

马 蓝,陈隆隆,马 艳,等. 50 份中国樱桃品种资源的果实质地品质评价[J].江苏农业学报,2023,39(7):1613-1616.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2023.07.018

50 份中国樱桃品种资源的果实质地品质评价

马 蓝^{1,2}, 陈隆隆¹, 马 艳^{1,2}, 田 泰^{1,2}, 刘针杉^{1,2}, 周荆婷^{1,2}, 涂红霞^{1,2},
王旨意^{1,2}, 王 浩^{1,2}, 陈 清¹, 王小蓉^{1,2}, 王 燕^{1,2}

(1.四川农业大学园艺学院,四川 成都 611130; 2.四川农业大学果蔬研究所,四川 成都 611130)

关键词: 中国樱桃; 果实质地; 质地多面分析法; 相关性分析; 主成分分析

中图分类号: S662.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-4440(2023)07-1613-04

Evaluation of fruit texture of 50 Chinese cherry [*Cerasus pseudocerasus* (Lindl.) G.Don] germplasm resources

MA Lan^{1,2}, CHEN Long-long¹, MA Yan^{1,2}, TIAN Tai^{1,2}, LIU Zhen-shan^{1,2}, ZHOU Jing-ting^{1,2},
TU Hong-xia^{1,2}, WANG Zhi-yi^{1,2}, WANG Hao^{1,2}, CHEN Qing¹, WANG Xiao-rong^{1,2}, WANG Yan^{1,2}

(1.College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2.Institute of Pomology and Olericulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Key words: Chinese cherry [*Cerasus pseudocerasus* (Lindl.) G.Don]; fruit texture; texture profile analysis; correlation analysis; principal component analysis

中国樱桃[*Cerasus pseudocerasus* (Lindl.) G.Don],俗称樱桃、小樱桃,为蔷薇科(*Rosaceae*)李亚科(*Prunoideae*)樱属(*Cerasus* Mill.)植物,是起源于中国的特色核果类果树,已有3 000余年的栽培历史^[1]。中国樱桃具有早花早熟习性和高观赏价值,果实风味浓郁,兼具营养和保健价值,素有“果中珍品”和“春果第一枝”的美誉^[2]。此外,中国樱桃适应性广,抗逆性强,能够适应多种环境和气候条件,在当前的乡村振兴和都市现代农业发展中具有重要地位和作用^[3-4]。

果实质地是衡量果实品质的重要指标之一^[5-6],与贮藏、运输和加工等密切相关^[7]。果蔬组织状态特性的评价方法

包括对果实质地品质的人工感官评价和仪器分析检测。相较于感官评价,使用仪器分析果实质地具有更高的精确度、灵敏度和客观性^[8-9]。质地仪检测是目前应用较多的质地评价方法,测试模式包括质地多面分析法(TPA)、穿刺、剪切和压缩等,在水果和蔬菜领域较多采用TPA和穿刺2种方法。其中,TPA法是通过机械模拟人类口腔咀嚼运动,对测试样品进行2次压缩,借助力学测定样品的硬度、黏附性、内聚性、弹性、咀嚼性、脆性等^[10-12]与质地相关的参数。这种方法能更客观准确地反映果实的质地品质特征^[13-15]。

近年来,中国樱桃的市场需求日益扩大,种植面积和产量不断增加。但中国樱桃果实果皮较薄,不耐储运,已成为当前制约其产业规模发展的瓶颈之一。目前,关于中国樱桃果实质地品质评价的研究报道较少。因此,评价分析中国樱桃果实质地品质,对于耐贮运中国樱桃新品种的选育以及果品运输贮存具有重要意义。本研究拟通过物性分析仪测定50份中国樱桃品种资源成熟果实的质地品质,对果实质地参数进行相关性分析和主成分分析,旨在为高品质中国樱桃品种选育及采后贮运等提供参考依据。

收稿日期:2022-11-05

基金项目:樱桃资源四川省科技资源共享服务平台项目;四川省自然科学基金项目(2023NSFSC0158);成都市技术创新研发项目(2022-YF05-01017-SN);四川农业大学双支计划创新团队项目(P202107)

作者简介:马 蓝(1997-),女,回族,云南开远人,硕士研究生,研究方向为果树种质资源与遗传育种。(E-mail)2020305063@stu.sicau.edu.cn

通讯作者:王 燕,(E-mail)wangyanwxy@sicau.edu.cn

1 材料和方法

1.1 试验材料

本研究试验材料包括 33 份中国樱桃代表性地方种质和

17 份中国樱桃杂种种质(表 1)^[16],栽植在四川农业大学现代农业研发基地(成都)的简易避雨大棚内,各株系均已稳定结果 3~5 年。其间进行常规水肥管理,无疏花、疏果或套袋等处理措施。

表 1 50 份中国樱桃试验材料信息

Table 1 Detailed information of 50 Chinese cherry germplasm resources

种质类别	材料来源及数量	编号
地方种质	安徽 1 份;太和 1 份	TH2
	河南 4 份;洛阳 3 份,郑州 1 份	LuY4、355、391、ZeZ9
	山东 4 份;烟台 1 份,临沂 2 份,枣庄 1 份	LaY2、LiY3、LiY5、ZaZ8
	贵州 8 份;安顺 1 份,遵义 1 份,毕节 5 份,普定 1 份	AS1、ZY3、BJ2、BJ3、BJ4、BJ6、BJ7、PD3
	云南 7 份;玉溪 1 份,昆明 1 份,昭通 2 份,富民 1 份,蒙自 1 份,峨山 1 份	YX6、YL2、ZT1、ZT2、FM2、MZ3、ES1
	四川 9 份;汉源 1 份,荣经 1 份,简阳 1 份,米易 1 份,彭州 1 份,新津 1 份,西昌 3 份	HYHZZ、YJ、JY4、HC、PZB、HF、XC1、XC2、XC4
杂种种质	HF×PJHH;8 份	HP90、HP155、HP299、HP325、HP390、HP445、HP1371、HP1403
	HF×NZH;3 份	HN880、HN917、HN968
	NZH×HF;6 份	NH548、NH554、NH567、NH597、NH609、NH702

TH2:大鹰嘴;LuY4:歪嘴樱桃;LaY2:莱阳矮樱;LiY3:短柄樱桃;ZaZ8:山亭红樱桃;AS1:大叶种栽培樱桃;BJ4:玛瑙红;ZT1:牛奶樱桃(地方名);ZT2:本地红樱桃;HYHZZ:汉源黑珍珠;HC:黄草樱桃;PZB:彭州白樱桃;HF:红妃。其余地方种质以采样地缩写命名,杂种种质以亲本代码和数字命名。

1.2 试验方法

于 2021 年 4 月,采集树冠外围成熟度一致的中国樱桃果实进行质地品质测定,每个单株至少采集 10 个果实。TPA 试验参考杨玲等^[17]的方法,采用 TMS-Pilot 物性分析仪 P/50 探头(直径 50 mm)在中国樱桃果实的缝合线部位进行 TPA 试验。测试参数如下:测试速度 50 mm/min,果实受压形变量 25%,2 次压缩停顿时间 5 s,触发力 0.375 g。由质地特征曲线获得中国樱桃果实质地参数。

1.3 数据分析

采用 Microsoft Excel 2017、GraphPad Prism 6.0 进行数据统计及作图,使用 SPSS 22.0 软件进行差异显著性分析、相关性分析、主成分分析及聚类分析。试验数据采用 3 次重复的平均值和标准误差表示。

2 结果与分析

2.1 中国樱桃果实质地参数

6 个果实质地参数在中国樱桃种质间差异较大,变异系数范围为 19.50%~70.61%,其中咀嚼性的变异系数最大(70.61%),内聚性的变异系数最小(19.50%)。

硬度反映中国樱桃果实受外力作用下发生形变所需要的屈服力大小。中国樱桃果实硬度为 1.41~9.80 N,平均值为 3.80 N,变异系数为 43.91%。其中 HF 和杂种种质 HP1403、NH554、HP445 和 HP155 的果实硬度均大于 5.50 N,以 NH554 最大(9.80 N);LiY5、YJ、ZeZ9、TH2、355 和 LaY5 6 份种质的果实硬度均小于 2.00 N, LiY5 最小(1.41

N)。

黏附性反映咀嚼果肉时口腔克服果肉表面吸引力所需的能量。中国樱桃果实的黏附性为 0.082 9~0.202 1 MJ,平均值为 0.130 0 MJ,变异系数为 23.12%。其中 HC、YJ、355、391 的果实黏附性均大于 0.180 0 MJ,以 391 黏附性最大(0.202 1 MJ);HP390、HP155、NH554、HP445、HP1403 的果实黏附性均小于 0.100 0 MJ,HP1403 黏附性最小(0.082 9 MJ)。

内聚性反映果实保持完整性的能力,指当果实为抵抗挤压(咀嚼)破坏自身完整性而表现出的内部凝聚力。中国樱桃果实内聚性为 0.18~0.40 Ratio(比率),平均值为 0.30 Ratio,变异系数为 19.50%,以 HYHZZ 的内聚性最大(0.40 Ratio),XC2 的内聚性最小(0.18 Ratio)。

弹性是果实经第 1 次压缩变形,去除外力后所能恢复原有完整性的能力。中国樱桃果实弹性为 0.60~2.43 mm,平均值 1.73 mm,变异系数为 27.19%。其中 HF、BJ4 以及杂种种质 NH567 和 NH968 的弹性均大于 2.30 mm,以 HN968 的弹性最大(2.43 mm);LiY5、XC2、ZeZ9 的弹性均小于 1.00 mm, XC2、ZeZ9 的弹性最小(0.60 mm)。

咀嚼性反映果实对挤压(咀嚼)的持续耐性,是牙齿将果实咀嚼成吞咽状态时所需要的能量。中国樱桃果实咀嚼性为 0.29~4.49 MJ,平均值 1.97 MJ,变异系数为 70.61%。其中 HF 和杂种种质 NH554、HP155、NH567 和 HN917 的咀嚼性均大于 4.00 MJ;NH554 的咀嚼性最大(4.49 MJ)。LiY5、ZeZ9、XC2 和 TH2 的咀嚼性均小于 0.500 MJ, XC2 的

咀嚼性最小(0.29 MJ)。

胶着性反映果实的黏性。中国樱桃果实胶着性为 0.29~2.36 N,平均值为 1.12 N,变异系数为 46.67%。其中 NH554、HP155 的胶着性均大于 2.00 N,NH554 最大(2.36 N);TH2、LiY5、ZeZ9、XC2 的胶着性均小于 0.50 N,XC2 最小(0.29 N)。

2.2 质地参数相关性分析

对 50 份中国樱桃果实的质地参数进行相关性分析,结果表明,果实硬度与胶着性、咀嚼性和弹性呈极显著正相关(相关系数为 0.901、0.798、0.564),与黏附性和内聚性呈负相关。果实咀嚼性与胶着性和弹性呈极显著正相关(相关系数为 0.920、0.791),与内聚性呈显著正相关,与黏附性呈极显著负相关。果实黏附性与内聚性呈显著正相关,与胶着性和弹性呈负相关。果实内聚性与弹性呈极显著正相关(相关系数为 0.602),果实弹性与胶着性呈极显著正相关(相关系数为 0.802)。结果表明,50 份中国樱桃的 6 个质地参数中,大部分参数之间存在极显著或显著相关性,表明果实质地是一种综合性状的表现。

2.3 质地参数主成分分析

对 50 份中国樱桃品种资源的 6 个果实质地参数的主成分分析结果显示,提取特征值大于 1 的 2 个主成分,其累计方差贡献率为 89.02%,包含 6 个指标的绝大部分信息。第 1 主成分的特征值为 3.78,方差贡献率为 62.95%,在其特征向量中,绝对值较高的参数有胶着性、咀嚼性、硬度和弹性,此类参数与果实对外力的承受度有关。第 2 主成分特征值为 1.56,方差贡献率为 26.07%,在其特征向量中,绝对值较高的参数为内聚性和黏附性,此类参数与果实口感有关,可称为口感因子。

将主要质地参数原始数据标准化后,计算 2 个主成分的得分,得出不同中国樱桃种质的综合评价指数,50 份中国樱桃种质地综合品质排名前 10 的依次为 HYHZZ、HN917、NH567、HN968、HF、BJ4、NH554、HP155、NH702、HP445。

2.4 聚类分析

对 50 份中国樱桃 6 个果实质地参数进行 Ward 聚类分析,在欧式距离为 5 时,将 50 份中国樱桃品种资源聚为 3 类。第 I 类包括 20 份种质,其中贵州 5 份(AS1、BJ2、BJ3、BJ4、BJ7),四川 3 份(HF、HYHZZ、JY4),山东 1 份(LiY3),云南 1 份(ZT2),杂种种质 10 份(NH554、HP155、NH702、NH567、HN968、HN917、HP325、HN880、NH597、HP445)。第 II 类包括 11 份种质,其中云南 3 份(ES1、YX6、ZT1),贵州 2 份(BJ6、ZY3),四川 2 份(PZB、YJ),河南 1 份(391),杂种种质 3 份(HP1403、NH609、HP90)。第 III 类包括 19 份种质,其中四川 4 份(HC、XC1、XC2、XC4),云南 3 份(YL2、FM2、MZ3),山东 3 份(ZaZ8、LaY2、LiY5),河南 3 份(LuY4、ZeZ9、355),安徽 1 份(TH2),贵州 1 份(PD3),杂种种质 4 份(HP1371、HP390、NH548、HP299)。其中,第 I 类种质的综

合评价指数较高,果实硬度较高。

3 讨论

物性分析仪测试通过模拟人的口腔咀嚼运动,利用力学方法测定果实质地,能够全面反映果实硬度、弹性、咀嚼性等质地特征,对明确果实质地特征具有重要的基础意义。国内外已将质地多面分析法应用于香蕉、桃、甜樱桃、葡萄等果树的质地品质研究^[18-21],但关于中国樱桃果实质地特性的研究尚未见报道。本研究发现,不同来源的中国樱桃果实 TPA 质地参数存在明显差异,变异系数为 19.50%~70.61%。

中国樱桃皮薄汁丰,采后极易发生失水、软化、腐烂等现象,不易贮运。果实硬度是判断果实成熟度的重要指标,也是影响果实贮藏、运输的重要因素。在 33 份中国樱桃地方种质资源中,HF 果实硬度最大,显著高于其他绝大部分种质,其弹性、咀嚼性也最佳,显著高于平均值。17 份中国樱桃杂种后代中,有 4 份杂种果实的硬度显著高于其亲本 HF,表明以其为亲本进行杂交,可以获得硬度更高的杂种后代。基于主成分分析的综合评价指数和聚类分析也证实了这一结果。因此,杂交育种能够作为改良中国樱桃果实质地的有效途径,但果实质地在杂种后代中的遗传规律尚需要进一步研究。

研究发现,果实质地参数间存在较高的相关性^[22-26]。中国樱桃果实硬度、咀嚼性均与胶着性呈极显著正相关($P < 0.01$),这与猕猴桃^[25]、苹果^[17]、梨^[26]、蓝莓^[27]的果实质地相关性研究结果基本一致。因此,果实硬度、咀嚼性和胶着性能够作为评价中国樱桃质地的重要参数。内聚性与弹性呈极显著正相关,表明它们与果肉的致密度、组织细胞间结合力的大小有关。黏附性与内聚性呈极显著正相关,与硬度、胶着性、咀嚼性呈极显著负相关,说明黏附性与内聚性可以反映不同中国樱桃果实质地品质的差异。

本研究利用主成分分析法,从 50 份中国樱桃的 6 个质地参数中提取了 2 个主成分,包含 89.02%的信息,其中果实硬度、咀嚼性、胶着性能够作为中国樱桃果实质地品质评价的重要指标,与蓝莓果实质地的研究结果^[27]基本一致。基于此,本研究筛选出果实质地品质优良的中国樱桃种质(HYHZZ、HN917、NH567、HN968、HF、BJ4、NH554、HP155、NH702、HP445),为后续中国樱桃质地品质改良和耐储运新品种选育提供了种质基础。

参考文献:

- [1] 俞德浚,李朝鑫. 中国植物志第 38 卷[M]. 北京:科学出版社,1986.
- [2] 陈 涛,李 良,张 静,等. 中国樱桃种质资源的考察、收集和评价[J]. 果树学报,2016,33(8):917-933.
- [3] 段经纬,李 明,谭 钺,等. 新中国果树科学研究 70 年——樱桃[J]. 果树学报,2019,36(10):1339-1351.

- [4] 黄晓蛟,王小蓉,陈涛,等. 中国樱桃遗传资源多样性研究进展[J]. 果树学报,2013,30(3):470-479,508.
- [5] WANG N N, SUN D W, YANG Y C, et al. Recent advances in the application of hyperspectral imaging for evaluating fruit quality [J]. Food Analytical Methods, 2015, 9(1): 178-191.
- [6] 高滋艺,范献光,杨惠娟,等. 苹果发育过程中细胞壁代谢及果肉质地的变化[J]. 食品科学,2016,37(19):70-75.
- [7] CONESA M R, GARCIA S M D, DE L R J M, et al. Effects of deficit irrigation applied during fruit growth period of late mandarin trees on harvest quality, cold storage and subsequent shelf-life [J]. Scientia Horticulturae, 2014, 165: 344-351.
- [8] GHNIMI S, AL-SHIBLI M, AL-YAMMAHI H R, et al. Reducing sugars, organic acids, size, color, and texture of 21 Emirati date fruit varieties (*Phoenix dactylifera* L.) [J]. NFS Journal, 2018, 12: 1-10.
- [9] 朱丹实,李慧,曹雪慧,等. 质构仪器分析在生鲜食品品质评价中的研究进展[J]. 食品科学,2014,35(7):264-269.
- [10] 王彬彬,李娜,贾漫丽,等. 质构仪检测桑葚质地品质的方法研究[J]. 果树学报,2021,38(11):2014-2020.
- [11] QIU X, ZHANG H N, ZHANG H Y, et al. Fruit textural characteristics of 23 plum (*Prunus salicina* Lindl) cultivars; evaluation and cluster analysis [J]. HortScience, 2021, 56(7): 816-823.
- [12] 吴萌萌,张瑞萍,史亚娟,等. 4个苹果品种贮藏期间果实质地和营养成分的变化[J]. 果树学报,2020,37(9):1404-1412.
- [13] 马庆华,王贵禧,梁丽松. 质构仪穿刺试验检测冬枣质地品质方法的建立[J]. 中国农业科学,2011,44(6):1210-1217.
- [14] 贾艳茹,魏建梅,高海生. 质构仪在果实品质测定方面的研究与应用[J]. 食品科学,2011,31(S1):184-186.
- [15] CAMPS C, GUILERMIN P, MAUGET J C, et al. Data analysis of penetrometric force/displacement curves for the characterization of whole apple fruits [J]. Journal of Texture Studies, 2005, 36(4): 387-401.
- [16] WANG Y, WANG H, ZHANG J, et al. Survey on intra-specific crossing and F_1 seedling cultivation in seven combinations of Chinese cherry [J]. The Horticulture Journal, 2022, 91(3): 267-275.
- [17] 杨玲,张彩霞,丛佩华,等. 基于质地多面分析法对不同苹果品种果肉质构特性的分析[J]. 食品科学,2014,35(21):57-62.
- [18] SALVADOR A, SANZ T, FISZMAN S M. Changes in colour and texture and their relationship with eating quality during storage of two different desert bananas [J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 43(3): 319-325.
- [19] VEERAPPAN K, NATARAJAN S, CHUNG H, et al. Molecular insights of fruit quality traits in peaches, *Prunus persica* [J]. Plants, 2021, 10(10): 2191.
- [20] MUSKOVICS G, FELFLDL J, KOVCS E, et al. Changes in physical properties during fruit ripening of Hungarian sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 40(1): 56-63.
- [21] KAJUNA S, BILANSKI W, MITTAL C S. Textural changes of banana and plantain pulp during ripening [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1997, 75: 244-250.
- [22] SINGH V, GUIZANI N, AL-ALAWI A, et al. Instrumental texture profile analysis (TPA) of date fruits as a function of its physico-chemical properties [J]. Industrial Crops and Products, 2013, 50(10): 866-873.
- [23] LI C Y, LUO J W, MACLEAN D. A novel instrument to delineate varietal and harvest effects on blueberry fruit texture during storage [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(9): 1653-1658.
- [24] BIANCHI T, GUERRERO L, GRATACÓS-CUBARSÍ M, et al. Textural properties of different melon (*Cucumis melo* L.) fruit types: sensory and physical-chemical evaluation [J]. Scientia Horticulturae, 2016, 201(30): 46-56.
- [25] 吕正鑫,贺艳群,贾东峰,等. 猕猴桃种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 园艺学报,2022,49(7):1571-1581.
- [26] 高海生,贾艳茹,魏建梅,等. 用物性分析仪检测鸭梨和京白梨果实采后质地的变化[J]. 园艺学报,2012,39(7):1359-1364.
- [27] 刘丙花,王开芳,王小芳,等. 基于主成分分析的蓝莓果实质地品质评价[J]. 核农学报,2019,33(5):927-935.

(责任编辑:陈海霞)