

9种冬青果实质地与颜色的差异比较

沈登锋, 芦斌, 郑永强, 魏斌, 娄明华, 章建红*

宁波市农业科学研究所, 浙江 宁波

收稿日期: 2023年7月27日; 录用日期: 2023年9月15日; 发布日期: 2023年9月22日

摘要

以成熟期相近的9种冬青属植物果实为材料, 对色度、花色苷含量、果实物理性质等10个指标进行了测定, 对色度及花色苷含量等指标进行相关分析。结果表明: 枸骨类冬青花色苷含量最高; 冬青果实颜色指标中黄蓝色相值与饱和度的相关性最高为0.984, 其次为亮度相值和红绿色, 均达到显著相关; 色相角和亮度及红绿色相值呈负相关。大叶冬青果实的硬度最高, 质地指标中果皮硬度与果肉硬度关联性最高。果实颜色指标及物理特性的分析为冬青种质的分类、育种和开发利用提供参考依据。

关键词

冬青, 果实质地

Comparison of Differences in Texture and Color of the Fruits of Nine Ilex Species

Dengfeng Shen, Bin Lu, Yongqiang Zheng, Bin Wei, Minghua Lou, Jianhong Zhang*

Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo Zhejiang

Received: Jul. 27th, 2023; accepted: Sep. 15th, 2023; published: Sep. 22nd, 2023

Abstract

Nine species of Ilex plants with similar maturity stages were selected for the study, and their fruits were used as materials to determine 10 indicators, including color, flavonoid content, and physical properties of the fruits. Correlation analysis was conducted on indicators such as color and flavonoid content. The results showed that the holly species had the highest flavonoid content.

*通讯作者。

文章引用: 沈登锋, 芦斌, 郑永强, 魏斌, 娄明华, 章建红. 9种冬青果实质地与颜色的差异比较[J]. 植物学研究, 2023, 12(5): 282-288. DOI: 10.12677/br.2023.125037

Among the color indicators of the fruits, the correlation between the yellow-blue chromaticity value and saturation was the highest at 0.984, followed by the lightness value and red-green color, both of which achieved a significant correlation. The hue angle showed a negative correlation with lightness and red-green color. *Ilex latifolia* exhibited the highest fruit hardness, and the correlation between the fruit peel hardness and flesh hardness was the highest among the texture indicators. The analysis of fruit color indicators and physical properties provides a reference for the classification, breeding, and development of *Ilex* germplasm.

Keywords

Ilex, Physical Properties of Fruit

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

冬青属植物在我国长江以南省份均有广泛分布, 主要类型为常绿小乔木, 是优良庭院观果树种, 果实多且密、亮度高, 园林应用广泛, 常作为招鸟植物、蜜源植物等[1]。自然界中冬青属植物果实绝大部分为红色, 少数几个种如沙坝冬青(*Ilex chapaensis*) [2]、齿叶冬青(*Ilex crenata*)等果色为黑色, 其他颜色罕见报道。冬青属红色果实挂果期长, 一般果熟期是在秋冬季节, 因而十分受欢迎。

作为冬青植物的重要观赏性状, 果实的颜色及物理性质等指标的测定评价十分关键, 对于育种工作的指导具有重要的意义。育种中果色颜色比较一般通过比色卡确定, 缺乏量化比较, 色差计利用特定光谱灵敏度采用 CIELAB 色度空间体系, 直接测量物体表面色度学指标的仪器, 在水果及茶叶等农业领域已有广泛应用[3] [4]。果实的物理特性如果皮厚度、硬度等对于育种工作也有重要的意义[5], 利用质构仪建立了分析冬青果实相关物理特性指标的方法, 并对不同种的冬青果实进行了比较, 可为冬青育种中果实相关参数的分析提供借鉴。在冬季集中成熟期采集乡土冬青及国外园艺种的果实, 选择色泽、硬度等存在一定差异的 9 个种包括无刺枸骨(*Ilex cornata* var. *fortunei*)、蓝天使(*Ilex meserveae* ‘Blue Angel’)等, 从而使用色差计及质构仪确定量化数据与指标性状的关联关系。

2. 材料与方 法

2.1. 试验材料

选择贝尔奇卡金(*Ilex altaclerensis* Alt Belgixa Aurea)、牢苏尼阿纳(*I. altaclerensis* Alt Lawsoniana)、北美冬青(*Ilex verticillata*)、铁冬青(*Ilex rotunda*)、枸骨(*Ilex cornata*)、无刺枸骨、蓝天使、光枝刺叶冬青(*Ilex hylonoma*)和大叶冬青(*Ilex latifolia*)的成熟株作为采样植株, 在晴天上午选择树形及长势较为一致的植株, 采摘颜色较均匀且位于树向阳面树高 2/3 处的果实各 60 个, 采摘后做好标记放入冰盒带至实验室测定。

2.2. 果实色度及花色苷的测定

采用 CM-700 型(日本美能达)分光测色计进行果色指标测定, 光源为内置 D65 标准光源, 测色光斑直径 8 mm, 测定部位为果皮表面, 重复次数 10 次, 测定指标包括亮度(L)、红绿色相值(a)、黄蓝色相值

(b)、色相角(h)、饱和度(C)等。花色素苷含量测定采用盐酸乙醇浸提法[6], 在 0.2 g 新鲜样品中加入 10 mL 0.1 mol/L 盐酸乙醇溶液(8.3 mL 浓盐酸加 95%乙醇稀释至 1 L), 暗提取 24 h, 过滤得上清液, 利用分光光度计在波长 535 nm 处测定吸光度, 重复次数 3 次。

2.3. 冬青果实物理性质的测定

采用 TA. Xt plus 质构仪(英国 SMS)每次生物学重复将随机选取 20 粒果实进行质地测定。冬青果实样品置于质构仪, 采用 TA20 柱头进行测定。参照果实测定方法[7] [8], 参数设置如下: 预压速度、下压速度和压后上行速度均为 2 mm/s, 2 次压缩间停顿 5 s, 试样受压形变为 25%, 触发力为 5 g。由质地曲线得到果实硬度、内聚性、弹性和咀嚼性 4 个参数。硬度为第 1 次压缩时的最大峰值, 内聚性为 2 次压缩面积之比, 弹性为第 1 次循环目标形变至第 2 次循环触发点间的位移, 咀嚼性 = 硬度 × 内聚性 × 弹性。

2.4. 数据分析

使用 R 软件对不同指标数据进行指标间 Pearson 关联性分析, 并绘制相关性的热图; 使用 SPSS 20 完成不同种间指标的多重分析。

3. 结果与分析

不同果实果皮的色度分析

通过色差计对不同冬青果实的果皮颜色进行了分析, 如表 1 所示, 结果表明在亮度、红绿色相值、黄蓝色相值、色相角、饱和度等均存在着显著性差异, 其中果实亮度表现最佳的主要为光枝刺叶冬青、牢苏尼阿纳、北美冬青及金皇帝, 在色彩饱和度表现最好的北美冬青、光枝刺叶冬青。

Table 1. Chromaticity values of fruits of nine holly plants

表 1. 9 种冬青果实的色差值

品种	亮度(L)	红绿色相值(a)	黄蓝色相值(b)	色相角(h)	饱和度(C)
金皇帝	41.685 ^a	19.766 ^a	40.192 ^{cd}	1.1135 ^b	44.7963 ^b
牢苏尼阿纳	42.571 ^a	22.2 ^a	42.199 ^b	1.0861 ^c	47.6884 ^{ab}
北美冬青	41.702 ^a	24.183 ^a	42.487 ^a	1.0534 ^d	48.8887 ^a
铁冬青	33.21 ^d	14.699 ^c	32.675 ^e	1.1452 ^a	35.8576 ^d
枸骨	38.381 ^b	19.2 ^b	36.747 ^{cd}	1.0902 ^c	41.4659 ^c
无刺枸骨	37.982 ^{bc}	20.283 ^a	40.428 ^c	1.1066 ^{bc}	45.2367 ^b
蓝天使	36.698 ^{bc}	18.324 ^b	36.229 ^d	1.1032 ^{bc}	40.6081 ^c
光枝刺叶	42.363 ^a	25.037 ^a	42.452 ^a	1.0385 ^d	49.2927 ^a
大叶冬青	36.166 ^c	18.614 ^d	28.717 ^{cd}	0.998 ^e	34.2298 ^d

对果实颜色指标进行了相关性分析, 结果表明黄蓝色相值与饱和度的相关性最高为 0.984, 其次为亮度, 均达到显著相关; 色相角和亮度及红绿色相值呈负相关, 如图 1 所示。

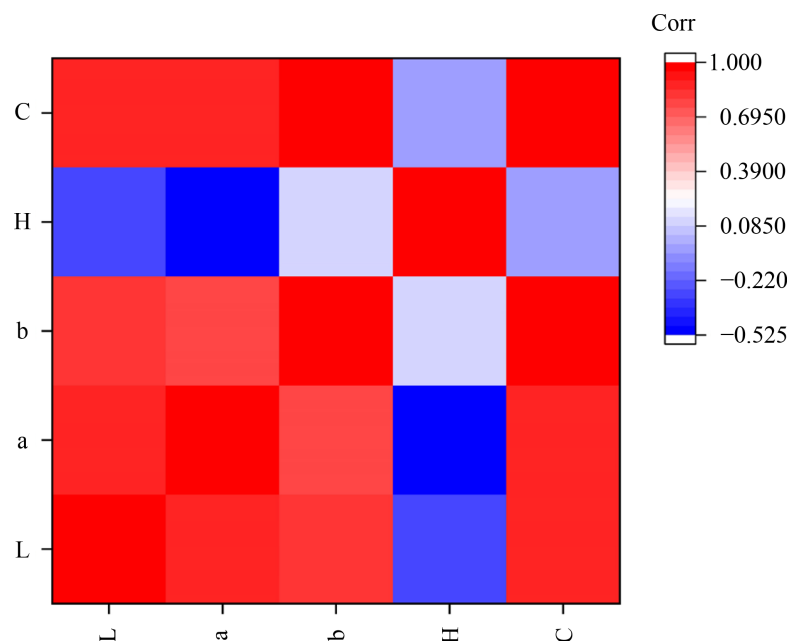


Figure 1. Correlation analysis of chromaticity values indexes

图 1. 不同冬青色差相关指标的相关性分析

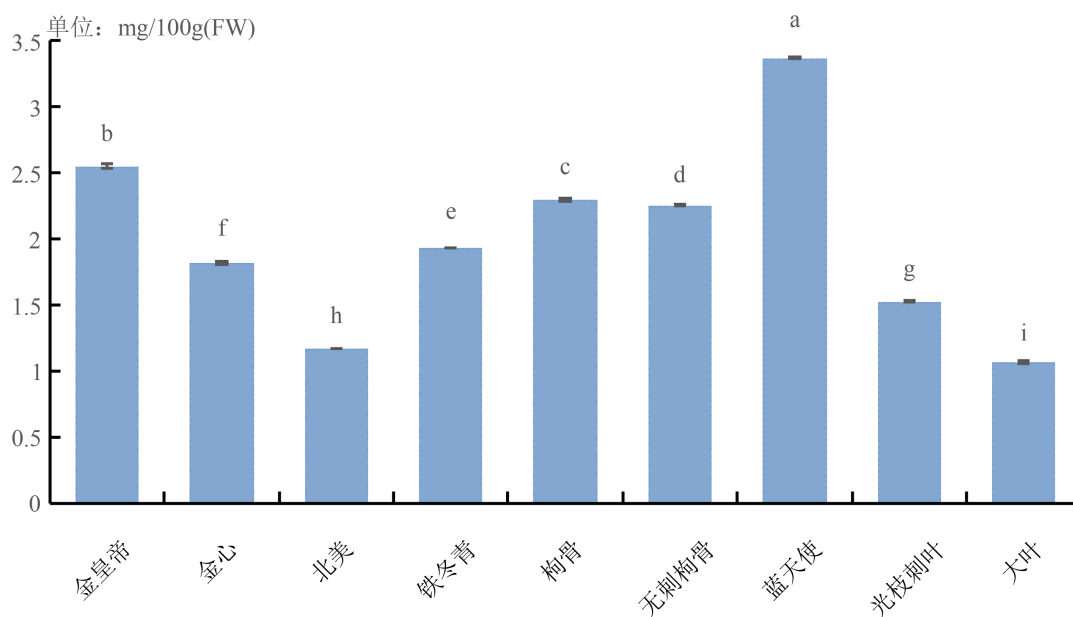


Figure 2. Content of anthocyanins in different holly fruits

图 2. 不同冬青果实花色苷的含量

不同冬青果实的花色苷含量测定分析结果表明蓝天使、金皇帝、枸骨、无刺枸骨等枸骨类的冬青属植物含量较高，分别为 3.3703 mg/g、2.5522 mg/g、2.2965 mg/g 和 2.257 mg/g，北美冬青和大叶冬青含量最少，仅为蓝天使的 34.2% 和 31.6%。如图 2 所示。

综合色差计结果及花色苷含量等指标，根据 K 均值法进行聚类，由图 3 可以看出乡土冬青大叶冬青和铁冬青自成一亚类，蓝天使、金皇帝、无刺枸骨、牢苏尼阿纳及北美冬青和光枝刺叶冬青聚为 1 类，其果实颜色、亮度等较为相近，如图 3 所示。

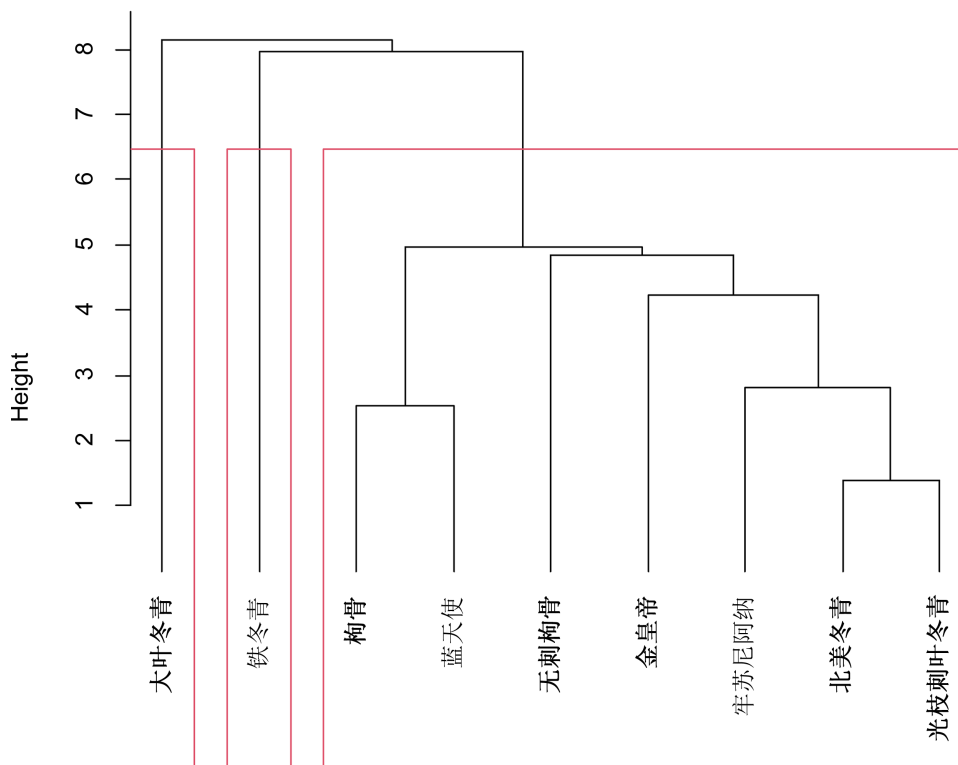


Figure 3. Cluster analysis based on fruit color-related indicators
图 3. 基于果实颜色相关指标聚类分析

在进行外在颜色测定分析的同时，利用质构仪对果实的物理质地进行了测定，如表 2 所示，果皮硬度最大的为大叶冬青，其次为牢苏尼阿纳和金皇帝，这与果实按压过程中的手感一致，与果实的大小无关，果实的脆性在各个种间无显著性差异。通过对果实质地结构指标的相关性分析可以得出，果皮硬度与果肉硬度具有较高的相关性；而其他指标间无显著性相关，见图 4。

Table 2. Physical property indicators of fruit
表 2. 果实物理特性指标

	果皮硬度(N)	果肉硬度(N)	果肉紧实度(N)	脆性(mm)
金皇帝	12.12	6.849	-0.037	3.534
牢苏尼阿纳	13.467	6.139	-0.113	3.465
北美冬青	4.139	3.003	-0.024	2.984
铁冬青	3.057	1.799	-0.031	3.425
枸骨	7.111	3.97	-0.031	2.893
无刺枸骨	6.179	3.282	-0.131	2.634
蓝天使	8.902	5.097	-0.047	3.106
光枝刺叶	5.331	2.951	-0.041	2.574
大叶冬青	20.547	6.205	-0.05	3.002

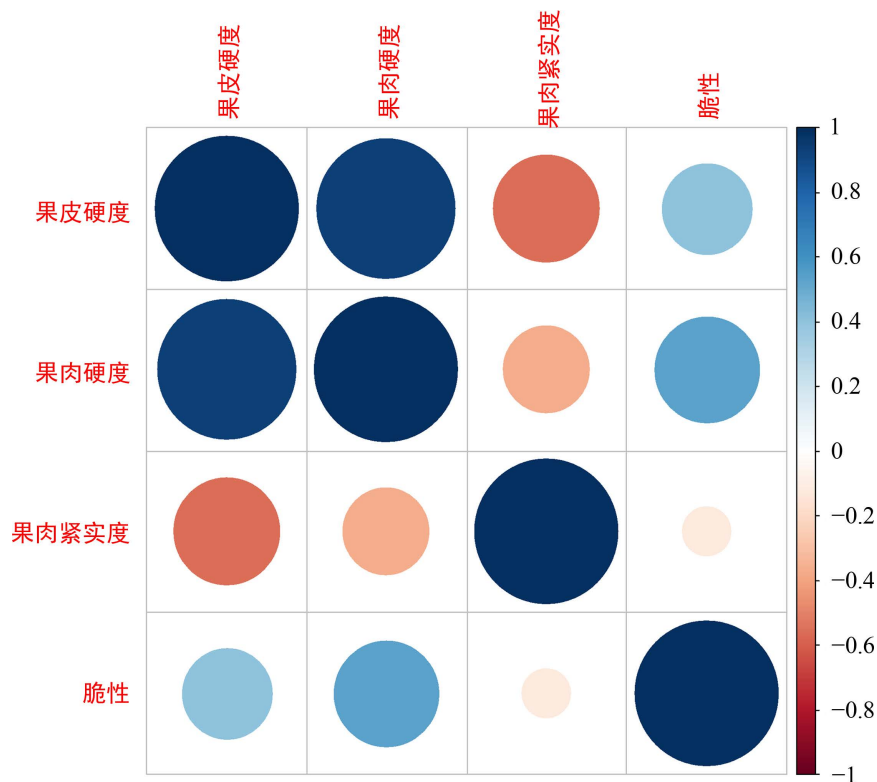


Figure 4. Correlation analysis of physical characteristics indicators of fruits

图 4. 果实物理特性指标相关性分析

并根据果实质地指标进行了聚类分析，如图 5 所示 9 个种的果实可分为 3 大亚类，包括亚类 1 大叶冬青，亚类 2 金皇帝和牢苏尼阿纳及亚类 3 蓝天使、铁冬青、北美冬青、枸骨、无刺枸骨及光枝刺叶冬青。

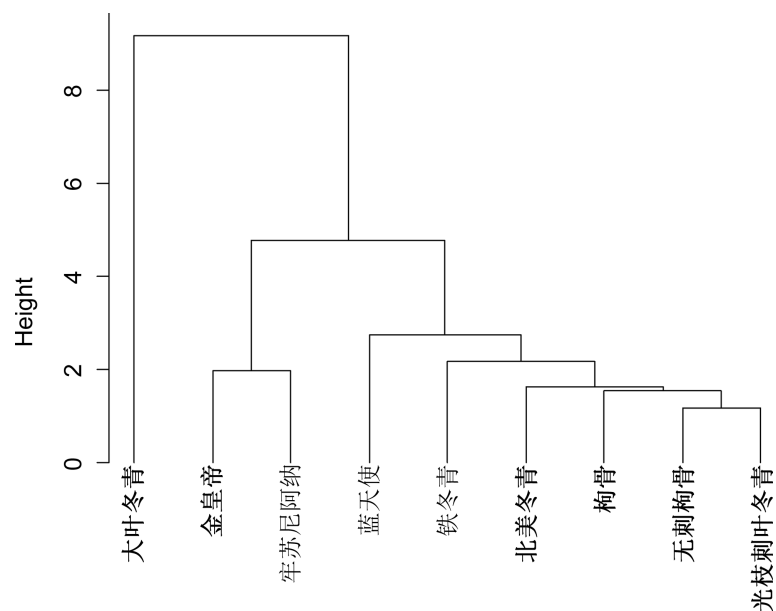


Figure 5. Clustering analysis based on physical characteristics of fruits

图 5. 基于果实物理特性的聚类分析

结果表明冬青属植物的果实在色泽及果皮硬度、果肉硬度等均存在着较大的差异,分析原因 9 个测试材料种的来源广泛,包括中国乡土树种、欧洲园艺品种及美国品种等。

4. 结论与讨论

利用色差仪与质构仪的测定指标量化比较 9 种不同冬青果实的色泽及质地结构,确定了指标与感官的之间的关联性,并确定了指标之间的相互关系,为区别果实色泽及果实质地提供了重要指标。

色差计的指标与人眼观察的结果一致,指标的数量变化可以反映果实真实的色度情况。本实验用到 9 种不同冬青植物的果实,其亮度和果色存在一定的差别,如果实的亮度,铁冬青和光枝刺叶冬青与金皇帝等园艺品种相比存在和较大差异。研究表明通过色差计的色差指标分析可对果实的颜色进行了量化分析,其效果优于通过色卡比较对果色颜色定性描述的传统手段。这与蔬菜颜色的研究效果一致,如茄子的紫色辨别[9]和辣椒红色的量化比较[10]等。在呈色物质花色苷的测定分析中发现枸骨类冬青果实的含量明显高于其他种类,这与枸骨果实色素物质含量结果一致。

质构仪在食品检测中应用广泛[11],同时对于水果中与储存、口感等相关的果皮厚度、硬度中也有应用[12]。冬青果实的果皮厚度、硬度等可能与果实的淀粉含量等有较强的相关性[13],质地指标也与果实的口感等有关[14]。通过补充挂果时间、鸟类喜好程度等可为冬青育种中果实指标的比较分析提供参考。

基金项目

宁波市“科技创新 2025”重大专项“冬青属植物遗传资源定向挖掘与种质创新利用”(2019B10014)。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [2] 陈景艳, 姜运力, 潘德权. 贵州野生冬青属树木观赏生物学特性研究[J]. 贵州林业科技, 2006, 34(3): 25-28.
- [3] 钱奕, 卢立新. 贮藏条件对茶饮料品质影响的试验研究[J]. 包装工程, 2009, 30(11): 34-35.
- [4] 王利群, 戴雄泽. 色差计在辣椒果实色泽变化检测中的应用[J]. 辣椒杂志, 2009, 7(3): 23-26.
- [5] 王学征, 杨天天, 刘争, 等. 西瓜果皮硬度相关性状分析[J]. 东北农业大学学报, 2020, 51(2): 35-44.
- [6] 金丽梅, 朱成成, 杨斯琪, 等. 超声辅助法提取红豆种皮中花色苷的工艺研究[J]. 保鲜与加工, 2022, 22(11): 41-47.
- [7] 周靖宇, 薄艳红, 解小锋, 等. 无花果果实质地测定参数优化及质地特性分析[J]. 经济林研究, 2020, 38(3): 258-264.
- [8] 马庆华, 王贵禧, 梁丽松, 等. 冬枣的穿刺质地及其影响因素[J]. 林业科学研究, 2011, 24(5): 596-601.
- [9] 郭守鹏, 黄昌见, 卢绪鹏, 等. 色差仪在茄子果色评价中的应用[J]. 中国果菜, 2022, 42(11): 61-65.
- [10] 郭咏梅, 段旭东, 白健君, 等. 观赏辣椒果实花青素提取及果色相关性分析[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2021, 41(1): 48-58.
- [11] 张秋会, 宋莲军, 黄现青, 等. 质构仪在食品分析与检测中的应用[J]. 农产品加工, 2017(24): 52-56.
- [12] 冯建英, 李鑫, 原变鱼, 等. 智能感官技术在水果检测中的应用进展及趋势[J]. 南方农业学报, 2020, 51(3): 636-644.
- [13] 许玲, 魏秀清, 章希娟, 等. 质构仪整果穿刺法评价 3 个毛叶枣品种果实质地参数[J]. 福建农业学报, 2018, 33(6): 621-625.
- [14] 程文强, 龚榜初, 吴开云, 等. 基于质构仪与电子舌的甜柿口感品质综合评价[J]. 果树学报, 2022, 39(7): 1281-1294.