

基于主成分与聚类分析综合评价杨凌地区 红色鲜食葡萄果实品质

林蝉蝉¹, 何舟阳¹, 单文龙³, 刘旭¹, 杨晨露¹, 王华^{1,2*}, 李华^{1,2*}

(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马陆葡萄研究所, 上海 201801)

摘要:【目的】果实品质评价是果树品种优选的基础和前提, 比较杨凌地区不同红色鲜食葡萄品种的果实品质差异, 可为筛选适合该地区栽培的红色鲜食葡萄品种提供参考。【方法】采用描述性统计、相关性分析、主成分与聚类分析法对该地区 12 种红色鲜食葡萄果实的 22 个主要品质性状(单粒质量、果形指数、 L^* 、 a^* 、 b^* 、硬度、脆性、黏着性、弹性、凝聚性、胶黏性、耐咀嚼性、回复性、可溶性固形物含量、还原糖含量、可滴定酸含量、糖酸比、可食率、含水率、出汁率、蛋白质含量、维生素 C 含量)进行分析, 并对各品种果实进行感官品评。【结果】12 种红色鲜食葡萄果实各品质性状存在显著差异, 部分品质性状间存在相关性; 主成分分析提取的前 5 个主成分累积方差贡献率达 88.55%, 能够反映果实的基本品质性状; 通过系统聚类分析 12 种红色鲜食葡萄分为 4 大类; 感官评价结果表明, ‘无籽红提’‘美人指’‘夏黑’和‘蜜光’果实肉质细脆、汁液丰富、香味浓郁, 品质性状较佳, ‘京亚’‘摩尔多瓦’和‘早巨选’果实肉质粗糙、口感酸涩, 品质相对较差, 其他品种居中。【结论】研究结果初步判定了杨凌地区不同品种红色鲜食葡萄果实品质差异, 可为进一步选育或生产利用提供参考。

关键词: 鲜食葡萄; 果实品质; 主成分分析; 聚类分析; 综合评价; 感官品评

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2020)04-0520-13

Comprehensive evaluation of fruit quality of 12 red table grape cultivars cultivated in Yangling area based on principal component and cluster analyses

LIN Chanchan¹, HE Zhouyang¹, SHAN Wenlong³, LIU Xu¹, YANG Chenlu¹, WANG Hua^{1,2*}, LI Hua^{1,2*}

(¹College of Enology, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; ²Shaanxi Engineering Research Center for Viti-vini-culture, Yangling 712100, Shaanxi, China; ³Ma Lu Grape Research Institute, Shanghai 201801, China)

Abstract: 【Objective】China is the largest producer of table grape in the world. Yangling is located in the hinterland of Guanzhong plain in Shaanxi, which is an important table grape production region in northwest China. Table grape cultivation and production in Yangling area has been playing an important role in increasing farmers' income and improving ecological environment. However, local table grape industry is based on a single red cultivar resulting in concentrated mature period, which prevents sustainable development of table grape in this area. Therefore, it is required to select high-quality red table grape cultivars to broaden cultivar structure. The objective of this study was to comprehensively evaluate fruit quality of 12 red table grape cultivars available in Yangling using statistical methods, such as descriptive statistics, correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis, in order to provide reference for selecting high-quality table grape cultivars. 【Methods】The experimental materials were taken from the Grape Seedling Breeding Base of Xinji village in Yangling. Single fruit weight (SFW), fruit shape index (FSI), L^* , a^* , b^* , hardness, fracture ability, adhesiveness, springiness, cohesive-

收稿日期: 2019-09-24 接受日期: 2019-12-07

基金项目: 国家林业局葡萄品种“嘉年华”及其配套栽培技术推广项目([2017]17号); 葡萄优质高效生关键技术研究示范(K3330218027)

作者简介: 林蝉蝉, 女, 在读硕士研究生, 研究方向为葡萄与葡萄酒学。Tel: 18710917359, E-mail: 2810258847@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 13709229109, E-mail: 852251918@qq.com; Tel: 13709129807, E-mail: lihuawine@nwsuaf.edu.cn

ness, gumminess, chewiness, resilience, soluble solids content (SSC), reducing sugar content (RSC), titratable acid content (TAC), sugar-acid ratio (RSC/TAC), edible rate (ER), moisture content (MC), juice yield (JY), protein content (PC) and VC content of fruit were measured. SPSS and Excel software were used for data analysis. Before principal component analysis, the original data were transformed with Z-score normalization method. According to the variance contribution rate $\geq 85\%$, the number of principal components was determined, and based on the component scoring coefficient matrix, the score of each cultivar on the corresponding principal component was obtained. The relative contribution rate of variance of each principal component was taken as the weight, and the comprehensive score of each cultivar was summed to obtain the principal components score and the corresponding weight value. The 12 red table grape cultivars were ranked according to the comprehensive scores. Furthermore, the characters of fruit were further analyzed using systematic cluster analysis, and sensory evaluation of each cultivar was conducted. 【Results】The result showed the fruit quality traits of the 12 cultivars varied significantly. Among the traits, relatively small coefficients of variation (CV) was observed in the ER (1.22%), MC (2.99%) and JY (5.23%), and relatively large CV observed in the b^* (377.38%) and adhesiveness (105.69%). There was a simple correlation between some quality traits. In principal component analysis, five principal components were extracted with a total cumulative contribution rate of 88.55%, which reflected most of the quality characteristics of red table grape fruits. The contribution rate of the first principle component (PC1), which included hardness, fractur ability, gumminess, chewiness, SSC, RSC, RSC/TAC, VC, and MC, was 30.46%. The contribution rate of the second principle component (PC2) consisting of L^* , a^* , b^* , and TAC was 19.41%. The third principal component (PC3) included springiness, cohesiveness, resilience and JY, with a variance contribution rate of 15.68%. The contribution rate of the forth principle component (PC4) including FSI, b^* and PC was 11.63%. The fifth (PC5) with a contribution rate of 11.39% included SFW, ER and adhesiveness. The former five principal component scores of each cultivar were analyzed, which showed the distribution of fruit quality. The cultivars with top four synthetical scores of PC1 were ‘Seedless Grape’ ‘Summer Black’ ‘Miguang’ and ‘Kyoho’. The top four cultivars based on PC2 score were ‘Seedless Grape’ ‘Yatomi Rosa’ ‘Muscat Grape’ and ‘Kyoho’. The top four cultivars based on PC3 score were ‘Miguang’ ‘Zana’ ‘Summer Black’ and ‘Manicure Finger’. The top four cultivars based on PC4 score were ‘Manicure Finger’ ‘Zao Juxuan’ ‘Seedless Grape’ and ‘Moldova’. And the top four cultivars based on PC5 score were ‘Summer Black’ ‘Kyoho’ ‘Hutai-8’ and ‘Manicure Finger’. According to principal component analysis, the comprehensive score of each cultivar was gotten. The result of cluster analysis indicated that the 12 cultivars could be divided into four groups in the cluster analysis at a Eudclidean distance of 10. The results of cluster analysis can be ranked by comprehensive scores. The comprehensive quality of ‘Seedless Grape’ ‘Manicure Finger’ ‘Summer Black’ and ‘Miguang’ was the best in this study, while the quality performance of ‘Jingya’ ‘Zaojuxuan’ and ‘Moldova’ ranked the lowest. Sensory evaluation results were consistent with the comprehensive evaluation results. 【Conclusion】Principal component combined with cluster analysis used to evaluate fruit quality is reliable. However, the value of single index could not completely reflect the comprehensive quality of cultivars. For example, fruit color, fruit rust and other external indicators were also important factors affecting the quality of table grape. Further evaluation of other agronomic characters on the top of quality evaluation is necessary to screen excellent cultivars adapted to local regions.

Key words: Table grape; Fruit quality; Principal component analysis; Cluster analysis; Comprehensive evaluation; Sensory evaluation

鲜食葡萄属于葡萄科(Vitaceae)葡萄属(*Vitis* L.)藤本植物,其果实汁液丰富、酸甜可口,含有糖酸、维生素C等多种营养成分,具有抗氧化^[1]、抑癌^[2]、保护神经^[3]、增强免疫力^[4]等功效,还可加工成果汁、果脯及酿酒,在全世界广泛种植。我国是重要的鲜食葡萄起源演化地,也是世界上最大的鲜食葡萄生产国。近年来,随着果树产业的迅速发展与人民生活水平的不断提高,鲜食葡萄已成为国民膳食的重要组成部分,其栽培面积持续扩大,据国际葡萄与葡萄酒组织(International Organization of Vine and Wine, OIV)统计,2017年我国鲜食葡萄产量达1 130万t,占世界总产量的37%左右。

陕西关中地区属大陆性暖温带季风气候,土层深厚、雨量适中,热量和光照非常充足,是我国重要的鲜食葡萄生产基地^[5]。杨凌位于关中平原腹地,是国家级农业高新技术产业示范区,近年来,该地区鲜食葡萄栽培迅速发展,对带动地区经济增长和农民增收及改善生态环境等方面发挥了重要的作用。但目前杨凌地区鲜食葡萄生产上存在红色品种结构相对单一、成熟期相对集中的问题,严重制约本地区鲜食葡萄的市场竞争力,无法满足消费者对品种多样化的要求^[6];同时,单一的品种结构降低了鲜食葡萄产业抵御灾害天气、病虫害以及市场风险的能力^[7]。因此筛选、种植推广适合杨凌地区栽培的红色鲜食葡萄品种,是生产上急需解决的问题。

一般而言,鲜食葡萄果实在其种植地区的品质表现是决定其商品价值的关键,也是其适应性评价及能否推广栽培的重要依据^[8],因此科学、准确地评价鲜食葡萄果实品质,对鲜食葡萄品种筛选及改良,调整种植结构等方面尤为重要。常用的评价果实品质的方法有方差分析^[7-8]、感官评定^[9]等,然而,评价指标众多且主次难分以及感官评定时主观性的差异等常导致评价过程繁杂,结果具有不确定性;另外,国内外目前并无具体的关于鲜食葡萄果实品质评价的标准或体系,无法为果实品质评价提供指导。主成分分析既能把握待评类型的综合性状表现,又能简化评价程序,适用于综合评价候选个体^[10];聚类分析着重区分类别内和类别间元素组成,按照一定规则将对象分成若干类群,亦常用于果实品质分析统计^[11]。目前,两种统计学方法已在枸杞子^[12]、晚熟杂柑^[13]、樱桃酒^[14]、苹果^[15]等资源的品

质评价中得到应用,但基于主成分分析结合聚类分析法对鲜食葡萄果实品质的综合评价鲜有报道。据此,笔者以杨凌葡萄苗木繁育基地的12个红色鲜食葡萄品种为试材,对单果质量、果形指数、色泽、硬度、糖酸比、维生素C含量等与红色鲜食葡萄果实品质相关的22项指标进行测定与分析,比较供试品种果实品质差异,并利用主成分分析、聚类分析、感官品评对其进行综合评价及排序,以期为该地区红色鲜食葡萄产业发展中品种筛选、种植结构优化升级提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试的12个红色鲜食葡萄品种于2019年7—9月采自杨凌新集村葡萄苗木繁育基地,具体信息见表1。所有品种于2013年定植,扦插苗,采用双十字“V”形架,株行距1.0 m×2.5 m,南北走向露地栽培,传统农业模式管理,果实转色前采用套袋处理。葡萄品质特性主要受品种、立地条件、气候、栽培模式及成熟度影响,本试验所采鲜食葡萄样品立地条件、气候相同;管理条件和成熟度一致,确保鲜食葡萄果实品质性状的差异来源于品种间差异性。

1.2 仪器设备与试剂

电子分析天平(日本岛津);PD-151数显游标卡尺(量程0~150 mm,精度0.01 mm,宝工实业股份有限公司);Colorimeter色度仪(上海爱色丽色彩科技有限公司);TA-XT plus物性测试仪(英国Stable Micro Systems公司);手持糖量计(常州锐品精密仪器有限公司);恒温干燥箱(天津市泰斯特仪器有限公司);Cary 60紫外可见分光光度计(安捷伦科技有限公司)。所用试剂均为分析纯。

1.3 指标测定方法

各品种随机选择10个单株,每株选取植株中上部葡萄果实1穗,共10穗,装入冰盒立即带回实验室,进行感官评价及相关理化指标测定,理化指标测定重复次数≥3,以平均值计。

(1)感官评价:采用10分制,组织15人以上的品尝小组,通过人体的视觉、触觉和味觉对各品种进行打分并计算最终得分,打分标准参考张振文^[16]的办法;对果实甜酸度、多汁性、硬度与质地、香味及香味程度的描述参考刘崇怀等^[17]与张振文^[16]的报道。

表1 供试品种

Table 1 Introduction of the tested cultivars

品种名称 Chinese name	种类 Species	原产地 Origin	亲本 Parents
京亚 Jingya	欧美杂交种 EAH	中国 China	黑奥林实生苗选出 Selected from Black Olympia seedlings
夏黑 Summer Black	欧美杂交种 EAH	日本 Japan	巨峰×无核白 Kyoho×Thompson seedless grape
蜜光 Miguang	欧美杂交种 EAH	中国 China	巨峰×早黑宝 Kyoho×Zao Heibao
乍那 Zana	欧亚种 ES	阿尔巴尼亚 Albania	不详 Unknown
早巨选 Zao Juxuan	欧美杂交种 EAH	日本 Japan	巨峰实生苗选出 Selected from Kyoho seedlings
早玫瑰香 Muscat Grape	欧亚种 ES	中国 China	玫瑰香×莎巴珍珠 Muscat grape×Shabazhenzhu
户太8号 Hutai-8	欧美杂交种 EAH	中国 China	巨峰系第二代 The second generation of Kyoho
巨峰 Kyoho	欧美杂交种 EAH	日本 Japan	石原早生×森田 Ishihara Early Life×Centennial Seedless
粉红亚都蜜 Yatomi Rosa	欧亚种 ES	日本 Japan	不详 Unknown
摩尔多瓦 Moldova	欧美杂交种 EAH	摩尔多瓦 Moldova	Guzalikala×SV12375
无籽红提 Seedless Grape	欧亚种 ES	美国 America	不详 Unknown
美人指 Manicure Finger	欧亚种 ES	日本 Japan	龙尼坤×巴拉底2号 Unicorn×Baladi-2

注 Note: EAH. European and American hybrids; ES. Eurasian species.

(2)质构测定:参考潘照等^[18]的方法并加以改进。随机取 10 个果粒,测定带皮果实质构特性,参数为:探头 P50,模式 TPA,测前、测试、测后速度:2、1、2 mm·s⁻¹;目标模式:形变 50%;2 次下压间隔时间:5 s;触发类型:5 g。

(3)色差测定^[18]:取 10 个果实擦拭干净,测试果皮上下对称的 2 个点,记录果皮 L^* 、 a^* 、 b^* 。

(4)单粒质量、果粒横径、纵径、果形指数测定:取 30 个果粒,用电子天平测定单粒质量,用数显游标卡尺测定果粒横纵径,计算果形指数:果形指数=果粒纵径/横径。

(5)可食率测定:取 30 个果粒分 3 份,采用果实质量与果核质量计算,可食率/%=(果实质量-果核质量)/果实质量×100。

(6)含水率测定:30 个果粒分 3 份,根据 GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》^[19],采用恒质量法测定,含水率/%=(鲜果质量-干质量)/鲜果质量×100。

(7)出汁率测定^[20]:30 个果粒分 3 份,用匀浆机搅拌制成葡萄浆,用 0.125 mm 双层滤布手挤榨取果汁,以不出汁为准,称鲜果和果汁质量,出汁率/%=果汁质量/鲜果质量×100。

(8)可溶性固形物含量、还原糖含量、可滴定酸含量、糖酸比测定^[21]:用手持糖量计测定可溶性固形物含量,用菲林试剂滴定法测定还原糖含量(以葡萄糖计),用酸碱滴定法测定可滴定酸含量(以酒石酸计),糖酸比=还原糖含量/可滴定酸含量。

(9)可溶性蛋白含量^[22-23]:30 个果粒分 3 份并去

掉种子,采用考马斯亮蓝染色法测定可食部分。

(10)维生素 C 含量^[24-25]:30 个果粒分 3 份并去掉种子,采用 2,6-二氯靛酚滴定法测定可食部分。

1.4 数据处理

用 SPSS 20.0 统计软件对所有数据进行差异显著性分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析,综合评价各品种果实品质性状优劣。

2 结果与分析

2.1 不同红色鲜食葡萄品种果实的主要品质性状比较

表 2 为 12 种红色鲜食葡萄果实的主要品质性状。由表 2 可知,‘巨峰’单粒质量最大,为 12.65 g,‘早玫瑰香’最小,为 4.38 g。各品种果形指数为 1.01~1.83,‘美人指’最大,‘夏黑’最小。‘无籽红提’ L^* 值最高,为 27.84,‘夏黑’最低,为 23.04;‘摩尔多瓦’ a^* 值最低(0.45),‘无籽红提’最高(9.06);‘美人指’ b^* 值最高(1.46),‘京亚’最低,为-1.28。‘无籽红提’在硬度、脆性、凝聚性、胶性、耐咀性与回复性中均最大,分别为 4 301.10 g、3 437.59 g、0.24、1 033.78 g、535.62 g、0.12;‘蜜光’黏着性与弹性最大,分别为-2.08 g·s⁻¹和 0.62。‘无籽红提’可溶性固形物与还原糖含量、糖酸比均最高,分别为 22.07%、238.80 g·L⁻¹与 54.41,‘早巨选’可滴定酸含量最高,为 10.04 g·L⁻¹。‘蜜光’可食率最低,为 96.77%,‘夏黑’‘无籽红提’‘巨峰’‘京亚’为 100%,相对较高。‘粉红亚都蜜’含水率最高,为 89.31%,‘无籽红提’最低,为 80.19%。‘巨峰’出汁率最高,为

表2 12种红色鲜食葡萄果实的主要品质性状

Table 2 Major fruit quality traits of 12 red table grape cultivars

品种 Cultivar	单粒质量 SFW/g	果形指数 FSI	L^*	a^*	b^*	硬度 Hardness/ g	脆性 Fracturability/ g	黏着性 Adhesiveness/ ($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)	弹性 Springi- ness	凝聚性 Cohesive- ness	胶性 Gumminess/ g
京亚 Jingya	10.00 c	1.05 fg	24.03 de	1.92 def	-1.28 d	894.82 g	1 373.41 ef	-21.51 de	0.47 de	0.12 ef	106.01 g
夏黑 Summer Black	9.30 d	1.01 g	23.04 e	0.96 ef	-0.75 cd	3 827.31 b	3 540.46 a	-29.46 e	0.60 ab	0.19 c	704.20 b
蜜光 Miguang	5.56 g	1.12 ef	24.30 cde	1.81 def	-0.87 cd	2 196.23 c	2 303.78 bc	-2.08 a	0.62 a	0.24 a	518.88 c
乍那 Zana	6.97 f	1.08 fg	26.56 ab	2.94 cd	-0.42 c	1 761.46 d	1 689.60 de	-2.39 a	0.58 abc	0.21 bc	359.34 d
早巨选 Zao Juxuan	7.51 e	1.14 def	24.90 bcd	2.29 de	-1.23 d	1 244.28 f	1 620.08 de	-13.98 bcd	0.39 f	0.10 f	122.28 g
早玫瑰香 Muscat grape	4.38 h	1.24 c	26.06 b	3.87 bc	-0.17 bc	1 210.28 fg	968.90 f	-2.29 a	0.56 abc	0.23 ab	273.68 def
户太 8 号 Hutai-8	10.54 b	1.08 fg	25.40 bcd	5.20 b	-0.50 cd	1 639.44 de	2 034.31 cd	-19.20 cd	0.43 ef	0.14 de	235.92 ef
巨峰 Kyoho	12.65 a	1.08 fg	25.69 bcd	4.45 bc	-0.28 bc	2 231.82 c	2 217.58 bc	-11.38 abc	0.43 ef	0.15 de	318.17 de
粉红亚都蜜 Yatomi Rosa	6.95 f	1.21 cd	25.95 bc	3.93 bc	0.39 b	1 595.90 de	1 486.45 e	-9.59 ab	0.52 bcd	0.22 ab	355.32 d
摩尔多瓦 Moldova	4.75 h	1.18 cde	24.21 cde	0.45 f	-0.84 cd	1 359.44 ef	1 276.25 ef	-6.05 ab	0.47 de	0.16 d	214.64 f
无籽红提 Seedless Grape	4.85 h	1.41 b	27.84 a	9.06 a	1.43 a	4 301.10 a	3 437.59 a	-5.62 ab	0.52 cd	0.24 a	1 033.78 a
美人指 Manicure Finger	7.11 ef	1.83 a	26.52 ab	5.48 b	1.46 a	2 524.14 c	2 547.07 b	-2.09 a	0.54 bcd	0.23 ab	577.00 c
平均值 Mean	7.55	1.19	25.31	3.49	-0.27	1 969.55	1 961.90	-9.82	0.51	0.19	385.16
标准差 Standard deviation	2.53	0.24	1.72	2.54	1.00	967.12	822.73	10.38	0.09	0.05	253.17
变异系数 CV/%	33.50	19.84	6.78	72.71	-377.38	49.10	41.94	-105.69	17.23	27.42	65.73

品种 Cultivar	耐咀嚼性 Chewi- ness/g	回复性 Resilience	w(可溶性 固形物) SSC/%	ρ (还原糖) RSC/($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	ρ (可滴定 酸) TAC/($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	糖酸比 RSC/TAC	可食率 ER/%	含水率 MC/%	出汁率 JY/%	w(蛋白质) PC/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(维生 素 C) Vc/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)
京亚 Jingya	49.29 g	0.05 fg	16.42 d	174.42 d	7.57 c	23.05 e	100.00 a	88.19 b	73.99 cd	1.76 de	0.57 de
夏黑 Summer Black	420.24 b	0.08 d	17.27 c	177.38 c	7.88 b	22.52 e	100.00 a	85.55 d	74.64 c	2.15 bc	0.68 c
蜜光 Miguang	319.30 c	0.10 bc	17.78 b	188.88 b	6.72 d	28.14 d	96.77 e	82.50 f	69.12 e	2.27 b	0.82 a
乍那 Zana	206.94 d	0.08 cd	13.47 i	122.13 j	5.39 e	22.64 e	97.25 d	86.57 c	69.75 e	1.94 cd	0.46 f
早巨选 Zao Juxuan	47.20 g	0.04 g	12.38 j	96.86 k	10.04 a	9.65 g	98.10 c	87.65 b	77.61 b	1.74 de	0.44 f
早玫瑰香 Muscat Grape	153.01 def	0.09 cd	14.37 g	134.15 h	4.20 g	31.94 b	98.30 c	85.44 d	72.56 cd	2.37 b	0.53 e
户太 8 号 Hutai-8	105.37 fg	0.05 ef	15.63 f	139.52 g	7.49 c	18.61 f	98.41 bc	85.91 cd	77.39 b	3.14 a	0.64 cd
巨峰 Kyoho	137.90 ef	0.06 e	16.05 e	145.65 f	4.78 f	30.47 c	100.00 a	85.12 d	82.60 a	2.38 b	0.62 cd
粉红亚都蜜 Yatomi Rosa	187.31 de	0.08 d	14.09 h	131.25 i	4.39 g	29.90 c	98.07 c	89.31 a	76.95 b	1.94 cd	0.45 f
摩尔多瓦 Moldova	99.60 fg	0.06 e	15.75 f	147.08 f	7.64 c	19.24 f	97.02 de	82.98 ef	78.39 b	1.63 e	0.44 f
无籽红提 Seedless Grape	535.62 a	0.12 a	22.07 a	238.80 a	4.39 g	54.41 a	100.00 a	80.19 g	73.20 cd	1.22 f	0.67 c

表 2(续) Table 2(continued)

品种 Cultivar	耐咀性 Chewi- ness/g	回复性 Resilience	w(可溶性 固形物) SSC/%	ρ (还原糖) RSC/(g·L ⁻¹)	ρ (可滴定 酸) TAC/(g·L ⁻¹)	糖酸比 RSC/TAC	可食率 ER/%	含水率 MC/%	出汁率 JY/%	w(蛋白质) PC/ (mg·g ⁻¹)	w(维生 素 C) Vc/(mg·g ⁻¹)
美人指 Manicule Finger	312.49 c	0.10 b	15.58 f	153.27 e	6.64 d	23.10 e	98.80 b	83.75 e	72.18 d	1.11 f	0.75 b
平均值 Mean	205.73	0.07	15.90	154.11	6.43	26.14	98.56	85.26	74.86	1.97	0.59
标准差 Standard deviation	147.19	0.03	2.41	35.74	1.77	10.53	1.20	2.55	3.92	0.55	0.13
变异系数 CV/%	71.55	34.06	15.18	23.19	27.47	40.29	1.22	2.99	5.23	27.96	21.86

注:同列小写字母不同表示差异显著($p < 0.05$)。
Note: Different small letters indicates significant differenc at $p < 0.05$.

82.60%,‘蜜光’最低为 69.12%。‘户太 8 号’可溶性蛋白含量最高,为 3.14 mg·g⁻¹,‘蜜光’维生素 C 含量最高,为 0.82 mg·g⁻¹。

由表 2 可知,不同品种 22 个品质性状均存在不同程度的变异。其中,果皮颜色 b^* 值在品种间的变异程度最大,变异系数高达 377.38%,其次为果实黏着性,变异系数为 105.69%;可食率、含水率、出汁率、 L^* 值变异程度均<10,分别为 1.22%、2.99%、5.23%和 6.78%,其他性状变异系数为 15.18%~72.71%。这说明不同鲜食葡萄品种具有丰富的遗传多样性,蕴含着选择潜力。然而,各鲜食葡萄果实不同性状上各有优势,综合品质难以表现,因此,需对其进行综合评价。

2.2 各品质性状的相关性分析

表 3 为 12 种红色鲜食葡萄果实品质性状的相关性分析。其中, L^* 、 a^* 、 b^* 互呈极显著正相关;果实硬度、脆性、胶性、耐咀性互呈极显著正相关,凝聚性、胶性、耐咀性、回复性互呈显著或极显著正相关,硬度与回复性呈显著正相关,黏着性与凝聚性呈显著正相关,弹性与凝聚性、耐咀性、回复性呈显著或极显著正相关;可溶性固形物、还原糖含量、糖酸比互呈极显著正相关,糖酸比与可滴定酸含量呈极显著负相关。此外, L^* 与黏着性、糖酸比呈显著正相关,与可滴定酸含量呈显著负相关; a^* 与糖酸比呈显著正相关; b^* 与凝聚性、胶性、耐咀性、糖酸比和回复性呈显著或极显著正相关,与可滴定酸含量呈显著负相关。可溶性固形物、还原糖含量均与硬度、胶性、耐咀性呈极显著正相关,与脆性、回复性呈显著正相关;糖酸比与硬度、凝聚性、耐咀性呈显著正相关,与胶性、回复性呈极

显著正相关;可滴定酸含量与凝聚性、回复性呈显著负相关。维生素 C 含量与脆性、耐咀性、可溶性固形物含量、还原糖含量呈显著正相关。单粒质量与黏着性、凝聚性呈显著负相关。果形指数与 b^* 呈极显著正相关,与蛋白质含量呈显著负相关。含水率与硬度、胶性、耐咀性、回复性、还原糖含量呈显著负相关,与可溶性固形物含量呈极显著负相关;出汁率与凝聚性、回复性呈显著负相关,与弹性呈极显著负相关。由此可见这些性状间存在普遍的相关性,如进行综合评价必须剔除评价指标间信息重复,避免结果出现偏差。

2.3 主成分分析与聚类分析

2.3.1 主成分提取 鲜食葡萄评价指标具有不同的量纲与数量级,为了避免其对结果的影响,主成分分析前必须对原始数据进行标准化处理。标准化数据通过主成分分析,22 项指标提取出 5 个主成分,其特征值、方差贡献率、累计方差贡献率及经过方差极大正交旋转后的成分载荷矩阵如表 4 所示。其中,每个主成分的方差即特征值,表示对应成分能够描述原有信息的多少。由表 4 可知,前 5 个主成分累积方差贡献率达 88.55%,说明这 5 个主成分已反映了果实品质性状的大部分信息。

主成分载荷矩阵反映了品质指标对此主成分负荷相对大小与作用的方向,即该指标对主成分的影响程度^[15,26]。表 4 中,第 1 主成分包含了原始信息量的 30.46%,其中,硬度、脆性、胶性、耐咀性、可溶性固形物含量、还原糖含量、糖酸比、维生素 C 含量有较大的正系数值,它们对 PC1 产生正向影响,含水率有较大的负系数值,它对 PC1 产生负向影响,说明 PC1 大时,果实硬度、脆性、还原糖含量、维生

表3 12个红色鲜食葡萄品种果实品质性状的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of fruit quality traits of 12 red table grape cultivars

单粒质量 SFW	果形 指数 FSI	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	硬度 Hard- ness	脆性 Fract- urabi- lity	黏着性 Adhes- iveness	弹性 Spring- iness	凝聚性 Cohes- iveness	胶性 Gum- miness	咀嚼 性 Chew- iness	回复 性 Resil- ience	可溶性 固形物 SSC	还原 糖 RSC	可滴定 酸 TAC	糖酸 比 RSC/ TAC	可食 率 ER	含水 率 MC	出汁 率 JY	蛋白 质 PC	VC
单粒质量SFW	1.00																				
果形指数FSI	-0.37	1.00																			
<i>L</i> *	-0.28	0.57	1.00																		
<i>a</i> *	-0.05	0.54	0.86**	1.00																	
<i>b</i> *	-0.28	0.82**	0.79**	0.82**	1.00																
硬度Hardness	-0.05	0.26	0.22	0.47	0.55	1.00															
脆性Fracturability	0.15	0.21	0.07	0.38	0.42	0.96**	1.00														
黏着性Adhesiveness	-0.60*	0.52	0.63*	0.29	0.45	-0.11	-0.27	1.00													
弹性Springiness	-0.45	0.12	-0.02	-0.10	0.21	0.40	0.31	0.27	1.00												
凝聚性Cohesiveness	-0.60*	0.48	0.47	0.37	0.66*	0.48	0.31	0.60*	0.82**	1.00											
胶性Gumminess	-0.28	0.41	0.38	0.55	0.68*	0.95**	0.86**	0.12	0.53	0.68*	1.00										
咀嚼性Chewiness	-0.31	0.37	0.29	0.45	0.62*	0.94**	0.85**	0.11	0.64*	0.72**	0.99**	1.00									
回复性Resilience	-0.57	0.55	0.51	0.51	0.73**	0.66*	0.50	0.53	0.74**	0.95**	0.84**	0.86**	1.00								
可溶性固形物SSC	-0.12	0.17	0.16	0.47	0.41	0.76**	0.71*	-0.04	0.27	0.38	0.79**	0.75**	0.60*	1.00							
还原糖RSC	-0.17	0.18	0.10	0.39	0.38	0.72**	0.67*	-0.03	0.39	0.44	0.77**	0.76**	0.64*	0.98**	1.00						
可滴定酸TAC	0.20	-0.21	-0.66*	-0.55	-0.60*	-0.22	-0.01	-0.50	-0.37	-0.68*	-0.37	-0.34	-0.61*	-0.27	1.00						
糖酸比RSC/TAC	-0.30	0.27	0.60*	0.71*	0.65*	0.61*	0.42	0.32	0.32	0.64*	0.73**	0.68*	0.76**	0.77**	-0.77**	1.00					
可食率ER	0.54	0.05	0.05	0.39	0.24	0.47	0.50	-0.56	-0.20	-0.18	0.33	0.27	0.02	0.45	0.42	-0.12	0.37	1.00			
含水率MC	0.42	-0.40	-0.27	-0.38	-0.43	-0.62*	-0.53	-0.42	-0.28	-0.48	-0.68*	-0.65*	-0.64*	-0.75**	-0.69*	0.19	-0.56	0.01	1.00		
出汁率JY	0.55	-0.24	-0.15	-0.02	-0.16	-0.16	-0.12	-0.38	-0.79**	-0.63*	-0.36	-0.45	-0.62*	-0.17	-0.31	0.13	-0.19	0.31	0.24	1.00	
蛋白质PC	0.44	-0.64*	-0.30	-0.19	-0.48	-0.28	-0.20	-0.33	-0.10	-0.24	-0.38	-0.35	-0.40	-0.24	-0.29	0.00	-0.25	-0.12	0.29	0.23	1.00
VC	0.12	0.31	-0.04	0.27	0.30	0.56	0.67*	-0.01	0.42	0.40	0.57	0.60*	0.52	0.62*	0.64*	-0.05	0.31	0.25	-0.56	-0.36	0.04

注：*，显著相关($p < 0.05$)；**，极显著相关($p < 0.01$)。
Note: * indicates significant difference at $p < 0.05$, and ** indicates significant difference at $p < 0.01$.

表4 5个主成分的特征值、方差贡献率、累积贡献率和成分载荷矩阵

Table 4 Eigenvalues, variance contribution rates, cumulative contribution rates and rotated component matrix					
品质指标 Trait	主成分1 PC1	主成分2 PC2	主成分3 PC3	主成分4 PC4	主成分5 PC5
单粒质量 SFW	-0.094	-0.105	-0.342	-0.275	0.800
果形指数 FSI	0.097	0.330	0.155	0.858	-0.090
L^*	0.007	0.864	-0.008	0.383	-0.125
a^*	0.334	0.791	-0.130	0.326	0.147
b^*	0.289	0.701	0.184	0.589	0.070
硬度 Hardness	0.823	0.165	0.247	0.222	0.287
脆性 Fracturability	0.797	-0.014	0.217	0.227	0.441
黏着性 Adhesiveness	-0.135	0.481	0.242	0.297	-0.700
弹性 Springiness	0.269	0.035	0.930	-0.083	-0.150
凝聚性 Cohesiveness	0.302	0.492	0.740	0.143	-0.265
胶性 Gumminess	0.796	0.297	0.373	0.284	0.095
耐咀嚼 Chewiness	0.774	0.220	0.490	0.245	0.087
回复性 Resilience	0.532	0.467	0.610	0.264	-0.223
可溶性固形物 SSC	0.964	0.188	-0.011	-0.015	-0.043
还原糖 RSC	0.934	0.139	0.112	-0.015	-0.059
可滴定酸 TAC	-0.097	-0.899	-0.254	0.189	0.099
糖酸比 RSC/TAC	0.642	0.714	0.086	-0.037	-0.131
可食率 ER	0.435	0.188	-0.296	0.046	0.695
含水率 MC	-0.770	-0.130	-0.046	-0.217	0.419
出汁率 JY	-0.134	0.027	-0.782	-0.131	0.306
蛋白质 PC	-0.223	-0.009	0.007	-0.783	0.240
维生素C含量 Vitamin C content	0.636	-0.036	0.376	0.077	0.219
特征值 Eigenvalues	6.70	4.27	3.45	2.56	2.51
贡献率 Contribution rates/%	30.46	19.41	15.68	11.63	11.39
累积贡献率 Cumulative contribution rates/%	30.46	49.86	65.54	77.17	88.55

素 C 含量等正向指标的值增大,而含水率则会降低,PC1 可称为果实风味与口感指标。

第 2 主成分包含了原始信息量的 19.41%,其中, L^* 、 a^* 、 b^* 有较大的正系数值,它们对 PC2 产生正向影响,可滴定酸含量有较大的负系数值,它对 PC2 产生负向影响,说明 PC2 大时,果实 L^* 、 a^* 、 b^* 会增大,而可滴定酸含量则会减小,PC2 可称为果实色泽指标。

第 3 主成分方差贡献率为 15.68%,其中,弹性、凝聚性、回复性有较大的正系数值,它们对 PC3 产生正向影响,出汁率有较大的负系数值,它对 PC3 产生负向影响,说明第 3 主成分大时,果实弹性、凝聚性、回复性值增大,而出汁率减小,PC3 可称为果实肉质指标。

第 4 主成分方差贡献率为 11.63%,其中,果形指数、 b^* 有较大的正系数值,它们对 PC4 产生正向影响,蛋白质含量有较大的负系数值,它对 PC4 产生负向影响,说明 PC4 大时,果形指数、 b^* 增大,而蛋白

质含量降低,PC4 可称为果形指标。

第 5 主成分方差贡献率为 11.39%,其中,单粒质量、可食率有较大的正系数值,它们对 PC5 产生正向影响,黏着性有较大的负系数值,它对 PC5 产生负向影响,说明 PC5 大时,果实单粒质量、可食率增大,而黏着性降低,PC5 可称为果实大小与可食指标。

2.3.2 不同鲜食葡萄品种果实品质的综合评价 通过主成分分析,可获得 12 个红色鲜食葡萄在 5 个主成分上的得分 F_i 及排序结果。由表 5 可知,第 1 主成分高的品种有‘无籽红提’‘夏黑’‘蜜光’‘巨峰’,第 2 主成分高的品种有‘无籽红提’‘粉红亚都蜜’‘早玫瑰香’‘巨峰’,第 3 主成分高的品种有‘蜜光’‘乍那’‘夏黑’‘美人指’,第 4 主成分高的品种有‘美人指’‘早巨选’‘无籽红提’‘摩尔多瓦’,第 5 主成分高的品种有‘夏黑’‘巨峰’‘户太 8 号’‘美人指’。

由于各主成分方差贡献率不同,因此在进行综合评价时,要结合主成分贡献率,协调好各主成分

表 5 12 种鲜食葡萄果实品质的各主成分得分、综合得分及优良度排序

Table 5 Principal component scores, comprehensive scores and ranking of fruit quality of 12 red table grape cultivars

品种 Cultivar	F ₁	排序 Rank	F ₂	排序 Rank	F ₃	排序 Rank	F ₄	排序 Rank	F ₅	排序 Rank	F	综合排序 Comprehensive Score
京亚 Jingya	-0.08	6	-0.75	8	-0.77	9	-0.52	8	0.38	5	-0.35	10
夏黑 Summer Black	1.10	2	-1.41	12	1.11	3	-0.42	7	1.65	1	0.42	3
蜜光 Miguang	0.84	3	-0.78	9	1.39	1	-0.83	12	-1.21	11	0.10	4
乍那 Zana	-1.02	11	0.39	5	1.14	2	-0.19	6	-0.31	8	-0.13	8
早巨选 Zao Juxuan	-0.99	10	-1.21	11	-1.13	11	0.97	2	0.00	7	-0.68	12
早玫瑰香 Muscat Grape	-0.78	9	1.04	3	0.63	5	-0.68	9	-0.83	10	-0.12	7
户太 8 号 Hutai-8	-0.24	8	0.11	7	-0.69	8	-0.79	10	0.83	3	-0.18	9
巨峰 Kyoho	0.10	4	0.94	4	-1.24	12	-0.79	11	1.01	2	0.05	5
粉红亚都蜜 Yatomi Rosa	-1.06	12	1.07	2	0.42	6	-0.15	5	0.31	6	-0.03	6
摩尔多瓦 Moldova	0.07	5	-0.99	10	-1.09	10	0.12	4	-1.89	12	-0.61	11
无籽红提 Seedless Grape	2.28	1	1.45	1	-0.55	7	0.71	3	-0.46	9	1.04	1
美人指 Manicure Finger	-0.21	7	0.15	6	0.78	4	2.57	1	0.52	4	0.50	2

之间的侧重关系。以各主成分相对方差贡献率为权重,对各品种前 5 个主成分得分和相应权重进行线性加权求和构建鲜食葡萄果实品质综合评价函数,即: $F = (0.304 6F_1 + 0.194 1F_2 + 0.156 8F_3 + 0.116 3F_4 + 0.113 9F_5) / 0.885 5$ 。利用该模型计算各品种的综合得分并对其进行排序,结果见表 5。12 种鲜食葡萄中,‘无籽红提’‘美人指’‘夏黑’和‘蜜光’果实品质排在前 4 位,‘京亚’‘摩尔多瓦’‘早巨选’排在后 3 位。

‘无籽红提’的 F_1 、 F_2 、 F_4 值排名均靠前, F_3 值排名居中, F_5 值排名靠后,表明其主要优势体现在 F_1 、 F_2 、 F_4 值上,即它的硬度、脆度、胶性、耐咀嚼性、可溶性固形物含量、还原糖含量、糖酸比、维生素 C 含量、 L^* 、 a^* 、 b^* 、果形指数都较高,而含水率、可滴定酸含量、蛋白质含量较小,在 12 种鲜食葡萄中属口味偏甜脆、维生素 C 含量高、色泽鲜艳、果形偏长的类型。‘美人指’的 F_3 、 F_4 、 F_5 值排名都靠前,而 F_1 、 F_2 值排名居中,表明其主要优势体现在 F_3 、 F_4 、 F_5 值上,即‘美人指’果实的出汁率、蛋白质含量、黏着性较低,而弹性、凝聚性、回复性、果形指数、 b^* 、单粒质量、可食率较高,在 12 种鲜食葡萄中属色泽鲜艳、果形偏长的大果类型。‘夏黑’的 F_1 、 F_3 、 F_5 值排名都靠前, F_4 排名居中, F_2 排名最后,表明其主要优势体现在 F_1 、 F_3 、 F_5 值上,即‘夏黑’果实硬度、脆性、弹性、凝聚性、胶性、耐咀嚼性、回复性、可溶性固形物含量、还原糖含量、糖酸比、维生素 C 含量、单粒质量、可食率都较高,含水率、出汁率、黏着性较低,在 12 种鲜食葡萄中属口味偏甜脆、维生素 C 含量高的大果类

型。‘蜜光’的 F_1 、 F_3 值排名靠前, F_2 、 F_4 、 F_5 值排名都靠后,表明其主要优势体现在 F_1 、 F_3 值上,即它的果实硬度、脆度、弹性、凝聚性、胶性、耐咀嚼性、回复性、还原糖含量、糖酸比、维生素 C 含量都较高,含水率、出汁率较低,在 12 种鲜食葡萄中属口味偏甜脆、维生素 C 含量高的类型。

‘京亚’虽在第 1、5 主成分上排名居中,但在第 2、3、4 主成分上排名靠后,综合排在倒数第 3 位;‘摩尔多瓦’虽在第 1、4 主成分上的得分居中,但在第 2、3、5 主成分上的得分排名均靠后,综合排在倒数第 2;‘早巨选’在第 4 主成分上排在第 2 位,但在其他主成分上的得分排名均靠后,综合排在所有鲜食葡萄品种的最后一位,这 3 种鲜食葡萄都属于口感酸涩、肉质粗软的类型。

2.3.3 不同鲜食葡萄品种的聚类分析 对 12 种红色鲜食葡萄的 22 个果实品质性状作系统聚类分析,将果实品质相近的品种聚到一起,结果见图 1。在平方欧式距离为 10 时,可将 12 种鲜食葡萄分为 4 大类,其中,‘粉红亚都蜜’‘早玫瑰香’‘乍那’聚为第 I 类,‘巨峰’‘户太 8 号’‘京亚’‘摩尔多瓦’‘早巨选’聚为第 II 类,‘夏黑’‘蜜光’聚为第 III 类,‘无籽红提’‘美人指’聚为第 IV 类。

结合主成分综合得分可知,第 IV、III 类的 4 个品种综合得分 $F \geq 0.10$,排在第 1~4 位,说明这两个类群包含的 4 个品种综合品质较佳。第 I 类中的 3 个品种综合得分 $-0.13 < F < -0.03$,排在第 6~8 位,说明这 3 个品种综合品质居中。第 II 类的 5 个品种中,‘巨峰’‘户太 8 号’可聚为一类,‘巨峰’综合得分 $F =$

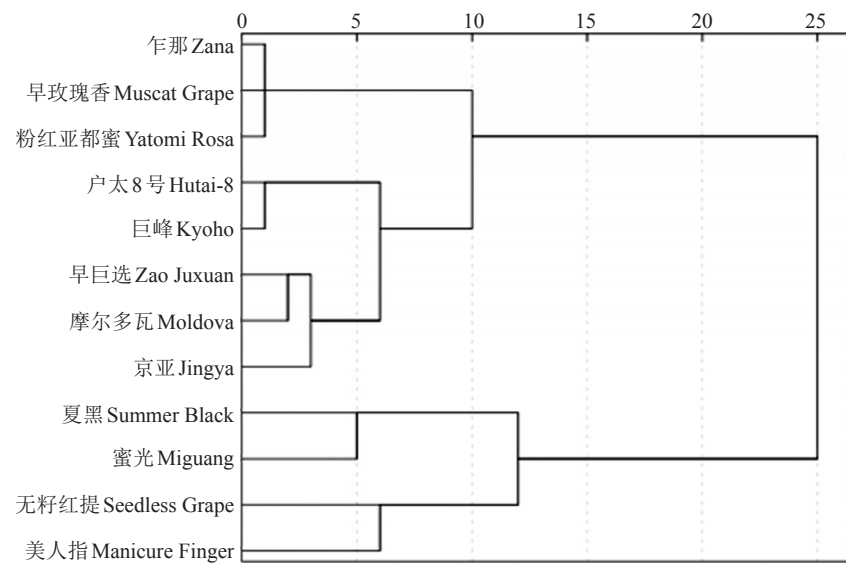


图1 12个红色鲜食葡萄品种树状聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of 12 red table grape cultivars

0.05,排在第5位,‘户太8号’排在第9位,这2个品种综合品质居中;‘京亚’‘摩尔多瓦’‘早巨选’聚为一类,综合得分 $F<-0.35$,排在最后3位,综合品质相对较差。

2.4 不同鲜食葡萄品种果实的感官评价

对12种红色鲜食葡萄果实进行感官品评,结果见表6,可知,‘无籽红提’‘美人指’‘夏黑’‘蜜光’

酸甜可口、汁液较多、肉质较细、果实或酥脆或脆硬,感官评分排在第1~4位,其中除‘美人指’无独特品种香味外,其余3个品种各具独特香气,香味浓郁,感官品质较佳。‘巨峰’‘户太8号’‘早玫瑰香’‘乍那’‘粉红亚都蜜’口感或酸甜或酸、汁液较多、肉质较粗、各具品种香气但香味中等偏清淡,感官评分排在第5~9位,感官品质中等。‘摩尔多瓦’

表6 12种鲜食葡萄果实的感官评价

Table 6 Sensory evaluation of 12 red table grape cultivar fruits

品种 Cultivar	甜酸度 Flavor	多汁性 Succulency	果肉硬度 Flesh firmness	果肉质地 Flesh texture	香味及程度 Aroma and degree of aroma	感官评分 Sensory score	排名 Rank
京亚 Jingya	酸 Sour	中 Medium	极软 The softest	粗 Thick	草莓香味清淡 Light strawberry aromas	5.60	11
夏黑 Summer Black	酸甜 Sour-sweet	中 Medium	硬 Hard	细 Thin	草莓香味浓郁 Rich strawberry aromas	7.00	3
蜜光 Miguang	酸甜 Sour-sweet	中 Medium	中 Medium	细 Thin	玫瑰香味浓郁 Rich rose aromas	7.00	4
乍那 Zana	酸甜 Sour-sweet	少 Less	中 Medium	细 Thin	玫瑰香味清淡 Light rose aromas	6.17	8
早巨选 Zao Juxuan	极酸 The sourest	多 More	软 Soft	粗 Thick	草莓香味清淡 Light strawberry aromas	5.10	12
早玫瑰香 Muscat Grape	酸甜 Sour-sweet	中 Medium	软 Soft	粗 Thick	玫瑰香味浓郁 Rich rose aromas	6.42	7
户太8号 Hutai-8	酸甜 Sour-sweet	多 Medium	中 Medium	中 Medium	玫瑰香味中等 Medium rose aromas	6.75	6
巨峰 Kyoho	酸 Sour	多 Medium	中 Medium	粗 Thick	草莓香味中等 Medium strawberry aromas	7.00	5
粉红亚都蜜 Yatomi Rosa	酸 Sour	多 Medium	中 Medium	粗 Thick	玫瑰香味清淡 Light rose aromas	5.90	9
摩尔多瓦 Moldova	极酸 The sourest	多 Medium	软 Soft	粗 Thick	无 None	5.78	10
无籽红提 Seedless Grape	极甜 The sweetest	中 Medium	极硬 The hardest	细 Thin	玫瑰香味浓郁 Rich rose aromas	9.00	1
美人指 Manicure Finger	酸甜 Sour-sweet	多 Medium	中 Medium	细 Thin	无 None	8.33	2

‘京亚’‘早巨选’口感酸涩、肉质粗糙偏软、香味清淡,感官评分排在第10~12位,感官品质相对较差。感官评价结果表明,这12个红色鲜食葡萄品种的感官评分排名与主成分分析和聚类分析的综合评价结果基本一致。

3 讨 论

鲜食葡萄是优良的经济林树种,在世界范围内广泛种植,品种众多,不同品种葡萄之间生态适应性的差异导致果实在不同栽培环境下生长状态不同,外观色泽、风味也存在差异,品质良莠不齐^[18]。鲜食葡萄栽植于杨凌地区后,基于自身遗传因素和外部环境使得品种间果实品质性状差异较大,对其进行适当评价,是有效利用和选择优异种质资源并推广栽培的基础和前提。本研究选取的12种红色鲜食葡萄在栽培环境和管理措施上基本一致,因此,品质性状取决于其遗传特性。通过描述性统计可知,供试品种各品质性状存在不同程度的变异,其中果皮颜色 b^* 值数据变异系数高达377.38%,通过聚类分析12种红色鲜食葡萄根据果实性状相似程度分为4类,一定程度上反映了各果实性状在不同品种间存在差异,蕴含着选择潜力。

主成分分析是将原来个数较多且相关的指标转化为新的个数较少且相关性较小的综合指标的一种分析方法。本研究通过主成分分析,红色鲜食葡萄果实品质的22项指标可转化为5个互相独立的综合指标,其特征值均 >1 ,累计贡献率达88.55%,反映果实品质性状的大部分信息,主成分指标之间是综合的、相互独立的,避免了原始信息之间的重叠干扰,符合分析要求。主成分载荷矩阵旋转后,载荷系数更接近1或者0,这样得到的主成分能够更好的解释和命名变量^[15]。本研究中,按主成分方差贡献率从大到小依次为果实风味与口感指标、色泽指标、肉质指标、果形指标、果实大小与可食指标。综合评价果实品质时,本研究以相对方差贡献率作为各个主成分的权重,是一种客观赋权法,一定程度上避免了人为赋权造成的影响^[27]。由于综合评价值是一个无量纲的纯数,使各个品种果实品质性状之间的差异具有可比性^[28],能全面客观地评价鲜食葡萄果实品质。聚类分析是根据果实性状的相似性来区分类别的,相似度最大的优先

聚合在一起,最终按照类别的综合性质将多个品种聚合,从而完成聚类分析的过程^[11]。本研究将22个标准化后的指标作为变量,最终将12个红色品种分为4个类群,主成分分析可以对聚类分析中的类群进行排序和优选,是聚类分析结果的深入。本研究聚类分析结合主成分综合得分可知,各类群综合排名依次为:IV>III>I>II。其中,第IV、III类群的‘无籽红提’‘美人指’‘夏黑’和‘蜜光’果实综合品质较佳,第II类中的‘京亚’‘摩尔多瓦’和‘早巨选’综合品质相对较差,其他品种果实品质居中。感官品评是品质评价中是不可或缺的,客观性的统计学方法与主观性的感觉相结合才能更全面的评价果实品质优劣。本研究在应用统计学方法评价红色鲜食葡萄果实品质的基础上,对各品种果实进行感官品评,结果表明,感官评分与统计学综合评分结果基本一致,这说明采用统计学方法评价果实品质结果可靠,果实品质较佳的品种可作进一步选育或生产利用。但感官品评的结果与综合得分结果稍有出入,这可能是与品评人的个人喜好有关。蒋卉等^[29]采用主成分分析与感官评价相结合的方法为新疆南疆地区筛选出‘金陵圆枣’、冬枣、‘早脆王’等果肉较细、质地酥脆、汁液较多的优质品种。姜晓青等^[30]采用主成分分析筛选出最适宜速冻加工的菜用大豆籽粒为‘新大粒1号’,其次是‘通豆6号’‘徐豆17号’‘通豆5号’,并通过对速冻菜用大豆感官品质进一步检验分析,验证了所建立的理化品质评价模型与感官品质评价结果具有较好的一致性。

对于果树生产而言,品种是发展的关键因素,而果实品质科学、合理地评价是对果树品种全面评价的基础和前提,除此之外,品种外观、抗病性、高产性、耐贮性及地区适应性等方面的因素也应作为品种评价的重要因素^[31]。只有在品质评价基础上进一步对其他农艺性状进行评价,才能综合评价筛选区域适应性强、适宜推广的优良品种。

4 结 论

本研究利用主成分综合得分对12种红色鲜食葡萄果实品质进行排序,利用聚类分析将12个品种聚为4类。主成分综合得分结合聚类结果可知,‘无籽红提’‘美人指’‘夏黑’和‘蜜光’综合品质较佳,‘京亚’‘摩尔多瓦’和‘早巨选’相对较差,其他

品种居中。各品种感官品评结果与统计学综合评分结果比较一致,表明主成分结合聚类分析评价果实品质结果可靠,评价排序可作为杨凌地区优选红色鲜食葡萄品种的重要依据。

参考文献 References:

- [1] OBRENOVICH M E, NAIR N G, BEYAZ A, ALIEV G, PRAKASH V, REDDY. The role of polyphenolic antioxidants in health, disease, and aging[J]. *Rejuvenation Research*, 2010, 13 (6): 631-643.
- [2] GIOVANNINI C, MASELLA R. Role of polyphenols in cell death control[J]. *Nutritional Neuroscience*, 2012, 15(3): 134-149.
- [3] ZHAO D Y, SIMON J E, WU Q L. A critical review on grape polyphenols for neuroprotection: Strategies to enhance bioefficacy[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2019, 60 (4): 1-29.
- [4] 杨勇, 杨俊祥, 宫霞, 金蕊, 杨明挚. 葡萄及葡萄属植物中的天然活性物质研究与利用现状[J]. *酿酒科技*, 2011(6): 75-79.
- YANG Yong, YANG Junxiang, GONG Xia, JIN Rui, YANG Mingzhi. Present status of the research on the application of natural active substances in grape and *Vitis* spp.[J]. *Liquor-Making Science and Technology*, 2011(6): 75-79.
- [5] 李华, 孟军. 陕西省酿酒葡萄气候区划指标及气候分区研究[J]. *科技导报*, 2009, 27(6): 78-83.
- LI Hua, MENG Jun. Climatic zoning indexes and the viticultural climatic zoning in Shaanxi province[J]. *Science and Technology Review*, 2009, 27(6): 78-83.
- [6] 侯国勤. 几个国外引进鲜食葡萄品种在杨凌地区日光大棚栽培表现[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- HOU Guoqin. The cultural characteristics of 15 introduced table grape planted in sunlight greenhouse in Yangling[D]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University, 2013.
- [7] 吴婧, 龚倩, 丘赛, 王华. 杨凌地区四个欧美鲜食葡萄品种综合性状比较[J]. *北方园艺*, 2012(18): 48-50.
- WU Jing, GONG Qian, QIU Sai, WANG Hua. Compare of comprehensive characters of four table grapes varieties in Yangling area[J]. *Northern Horticulture*, 2012(18): 48-50.
- [8] 龚倩, 王华. 陕西关中地区鲜食葡萄引种观察[J]. *北方园艺*, 2012(15): 21-25.
- GONG Qian, WANG Hua. Primary reports on introduction of table grape in guanzhong area of Shaanxi province[J]. *Northern Horticulture*, 2012(15): 21-25.
- [9] 房玉林, 王琴, 罗宇晨, 王华. 两种栽培模式下‘户太八号’葡萄果实品质特性及耐贮性比较[J]. *北方园艺*, 2013(10): 15-18.
- FANG Yulin, WANG Qin, LUO Yuchen, WANG Hua. Comparison of grape quality and storability about ‘Hutai No.8’ under two cultivation models[J]. *Northern Horticulture*, 2013(10): 15-18.
- [10] 宋江峰, 刘春泉, 姜晓青, 李大婧. 基于主成分与聚类分析的莱用大豆品质综合评价[J]. *食品科学*, 2015, 36(13): 12-17.
- SONG Jiangfeng, LIU Chunquan, JIANG Xiaoqing, LI Dajing. Comprehensive evaluation of vegetable soybean quality by principal component analysis and cluster analysis[J]. *Food Science*, 2015, 36(13): 12-17.
- [11] 高惠璇. 应用多元统计分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005.
- GAO Huixuan. Apply multivariate statistical analysis[M]. Beijing: Peking University Press, 2005.
- [12] 王益民, 张珂, 许飞华, 王玉, 任晓卫, 张宝琳. 不同品种枸杞子营养成分分析及评价[J]. *食品科学*, 2014, 35(1): 34-38.
- WANG Yimin, ZHANG Ke, XU Feihua, WANG Yu, REN Xiaowei, ZHANG Baolin. Chemical analysis and nutritional evaluation of different varieties of goji berries (*Lycium barbarum* L.) [J]. *Food Science*, 2014, 35(1): 34-38.
- [13] 李勋兰, 洪林, 王武, 杨蕾, 谭平. 晚熟杂柑新品种果实品质综合评价[J]. *果树学报*, 2018, 35(2): 195-203.
- LI Xunlan, HONG Lin, WANG Wu, YANG Lei, TAN Ping. Comprehensive evaluation of fruit quality of new late-maturing mandarin cultivars[J]. *Journal of Fruit Science*, 2018, 35(2): 195-203.
- [14] 刘慧, 刘杰超, 李佳秀, 张春岭, 陈大磊, 焦中高. 不同品种樱桃酒品质分析与综合评价[J]. *果树学报*, 2017, 34(7): 895-904.
- LIU Hui, LIU Jiechao, LI Jiaxiu, ZHANG Chunling, CHEN Dalei, JIAO Zhonggao. Quality analysis and comprehensive evaluation of cherry wine fermented from different cultivars[J]. *Journal of Fruit Science*, 2017, 34(7): 895-904.
- [15] 公丽艳, 孟宪军, 刘乃侨, 毕金峰. 基于主成分与聚类分析的苹果加工品质评价[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(13): 276-285.
- GONG Liyan, MENG Xianjun, LIU Naiqiao, BI Jinfeng. Evaluation of apple quality based on principal component and hierarchical cluster analysis[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(13): 276-285.
- [16] 张振文. 葡萄品种学[M]. 西安: 西安地图出版社, 2000: 30-31.
- ZHANG Zhenwen. Ampelography[M]. Xi'an: Xi'an Map Publishing House, 2000: 30-31.
- [17] 刘崇怀, 沈育杰, 陈俊. 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: 45-46.
- LIU Chonghuai, SHEN Yujie, CHEN Jun. Descriptor and data standard for grape (*Vitis* L.) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 45-46.
- [18] 潘照, 周文化, 肖玥惠子. 基于主成分分析的不同种鲜食葡萄品质评价[J]. *食品与机械*, 2018, 34(9): 139-146.
- PAN Zhao, ZHOU Wenhua, XIAO Yuehui. Quality evaluation of different table grape based on principal component analysis[J]. *Food and Machinery*, 2018, 34(9): 139-146.
- [19] 卫生部食品卫生监督检验所. 食品安全国家标准: 食品中水分的测定: GB 5009.3—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- Food Hygiene Supervision and Inspection Institute of the Ministry of Health. Food safety national standard- Determination of

- water in food: GB 5009.3—2016 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [20] 杨中,张静,汤兆星. 新疆鲜食葡萄品质评价指标体系的建立[J]. 安徽农业科学,2011,39(12): 7004-7007.
YANG Zhong, ZHANG Jing, TANG Zhaoxing. Establishment of quality evaluation index system for table grape in Xinjiang[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(12): 7004-7007.
- [21] 王华. 葡萄酒分析检验[M]. 北京:中国农业出版社,2004: 122-128.
WANG Hua. Analysis of wine[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004: 122-128.
- [22] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2006: 142.
GAO Junfeng. Experimental guidance on plant physiology[M]. Beijing: China Higher Education Press, 2006: 142.
- [23] 赵英永,戴云,崔秀明,张文斌,马妮. 考马斯亮蓝 G-250 染色法测定草乌中可溶性蛋白质含量[J]. 云南民族大学学报(自然科学版),2006,15(3): 235-237.
ZHAO Yingyong, DAI Yun, CUI Xiuming, ZHANG Wenbin, MA Ni. Determination of protein contents of radix aconiti kusnezoffii using coomassie brilliant blue G-250 dye binding[J]. Journal of Yunnan Minzu University(Natural Sciences Edition), 2006, 15(3): 235-237.
- [24] 吴春艳. 水果中维生素 C 含量的测定及比较[J]. 武汉理工大学学报,2007(3): 90-91.
WU Chunyan. Mensuration and comparation of vitamin's content in fruits[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2007(3): 90-91.
- [25] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2006: 200.
GAO Junfeng. Experimental guidance on plant physiology[M]. Beijing: China Higher Education Press, 2006: 200.
- [26] GIRSCHIK L, JONES J E, KERSLAKE F L, ROBERT M, DAMBERGS R G, SWARTS N D. Apple variety and maturity profiling of base ciders using UV spectroscopy[J]. Food Chemistry, 2017, 228:323-329.
- [27] 古丽尼沙·卡斯木,木合塔尔·扎热,张东亚,郭靖,艾吉尔·阿布拉,盛玮,阿布都热西提·热合曼. 基于因子分析的无花果引进品种果实品质性状综合评价[J]. 食品科学,2018,39(1): 99-104.
Gulnisa Kasim, Muhtar Zari, ZHANG Dongya, GUO Jing, Ajar Abila, SHENG Wei, Abudurexit Rahman. Factor analysis and comprehensive evaluation of fruit quality traits of introduced fig cultivars[J]. Food Science, 2018, 39(1):99-104.
- [28] 王军,周美学,许如根,吕超,黄祖六. 大麦耐湿性鉴定指标和评价方法研究[J]. 中国农业科学,2007,40(10): 2145-2152.
WANG Jun, ZHOU Meixue, XU Rugen, LÜ Chao, HUANG Zuli. Studies on selecting indices and evaluation methods for barley's (*Hordeum vulgare* L.) waterlogging tolerance[J]. Scientia Agriculture Sinica, 2007, 40(10): 2145-2152.
- [29] 蒋卉,丁慧萍,白红进. 新疆南疆引进鲜食枣品种品质性状的综合评价[J]. 食品科学,2016,37(3): 55-59.
JIANG Hui, DING Huiping, BAI Hongjin. Comprehensive assessment of quality characteristics of introduced table Jujube cultivars in southern Xinjiang[J]. Food Science, 2016, 37(3):55-59.
- [30] 姜晓青,宋江峰,李大婧,刘春泉. 主成分分析法综合评价速冻菜用大豆籽粒的品质[J]. 现代食品科技,2013,29(8): 2020-2024.
JIANG Xiaoqing, SONG Jiangfeng, LI Dajing, LIU Chunquan. Quality evaluation of frozen vegetable soybean based on principal component analysis[J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(8): 2020-2024.
- [31] 董星光,田路明,曹玉芬,张莹,齐丹. 我国南方砂梨主产区主栽品种果实品质因子分析及综合评价[J]. 果树学报,2014,31(5): 815-822.
DONG Xingguang, TIAN Luming, CAO Yufen, ZHANG Ying, QI Dan. Factor analysis and comprehensive evaluation of fruit quality in cultivars of *Pyrus pyrifolia* (Burm. f.) Nakai from south China[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(5): 815-822.