

越橘品质指标评价

张佳, 聂继云, 张惠, 李静, 李也

(中国农业科学院果树研究所/农业农村部果品质量安全风险评估实验室(兴城)/农业农村部果品及苗木质量监督检验测试中心(兴城),
辽宁兴城 125100)

摘要:【目的】探讨越橘品质指标间的相互关系,构建和完善越橘品质性状的综合评价体系,为合理评价越橘品质提供理论参考。【方法】以92份越橘果实为材料,测定单果重、果形指数、果实硬度、维生素C含量、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、固酸比7项品质指标,运用相关分析揭示指标间的相互关系,运用正态分布理论进行品质指标概率分级,利用因子分析确定越橘品质评价指标,运用层次分析确立评价指标的权重并建立指标评分标准。【结果】越橘品质指标间离散程度差异很大,其变异系数分别为67.12%(固酸比)、45.46%(可滴定酸含量)、35.28%(单果重)、23.48%(维生素C含量)、18.23%(可溶性固形物含量)、18.05%(果实硬度)和6.05%(果形指数)。可滴定酸含量和维生素C含量均服从正态分布,概率值 P 均大于0.05,果形指数、果实硬度和可溶性固形物含量去掉个别极端值后,也服从正态分布,单果重的概率值 P 为0.0494,接近0.05,视为符合正态分布,固酸比呈偏态分布。可滴定酸含量和固酸比之间呈极显著的负相关,相关系数为-0.81742,二者间存在极显著的幂函数变化趋势,决定系数 R^2 为0.9005。筛选出4项越橘品质代表性指标,包括可溶性固形物含量(甜味指标)、可滴定酸含量(酸味指标)、维生素C含量(营养指标)和果实硬度(质地指标),4项代表性指标划分为5个等级,即极低、低、中、高和极高。建立4项代表性指标评分标准,将92份越橘果实划分为3个等级,即优等、中等和差等。【结论】越橘品质代表性指标包括可溶性固形物含量、可滴定酸含量、维生素C含量和果实硬度,建立的4项品质指标评分标准可用于越橘品质的科学评价与分类。

关键词: 越橘; 品质评价; 概率分级; 指标评分标准

Evaluation Indexes for Blueberry Quality

ZHANG Jia, NIE JiYun, ZHANG Hui, LI Jing, LI Ye

(Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Fruit
(Xingcheng), Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Supervision and Test Center of Fruit and Nursery
Stock Quality (Xingcheng), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Xingcheng 125100, Liaoning)

Abstract: 【Objective】 The aim of this study was to explore the relationship among the indexes of blueberry quality and to establish their scientific grading standards, so as to provide a theoretical reference for reasonable evaluation of blueberry quality. 【Method】 Seven indexes (fruit weight, fruit firmness, titratable acidity, total soluble solid, total soluble solid/titratable acidity, fruit shape and vitamin C) of samples were determined, and the relationship among indexes were probed with correlation and regression analysis. Indexes were graded by probability grading, and typical indexes were identified by principal component analysis and systematic cluster analysis. The weight of indicator scores was identified by analytic hierarchy process. 【Result】 The dispersion degree varied greatly among blueberry quality indexes with the variable coefficient of 67.12% (total soluble solid/titratable), 45.46% (titratable acidity), 35.28% (fruit weight), 23.48% (vitamin C), 18.23% (total soluble solid), 18.05% (fruit firmness), and 6.05% (fruit shape). Both titratable acidity and vitamin C distributed normally, with probability values above 0.05. The distribution of fruit weight

收稿日期: 2019-01-29; 接受日期: 2019-03-30

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP-2018-RIP-07)

联系方式: 张佳, E-mail: zhangjia208@126.com. 通信作者聂继云, Tel: 0429-3598178; E-mail: jiyunnie@163.com

could be considered as normal with the probability value of 0.0494 (close to 0.05). If some extreme values were removed, other three indexes (fruit shape, fruit firmness, and total soluble solid) also distributed normally. Titratable acidity had a significant negative correlation with total soluble solid/titratable acidity, with correlation coefficient of -0.81742. Total soluble solid/titratable acidity had a significant power function concerning titratable acidity, and the coefficient of determination was 0.9005. From the evaluated seven indexes, four indexes (titratable acidity, total soluble solid, vitamin C and fruit firmness) were screened as evaluation indexes of blueberry quality, which represented sour index, sweet index, nutritional index and texture index respectively. These four indexes could be divided into 5 grades (lower, low, medium, high, and higher) with normal distribution, and the scoring standards of them were also established. By using these four selected indexes, blueberries from different regions were divided into three groups, including superior, medium and inferior. 【Conclusion】Blueberry quality could be evaluated by 4 indexes, including total soluble solid, titratable acidity, vitamin C and fruit firmness. The established scoring standards of four indexes could be effective in evaluation and classification of blueberry quality.

Key words: blueberry; quality evaluation; probability grading; indicator scoring standard

0 引言

【研究意义】越橘 (*Vaccinium* L.) 营养丰富, 含有花青苷、黄酮类等多种具有抗氧化生理活性的物质, 被世界粮农组织推荐为五大健康水果之一, 有“浆果之王”的美誉^[1]。越橘在中国自 2000 年产业化生产以来, 经过十余年的快速发展, 至 2017 年, 种植面积达 $5.59 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 产量 $1.543 \times 10^5 \text{ t}$ ^[2]。越橘生产以鲜果生产为主。随着越橘产量的增加和消费水平的提高, 市场对越橘品质的要求越来越高。大果、外观好、好吃、耐储运成为越橘鲜果生产的主要目标。品质指标是越橘品质评价的依据, 开展越橘品质指标研究, 建立科学的品质指标分级标准, 确立代表性品质指标, 将为越橘生产和流通中品质评价、品种和产区选择奠定基础。【前人研究进展】目前越橘品质研究主要集中在两个方面, 一是不同品系^[3-6]、不同地区^[7]和不同成熟度^[8-9]的品质差异性, 二是不同主栽品种的加工^[10]、贮藏^[11]适应性。刘丙花等^[4]对 22 个不同品种的越橘果实品质进行分析与比较, 筛选出综合评价蓝莓品质的 5 项核心指标, 并建立了蓝莓鲜食和加工特性评价模型。谢国芳等^[7]对越橘感官、理化、营养等指标进行差异性分析, 发现产地对贵州主栽越橘品种的品质有一定影响, 但相比品种而言, 影响相对较小。谢跃杰等^[8]针对 4 个代表性越橘品种研究了成熟度对感官品质、功效成分和抗氧化活性的影响, 筛选出‘安娜’和‘巴尔德温’为最佳的加工和提取活性成分用栽培品种。主成分分析^[11-12]、聚类分析^[13-15]和层次分析法^[16]已成为果品品质评价研究的重要手段。苹果^[15]、枣^[17]、榛子^[18]、杏^[19]等研究表明, 对符合正态分布的样本进行概率分级, 分级效果较为理想。【本研究切入点】目前越橘品质研究涉及的品种和地区较

少, 指标间关系缺乏深入探讨, 指标分级研究尚未见报道。本研究以 92 份不同地区采集的越橘果实样品为试材, 对单果重、果形指数、硬度、可滴定酸含量、可溶性固性物含量、维生素 C 含量、固酸比 7 项指标进行系统研究, 运用相关分析、因子分析、层次分析法、正态分布理论等数理统计方法, 建立越橘品质评价体系, 并探索不同地区越橘品质的差异。【拟解决的关键问题】明确越橘主要品质指标, 建立分级评价标准, 为越橘品质评价提供理论参考。

1 材料与方法

试验于 2018 年在中国农业科学院果树研究所进行。

1.1 试验材料

从不同越橘产区共采集 92 份越橘果实样品作为试材 (山东地区 30 份、江苏地区 8 份、辽宁地区 37 份、吉林地区 17 份), 品种名称和编号见表 1。果实在商品成熟期采摘, 同一果园同一品种为 1 个样品, 随机选取 10 株树, 摘取约 500 g 果实。越橘果实品质测定于采样当日或次日在中国农业科学院果树研究所进行, 每个样品设 2 次重复。

1.2 主要仪器

PL602-L 型电子天平 (METTLER TOLEDO 公司, Switzerland)、PR-101 α 型数显式全糖仪 (ATAGO 公司, Japan)、808 Titrando 全自动电位滴定仪 (Metrohm 公司, Switzerland)、FT-7 型水果硬度无损检测仪器 (北京阳光亿事达科技有限公司, China)、Milli-Q Direct 8 实验室纯水系统 (Millipore 公司, USA)、IP67 型数显卡尺 (Sylvac 公司, Switzerland)。

1.3 试验方法

单果重用 PL602-L 型电子天平测定。果形指数用

表 1 样品一览表

Table 1 The list of samples

编号 No.	品种 Cultivar	来源 Region	品种群 Varieties	编号 No.	品种 Cultivar	来源 Region	品种群 Varieties
1	密斯蒂 Misty	青岛 Qingdao	南高丛 Southern highbush	47	托柔 Turo	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
2	蓝丰 Bluecrop	青岛 Qingdao	北高丛 Northern highbush	48	奥尼尔 O'Neal	营口 Yingkou	南高丛 Southern highbush
3	北陆 Northland	青岛 Qingdao	半高丛 Half-high	49	蓝金 Bluegold	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
4	都克 Duke	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	50	日升 Sunrise	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
5	蓝天 Bluehaven	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	51	布里吉塔 Brigitta	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
6	哈迪蓝 Hardyblue	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	52	达柔 Darrow	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
7	普鲁 Puru	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	53	康维尔 Coville	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
8	瑞卡 Reka	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	54	早蓝 Earliblue	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
9	艾玛蓝 Amblue	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	55	北卫 Patriot	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
10	博吉塔蓝 Briteblue	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	56	奴依 Nui	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
11	奥林匹亚 Olimpia	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	57	喜莱 Serria	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
12	早蓝 Earliblue	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	58	晚蓝 Lateblue	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
13	蓝丰 Bluecrop	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	59	达柔 Darrow	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
14	蓝乐 Bluejay	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	60	埃利奥特 Elliott	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush
15	久比力 Jubilee	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	61	蓝丰 Bluecrop	丹东 Dandong	北高丛 Northern highbush
16	蓝筹 Bluechip	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	62	都克 Duke	丹东 Dandong	北高丛 Northern highbush
17	博尼法西 Bonifacy	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	63	奥林匹亚 Olimpia	丹东 Dandong	北高丛 Northern highbush
18	日升 Sunrise	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	64	钱德勒 Chandler	丹东 Dandong	北高丛 Northern highbush
19	北陆 Northland	威海 Weihai	半高丛 Half-high	65	瑞卡 Reka	丹东 Dandong	北高丛 Northern highbush
20	蓝金 Bluegold	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	66	泽西 Jersey	丹东 Dandong	北高丛 Northern highbush
21	奥尼尔 O'Neal	威海 Weihai	南高丛 Southern highbush	67	普鲁 Puru	丹东 Dandong	北高丛 Northern highbush
22	密斯蒂 Misty	威海 Weihai	南高丛 Southern highbush	68	布里吉塔 Brigitta	丹东 Dandong	北高丛 Northern highbush
23	北卫 Patriot	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	69	伯克利 Berkeley	丹东 Dandong	北高丛 Northern highbush
24	双丰 Sweetheart	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	70	达柔 Darrow	丹东 Dandong	北高丛 Northern highbush
25	康维尔 Coville	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	71	赫伯特 Herberd	丹东 Dandong	北高丛 Northern highbush
26	斯巴坦 Spartan	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	72	北村 Northcountry	丹东 Dandong	半高丛 Half-high
27	蓝塔 Bluetta	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	73	蓝金 Bluegold	大连 Dalian	北高丛 Northern highbush
28	晚蓝 Lateblue	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	74	伯克利 Berkeley	大连 Dalian	北高丛 Northern highbush
29	埃利奥特 Elliott	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	75	北陆 Northland	大连 Dalian	半高丛 Half-high
30	泽西 Jersey	威海 Weihai	北高丛 Northern highbush	76	普特 Putte	长春 Changchun	矮丛 Lowbush
31	都克 Duke	连云港 Lianyungang	北高丛 Northern highbush	77	蓝金 Bluegold	长春 Changchun	北高丛 Northern highbush
32	达柔 Darrow	连云港 Lianyungang	北高丛 Northern highbush	78	奥若拉 Aurora	长春 Changchun	北高丛 Northern highbush
33	双丰 Sweetheart	连云港 Lianyungang	北高丛 Northern highbush	79	都克 Duke	长春 Changchun	北高丛 Northern highbush
34	北陆 Northland	连云港 Lianyungang	半高丛 Half-high	80	AF4	长春 Changchun	北高丛 Northern highbush
35	奥尼尔 O'Neal	连云港 Lianyungang	南高丛 Southern highbush	81	HL11	长春 Changchun	北高丛 Northern highbush
36	布里吉塔 Brigitta	连云港 Lianyungang	北高丛 Northern highbush	82	伯克利 Berkeley	长春 Changchun	北高丛 Northern highbush
37	蓝丰 Bluecrop	连云港 Lianyungang	北高丛 Northern highbush	83	种植者 Grower	长春 Changchun	北高丛 Northern highbush
38	瑞卡 Reka	连云港 Lianyungang	北高丛 Northern highbush	84	雷戈西 Legacy	长春 Changchun	北高丛 Northern highbush
39	泽西 Jersey	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush	85	AF1	长春 Changchun	北高丛 Northern highbush
40	伯克利 Berkeley	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush	86	蓝丰 Bluecrop	通化 Tonghua	北高丛 Northern highbush
41	齐佩瓦 Chippewa	营口 Yingkou	半高丛 Half-high	87	蓝金 Bluegold	通化 Tonghua	北高丛 Northern highbush
42	北陆 Northland	营口 Yingkou	半高丛 Half-high	88	北蓝 Northblue	通化 Tonghua	半高丛 Half-high
43	斯巴坦 Spartan	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush	89	北陆 Northland	通化 Tonghua	北高丛 Northern highbush
44	黑珍珠 Blackpearl	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush	90	都克 Duke	通化 Tonghua	北高丛 Northern highbush
45	蓝丰 Bluecrop	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush	91	伯克利 Berkeley	通化 Tonghua	北高丛 Northern highbush
46	瑞卡 Reka	营口 Yingkou	北高丛 Northern highbush	92	埃利奥特 Elliott	通化 Tonghua	北高丛 Northern highbush

IP67 型数显卡尺测量, 果形指数用果实纵径与果实横径的比值表示。果实硬度用 FT-7 型水果硬度无损检测仪器测定。可溶性固形物含量用 PR-101 α 型数显式全糖仪测定。可滴定酸含量用指示剂滴定法测定^[20]。维生素 C 含量用 2, 6-二氯酚酚滴定法测定^[20]。固酸比用可溶性固形物与可滴定酸含量的比值表示。

1.4 统计分析

数据的基本统计量、相关分析、正态分布检验、因子分析等用 SAS 9.4 软件完成。正态分布检验采用 K-S (Kolmogorov-Smirnov) 检验, $P \geq 0.05$ 即判定符合正态分布。采用 Origin 9.0 软件对正态分布检验和聚类结果作图。

表 2 7 项品质指标的变异情况
Table 2 Variation of seven quality indexes

指标 Index	变幅 Range	平均数 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 CV (%)
单果重 Fruit weight (g)	0.68—5.21	1.99	0.70	35.28
果实硬度 Fruit firmness (g·mm ⁻¹)	73.7—200.1	148.4	26.78	18.05
果形指数 Fruit shape	0.65—0.88	0.73	0.04	6.05
维生素 C 含量 Vitamin C (mg/100 g)	6.6—18.9	10.9	2.56	23.48
可溶性固形物含量 Total soluble solid (%)	8.3—20	12.4	2.26	18.23
可滴定酸含量 Titratable acidity (%)	0.15—1.54	0.7	0.34	45.46
固酸比 Total soluble solid/Titratable acidity	6.7—89.5	22.1	14.81	67.12

围最小, 在 0.65—0.88, 变异系数仅为 6.05%, 说明越橘间果形指数差异较小。

2.1.2 主要品质指标分布规律 对各指标进行 K-S 正态分布检验, $P \geq 0.05$ 即判定符合正态分布^[14], 结果见图 1。7 项指标中可滴定酸含量和维生素 C 含量的 P 值分别为 0.1225 和大于 0.15, 符合正态分布。可溶性固形物含量去掉 2 个极端值和果形指数去掉 3 个极端值后 P 值均大于 0.15, 符合正态分布。硬度去掉 4 个极端值后, P 值为 0.0667, 符合正态分布。单果重去掉 4 个极端值后, P 值为 0.0494, 与 0.05 极为接近, 视为符合正态分布; 固酸比 P 值小于 0.01, 不符合正态分布。

2.1.3 越橘品质指标相关性分析 如表 3 所示, 单果重与果形指数、维生素 C 含量、可溶性固形物含量间均呈极显著 ($\alpha=0.01$) 的负相关, 即越橘维生素 C 含量、可溶性固形物含量和果形指数随单果重的升高而降低。维生素 C 含量与可溶性固形物和固酸比均呈极显著的正相关, 即越橘可溶性固形物和固酸比随维生

2 结果

2.1 越橘品质指标特征分析

2.1.1 越橘品质指标水平分析 单果重、果形指数、硬度、可滴定酸含量、可溶性固形物含量、维生素 C 含量、固酸比 7 项越橘品质指标的变幅、平均数、标准差及变异系数见表 2。从表 2 可知, 以上 7 项指标中, 固酸比变化范围最大, 在 6.7—89.5, 变异系数高达 67.12%; 其次是可滴定酸含量和单果重, 变异系数分别为 45.46%和 35.28%; 果实硬度、维生素 C 含量和可溶性固形物含量变异系数均在 18%以上, 说明样品的这些指标间差异均很大。果形指数的变化范

素 C 含量的升高而升高。可滴定酸含量与固酸比呈极显著的负相关, 相关系数达-0.8174, 表明越橘固酸比随可滴定酸含量的升高而降低。回归分析显示可滴定酸含量与固酸比之间有极显著的幂函数关系, 决定系数 (R^2) 达 0.9005 (图 2)。

2.2 越橘品质指标的筛选

7 项越橘品质指标数据经标准化处理, 采用 Quartimax 旋转法进行因子分析。结果显示, 前 4 个因子贡献率均大于 15%, 累积贡献率达 85.4%, 能够代表 7 项指标的大部分信息。因子 1 贡献率为 28.4%, 代表性指标包括可滴定酸含量和固酸比, 反映越橘的酸味特征; 因子 2 贡献率为 25.3%, 代表性指标为可溶性固形物, 反映越橘的甜味特征; 因子 3 贡献率为 16.5%, 代表性指标为维生素 C 含量, 反映越橘维生素 C 含量水平; 因子 4 贡献率为 15.2%, 代表性指标为果实硬度, 反映越橘的质地特征。

固酸比为可滴定酸与可溶性固形物含量的推导指标, 测定不够简便; 可滴定酸含量易于测定, 而且不

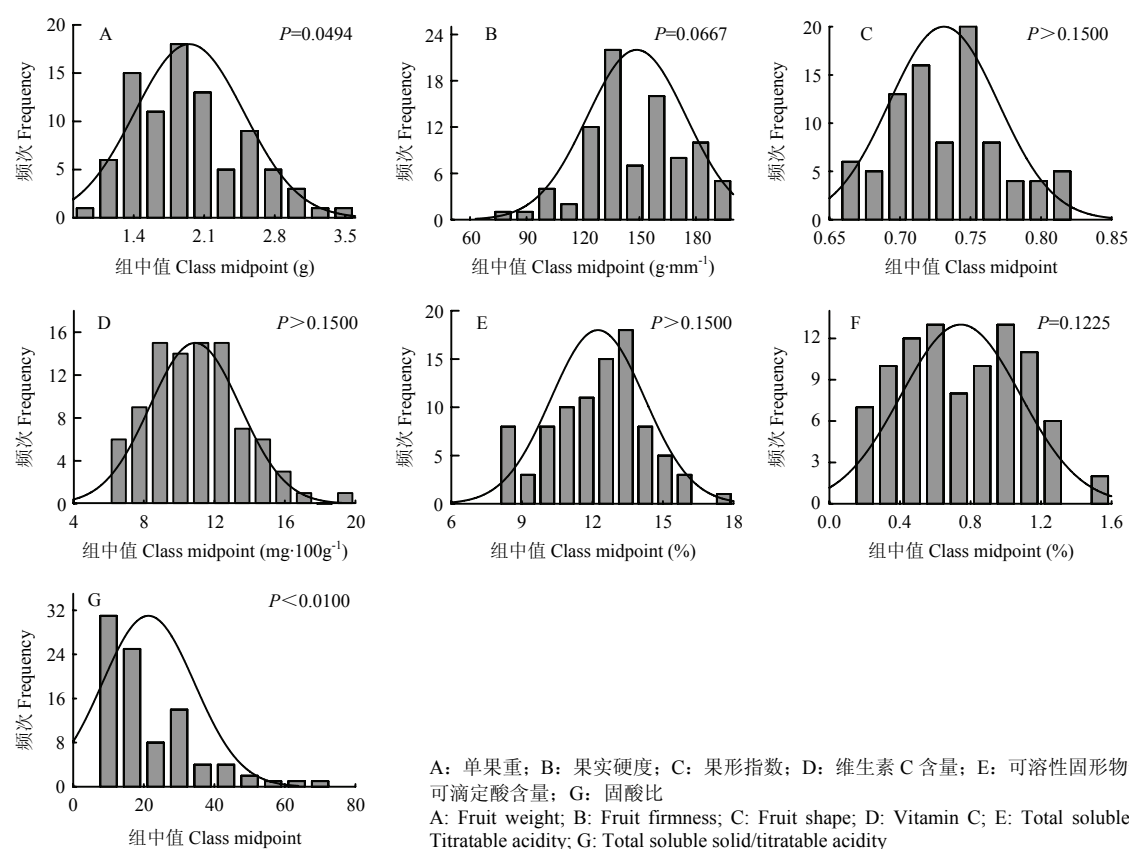


图 1 7 项品质指标频次分布图

Fig. 1 Distribution of seven quality indexes

表 3 7 项品质指标的相关系数

Table 3 Correlation coefficients of seven quality indexes

指标 Index	单果重 Fruit weight	果实硬度 Fruit firmness	果形指数 Fruit shape index	维生素 C 含量 Vitamin C	可溶性固形物含量 Total soluble solid	可滴定酸含量 Titratable acidity
果实硬度 Fruit firmness	0.0890					
果形指数 Fruit shape index	-0.6044**	0.0443				
维生素 C 含量 Vitamin C	-0.4590**	0.2394	0.2824			
可溶性固形物含量 Total soluble solid	-0.4100**	0.1609	0.0441	0.4588**		
可滴定酸含量 Titratable acidity	0.3439	0.0971	-0.4427**	-0.3919	-0.1052	
固酸比 Total soluble solid/titratable acidity	-0.3443	-0.0099	0.4210**	0.4784**	0.2846	-0.8174**

**表示极显著 ($P<0.01$)

**Correlation is highly significant at $P<0.01$

是导出指标,具有准确和简便的特点^[15]。可滴定酸含量与固酸比高度相关,相关系数为-0.81742(表3),且二者在因子分析中归为一类性状(表5和图3)。因此,对其进行简化,即可滴定酸含量和固酸比留一个。在因子分析中可滴定酸含量权重略大于固酸比,故选择可滴定酸含量定义为酸味指

标。因此,越橘的代表性品质指标由可滴定酸含量(酸味指标)、可溶性固形物含量(甜味指标)、维生素 C 含量(营养指标)、果实硬度(质地指标)4 项构成。

2.3 越橘品质指标分级标准

符合正态分布的指标可进行概率分级^[15,17]。筛选

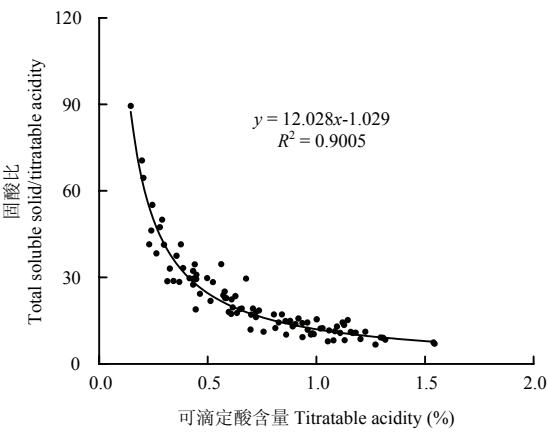


图 2 固酸比与可滴定酸含量之间的幂函数回归曲线

Fig. 2 Power functions between total soluble solid/titratable acidity with titratable acidity

表 4 7 项品质指标因子分析结果

Table 4 Principal component analysis of seven quality indexes

指标 Index	因子权重 Component weight			
	因子 1 Component 1	因子 2 Component 2	因子 3 Component 3	因子 4 Component 4
单果重 Fruit weight	-0.072	0.583	0.694	-0.264
果实硬度 Fruit firmness	-0.104	-0.180	-0.024	-0.949
果形指数 Fruit shape index	0.325	-0.054	-0.187	-0.081
维生素 C 含量 Vitamin C	0.369	-0.669	-0.872	-0.247
可溶性固形物 Total soluble solid	0.080	-0.860	0.173	-0.137
可滴定酸含量 Titratable acidity	-0.934	0.063	0.186	-0.067
固酸比 Total soluble solid/ titratable acidity	0.824	-0.254	-0.075	0.059
贡献率 Variance contribution	28.4%	25.3%	16.5%	15.2%
累积贡献率 Percent of variance	28.4%	53.7%	70.2%	85.4%

表 5 4 项品质指标的分级结果

Table 5 Grading of four quality indexes

指标 Index	样本量 Sample size	等级 Grade	极低 Lower	低 Low	中 Medium	高 High	极高 Higher
果实硬度 Fruit firmness	88	标准 Standard (g·mm ⁻¹)	<114.8	114.8—134.7	134.8—162.4	162.5—182.3	>182.3
		分布 Distribution (%)	8	24	36	18	14
维生素 C 含量 Vitamin C	92	标准 Standard (mg/100 g)	<7.6	7.6—9.5	9.6—12.2	12.3—14.2	>14.2
		分布 Distribution (%)	8	28	34	18	12
可溶性固形物含量 Total soluble solid	90	标准 Standard (%)	<9.7	9.7—11.2	11.3—13.3	13.4—14.8	>14.8
		分布 Distribution (%)	12	19	39	22	8
可滴定酸含量 Titratable acidity	92	标准 Standard (%)	<0.31	0.31—0.57	0.58—0.92	0.93—1.18	>1.18
		分布 Distribution (%)	11	23	32	26	9

出的 4 项品质指标均符合正态分布，分为极低、低、中、高和极高 5 级（表 4）。从分布比例来看，处于中级的越橘样本数量最多，平均达 35.25%。可溶性固形物含量处于中级的样品数最多，其次是果实硬度，可滴定酸含量处于中级的样品最少。低级和高级的样品分别占总数的 23.5%和 21%，其中维生素 C 含量处于低级的样品数最高（26 份），可滴定酸含量处于高级的样品数最高（24 份），其余指标处于这两级的样品均少于 21 份。属于极低和极高的样本数均较少，仅分别为 9.75%和 10.75%，其中可溶性固形物处于极低的样品数最高（11 份），果实硬度处于极高的样品数最高（12 份）。

2.4 越橘品质指标评分标准的建立

根据因子分析中各指标的贡献程度并结合生产实践，构建越橘主要品质指标的判别矩阵（表 6）。

判断矩阵的 CR 值为 0.0039，小于 0.1，说明判别矩阵中各成分相互关系比较一致，可接受层次分析最终排序结果^[21]，可溶性固形物含量、可滴定酸含量、维生素 C 含量和果实硬度的权重分别为 31.23%、31.23%、29.13%和 8.41%，即可滴定酸含量和可溶性固形物含量对越橘综合品质贡献最大，其次是维生素 C 含量，果实硬度对越橘品质影响相对较小。将层次分析确定的指标权重乘以 100 作为该指标的分值，各品质指标满分值的 1/5 作为级差^[21]，结合指标分级结果，以确定各级得分，4 项指标满分总和为 100 分。可溶性固形物含量、维生素 C 含量和果实硬度为正向指标，以最高等级的得分为满分，即 31.23、29.13 和 8.41，其前各等级得分依次递减。可滴定酸含量为负向指标，以最低等级得分为满分，即 31.23，其后各等级得分依次递减。各等级得分见表 7。

2.5 越橘品质综合评价

利用品质指标得分对越橘样品进行 K-均值聚类分析，将 92 份参试越橘样品分为 3 大类。其品质依次分为优、中、差，各类样品的指标分布情况见表 8 和表 9。根据分类结果，以可溶性固形物含量为 x 轴，可滴定酸含量为 y 轴绘制成平面图（图 3），除个别样品外，本研究建立的评价方法可将 3 种品质的越橘区分开，效果较为明显。从结果可知，优等越橘果实硬度较大，维生素 C 含量和可溶性固形物含量高，可

滴定酸含量中等，口味大多偏甜，品质上乘。中等越橘果实偏软，维生素 C 含量和可溶性固形物含量中等，可滴定酸含量相对较低，口味大多酸甜。差等越橘果实硬度中等，维生素 C 含量和可溶性固形物含量低，可滴定酸含量高，口感大多偏酸。92 份越橘样品评价等级见表 9。‘早蓝’‘日升’‘斯巴坦’‘北卫’等品种表现较为突出，均为优等；‘都克’‘密斯蒂’‘北陆’‘奥尼尔’‘达柔’‘北蓝’等品种则多为中等；‘瑞卡’‘普鲁’‘蓝金’‘布里吉塔’等品种表现一般，多为差等。

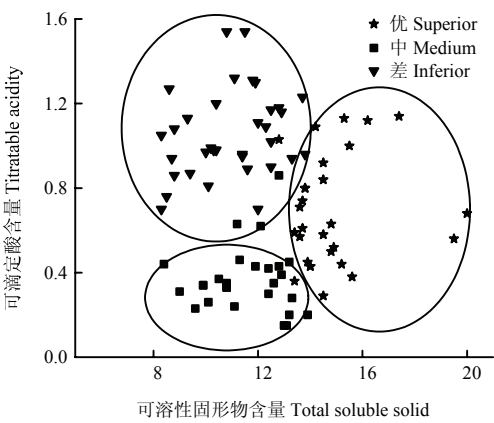


图 3 92 份越橘样品聚类结果
Fig. 3 Cluster results of 92 samples

表 6 越橘品质指标判别矩阵
Table 6 Discriminant matrix of quality index

指标 Index	果实硬度 Fruit firmness	维生素 C 含量 Vitamin C	可溶性固形物含量 Total soluble solid	可滴定酸含量 Titratable acidity	指标权重 Index weight (%)
果实硬度 Fruit firmness	1	1/3	1/4	1/4	8.41
维生素 C 含量 Vitamin C	3	1	1	1	29.13
可溶性固形物含量 Total soluble solid	4	1	1	1	31.23
可滴定酸含量 Titratable acidity	4	1	1	1	31.23

表 7 4 项品质指标评分标准
Table 7 Scores of five quality indexes

指标 Index	指标值 Index value	得分 Score	指标值 Index value	得分 Score	指标值 Index value	得分 Score	指标值 Index value	得分 Score	指标值 Index value	得分 Score
硬度 Fruit firmness (g·mm ⁻¹)	<114.8	1.68	114.8—134.7	3.36	134.8—162.4	5.05	162.5—182.3	6.73	>182.3	8.41
维生素 C Vitamin C (mg·100g ⁻¹)	<7.6	5.83	7.6—9.5	11.65	9.6—12.2	17.48	12.3—14.2	23.30	>14.2	29.13
可溶性固形物 Total soluble solid (%)	<9.7	6.25	9.7—11.2	12.49	11.3—13.3	18.74	13.4—14.8	24.98	>14.8	31.23
可滴定酸 Titratable acidity (%)	<0.31	31.23	0.31—0.57	24.98	0.58—0.92	18.74	0.93—1.18	12.49	>1.18	6.25

表 8 越橘样品指标聚类分布情况

Table 8 Distribution of blueberry samples

等级 Grade	样品数 Samples	果实硬度			维生素 C 含量			可溶性固形物含量			可滴定酸含量		
		Fruit firmness (g·mm ⁻¹)			Vitamin C (mg/100 g)			Total soluble solid (%)			Titratable acidity (%)		
		变幅	平均值	标准差	变幅	平均值	标准差	变幅	平均值	标准差	变幅	平均值	标准差
		Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD
优 Superior	28	121.9—196.3	153.7	20.9	9.5—18.9	12.8	2.3	12.3—20.0	14.8	1.8	0.24—1.14	0.69	0.3
中 Medium	30	73.7—200.1	145.6	32.1	7.7—15.6	11.4	2.1	8.4—13.9	11.8	1.4	0.15—0.88	0.46	0.2
差 Inferior	34	93.4—194.0	146.4	26.1	6.6—12.3	8.9	1.6	8.3—13.8	11.0	1.6	0.60—1.54	1.04	0.2

表 9 92 份越橘样品的评价等级

Table 9 Evaluation grades of 92 samples

等级 Grade	样品编号 Sample number
优 Superior	6、9、10、11、12、13、14、18、23、26、27、30、33、39、40、43、44、46、49、50、52、53、54、55、56、57、58、73
中 Medium	1、2、3、4、16、19、21、31、32、34、35、37、38、41、42、45、47、48、51、59、60、62、72、74、79、82、84、88、90、91
差 Inferior	5、7、8、15、17、20、22、24、25、28、29、36、61、63、64、65、66、67、68、69、70、71、75、76、77、78、80、81、83、85、86、87、89、92

3 讨论

生物现象的连续性变量或间断性变量大多遵从正态分布,在果树科学试验中正态分布是最常见的分布形式^[22],这一特点在苹果^[23]、桃^[24]、枣^[25]、山核桃^[26]等果树上均有体现。本研究显示,单果重、果形指数、果实硬度、维生素 C 含量、可溶性固形物含量和可滴定酸含量 6 项越橘品质指标均表现为明显的正态分布,而固酸比表现为偏态分布,这可能与长期的人工选择有关,使树种向人们期望的方向进化,处于相应性状的个体或品种增加,导致性状的分布发生变化^[13,27-28]。果实数量性状的分级是果实品质评价的关键环节。概率分级是建立在主要性状分布特征基础上的分级方法,与传统的经验分级相比,概率分级客观、标准统一,更有指导价值^[14]。概率分级已经在苹果^[15]、葡萄^[28]、核桃^[29]、杏^[30]等果树上取得了比较理想的结果,本研究以 92 份越橘样品为试材,涉及 8 个地区的 41 个品种,有足够的代表性,分级结果科学、准确,可为越橘品质指标分级研究提供理论支持。

因子分析法^[31]、聚类分析法^[32]和主成分分析法^[13]是果品评价常用的方法,主要用于解决指标间信息重叠问题^[33]。层次分析方法可以较好的解决指标相互关联的问题,在苹果^[34]、葡萄^[35]、黑莓^[36]、越橘^[4]等果品评价上有广泛的应用。但层次分析往往依赖于人们的经验,构建的判别矩阵不应带有主观臆断性,否则

会使结果可信度下降^[37]。本研究利用主成分分析和聚类分析筛选出 4 个越橘品质的代表性指标,根据指标贡献程度构建层次分析的判别矩阵,判别矩阵的一致性满足要求,确定各指标的权重值更合理、准确。聚类分析将 92 份越橘得分分为 3 类,营口地区大部分样品为优等,部分样品为中等;连云港地区绝大部分样品处于中等,少部分为优等和差等;青岛地区样品均处于中等;长春地区、丹东地区和通化地区样品均集中在中等和差等;威海地区和大连地区样品较为分散,3 个等级均有存在。从品种来看,南高丛越橘除威海地区的‘密斯蒂’、半高丛越橘除大连地区的‘北陆’及矮丛越橘长春地区的‘普特’均处于中等。北高丛越橘主要集中在优等和差等,处于中等的样品较少,其中各地区的‘早蓝’‘北卫’‘日升’等品种品质较为突出,均处于优等。由此可见,不同地区越橘品质有所差异,究其原因,与生态条件、果园管理水平等因素有关^[7,38]。

越橘品质已有较多的研究,但是少有对越橘品质指标相关性研究的报道。本研究中,维生素 C 含量和可溶性固形物含量随单果重的升高而降低,呈极显著的负相关;可滴定酸含量与固酸比均随果形指数的变化而变化,相关性均为极显著,这种相关性在草莓^[39]、无花果^[40]、梨^[41]上均有一定的体现。维生素 C 是评价果品营养品质非常重要的指标之一。越橘中维生素 C 含量随可溶性固形物含量的升高而升高,二者呈极显著的正相关,这与前人在桃^[42]、梨^[41]、猕猴桃^[43]等水

果中的研究结果相同,说明果实中糖的含量多少与维生素C合成是密切关联的。

果实的糖酸含量是反应果实风味的重要指标,水果中的可溶性固形物主要由糖构成^[44]。从参试的92份越橘样品来看,可滴定酸含量和固酸比变化范围广、变异系数大(表2),与之相比,可溶性固形物含量变异程度相对较小,这一结果与LOBOS等^[45]的研究一致,表明越橘品种间糖、酸含量有所差异。不同的糖其甜度和口感不同,果糖最甜,蔗糖次之,葡萄糖再次之,但葡萄糖口感最佳^[46-48]。不同有机酸的酸味强度也不尽相同,味觉对柠檬酸的感知先于苹果酸,且柠檬酸比苹果酸能达到更高的酸度,但其酸味持续的时间短^[49]。因此,越橘的风味并不能单纯的用甜味和酸味来衡量,今后可从越橘糖、酸组分及含量入手,进一步开展越橘风味研究。

4 结论

越橘品种间单果重、果实硬度、维生素C含量、可溶性固形物含量、可滴定酸含量和固酸比差异较大,果形指数差异较小,除固酸比外,其余指标均服从正态分布。可滴定酸含量与固酸比呈极显著的负相关,且二者之间存在极显著的幂函数变化趋势。可溶性固形物含量(甜味指标)、可滴定酸含量(酸味指标)、维生素C含量(营养指标)和果实硬度(质地指标)是越橘的代表性品质指标,4项指标均可划分为服从正态分布的5级,即极低、低、中、高和极高。

致谢: 本文部分样品由吉林农业大学小浆果种质资源圃和辽宁省果树科学研究所提供,特致谢忱!

References

- [1] 胡秋丽,辛秀兰,孙海悦,张强,陈亮,李亚东. 越橘植物化学成分研究进展. 特产研究, 2017, 39(1): 52-63.
HU Q L, XIN X L, SUN H Y, ZHANG Q, CHEN L, LI Y D. Research progresses on blueberry of phytochemical constituents. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, 2017, 39(1): 52-63. (in Chinese)
- [2] 刘庆忠,朱东姿,王甲威,公庆党,辛力. 世界越橘产业发展现状——中国篇. 落叶果树, 2018, 50(6): 1-4.
LIU Q Z, ZHU D Z, WANG J W, GONG Q S, XIN L. The status of world blueberry industry development-China. *Deciduous Fruit*, 2018, 50(6): 1-4. (in Chinese)
- [3] 郑红岩,高梦,刘建兰,刘同方,陈雁梅,于华忠. 不同品种越橘果实品质分析. 食品与发酵工业, 2013, 39(11): 245-249.
ZHENG H Y, GAO M, LIU J L, LIU T F, CHEN Y M, YU H Z. Analysis of fruit quality of different varieties of blueberries. *Food and Fermentation Industries*, 2013, 39(11): 245-249. (in Chinese)
- [4] 刘丙花,孙锐,王开芳,舒秀阁,孙蕾. 不同越橘品种果实品质比较与综合评价. 食品科学, 2019, 40(1): 70-76.
LIU B H, SUN R, WANG K F, SHU X G, SUN L. Comparison and comprehensive evaluation of quality in different blueberry varieties. *Food Science*, 2019, 40(1): 70-76. (in Chinese)
- [5] YANG W Q, HARPOLE J, FINN C E, STRIK B C. Evaluating berry firmness and total soluble solids of newly released highbush blueberry cultivars. *Acta Horticulturae*, 2009, (810): 863-868.
- [6] SAFTNER R, POLASHOCK J, EHLENFELDT M, VINYAR B. Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 49: 19-26.
- [7] 谢国芳,王艳,罗桥兰,周笑犁,刘志刚. 因子综合评价贵州不同产地越橘果实品质. 食品与发酵工业, 2018, 44(4): 248-253.
XIE G F, WANG Y, LUO Q L, ZHOU X L, LIU Z G. Comprehensive factor evaluation of blueberry quality from different regions. *Food and Fermentation Industry*, 2018, 44(4): 248-253. (in Chinese)
- [8] 谢跃杰,王仲明,王强,张忠明,熊政委,吴洪斌. 不同品种和成熟度越橘理化特性的主成分分析评价. 食品科学, 2017, 38(23): 94-99.
XIE Y J, WANG Z M, WANG Q, ZHANG Z M, XIONG Z W, WU H B. Assessment of the differences in physical, chemical and phytochemical properties of different blueberry cultivars harvested at different dates using principal component analysis. *Food Science*, 2017, 38(23): 94-99. (in Chinese)
- [9] MOGGIA C, GRAELL J, LARA I, SCHMEDA-HIRSCHMANN G, THOMAS-VALDÉS S, LOBOS G A. Fruit characteristics and cuticle triterpenes as related to postharvest quality of highbush blueberries. *Scientia Horticulturae*, 2016, 211: 449-457.
- [10] 朱诗慧,孟宪军,颜廷才,李斌,李冬男. 辽宁主栽越橘品种加工适应性的研究. 食品科学, 2014, 35(21): 79-83.
ZHU S H, MENG X J, YAN T C, LI B, LI D N. Studies on processing adaptability of main blueberry cultivars in Liaoning province. *Food Science*, 2014, 35(21): 79-83. (in Chinese)
- [11] 蔡楠,陈金印,彭旋,陈楚英. 主成分分析法对‘新余蜜橘’果实常温贮藏效果的评价. 中国果树, 2018(6): 10-13.
CAI N, CHEN J Y, PENG X, CHEN C Y. Evaluation of principle component analysis on postharvest characteristic of ‘Xinyu tangerine’ fruit during ambient temperature storage. *China Fruit*, 2018(6): 10-13.

- (in Chinese)
- [12] 李雪, 梁叶星, 许晶冰, 刘剑飞, 张雪梅, 杨世雄, 张玲, 张欢欢. 重庆地区鲜食葡萄品质综合评价. 食品与发酵工业, 2019. doi: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.019358.
- LI X, LIANG Y X, XU J B, LIU J F, ZHANG X M, YANG S X, ZHANG L, ZHANG H H. Comprehensive evaluation of fruit quality of table grape in Chongqing area. *Food and Fermentation Industries*, 2019. doi: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.019358. (in Chinese)
- [13] 郑丽静, 聂继云, 李明强, 康艳玲, 匡立学, 叶孟亮. 苹果风味评价指标的筛选研究. 中国农业科学, 2015, 48(14): 2796-2805.
- ZHENG L J, NIE J Y, LI M Q, KANG Y L, KUANG L X, YE M L. Study on screening of taste evaluation indexes for apple. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48(14): 2796-2805. (in Chinese)
- [14] 赵建华, 述小英, 李浩霞, 郑慧文, 尹跃, 安巍, 王亚军. 不同果色枸杞鲜果品质性状分析及综合评价. 中国农业科学, 2017, 50(12): 2338-2348.
- ZHAO J H, SHU X Y, LI H X, ZHENG H W, YIN Y, AN W, WANG Y J. Analysis and comprehensive evaluation of the quality of wolfberry (*Lycium* L.) fresh fruits with different fruit colors. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50(12): 2338-2348. (in Chinese)
- [15] 聂继云, 李志霞, 李海飞, 李静, 王昆, 毋永龙, 徐国锋, 闫震, 吴锡, 覃兴. 苹果理化品质评价指标研究. 中国农业科学, 2012, 45(14): 2895-2903.
- NIE J Y, LI Z X, LI H F, LI J, WANG K, WU Y L, XU G F, YAN Z, WU X, QIN X. Evaluation indices for apple physicochemical quality. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(14): 2895-2903. (in Chinese)
- [16] 苟小菊, 田由, 郭玉蓉, 杨曦, 侯燕杰, 平嘉欣, 李婷. 不同成熟期苹果品种非浓缩还原汁品质评价与分析. 中国农业科学, 2018, 51(19): 3778-3790.
- GOU X J, TIAN Y, GUO Y R R, YANG X, HOU Y J, PING J X, LI T. Analysis and evaluation on quality of NFC apple juices in different maturation period. *Scientia Agricultura Sinica*, 2018, 51(19): 3778-3790. (in Chinese)
- [17] 刘孟军. 枣树数量性状的概率分级研究. 园艺学报, 1996, 23(2): 105-109.
- LIU M J. Studies on the variation and probability grading of major quantitative characters of Chinese jujube. *Acta Horticulturae Sinica*, 1996, 23(2): 105-109. (in Chinese)
- [18] 李京璟, 梁丽松, 王贵禧, 张日清, 马庆华. 平榛种质资源坚果主要数量性状评价与分级研究. 塔里木大学学报, 2016, 28(3): 96-102.
- LI J Z, LIANG L S, WANG G Z, ZHANG R Q, MA Q H. Evaluation and probability grading of main nut quantitative traits of *Corylus heterophylla* fisch. *Journal of Tarim University*, 2016, 28(3): 96-102. (in Chinese)
- [19] 李玄, 刘玉林, 刘永红, 王媛. 杏核仁主要性状变异及概率分级. 北方园艺, 2017(24): 33-38.
- LI X, LIU Y L, LIU Y H, WANG Y. Variation and probability grading of main traits of *Armeniaca vulgaris* Lam. *Northern Horticulture*, 2017(24): 33-38. (in Chinese)
- [20] 聂继云. 果品及其制品质量安全检测·营养品质和功能成分. 北京: 中国质检出版社, 2017: 168-170.
- NIE J Y. *Determining Quality and Safety of Fruits and Derived Products-Nutritional Quality and Functional Components*. Beijing: China Quality Inspection Press, 2017: 168-170. (in Chinese)
- [21] 孙小红, 周瑾, 胡绍泉, 吕洪飞, 王国夫. 香榧籽的品质分级与综合评价. 果树学报, 2018, 35(10): 1286-1296.
- SUN X H, ZHOU J, HU S Q, LÜ H F, WANG G F. Quality-based grading system and integrated evaluation for *Torreya grandis* 'Merrilli'. *Journal of Fruit Science*, 2018, 35(10): 1286-1296. (in Chinese)
- [22] 华中农学院. 果树研究法. 北京: 农业出版社, 1979.
- Huazhong Agricultural College. *Research Methods for Fruit Tree*. Beijing: Agricultural Press, 1979. (in Chinese)
- [23] 聂继云, 李海飞, 李静, 王昆, 李志霞, 毋永龙. 基于159个品种的苹果鲜榨汁风味评价指标研究. 园艺学报, 2012, 39(10): 1999-2008.
- NIE J Y, LI H F, LI J, WANG K, LI Z X, WU Y L. Studies on taste evaluation indices for fresh apple juice based on 159 cultivars. *Acta Horticulturae Sinica*, 2012, 39(10): 1999-2008. (in Chinese)
- [24] 马之胜, 王越辉, 贾云云, 宣立锋, 王建学. 桃种质资源果实硬度评价及概率分级. 西南农业学报, 2009, 22(1): 167-169.
- MA Z S, WANG Y H, JIA Y Y, XUAN L F, WANG J X. Evaluation and probability classification of fruit hardness of peach germplasm resources. *Southwest Journal of Agricultural Science*, 2009, 22(1): 167-169. (in Chinese)
- [25] 刘平, 刘孟军, 周俊义, 毕平. 枣树数量性状的分布及其概率分级指标体系. 林业科学, 2003, 29(6): 77-82.
- LIU P, LIU M J, ZHOU J Y, BI P. Distribution and probability grading index system of quantitative character of Chinese jujube. *Scientia Silvae Sinicae*, 2003, 39(6): 77-82. (in Chinese)
- [26] 吴文龙, 李永荣, 方亮, 刘永芝, 翟敏, 李雪. 薄壳山核桃果实性状的遗传变异与相关性研究. 经济林研究, 2010, 28(3): 25-30.
- WU W L, LI Y R, FANG L, LIU Y Z, MIN M, LI X. Correlation between genetic variations of nut characters in pecan. *Nonwood Forest Research*, 2010, 28(3): 25-30. (in Chinese)

- [27] 刘青柏, 刘明国, 肖德平, 纪连军, 杨玉玲. 辽西朝阳地区酸枣种质果实主要性状特征. 林业科学, 2016, 52(4): 38-47.
- LIU Q B, LIU M G, XIAO D P, JI L J, YANG Y L. Main fruit characteristics of *Zizyphus acidojubus* germplasm resources in Chaoyang, Western Liaoning province. *Scientia Silvae Sinicae*, 2016, 52(4): 38-47. (in Chinese)
- [28] 马小河, 赵旗峰, 董志刚, 唐晓萍, 王敏, 任瑞. 鲜食葡萄品种资源果实数量性状变异及概率分级. 植物遗传资源学报, 2013, 14(6): 1185-1189.
- MA X H, ZHAO Q F, DONG Z G, TANG X P, WANG M, REN R. Variation and probability grading of main quantitative traits of table grape resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2013, 14(6): 1185-1189. (in Chinese)
- [29] 蒲光兰, 肖千文, 蔡利娟, 罗永飞, 邹雪梅. 四川核桃种质资源坚果的数量性状变异及概率分级. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2015, 41(6): 647-650.
- PU G L, XIAO Q W, CAI L J, LUO Y F, ZOU X M. Variation and probability grading of main quantitative traits of walnut (*Juglans regia* L.) germplasm resources. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences Edition)*, 2015, 41(6): 647-650. (in Chinese)
- [30] 赵海娟, 刘威生, 刘宁, 张玉萍, 章秋平, 刘硕. 普通杏种质资源果实主要数量性状变异及概率分级. 果树学报, 2013, 30(1): 37-42.
- ZHAO H J, LIU W S, LIU N, ZHANG Y P, ZHANG Q P, LIU S. Variation and probability grading of main quantitative traits of apricot (*Armeniaca vulgaris*) germplasm. *Journal of Fruit Science*, 2013, 30(1): 37-42. (in Chinese)
- [31] 朱麟, 凌建刚, 尚海涛, 陈曙颖, 崔燕, 康孟利. 因子分析法综合评价冰温结合 1-MCP 处理对‘玉露’水蜜桃贮藏品质的影响. 果树学报, 2016, 33(9): 1164-1172.
- ZHU L, LING J G, SHANG H T, CHEN S Y, CUI Y, KANG M L. Factor analysis of the effects of controlled freezing-point storage in combination with 1-MCP treatment on quality of ‘Yulu’ juicy peaches during cold storage. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33(9): 1164-1172. (in Chinese)
- [32] 倪志华, 郭娟华, 辜青青, 黄春辉, 曲雪艳, 徐小彪. 南丰蜜橘品质评价指标的聚类分析. 江西农业大学学报, 2011, 33(4): 670-673.
- NI Z H, GUO J H, GU Q Q, HUANG C H, QU X Y, XU X B. Cluster analysis of fruit quality evaluation indices of Nanfeng tangerine. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2011, 33(4): 670-673. (in Chinese)
- [33] 马庆华, 李永红, 梁丽松, 王海, 许元峰, 孙玉波, 王贵禧. 冬枣优良单株综合评价体系的建立. 农业系统科学与综合研究, 2011, 27(3): 321-327.
- MA Q H, LI Y H, LIANG L S, WANG H, XU Y F, SUN Y B, WANG G X. Establishment of the synthetical evaluation system for Dongzao (*Zizyphus jujuba* Mill. ‘Dongzao’) advanced selections. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 2011, 27(3): 321-327. (in Chinese)
- [34] 聂继云, 毋永龙, 李海飞, 王昆, 李静, 李志霞, 徐国锋. 苹果品种用于加工鲜榨汁的适宜性评价. 农业工程学报, 2013, 29(17): 271-278.
- NIE J Y, WU Y L, LI H F, WANG K, LI J, LI Z X, XU G F. Suitability evaluation of apple cultivars for fresh juice-processing. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(17): 271-278. (in Chinese)
- [35] 白世践, 李超, 户金鸽. 层次-关联分析法在引种鲜食葡萄品质综合评价中的应用. 北方园艺, 2016(16): 1-8.
- BAI S J, LI C, HU J G. Application of Hierarchy-Correlation Analysis in comprehensive evaluation of fresh grape quality. *Northern Horticulture*, 2016(16): 1-8. (in Chinese)
- [36] 黄正金, 卫云丽, 张春红, 阎连飞, 李维林, 吴文龙. 基于层次分析法的 5 个黑莓杂交品系的综合评价. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(16): 135-140.
- HUANG Z J, WEI Y L, ZHANG C H, LYU L F, LI W L, WU W L. Comprehensive evaluation of five blackberry hybrid strains by Analytic Hierarchy Process (AHP). *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 2019, 43(16): 135-140. (in Chinese)
- [37] 唐忠厚, 魏猛, 陈晓光, 史新敏, 张爱君, 李洪民, 丁艳锋. 不同肉色甘薯块根主要营养品质特征与综合评价. 中国农业科学, 2014, 47(9): 1705-1714.
- TANG Z H, WEI M, CHEN X G, SHI X M, ZHANG A J, LI H M, DING Y F. Characters and comprehensive evaluation of nutrient quality of sweet potato storage root with different flesh colors. *Scientia Agricultura Sinica*, 2014, 47(9): 1705-1714. (in Chinese)
- [38] 卜凡琼, 杨颖迪, 刘新伟, 彭帮柱. 不同产地越橘关键品质因子分析及抗氧化特性. 食品工业科技, 2018, 39(21): 48-52, 60.
- BU F Q, YANG Y D, LIU X W, PENG B Z. Analysis of key quality factors and antioxidant activity of blueberry from different producing areas. *Food Industry Technology*, 2018, 39(21): 48-52, 60. (in Chinese)
- [39] 刘丽, 尹克林, 刘禹. 重庆地区不同草莓品种果实品质分析. 中国南方果树, 2012, 41(4): 102-104.
- LIU L, YIN K L, LIU Y. Analysis of fruit quality of different strawberry varieties in Chongqing. *Journal of South China Fruit Science*, 2012, 41(4): 102-104. (in Chinese)
- [40] 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. 食品科学, 2018, 39(1): 99-104.
- GULNISA Kasim, MUHTAR Zari, ZHANG D Y, GUO J, AJAR Abba, SHENG W, ABUDUREXIT Rahman. Factor analysis and comprehensive evaluation of fruit quality traits of introduced fig cultivars. *Food Science*, 2018, 39(1): 99-104. (in Chinese)
- [41] 穆瑞, 樊卫国. 不同大小的刺梨果实品质特征及重要指标间的相关性. 中国南方果树, 2018, 47(5): 122-127.
- MU R, FAN W G. Quality characteristics and correlation between important indexes of different sizes of prickly pear fruits. *Journal of South China Fruit Science*, 2018, 47(5): 122-127. (in Chinese)
- [42] 焦艺, 刘璇, 毕金峰, 吴昕焯, 周沫, 曾目成. 蟠桃品种用于加工鲜榨汁的适宜性评价. 食品科学, 2015, 36(1): 41-45.
- JIAO Y, LIU X, BI J F, WU X Y, ZHOU M, ZENG M C. Suitability evaluation of flat peach cultivars for fresh juice processing. *Food Science*, 2015, 36(1): 41-45. (in Chinese)
- [43] 王依, 雷靖, 陈成, 徐明, 邴昊阳, 雷玉山. 美味猕猴桃新品种‘瑞玉’果实品质综合评价. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2018, 46(10): 101-107, 125.
- WANG Y, LEI J, CHEN C, XU M, BING H Y, LEI Y S. Comprehensive evaluation of fruit quality of a new delicious kiwifruit variety ‘Ruiyu’. *Journal of Northwest A&F University (National Science Edition)*, 2018, 46(10): 101-107, 125. (in Chinese)
- [44] 关军锋. 果品品质研究. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2001.
- GUAN J F. *Research on Fruit Quality*. Shijiazhuang: Hebei Science and Technology Press, 2001. (in Chinese)
- [45] LOBOS G A, CALLOW P, HANCOCK J F. The effect of delaying harvest date on fruit quality and storage of late highbush blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 2014, 87: 133-139.
- [46] PANGBORN R M. Relative taste of selected sugars and organic acid. *Journal of Food Science*, 1963, 28(6): 726-733.
- [47] DOTY T E. Fructose sweetness: A new dimension. *Cereal Foods World*, 1976, 21: 62-63.
- [48] CHANG L T. The sweetness of sugars. *Journal of South China University of Technology*, 2002, 30(1): 89-91.
- [49] SOUTY M, ANDRÉ P. Composition biochimique et qualité des pêches. *Annales De Technologie Agricole*, 1975, 24: 217-236.

(责任编辑 赵伶俐)