

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.06.039

基于 CIELAB 色空间的红葡萄酒颜色直观表征

李运奎¹ 韩富亮¹ 张予林¹ 王 华^{1,2}

(1. 西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学(合阳)葡萄试验示范站, 合阳 715301)

摘要: 现有红葡萄酒颜色特征的表征方法, 很难形象地描述和传递葡萄酒颜色信息。基于 CIELAB 色空间, 构建了高清色彩平面 ($L^* = 60$), 以红葡萄酒颜色的彩度分布图、明度分布图和特征颜色图, 并结合可见吸收光谱图, 直观地表征红葡萄酒的颜色特征。采用该方法和传统的 CIELAB 参数分析法, 对我国各产区 10 款陈酿型赤霞珠干红葡萄酒颜色特征的研究表明, 该方法可以完整而直观地呈现 CIELAB 参数信息, 并可给出具体的酒样特征颜色; 供试酒样间颜色特征差异显著, 但都存在颜色过快老化的问题。

关键词: 红葡萄酒; 颜色特征; 吸收光谱; 颜色空间; CIELAB

中图分类号: TS262.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)06-0296-06

Visualization for Representation of Red Wine Color Based on CIELAB Color Space

LI Yunkui¹ HAN Fuliang¹ ZHANG Yulin¹ WANG Hua^{1,2}

(1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China
2. Heyang Vitis-viniculture Station, Northwest A&F University, Heyang 715301, China)

Abstract: The existing methods of color representation are seldom reported to vividly describe and transmit wine color information. A new method was proposed to visually represent red wine color employing charts of colorfulness distribution, lightness distribution and feature color, as well as the visible absorption spectrum of a wine. A high-definition color plane determined by a^* and b^* axes when $L^* = 60$ was rendered in the CIELAB color space. The colorfulness distribution chart, carrying information of a^* , b^* , chroma and hue, was yielded when a^* and b^* color parameters of a wine were projected on this plane. The lightness distribution chart, indicating the light and shade degree of a wine, was rendered according to the L^* value. The feature color chart, illustrating the true color of a wine under the condition of natural observation, made a comprehensive consideration of the effects of L^* , a^* and b^* parameters. A comparative trial of the new visualized method and a traditional analysis of the CIELAB parameters was carried out to describe the color of 10 *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon wines from representative regions of China. The results showed that the new method presented the CIELAB parameters information completely and visually, and it also exhibited a specific feature color for each red wine impressively. There were significant differences of the charts of colorfulness distribution, lightness distribution, feature color and the visible absorption spectra between the wine samples. Besides, all wine samples encountered a problem that the color aged faster than expected.

Key words: red wine; color feature; absorption spectra; color space; CIELAB

引言

颜色是葡萄酒的重要感官特征, 与香气和口感

等不同, 颜色往往是影响消费者选购决策最直接的因素, 它与葡萄酒品质、类型、贮存性, 甚至营养价值等都有重要关系^[1-2]。葡萄酒颜色的研究对葡萄酒

收稿日期: 2016-10-13 修回日期: 2016-11-17
基金项目: 国家自然科学基金项目(31401479)、国家林业科技推广项目(2014-45)、中央高校基本科研业务费专项资金项目(QN2013020)和西北农林科技大学试验示范站(基地)科技创新与成果转化项目(XNY2013-76)
作者简介: 李运奎(1985—), 男, 讲师, 博士, 主要从事葡萄酒颜色化学研究, E-mail: ykli@nwsuaf.edu.cn
通信作者: 韩富亮(1979—), 男, 副教授, 博士, 主要从事葡萄酒花色苷研究, E-mail: hanfl@nwsuaf.edu.cn

酿造工艺优化、过程质量控制、品质鉴别与提升、风格特色认定等有重要意义^[3-4]。目前相关研究包括葡萄酒颜色的影响因素^[3-11]，如花色苷、单体酚等关键成分的组成与含量，葡萄品种、栽培与管理措施、原料成熟度状况、酿造工艺以及陈酿条件等；葡萄酒颜色演化规律^[5]；葡萄酒颜色特征的描述与评价等^[3,12-13]。

葡萄酒颜色特征方面的研究，传统的 Glories 参数法采用色度与色调描述葡萄酒颜色，这 2 个参数由酒样在 420、520、620 nm 波长处的吸光度计算而来^[13]。该方法由于实验简便，并能从一定程度上反映酒样的颜色状况而曾被广泛采用。CIELAB 色空间法抓住颜色的 3 个基本属性：色调、色度和明度，根据酒样在 450、520、570、630 nm 波长处的吸光度计算得到 3 个彼此独立的参数 L^* （明度）、 a^* （红/绿色彩通道）和 b^* （黄/蓝色彩通道）^[3,14-16]，并将其与三维坐标轴对应从而构建 CIELAB 色空间。任意颜色都可以在该空间中找到其对应的一点，颜色的色彩变化用 a^* 和 b^* 参数描述，层次变化用 L^* 参数描述。由于它是一种基于人类生理特征而设计的能完备描述人类视觉色域、与设备无关并具有较好视觉均匀性的颜色系统，CIELAB 色空间法已成为最流行的葡萄酒颜色评价方法^[3-4,17-18]。

CIELAB 色空间为葡萄酒颜色特征的直观表征创造了条件。然而，当前的研究一般只简单地比较 L^* 、 a^* 与 b^* 等各参数数值、变化规律、与关键成分含量相关性等，很难形象化和直观性地描述和传递葡萄酒颜色信息。王宏等^[3]对 10 个新红葡萄酒的 CIELAB 参数进行了计算，并初步在 CIELAB 空间中采用色度和明度图表征红葡萄酒颜色，陈晓艺等^[12]在此基础上进一步对红葡萄酒颜色进行了量化分级。BOISIER 等^[13]给出了 230 个酒样在 CIELAB 色空间中的分布情况。这些研究尝试在 CIELAB 色空间中直观表达葡萄酒色度和明度等信息，使 CIELAB 参数以可视的图像呈现。本文一方面构建高清（2 880 像素×2 880 像素）CIELAB 色空间彩度和明度分布图，并进一步给出各酒样的特征颜色，挖掘酒样在 400~780 nm 可见光区吸收光谱的颜色信息，直观表征葡萄酒颜色特征。另一方面，目前对国内各产区红葡萄酒颜色特征的报道较少，尤其对同品种不同产区红葡萄酒颜色特征的报道更少，本文研究国内各产区陈酿型赤霞珠干红葡萄酒的颜色特征，以期对相关研究和生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

以云南、新疆、甘肃、宁夏、河北、陕西和山东几大产区共 10 款 2011 年份陈酿型赤霞珠干红葡萄酒为试材。酒石酸钾钠、硫酸铜、葡萄糖、氢氧化钠、碘、碘化钾、盐酸、硫酸、淀粉、邻苯二甲酸氢钾、酚酞与亚甲基蓝等药品均为分析纯，由上海阿拉丁生化科技股份有限公司提供；实验用水为去离子水。

1.2 仪器与设备

UV-1750 型紫外可见分光光度计，日本岛津公司；芯硅谷一次性无菌针式过滤器及 0.45 μm 微孔滤膜由上海阿拉丁生化科技股份有限公司提供。

1.3 方法

酒精度、残糖、干浸出物、总二氧化硫与游离二氧化硫、pH 值、总酸和挥发酸含量的测定方法参考文献^[19]。

去离子水作参比，将葡萄酒样品经 0.45 μm 滤膜过滤后，采用 2 mm 光程玻璃比色皿，用 UV-1750 型紫外可见分光光度计扫描酒样在可见光区 400~780 nm 内的吸收光谱，间隔 1 nm，每酒样重复 3 次。

CIELAB 参数计算选用 10°观察者视场，D65 标准白光源^[3,17]。将吸收光谱中 450、520、570、630 nm 波长处的吸光度校正到 1 cm 光程后，参数 L^* 、 a^* 与 b^* ^[3,14,20-21]计算公式为

$$L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 \tag{1}$$

$$a^* = 500\left(f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right) \tag{2}$$

$$b^* = 200\left(f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right) \tag{3}$$

其中 $X = 19.717T_{450} + 1.884T_{520} + 42.539T_{570} + 32.474T_{630} - 1.841$ (4)

$$Y = 7.950T_{450} + 34.764T_{520} + 42.736T_{570} + 15.759T_{630} - 1.180 \tag{5}$$

$$Z = 103.518T_{450} + 4.190T_{520} + 0.251T_{570} - 1.831T_{630} + 0.818 \tag{6}$$

$$T_i = 10^{-A_i} \quad (i = 450, 520, 570, 630) \tag{7}$$

$$f(I) = \begin{cases} \sqrt[3]{I} & (I > 0.0089) \\ \frac{841}{108}I + \frac{4}{29} & (I \leq 0.0089) \end{cases} \tag{8}$$

式中 A_i ——吸光度 T_i ——透光率
 $X、Y、Z$ ——样品三刺激值
 $X_n、Y_n、Z_n$ ——D65 标准白光三刺激值，取 94.825、100.000、107.381

进一步根据样品 L^* 、 a^* 和 b^* 计算样品色度

C_{ab}^* 、色调 h_{ab} 和色差 $\Delta E_{ab}^{* [3,20]}$, 公式为

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \tag{9}$$

$$h_{ab} = \arctan \frac{b^*}{a^*} \tag{10}$$

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \tag{11}$$

其中 $\Delta L^* = L_1^* - L_2^* \tag{12}$

$\Delta a^* = a_1^* - a_2^* \tag{13}$

$\Delta b^* = b_1^* - b_2^* \tag{14}$

式中下标“1”和“2”分别表示参照酒样和一般酒样。

1.4 数据处理

使用 OriginPro 8、IBM SPSS Statistics 22 以及 Fireworks 8 完成吸收光谱绘制、数据统计分析、高清 CIELAB 色空间彩度和明度分布图以及葡萄酒特征颜色图绘制。

2 结果与分析

经分析,10 款酒样酒精度、残糖、干浸出物、总二氧化硫和挥发酸等常规理化指标符合 GB/T 15037—2006。在此基础上,进一步对酒样颜色特征进行分析和直观表征。

2.1 CIELAB 参数分析

根据酒样在 400 ~ 780 nm 可见光区的光吸收情况,提取 450、520、570、630 nm 波长处的吸光度并校正到 1 cm 光程后,利用式(1) ~ (3)、(8) ~ (11) 计算 CIELAB 颜色参数 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C_{ab}^* 、 h_{ab} 和 ΔE_{ab}^* , 结果如表 1 所示。明度 L^* 代表酒样明暗程度,取值 0 ~ 100^[17]。由表 1 可见,供试酒样整体明度较低,酒体光泽度一般。酒样间明度差异显著,4 号酒样最高,为

39.2,颜色最明亮;10 号酒样最低,为 12.5,颜色最暗。

红/绿色彩通道 a^* 代表酒样红绿色程度,在人眼色域内,取值 -100 (绿色) ~ 100 (红色)^[17]。由表 1 可见,供试酒样的 a^* 较高,在 43.2 ~ 54.0 之间,说明酒体颜色中红色分量都较大;彼此间差异显著,其中最大者为 4 号酒样,最小者为 10 号酒样。黄/蓝色彩通道 b^* 代表酒样黄蓝色程度,取值 -100 (蓝色) ~ 100 (黄色)^[17]。由表 1 可见,供试酒样的 b^* 较高,在 13.1 ~ 58.0 之间,说明酒体颜色中黄色分量较大;彼此间差异显著,其中最大者为 4 号酒样,最小者为 10 号酒样。

色度 C_{ab}^* 包含 a^* 和 b^* 分量的贡献,表征颜色集中于色调的程度,等效于吸收光谱集中于波峰的情况,其值越大,颜色越集中,色彩饱和度越高^[3,18]。由表 1 可见,供试酒样的色度较高,在 45.1 ~ 79.2 之间,说明酒体色彩饱和度较好;彼此间差异显著,其中最大者为 4 号酒样,最小者为 10 号酒样。色调 h_{ab} 是色彩的首要也是最重要的特征,表征色彩的总体倾向,等效于吸收光谱的波峰位置,取值 0° (或 360°)、90°、180°和 270°分别为红色、黄色、绿色和蓝色色调^[3,17-18]。对红葡萄酒而言, h_{ab} 一般介于 0° ~ 90°之间,其值越小代表酒体越倾向于呈紫红或宝石红 (新红葡萄酒的颜色特征),其值越大代表酒体越倾向于瓦红或砖红 (陈酿红葡萄酒的颜色特征)。由表 1 可见,供试酒样的 h_{ab} 值较高,在 16.9° ~ 47.0°之间,说明酒体颜色已不再是新红葡萄酒的紫红色,正向陈酿红葡萄酒的瓦红色发展。酒样间 h_{ab} 差异显著,其中最大者为 4 号酒样,最小者为 10 号酒样。

表 1 酒样 CIELAB 参数
Tab.1 CIELAB parameters of ten wine samples

序号	L^*	a^*	b^*	C_{ab}^*	$h_{ab}/(^{\circ})$	ΔE_{ab}^*
1	33.5 ± 0.3 ^c	51.3 ± 0.7 ^b	48.7 ± 1.0 ^b	70.7 ± 1.2 ^b	43.5 ± 0.2 ^b	42.1 ± 2.9 ^b
2	15.4 ± 0.8 ^b	46.4 ± 0.5 ^d	19.7 ± 1.7 ^e	50.4 ± 1.2 ^{fg}	22.9 ± 1.5 ^e	7.8 ± 1.3 ^e
3	23.1 ± 1.3 ^c	46.2 ± 0.5 ^d	32.8 ± 2.3 ^{de}	56.7 ± 1.7 ^e	35.4 ± 1.6 ^d	22.6 ± 3.7 ^{cd}
4	39.2 ± 1.3 ^a	54.0 ± 2.0 ^a	58.0 ± 2.6 ^a	79.2 ± 3.2 ^a	47.0 ± 0.4 ^a	53.3 ± 4.0 ^a
5	21.1 ± 0.8 ^f	50.9 ± 0.5 ^b	31.0 ± 1.5 ^e	59.6 ± 1.2 ^d	31.3 ± 1.0 ^e	21.3 ± 3.4 ^d
6	24.6 ± 0.6 ^d	50.4 ± 0.6 ^{bc}	35.7 ± 1.3 ^d	61.7 ± 1.2 ^d	35.3 ± 0.6 ^d	26.6 ± 2.1 ^c
7	15.7 ± 1.1 ^b	44.5 ± 0.9 ^e	19.5 ± 2.2 ^e	48.6 ± 1.7 ^e	23.7 ± 2.0 ^e	7.3 ± 4.3 ^e
8	17.6 ± 0.6 ^e	46.0 ± 0.6 ^d	23.7 ± 1.2 ^f	51.7 ± 1.0 ^f	27.2 ± 0.9 ^f	12.1 ± 0.5 ^e
9	35.7 ± 0.5 ^b	49.2 ± 0.3 ^c	42.9 ± 0.9 ^c	65.3 ± 0.6 ^c	41.1 ± 0.6 ^c	38.3 ± 2.7 ^b
10	12.5 ± 0.8 ⁱ	43.2 ± 0.4 ^e	13.1 ± 1.6 ^b	45.1 ± 0.9 ^b	16.9 ± 1.8 ^b	0 ^f

注:1 ~ 10 表示来自云南、新疆 1、甘肃 1、宁夏、河北 1、河北 2、陕西、山东、甘肃 2 与新疆 2 (数字表示子产区)产区的赤霞珠干红葡萄酒,下同;计算色差时,选取 10 号酒样为参照;同列不同小写字母表示 Duncan 多重比较在 $P < 0.05$ 水平差异显著。

总色差 ΔE_{ab}^* 包含 L^* 、 a^* 和 b^* 3 个分量的贡献,表征酒样间颜色总体差异程度,其值越大,差异

越显著,一般来说,6 以上的色差将带来强烈的色彩差异感^[3,17]。当选择 10 号酒样作为参比时,由表 1

可见,供试酒样的色差较大,在 7.3 ~ 53.3 之间,说明尽管酒样年份相同,但由于产区、原料状况和酿造工艺等差异,酒体颜色差异显著。与参考酒样差异最大的是 4 号酒样,色差为 53.3;差异最小的是 7 号酒样,色差为 7.3,已达到引起强烈色彩差异的程度。

传统的从 CIELAB 参数数据分析葡萄酒颜色特征,面临数据数量庞大、纷繁复杂且缺乏直观性和形象化的问题。以下将构建高清 CIELAB 彩度和明度分布图,以及各酒样特征颜色,挖掘酒样吸收光谱的颜色信息,更直观和形象地表征葡萄酒颜色特征。

2.2 CIELAB 彩度与明度分布图

CIELAB 空间中的任何一个颜色,可以分解为 3 个正交的独立参数 L^* 、 a^* 和 b^* 。其中 L^* 体现颜色的明暗和层次, a^* 和 b^* 体现颜色的色彩。单独分析这 2 类参数有利于直观表征颜色特征。

首先分析色彩参数 a^* 和 b^* 。当 L^* 取定值时, a^* 和 b^* 将确定一个色彩平面,随着 L^* 从 0 ~ 100 连续变化而出现的众多色彩平面便组成了 CIELAB 色空间。本文将多个酒样的颜色在某色彩平面上的投影图称为酒样颜色的彩度分布图。取 $L^* = 60$,由于红葡萄酒 h_{ab} 一般介于 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之间,只需绘制色彩平面的第一象限(a^* 的范围为 0 ~ 60, b^* 的范围为 0 ~ 60, 2 880 像素 $\times$ 2 880 像素),再将 10 个酒样的颜色投影到此平面,从而得到 10 个酒样颜色的彩度分布图,如图 1 所示。表 1 中的 a^* 、 b^* 、 C_{ab}^* 、 h_{ab} 和 ΔE_{ab}^* 等参数的信息及彼此关系,酒体的颜色特征等都被直观地呈现出来。供试酒样红色分量较大,最大与最小者分别为 4 号和 10 号酒样。供试酒样间的黄色分量差异较红色分量更大,10 号酒样的 b^* 最小,黄色色调较弱;4 号酒样的 b^* 最大,黄色色调明显。各颜色投影点到原点的距离即为相应酒样的色度 C_{ab}^* ,其所在直线与 a^* 轴夹角即为色调 h_{ab} 。各酒样色彩饱和度高,4 号酒样最高,10 号酒样最低。各酒样色调差异较大,10 号酒样呈现明显的紫红色,黄色色调贡献弱;4 号酒样呈橙红色,黄色色调贡献明显。总色差 ΔE_{ab}^* 与颜色投影点间的距离相关,距离越大,色差越大。此时无需选择某个酒样作参考,通过彩度分布图可直观看出 10 号与 4 号酒样色差最大,7 号与 2 号酒样色差最小。

其次分析明度 L^* 。如图 1 右侧图所示,左侧 L^* 轴从 0 变化到 100 ($a^* = 0, b^* = 0$),酒样以带编号的圆斑表示,依据 L^* 排列圆斑位置,并给予相应明暗程度的着色,由此构成了各酒样颜色的明度分布图。从图中可以直观看出酒样颜色偏暗,酒样间差异较大,4 号酒样颜色最明亮,10 号最暗。

事实上,酒样所呈现的颜色是 L^* 、 a^* 和 b^* 参数综合呈现的结果,除了分解参数剖析各酒样颜色特征外,在生产实践和研究中,更需要给出各酒样的特征颜色。

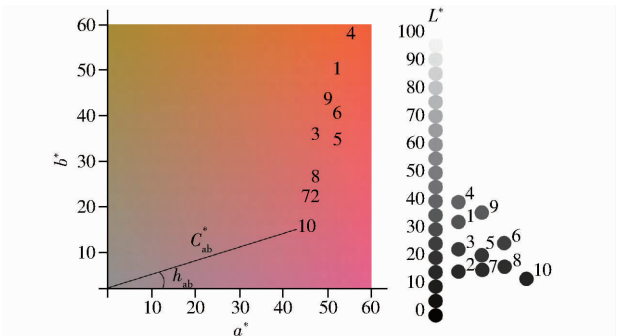


图 1 酒样 CIELAB 彩度与明度分布图
Fig. 1 Colorfulness (left panel) and lightness (right panel) distributions of ten wine samples

2.3 酒样特征颜色图

传统的 CIELAB 颜色分析方法只能给出相关参数数据,不能给出特征颜色,无法对酒样颜色进行直观表征。如图 2 所示,酒样以带编号的圆斑表示,依据 L^* 排列圆斑位置,综合 L^* 、 a^* 和 b^* 参数的贡献给予圆斑相应的着色,由此给出了各酒样的特征颜色,即在自然观察条件下的酒体颜色(自然白光、 10° 观察视角)。可见,4 号酒样颜色亮丽,但黄色色调较重,呈橙红色;10 号酒样颜色较暗,但红色色调较重。

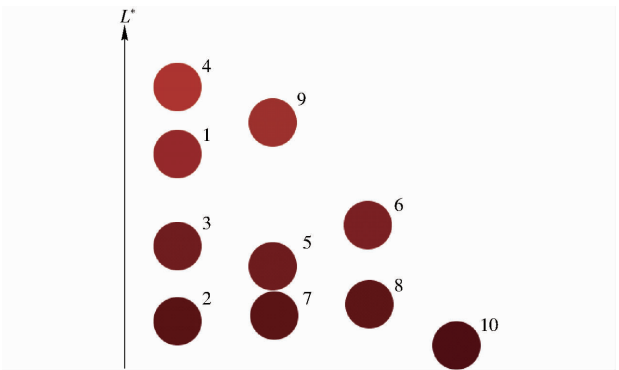


图 2 酒样的特征颜色图
Fig. 2 Feature color of ten wine samples

2.4 酒样可见吸收光谱特征

在葡萄酒颜色特征的研究报道中,较少探讨酒样在可见光区的吸收光谱特征。事实上,吸收光谱是葡萄酒中所有有色成分所呈现的宏观的颜色特征,与葡萄酒酒龄、酒种、成分、品种、工艺等有紧密关系,并与 CIELAB 参数相关。10 个酒样在 400 ~ 780 nm 可见光区的吸收光谱见图 3。可见,各吸收光谱曲线的总体趋势一致,升降幅度接近,这说明 10 款酒的酒龄相近,并推测花色苷等呈色成分的组成比例相近。酒中有色物质对光的吸收主要集中在

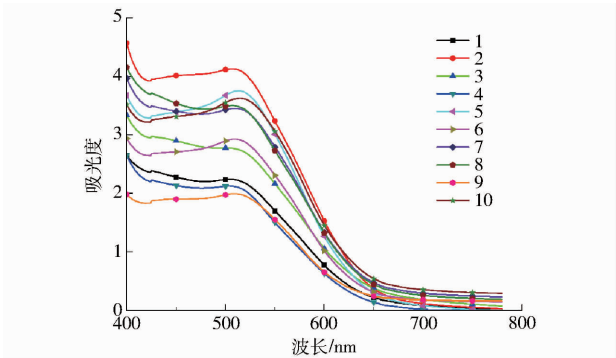


图3 酒样在可见光区的吸收光谱图
(吸光度已校正到1 cm 光程)

Fig.3 Visible absorption spectra of ten wine samples

630 nm 以前。各吸收光谱在 520 nm 附近都有微弱的出峰,这反映了酒样中二甲花翠素-3-0-葡萄糖苷依然占据一定比例,但 520 nm 处相比于 450 nm 处的吸光度相差并不大,说明酒样已经有一定的酒龄。一般来说,随着陈酿的进行,单体花色苷逐渐向酰化花色苷和吡喃花色苷等复杂花色苷转化^[5],相应的吸收光谱特征是:520 nm 处的峰值逐渐降低,甚至与 450 nm 相平或更低。王宏等^[3]研究了 10 款新红葡萄酒的吸收光谱,在 520 nm 处出峰明显,其吸光度较 450 nm 处高出 50% 左右;而陶永胜

等^[4]对 12 款 3 ~ 23 a 酒龄的红葡萄酒吸收光谱分析表明,520 nm 处没有出峰,且其吸光度较 450 nm 处更低。
图 3 所示各酒样吸收光谱间差异较大的是吸光度,最大的 2 号酒样吸光度是最小的 9 号酒样的 2 倍左右,这反映了供试酒样间花色苷等呈色物质含量的差异。对酒样成分分析表明,2 号酒样总花色苷和单体花色苷质量浓度分别为 114.4 mg/L 和 54.4 mg/L;9 号酒样为 72.3 mg/L 和 33.1 mg/L。这种差异是产地生态条件、栽培管理措施、酿酒工艺等差异的综合表现。

进一步研究 520 nm 处吸光度、520 nm 与 450 nm 处吸光度差、酒龄、总花色苷含量与 CIELAB 参数间的相关关系,酒样包括本文的 10 款酒龄 4 a 的酒样、王宏等^[3]10 款酒龄 1 a 的酒样、陶永胜等^[4]4 款酒龄 20 ~ 23 a 的酒样,结果见表 2。可见,520 nm 处出峰越明显,红葡萄酒越年轻、总花色苷含量越高、酒体越亮丽、红色色调相比于黄色色调占比越高、酒体紫红色越明显。结合图 3 推测,酒龄 4 a 左右是一个分水岭,更年轻的红葡萄酒 520 nm 处出峰明显,4 a 以上的红葡萄酒 520 nm 处吸光度比 450 nm 处更低。

表 2 吸收光谱与酒龄、花色苷含量、CIELAB 参数的相关系数

Tab.2 Pearson correlation coefficients between absorption spectra, wine age, total anthocyanins and CIELAB parameters

	A_{520}	$A_{520} - A_{450}$	酒龄	总花色苷含量	L^*	a^*	b^*	C_{ab}^*	h_{ab}
A_{520}	1	0.990 **	-0.590 **	0.922 **	0.823 **	-0.803 **	-0.791 **	-0.805 **	-0.843 **
$A_{520} - A_{450}$		1	-0.539 **	0.930 **	0.838 **	-0.797 **	-0.776 **	-0.792 **	-0.840 **
酒龄			1	-0.906 **	-0.968 **	0.961 **	0.839 **	0.922 **	0.872 **
总花色苷含量				1	0.812 **	-0.846 **	-0.867 **	-0.869 **	-0.908 **
L^*					1	-0.925 **	-0.699 **	-0.836 **	-0.738 **
a^*						1	0.889 **	0.975 **	0.889 **
b^*							1	0.967 **	0.988 **
C_{ab}^*								1	0.955 **
h_{ab}									1

注: **代表在 $P < 0.01$ 水平显著相关。

综合来看,运用高清 CIELAB 彩度分布图、明度分布图、酒样特征颜色图以及可见吸收光谱图,在不丢失 CIELAB 参数信息前提下,可以更直观和形象地表征和认识红葡萄酒的颜色特征,为相关基础研究、葡萄酒生产者以及消费者提供分析工具或参考。

3 结束语

构建了高清的 CIELAB 色空间色彩平面 ($L^* = 60$),以酒样颜色的彩度分布图、明度分布图、酒样

特征颜色图和酒样可见吸收光谱图 4 种形式,直观和形象地表征葡萄酒颜色特征。对我国各产区 10 款 4 a 酒龄的陈酿型赤霞珠干红葡萄酒的研究表明:彩度和明度分布图可以完整给出 CIELAB 参数信息,且更形象生动;酒样特征颜色图清晰地呈现了酒体在自然观察条件下的具体颜色;酒样可见吸收光谱图则直观地传递了酒龄、酒种、花色苷含量以及 CIELAB 参数等信息;供试酒样黄色色调占比较高,酒体颜色过快老化问题明显。

参 考 文 献

- 1 李华. 葡萄酒品尝学[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- 2 GARCÍA-MARINO M, ESCUDERO-GILETE M L, HEREDIA M T, et al. Color-copigmentation study by tristimuluscolorimetry (CIELAB) in red wines obtained from Tempranillo and Graciano varieties[J]. Food Research International, 2013, 51(1): 123–131.
- 3 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 Hong, CHEN Xiaoyi, ZHANG Junxiang. 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. (in Chinese)
- 4 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 Yongsheng, ZHANG Li. Correlation analysis of CIELab parameters and anthocyanidins of different red wines [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(20): 4271–4277. (in Chinese)
- 5 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 Na'na, HAN Shen, HE Fei, 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. (in Chinese)
- 6 兰圆圆, 陶永胜, 张世杰, 等. 我国多产区干红葡萄酒颜色相关指标的关联分析[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 1–4.
LAN Yuanyuan, TAO Yongsheng, ZHANG Shijie, et al. Correlation analysis of color parameters and chemical components of Chinese red wines from different growing regions [J]. Food Science, 2013, 34(11): 1–4. (in Chinese)
- 7 王月晖, 崔灵绸, 徐洪宇, 等. 不同品种干红葡萄酒色泽及抗氧化活性分析[J]. 中国食品学报, 2014, 14(10): 252–259.
WANG Yuehui, CUI Lingchou, XU Hongyu, et al. The difference in color parameters and antioxidant activities of varieties of dry red wine [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(10): 252–259. (in Chinese)
- 8 BRIZ-CID N, FIGUEREDE-GONZÁLEZ M, RIAL-OTERO R, et al. The measure and control of effects of botryticides on phenolic profile and color quality of red wines[J]. Food Control, 2015, 50: 942–948.
- 9 韩富亮, 李杨, 李记明, 等. 红葡萄酒花色苷结构和颜色的关系研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(3): 328–336.
HAN Fuliang, LI Yang, LI Jiming, et al. Relation between anthocyanin structures and color in red wine: a review [J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2011, 30(3): 328–336. (in Chinese)
- 10 郝笑云, 王宏, 张军翔. 酚类物质对红葡萄酒颜色影响的研究进展[J]. 现代食品科技, 2013, 29(5): 1192–1197.
HAO Xiaoyun, WANG Hong, ZHANG Junxiang. Research progress of influence of phenolic compounds on color of grape wine [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(5): 1192–1197. (in Chinese)
- 11 刘婷婷. 辅色素对葡萄酒花色苷辅色作用及颜色影响的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014.
LIU Tingting. Studies on the copigmentation between wine anthocyanins and copigmentation and their influences in the color expression [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2014. (in Chinese)
- 12 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 Xiaoyi, ZHANG Junxiang, WANG Hong. Research for quantitative classification of dry red wine in uniform color space [J]. Food & Machinery, 2015, 31(5): 32–35. (in Chinese)
- 13 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, 2009: 93–98.
- 14 PÉREZ-CABALLERO 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.
- 15 李功燕, 任亦立, 马丽艳. 基于梯度分布不均匀性的干瘪红枣识别[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(11): 213–218.
http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20161129&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.11.029.
LI Gongyan, REN Yili, MA Liyan. Recognition of wizened red jujube based on ununiformities of gradient distribution[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(11): 213–218. (in Chinese)
- 16 毕敏娜, 张铁民, 庄晓霖, 等. 基于色差信息多色彩模型的黄羽鸡快速分割方法[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(12): 293–308.
http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20161236&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.12.036.
BI Minna, ZHANG Tiemin, ZHUANG Xiaolin, et al. Fast segmentation method of yellow feather chicken based on difference of color information in differet color models[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(12): 293–308. (in Chinese)
- 17 CIE15:2004, CIE technical report: colorimetry [S]. 3rd ed. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage, 2004.
- 18 雷用东, 邓小蓉, 罗瑞峰, 等. 3 种颜色体系在食品应用中的研究进展[J]. 食品科学, 2016, 37(1): 241–246.
LEI Yongdong, DENG Xiaorong, LUO Ruifeng, et al. Progress in the application of three types of color system in color measurement of foods [J]. Food Science, 2016, 37(1): 241–246. (in Chinese)
- 19 王华. 葡萄酒分析检验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- 20 AYALA F, ECHÁVARRI J F, NEGUERUELA A I. A new simplified method for measuring the color of wines. I. red and rosé wines [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1997, 48(3): 357–363.
- 21 杨晓莉, 杨卫平, 杨卫国, 等. CIELAB 与 CIECAM02 色空间均匀性比较研究[J]. 光学技术, 2008, 34(4): 620–622, 625.
YANG Xiaoli, YANG Weiping, YANG Weiguo, et al. Uniform comparison between CIELAB color space and CIECAM02 color space [J]. Optical Technique, 2008, 34(4): 620–622, 625. (in Chinese)