

文章编号:1001-7380(2018)01-0001-04

15个观赏海棠果实品质分析

王文元¹, 赖秀芳¹, 张恩慧¹, 徐奇¹, 张丹丹¹, 张往祥^{1,2*}

(1.南京林业大学林学院/南方协同中心,江苏 南京 210037; 2.扬州小苹果园艺有限公司,江苏 扬州 225200)

摘要:对15个观赏海棠品种的8个果实品质指标(可溶性糖、可溶性固形物、有机酸含量、固酸比、糖酸比、单果重、果肉硬度、果皮硬度)进行测定,以期分析不同品种间海棠果实品质差异,为筛选海棠果实品质评价主因子和开发海棠果实应用价值提供理论和科学依据。结果表明:(1)15个海棠品种果实品质间,除果皮和果肉硬度外,均存在极显著差异;(2)8个品质指标大部分指标间存在(极)显著正(负)相关,部分指标间存在一定的相关性但不显著;(3)通过主成分分析将品质指标综合为3个因子,累积方差贡献率达到83.54%,第1主成分主要代表有机酸含量、固酸比、糖酸比和单果重,第2主成分主要代表可溶性糖含量、果肉和果皮硬度,第3主成分以可溶性固形物为主。本研究中的15个品种中,适合于食用的有‘永恒’、‘时光秀’、‘当娜’等,适合于果汁加工的有‘薄荷糖’、‘魔术’和‘印第安之夏’;宿果期、储存期较长的为‘超甜时光’。

关键词:海棠;果实品质;可溶性糖;有机酸;相关性分析;主成分分析

中图分类号:Q946.81;S661.4

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2018.01.001

Analysis of fruit quality of 15 ornamental crabapple varieties

WANG Wen-yuan¹, LAI Xiu-fang¹, ZHANG En-hui¹, XU Qi¹, ZHANG Dan-dan¹, ZHANG Wang-xiang^{1,2*}

(1. Co-Innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Yangzhou Crabapple Horticulture Ltd. Co., Yangzhou 225200, China)

Abstract: To analyze the quality differences between different varieties of crabapple fruits, and provide theoretical and scientific basis for selecting main factors of crabapple fruit quality and developing the application value of crabapple fruit. Fifteen varieties of ornamental crabapple were evaluated for differences in 8 fruit quality indicators, including soluble sugar content (SS), soluble solids content (Ss), organic acid content (OC), soluble sugar/organic acid (SS/OC), soluble solid/organic acid (Ss/OC), fruit weight (FW), fresh firmness (FF) and peel firmness (PF). Result showed that (1) there occurred significant differences in 6 fruit quality indicators among 15 varieties ($P < 0.01$); (2) A significantly positive or negative correlation was observed among some of the fruit quality indicators; (3) Three major components (PC1, PC2, PC3) with characteristic value larger than 1, whose accumulative variance contribution rate was 83.54%, were extracted by PCA. The first major component, PC1 represented OC, SS/OC, Ss/OC and FW; PC2 represented SS, FF and PF; PC3 represented Ss. In these 15 varieties studied, *Malus* ‘Forever’, *M.* ‘Show Time’, *M.* ‘Donald Wyman’, etc. were suitable for consumption, *M.* ‘Candy mint’ and *M.* ‘Indian magic’ and *M.* ‘Indian Summer’ suitable for fruit juice processing. *M.* ‘Sweet Sugartyme’ possessed longer fruit retention period and storage period.

Key words: Ornamental crabapple; Fruit quality; Soluble sugar; Organic acid; Correlation analysis; Principal component analysis

收稿日期:2017-10-16;修回日期:2017-10-29

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目“观赏海棠选育及栽培技术研究与示范”(CX(16)1005-4-1);江苏高校品牌专业建设工程资助项目(林业)(PPZY2015A062)

作者简介:王文元(1997-),女,陕西榆林人,大学本科在读。E-mail:751588221@qq.com。

*通信作者:张往祥(1965-),男,江苏泰州人,副教授,博士;E-mail:zhang2004@njfu.edu.cn。

海棠 (*Malus* sp.) 为蔷薇科 (Rosaceae) 苹果属落叶灌木或小乔木, 其果实直径 ≤ 5 cm, 在我国栽培历史甚为悠久^[1], 起初主要以观花为主, 后逐渐趋向集观花、叶、果于一身。目前, 对于海棠果实的研究多集中于色彩研究^[2-5], 抗性^[6]、栽培应用^[7-8]等方面。

除观赏价值外, 海棠果在药用、食品加工方面也具有潜在效益。研究表明, 海棠体内富含多种对医药、日化、食品等领域发展具有重要意义的天然生物活性物质^[9]。此外, 海棠果实具有特异香气成分, 海棠果实的香气清雅, 区别于我国苹果品种现有的“醇香型”和“脂香型”香气, 而类似于澳洲青苹^[10]。海棠果在其系列产品开发如海棠果酒、果醋等制作工艺已有相关研究^[11-12], 也存在海棠果酒投入生产的实例^[13]。因此, 应该有更多详尽而系统的海棠品种果实品质的研究和评价分类体系, 为海棠果实产品加工的品种选择提供一定的理论依据, 刘珩等人已做过海棠果实品质的相关研究^[14]。

本研究以 15 个观赏海棠品种果实为试验材料, 测定其可溶性糖、可溶性固形物、有机酸、固酸比、糖酸比、单果重、果肉硬度、果皮硬度, 并对 8 个品质指标进行方差分析和相关性分析, 以期对不同海棠品种果实品质进行评价和分类, 为海棠果实品质评价和海棠果实开发利用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于江苏省扬州市江都区仙女镇 (119°55'E, 32°42'N), 属北亚热带季风气候, 四季分明, 年均温约 14.9℃, 年均降雨量约 1 000 mm, 无霜期约 320 d。试验地土壤为沙壤土, 土层深厚肥沃, 地势平坦, 有良好的灌排条件, 管理水平较高。

1.2 试验材料

试验材料均来自南京林业大学海棠种质资源圃中立地条件一致的 15 个观赏海棠品种, 均以 2 m × 3 m 株行距栽植, 各种质均有 10—30 株, 且皆已进入结果年 (见表 1)。

1.3 试验方法

1.3.1 样品采集 于各品种果实成熟期, 选择树形及长势一致的植株, 采摘大小基本一致、着色均匀、成熟度一致、无机械损伤和病虫害的果实。采后将样果分为 2 部分, 前者用于单果重和果实硬度的测定, 后者用于其他指标的测定。

表 1 供试海棠品种名称及编号

编号	品种名称
1	薄荷糖 (<i>Malus</i> 'Candy Mint')
2	草莓果冻 (<i>M.</i> 'Strawberry Jelly')
3	超甜时光 (<i>M.</i> 'Sweet Sugartyme')
4	当娜 (<i>M.</i> 'Donald Wyman')
5	高原红 (<i>M.</i> 'Prairifire')
6	兰斯洛特 (<i>M.</i> 'Lancelot')
7	罗宾逊 (<i>M.</i> 'Robinson')
8	魔术 (<i>M.</i> 'Indian Magic')
9	时光秀 (<i>M.</i> 'Show Time')
10	卫兵 (<i>M.</i> 'Guard')
11	绚丽 (<i>M.</i> 'Gorgeous')
12	亚当 (<i>M.</i> 'Adams')
13	亚瑟王 (<i>M.</i> 'King Arthur')
14	印第安之夏 (<i>M.</i> 'Indian Summer')
15	永恒 (<i>M.</i> 'Forever')

1.3.2 样品测定 单果重 (g) 采用分析天平称重法, 果实硬度 (kg/cm^2) 包括果皮硬度与果肉硬度, 采用 TA.XT.Plus 型质构仪测定, 均 30 次重复, 各保留 2 位小数。取果肉组织进行一系列生理生化指标的测定: 萘酚比色法测定可溶性糖, 氢氧化钠滴定法测定可滴定酸, WYT 型手持测糖仪测可溶性固形物^[15]。各 3 次重复。

1.4 数据分析

运用 Excel 2013 和 SPSS 22.0 软件整理数据并进行相关处理。

2 结果与分析

2.1 果实品质指标品种间差异

由表 2 可知, 15 个海棠品种的 8 个品质指标具有不同的变异范围。其中单果重变异系数最高, 为 80.15%, 其变异范围则为 0.73—6.02, 最大值约为最小值的 8 倍。由此可见, 15 个品种的单果重差异极大。可溶性糖含量最低为 2.12, 最高为 5.55; 有机酸含量的变异范围为 7.44%—21.91%; 可溶性固形物含量变异范围在 9.10%—21.52%; 固酸比的极大值和极小值分别为 1.26 和 0.51; 糖酸比浮动于 0.17—0.41 之间; 果皮硬度在 671.87—1 928.39 kg/cm^2 之间; 果肉硬度则在 472.88—1 396.93 kg/cm^2 之间。8 个品质指标的最大值为最小值的 2.36—2.95 倍, 差值较小; 且变异系数仅在

23. 26%—44. 90%之间,可见其品种间变异均较小。根据方差分析显示,可溶性糖含量、有机酸含量、可溶性固形物含量以及单果重在品种间均有极显著差异;而果皮硬度及果肉硬度的品种间差异并不显著。

表 2 海棠果实品质性状						
指标	平均值	极大值	极小值	标准差	变异系数/%	品种间差异显著性
可溶性糖含量/%	4.23	5.55	2.12	1.07	24.95	39.23**
有机酸含量/%	14.64	21.91	7.44	4.20	35.87	25.53**
可溶性固形物/%	12.40	21.52	9.10	3.01	23.26	62.316**
固酸比	0.92	1.26	0.51	0.34	37.31	—
糖酸比	0.31	0.41	0.17	0.14	44.90	—
单果重/g	1.82	6.02	0.73	1.58	86.75	224.91**
果肉硬度/(kg/cm ²)	844.44	1 396.93	472.88	265.08	31.39	0.407
果皮硬度/(kg/cm ²)	1 221.21	1 928.39	671.87	347.20	28.43	0.184

** 表示在 0. 01 水平上存在极显著差异

2.2 果实品质指标间相关性

海棠果实品质指标间的相关性见表 3,结果显示,有机酸含量与固酸比、糖酸比具有极显著负相关性,糖酸比与固酸比,果皮硬度与果肉硬度具有极显著正相关,其中,果皮硬度与果肉硬度的相关性最强,相关系数可达 0. 832。单果重与固酸比、有机酸含量分别具有显著正负相关性;可溶性糖含量与糖酸比和果皮硬度亦具有显著正相关关系,但相关性均并不强,其相关系数均<0. 6。其余指标或成正相关或成负相关,然而相关性均不显著。

表 3 品质指标的简单相关系数矩阵、提取值								
指标	可溶性糖含量	有机酸含量	可溶性固形物含量	固酸比	糖酸比	单果重	果皮硬度	果肉硬度
可溶性糖含量	1							
有机酸含量	0.20	1						
可溶性固形物含量	0.34	0.08	1					
固酸比	0.10	-0.80**	0.44	1				
糖酸比	0.54*	-0.65**	0.11	0.76**	1			
单果重	-0.31	-0.63*	-0.08	0.60*	0.38	1		
果肉硬度	0.56*	0.10	0.05	-0.04	0.29	-0.28	1	
果皮硬度	0.45	0.03	0.29	0.10	0.21	-0.04	0.83**	1

* 表示在 0. 05 水平上显著相关,** 表示在 0. 01 水平上显著相关

2.3 果实品质指标主成分分析

表 4 为 15 个品种 8 个品质指标的主成分分析结果,主成分特征值大于 1 的前 3 个主成分累积方差贡献率达 83. 54%,可以代表品质的绝大部分信息。可把原来的 8 个品质指标综合为 3 个互相独立的因子,即为 PC1, PC2, PC3,3 者方差贡献率分别为 37. 49%, 32. 28%, 13. 77%。

表 5 为品质变量因子负荷量可以看出原始变量和前 3 个主成分之间的相关性。其中,PC1 主要代表有机酸含量、固酸比、糖酸比和单果重,其中除与有机酸含量成负相关外,其余 3 个品质指标均成正相关,单果重的相关性最小,而单果重亦与 PC2 具有一定的负相关关系,但与 PC1 的相关程度较接近。PC2 主要代表可溶性糖含量、果肉和果皮硬度。PC3 则主要代表可溶性固形物,并成正相关关系。

15 个品种的主成分得分见表 6。PC1 得分越高的品种有机酸含量越低,而固酸比、糖酸比则越高,其单果重也越大,品种‘永恒’、‘卫兵’、‘亚当’、

‘薄荷糖’的绝对值得分在 15 个品种间相对更高,均大于 1,前 2 者得分为正值。PC2 的得分越高,则该品种的可溶性糖含量越高,且其果肉和果皮硬度亦越高,‘超甜时光’、‘当娜’、‘永恒’和‘草莓果冻’均属此类,而‘绚丽’及‘魔术’则相反。对于 PC3,此类得分较高的品种可溶性固形物含量较高,如‘当娜’、‘魔术’和‘印第安之夏’均属此类。

表 4 相关系数矩阵的特征值、方差贡献率及累计方差贡献率

主要成分	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
PC1	3.00	37.49	37.49
PC2	2.58	32.28	69.77
PC3	1.10	13.77	83.54

表 5 品质变量因子负荷量

指标	因子载荷		
	1	2	3
可溶性糖含量	0.29	0.79	0.13
有机酸含量	-0.81	0.44	0.22
可溶性固形物	0.30	0.34	0.85
固酸比	0.94	-0.18	0.25
糖酸比	0.89	0.15	-0.12
单果重	0.61	-0.55	-0.15
果肉硬度	0.20	0.85	-0.41
果皮硬度	0.30	0.76	-0.21

表 6 海棠果品质主成分得分

品种	主成分分值			综合得分
	PC1	PC2	PC3	
薄荷糖	-1.05	-0.01	-1.26	-2.32
草莓果冻	-0.41	1.31	-0.40	0.50
超甜时光	0.47	1.74	-0.98	1.23
当娜	0.36	1.28	2.68	4.32
高原红	-0.91	0.04	-0.68	-1.55
兰斯洛特	-0.86	0.53	-0.35	-0.68
罗宾逊	-0.28	-0.09	0.00	-0.37
魔术	-0.51	-1.54	1.04	-1.01
时光秀	0.44	0.66	-0.40	0.70
卫兵	1.03	-1.07	-0.28	-0.32
绚丽	0.58	-1.69	-0.79	-1.90
亚当	-1.35	-0.36	0.35	-1.36
亚瑟王	0.22	-0.35	0.10	-0.03
印第安之夏	-0.35	-0.49	1.19	0.35
永恒	2.62	0.05	-0.23	2.44

3 讨论与结论

海棠果实品质研究对于引种优良品种的筛选有重要意义。本研究对 15 个观赏海棠 8 个品质指标进行测定分析,结果表明海棠品种间果实品质差异极显著,各指标间表现出丰富的多样性,其变异系数范围在 23.26%—86.75% 之间;8 个品质指标间大部分指标间存在(极)显著正(负)相关,部分指标间存在一定的相关性但不显著。通过主成分分析得到特征值大于 1 的前 3 个主成分的累计方差贡献率达到 83.54%,把原来的 8 个品质指标综合为 3 个互相独立的因子,且通过综合得分表明‘永恒’、‘当娜’海棠果实品质相对较好。后续研究可结合微量元素、单宁、果胶等指标探索不同海棠品种间的差异,为种质遴选和栽培育种提供理论依据。

前人研究表明,风味优良的苹果品种的糖酸比范围多在 20%—60%,偏高者风味趋甜,偏低者风味偏酸,而糖酸比小于 10% 的风味均不佳^[15]。本研究结果表明,果实可溶性糖的变异系数较小,有机酸的变异系数较大。因此,风味的优劣受有机酸含量的影响较大。‘永恒’、‘时光秀’、‘当娜’、‘超甜时光’等品种的糖酸比、可溶性固形物和可溶性糖含量较高,果肉细腻且甜,较适合我国国民的口味^[14,16]。而‘薄荷糖’、‘魔术’和‘印第安之夏’的可溶性糖含量以及单果重均很小,适于酿酒,且在浓缩果汁的生产方面,较高的酸度意味着减少原料的浓缩倍数,进而提高生产效益^[14]。此外,‘超甜时光’单果重小,果皮、果肉硬度水平高,宿果期长,适合储存^[3]。另外,采收期的早晚对果实产量、品质以及储存期影响很大^[17]。正确确定果实成熟度,适时采收,才能获得品质好、产量高的果实^[18]。赏食兼有的品种可以作为种质资源保存;营养成分含量均衡较差的,或不符合加工型海棠标准的品种,可用作景观、生态等用途树种。

参考文献:

[1] 唐 菲,丁增成,任 杰,等.我国观赏海棠种类及品种概述[J].安徽农业科学,2015,43(16):190-195, 218.
[2] 王 欢,张往祥,范俊俊,等.观赏海棠品种群成熟期果实色彩综合评价[C]//中国园艺学会 2015 年学术年会论文摘要集.2015.
[3] 张丹丹,范俊俊,王 欢,等.不同观赏海棠种质果色动态变化规律研究[J].经济林研究,2017,35(3):161-167.

- [5] 胡适宜.植物学实验方法(一)花粉生活力的测定[J].植物学通报,1993,10(2):60-62.
- [6] 孙爱芹,常伟光,韩 斌.不同枣品种花粉生活力及贮藏方法研究[J].中国农学通报,2010,26(1):166-168.
- [7] 詹 妮,黄烈健.大叶相思花粉离体萌发适宜条件及活力检测方法[J].林业科学,2016,52(2):67-73.
- [8] KHATUN S, FLOWERS T J. The estimation of pollen viability in rice[J]. Journal of Experimental Botany, 1995, 46(282):151-154.
- [9] 尹佳蕾,赵惠恩.花粉生活力影响因素及花粉贮藏概述[J].中国农业科学,2005,31(4):110-113.
- [10] 戴 丽,孙 鹏,蒋晋豫,等.刺槐红花刺槐四倍体刺槐花粉体外萌发对比[J].东北林业大学学报,2012,40(1):1-5.
- [11] DUTTA S K, SRIVASTAV M, CHAUDHARY R, et al. Low temperature storage of mango (*Mangifera indica* L.) pollen [J]. Scientia Horticulturae, 2013, 161(2):193-197.
- [12] 杜纪红,叶正文,苏明申,等.桃花粉离体萌发和花粉管生长特性研究[J].西北植物学报,2011, 31(1):64-71.
- [13] 张 朋.元宝枫花性变化规律及其与美国红枫远缘杂交初探[D].泰安:山东农业大学,2014.
- [14] 王永格,王茂良,舒健骅,等.“丽红”元宝枫花粉生活力研究[J].北京农学院学,2015,30(2):63-66.
- [15] 王续蕾. 沈阳地区几种槭属植物花粉特性初步研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2016.
- [16] 左丹丹,明 军,刘 春,等.植物花粉生活力检测技术进展[J].安徽农业科学,2007,35(16):4742-4745.
- [17] DURO A, PICCIONE V, ZAMPINO D. Air quality biomonitoring through pollen viability of Fabaceae[J]. Environmental Monitoring & Assessment, 2013, 185(5):3803-3817.
- [18] 赵鸿杰,乔龙巴图,殷爱华,等.3 种山茶属植物花粉活力测定方法的比较[J].中南林业科技大学学报,2012, 30(3):105-107.
- [19] 赵元杰,蒋建雄,刘明稀,等.花粉生活力测定方法比较[J].中国农学通报,2009, 25(24):147-150.
- [20] SMITH-HUERTA N L, VASEK F C. Pollen longevity and stigma-pre-emption in *Clarkia*[J]. American Journal of Botany, 1984, 71(9):1183-1191.

(上接第 4 页)

- [4] 李 欣,沈 向,张鲜鲜,等.观赏海棠叶、果、花色彩的数字化描述[J].园艺学报,2010, 37(11):1811-1817.
- [5] 吴晓星,刘凤桢,房义福,等.36 个欧美观赏海棠品种(种)应用价值的综合评价[J].南京林业大学学报(自然科学版),2015, 39(1):93-98.
- [6] 胡学俭,孙明高,夏 阳,等.NaCl 胁迫对无花果与海棠膜脂过氧化作用及保护酶活性的影响[J].西北植物学报, 2005, 25(5):937-943.
- [7] 许晓岗.垂丝海棠、楸子的扦插生根机理研究[D].南京:南京林业大学,2006.
- [8] 刘志强,汤庚国.海棠在园林中的应用研究[J].苏州科技学院学报(工程技术版),2004, 17(3):75-80.
- [9] 秦晓晓.苹果属观赏海棠类黄酮种类、代谢及生物活性分析[D].重庆:西南大学,2016.
- [10] 李晓磊,沈 向,王 磊,等.海棠不同品种果实香气物质分析[J].中国农业科学,2008, 41(6):1742-1748.
- [11] 贺 凯.年产 600 吨海棠果酒工程初步设计[D].济南:齐鲁工业大学,2016.
- [12] 汪国胜,章军鹏,林 然,等.海棠果果醋的制作方法:中国,CN 106148156 A[P]. 2016.
- [13] 打造西府海棠新版图—中国最具潜力果酒品牌追踪报道[DB/OL]. <http://news.sina.com.cn/o/2015-07-02/184932061953.shtml#>,2015-07-02/2017-10-17.
- [14] 刘 珩,卢明艳,王 涛,等.不同品种海棠果品质测定及聚类分析[J].中国农学通报,2014, 30(25):222-225.
- [15] 贾定贤,米文广,杨儒琳,等.苹果品种果实糖、酸含量的分级标准与风味的关系[J].园艺学报,1991,18(1):9-14.
- [16] 黄月琼,邓 文,李谈潇.不同品种哈密瓜果品质研究[J].东北农业大学学报,2015(1):41-46.
- [17] 牛锐敏,饶景萍,韩新花,等.不同采收期对红富士苹果贮藏品质的影响[J].西北农业学报,2006, 15(3):171-174.
- [18] 王向斌,周会玲,张晓晓,等.苹果果实品质形成及影响因素分析[J].北方园艺,2015(13):186-189.