

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2023.05.039

西北地区红葡萄酒颜色微观量化分类与宏观量化分级

李运奎^{1,2} 范舒悦¹ 张煜¹ 陶永胜^{1,2}

(1. 西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学宁夏贺兰山东麓葡萄酒试验示范站, 永宁 750104)

摘要: 研究了我国西北地区 175 款干红葡萄酒样品的 CIELAB 颜色特征, 基于红葡萄酒颜色可视化表征方法, 对供试酒样进行了颜色的微观量化分类和宏观量化分级研究。结果表明: 供试酒样的颜色特征具有一定的离散性和区分度, 表明酒样颜色具有多样性、独特性和差异性的特点, 具备微观量化分类和宏观量化分级的基础; 将 175 款干红葡萄酒的色调、色度和明度这 3 个颜色特征属性分别划分为 5 个类别, 共得到供试酒样的 125 个微观颜色类别, 可应用于酒样颜色特征的描述、传递与比较等; 进一步基于人对红葡萄酒颜色的感官倾向构建了红葡萄酒颜色品质的宏观量化分级方法, 该方法将供试酒样划分为 6 个宏观颜色级别, 相比于其他的分类和分级方法, 本文的微观量化分类和宏观量化分级方法具有客观、简便、分级效果明显, 易于标准化和数字化的特点。

关键词: 红葡萄酒; CIELAB; 颜色品质; 量化分类; 量化分级

中图分类号: TS262.6 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2023)05-0379-08

OSID:



Micro-quantitative Classification and Macro-quantitative Gradation of Color of Dry Red Wines in Northwest China

LI Yunkui^{1,2} FAN Shuyue¹ ZHANG Yu¹ TAO Yongsheng^{1,2}

(1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2. Ningxia Helan Mountain's East Foothill Wine Experiment and Demonstration Station, Northwest A&F University, Yongning 750104, China)

Abstract: The CIELAB color characteristics of 175 dry red wine samples from Northwest China were studied. Based on the visual characterization method of red wine color, the micro-quantitative classification and macro quantitative gradation of color quality of the tested wine samples were conducted. The results showed that the color characteristics of all wine samples had a certain degree of dispersion and differentiation, indicating that the characteristics of wine samples' color were diversity, uniqueness and difference, which could be used as the basis of micro quantitative classification and macro quantitative gradation. The three color attributes (hue, chroma and lightness) were divided into five sub-classifications respectively according to their value ranges of 175 red wine samples. Totally 125 micro color classifications of wine samples were obtained, which could be applied to the digital description, transmission and comparison of color characteristics of red wines. Based on the sensory tendency of red wine color to build red wine color quality quantitative gradation method, wine samples were divided into six macro color grades. Compared with other classification and gradation methods, the micro-quantitative classification and macro-quantitative gradation method was simple, easy, standardized, objective and digital, and its grading effect was obvious, implying the value of application and promotion of the method was high.

Key words: red wine; CIELAB; color quality; quantitative classification; quantitative gradation

收稿日期: 2023-02-06 修回日期: 2023-03-12

基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFD1002500)和新疆维吾尔自治区区域协同创新专项(2022E02011)

作者简介: 李运奎(1985—),男,副教授,博士,主要从事葡萄酒品质形成与调控研究,E-mail: ykli@nwsuaf.edu.cn

通信作者: 陶永胜(1977—),男,教授,博士,主要从事葡萄酒、果酒酿造与风味化学研究,E-mail: taoyongsheng@nwsuaf.edu.cn

0 引言

颜色是红葡萄酒重要、直观的感官特征和质量指标,通常被认为是消费者所获得的第 1 种感官属性,能直接影响消费者的接受度和偏好以及对红葡萄酒的风格和质量的初始评估^[1-2],甚至在很大程度上影响品鉴者对香气和味道的感知^[3-4]。利用葡萄酒的颜色可以判断风格类型、酒龄、品质、原料品种和酿造方法等信息,甚至预示可能存在的缺陷^[5-6]。传统的红葡萄酒颜色测定方法有 Glories 参数法^[7],但该方法未处在均匀色空间下,难以客观地重现人眼看到的颜色^[8]。CIELAB 颜色空间是目前用来描述人眼可见的所有颜色最完备的均匀色彩模型,因而得到了发展与流行,是食品颜色研究中应用最多、最广的体系^[9],并受到了国际葡萄与葡萄酒组织(OIV)的推荐^[10]。此外,利用 CIELAB 参数还可以对干红葡萄酒酿造和陈酿过程中颜色的变化进行监控、分析和比较^[11-12];采用主成分和相关性分析等方法可以进一步挖掘 CIELAB 参数与相关感官理化指标间的关系^[13],不少研究也基于 CIELAB 参数并结合以上两种方法探究红酒颜色与花色苷成分间的联系^[14-17]。

单纯的颜色参数便于分析和比较,却难以形象直观地表现和传递葡萄酒的颜色特征。为了宏观形象地描述红葡萄酒的颜色,人们进行了多种尝试。如拍照,但这对拍照技术条件要求很高^[18],且图像信息难以量化,不便于比较,故难以适应大量酒样颜色信息的描述。而文献[19]绘制了 112 款红葡萄酒、36 款桃红葡萄酒和 82 款白葡萄酒在 CIELAB 色空间中的分布图,并尝试利用合成液体复制和再现葡萄酒的颜色。文献[5]对 10 款新红葡萄酒的 CIELAB 参数进行了计算,并初步尝试在 CIELAB 空间中运用色度图和明度图表示和比较不同红葡萄酒的颜色。文献[20-22]构建了可视化的 CIELAB 色空间表征法,该方法在完整描述 CIELAB 颜色参数值的基础上,通过彩度分布图、明度分布图以及特征颜色图呈现和传递红葡萄酒的宏观颜色特征,较之单纯的 CIELAB 参数更加形象和直观。

红葡萄酒颜色会直接影响品尝者对其整体质量的评价,故酒体颜色是描述和分析葡萄酒感官品质的有效手段和葡萄酒质量分级的重要依据。当前,对红葡萄酒颜色的描述有不少方法,但对其颜色品质的分级缺乏研究。现阶段仍然主要依靠专业品鉴员的感官评价法进行红葡萄酒颜色质量分级。这种方法主观性较强,只能简单定性,缺乏定量标准、随意性较大,受品鉴者主观差异所导致的颜色判断与

评价的误差难以忽略^[23]。且该方法对观测和品鉴条件的要求十分严格^[24-25]。在不同的文化背景和语言体系中,对红葡萄酒颜色的主观描述存在着一定程度上的交流障碍与理解偏差。因而现有文献基于 CIELAB 色空间对红葡萄酒颜色的量化分级进行了探讨,文献[26]建立起了红葡萄酒颜色感官评价与 CIELAB 参数以及花色苷含量之间的联系。文献[8]分别在 CIELAB 色空间中二维的色相图、彩度图和亮度图中对 13 款红葡萄酒的颜色参数进行了等级划分,进而对酒样的颜色品质进行了量化分级。文献[23]基于贺兰山东麓 116 款红葡萄酒的颜色参数建立利用 L^* 、 a^* 和 b^* 参数的等级表达红葡萄酒颜色信息的分级体系。文献[27]通过对 237 款干红葡萄酒的颜色分析建立了基于大量葡萄酒样本综合颜色数据库的颜色分类方法和数学模型。这些研究虽然尝试对红葡萄酒颜色及其颜色质量进行量化分类或分级,但并未给出有效可靠的量化分级标准,或缺乏更多理论依据,体系庞杂、不够精简和宏观,尚未见到更系统明晰的颜色品质分级方案和应用。

因此,本文旨在通过对我国西北地区多款干红葡萄酒 CIELAB 参数和宏观颜色特征等进行分析,构建干红葡萄酒颜色特征的定量分类和分级方法,以期红葡萄酒颜色信息的存贮、传递、比较和评价提供方案;并进一步为产区红葡萄酒颜色品质的区分评价和过程控制、建立红葡萄酒颜色稳定方案、制定产区相关红葡萄酒颜色品质分级标准提供理论依据和参考。

1 材料与方 法

1.1 干红葡萄酒样品

175 款干红葡萄酒样品来自我国西北地区 3 个产区内不同产地的不同酒庄。具体产区包括宁夏(N)、甘肃(G)和新疆(X);年份囊括 2013(13)年至 2018(18)年;单酿型酒样品种多为赤霞珠(CS)和美乐(M),少部分为蛇龙珠(CG)、品丽珠(CF)、西拉(S)、黑比诺(PN)、烟 73(Y)和马瑟兰(MS),混酿(MV)酒样品种多为赤霞珠和美乐。酒样根据年份(13~18)-品种(缩写)-产区(N,G 或 X)+序号(1,2,...)的顺序进行编号(如 17-CS-G1 指甘肃产区 2017 年的赤霞珠 1 号酒样)。

1.2 仪器与设备

Cary 60 UV-Vis 型紫外可见分光光度计,安捷伦科技(中国)有限公司。1 mm 标准带盖圆底比色皿,芯硅谷-上海阿拉丁生化科技股份有限公司;一次性 5 mL 无菌针管,西安交大医用器材厂;0.45 μm

一次性无菌针式有机系过滤器,天津杉羽科技发展有限公司。

1.3 方法

1.3.1 可见吸收光谱测定

以去离子水作参比,将干红葡萄酒样品经 $0.45\ \mu\text{m}$ 有机系微孔滤膜过滤后,采用 $1\ \text{mm}$ 光程的玻璃比色皿,用紫外可见分光光度计扫描酒样在可见光区 $380\sim 780\ \text{nm}$ 内的吸收光谱,间隔 $1\ \text{nm}$,每酒样重复3次。

1.3.2 CIELAB 颜色特征分析

参考文献[28]计算试验酒样的 CIELAB 颜色参数:明度 L^* 、红/绿色分量 a^* 、黄/蓝色分量 b^* 、色度 C_{ab}^* 和色调 h_{ab}^* 。

1.3.3 颜色可视化表征

基于文献[20,22]提出的可视化的 CIELAB 颜色表征方法并稍加修改后对试验酒样的颜色进行可视化表征,可视化表征结果以色彩分布图、明度分布图和特征颜色图呈现。具体方法简述为:在 CIELAB 色空间中, L^* 、 a^* 和 b^* 构建了一个三维立体空间,每个酒样在 CIELAB 色空间中都由一个点表示。当取定 $L^*=70$ 时, a^* 和 b^* 即组成了一个具有确定明度的二维色彩平面。将色空间中各酒样点投影在 a^* ($a^*=0\sim 60$)和 b^* ($b^*=0\sim 60$)所构建的二维色彩平面上,称之为色彩分布图。当取定 a^* 和 b^* 均等于0时, L^* 即代表具有确定色彩信息的一维明度坐标轴,在其延展出的明度平面上投影各酒样点,称之为明度分布图。结合各酒样的 L^* 、 a^* 和 b^* 参数值,对圆斑进行着色,得到特征颜色图。

1.3.4 颜色微观量化分类方法

干红葡萄酒的颜色信息由色彩信息(色调 h_{ab}^* 和色度 C_{ab}^*)以及明度信息 L^* 共同描述。基于供试酒样颜色参数的取值,分别对酒样的色彩和明度这两个关键属性进行微观类别划分,进一步结合色彩和明度对酒样的颜色进行微观类别划分。

1.3.5 颜色宏观量化分级方法

在大多数消费者的心理评价中,年轻红葡萄酒因为具有紫红色调强、颜色鲜艳、厚重深沉等感官属性而表现出了更优的颜色质量。基于这种普遍认识,将紫红色调强、颜色鲜艳即色彩饱和度高以及厚重深沉即颜色更深等宏观颜色特征作为评价颜色质量好坏的标准倾向,即干红葡萄酒颜色品质量化分级的标准。这一标准表现为定量的颜色参数则是色调 h_{ab}^* 值更小,色度 C_{ab}^* 值更大,明度 L^* 值更小。

在微观量化分类的基础上引入干红葡萄酒颜色宏观量化分级的标准,以紫红色调强、颜色鲜艳即色彩饱和度高、厚重深沉的标准倾向为量化赋分依据,

对色调 h_{ab}^* 、色度 C_{ab}^* 和明度 L^* 的不同类别赋予相应的分值,最终通过计算酒样综合得分对干红葡萄酒的颜色进行宏观量化分级。

1.3.6 数据处理

使用 Microsoft Excel 2016 进行数据统计和相关图表的绘制;使用 IBM SPSS Statistics 20 完成主要数据分析;使用 Adobe Photoshop CS6 绘图。

2 结果与讨论

2.1 酒样颜色可视化表征

175 款干红葡萄酒的色彩分布图和明度分布图见图 1,从图 1 可以看出,175 款酒样的色彩具有很高的多样性、离散性和区分度,而明度具有较高的区分度。每一款酒样都具有独特的色彩特征和明度特征,体现了其颜色的独特性和差异性,这正是对干红葡萄酒颜色进行微观量化分类和宏观量化分级的基础。

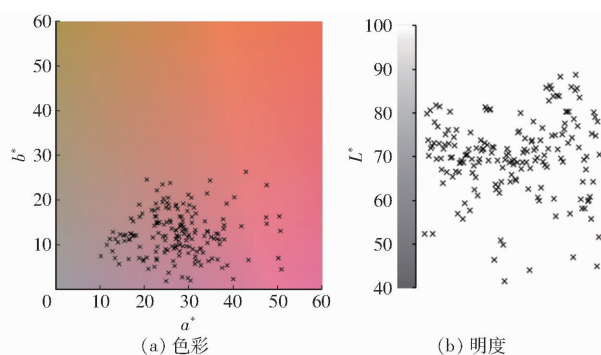


图 1 175 款干红葡萄酒样色彩与明度分布图

Fig. 1 Chromaticity and lightness distributions of 175 dry red wine samples

此外,虽然在图 1 中,酒样离散分布,区分度较高,但其分布仍然表现出了一定的集中趋势。从图 1a 可以看出,供试酒样的 a^* 值主要分布在区间 $10\sim 40$, b^* 值主要分布在区间 $0\sim 20$ 。从色度 C_{ab}^* 来看,少部分酒样的 C_{ab}^* 较大,此外,大部分酒样的色度 C_{ab}^* 集中分布于中等或中等偏低水平内;从 h_{ab}^* 来看,除少部分酒样色调较小或较大外,大部分酒样的色调处于中间值。其色彩信息的视觉表现为:175 款干红葡萄酒色彩的饱和度除少数酒样鲜艳外,大多数酒样普遍中等偏灰,酒样色彩偏黯淡;而色调包括紫红、胭脂红、宝石红、砖红和瓦红等色调,但集中分布于胭脂红、宝石红和砖红色调。从图 1b 可以看出,供试酒样的明度 L^* 集中分布在 $60\sim 80$ 之间,少数酒样的明度低于 60,极少数酒样的明度高于 80。其明度信息的视觉表现为:175 款干红葡萄酒中少数酒样暗沉,极少数酒样明亮,大多数酒样微亮。总体而言,本试验中 175 款干红葡萄酒的颜色整体表

现为胭脂红、宝石红和砖红为主色调,中等灰度或较灰暗,微亮。

2.2 酒样颜色微观量化分类

2.2.1 色彩微观类别划分

基于前述方法中对干红葡萄酒颜色的微观量化分类方法,结合175款干红葡萄酒样的色调 h_{ab}^* 、色度 C_{ab}^* 的取值范围,对其划分具体的类别。

根据175款干红葡萄酒样色调 h_{ab}^* 的极小值 3.43° 和极大值 41.35° ,将色调 h_{ab}^* 值以 0° 为起始, 50° 为终止每相隔 10° 划分1个取值范围,共分成5个取值范围;根据色度 C_{ab}^* 的极小值12.48和极大值53.05,将色度 C_{ab}^* 值以10为起始,60为终止每相隔10划分1个取值范围,共分成5个取值范围。并将色调 h_{ab}^* 和色度 C_{ab}^* 不同的取值范围分别命名为不同的类别。具体的取值范围与对应类别如表1所示。

表1 色调 h_{ab}^* 、色度 C_{ab}^* 和明度 L^* 的微观类别划分及其对应分值

Tab.1 Micro classification of hue h_{ab}^* , chroma C_{ab}^* and lightness L^* and corresponding scores

参数	数值	类别	分值	视觉感知
$h_{ab}^*/(^\circ)$	[0,10)	h^5	10	紫红
	[10,20)	h^4	8	胭脂红
	[20,30)	h^3	6	宝石红
	[30,40)	h^2	4	砖红
	[40,50]	h^1	2	瓦红
C_{ab}^*	[50,60]	C^5	10	鲜艳
	[40,50)	C^4	8	浓
	[30,40)	C^3	6	中
	[20,30)	C^2	4	淡
	[10,20)	C^1	2	泛灰
L^*	[40,50)	L^5	10	暗
	[50,60)	L^4	8	较暗
	[60,70)	L^3	6	较亮
	[70,80)	L^2	4	亮
	[80,90]	L^1	2	明亮

在色彩分布图中,色彩平面是CIELAB色空间中当 $L^*=70$ 时由 a^* 和 b^* 所构建的二维平面,色调与色度所在的直线共同将色彩平面划分为多个不同的扇形区块(图2a)。每个区块代表了确定的色调 h_{ab}^* 值范围和色度 C_{ab}^* 值范围。

综合色调 h_{ab}^* 和色度 C_{ab}^* 对色彩图的划分,每个扇形区块可称之为一个色彩类别,并可以表示为色调 h_{ab}^* 的类别结合色度 C_{ab}^* 的类别,如图2a中的 h^3C^4 。酒样在色彩图上的分布最终会因为色调 h_{ab}^* 和色度 C_{ab}^* 的取值落在不同的区块中,落在同一扇形区块中的酒样(即处于同一色彩等级的酒样)可以认为在视觉感受的角度具有比较相近的色彩信息。

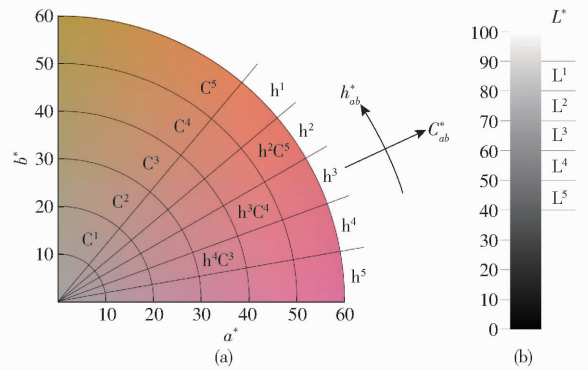


图2 微观色彩和微观明度类别划分示意图

Fig.2 Schematics of micro chromaticity classification and micro lightness classification

2.2.2 明度微观类别划分

基于前述方法中对干红葡萄酒颜色的微观量化分类方法,结合175款干红葡萄酒样的明度 L^* 的取值范围,对其划分具体的类别。

175款干红葡萄酒样明度 L^* 的极小值41.59和极大值88.78,将明度 L^* 值以40为起始,90为终止,每相隔10划分1个取值范围,共分为5个不同的取值范围。同时,不同的取值范围对应不同的类别。处于同一明度类别的酒样可以认为在视觉感受的角度具有比较相近的明度信息。具体的取值范围与对应类别见表1。同时,在明度图中对 L^* 的不同取值范围划分相应类别(图2b)。

2.2.3 酒样颜色微观类别划分

基于对酒样色彩信息和明度信息的分类,对酒样颜色的分类则可以结合色彩类别(色调类别和色度类别)与明度类别,表示为125个基于CIELAB颜色参数的微观颜色类别。该红葡萄酒颜色的微观量化分类方法在CIELAB颜色参数的基础上,充分考虑到红葡萄酒颜色的感官属性——色彩属性(色调 h_{ab}^* 和色度 C_{ab}^*)和明度属性(明度 L^*),提出了一系列红葡萄酒颜色的数字描述符,此量化分类方法通过将酒样颜色划分为诸如 $h^5C^4L^3$ 、 $h^3C^3L^2$ 和 $h^2C^2L^3$ 等的微观颜色类别,进而可以更简明、便捷地描述、传递、比较、区分甚至重现酒样的颜色特征。

然而,这种以CIELAB颜色参数值为量化依据的微观颜色分类方法得到的类别数量较多,彼此间缺乏显著的优劣区分度和次序,并不能从感官角度出发评价其宏观颜色质量的优劣高低。

2.3 酒样颜色宏观量化分级

考虑到干红葡萄酒颜色的微观量化分类方法和得到的微观颜色类别的不足之处,基于前述方法对色调 h_{ab}^* 、色度 C_{ab}^* 和明度 L^* 的不同类别赋予相应的分值(表1),最后通过综合得分来对干红葡萄酒的宏观颜色品质进行量化分级,进而划分出

1~6 共 6 个基于颜色感官属性的宏观颜色级别 (表 2)。总得分越高,则级别数越低,意味着酒样表现出了更优质,令人愉悦的颜色属性,即紫红或红色调强,鲜艳深沉的视觉感官,在一定程度上呈现出了更好的颜色质量。

表 2 宏观颜色级别划分

Tab. 2 Division of macro color grade

综合得分	宏观颜色级别
6~8	6
10~12	5
14~16	4
18~20	3
22~24	2
26~30	1

本试验中 175 款干红葡萄酒颜色的宏观颜色级别的分布情况及不同酒龄酒样的宏观颜色级别描述性统计见图 3 和表 3。

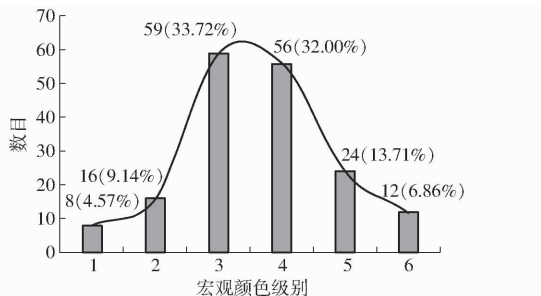


图 3 各宏观颜色级别的供试酒样分布图

Fig. 3 Distribution of number of wine samples of each macro color grade

表 3 各年份供试酒样的宏观颜色级别描述性统计

Tab. 3 Descriptive statistics of macro color grades of wine samples for each vintage

年份	酒龄/年	酒样数	最高级别	最低级别	平均级别	标准差	方差
2013	6	7	4	5	4.86	0.38	0.14
2014	5	14	2	6	4.14	0.95	0.90
2015	4	23	2	6	4.09	1.20	1.45
2016	3	40	1	6	3.50	0.99	0.97
2017	2	40	1	6	3.45	1.34	1.79
2018	1	51	1	6	3.31	1.12	1.26

从图 3 可以看出 175 款供试酒样的宏观颜色级别及其数目的分布趋势,大部分酒样的级别为 3 级、4 级和 5 级,少数酒样的级别为 2 级,仅 8 款酒样的级别为 1 级、12 款酒样的级别为 6 级。经计算,所有酒样的平均级别为 3.62,偏度系数为 0.752,峰度系数为 -1.876,故其分布呈尖阔峰正偏态分布,分布集中在高级数,不对称的尾端向级数高处延伸。由此可以说明本试验中 175 款干红葡萄酒样的总体

宏观颜色级别为中等偏高,相应地,其颜色质量的表现表现为中等较差。

由表 3 可知,2013 年酒样的最高和最低级别分别为 4 和 5,平均级别为 4.86;2014 年酒样的最高和最低级别分别为 2 和 6,平均级别为 4.14;2015 年的酒样的最高和最低级别分别为 2 和 6,平均级别为 4.09;2016 年酒样的最高和最低级别分别为 1 和 6,平均级别为 3.50;2017 年酒样的最高和最低级别分别为 1 和 6,平均级别为 3.45;2018 年酒样的最高和最低级别分别为 1 和 6,平均级别为 3.31。175 款不同酒龄的干红酒样的宏观颜色级别呈现出了一定的分布规律,陈年葡萄酒的级数较大,级别靠后,颜色质量不佳。较年轻葡萄酒的级数较小,级别靠前,颜色质量较优,经计算,年份(酒龄)与平均级别之间的皮尔逊相关系数为 -0.947 ($p < 0.01$),基于此,随酒龄变小,颜色分级的级数变小,出现小级数的概率增高,级别越靠前,则颜色质量的表现越好。

单体花色苷和单宁-花色苷复合物主要贡献了新红葡萄酒的颜色,新红葡萄酒中单体花色苷还没有降解,所以一般呈现出新鲜的紫色和红色色调^[29]。单宁-花色苷复合物是决定红葡萄酒颜色的主体部分,且其对红葡萄酒颜色的作用一般不随酒龄的延长而变化,单体花色苷能够使红葡萄酒呈现新鲜的红色或紫色。随着红葡萄酒陈酿时间的延长,单体花色苷的含量逐渐降低,并与单宁缩合,同时单宁间通过多种方式聚合,单宁的多种聚合物均表现出强烈的黄色调。这些变化使陈年葡萄酒的红色调减弱,而黄色调增强,颜色逐渐趋于砖红和瓦红^[30]。随着酿造过程的延长以及进入陈酿期间,花色苷通过酰化修饰、与其他酚类物质聚合和共呈色等作用形成更加复杂多样的花色苷衍生物^[12],这些物质逐渐增加并成为红葡萄酒颜色的主体成分,为红葡萄酒颜色贡献了更多的褐色调与黄色调。新红葡萄酒中由于单体花色苷的含量高还使红葡萄酒表现出颜色深、明度暗的颜色属性,随着酒龄增加这一属性也逐渐减弱,具体表现为颜色变浅,变亮。文献^[12]通过对贺兰山东麓产区同一酒庄 10 个垂直年份的赤霞珠干红葡萄酒颜色的研究,得出了贺兰山东麓赤霞珠干红葡萄酒陈酿过程中颜色变化的规律。随着酒龄的增加,黄色分量 b^* 增加,红色分量 a^* 减弱,明度 L^* 增加,综合表现则为色调 h_{ab}^* 增大。但是,从表 3 也可以看出,颜色质量的衰退尽管表现出了很强的与酒龄相关的分布趋势,但并非与酒龄完全一致,这也进一步证实了红葡萄酒的颜色受到多方面复杂因素的影响,如酿造红葡萄酒的原料品

种和质量状况、栽培模式、皮渣接触方式、浸渍强度、发酵容器、发酵工艺、稳定方式、酵母菌种类、添加物(单宁、色素酶、有机酸等)及陈酿方式与贮存方式等^[31]。这印证了红葡萄酒颜色的呈色机理复杂,酒体颜色是年份、品种、产地、原料状况、酿造工艺、辅料添加和陈酿方式等多种复杂因素共同作用的结果,具有变化性和多样性。

利用可视化的 CIELAB 颜色表征法^[20, 22]对 175 款供试酒样的特征颜色进行表征,并按宏观颜色级别分类,得到各宏观颜色级别的供试酒样特征颜色图如图 4 所示。图 4 中平均特征颜色指每个宏观颜色级别内所有酒样特征颜色的平均,同一级别内相同得分的酒样根据酒样编号排序,不代表优劣次序。

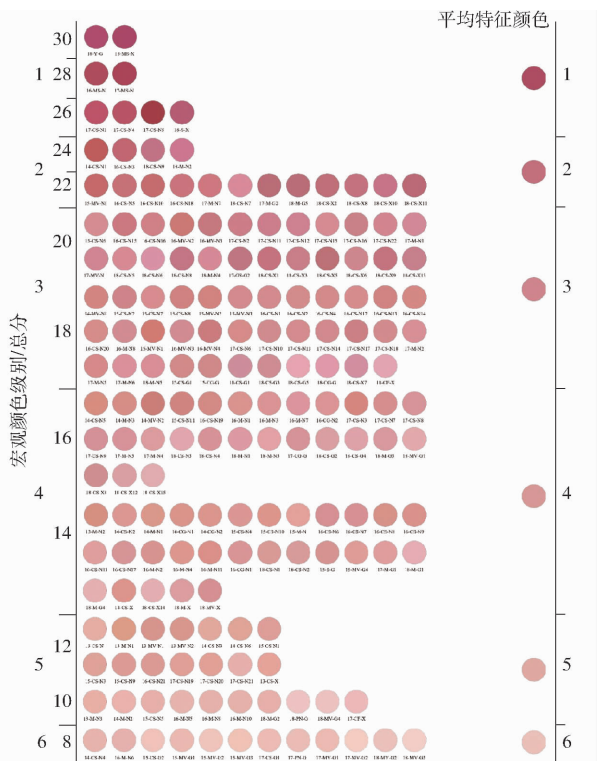


图 4 各宏观颜色级别的供试酒样特征颜色图

Fig. 4 Feature colors of wine samples of each macro color grade

从图 4 可以看出,175 款干红葡萄酒的颜色品质综合得分处于 8~30 分之间,对应地,宏观颜色级别处于 6~1 级。从每个宏观颜色级别的平均特征颜色和各个酒样特征颜色可以看出,1 级酒样的特征颜色总体上紫红色调、红色调强,色彩饱和度高,鲜艳浓郁,颜色深沉厚重;2 级酒样的特征颜色总体上紫红色调、红色调较强或呈现出少许的黄色调,色彩饱和度较高,颜色较深;3 级酒样的特征颜色总体上表现出了一定的黄色调,色彩饱和度中等,颜色略浅,微亮;4 级酒样的特征颜色总体上表现出了较强的黄色调,紫色调和红色调明显减弱,色彩饱和度较

低,略泛灰,较明亮;5 级酒样的特征颜色总体上已经以黄色调为主导,色彩饱和度低,泛灰,颜色清浅明亮;6 级酒样的特征颜色总体上以黄色调为主,色彩饱和度低,泛灰,颜色透亮。

通过酒样特征颜色的直观呈现,供试酒样的颜色品质一目了然。随级数增大,酒样紫色调和红色调减弱,黄色调增强;色彩饱和度降低,鲜艳浓郁的颜色开始变淡泛灰;颜色的透明度也逐渐提高,酒体失去深沉厚重感,变得清浅透亮。图 4 中各宏观颜色级别的平均特征颜色也清晰地呈现出了一致的颜色变化趋势。由此可见,本研究中构建的颜色品质量化分级方法划分出的 6 个宏观颜色级别对 175 款供试酒样有清晰明显的分级效果,具有较强的应用推广价值。通过该宏观量化分级方法可以纵向对一款红葡萄酒不同年份的颜色质量进行分级,由此判断其陈酿期间的稳定性;还可以横向对多款同一年份红葡萄酒的颜色质量进行分级,由此评判和比较其陈酿特性。该分级方法对研究红葡萄酒的陈酿稳定性,预防色素的衰退,延缓红葡萄酒颜色品质的劣化,进而提高红葡萄酒的颜色质量具有指导意义。相比于文献[8]基于 13 款红葡萄酒提出的颜色分级方法中不够明确、可操作性较低的分级标准,本研究在 175 款干红葡萄酒样品的基础上构建的颜色品质量化分级方法提出了更明晰的评级标准,建立了更具可行性的量化分级方案。相比于文献[23]将葡萄酒的颜色分为 1 690 个等级从而建立起的细微庞杂的分级体系,本研究中对红葡萄酒的微观颜色类别划分更加精简,而宏观颜色级别划分则更为直观;文献[26]结合了感官品鉴综合评价酒样的颜色品质,本研究中的量化分级方法则排除了人为主观因素的影响,一致性高,可重复性强。相比于文献[27]通过建立综合颜色数据库和复杂的数学模型及亚数学模型对红葡萄酒颜色进行分类,此量化分级方法仅基于 CIELAB 颜色参数和简单的数学运算即可实现对红葡萄酒颜色的量化分类与分级,更加简便易行,适用性强,推广价值高。此后,随着样本量的逐渐扩大和进一步验证,此微观量化分类和宏观量化分级方法可以更趋细致和完善。

3 结束语

以我国西北地区 175 款干红葡萄酒为试验材料,基于 CIELAB 颜色可视化方法,构建了干红葡萄酒颜色的微观量化分类方法和宏观量化分级方法,得到了 125 个微观颜色类别和 6 个宏观颜色级别。

这种精简、宏观的微观颜色量化分类和宏观颜色量化分级方法具有客观、简便、易标准化的特点,为描述、评价红葡萄酒的颜色信息和质量提供了一种新

的可能方案,使得区别、评判、比较和传递红葡萄酒颜色信息和质量更加客观化、数字化,具有高还原度和简便易行的特点。

参 考 文 献

- [1] P ARPINELLO G P, V ERSARI A, C HINNICI F, et al. A relationship among sensory descriptors, consumer preference and color parameters of Italian Novello red wines[J]. *Food Research International*, 2009, 42(10): 1389 – 1395.
- [2] S PENCE C. On the psychological impact of food colour[J]. *Flavour*, 2015, 4(1): 21.
- [3] P ARR W V, W HITE G, H EATHERBELL D A. The nose knows: influence of color on perception of wine aroma[J]. *Journal of Wine Research*, 2003, 14(2 – 3): 79 – 101.
- [4] F AIRCHILD M D. Visual and photographic assessment of wine color[J]. *Color Research and Application*, 2022, 48(1): 21 – 31.
- [5] 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)
- [6] C ARIDI A, R OMEO R, D E BRUNO A, et al. Long-term effects of different starter yeasts on colour and natural antioxidant power of red wines[J]. *European Food Research and Technology*, 2021, 247: 2391 – 2398.
- [7] G LORIES Y. The color of red wines[J]. *Connaissance de la Vigne et du Vin*, 1984, 18: 195 – 217.
- [8] 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)
- [9] 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)
- [10] OIV. *Compte Rendu des Travaux*, 34 Session de la OIV[J]. *Official Journal of the European Communities*, 1994, 3 – X – 90:167.
- [11] 葛谦, 刘正庭, 陈翔, 等. 赤霞珠葡萄酒酿造过程中花色苷及颜色参数变化规律[J]. *中国酿造*, 2018, 37(2): 137 – 141.
GE Qian, LIU Zhengting, CHEN Xiang, et al. Change rule of anthocyanins and color parameters during Cabernet Sauvignon winemaking process[J]. *China Brewing*, 2018, 37(2): 137 – 141. (in Chinese)
- [12] 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. (in Chinese)
- [13] 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)
- [14] 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 wine[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(20): 4271 – 4277. (in Chinese)
- [15] 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)
- [16] 郭耀东, 王飞, 董少杰, 等. 红葡萄酒 CIELAB 参数与花色素的主成分多元线性回归分析[J]. *食品科学*, 2019, 40(18): 210 – 215.
GUO Yaodong, WANG Fei, DONG Shaojie, et al. Principal component analysis and multiple linear regression analysis of CIELAB parameters and anthocyanins in red wine[J]. *Food Science*, 2019, 40(18): 210 – 215. (in Chinese)
- [17] 李运奎, 张煜, 范舒悦, 等. 外源多酚对干红葡萄酒颜色特征和花色苷的影响[J]. *农业机械学报*, 2023, 54(4): 399 – 406.
LI Yunkui, ZHANG Yu, FAN Shuyue, et al. Effects of exogenous polyphenols on color and anthocyanins of dry red wine[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2023, 54(4): 399 – 406. (in Chinese)
- [18] YAM K L, P APADAKIS S E. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces[J]. *Journal of Food Engineering*, 2004, 61(1): 137 – 142.
- [19] B OISIER B, M ANSOURI A, G OUTTON P. Wine color characterization and classification for nuances reproduction[C] // *Fifth International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems*, 2009: 93 – 98.
- [20] 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, 48(6): 296 – 301.
LI Yunkui, HAN Fuliang, ZHANG Yulin, et al. Visualization for representation of red wine color based on CIELAB color

- space[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(6): 296–301. (in Chinese)
- [21] 吴璐璐, 范舒悦, 张煜, 等. 不同产区陈酿干红葡萄酒花色苷与颜色相关性分析[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2022(2): 1–7.
WU Lulu, FAN Shuyue, ZHANG Yu, et al. Correlation between anthocyanins and color of aging red wines from different regions of China[J]. Sino-overseas Grapevine & Wine, 2022(2): 1–7. (in Chinese)
- [22] FAN Shuyue, LIU Caiyun, LI Yunkui, et al. Visual representation of red wine color: methodology, comparison and applications[J]. Foods, 2023, 12(5): 924.
- [23] 王飞, 刘芳, 张妍妍, 等. CIE 1976 ($L^*a^*b^*$)色空间方法测定葡萄酒颜色的研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2015(4): 6–11.
WANG Fei, LIU Fang, ZHANG Yanyan, et al. The study of applying CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) colour space in the measurement of colour of wine[J]. Sino-overseas Grapevine & Wine, 2015(4): 6–11. (in Chinese)
- [24] FAIRCHILD M D. The colors of wine[J]. International Journal of Wine Research, 2018, 10: 13–31.
- [25] LOURDES M, MARTIN G M, JI W, et al. Measuring colour appearance of red wines[J]. Food Quality and Preference, 2007, 18(6): 862–871.
- [26] 葛谦, 吴明, 赵子丹, 等. 贺兰山东麓新红葡萄酒颜色品质综合评价与相关性分析[J]. 中国酿造, 2017, 36(12): 34–39.
GE Qian, WU Ming, ZHAO Zidan, et al. Comprehensive evaluation and correlation analysis of color quality of new red wine in the eastern foot of Helan Mountain[J]. China Brewing, 2017, 36(12): 34–39. (in Chinese)
- [27] LI Siyu, ZHU Baoqing, LI Lijun, et al. Extensive and objective wine color classification with chromatic database and mathematical models[J]. International Journal of Food Properties, 2017, 20(Supp.3): 2647–2659.
- [28] PÉREZ-MAGARIÑO S, GONZÁLEZ-SANJOSÉ M L. Application of absorbance values used in wineries for estimating CIELAB parameters in red wines[J]. Food Chemistry, 2003, 81(2): 301–306.
- [29] 邓玉杰, 马雪蕾, 古丽娜孜, 等. 外部因素对葡萄酒酿造过程中颜色稳定性的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(5): 30–33.
DENG Yujie, MA Xuelei, GU Linazi, et al. The effects of external factors on the winemaking process color stability[J]. Food Research and Development, 2017, 38(5): 30–33. (in Chinese)
- [30] 李华, 王华, 袁春龙, 等. 葡萄酒化学[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [31] 陈继峰. 红葡萄酒颜色研究[J]. 酿酒科技, 2008(5): 95–100.
CHEN Jifeng. Study on the color of red grape wine[J]. Liquor-Making Science & Technology, 2008(5): 95–100. (in Chinese)

~~~~~

(上接第 294 页)

- [13] 陆健强, 兰玉彬, 毋志云, 等. 植物三维建模 ICP 点云配准优化[J]. 农业工程学报, 2022, 38(2): 183–191.  
LU Jianqiang, LAN Yubin, WU Zhiyun, et al. Optimization of ICP point cloud registration in plants 3D modeling[J]. Transactions of the CSAE, 2022, 38(2): 183–191. (in Chinese)
- [14] 谭高山, 刘胜兰, 张丽艳. 测量数据和区域精度加权的模型配准方法[J]. 农业机械学报, 2015, 46(7): 354–358, 378.  
TAN Gaoshan, LIU Shenglan, ZHANG Liyan. Registration method based on composite weighting parameters of measured data and regional accuracy[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(7): 354–358, 378. (in Chinese)
- [15] TAN G, ZHANG L, LIU S. A registration method for profile error inspection of complex surface under minimum zone criterion [J]. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 2019, 20(7): 1095–1105.
- [16] 靳宇婷, 张益华, 崔海华, 等. 一种基于轮廓特征约束的飞机蒙皮配准方法[J]. 光学学报, 2021, 41(3): 99–107.  
JIN Yuting, ZHANG Yihua, CUI Haihua, et al. An aircraft skin registration method based on contour feature constraint[J]. Acta Optica Sinica, 2021, 41(3): 99–107. (in Chinese)
- [17] LI Y, DING G, XIA C, et al. An iterative optimization algorithm for posture and geometric parameters of grinding wheel based on cross-section sensitivity and matching constraints of solid end mills[J]. Journal of Manufacturing Processes, 2022, 79: 705–719.
- [18] ORDÓÑEZ Á, HERAS D B, ARGÜELLO F. Exploring the MSER-based hyperspectral remote sensing image registration[C]//Image and Signal Processing for Remote Sensing XXVI. SPIE, 2020, 11533: 89–96.
- [19] RANJITHA P, RAJASHEKAR K. Multi-oriented text recognition and classification in natural images using MSER[C]//2020 International Conference for Emerging Technology (INCET). IEEE, 2020: 1–5.
- [20] WU Y, ZHANG D, YIN F, et al. Salient object detection based on global to local visual search guidance[J]. Signal Processing: Image Communication, 2022, 102: 116618.
- [21] 张淼, 王丽茹, 李浩榛, 等. 柔性电导率芯片设计与营养液监测试验研究[J]. 农业机械学报, 2023, 54(4): 386–393.  
ZHANG Miao, WANG Liru, LI Haozhen, et al. Design and hydroponic monitoring of flexible electroconductivity chip[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2023, 54(4): 386–393. (in Chinese)