

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2020.02.006

文章编号:2095-6002(2020)02-0041-07

引用格式:李伟,席晓敏,李辉,等.贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒陈酿过程中颜色变化研究[J].食品科学技术学报,2020,38(2):41-47.



LI Wei, XI Xiaomin, LI Hui, et al. Determination of color change during aging of Cabernet Sauvignon in eastern foothill of Helan mountain[J]. Journal of Food Science and Technology, 2020,38(2):41-47.

贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒陈酿过程中颜色变化研究

李伟^{1,3}, 席晓敏², 李辉^{1,3}, 张军翔^{2,3,*}

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021; 2. 宁夏大学葡萄酒学院, 宁夏银川 750021;

3. 宁夏葡萄与葡萄酒研究院, 宁夏银川 750021)

摘要:研究贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒陈酿过程颜色特性和花色苷变化规律。以贺兰山东麓同一酒庄10个垂直年份(2005—2006年、2008—2015年)赤霞珠干红葡萄酒为实验材料,测定其CIELab颜色空间参数,利用光谱和液相色谱方法量化分析葡萄酒样品中花色苷的组成和含量。结果表明,随着酒龄的增加,明亮度 L^* 、黄色色调 b^* 呈增加趋势,红色色调 a^* 呈降低趋势;综合指标色调角 H_{ab}^* 呈增加趋势,在陈酿前4年增量明显,在陈酿第8年之后趋于稳定。反映在葡萄酒颜色上,供试酒样在前4年由紫红色迅速向黄红色转变,8年后稳定在棕红色;葡萄酒总花色苷的含量呈下降趋势,最高为2015年酒样197.85 mg/L,在陈酿前4年迅速下降至71.18 mg/L;陈酿第8年下降至16.53 mg/L并趋于稳定,其变化规律与颜色“黄移”规律一致。从颜色的变化来看,贺兰山东麓的赤霞珠干红葡萄酒与法国波尔多地区相比稳定性略差,与之前对宁夏产区葡萄酒颜色稳定性的研究结果相一致。实验建立了酒龄与色调角、总花色苷含量间的回归方程,拟合度好,可以作为判定贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒酒龄的简便方法。

关键词:赤霞珠;花色苷;陈酿;葡萄酒;贺兰山东麓

中图分类号:TS262.6

文献标志码:A

颜色作为红葡萄酒重要的感官特性,与葡萄酒的结构、丰满度以及成熟程度有密切的关系,是鉴别葡萄酒品质及酒龄的重要依据^[1]。研究葡萄酒的颜色对于葡萄酒发酵工艺优化、陈酿过程调控以及品质鉴定与提升都有重要意义^[2-3]。

CIELab颜色空间参数是由国际照明委员会(Commission International de l'éclairage, CIE)在1976年公布的一种色彩模式,基于人类生理特征、用数字化的方法来描述人对颜色系统的视觉感应。所有颜色都可以在一个三维的均匀色空间内由 L^*

(明亮度)、 a^* (红色)和 b^* (黄色)三坐标定义^[4-5],是国际葡萄与葡萄酒组织(International Organization of Vine and Wine, OIV)推荐的客观评价葡萄酒颜色的方法,广泛应用于葡萄酒颜色特征描述及分级中^[2,5-10]。花色苷是红葡萄酒主要呈色物质,其含量、种类和比例决定着红葡萄酒的颜色^[11-13]。游离花色苷含量越高,葡萄酒的颜色越红(紫),色彩饱和度越高,反之就低^[14-15]。在葡萄酒陈酿过程中,游离花色苷含量逐渐降低,通过酰化修饰、聚合和共呈色等作用形成更加复杂的花色苷衍生物^[16-20],颜

收稿日期:2019-06-06

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划重大项目(2016BZ06);贺兰山东麓葡萄酒特色酿造工艺研究项目(021604220003)。

第一作者:李伟,男,硕士研究生,研究方向为葡萄与葡萄酒。

*通信作者:张军翔,男,教授,博士,主要从事葡萄与葡萄酒方面的研究。

色逐渐由红色向黄色色调转移(称为“黄移”),分析数据表现为色调或者色调角 H_{ab}^* 增加,并趋于稳定^[21-22]。虽然葡萄酒的颜色在陈酿过程中最终会趋于黄色色调,但其“黄移”的速度可以看成是否保持稳定性的标志,也是其重要的陈酿特性。一般情况下葡萄酒色调增加的速度越快,花色苷减少速度越快,反映出其颜色的陈酿稳定性越差,反之陈酿稳定性越好^[23-25]。

贺兰山东麓作为中国葡萄酒新兴产区,主要产品为陈酿型干红葡萄酒。贺兰山东麓新红葡萄酒颜色深、紫色色调明显^[2]。本研究选取贺兰山东麓同一酒庄相同陈酿工艺条件下、10 个不同年份的赤霞珠干红葡萄酒,利用 CIELab 颜色空间参数并分析花色苷组分的变化,研究其颜色陈酿特性。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

选用贺兰山东麓贺兰晴雪酒庄 10 个年份的赤霞珠干红葡萄酒作为待测样品。酒样分别是 2005、2006、2008、2009、2010、2011、2012、2013、2014、2015 年;在 2017 年进行实验分析,即酒龄分别为 12、11、9、8、7、6、5、4、3、2 年。所有酒样在橡木桶陈酿约 12 个月 after 装瓶,并在相同酒窖进行陈酿(温度 12 ~ 18 ℃,相对湿度 60% ~ 80%)。酒样常规理化指标(见表 1)符合 GB/T 15037—2006^[26] 标准,均为合格的葡萄酒样品。

乙腈、甲醇,均为色谱纯,美国 Thermo Fisher Scientific 公司;花色苷标准品用二甲花翠素-3-*O*-葡萄糖苷(malvin-3-*O*-glucoside, Mv-3-*O*-Glu),美国 Sigma 公司。

1.2 仪器与设备

UV2450 型分光光度计,日本岛津公司;Agilent1100 型高效液相色谱仪,美国安捷伦公司;Ultra-II C18 色谱柱(250 mm × 4.6 mm × 5 μm),美国瑞斯泰克公司。

1.3 检测指标及方法

1.3.1 CIELab 法测定葡萄酒颜色

测定方法参照文献[2]和[10]。酒样经 0.45 μm 滤膜过滤,置于 0.2 cm 光程石英比色皿中(用蒸馏水作为参比),测定供试酒样在 450、520、570、630 nm 波长处的吸光度,通过式(1)至式(8)计算出三色值 X 、 Y 、 Z 值,继而得 CIELab 参数 L^* 、 a^* 、 b^* ^[27]。

表 1 10 个年份赤霞珠干红葡萄酒酿酒学参数
Tab. 1 Oenological parameters of Cabernet Sauvignon dry red wines of 10 vintages

年份	酒精度/%	ρ (干浸出物)/(g·L ⁻¹)	pH	ρ (总酸) [*] /(g·L ⁻¹)	ρ (总酚)/(mg·L ⁻¹)
2005	12.53	30.37	3.59	5.03	2 089.44
2006	12.87	32.37	3.56	5.13	2 317.22
2008	13.47	34.43	3.71	5.20	2 970.00
2009	14.43	31.40	3.52	7.43	2 578.33
2010	13.07	29.53	3.43	6.60	1 967.22
2011	13.33	37.10	3.57	5.17	2 431.11
2012	15.17	37.30	3.45	7.27	2 631.11
2013	14.63	37.43	3.72	5.63	2 708.89
2014	14.77	33.27	3.62	5.47	2 572.78
2015	13.27	34.43	3.51	5.37	2 586.67

* 以酒石酸计。

$$\tau = 10^{-A}, \tag{1}$$

$$X = 19.717\tau_{450} + 1.884\tau_{520} + 42.539\tau_{570} + 32.474\tau_{630} - 1.841, \tag{2}$$

$$Y = 7.950\tau_{450} + 34.764\tau_{520} + 42.736\tau_{570} + 15.759\tau_{630} - 1.180, \tag{3}$$

$$Z = 103.518\tau_{450} + 4.190\tau_{520} + 0.251\tau_{570} - 1.831\tau_{630} + 0.818, \tag{4}$$

$$L^* = 116[(Y/Y_{10})^{1/3} - 0.1379], \tag{5}$$

$$a^* = 500[(X/X_{10})^{1/3} - (Y/Y_{10})^{1/3}], \tag{6}$$

$$b^* = 200[(Y/Y_{10})^{1/3} - (Z/Z_{10})^{1/3}], \tag{7}$$

$$H_{ab}^* = \tan^{-1}(b^*/a^*). \tag{8}$$

式(1)中, τ 为透光率, A 为吸光度;式(2)至(7)中 X 、 Y 、 Z 是根据公式计算 200 ~ 700 nm 波长范围的红、绿、黄三原色刺激值, X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10} 是 CIE 推荐的标准白光的三种颜色刺激值, $X_{10} = 94.825$, $Y_{10} = 100$, $Z_{10} = 107.381$ 。

1.3.2 总花色苷含量的测定

用 pH 示差法测定总花色苷含量^[2]。

1.3.3 游离花色苷含量的测定

用高效液相色谱测定游离花色苷含量^[28]。

葡萄酒样经 0.45 μm 水系滤膜过滤,然后直接装入进样瓶中待测。

Ultra-II C18 色谱柱(250 mm × 4.6 mm × 5 μm);流动相 A 为 $V(\text{水}):V(\text{乙腈}):V(\text{甲酸}) = 87:3:10$,流动相 B 为 $V(\text{水}):V(\text{乙腈}):V(\text{甲酸}) = 40:50:10$ 。梯度洗脱程序 0 ~ 4 min, 6% ~ 15% B; 4 ~ 13 min, 15% ~ 25% B; 13 ~ 20 min, 25% ~ 50%

B;20 ~ 35 min,50% ~ 80% B;35 ~ 40 min,80% ~ 100% B;40 ~ 45 min,100%降至6% B。检测波长535 nm,柱温35℃,流速1.0 mL/min,进样量10 μL。

1.4 数据处理

利用Color Express 软件对CIELab 颜色空间参数进行表征;通过IBM SPSS Statistics 20 数据分析软件对花色苷含量、酒龄、色调角 H_{ab}^* 进行相关性分析并建立回归模型。

2 结果与讨论

2.1 陈酿过程中贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒颜色变化

由CIELab 法得到贺兰山东麓10 个年份赤霞珠干红葡萄酒的颜色特征参数,结果见表2。 L^* 表示葡萄酒的明亮度,10 个酒样整体明亮度较高,酒体光泽度良好,总体上随陈酿时间呈增加趋势。 a^* 代表酒样红色程度,总体上随陈酿时间呈下降趋势; b^* 代表酒样的黄色程度,总体上随着陈酿时间呈增加趋势。色调角 H_{ab}^* 反映色彩特征,是葡萄酒颜色判别的综合指标,红葡萄酒的色调角 H_{ab}^* 介于0°~90°之间,其值越小代表葡萄酒的颜色越倾向于紫红或宝石红色,反之则更倾向于棕红色或砖红色^[2,5]。10 个酒样的 H_{ab}^* 值在13.63°~41.60°之间,变化较大,总体趋势随酒龄而增加,其中2015 年(陈酿2 年) H_{ab}^* 值最小为13.63°,2013 年(陈酿4 年)增加到31.21°,变化幅度较大。2009 年(陈酿8 年)的酒样 H_{ab}^* 达到40.52°,随后年份趋于平稳。

利用Color Express 软件在CIELab 颜色空间内

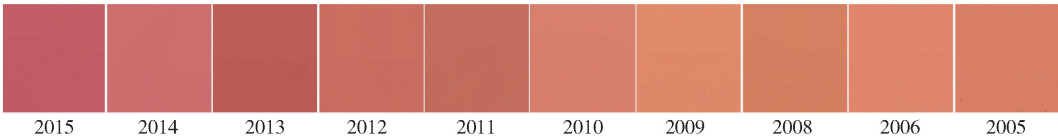


图1 10 个年份赤霞珠干红葡萄酒 CIELab 颜色表征

Fig.1 CIELab color characteristics of Cabernet Sauvignon dry red wines of 10 vintages

2.2 贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒陈酿过程中花色苷变化

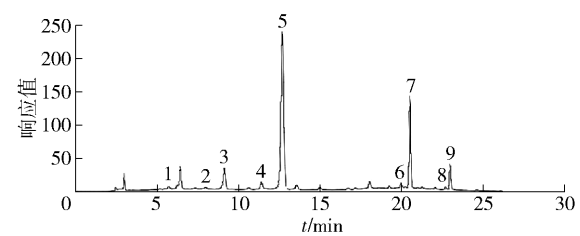
以2015 年色谱为例,花色苷的色谱见图2,可以看出各花色苷分离度良好,峰形对称,可以很好地进行定性定量分析。选择保留时间为12.68 ±0.15 min 的Mv-3-O-Glu 为参考峰,参考文献[28]确定葡萄酒样中花色苷的种类及出峰顺序,以Mv-3-O-Glu 为

表2 10 个年份赤霞珠干红葡萄酒 CIELab 颜色空间参数值
Tab.2 CIELab color space parameters of Cabernet Sauvignon dry red wines of 10 vintages

年份	陈酿时间/a	L^*	a^*	b^*	$H_{ab}^*/(^{\circ})$
2005	12	64.99	30.34	25.32	40.85
2006	11	67.90	29.26	24.95	40.46
2008	9	64.52	29.33	27.94	41.60
2009	8	68.78	27.35	25.97	40.52
2010	7	65.28	30.81	20.31	33.39
2011	6	57.29	37.40	19.66	30.73
2012	5	58.62	35.93	21.12	30.45
2013	4	52.62	38.93	29.57	31.21
2014	3	59.30	35.83	17.32	25.80
2015	2	53.61	44.06	10.68	13.63

准确定位10 个年份的赤霞珠干红葡萄酒的 L^* 、 a^* 、 b^* ,得到直观的颜色表征及陈酿过程中颜色的变化规律,结果如图1。在陈酿过程中葡萄酒的颜色有明显变化,并呈现出由紫红色色调向黄色色调逐渐变化的规律。红色色调最明显的是2015 年的葡萄酒,表现为紫红色;陈酿前4 年颜色变化最明显,迅速向黄色色调转变;在2009 年(陈酿8 年)达到明显的黄色色调,随后稳定在棕红色和砖红色,与陈晓艺等^[10]对红葡萄酒颜色量化分级标准相吻合。法国波尔多地区陈酿10 年的干红葡萄酒还有明显的红色色调^[29];李运奎等^[9]对中国多个产区红葡萄酒颜色的研究中,宁夏产区的葡萄酒同样表现出较高的黄色色调;综合来看,贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒的颜色陈酿稳定性较差。

标样,其标准工作曲线为 $y = 0.0510x - 0.6148$ ($R^2 = 0.9995$),得到10 个不同年份葡萄酒中花色苷含量。表3 给出了不同陈酿年份葡萄酒中花色苷的含量,其中Mv-3-O-Glu 含量最高,决定了赤霞珠葡萄酒的颜色;9 种基本花色苷、乙酰化花色苷和香豆酰花色苷在葡萄酒陈酿过程中除Mv-3-O-Glu 外没有明显的变化规律,Mv-3-O-Glu 在陈酿



注:1. 花翠素-3-*O*-葡萄糖苷 (Dp-3-*O*-Glu), 2. 花青素-3-*O*-葡萄糖苷 (Cy-3-*O*-Glu), 3. 甲基花翠素-3-*O*-葡萄糖苷 (Pt-3-*O*-Glu), 4. 甲基花青素-3-*O*-葡萄糖苷 (Pn-3-*O*-Glu), 5. 二甲花翠素-3-*O*-葡萄糖苷 (Mv-3-*O*-Glu), 6. 甲基花青素-3-*O*-(6-*O*-乙酰)-葡萄糖苷 (Pn-3-*O*-Gl-Ac), 7. 二甲花翠素-3-*O*-(6-*O*-乙酰)-葡萄糖苷 (Mv-3-*O*-Gl-Ac), 8. 甲基花青素-3-*O*-(6-*O*-对香豆酰)-葡萄糖苷 (Pn-3-Couglu), 9. 二甲花翠素-3-*O*-(6-*O*-对香豆酰)-葡萄糖苷 (Mv-3-Conglu)。

图2 2015 年葡萄酒样品花色苷 HPLC 色谱
Fig.2 HPLC chromatogram of anthocyanins in wine sample of 2015

过程中呈下降趋势;总花色苷含量最高的样品为 2015 年葡萄酒,197.85 mg/L,在陈酿前 4 年(2013 年)含量迅速下降至 71.18 mg/L;在陈酿 8 年(2009 年)下降至 16.53 mg/L,之后趋于稳定,变化趋势与颜色一致。结合陶永胜等^[7]和梁娜娜等^[8]的研究,花色苷含量和组成与葡萄酒颜色参数具有相关性,本研究确定了贺兰山东麓产区赤霞珠干红葡萄酒花色苷组成和含量导致红葡萄酒颜色“黄移”的变化规律。

2.3 贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒酒龄的判别
贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒在陈酿过程中的颜色与花色苷含量的变化具有一定的规律性,总花色苷含量的下降促使颜色“黄移”,体现在色调角 H_{ab}^* 的增大。对贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒的陈酿年份与花色苷含量、色调角 H_{ab}^* 进行相关性分析,酒龄与花色苷含量呈极显著负相关($P > 0.01$),与色调角 H_{ab}^* 呈极显著正相关。

表3 10 个年份葡萄酒单体花色苷含量
Tab.3 Anthocyanin concentrations in wines of 10 vintages

ρ (花色苷)	年份										mg/L
	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2006	2005	
基本花色苷	Dp-3- <i>O</i> -Glu	—	1.52	1.99	2.66	2.50	2.37	—	0.03	—	—
	Cy-3- <i>O</i> -Glu	—	1.45	0.75	1.86	3.00	2.18	—	—	—	—
	Pt-3- <i>O</i> -Glu	—	12.10	—	—	2.54	—	—	—	—	—
	Pn-3- <i>O</i> -Glu	3.28	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Mv-3- <i>O</i> -Glu	154.87	83.60	22.79	19.40	17.08	12.05	1.00	1.02	0.18	—
乙酰化花色苷	Pn-3- <i>O</i> -Gl-Ac	7.80	—	3.31	3.53	—	—	3.36	2.05	0.67	—
	Mv-3- <i>O</i> -Gl-Ac	—	3.52	3.49	—	1.88	1.68	—	—	—	—
香豆酰化花色苷	Pn-3-Couglu	3.28	1.06	11.72	—	—	—	—	0.32	1.15	—
	Mv-3-Conglu	—	—	—	2.08	—	—	2.06	1.19	0.77	—
总花色苷	197.85	142.36	71.18	46.62	51.22	22.6	16.53	21.04	15.42	15.25	

“—”表示未检出;花翠素-3-*O*-葡萄糖苷 (Dp-3-*O*-Glu), 花青素-3-*O*-葡萄糖苷 (Cy-3-*O*-Glu), 甲基花翠素-3-*O*-葡萄糖苷 (Pt-3-*O*-Glu), 甲基花青素-3-*O*-葡萄糖苷 (Pn-3-*O*-Glu), 二甲花翠素-3-*O*-葡萄糖苷 (Mv-3-*O*-Glu), 甲基花青素-3-*O*-(6-*O*-乙酰)-葡萄糖苷 (Pn-3-*O*-Gl-Ac), 二甲花翠素-3-*O*-(6-*O*-乙酰)-葡萄糖苷 (Mv-3-*O*-Gl-Ac), 甲基花青素-3-*O*-(6-*O*-对香豆酰)-葡萄糖苷 (Pn-3-Couglu), 二甲花翠素-3-*O*-(6-*O*-对香豆酰)-葡萄糖苷 (Mv-3-Conglu)。

建立酒龄与花色苷含量及色调角 H_{ab}^* 的回归方程,对贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒酒龄进行判定。图 3 给出了酒龄与花色苷含量 (a)、色调角 H_{ab}^* (b) 的回归方程和曲线,两种回归方程分别为 $y = 647.98x^{-1.584}$ 和 $y = 14.375\ln(x) + 7.4416$, R^2 分别为 0.9481 和 0.8985,拟合度均较好。利用回归方程可以通过葡萄酒中总花色苷的含量或色调角

H_{ab}^* 对贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒的年龄进行简单的判定。

3 结 论

通过对贺兰山东麓 10 个垂直年份赤霞珠干红葡萄酒 CIELab 颜色空间参数和花色苷含量进行分析,得到产区赤霞珠干红葡萄酒的颜色陈酿特性。

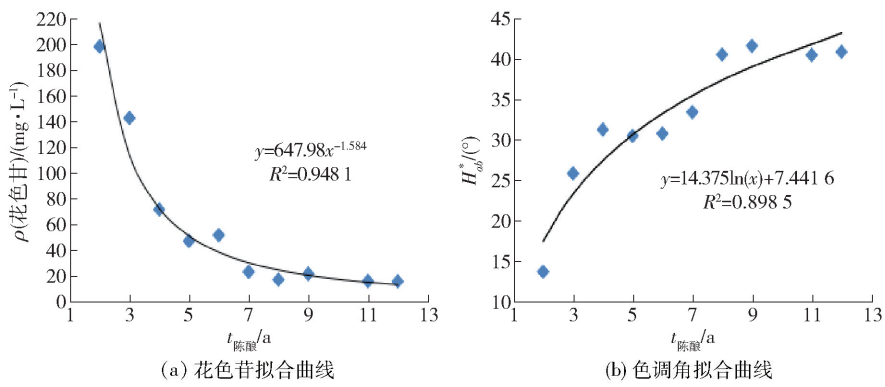


图 3 陈酿时间与花色苷含量、色调角的关系

Fig. 3 Correlation among ageing time with anthocyanin concentrations and H^*_{ab}

贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒在陈酿前 4 年色调角 H^*_{ab} 快速增加,颜色由紫红色快速向(黄)红色转变,陈酿 4~8 年色调“黄移”减弱;陈酿 8 年以后,葡萄酒颜色趋于稳定,呈棕红色。(游离)花色苷含量在陈酿过程中迅速下降,其下降趋势与葡萄酒颜色“黄移”规律一致。从颜色的变化来看,贺兰山东麓的赤霞珠干红葡萄酒与法国波尔多地区相比稳定性略差,与之前对宁夏产区葡萄酒颜色稳定性的研究结果相一致。通过建立的酒龄与花色苷含量、色调角 H^*_{ab} 间的回归方程,可以对贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒年龄进行判定。

参考文献:

[1] 李华. 葡萄酒品尝学[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 22-28.
LI H. Science of wine - tasting[M]. Beijing: Science Press, 2006: 22-28.

[2] 王宏, 陈晓艺, 张军翔. 贺兰山东麓年轻红葡萄酒的 CIELab 颜色空间特征[J]. 食品科学, 2014, 35(9): 20-23.
WANG H, CHEN X Y, ZHANG J X. Characteristic analysis of young red wine from the eastern foot of Helan mountain based on CIELab color space parameters[J]. Food Science, 2014, 35(9): 20-23.

[3] GARCÍA M M, ESCUDERO-GILETE M L, HEREDIA F J, et al. Color-copigmentation study by tristimulus colorimetry (CIELAB) in red wines obtained from Tempranillo and Graciano varieties[J]. Food Research International, 2013, 51(1): 123-131.

[4] HILL B, ROGER T, VORHAGEN F W. Comparative analysis of the quantization of color spaces on the basis of the CIELAB color-difference formula[J]. ACM Transac-

tions on Graphics, 1997, 16(2): 109-154.

[5] SANTESTEBAN I G, MIRANDA C, ROYO J B. Color evaluation on red wine grapes by CIELab parameters[J]. Acta Horticulturae, 2012(931): 323-330.

[6] BOISIER B, MANSOURI A, GOUTON P, et al. Wine color characterization and classification for nuances reproduction[C]// Fifth International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems, Washington DC: IEEE Computer Society, 2009: 93-98.

[7] 陶永胜, 张莉. 不同种类红葡萄酒 CIELab 参数与花色苷化合物的相关分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(20): 4271-4277.
TAO Y S, ZHANG L. Correlation analysis of CIELab parameters and anthocyanidins of different red wines[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(20): 4271-4277.

[8] 梁娜娜, 韩深, 何非, 等. 几种红葡萄酒酿造过程中花色苷组成与 CIELab 参数的相关分析[J]. 中国酿造, 2014, 33(1): 48-55.
LIANG N N, HAN S, HE F, et al. Correlation analysis of anthocyanin compositions and CIELab parameters during the process of wine fermentation by several red grape varieties[J]. China Brewing, 2014, 33(1): 48-55.

[9] 李运奎, 韩富亮, 张予林, 等. 基于 CIELAB 色空间的红葡萄酒颜色直观表征[J]. 农业机械学报, 2017, 28(6): 296-301.

[10] LI Y K, HAN F L, ZHANG Y L, et al. Visualization for representation of red wine color based on CIELAB color space[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 28(6): 296-301.

[10] 陈晓艺, 张军翔, 王宏. 均匀色空间下红葡萄酒颜色量化分级研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 32-35.
CHEN X Y, ZHANG J X, WANG H. Research for

- quantitative classification of dry red wine in uniform color space[J]. Food and Machinery, 2015, 31(5): 32–35.
- [11] HAN F L, XU Y. Effect of the structure of seven anthocyanins on self-association and colour in an aqueous alcohol solution[J]. South African Journal for Enology and Viticulture, 2015, 36(1):105–116.
- [12] VIVAR-QUINTANA A M, SANTOS-BUELGA A C, RIVAS-GONZALO J C, et al. Anthocyanins: derived pigments and colour of red wines[J]. Analytica Chimica Acta, 2002, 458:147–155.
- [13] HAN F L, ZHANG W N, PAN Q H, et al. Principal component regression analysis of the relation between CIELAB color and monomeric anthocyanins in young cabernet sauvignon wines[J]. Molecules, 2008, 13: 2859–2870.
- [14] BROUILLARD R, CHASSAING S, FOUGEROUSSE A, et al. Why are grape/fresh wine anthocyanins so simple and why is it that red wine color lasts so long? [J]. Phytochemistry, 2003, 64(7): 1179–1186.
- [15] GAO Y, TIAN Y, LIU D, et al. Evolution of phenolic compounds and sensory in bottled red wines and their co-development[J]. Food Chemistry, 2015, 172:565–574.
- [16] RENTZSCH M, SCHWA M, WINTERHALTER P, et al. Pyranoanthocyanins: an overview on structures, occurrence, and pathways of formation[J]. Trends in Food Science and Technology, 2007, 18:526–534.
- [17] WROLSTAD R E. Anthocyanins pigments-bioactivity and coloring properties[J]. Journal of Food Science, 2004, 69(5): 419–425.
- [18] AGAZZI F M, JENNY N, TANABE C K, et al. Aging of Malbec wines from Mendoza and California: evolution of phenolic and elemental composition[J]. Food Chemistry, 2018, 269(12): 103–110.
- [19] 于庆泉,段长青. 蛇龙珠葡萄酒酿造过程中颜色变化规律研究[J]. 中国酿造,2006(11):28–30.
- YU Q Q, DUAN C Q. Change of color during Cabernet Shelongzhu winemaking [J]. China Brewing, 2006(11):28–30.
- [20] DIPALMO T, CRUPI P, PATI S, et al. Studying the evolution of anthocyanin-derived pigments in a typical red wine of southern Italy to assess its resistance to ageing[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 71(9): 1–9.
- [21] CARVALHO M J, PEREIRA V, PEREIRA A C, et al. Evaluation of wine colour under accelerated and oak-cask ageing using CIELab and chemometric approaches [J]. Food & Bioprocess Technology, 2015, 8(11): 2309–2318.
- [22] BINDON K A, MCCARTHY M G, SMITH P A. Development of wine colour and non-bleachable pigments during the fermentation and ageing of (*Vitis vinifera* L. cv.) Cabernet Sauvignon wines differing in anthocyanin and tannin concentration[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 59(2):923–932.
- [23] MARIAD S, IGNACIO N, ANAMARTÍNEZ G, et al. Impact of long bottle aging (10 years) on volatile composition of red wines micro-oxygenated with oak alternatives[J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 101: 395–403.
- [24] MARÍA T, ESCIBANO B, JULIAN C. Wine color evolution and stability[M]. Cambridge Massachusetts: Academic Press, 2019, 13: 195–205.
- [25] AVIZCURI J M, SAENZ N, MARIA P, et al. Evaluation of the impact of initial red wine composition on changes in color and anthocyanin content during bottle storage[J]. Food Chemistry, 2016, 213(2): 123–134.
- [26] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 葡萄酒;GB/T 15037—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 5.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Wine: GB/T 15037—2006 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2007: 5.
- [27] PEREZ V, AYALA F, ECHÁVARRI J F, et al. Proposal for a new standard OIV method for determination of chromatic characteristics of wine[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2003, 54(1): 59–62.
- [28] GARCÍA-BENEYTES E, CABELLO F, REVILLA E, et al. Analysis of grape and wine anthocyanins by HPLC-MS [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(19):5622–5629.
- [29] DRINKINE J, LOPES P, KENNEDY J A, et al. Ethylidene-bridged flavan-3-ols in red wine and correlation with wine age [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(15):6292–6299.

Determination of Color Change During Aging of Cabernet Sauvignon in Eastern Foothill of Helan Mountain

LI Wei^{1,3}, XI Xiaomin², LI Hui^{1,3}, ZHANG Junxiang^{2,3,*}
(1. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;
2. Wine School, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;
3. Ningxia Grape and Wine Research Institute, Yinchuan 750021, China)

Abstract: The color characteristics and anthocyanins changes during aging of Cabernet Sauvignon dry red wine at the eastern foothill of Helan mountain were studied. The CIELab parameters of Cabernet Sauvignon dry red wines in 10 vertical years (2005 to 2006, 2008 to 2015) from the same winery at the Eastern Foothill of Helan mountain were measured. Spectroscopy and liquid chromatography was employed to analyze the composition and content of anthocyanins. The results showed that the lightness (L^*) and yellow color (b^*) were increased and red color (a^*) was decreased with increasing of wine ageing. The comprehensive index Hue angle (H_{ab}^*) showed an increasing trend, which increased significantly in the first 4 years of aging, and stabilized after the 8th year. This was also reflected in the color of wine. In the first 4 years, the color of wine rapidly changed from purple-red to yellowish red, and stabilized to brown-red color after 8 years. The content of total anthocyanins in wine had a decreasing trend, the highest was 197.85 mg/L in 2015 wine samples, which was rapidly decreased to 71.18 mg/L at the first 4 years during aging. After 8 years of aging, the anthocyanins content was decreased to 16.53 mg/L and tended to be stable, and the change of anthocyanins was consistent with that of “yellow shift”. From the color change, the stabilization of Cabernet Sauvignon dry red wine in the eastern foothill of Helan mountain was slightly less than that in Bordeaux, France, while it was consistent with the results in previous research on the color stability of wine in Ningxia. The regression equation among wine age, H_{ab}^* and total anthocyanins content was established, and the fitting degree was good, which could be used as a simple method to determine the wine age of Cabernet Sauvignon dry red wine at the eastern foothill of Helan mountain.

Keywords: Cabernet Sauvignon; anthocyanins; ageing; wine; eastern foothill of Helan mountain

(责任编辑:李 宁)