

34 个蓝莓品种果实品质评价

赵慧芳¹, 吴文龙^{1,①}, 黄正金¹, 赵俸艺¹, 闫连飞¹, 李维林^{2,①}

[1. 江苏省中国科学院植物研究所(南京中山植物园) 江苏省植物资源研究与利用重点实验室, 江苏 南京 210014;
2. 南京林业大学林学院 南方现代林业协同创新中心, 江苏 南京 210037]

摘要: 以南京地区种植的 34 个蓝莓 (*Vaccinium* spp.) 品种为研究材料, 对各品种果实的表型性状、营养成分和感官评定指标进行分析, 并采用主成分分析和系统聚类的方法对 34 个蓝莓品种进行分类和综合评价。结果显示: 从表型性状来看, ‘钱德勒’ (‘Chandler’) 果实横径 (19.51 mm) 和单果质量 (3.40 g) 最大, ‘灿烂’ (‘Brightwell’) 果实纵径 (14.76 mm) 最大, ‘梯芙蓝’ (‘Tifblue’) 果实硬度 (3.79 kg · cm⁻²) 最高; 从营养成分来看, ‘粉蓝’ (‘Powderblue’) 果实的可溶性固形物含量 (15.90%) 和固酸比 (54.74) 最高, ‘园蓝’ (‘Gardenblue’) 果实的总花色苷含量 (2.49 mg · g⁻¹) 和总多酚含量 (3.49 mg · g⁻¹) 最高; 从感官评定来看, ‘灿烂’ 和 ‘杰兔’ (‘Premier’) 果实的外观评分 (8.4) 最高, ‘玉蓝’ (‘Magnolia’) 果实的香味评分 (7.3) 最高, ‘安娜’ (‘Anna’) 果实的甜度评分 (7.2) 最高、酸度评分 (2.8) 最低, ‘蓝雨’ (‘Bluerain’) 和 ‘玉蓝’ 果实的口感评分 (7.5) 最高。主成分分析结果显示: 前 5 个主成分的累计贡献率为 83.989%, ‘钱德勒’ 的综合得分 (3.564) 最高。聚类分析结果显示 34 个蓝莓品种可分为 5 组: I 组仅包含 ‘钱德勒’, 其果实大、感官评分高、营养成分含量整体较低; II 组包含 ‘南方之星’ (‘Star’) 等 11 个品种, 其果实较大、营养成分含量整体较高、感官评分也较高; III 组和 IV 组各包含 8 和 5 个品种, 各指标均处于中等水平; V 组包含 ‘园蓝’ 等 9 个品种, 其果实小且较圆, 外观评分最低。综合分析认为, 果实品质较优的品种为 ‘钱德勒’、‘南方之星’、‘灿烂’、‘巨蓝’ (‘Prolific’)、‘玉蓝’、‘杰兔’ 和 ‘粉蓝’, 推荐用于鲜食, 而总花色苷含量和总多酚含量最高的品种 ‘园蓝’ 可用于蓝莓产品加工。

关键词: 蓝莓; 果实品质; 感官评定; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: Q945.1; S663.9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2023)04-0044-10
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2023.04.05

Evaluation on fruit quality of 34 *Vaccinium* spp. cultivars ZHAO Huifang¹, WU Wenlong^{1,①}, HUANG Zhengjin¹, ZHAO Fengyi¹, LYU Lianfei¹, LI Weilin^{2,①} [1. Jiangsu Key Laboratory for the Research and Utilization of Plant Resources, Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences (Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat-Sen), Nanjing 210014, China; 2. Co-Innovation Center for the Sustainable Forestry in Southern China, College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China], *J. Plant Resour. & Environ.*, 2023, 32(4): 44-53, 72

Abstract: Taking 34 *Vaccinium* spp. cultivars planted in Nanjing area as research materials, indexes of phenotypic traits, nutritional components and sensory evaluation of fruits of each cultivar were analyzed, and classification and comprehensive evaluation were conducted for 34 *Vaccinium* spp. cultivars by using principal component analysis and hierarchical cluster methods. The results show that in terms of phenotypic traits, the transverse diameter (19.51 mm), and single fruit mass (3.40 g) of fruits of ‘Chandler’ are the largest, the vertical diameter (14.76 mm) of fruits of ‘Brightwell’ is the largest, and the hardness (3.79 kg · cm⁻²) of fruits of ‘Tifblue’ is the highest; in terms of nutritional components, the soluble solid content (15.90%) and solid-acid ratio (54.74) of fruits of ‘Powderblue’

收稿日期: 2023-02-22

基金项目: 江苏省种业振兴揭榜挂帅项目 (JBGS[2021]021); 江苏省农业科技自主创新资金项目 (CX(22)2014)

作者简介: 赵慧芳 (1984—), 女, 山西临汾人, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为果品加工及果实品质评价。

①通信作者 E-mail: 1964wwl@163.com; wlli@njfu.edu.cn

引用格式: 赵慧芳, 吴文龙, 黄正金, 等. 34 个蓝莓品种果实品质评价 [J]. 植物资源与环境学报, 2023, 32(4): 44-53, 72.

are the highest, and the total anthocyanins content ($2.49 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) and total polyphenols content ($3.49 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) of fruits of 'Gardenblue' are the highest; in terms of sensory evaluation, the appearance scores (8.4) of fruits of 'Brightwell' and 'Premier' are the highest, the fragrance score (7.3) of fruits of 'Magnolia' is the highest, the sweetness score (7.2) and acidity score (2.8) of fruits of 'Anna' are the highest and the lowest, respectively, and the taste scores (7.5) of fruits of 'Bluerain' and 'Magnolia' are the highest. The principal component analysis result shows that the cumulative contribution rate of the first five principal component is 83.989%, the comprehensive score (3.564) of 'Chandler' is the highest. The cluster analysis result shows that 34 *Vaccinium* spp. cultivars can be divided into five groups: group I only contains 'Chandler', which has big fruits, high sensory score, and generally low contents of nutritional components; group II contains 11 cultivars including 'Star', etc., which have relatively big fruits, generally high contents of nutritional components, and relatively high sensory scores; group III and group IV contain 8 and 5 cultivars, respectively, and each index is at a middle level; group V contains 9 cultivars including 'Gardenblue', etc., which have small and round fruits and the lowest appearance score. Taken together, the cultivars with relatively good fruit quality are 'Chandler', 'Star', 'Brightwell', 'Prolific', 'Magnolia', 'Premier', and 'Powderblue', which are recommended for fresh consumption, while the cultivar 'Gardenblue', which has the highest total anthocyanins content and total polyphenols content, can be used for blueberry product processing.

Key words: *Vaccinium* spp.; fruit quality; sensory evaluation; principal component analysis; cluster analysis

蓝莓(*Vaccinium* spp.)为杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium* Linn.)多年生灌木类果树,栽培历史悠久,其果实酸甜可口、风味独特,深受消费者喜爱^[1-2]。蓝莓果实除了含有常见的葡萄糖、果糖、有机酸、纤维素、维生素、矿物质等营养成分外,其果皮还含有丰富的天然花色苷类及多酚类成分,具有较强的抗氧化、抗炎、抗增殖、促进视红素合成、神经保护、延缓衰老等作用^[3-7]。近年来,全球蓝莓的种植面积和产量急剧上升^[3],目前在中国的种植面积已接近 $7 \times 10^5 \text{ ha}$,居全球首位。

蓝莓品种繁多,仅江苏省中国科学院植物研究所蓝莓种质资源圃就保存有105个蓝莓优良品种,包含99个引进品种和6个自主选育品种^[8]。果实品质评价是蓝莓种质资源筛查中一项重要的基础工作。然而,在实际生产中,对于鲜食蓝莓的品质只有安全控制的标准,如农用化学品控制、加工环节安全控制等^[9],没有具体的质量标准,蓝莓鲜果感官评定的相关文献也极少^[10]。此外,笔者在实地调查中发现,南京地区部分蓝莓种植园存在品种混杂、果品产量和质量参差不齐的现象,同时,在新建立品种园的品种选择上也缺少参考资料。因此,作为一项指导生产的基础性工作,蓝莓果实品质评价具有重要意义。

蓝莓果实的表型性状(包括果实的大小、形状和硬度)是评价果实品质最直观的指标,蓝莓中的糖、酸是果实酸甜度的决定性指标^[11-12]。此外,近年来

随着人们对健康食品的关注,蓝莓果实最重要的抗氧化活性成分多酚和花色苷也是评价果实品质时不可或缺的指标^[13]。鉴于此,本研究对南京地区种植的34个蓝莓品种果实的表型性状、营养成分和感官评定指标进行分析,并采用主成分分析和系统聚类的方法对34个蓝莓品种进行分类和综合评价,以期对江苏省溧水、赣榆等丘陵地区蓝莓特色品种园的蓝莓种植及鲜食和加工品种的推广提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

供试的34个蓝莓品种分为南方高丛蓝莓、北方高丛蓝莓和兔眼蓝莓3种类群,其中,南方高丛蓝莓有14个品种,分别为'夏普蓝'('Sharpblue')、'阳光'('Sunshine')、'玉蓝'('Magnolia')、'蓝雨'('Bluerain')、'安娜'('Anna')、'比洛克西'('Biloxi')、'薄雾'('Misty')、'南方之星'('Star')、'中植1号'('Zhongzhi 1')、'寨选4号'('Zhaixuan 4')、'中植2号'('Zhongzhi 2')、'寨选7号'('Zhaixuan 7')、'中植3号'('Zhongzhi 3')、'中植4号'('Zhongzhi 4');北方高丛蓝莓有6个品种,分别为'钱德勒'('Chandler')、'莱克西'('Legacy')、'瑞卡'('Reka')、'达柔'('Darrow')、'泽西'('Jersey')、'布里吉塔'

(‘Brigitta’);兔眼蓝莓有14个品种,分别为‘粉蓝’(‘Powderblue’)、‘园蓝’(‘Gardenblue’)、‘梯芙蓝’(‘Tifblue’)、‘灿烂’(‘Brightwell’)、‘顶峰’(‘Climax’)、‘杰兔’(‘Premier’)、‘乌达德’(‘Woodard’)、‘巴尔德温’(‘Baldwin’)、‘巨蓝’(‘Prolific’)、‘布莱特蓝’(‘Briteblue’)、‘沃农’(‘Vernon’)、‘昂丝萝’(‘Onslow’)、‘乡铃’(‘Homebell’)、‘博尼塔’(‘Bonita’)

供试蓝莓品种均种植于江苏省中国科学院植物研究所蓝莓资源圃(东经119°11′、北纬31°36′),果实成熟期采收成熟度较好的果实,每品种随机选取20个果实用于表型性状测定,之后将采收的果实一部分速冻后置于-18℃保存,用于营养成分测定,另一部分直接置于4℃保存,用于鲜果感官评定。

1.2 方法

1.2.1 果实表型性状测定 采用数显游标卡尺(精度0.01 mm)测量果实横径(横切面的最大宽度)和纵径(纵切面的最大长度),并计算果形指数,计算公式为果形指数=纵径/横径;采用电子天平(精度0.01 g)称量单果质量;采用探头直径5 mm的KM-1手持硬度计(日本Fujiwara藤原制作所)测定果实硬度。

1.2.2 营养成分测定 各品种随机选取果实约50 g,经解冻、破碎、混匀后,参照已确定的方法^[14]测定各营养成分的含量,重复测定3次。采用PAL-1糖度计(广州市爱宕科学仪器有限公司)测定可溶性固形物含量,参照GB 12456—2021的酸碱中和滴定法测定总酸含量,并计算固酸比,计算公式为固酸比=可

溶性固形物含量/总酸含量;采用pH示差法^[15]测定总花色苷含量;采用Folin-Ciocalteu比色法^[16]测定总多酚含量。

1.2.3 鲜果感官评定 评定小组由作者所在研究中心的20名25~45岁工作人员组成,30%为男性、70%为女性,均身体健康,评定前禁食烟酒及辛辣刺激食物。评定方法在吴文龙等^[10]基础上,以草莓(*Fragaria × ananassa* Duch.)感官评定的方法作为参考^[17-18],并根据评定人员的建议进行修改。根据喜好度对果实的外观(大小、色泽、均匀度、饱满度)、口感(咀嚼性、籽粒感、汁液感)、香味、甜度、酸度进行评分,各项评分均为1~10。

1.3 数据处理

将测定的数据进行Z-评分的标准化处理后,采用SPSS 27软件中的相关系数矩阵法进行主成分分析,再根据主成分分析结果采用Origin 2022软件中的欧氏距离聚类算法进行系统聚类分析。

2 结果和分析

2.1 不同品种蓝莓果实表型性状分析

34个蓝莓品种的果实表型性状分析结果见表1。结果显示:34个蓝莓品种的果实横径为11.19~19.51 mm,其中,‘钱德勒’的横径最大,‘灿烂’、‘粉蓝’、‘杰兔’和‘巴尔德温’的横径(均大于17 mm)较大;34个蓝莓品种的果实纵径为9.62~14.76 mm,其中,‘灿烂’的纵径最大,‘粉蓝’、‘巴尔德温’、‘钱德

表1 34个蓝莓品种果实表型性状比较($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 1 Comparison on phenotypic traits of fruits of 34 *Vaccinium* spp. cultivars ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

编号 ²⁾ No. ²⁾	品种 Cultivar	横径/mm Transverse diameter	纵径/mm Vertical diameter	果形指数 Fruit shape index	单果质量/g Single fruit mass	硬度/(kg·cm ⁻²) Hardness
P1	夏普蓝 Sharpblue	12.66±0.64op	10.87±0.53jklm	0.86±0.06cde	1.41±0.16nop	2.89±0.35ijklm
P2	阳光 Sunshine	13.03±1.11o	10.47±0.48lm	0.81±0.05fghij	1.45±0.28nop	3.73±0.20ab
P3	玉蓝 Magnolia	15.23±0.89ijk	12.58±0.81de	0.83±0.05efg	1.89±0.18hij	3.42±0.47abcdefg
P4	蓝雨 Bluerain	11.19±0.59r	10.47±0.42lm	0.94±0.03a	1.02±0.12r	3.00±0.29hijklm
P5	安娜 Anna	12.13±0.72pq	10.51±0.44lm	0.87±0.06cd	1.16±0.17qr	3.03±0.66ghijklm
P6	比洛克西 Biloxi	14.49±1.06lmn	10.78±0.70klm	0.74±0.03mno	1.68±0.24jklm	3.37±0.46bcdefgh
P7	薄雾 Misty	15.22±0.78ijk	12.22±0.58ef	0.80±0.04fghijk	2.01±0.20gh	3.46±0.45abcdef
P8	南方之星 Star	16.98±1.07cde	13.08±0.76cd	0.77±0.04jklm	2.71±0.44cd	3.75±0.30ab
P9	中植1号 Zhongzhi 1	12.78±0.61op	11.22±0.50ijk	0.88±0.04bc	1.36±0.19opq	3.16±0.39defghij
P10	寨选4号 Zhaixuan 4	11.95±0.79q	9.62±0.55n	0.81±0.06fghij	1.16±0.15qr	2.99±0.32hijklm
P11	中植2号 Zhongzhi 2	13.20±0.88o	10.74±0.70klm	0.82±0.06fghi	1.28±0.18op	2.15±0.47o
P12	寨选7号 Zhaixuan 7	12.82±0.88o	10.36±0.60m	0.81±0.04fghij	1.38±0.19opq	2.77±0.35jklmn
P13	中植3号 Zhongzhi 3	14.80±1.14kl	11.58±0.60ghi	0.78±0.06ghijkl	2.02±0.39gh	3.53±0.26abcde
P14	中植4号 Zhongzhi 4	14.58±1.04klmn	11.99±0.77fg	0.82±0.07efg	1.78±0.20ijk	2.83±0.26jklm

续表1 Table 1 (Continued)

编号 ²⁾ No. ²⁾	品种 Cultivar	横径/mm Transverse diameter	纵径/mm Vertical diameter	果形指数 Fruit shape index	单果质量/g Single fruit mass	硬度/(kg·cm ⁻²) Hardness
P15	钱德勒 Chandler	19.51±1.31a	13.73±1.32b	0.70±0.07p	3.40±0.62a	3.68±0.51ab
P16	莱克西 Legacy	14.00±0.85mn	10.91±0.75jklm	0.78±0.06hijklm	1.64±0.25klmn	3.56±0.41abcd
P17	瑞卡 Reka	11.96±0.74q	9.75±0.55n	0.82±0.05fghi	1.22±0.15pqr	3.27±0.35cdefghi
P18	达柔 Darrow	16.24±0.96fgh	10.77±0.49klm	0.66±0.04q	2.05±0.44gh	3.58±0.33abc
P19	泽西 Jersey	13.30±0.58o	10.61±0.48lm	0.80±0.04fghijk	1.47±0.16mno	3.09±0.69fghijkl
P20	布里吉塔 Brigitta	15.76±0.96hij	11.41±0.83hij	0.72±0.04nop	2.17±0.30fg	3.44±0.51abcdef
P21	粉蓝 Powderblue	17.64±1.00bc	14.48±0.72a	0.82±0.03efgh	2.85±0.28bc	3.06±0.21fghijkl
P22	园蓝 Gardenblue	11.93±0.53q	9.72±0.66n	0.82±0.06fghi	1.55±0.14lmno	3.13±0.57efghijk
P23	梯芙蓝 Tifblue	16.00±0.66gh	12.66±0.65de	0.79±0.03fghijkl	2.03±0.23gh	3.79±0.43a
P24	灿烂 Brightwell	17.82±0.96b	14.76±1.26a	0.83±0.07ef	2.88±0.34bc	3.02±0.21ghijklm
P25	顶峰 Climax	16.89±0.86def	12.69±1.17de	0.75±0.07lmn	2.45±0.32e	2.74±0.36klmn
P26	杰兔 Premier	17.32±1.14bcd	13.42±0.67bc	0.78±0.04ijklm	2.78±0.28c	2.68±0.25lmn
P27	乌达德 Woodard	15.85±0.76hi	11.76±0.62fgh	0.74±0.05mno	1.93±0.19hi	2.64±0.35mn
P28	巴尔德温 Baldwin	17.15±1.41cde	14.25±0.76a	0.83±0.04def	2.82±0.50c	2.78±0.21jklmn
P29	巨蓝 Prolific	16.62±1.30defg	11.79±0.96fgh	0.71±0.06op	3.05±0.53b	3.39±0.36abcdefg
P30	布莱特蓝 Briteblue	14.64±1.06klm	11.00±0.92jkl	0.76±0.08klmn	2.55±0.30de	2.76±0.38jklmn
P31	沃农 Vernon	16.84±1.01def	13.49±0.64bc	0.80±0.05fghij	2.34±0.33ef	3.76±0.23ab
P32	昂丝萝 Onslow	15.13±0.84jkl	12.55±0.67de	0.83±0.07def	1.96±0.13ghi	3.08±0.43fghijkl
P33	乡铃 Homebell	13.93±0.88n	12.60±1.07de	0.90±0.06ab	1.73±0.27ijkl	2.38±0.17no
P34	博尼塔 Bonita	16.55±0.78efg	13.68±0.89b	0.83±0.05efg	2.51±0.28de	2.64±0.36mn
M1		13.65±1.60	11.18±0.98	0.82±0.05	1.60±0.46	3.15±0.43
M2		15.13±2.66	11.20±1.35	0.75±0.06	2.00±0.77	3.44±0.22
M3		16.03±1.64	12.78±1.40	0.80±0.05	2.39±0.48	2.99±0.42
M		14.89±2.08	11.84±1.43	0.80±0.06	1.99±0.63	3.14±0.42
CV/%		13.99	12.10	7.04	31.52	13.39

¹⁾ 同列中不同小写字母表示同一指标在不同品种间差异显著 ($P < 0.05$) Different lowercases in the same column indicate the significant ($P < 0.05$) differences between different cultivars of the same index.

²⁾ P1-P14: 南方高丛蓝莓 Southern highbush blueberry; P15-P20: 北方高丛蓝莓 Northern highbush blueberry; P21-P34: 兔眼蓝莓 Rabbit eye blueberry. M1, M2, M3: 分别为南方高丛蓝莓、北方高丛蓝莓、兔眼蓝莓的平均值 Means of southern highbush blueberry, northern highbush blueberry, and rabbit eye blueberry, respectively; M: 总平均值 Ensemble mean; CV: 变异系数 Coefficient of variation.

勒’、‘博尼塔’、‘沃农’、‘杰兔’和‘南方之星’的纵径(均大于13 mm)较大;34个蓝莓品种的果形指数为0.66~0.94,其中,‘蓝雨’的果形指数最大,‘乡铃’次之(0.90),说明这2个品种的果实较圆;34个蓝莓品种的单果质量为1.02~3.40 g,其中,‘钱德勒’的单果质量最大,‘巨蓝’次之(3.05 g);34个蓝莓品种的果实硬度为2.15~3.79 kg·cm⁻²,其中,‘梯芙蓝’的硬度最大,‘沃农’次之(3.76 kg·cm⁻²)。对3种类群蓝莓果实表型性状的比较结果显示:横径、纵径和单果质量由大到小依次为兔眼蓝莓、北方高丛蓝莓、南方高丛蓝莓,果形指数由大到小依次为南方高丛蓝莓、兔眼蓝莓、北方高丛蓝莓,果实硬度由大到小依次为北方高丛蓝莓、南方高丛蓝莓、兔眼蓝莓,说明南京地区种植的3种类群蓝莓在表型上存在差异,总体上兔眼蓝莓果实较大、硬度较低,南方高丛蓝莓果实较小、果形较圆,北方高丛蓝莓果实硬度较高,果形较扁。从5个表型性状的变异系数来看,单果质量的变

异系数(31.52%)最大,果形指数的变异系数(7.04%)最小,其余3个表型性状的变异系数在12%~14%之间。

2.2 不同品种蓝莓果实营养成分分析

34个蓝莓品种的果实营养成分分析结果见表2。结果显示:34个蓝莓品种的可溶性固形物含量为11.05%~15.90%,其中,‘粉蓝’的可溶性固形物含量最高,‘阳光’、‘园蓝’和‘中植2号’的可溶性固形物含量(均高于15%)较高;34个蓝莓品种的总酸含量为0.27%~1.46%,其中,‘布里吉塔’的总酸含量最高,除‘瑞卡’外,北方高丛蓝莓其余5个品种的总酸含量(均高于1%)较高,‘杰兔’的总酸含量最低,‘粉蓝’和‘乡铃’的总酸含量(均为0.28%)较低;34个蓝莓品种的固酸比为9.79~54.74,其中,‘粉蓝’的固酸比最高,‘杰兔’的固酸比(53.63)较高;34个蓝莓品种的总花色苷含量为0.68~2.49 mg·g⁻¹,其中,‘园蓝’的总花色苷含量最高;34个蓝莓品种的总多

表2 34个蓝莓品种果实的营养成分比较 ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾
 Table 2 Comparison on nutritional components of fruits of 34 *Vaccinium* spp. cultivars ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

编号 ²⁾ No. ²⁾	品种 Cultivar	可溶性固形物含量/% Soluble solid content	总酸含量/% Total acids content	固酸比 Solid-acid ratio	总花色苷含量/(mg·g ⁻¹) Total anthocyanins content	总多酚含量/(mg·g ⁻¹) Total polyphenols content
P1	夏普蓝 Sharpblue	14.00±0.00f	0.52±0.01n	26.79±0.75k	1.16±0.09efghijk	1.86±0.21jklmnopqr
P2	阳光 Sunshine	15.60±0.28ab	0.69±0.03ij	22.51±0.87o	1.39±0.11bedef	2.05±0.14ghijkl
P3	玉蓝 Magnolia	13.90±0.00fg	0.84±0.04f	16.45±0.70r	1.42±0.09bede	1.72±0.14mnopqrs
P4	蓝雨 Bluerain	14.65±0.07de	0.70±0.01hi	20.74±0.58q	1.50±0.00bed	2.00±0.04hijklm
P5	安娜 Anna	14.00±0.00f	0.59±0.00m	23.55±0.19n	0.94±0.04jklmno	1.94±0.08hijklmnop
P6	比洛克西 Biloxi	14.80±0.14d	0.52±0.02n	28.13±0.74j	1.96±0.01a	2.23±0.09cdefgh
P7	薄雾 Misty	12.90±0.28lmn	0.35±0.00q	36.68±0.68f	1.18±0.03efghij	2.44±0.08bcd
P8	南方之星 Star	13.50±0.14ij	0.63±0.02kl	21.90±0.23op	1.24±0.04defghi	1.73±0.14mnopqrs
P9	中植1号 Zhongzhi 1	11.05±0.07r	0.45±0.02o	24.68±0.16lm	1.08±0.00ghijkl	1.97±0.10hijklmno
P10	寨选4号 Zhaixuan 4	12.80±0.07mn	0.78±0.00g	16.31±0.30r	1.19±0.04efghij	2.33±0.14cdefg
P11	中植2号 Zhongzhi 2	15.20±0.28c	0.44±0.01o	33.34±0.62h	1.13±0.07fghijk	1.66±0.03pqrs
P12	寨选7号 Zhaixuan 7	13.15±0.07kl	0.46±0.00o	28.53±0.15j	1.42±0.23bede	2.13±0.16efghij
P13	中植3号 Zhongzhi 3	13.05±0.21klm	0.51±0.00n	25.42±0.41l	1.98±0.02a	2.40±0.12bede
P14	中植4号 Zhongzhi 4	12.10±0.14p	0.71±0.01hi	16.88±0.19r	1.48±0.00bcd	1.77±0.17lmnopqrs
P15	钱德勒 Chandler	11.88±0.07pq	1.05±0.03d	11.02±0.07st	0.68±0.04op	1.17±0.15t
P16	莱克西 Legacy	12.45±0.07o	1.19±0.03c	10.19±0.06tu	0.95±0.04jklmn	1.92±0.11ijklmnop
P17	瑞卡 Reka	13.55±0.21hij	0.65±0.02jk	21.26±0.33pq	1.02±0.07hijklm	1.67±0.00opqrs
P18	达柔 Darrow	13.50±0.21hij	1.23±0.00b	10.94±0.17st	0.91±0.10jklmno	1.61±0.02qrs
P19	泽西 Jersey	11.75±0.07q	1.00±0.01e	11.61±0.07s	0.82±0.07lmnop	1.77±0.05lmnopqrs
P20	布里吉塔 Brigitta	14.35±0.07e	1.46±0.00a	9.79±0.05u	0.79±0.07mnop	1.05±0.04t
P21	粉蓝 Powderblue	15.90±0.14a	0.28±0.00r	54.74±0.49a	0.97±0.06ijklmn	1.58±0.05rs
P22	园蓝 Gardenblue	15.35±0.21bc	0.42±0.00op	35.68±0.49g	2.49±0.06a	3.49±0.01a
P23	梯芙蓝 Tifblue	13.05±0.07klm	0.54±0.00n	24.11±0.11mn	1.36±0.13bedef	2.21±0.32defghi
P24	灿烂 Brightwell	13.25±0.21jk	0.32±0.02q	42.06±0.67d	1.68±0.01p	2.63±0.08b
P25	顶峰 Climax	13.65±0.07ghi	0.43±0.02op	30.04±0.16i	1.25±0.09defgh	1.70±0.16nopqrs
P26	杰兔 Premier	13.85±0.07fgh	0.27±0.02r	53.63±0.27b	1.61±0.01b	2.51±0.07bc
P27	乌达德 Woodard	11.55±0.07q	0.72±0.00h	15.81±0.10r	1.18±0.18efghij	1.81±0.08klmnopqr
P28	巴尔德温 Baldwin	12.45±0.07o	0.60±0.00lm	20.49±0.11q	0.73±0.01nop	1.89±0.10jklmnopq
P29	巨蓝 Prolific	12.95±0.07klm	0.36±0.00q	35.09±0.19g	1.00±0.14hijklm	2.30±0.08cdefg
P30	布莱特蓝 Briteblue	12.85±0.21lmn	0.58±0.02m	21.45±0.35pq	1.12±0.12fghijk	2.00±0.25hijklmn
P31	沃农 Vernon	13.60±0.14ghi	0.40±0.01p	33.86±0.35h	1.32±0.09cdefg	2.10±0.08fghijk
P32	昂丝萝 Onslow	14.40±0.28e	0.33±0.03q	40.44±0.79e	1.13±0.08fghijk	1.90±0.08jklmnopq
P33	乡铃 Homebell	13.25±0.07jk	0.28±0.01r	48.11±0.26c	1.55±0.20bc	2.36±0.09bedef
P34	博尼塔 Bonita	12.60±0.00no	0.33±0.01q	36.96±0.00f	0.90±0.02klmno	1.50±0.10s
M1		13.62±1.24	0.59±0.14	24.43±6.06	1.36±0.30	2.02±0.26
M2		12.92±1.06	1.10±0.27	12.47±4.36	0.86±0.12	1.53±0.34
M3		13.47±1.14	0.43±0.14	35.17±12.07	1.32±0.44	2.14±0.52
M		13.44±1.16	0.61±0.29	26.74±12.02	1.25±0.38	1.99±0.44
CV/%		8.64	47.91	44.93	30.75	22.38

¹⁾ 同列中不同小写字母表示同一指标在不同品种间差异显著 ($P < 0.05$) Different lowercases in the same column indicate the significant ($P < 0.05$) differences between different cultivars of the same index.

²⁾ P1-P14: 南方高丛蓝莓 Southern highbush blueberry; P15-P20: 北方高丛蓝莓 Northern highbush blueberry; P21-P34: 兔眼蓝莓 Rabbit eye blueberry. M1, M2, M3: 分别为南方高丛蓝莓、北方高丛蓝莓、兔眼蓝莓的平均值 Means of southern highbush blueberry, northern highbush blueberry, and rabbit eye blueberry, respectively; M: 总平均值 Ensemble mean; CV: 变异系数 Coefficient of variation.

酚含量为 1.05~3.49 mg·g⁻¹, 其中, ‘园蓝’的总多酚含量最高。对 3 种类群蓝莓果实营养成分的比较结果显示, 可溶性固形物含量和总花色苷含量由高到低依次为南方高丛蓝莓、兔眼蓝莓、北方高丛蓝莓, 总酸含量由高到低依次为北方高丛蓝莓、南方高丛蓝莓、兔眼蓝莓, 固酸比和总多酚含量由高到低均依次

为兔眼蓝莓、南方高丛蓝莓、北方高丛蓝莓。可见, 南京地区种植的南方高丛蓝莓果实的可溶性固形物和总花色苷含量较高, 营养成分较佳; 北方高丛蓝莓果实的可溶性固形物含量较低, 总酸含量较高, 总花色苷和总多酚含量也较低; 兔眼蓝莓果实的固酸比和总多酚含量较高。从 5 个营养成分的变异系数来看, 总

酸含量的变异系数(47.91%)最大,可溶性固形物含量的变异系数(8.64%)最小,其余3个营养成分指标的变异系数均在20%以上。

2.3 不同品种蓝莓果实的感官评定

34个蓝莓品种的感官评定结果见表3。由结果可见:34个蓝莓品种果实的外观评分为6.0~8.4,香味评分为5.0~7.3,甜度评分为4.1~7.2,酸度评分为2.8~6.7,口感评分为5.2~7.5。外观评分最高的品种为‘灿烂’和‘杰兔’,其次为‘钱德勒’(8.2);香味评分最高的品种为‘玉蓝’;甜度评分最高的品种为‘安娜’,其次为‘南方之星’(7.0);酸度评分最高的品种为‘布里吉塔’,最低的品种为‘安娜’,‘南方之星’的酸度评分(3.5)较低;口感评分最高的品种为‘玉蓝’和‘蓝雨’。对3种类群蓝莓果实感官评分的比

较结果显示:外观评分由高到低依次为兔眼蓝莓、北方高丛蓝莓、南方高丛蓝莓,香味和甜度评分由高到低均依次为南方高丛蓝莓、兔眼蓝莓、北方高丛蓝莓,酸度评分由高到低依次为北方高丛蓝莓、兔眼蓝莓、南方高丛蓝莓,口感评分由高到低依次为南方高丛蓝莓、北方高丛蓝莓、兔眼蓝莓,可见,南京地区种植的南方高丛蓝莓果实虽然外观评分较低,但甜度较高、酸度较低、口感较好、香味较突出;北方高丛蓝莓果实的外观和口感中等,甜度较低、酸度较高;兔眼蓝莓果实的外观较佳,酸度和甜度中等,口感略差。从5个感官评定指标评分的变异系数来看,酸度评分的变异系数(19.06%)最大,口感评分的变异系数(7.97%)最小,其余3个感官评定指标评分的变异系数均在10%左右。

表3 34个蓝莓品种果实的感官评定结果($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 3 Sensory evaluation result of fruits of 34 *Vaccinium* spp. cultivars ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

编号 ²⁾ No. ²⁾	品种 Cultivar	外观评分 Appearance score	香味评分 Fragrance score	甜度评分 Sweetness score	酸度评分 Acidity score	口感评分 Taste score
P1	夏普蓝 Sharpblue	6.6±1.2cdefg	5.6±1.8ab	5.6±1.8abcde	5.0±1.4abcdeefghi	6.2±1.5abcd
P2	阳光 Sunshine	6.6±1.4cdefg	5.0±1.1b	4.7±1.7de	6.1±1.7abcde	6.2±1.3abcd
P3	玉蓝 Magnolia	7.8±0.7abc	7.3±1.2a	6.3±1.5abcd	4.7±1.9abcdeefghi	7.5±1.0ab
P4	蓝雨 Bluerain	6.3±1.3defg	6.2±1.4ab	6.4±1.8abcd	4.2±1.9cdefghij	7.5±0.6a
P5	安娜 Anna	6.7±1.2bcde	5.8±1.7ab	7.2±1.6a	2.8±1.2j	6.8±1.3abc
P6	比洛克西 Biloxi	6.6±1.2cdefg	5.8±1.0ab	6.0±1.8abcd	5.3±1.6abcdeefgh	6.6±1.3abcd
P7	薄雾 Misty	8.1±1.2abc	6.6±1.9ab	6.6±1.8abc	3.8±1.3ghij	7.0±1.3abc
P8	南方之星 Star	7.0±1.4abcd	6.1±1.2ab	7.0±1.4ab	3.5±1.8hij	7.1±1.3abc
P9	中植1号 Zhongzhi 1	7.1±1.5abcd	5.0±1.8b	5.3±1.7abcde	4.5±1.9bcdeefghij	6.0±1.5abcd
P10	寨选4号 Zhaixuan 4	6.7±1.4cdef	5.4±1.7ab	4.8±2.3cde	5.8±1.5abcde	5.5±1.5cd
P11	中植2号 Zhongzhi 2	6.0±1.4defg	5.8±1.4ab	6.3±1.3abcd	4.2±1.6cdefghij	6.2±1.6abcd
P12	寨选7号 Zhaixuan 7	7.1±1.5abcd	5.5±1.6ab	5.9±1.5abcde	4.6±1.9abcdeefghij	6.4±1.3abcd
P13	中植3号 Zhongzhi 3	6.9±1.4abcd	5.4±1.4ab	6.4±1.4abcd	4.0±1.6efghij	6.5±1.5abcd
P14	中植4号 Zhongzhi 4	7.3±1.2abcd	5.6±1.6ab	5.2±1.8abcde	5.5±1.7abcdeefg	6.0±1.3abcd
P15	钱德勒 Chandler	8.2±1.3ab	6.1±1.8ab	6.0±1.4abcd	5.3±2.0abcdeefgh	6.9±1.3abc
P16	莱克西 Legacy	7.8±1.0abc	5.2±1.6ab	6.1±1.2abcd	4.1±1.5defghij	6.7±1.0abcd
P17	瑞卡 Reka	6.0±1.3defg	6.0±1.4ab	6.6±1.7abcd	4.6±2.2abcdeefghi	6.6±1.3abcd
P18	达柔 Darrow	7.4±0.8abcd	5.5±1.7ab	5.1±1.9bcde	5.2±2.1abcdeefgh	6.2±1.2abcd
P19	泽西 Jersey	7.0±1.3abcd	5.1±1.9b	5.9±1.5abcde	4.1±2.0defghij	6.3±1.6abcd
P20	布里吉塔 Brigitta	7.2±1.4abcd	5.1±1.6b	4.1±1.8e	6.7±1.6a	5.6±1.4cd
P21	粉蓝 Powderblue	6.8±1.2bcde	5.1±2.0b	5.2±1.9bcde	6.5±1.6ab	6.2±1.2abcd
P22	园蓝 Gardenblue	6.1±1.5defg	6.5±1.4ab	4.9±1.7cde	5.6±1.6abcdeefg	5.2±1.3d
P23	梯芙蓝 Tifblue	7.3±1.2abcd	5.4±1.7ab	5.6±1.5abcde	5.0±1.6abcdeefghi	6.4±1.5abcd
P24	灿烂 Brightwell	8.4±0.9a	5.8±2.0ab	6.6±1.6abc	3.9±1.3fghij	6.7±1.9abcd
P25	顶峰 Climax	7.3±1.1abcd	5.7±1.7ab	6.1±1.5abcd	4.7±1.4abcdeefghi	6.5±1.5abcd
P26	杰兔 Premier	8.4±1.0a	5.6±1.7ab	6.4±1.5abcd	3.9±1.6fghij	6.4±1.8abcd
P27	乌达德 Woodard	7.1±1.2abcd	5.2±1.8ab	4.7±1.7de	6.2±1.5abcd	6.0±1.3abcd
P28	巴尔德温 Baldwin	7.1±1.4abcd	5.2±2.1ab	4.5±1.9de	6.3±1.9abc	6.0±1.3bcd
P29	巨蓝 Prolific	7.8±0.9abc	5.5±2.1ab	5.9±1.6abcde	4.5±1.8abcdeefghij	6.5±1.3abcd
P30	布莱特蓝 Briteblue	7.7±1.0abc	5.3±1.6ab	5.0±1.4bcde	5.8±1.9abcdeef	6.3±1.2abcd
P31	沃农 Vernon	7.6±1.3abc	5.4±1.6ab	5.1±1.8bcde	5.5±2.0abcdeefg	5.7±1.6cd
P32	昂丝萝 Onslow	7.7±0.9abc	5.6±1.9ab	5.7±1.6abcde	4.3±1.6cdefghij	6.4±1.5abcd
P33	乡铃 Homebell	6.2±1.1defg	5.0±1.6b	5.4±1.5abcde	4.3±1.7cdefghij	5.6±1.4cd

续表3 Table 3 (Continued)

编号 ²⁾ No. ²⁾	品种 Cultivar	外观评分 Appearance score	香味评分 Fragrance score	甜度评分 Sweetness score	酸度评分 Acidity score	口感评分 Taste score
P34	博尼塔 Bonita	8.2±1.0ab	6.0±1.6ab	6.0±1.8abcd	4.2±1.7defghij	6.3±1.3abcd
M1		7.0±0.6	5.8±0.6	6.0±0.6	4.6±0.9	6.6±0.6
M2		7.3±0.8	5.5±0.4	5.6±0.8	5.0±1.0	6.5±0.5
M3		7.5±0.7	5.6±0.4	5.7±0.6	4.8±0.9	6.2±0.4
M		7.2±0.7	5.7±0.5	5.8±0.7	4.7±0.9	6.4±0.5
CV/%		9.50	8.92	11.68	19.06	7.97

¹⁾ 同列中不同小写字母表示同一指标在不同品种间差异显著 ($P < 0.05$) Different lowercases in the same column indicate the significant ($P < 0.05$) differences between different cultivars of the same index.

²⁾ P1-P14: 南方高丛蓝莓 Southern highbush blueberry; P15-P20: 北方高丛蓝莓 Northern highbush blueberry; P21-P34: 兔眼蓝莓 Rabbit eye blueberry. M1, M2, M3: 分别为南方高丛蓝莓、北方高丛蓝莓、兔眼蓝莓的平均值 Means of southern highbush blueberry, northern highbush blueberry, and rabbit eye blueberry, respectively; M: 总平均值 Ensemble mean; CV: 变异系数 Coefficient of variation.

2.4 蓝莓果实品质的主成分分析和综合得分

主成分分析结果(表4)表明:前5个主成分的特征值均大于1,累计贡献率为83.989%,说明供试34个蓝莓果实品质的大部分信息可以用这5个主成分提取。第1主成分贡献率为26.605%,主要由横径、单果质量、果形指数、外观评分、总花色苷含量和总多酚含量决定,其特征向量分别为0.778、0.706、-0.672、0.638、-0.626、-0.612;第2主成分贡献率为24.528%,

主要由固酸比、纵径、甜度评分、总酸含量和酸度评分决定,其特征向量分别为0.718、0.705、0.681、-0.663、-0.600;第3主成分贡献率为15.565%,主要由口感评分和香味评分决定,其特征向量分别为0.811和0.597;第4主成分贡献率为9.873%,主要由总花色苷含量和硬度决定,其特征向量分别为0.590和0.577;第5主成分贡献率为7.418%,主要由可溶性固形物含量决定,其特征向量为0.766。

表4 蓝莓果实品质指标的主成分分析

Table 4 Principal component analysis on indexes of fruit quality of *Vaccinium* spp.

主成分 Principal component	各指标的特征向量 ¹⁾					Eigenvector of each index ¹⁾				
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
1	0.778	0.511	-0.672	0.706	0.336	-0.437	0.481	-0.363	-0.626	-0.612
2	0.555	0.705	0.086	0.590	-0.038	0.108	-0.663	0.718	0.229	0.281
3	-0.190	-0.284	-0.053	-0.238	0.444	-0.050	0.418	-0.502	-0.133	-0.240
4	0.120	-0.137	-0.492	0.139	0.577	0.379	0.125	-0.043	0.590	0.454
5	0.095	0.114	0.016	0.065	-0.027	0.766	0.037	0.170	-0.189	-0.465

主成分 Principal component	各指标的特征向量 ¹⁾					特征值 Eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	累计贡献率/% Cumulative contribution rate
	C1	C2	C3	C4	C5			
1	0.638	-0.213	-0.365	0.385	0.085	3.991	26.605	26.605
2	0.519	0.392	0.681	-0.600	0.416	3.679	24.528	51.133
3	0.073	0.597	0.498	-0.435	0.811	2.335	15.565	66.698
4	0.020	0.212	-0.089	0.264	-0.125	1.481	9.873	76.571
5	-0.354	0.084	0.120	0.249	0.093	1.113	7.418	83.989

¹⁾ A1: 横径 Transverse diameter; A2: 纵径 Vertical diameter; A3: 果形指数 Shape index; A4: 单果质量 Single fruit mass; A5: 硬度 Hardness; B1: 可溶性固形物含量 Soluble solid content; B2: 总酸含量 Total acids content; B3: 固酸比 Solid-acid ratio; B4: 总花色苷含量 Total anthocyanins content; B5: 总多酚含量 Total polyphenols content; C1: 外观评分 Appearance score; C2: 香味评分 Fragrance score; C3: 甜度评分 Sweetness score; C4: 酸度评分 Acidity score; C5: 口感评分 Taste score.

由各蓝莓品种果实品质的综合得分(表5)可见:在第1主成分得分中‘钱德勒’得分(5.140)最高,在第2主成分得分中‘灿烂’得分(4.032)最高,在第3主成分得分中‘玉蓝’得分(2.312)最高,在第4主成分得分中‘园蓝’得分(3.361)最高,在第5主成分得分中‘粉蓝’得分(3.289)最高。综合得分排名前6

的品种为‘钱德勒’(3.564)‘南方之星’(2.033)‘灿烂’(1.766)‘巨蓝’(1.516)‘玉蓝’(1.457)‘杰兔’(1.388);综合得分最低的品种为‘寨选4号’(-2.157)。

2.5 不同品种蓝莓基于果实品质的聚类分析

根据主成分分析结果对34个蓝莓品种进行聚类

表5 34个蓝莓品种果实品质综合得分及排名

Table 5 Comprehensive scores and rankings of fruit quality of 34 *Vaccinium* spp. cultivars

编号 ¹⁾ No. ¹⁾	品种 Cultivar	主成分得分 Score of principal component					综合得分 Comprehensive score	排名 Ranking
		1	2	3	4	5		
P1	夏普蓝 Sharpblue	-1.517	-1.157	-0.079	-0.839	0.626	-1.488	28
P2	阳光 Sunshine	-0.912	-2.052	-0.127	1.602	1.403	-1.018	24
P3	玉蓝 Magnolia	0.157	0.863	2.312	0.784	0.395	1.457	5
P4	蓝雨 Bluerain	-3.383	-1.160	1.302	-0.694	0.614	-2.032	33
P5	安娜 Anna	-2.416	-0.100	1.795	-1.609	0.156	-1.081	25
P6	比洛克西 Biloxi	-1.350	-0.247	0.064	2.227	0.570	-0.299	20
P7	薄雾 Misty	-0.476	2.327	0.966	0.421	-1.001	1.136	9
P8	南方之星 Star	0.934	1.756	1.469	0.607	0.507	2.033	2
P9	中植1号 Zhongzhi 1	-0.633	-1.280	-0.358	-1.839	-1.805	-1.726	30
P10	寨选4号 Zhaixuan 4	-0.956	-3.017	-0.120	0.105	-0.867	-2.157	34
P11	中植2号 Zhongzhi 2	-2.441	-0.351	-0.058	-1.478	1.999	-1.501	29
P12	寨选7号 Zhaixuan 7	-1.620	-0.609	-0.059	-0.456	-0.607	-1.374	27
P13	中植3号 Zhongzhi 3	-1.020	0.620	0.243	1.431	-1.069	-0.039	18
P14	中植4号 Zhongzhi 4	0.457	-1.137	-0.314	-0.515	-0.800	-0.640	22
P15	钱德勒 Chandler	5.140	0.703	1.218	0.282	0.066	3.564	1
P16	莱克西 Legacy	1.143	-1.533	1.717	-0.149	-1.209	0.185	17
P17	瑞卡 Reka	-1.675	-1.724	1.552	-0.531	0.767	-1.258	26
P18	达柔 Darrow	2.807	-2.177	1.041	1.348	0.252	1.065	10
P19	泽西 Jersey	0.418	-2.017	1.209	-1.445	-1.143	-0.854	23
P20	布里吉塔 Brigitta	3.563	-3.722	0.004	0.710	1.741	0.475	14
P21	粉蓝 Powderblue	0.679	2.182	-2.245	-0.403	3.289	1.153	8
P22	园蓝 Gardenblue	-4.619	0.185	-0.194	3.361	-0.416	-1.846	31
P23	梯芙蓝 Tifblue	0.679	0.268	-0.110	0.948	-0.624	0.559	13
P24	灿烂 Brightwell	0.284	4.032	-1.026	0.427	-0.990	1.766	3
P25	顶峰 Climax	0.847	1.189	-0.535	-0.265	0.626	0.918	12
P26	杰兔 Premier	-0.123	3.904	-1.418	0.286	-0.618	1.388	6
P27	乌达德 Woodard	1.707	-1.808	-1.056	-0.475	-0.930	-0.545	21
P28	巴尔德温 Baldwin	2.457	-0.465	-2.000	-1.196	0.187	0.250	16
P29	巨蓝 Prolific	1.409	1.732	-0.383	0.690	-0.784	1.516	4
P30	布莱特蓝 Briteblue	1.261	-0.848	-0.947	0.006	-0.620	-0.132	19
P31	沃农 Vernon	1.150	0.985	-1.015	0.940	-0.068	0.965	11
P32	昂丝萝 Onslow	-0.451	1.519	-0.450	-0.619	0.530	0.325	15
P33	乡铃 Homebell	-2.638	0.912	-1.985	-1.692	-0.119	-1.948	32
P34	博尼塔 Bonita	1.136	2.228	-0.415	-1.969	-0.060	1.184	7

¹⁾ P1-P14: 南方高丛蓝莓 Southern highbush blueberry; P15-P20: 北方高丛蓝莓 Northern highbush blueberry; P21-P34: 兔眼蓝莓 Rabbit eye blueberry.

分析,并根据分组结果计算每组各指标的均值,结果分别见图1和表6。结果显示:34份蓝莓品种可分为5组。I组仅包含‘钱德勒’1个品种,结合表1至表3的结果可见:其果实大,横径和单果质量均最大,硬度较高;果实总酸含量较高,但总花色苷含量最低,可溶性固形物含量、固酸比和总多酚含量均较低;果实外观、酸度和口感评分均较高。II组包含‘南方之星’、‘灿烂’、‘玉蓝’、‘巨蓝’、‘杰兔’等11个品种,其果实较大,横径、纵径和单果质量仅次于I组;果实固酸比最高,可溶性固形物含量和总多酚含量较高;

果实外观、香味和口感评分均较高,且酸度评分最低、甜度评分最高。III组包含‘中植3号’、‘布莱特蓝’、‘比洛克西’、‘莱克西’等8个品种,IV组包含‘安娜’、‘中植4号’等5个品种,III组和IV组的各项指标整体处于中等水平,但III组的甜度评分最低、IV组的香味评分最低。V组包含‘园蓝’、‘中植1号’、‘蓝雨’等9个品种,其果实小,横径、纵径、单果质量和硬度最小,但果形指数最大,果实较圆;果实可溶性固形物含量、总花色苷含量和总多酚含量均最高;果实外观评分最低,其余感官评分中等。

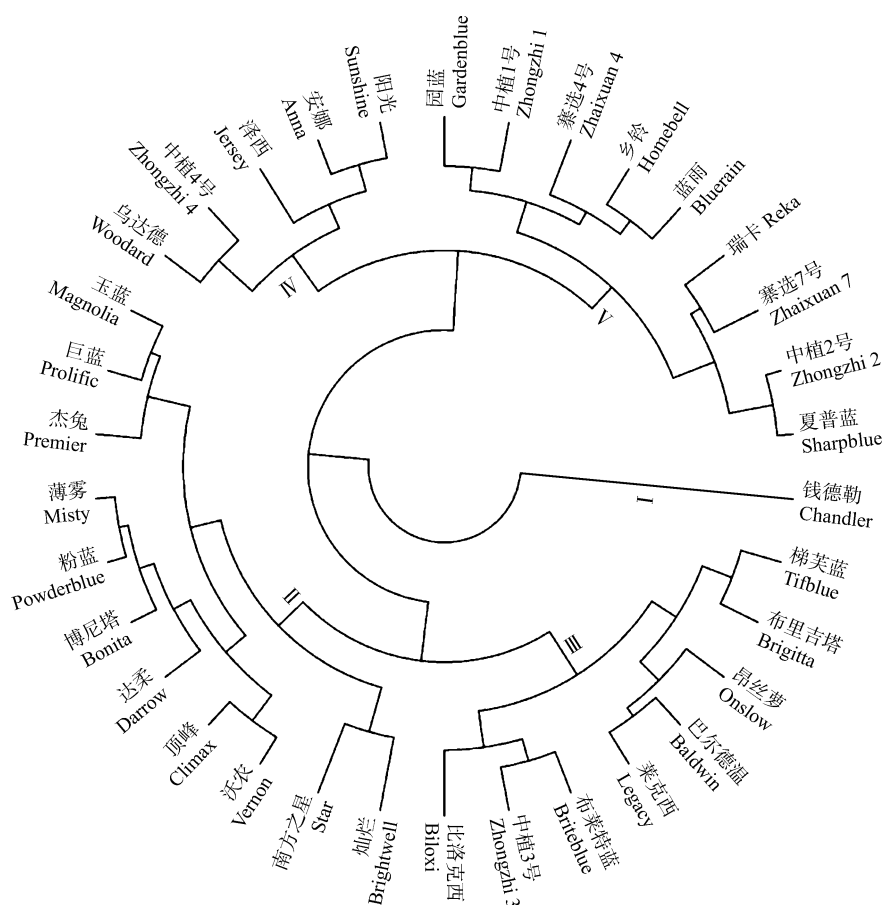


图 1 基于果实品质综合得分的 34 个蓝莓品种的聚类结果
Fig. 1 Cluster result of 34 *Vaccinium* spp. cultivars based on comprehensive score of fruit quality

表 6 不同组别蓝莓果实品质指标的均值

Table 6 Means of variation of indexes of fruit quality of different groups of *Vaccinium* spp.

组别 Group	各指标的均值 ¹⁾ Mean of each index ¹⁾														
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
I	19.51	13.74	0.70	3.40	3.69	11.85	1.05	11.02	67.85	1.18	8.26	6.11	6.03	5.24	6.97
II	16.67	13.00	0.78	2.51	3.23	13.60	0.50	33.85	122.72	1.99	7.76	5.90	6.17	4.38	6.60
III	15.25	11.90	0.78	2.11	3.29	13.43	0.72	22.50	125.34	1.95	7.34	5.41	5.48	5.11	6.38
IV	13.78	11.07	0.81	1.56	3.07	13.00	0.75	18.07	116.10	1.87	6.99	5.40	5.68	4.93	6.30
V	12.50	10.60	0.85	1.36	2.86	13.67	0.53	28.39	139.38	2.17	6.49	5.70	5.81	4.67	6.17

¹⁾ A1: 横径 Transverse diameter (mm); A2: 纵径 Vertical diameter (mm); A3: 果形指数 Fruit shape index; A4: 单果质量 Single fruit mass (g); A5: 硬度 Hardness ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$); B1: 可溶性固形物含量 Soluble solid content (%); B2: 总酸含量 Total acids content (%); B3: 固酸比 Solid-acid ratio; B4: 总花色苷含量 Total anthocyanins content ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$); B5: 总多酚含量 Total polyphenols content ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$); C1: 外观评分 Appearance score; C2: 香味评分 Fragrance score; C3: 甜度评分 Sweetness score; C4: 酸度评分 Acidity score; C5: 口感评分 Taste score.

3 讨论和结论

本研究结果表明:34 个蓝莓品种总酸含量的变异系数最高,达 47.91%,可见酸度在蓝莓品种间具有较广泛的多样性。在消费市场,人们倾向于首选酸度

较低的果实,这与消费者对其他浆果的喜好较为一致^[19-20]。果实酸甜度最直观的指标是固酸比,一般情况下固酸比在 15 以下口感较酸,16~20 口感酸甜,21 及以上口感较甜^[21]。从 34 个蓝莓品种果实固酸比来看,23 个蓝莓品种果实固酸比均在 21 以上,果实口感均较甜。近年来,花色苷含量高的产品更受消

费者青睐,供试的34个蓝莓品种中花色苷含量最高的品种为‘园蓝’,其次为‘中植3号’。

感官评定发现,除了酸度和甜度外,外观也是评定蓝莓果实的一个重要指标^[22]。果实外观评分与果实大小、色泽、均匀度和饱满度密切相关,其中果实大小由单果质量、横径和纵径体现,而色泽和均匀度涉及蓝莓果实表面特有的一层白粉,即蜡状物^[23-24],起到防止水分流失和病菌侵染等作用^[25]。本研究外观评分最高的5个品种‘灿烂’、‘杰兔’、‘钱德勒’、‘博尼塔’、‘薄雾’中,除‘钱德勒’外,其余4个品种的果实均具有一层明显且均匀的白粉。

有些蓝莓品种果实具有特殊的香味,如‘玉蓝’的蜜桃香、‘达柔’的松香等,这可能与成熟蓝莓果实中含有松油醇、桉油醇和芳樟醇等成分有关^[26],但是果香味的强弱和有无会受到种植环境和采收成熟度等的影响,香味评分还会受到评价者敏感程度的影响,因此在蓝莓鲜食品质评价时果实香味仅作为参考指标。另一个受种植环境、采收成熟度以及水分散失程度影响较大的指标是果实硬度^[27-28],该指标是影响果实口感和贮运特性的一个重要指标^[29],硬度较高的果实具有脆弹、有嚼劲的口感,同时具有较好的耐贮性。本研究发现,供试的34个蓝莓品种果实硬度均大于 $2.0 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$,果实口感评分均值在5个感官指标中较高,仅次于外观评分。

蓝莓品种繁多,目前江苏省中国科学院植物研究所蓝莓种质资源圃保存有蓝莓品种(系)百余个,主要为兔眼蓝莓和南方高丛蓝莓,因为南京处于中国长江中下游地区,南方高丛蓝莓和兔眼蓝莓需冷量低^[30],多数适合在南京生长,而北方高丛蓝莓在南京适应性较差。果实品质的形成是遗传特性及对当地气候环境适应性的综合表现。综合考虑各果实品质指标,本研究从供试的34个蓝莓品种中筛选出7个综合品质较优的品种,即‘钱德勒’、‘南方之星’、‘灿烂’、‘巨蓝’、‘玉蓝’、‘杰兔’和‘粉蓝’,推荐将这7个品种果实用于鲜食;同时,筛选出1个总花色苷含量和总多酚含量最高的品种——‘园蓝’,该品种可用于蓝莓产品加工。

参考文献:

- [1] SHI J Y, XIAO Y H, JIA C L, et al. Physiological and biochemical changes during fruit maturation and ripening in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) [J]. Food Chemistry, 2023, 410: 135299.
- [2] 程绍南, 陈华江. 我国蓝莓生产快速发展的现状及其展望[J]. 中国果业信息, 2022, 39(2): 15-17.
- [3] DUAN Y M, TARAFDAR A, CHAURASIA D, et al. Blueberry fruit valorization and valuable constituents: a review [J]. International Journal of Food Microbiology, 2022, 381: 109890.
- [4] MUÑOZ-FARIÑA O, LÓPEZ-CASANOVA V, GARCÍA-FIGUEROA O, et al. Bioaccessibility of phenolic compounds in fresh and dehydrated blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) [J]. Food Chemistry Advances, 2023, 2: 100171.
- [5] HERRERA-BALANDRANO D D, WANG J, CHAI Z, et al. Impact of *in vitro* gastrointestinal digestion on rabbiteye blueberry anthocyanins and their absorption efficiency in Caco-2 cells [J]. Food Bioscience, 2023, 52: 102424.
- [6] SIVAPRAGASAM N, NEELAKANDAN N, RUPASINGHE H P V. Potential health benefits of fermented blueberry: a review of current scientific evidence [J]. Trends in Food Science and Technology, 2023, 132: 103-120.
- [7] 张晓晓, 黄午阳, 於虹, 等. 不同种植地区蓝莓果中花色苷的分布[J]. 中国食品学报, 2022, 22(10): 314-324.
- [8] 赵慧芳, 闫连飞, 姚蓓, 等. 蓝莓‘寨选’品系在南京地区的生长与结实表现[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 62(3): 163-168.
- [9] 姜惠铁, 高继鑫, 冯中磊. 鲜食蓝莓质量安全控制体系[J]. 现代农业科技, 2019(12): 219-220.
- [10] 吴文龙, 赵慧芳, 方亮, 等. 南京地区蓝莓品种(系)果实品质分析与评价[J]. 经济林研究, 2013, 31(4): 87-92.
- [11] BAI Y H, FANG Y L, ZHANG B H, et al. Model robustness in estimation of blueberry SSC using NIRS [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2022, 198: 107073.
- [12] XU F X, LIU S Y, LIU Y F, et al. Effect of mechanical vibration on postharvest quality and volatile compounds of blueberry fruit [J]. Food Chemistry, 2021, 349: 129216.
- [13] GUEVARA-TERAN M K, PADILLA-ARIAS A, BELTRAN-NOVOA, et al. Influence of altitudes and development stages on the chemical composition, antioxidant, and antimicrobial capacity of the wild andean blueberry (*Vaccinium floribundum* Kunth) [J]. Molecules, 2022, 27(31): 7525.
- [14] 赵慧芳, 吴文龙, 闫连飞, 等. 钱德勒等4个北高丛蓝莓品种在南京地区的引种表现[J]. 中国南方果树, 2021, 50(6): 105-110, 115.
- [15] NOUR V. Quality characteristics, anthocyanin stability and antioxidant activity of apple (*Malus domestica*) and black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) juice blends [J]. Plants, 2022, 11: 2027.
- [16] PUTSAKUM G, TZIMA K, TIWARI B K, et al. Effects of thermosonication on ascorbic acid, polyphenols and antioxidant activity in blackberry juice [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2023, 58(5): 2304-2311.

- 保护区地面生地衣群落物种分布特征[J]. 广西植物, 2014, 34(3): 326-332, 289.
- [27] 艾尼瓦尔·吐米尔, 阿地力江·阿不都拉, 阿不都拉·阿巴斯. 乌鲁木齐南部山区地生地衣群落分布格局[J]. 生物多样性, 2011, 19(5): 574-580.
- [28] 姜安如, 牛翠娟. 基础生态学实验指导[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2014: 85-86.
- [29] 阿不都拉·阿巴斯, 吴继农. 新疆地衣[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1998: 1-15.
- [30] 郭水良, 于晶, 陈国奇. 生态学数据分析: 方法、程序与软件[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 103-108.
- [31] 欧光龙, 彭明春, 和兆荣, 等. 高黎贡山北段植物群落 TWINSpan 数量分类研究[J]. 云南植物研究, 2008, 30(6): 679-687.
- [32] 贾晓妮, 程积民, 万惠娥. DCA、CCA 和 DCCA 三种排序方法在中国草地植被群落中的应用现状[J]. 中国农学通报, 2007, 23(12): 391-395.
- [33] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法[M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990: 147-192.
- [34] 张金屯. 数量生态学[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2011.
- [35] PONZETTI J M, MCCUNE B P. Biotic soil crusts of Oregon's shrub steppe: community composition in relation to soil chemistry, climate, and livestock activity [J]. The Bryologist, 2001, 104(2): 212-225.
- [36] PETERSSON L, LARIVIERE D, HOLMSTRÖM, et al. Conifer tree species and age as drivers of epiphytic lichen communities in northern European production forests [J]. The Lichenologist, 2022, 54: 213-225.
- [37] KOŠUTHOVÁ A D, SVITKOVÁ I, PIŠŮT I, et al. The impact of forest management on changes in composition of terricolous lichens in dry acidophilous Scots pine forests [J]. The Lichenologist, 2013, 45: 413-425.

(责任编辑: 佟金凤)

(上接第 53 页 Continued from page 53)

- [17] BARKAOUI S, MANKAI M, MILOUD N B, et al. E-beam irradiation of strawberries: investigation of microbiological, physicochemical, sensory acceptance properties and bioactive content[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2021, 73: 102769.
- [18] BARKAOUI S, MANKAI M, MILOUD N B, et al. Effect of gamma radiation coupled to refrigeration on antioxidant capacity, sensory properties and shelf life of strawberries [J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 150: 112088.
- [19] LOHITNAVY N, BASTIAN S, COLLINS C. Berry sensory attributes correlate with compositional changes under different viticultural management of Semillon (*Vitis vinifera* L.) [J]. Food Quality and Preference, 2010, 21: 711-719.
- [20] WENDIN K, EGAN P A, OLSSON V, et al. Is there a best woodland strawberry? A consumer survey of preferred sensory properties and cultivation characteristics [J]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2019, 16: 100151.
- [21] AGREDANO-DE LA GARZA C S, BALOIS-MORALES R, BERUMEN-VARELA G, et al. Physicochemical characterization and dietary fiber of 15 Nance (*Byrsonima crassifolia* L.) fruits selections from Nayarit [J]. Scientia Horticulturae, 2021, 289: 110460.
- [22] 许文静, 陈昌琳, 邓莎, 等. 基于主成分分析和聚类分析的蓝莓品质综合评价[J]. 食品工业科技, 2022, 43(13): 311-319.
- [23] CHU W J, GAO H Y, CHEN H J, et al. Changes in cuticular wax composition of two blueberry cultivars during fruit ripening and postharvest cold storage [J]. Journal Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(11): 2870-2876.
- [24] JIANG B, LIU R L, FANG X J, et al. Effects of salicylic acid treatment on fruit components and wax composition of blueberry (*Vaccinium virgatum* Ait) [J]. Food Chemistry, 2022, 368: 130757.
- [25] CHU W J, GAO H Y, CHEN H J, et al. Effects of cuticular wax on the postharvest quality of blueberry fruit [J]. Food Chemistry, 2018, 239: 68-74.
- [26] QIAN Y P L, ZHOU Q, MAGANA A A, et al. Comparative study of volatile composition of major Northern Highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2022, 110: 104538.
- [27] RIVERA S, KERCKHOFFS H, SOFKOVA-BOBCEVA S, et al. Influence of harvest maturity and storage technology on mechanical properties of blueberries [J]. Postharvest Biology and Technology, 2022, 191: 111961.
- [28] MOGGIA C, LOBOS G A. Why measuring blueberry firmness at harvest is not enough to estimate postharvest softening after long term storage? A review [J]. Postharvest Biology and Technology, 2023, 198: 112230.
- [29] GIONGO L, AJELLI M, POTTORFF M, et al. Comparative multi-parameters approach to dissect texture subcomponents of highbush blueberry cultivars at harvest and postharvest [J]. Postharvest Biology and Technology, 2022, 183: 111696.
- [30] SATER H, FERRÃO L F V, OLMSTEAD J, et al. Exploring environmental and storage factors affecting sensory, physical and chemical attributes of six southern highbush blueberry cultivars [J]. Scientia Horticulturae, 2021, 289: 110468.

(责任编辑: 吴蕊夷)