

# 不同色价山葡萄总酚及相关酶活性的比较分析

赵 滢, 杨义明, 王振兴, 刘迎雪, 许培磊, 艾 军

(中国农业科学院 特产研究所, 吉林 长春 130112)

**摘 要:**以 14 份山葡萄品系为试材, 根据果汁颜色的差异, 应用方差分析法和相关性分析法, 对 14 份果汁颜色深浅不同的山葡萄资源的色价值、总酚含量和苯丙氨酸解氨酶(PAL)、多酚氧化酶(PPO)活性进行了比较分析。结果表明: 14 份山葡萄资源果实色价值变化幅度为 5.889~62.861 g<sup>-1</sup>; 其果实色价值、总酚、PAL 及 PPO 活性存在明显差异; 色价值与总酚及 PAL、PPO 活性呈显著正相关; 总酚含量又与 PAL 和 PPO 活性呈正相关。由此可见, 果汁颜色越深的山葡萄资源, 果实总酚含量越高, 说明其具有的抗氧化能力较强; 但由于其较高的 PPO 活性, 在加工过程中应控制褐变的发生。

**关键词:**山葡萄; 色价; 总酚; PAL 活性; PPO 活性

**中图分类号:**S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)20-0006-03

山葡萄(*Vitis amurens* Rupr.) 属葡萄科葡萄属多年生落叶藤本, 是我国东北地区红葡萄酒酿造工业的重要原料。因其酒色泽醇厚、风味独特而深受国内外消费者青睐。筛选优质酿酒山葡萄资源是生产高品质山葡萄酒的关键<sup>[1]</sup>。但传统的山葡萄果实评价指标通常与山葡萄产量有关<sup>[2]</sup>, 忽略了一些与葡萄酒品质相关的重要参数如酚类物质含量的分析等。而酚类物质含量特别是总酚含量在一定程度上可以反映果实品质和营养成分<sup>[3]</sup>。果汁颜色是葡萄资源品质特性之一<sup>[4]</sup>, 该研究选取果汁颜色深浅不同的 14 份山葡萄资源, 通过测定其色价含量、总酚含量以及苯丙氨酸解氨酶(PAL)、多酚氧化酶(PPO)活性, 探讨果汁颜色不同的山葡萄总酚类及其相关酶活性差异, 以为优质山葡萄资源的筛选及深加工技术提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试葡萄取自国家果树种质山葡萄圃、国家山葡萄种质资源平台。依据浆果汁颜色的不同<sup>[5]</sup>, 将 14 份山葡萄资源试材分为 5 类: 紫黑色为品系 200417、75113; 暗紫红色为品系 77022、200506、200507、089402; 紫红色为品系 200306、73080、200201、087932; 粉红色为品系 8558812、8558835、200404; 浅黄色为品系 8558831。试

材树龄 8~14 年。圃中架势为篱架, 株距 1.0 m, 行距 2.5 m。各品系管理水平一致。

### 1.2 试验方法

在果实成熟时统一采收。果实采样依据为对角线法则<sup>[6]</sup>。每个品种选取 2 棵果树, 每棵果树分别在上、中、下部各随机选取 1 穗山葡萄, 然后在每穗山葡萄上均匀选取 10 粒果实作为 1 个重复, 共选取 6 棵果树 18 穗, 共计 180 粒山葡萄。采样后立即带回实验室, 带皮榨汁后 10 000×g 离心 5 min, -80℃ 超低温保存, 用于生理指标测定。

### 1.3 项目测定

果实色价值参照艾军等<sup>[7]</sup>方法测定; 总酚含量采用福林-肖卡法<sup>[8]</sup>测定; 苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性、多酚氧化酶(PPO)活性参照印芳等<sup>[9]</sup>方法测定, 略有改动。

### 1.4 数据分析

数据采用 SAS 9.0 软件进行差异显著性及相关性分析, 表中标准误差来自样本的 3 个重复。

## 2 结果与分析

### 2.1 山葡萄资源果实色素含量分析比较

由表 1 可以看出, 14 份山葡萄资源果实色价值明显存在差异 ( $P < 0.05$ ), 色价值变化幅度从 5.889~62.861 g<sup>-1</sup>; 果实色价值高低与果汁颜色深浅有关, 果汁颜色呈紫黑色的山葡萄资源果实色价均值最高, 浅黄色果汁的山葡萄资源色价均值最低。

### 2.2 不同色价山葡萄果实酚类物质含量比较分析

由表 2 可知, 14 份山葡萄资源果实的总酚含量变化幅度为 0.54%~2.25%, 其中品系 200417 的总酚含量最高, 总酚含量最低的是品系 8558831; 依据果汁颜色,

**第一作者简介:**赵滢(1981-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向为野生果树资源保存与评价。E-mail: zhaoying01@caas.cn.

**责任作者:**艾军(1968-), 男, 博士, 研究员, 研究方向为野生果树资源评价与利用。E-mail: aijun1005@163.com.

**基金项目:**农业部农作物种质资源保护资助项目(NB2013-2130135-43)。

**收稿日期:**2014-05-20

表 1 山葡萄资源果实色价含量比较

Table 1 The comparison in fruit color unite content of 14 amur grape resources

果汁颜色 Juice color	资源 Resources	色价 Color unite/ $\text{g}^{-1}$	均值 Mean/ $\text{g}^{-1}$
紫黑色系 Purple-black series	200417	$62.861 \pm 0.151 \text{ a}$	56.597 a
	75113	$50.333 \pm 0.056 \text{ b}$	
	77022	$41.278 \pm 0.087 \text{ c}$	
暗紫红色系 Dark purple-red series	200506	$39.750 \pm 0.770 \text{ d}$	36.326 b
	200507	$33.500 \pm 0.610 \text{ g}$	
	089402	$30.778 \pm 0.225 \text{ h}$	
	200306	$35.306 \pm 0.017 \text{ e}$	
紫红色系 Purple-red series	73080	$34.111 \pm 0.221 \text{ f}$	31.833 c
	200201	$23.444 \pm 0.433 \text{ i}$	
	087932	$34.472 \pm 0.152 \text{ f}$	
粉红色系 Pink series	8558812	$12.306 \pm 0.019 \text{ j}$	11.185 d
	8558835	$9.472 \pm 0.029 \text{ l}$	
	200404	$11.778 \pm 0.044 \text{ k}$	
浅黄色系 Light yellow series	8558831	$5.889 \pm 0.022 \text{ m}$	5.889 e

注:同一列不同小写字母代表  $P<0.05$  水平上的差异显著性,下同。

Note: Different lowercase letters in the same column show significant difference at 0.05 level, the same below.

表 2 不同色价山葡萄资源果实总酚含量比较

Table 2 The comparison in fruit total phenolic content among amur grape resources of different color unite

果汁颜色 Juice color	资源 Resources	总酚 Total phenolic/%	均值 Mean/%
紫黑色系 Purple-black series	200417	$2.25 \pm 0.14 \text{ a}$	1.99 a
	75113	$1.89 \pm 0.12 \text{ b}$	
	77022	$2.25 \pm 0.17 \text{ a}$	
暗紫红色系 Dark purple-red series	200506	$1.13 \pm 0.23 \text{ cd}$	1.40 b
	200507	$1.28 \pm 0.19 \text{ c}$	
	089402	$0.92 \pm 0.05 \text{ de}$	
	200306	$1.78 \pm 0.14 \text{ b}$	
紫红色系 Purple-red series	73080	$0.86 \pm 0.14 \text{ ef}$	1.14 b
	200201	$0.67 \pm 0.07 \text{ fg}$	
	087932	$1.25 \pm 0.14 \text{ c}$	
粉红色系 Pink series	8558812	$0.63 \pm 0.15 \text{ fg}$	0.66 c
	8558835	$0.54 \pm 0.05 \text{ g}$	
	200404	$1.25 \pm 0.22 \text{ c}$	
浅黄色系 Light yellow series	8558831	$0.54 \pm 0.13 \text{ g}$	0.54 c

14 份山葡萄资源果实总酚含量大小排序是紫黑色系>暗紫红色系>紫红色系>粉红色系>浅黄色系。

2.3 不同色价山葡萄果实 PAL 及 PPO 活性比较分析

由表 3 可以看出,品系 77022 和 200417 的 PAL 活性较高,分别为  $9.62$ 、 $7.60 \text{ U} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ;品系 8558831 的 PAL 活性最低。果汁颜色最深的紫黑色系山葡萄果实 PAL 活性最高,显著高于紫红色系、粉红色系和浅黄色系 ( $P<0.05$ ),但与暗紫红色系资源果实 PAL 活性差异不显著。

从表 4 可以看出,山葡萄资源中品系 089402 的 PPO 活性最高,品系 8558812 和 200306 的 PPO 活性最低。但从整体上看,紫黑色系山葡萄资源的 PPO 活性仍显著高于其它色系 ( $P<0.05$ )。

2.4 山葡萄果实色价含量与总酚及 PAL、PPO 活性的相关性分析

表 5 的相关性分析表明,色价与总酚、PAL 和 PPO

表 3 不同色价山葡萄资源果实 PAL 活性比较

Table 3 The comparison in activities of PAL among amur grape resources of different color unite

果汁颜色 Juice color	资源 Resources	PAL 活性 PAL activity $/(\text{U} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$	均值 Mean $/(\text{U} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$
紫黑色系 Purple-black series	200417	$7.60 \pm 0.13 \text{ b}$	5.74 a
	75113	$3.88 \pm 0.07 \text{ c}$	
	77022	$9.62 \pm 0.06 \text{ a}$	
暗紫红色系 Dark purple-red series	200506	$3.01 \pm 0.09 \text{ e}$	4.65 ab
	200507	$3.48 \pm 0.09 \text{ d}$	
	089402	$2.47 \pm 0.06 \text{ f}$	
	200306	$3.51 \pm 0.12 \text{ d}$	
紫红色系 Purple-red series	73080	$2.12 \pm 0.14 \text{ g}$	2.61 bc
	200201	$1.87 \pm 0.12 \text{ g}$	
	087932	$2.96 \pm 0.14 \text{ e}$	
粉红色系 Pink series	8558812	$1.31 \pm 0.06 \text{ h}$	1.40 c
	8558835	$1.49 \pm 0.12 \text{ h}$	
	200404	$1.41 \pm 0.13 \text{ h}$	
浅黄色系 Light yellow series	8558831	$0.63 \pm 0.08 \text{ i}$	0.63 c

表 4 不同色价山葡萄资源果实 PPO 活性比较

Table 4 The comparison in activities of PPO among amur grape resources of different color unite

果汁颜色 Juice color	资源 Resources	PPO 活性 PPO activity $/(\text{U} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$	均值 Mean $/(\text{U} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$
紫黑色系 Purple-black series	200417	$2.00 \pm 0.11 \text{ ab}$	1.90 a
	75113	$1.81 \pm 0.05 \text{ b}$	
	77022	$0.75 \pm 0.06 \text{ d}$	
暗紫红色系 Dark purple-red series	200506	$1.89 \pm 0.20 \text{ b}$	1.53 b
	200507	$1.31 \pm 0.14 \text{ c}$	
	089402	$2.15 \pm 0.06 \text{ a}$	
	200306	$0.45 \pm 0.13 \text{ e}$	
紫红色系 Purple-red series	73080	$0.54 \pm 0.17 \text{ e}$	0.76 c
	200201	$1.50 \pm 0.14 \text{ c}$	
	087932	$0.55 \pm 0.08 \text{ de}$	
粉红色系 Pink series	8558812	$0.44 \pm 0.12 \text{ e}$	0.47 c
	8558835	$0.53 \pm 0.09 \text{ e}$	
	200404	$0.45 \pm 0.16 \text{ e}$	
浅黄色系 Light yellow series	8558831	$0.50 \pm 0.11 \text{ e}$	0.50 c

表 5 山葡萄资源果实色价含量与总酚及 PAL、PPO 活性的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between color unite content and total phenolic,activities of PAL,PPO of amur grape resources

生理指标 Physiological index	色价 Color value	总酚 Total phenolic	苯丙氨酸解氨酶 PAL	多酚氧化酶 PPO
色价 Color unite	1.0000			
总酚 Total phenolic	0.8452 *	1.0000		
苯丙氨酸解氨酶活性 PAL activity	0.7475 *	0.9004 *	1.0000	
多酚氧化酶活性 PPO activity	0.6151 *	0.3041	0.2869	1.0000

注:\* 表示差异达显著水平 ( $P<0.05$ )。

Note: \* shows significant difference ( $P<0.05$ ).

活性均呈显著正相关 ( $P<0.05$ ),其中与总酚相关系数最大,相关值为 0.8452。而总酚含量与 PAL 活性的相关性最大,说明 PAL 活性越高,合成的总酚含量越多。PPO 活性与总酚含量和 PAL 活性也呈正相关,但相关性不显著。

## 3 讨论

果实颜色是果蔬的重要品质性状,山葡萄资源果皮颜色皆为紫黑色<sup>[7,10]</sup>,从外观上难以对果实着色情况进行判断,但作为果实品质特性之一的果汁颜色却有明显不同。色价值可以反映果汁颜色的深浅,该研究选取的14份山葡萄资源果实色价值差异显著( $P<0.05$ )。酚类化合物是葡萄酒的重要组成部分,对葡萄酒的感官品质具有重要影响<sup>[3]</sup>。葡萄是葡萄酒的重要原料,只有果实中的酚类物质含量高才有可能转移到葡萄酒中<sup>[11]</sup>。通过对果汁颜色深浅不同的14份山葡萄资源总酚含量的测定表明,不同色价山葡萄资源果实总酚含量存在差异( $P<0.05$ )。总酚含量与色价值呈显著正相关( $P<0.05$ ),说明色价值越高的山葡萄资源,果实总酚含量越高。多数研究表明,总酚含量与抗氧化能力的相关性达到极显著水平<sup>[12]</sup>。由此推断,果汁颜色深的山葡萄资源其具有的抗氧化能力和清除活性氧的能力可能较强,相关研究有待进一步进行。

该研究中,不同色价山葡萄资源果实苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性有统计差异( $P<0.05$ )。PAL是催化酚类代谢的关键酶和限速酶<sup>[13]</sup>;在该研究中,PAL活性越高的山葡萄资源,其果实含有的总酚含量越高,二者呈显著正相关,与前人研究结果一致。多酚氧化酶(PPO)也是与酚类物质代谢相关的酶,可氧化酚类化合物,形成褐色聚合物<sup>[14]</sup>。该试验中,不同色价山葡萄资源果实PPO活性差异显著。但PPO活性与总酚含量正相关性不显著,而与色价值相关性显著( $P<0.05$ )。由此可见,在选择果汁颜色深,总酚含量高的山葡萄资源酿造果酒和加工果汁过程中要控制褐变的发生。褐变将会直接

影响产品的保质期,使产品的稳定性下降<sup>[15]</sup>。

(该文作者还有李晓艳,单位同第一作者。)

## 参考文献

- [1] 沈育杰,郭太君. 山葡萄栽培及酿酒技术[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2001.
- [2] 刘闯萍,王军,沈育杰. 山葡萄资源性状评价[J]. 东北林业大学学报, 2007,35(3):79-81.
- [3] 孟江飞,杨学威,房玉林,等. 不同采收期对梅尔诺葡萄和葡萄酒酚类物质及抗氧化活性的影响[J]. 中国食品学报, 2012,12(10):155-162.
- [4] 刘崇怀,沈育杰,陈俊,等. 葡萄种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [5] 文丽珠,钟精懿,杨美容. 葡萄种间杂交浆果颜色的遗传表现[J]. 果树科学, 1988,14(5):150-154.
- [6] 章文才. 果树研究法[M]. 北京:中国农业出版社,1997.
- [7] 艾军,沈育杰,臧埔,等. 山葡萄浆果中色素含量的研究[J]. 葡萄栽培与酿酒, 1998(1):1-3.
- [8] Jayaprakasha G K, Singh R P, Sakariah K K. Antioxidant activity of grape seed(*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models *in vitro* [J]. Food Chemistry, 2001,73:285-290.
- [9] 印芳,葛红,彭克勤,等. 蝴蝶兰组培褐变与酚酸类物质及相关酶活性的关系[J]. 中国农业科学, 2008,41(7):2197-2203.
- [10] 艾军,沈育杰,臧埔,等. 山葡萄浆果中色素含量的研究[J]. 葡萄栽培与酿酒, 1998(1):1-3.
- [11] 李华,王华,袁春龙,等. 葡萄酒工艺学[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [12] 王晓宇. 葡萄酒抗氧化活性及其检测方法的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [13] Dixon R A, Paiva N L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism[J]. Plant Cell, 1995(7):1085-1097.
- [14] Mayer A M, Harel E. Polyphenol oxidases in plants[J]. Phytochemistry, 1979,18:193-215.
- [15] 孙勇,冯玉林,白红娟. 山葡萄果汁褐变的主要原因及控制方法[J]. 中国林副特产, 2002(1):39.

## Comparison of the Total Phenol and Related Enzymes in Amur Grape of Different Color Unite

ZHAO Ying, YANG Yi-ming, WANG Zhen-xing, LIU Ying-xue, XU Pei-lei, AI Jun, LI Xiao-yan

(Institute of Special Wild Economic Animal and Plant Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun, Jilin 130112)

**Abstract:** Taking 14 selected amur grape resources as materials, comparison of color unite, total phenol and related enzymes were carried out by variance analysis and correlation analysis according to the differences in juice color. The results showed that range of the color unite was 5.889—62.861  $g^{-1}$ ; the color unite, total phenol, PAL and PPO activities of 14 amur grape resources were significant difference; content of color unite showed a positive correlation with total phenol and the activity of PAL, PPO. Meanwhile, the content of total phenol was positive correlation with PAL and PPO activity. Thus it could be seen that the deeper juice color, the higher total phenol in fruit which would be more stronger antioxidant ability. However, because of the higher PPO activity in deeper juice color of amur grape, the browning should be controlled in the process.

**Keywords:** amur grape; color unite; total phenol; PAL activity; PPO activity