,谷地葡萄浆果的抗氧化能力强于坡地,但差异程度并不相同,其中以 CUPRAC 法测定结果差异最大。

葡萄与葡萄酒中酚类物质的抗氧化功能已被同行公认,目前已在葡萄酒中检测出上百种酚类物质,究竟哪些酚类物质与多酚的抗氧化功能关系最为密切,这是目前研究的热点之一。就本试验而言,谷地赤霞珠果实的抗氧化能力要强于坡地;同时发现,谷地赤霞珠果实中 9 种单体酚的含量均不同程度地较坡地高,尤以安息香酸、咖啡酸、阿魏酸、儿茶素和槲皮素的差异较为明显,是否这 5 种单体酚与果实抗氧化能力的关系较其他 5 种单体酚更为密切,这有待于进一步研究探讨;海拔及其相关的气候条件能对赤霞珠果实的酚类物质含量产生影响,且这种影响作用在类黄酮和非类黄酮类物质上均有所体现。

尽管酚类物质与抗氧化能力的密切关系在先前的许多研究中已经得到证实,但是关于生物体抗氧化活性的研究在以下方面需进一步加强:主要单体酚成分对总抗氧化能力的贡献度;各系统的抗氧化机理及彼此间的相互作用;活体与离体试验的相互结合与综合评定。

4 结 论

1)与高海拔坡地赤霞珠果实相比,低海拔谷地赤霞珠果实有较好的成熟度,糖酸比超过 20,这有利于酿造高品质的葡萄酒。

2)低海拔谷地与高海拔坡地赤霞珠果实的总酚和总类黄酮含量差异不大,但低海拔谷地赤霞珠果实的总黄烷醇含量明显高于高海拔坡地,花色苷含量则相反。所选用的 3 种离体抗氧化方法的测定结

果均表明,与高海拔坡地赤霞珠果实相比,低海拔谷地赤霞珠果实有较强的抗氧化能力,其中以 CUP-RAC 法测定结果差异最大。

3)对高海拔坡地和低海拔谷地赤霞珠果实中所含的 10 种单体酚的测定结果表明,除香豆酸外,其他 9 种单体酚含量均以低海拔谷地高于高海拔坡地,其中以安息香酸、咖啡酸、阿魏酸、儿茶素和槲皮素的差异较为明显。

[参考文献]

[1] Hertog M G L, Kromhout D, Aravanis C, et al. Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in seven countries study [J]. Arch Intern Med, 1995, 155 (4): 381-386.

[2] Keli S O, Hertog M G L, Feskens E J M, et al. Dietary flavonoids, antioxidant vitamins, and incidence of stroke: The Zutphen study [J]. Arch Intern Med, 1996, 156(6): 637-642.

[3] Steinmetz K A, Potter J D. Vegetables, fruit, and cancer prevention: A review [J]. J Am Diet Assoc, 1996, 96 (10): 1027-1039.

[4] Arnous A, Makris D P, Kefalas P. Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece [J]. J Food Compos Anal, 2002, 15 (6): 655-665.

[5] Cimino F, Sulfaro V, Trombetta D, et al. Radicals scavenging capacity of several Italian red wines [J]. Food Chem, 2007, 103 (1): 75-81.

[6] Fernández-Pachón M S, Villaño D, Troncoso A M, et al. Determination of the phenolic composition of sherry and table white wines by liquid chromatography and their relation with antioxidant activity [J]. Anal Chim Acta, 2006, 563(1/2): 101-108.

[7] Minussi R C, Rossi M, Bologna L, et al. Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines [J]. Food Chem, 2003, 82(3): 409-416.

[8] Alberto D, Begoña B, Carmen G C. Antioxidant properties of commercial grape juices and vinegars [J]. Food Chem, 2005, 93 (2): 325-330.

[9] Yang L, Timothy E M, Liu R H. Phytochemical profiles and antioxidant activities of wine grapes [J]. Food Chem, 2009, 116 (1): 332-339.

[10] Rodriguez Delgado M A, Gonzlez-Hernandez G, Condegonzalez J E. Principal component analysis of the polyphenol content in young red wines [J]. Food Chem, 2002, 78 (4): 523-532.

[11] 李记明, 吴青华, 边宽江, 等. 陕西省酿酒葡萄气候区划初探 [J]. 干旱地区农业研究, 1999, 7(3): 126-129.

Li J M, Wu Q H, Bian K J, et al. Climatic regionalization of wine grapevine in Shaanxi province [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1999, 7(3): 126-129. (in Chinese)

[12] Antonia C, Vaios T K, Anastasia M. Currants (*Vitis vinifera*

L.) content of simple phenolics and antioxidant activity [J]. Food Chem, 2007, 102(2): 516-522.

[13] Rapisarda P, Tomaino A, Lo Cascio R, et al. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices [J]. J Agri Food Chem, 1999, 47(11): 4718-4723.

[14] 王 华. 葡萄与葡萄酒实验技术操作规范 [M]. 陕西西安: 西安地图出版社, 1999: 152-153.

Wang H. Regulations for technical operation of grape and wine [M]. Xi'an, Shaanxi: Xi'an Cartographic Publishing House, 1999: 152-153. (in Chinese)

[15] 李记明, 王树生, 田雅丽, 等. GB/T 15038—2005 中华人民共和国国家标准: 葡萄酒、果酒通用方法 [S]. 北京: 中国国家标准化管理委员会, 2005.

Li J M, Wang S S, Tian Y L, et al. GB/T 15038—2005 National standard of the People's Republic of China: General experimental methods of wine, fruit wine [S]. Beijing: Administration Committee of National Standard of China, 2005. (in Chinese)

[16] Kim D O, Chun O K, Kim Y J, et al. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums [J]. J Agri Food Chem, 2003, 51(22): 6509-6515.

[17] Li Y G, Tanner G, Larkin P. The DMACA-HCl protocol and the threshold proanthocyanidin content for bloat safety in forage legumes [J]. J Sci Food Agri, 1996, 70(1): 89-101.

[18] McMorrough I, Madigan D, Smyth M R. Semipreparative chromatographic procedure for the isolation of dimeric and trimeric proanthocyanidins from barley [J]. J Agri Food Chem, 1996, 44(7): 1731-1735.

[19] Orak H H. Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenol oxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations [J]. Scien Horti, 2007, 111 (3): 235-241.

[20] Brandwilliams W, Cuvelier M E, Berset C. Use of a free-radical method to evaluate antioxidant activity [J]. LWT-Food Sci Technol, 1995, 28(1): 25-30.

[21] Apak R, Guclu K, Ozyurek M, et al. Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupricion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method [J]. J Agri Food Chem, 2004, 52(26): 7970-7981.

[22] Robak J, Gryglewski R J. Flavonoids are scavengers of superoxide anions [J]. Biochem Pharmacol, 1988, 37(5): 837-841.

[23] Hess S. Exploring high altitude viticulture [EB/OL]. (2007-06-14) [2010-08-19] <http://www.theelevationofwine.org/press>.

[24] 张振文, 侍朋宝, 李 显. 山地小气候对葡萄与葡萄酒的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(1): 193-198.

Zhang Z W, Shi P B, Li X. The effect of microclimate of hilly vineyard on grape and wine quality [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2007, 35(1): 193-198. (in Chinese)