

灞桥樱桃多品质数据分析

王 婷¹, 王 冬^{2,3*}, 韩 平^{2,3}, 李 瑞¹, 白 洁¹, 陈海朋¹, 莫丽丽¹

(1. 西安市灞桥区农产品质量安全检验检测中心, 西安 710038; 2. 北京农业质量标准与检测技术研究中心, 北京 100097; 3. 农业农村部农产品质量安全风险评估实验室(北京), 北京 100097)

摘 要: **目的** 综合分析灞桥樱桃多种品质数据, 以寻找影响灞桥樱桃品质的主要因素。**方法** 采用近红外光谱仪无损测定灞桥樱桃样品可溶性固形物含量(soluble solid content, SSC)、可滴定酸含量、果实硬度, 根据 SSC 和可滴定酸含量计算糖酸比, 并采用电子天平、游标卡尺分别测定单果重和果实横径数据。分别对灞桥樱桃 6 种品质数据进行统计分析、直方图分析和相关分析, 并采用主成分分析算法对灞桥樱桃品质数据进行综合分析。**结果** 灞桥樱桃单果重、SSC 和糖酸比的变异系数较大, 可滴定酸含量、果实横径和果实硬度相对较小; 灞桥樱桃的单果重、果实横径、果实硬度、SSC、可滴定酸含量、糖酸比的平均值 $\pm$ 样本标准差($\bar{x} \pm s$)分别为(7.21 $\pm$ 1.34) g、(25.44 $\pm$ 1.69) mm、(3.70 $\pm$ 0.06) kg/cm²、(14.7 $\pm$ 2.6) Brix、(0.41 $\pm$ 0.03) %、(35.8 $\pm$ 4.9), 各品质数据基本符合正态分布规律; 灞桥樱桃质地均匀性较好, 且 SSC 和糖酸比之间具有较高的相关性; 前 4 个主成分的累计贡献率为 98%, 可溶性固形物含量、果实硬度、糖酸比这 3 个品质参数对整体数据的影响较大; 果实横径、单果重对数据的影响分别次之; 可滴定酸含量对数据的影响较小。**结论** 采用近红外光谱分析仪获取灞桥樱桃 SSC、可滴定酸含量及果实硬度数据过程具有无损、快速、高效的特点, 有利于消除樱桃果实之间的差异所导致的不确定性; 结合单果重、果实横径数据可对灞桥樱桃品质数据进行综合分析, 可为灞桥樱桃品质评价提供数据参考。

关键词: 无损检测; 主成分分析; 统计; 近红外光谱; 灞桥樱桃

Data analysis of multi-quality of Baqiao cherry

WANG Ting¹, WANG Dong^{2,3*}, HAN Ping^{2,3}, LI Rui¹, BAI Jie¹, CHEN Hai-Peng¹, MO Li-Li¹

(1. Testing and Monitoring Center for Agricultural Product Quality and Safety of Baqiao District of Xi'an City, Xi'an 710038, China; 2. Beijing Research Center for Agricultural Standards and Testing (BRCast), Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 3. Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Agro-products (Beijing), Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic China, Beijing 100097, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the multiple quality data of Baqiao cherry comprehensively and find out the main influence factors of Baqiao cherry. **Methods** The soluble solid content (SSC), titratable acid content, fruit firmness of Baqiao cherry samples were tested based on near-infrared spectrometer, and the sugar-acid ratio were

基金项目: 北京市农林科学院科技创新能力建设专项储备性研究课题(KJCX20180409)、北京工商大学食品安全大数据技术北京市重点实验室开放课题(BUBD-2017KF-11)

Fund: Supported by the Fund of Reserve Research, Innovation Ability Building Special Project of Science and Technology, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences (KJCX20180409), and the Fund of the Beijing Key Laboratory of Big Data Technology for Food Safety, Beijing Technology & Business University (BTBU) (BUBD-2017KF-11)

***通讯作者:** 王冬, 副研究员, 主要研究方向为振动光谱分析与化学计量学。E-mail: wangd@brcast.org.cn

***Corresponding author:** WANG Dong, Associated Researcher, Beijing Research Center for Agricultural Standards and Testing (BRCast), Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Agro-products (Beijing), Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, Beijing 100097, China. E-mail: wangd@brcast.org.cn

calculated by SSC and titratable acid content. Moreover, single fruit weight and fruit transverse diameter were tested by electronic balance and vernier caliper respectively. The statistical analysis, histogram analysis and correlation analysis were applied to the 6 quality data of Baqiao cherry, while principal component analysis (PCA) were used to analyze the quality data of Baqiao cherry comprehensively. **Results** The coefficients of variation of the single fruit weight, SSC and sugar-acid ratio were larger, while those of titratable acid content, fruit transverse diameter and fruit firmness were relatively small. The average $\pm$ standard deviation ($\bar{x} \pm s$) of single fruit weight, fruit transverse diameter, fruit firmness, SSC, titratable acid content, sugar-acid ratio were (7.21 ± 1.34) g, (25.44 ± 1.69) mm, (3.70 ± 0.06) kg/cm², (14.7 ± 2.6) Brix, (0.41 ± 0.03) % and (35.8 ± 4.9) , respectively, and all the 6 quality data conformed to the normal distribution law basically. The Baqiao cherry was of good texture uniformity and there was high correlation between SSC and sugar-acid ratio. The cumulative contribution of the first four principal components was 98 %. SSC; fruit firmness and sugar-acid ratio were of larger influence to the whole data; while the influence of fruit transverse diameter and single fruit weight was second; furthermore, that of titratable acid content was small. **Conclusion** The data acquirement of SSC, titratable acid content and fruit firmness of Baqiao cherry by near-infrared spectrometer is nondestructive, rapid and high efficiency, which is in favor of eliminating the uncertainty among the cherry fruits' difference. Combined with the data of single fruit weight and fruit transverse diameter, the comprehensive analysis to the quality data of Baqiao cherry can be carried out, which will provide data reference for the evaluation of the quality of Baqiao Cherry.

KEY WORDS: nondestructive testing; principal component analysis; statistics; near-infrared spectroscopy; Baqiao cherry

1 引 言

近年来,随着人民生活水平的提高,对水果的要求也从过去的“量”逐步转向为“质”。灞桥樱桃是陕西省西安市灞桥区特产,具有颗粒饱满、果型硕大、果实呈肾形或宽心脏形、色泽艳丽有光泽、果肉质地细腻汁多、口感酸甜、香气浓郁、营养丰富等特点,具有较高的食用和药用价值。2012 年 6 月,原国家质量监督检验检疫总局批准对“灞桥樱桃”实施地理标志产品保护^[1]。

灞桥樱桃作为高附加值水果,其品质直接决定其价格。因此,灞桥樱桃品质受到果农、消费者等的广泛关注。常见的品质指标,如可溶性固形物含量(soluble solid content, SSC)、可滴定酸含量、果实硬度的传统检测方法需要对果实进行破切,即破坏性检测,其过程操作繁琐、检测成本高,由此造成抽样检测覆盖率低、代表性不佳等问题。此外,关于灞桥樱桃诸多品质指标中的相关性、主次关系尚不明确,从而难以在灞桥樱桃采收、分级等环节形成统一意见。

随着化学计量学的进步和计算机技术的发展,近红外(near-infrared, NIR)光谱分析技术在近几十年来异军突起,成为无损检测领域的代表性方法^[2-7]。近红外光谱基于分子中含氢基团的合频与倍频吸收而产生,因此对于绝大多数农产品而言可以使用近红外光谱技术对其品质进行无损快速分析。近红外光谱分析技术在无损分析模型的基础上可以对分析对象一次采集光谱数据同时得到多种品质数

据。近红外光谱分析技术具有快速、无损、高效的特点^[8,9],目前很多学者将近红外光谱分析技术应用于果蔬可溶性固形物含量无损检测^[10-12]、花生脂肪酸^[13]及维生素 E^[14]无损检测等领域,并取得一定的成果。

有别于传统分析方法,本研究采用基于近红外光谱原理的无损检测装备获取灞桥樱桃 SSC、可滴定酸含量和果实硬度数据,实验过程不必对樱桃样品进行破切,亦即将同一樱桃样品同时获得 SSC、可滴定酸含量、果实硬度数据后,进一步测量其单果重和果实横径数据。基于上述数据,分别对灞桥樱桃上述 6 种品种数据进行统计分析、直方图分析和相关分析,并采用主成分分析(principal component analysis, PCA)算法^[15]对灞桥樱桃品质数据进行综合分析,从而寻找灞桥樱桃诸多品质之间的关联与主次关系,以期为灞桥樱桃品质鉴别、采收、品质分级等环节提供数据支持,消除樱桃果实之间的差异所导致的不确定性,为地理标志产品灞桥樱桃的品质综合数据分析提供一定的参考。

2 材料与方法

2.1 实验材料

灞桥樱桃样品 750 个,采摘自陕西省西安市灞桥区狄寨街办、席王街办、洪庆街办樱桃种植基地,包含红灯、早大果、布鲁克斯、美早、萨米脱、艳阳 6 个主要品种,基本按照每个品种种植面积比例采摘。

2.2 实验仪器

TDR1700 水果品质无损快速分析仪[北京农业质量标

准与检测技术研究中心与北京格致同德科技有限公司联合研制,以数字光处理(digital light processing, DLP)近红外光谱仪为内核],仪器参数:光谱范围 900~1700 nm,中心分辨率 10 nm,采用漫反射方式采集数据;XY5000BF 电子天平(感量 0.01 g,常州幸运电子设备有限公司);1331 游标卡尺(误差:±0.02 mm,艾瑞泽公司)。

2.3 实验方法

采用水果品质无损快速分析仪采集樱桃近红外光谱数据,用仪器内置模型预测 SSC、可滴定酸含量、果实硬度数据,并根据 SSC、可滴定酸含量计算樱桃糖酸比,如公式(1)所示:

糖酸比 = $\frac{SSC}{\text{可滴定酸含量}}$ (1)

采用电子天平测定樱桃单果重数据,采用游标卡尺测定樱桃果实横径数据。

2.4 数据处理

(1) 数据统计分析:对灞桥樱桃的 6 个品质数据分别计算样本容量、最小值、最大值、平均值、样本标准差、极差和变异系数。

(2) 直方图分析:基于 MATLAB 环境(v. R2017b),对灞桥樱桃的 6 个品质数据分别绘制直方图,结合品质数据均值和样本标准差对灞桥樱桃品质数据进行分析。

(3) 相关系数分析:对灞桥樱桃的 6 个品质数据两两计算相关系数,构成灞桥樱桃品质数据相关系数矩阵。

(4) 主成分分析:采用通用化学计量学软件 The Unscrambler(挪威 CAMO 公司, v. 9.7)对灞桥樱桃的 6 个品质数据做 PCA,对载荷矩阵特征向量进行解释。

3 结果与分析

3.1 数据统计分析

采用“水果品质无损快速分析仪”对灞桥樱桃采集 DLP-NIR 光谱数据,用樱桃品质模型对可溶性固形物含量、可滴定酸含量和果实硬度进行预测,并用可溶性固形物含量值除以可滴定酸含量值得到糖酸比。对单果重、果实横径、果实硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、糖酸比的检测结果统计样本容量(*n*)、最小值(*min*)、最大值(*max*)、平均值(*ave*)、样本标准差(*std*)、极差(*Rx*)和变异系数(*CV*),结果如表 1 所示。单果重、SSC 和糖酸比的变异系数皆超过 10%,而可滴定酸含量、果实横径和果实硬度的变异系数皆小于 10%,说明灞桥樱桃单果重、SSC 和糖酸比的变异较大,而可滴定酸含量、果实横径和果实硬度相对较为稳定。

3.2 直方图分析

基于 MATLAB 环境,对灞桥樱桃的 6 个品质数据分

别绘制直方图,结合品质数据均值和样本标准差对灞桥樱桃品质数据进行分析,如图 1 所示。其中,灞桥樱桃单果重均值±样本标准差为(7.21±1.34) g,其直方图如图 1(a)所示;灞桥樱桃果实横径均值±样本标准差为(25.44±1.69) mm,其直方图如图 1(b)所示;灞桥樱桃果实硬度均值±样本标准差为(3.70±0.06) kg/cm²,其直方图如图 1(c)所示;灞桥樱桃 SSC 均值±样本标准差为(14.7±2.6) Brix,其直方图如图 1(d)所示;灞桥樱桃可滴定酸含量均值±样本标准差为(0.41±0.03) %,其直方图如图 1(e)所示;灞桥樱桃糖酸比均值±样本标准差为(35.8±4.9),其直方图如图 1(f)所示。通过灞桥樱桃 6 个品质数据的直方图分布趋势可见,单果重、果实横径、果实硬度、SSC、可滴定酸含量、糖酸比基本上符合正态分布规律。

表 1 灞桥樱桃品质数据统计
Table 1 The Statistics of the quality data of Baqiao cherry

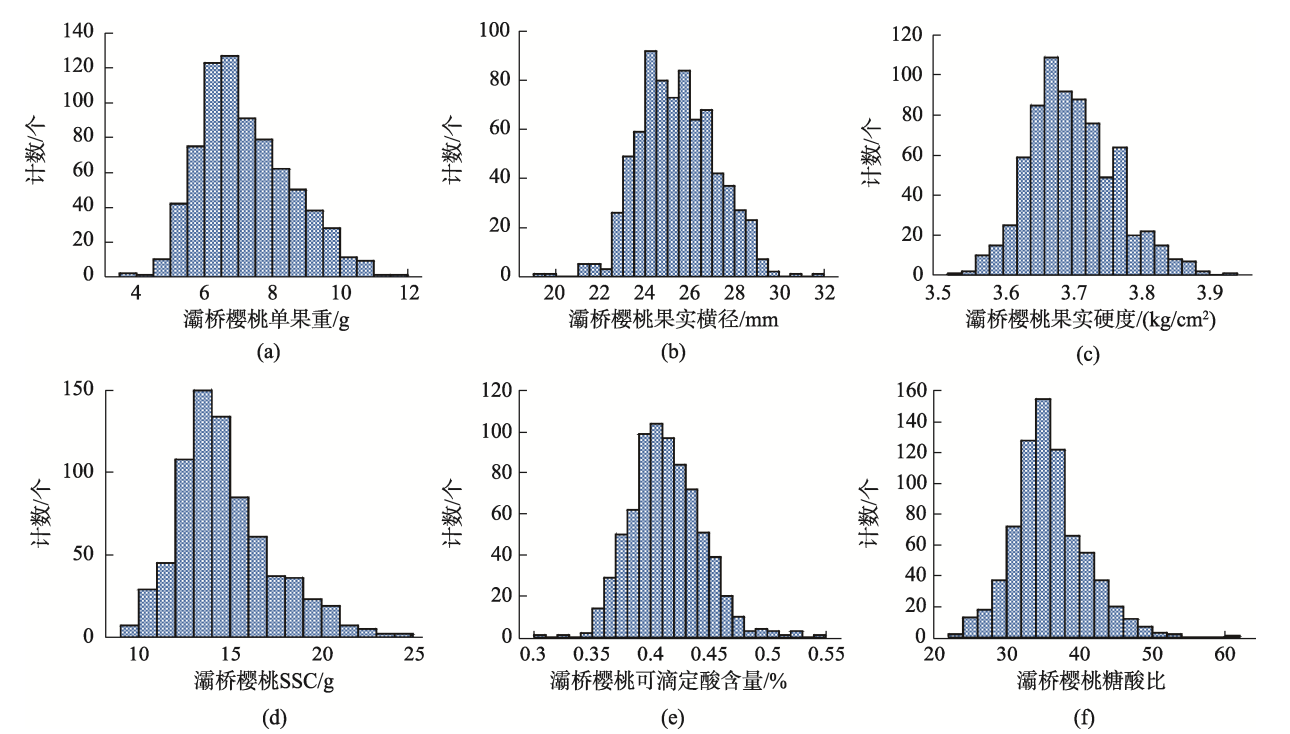
统计量	单果重 /g	果实横径 /mm	果实硬度 /(kg/cm ²)	SSC/Brix	可滴定酸 含量/%	糖酸比
<i>n</i>	750	750	750	750	750	750
<i>min</i>	3.76	19.16	3.52	9.7	0.30	23.6
<i>max</i>	11.77	31.59	3.93	25.0	0.54	60.4
<i>ave</i>	7.21	25.44	3.70	14.7	0.41	35.8
<i>std</i>	1.34	1.69	0.06	2.6	0.03	4.9
<i>Rx</i>	8.01	12.43	0.41	15.3	0.24	36.7
<i>CV</i>	18.5%	6.7%	1.7%	17.7%	7.5%	13.7%

3.3 相关系数分析

对灞桥樱桃的 6 个品质数据两两计算相关系数,构成灞桥樱桃品质数据相关系数矩阵,如表 2 所示。从表 2 数据可见,SSC 和糖酸比之间的相关系数最高,达到 0.9118;单果重和果实横径之间的相关系数其次,达到 0.8690;其他指标之间的相关系数皆不足 0.8。由相关系数可见,SSC 和糖酸比之间具有较高的相关性,结合表 1 数据,可滴定酸含量的变异系数仅为 7.5%,说明灞桥樱桃可滴定酸含量数据变异较小、SSC 数据变异较大,根据公式(1)糖酸比的计算方法可知,SSC 和糖酸比之间具有较高的相关性;单果重和果实横径之间的相关系数达到 0.8690,说明灞桥樱桃质地均匀性较好,因此果实横径和单果重之间具有一定的相关性。

3.4 主成分分析

为消除灞桥樱桃 6 个品质指标之间的共线性信息,采用 PCA 算法对无损检测法所测数据进行分析。采用软件 The Unscrambler v9.7 实现主成分分析过程。在做 PCA 前,采用数据标准化预处理,以消除各品质参数的量纲和数量级的



注: (a) 单果重; (b) 果实横径; (c) 果实硬度; (d) SSC; (e) 可滴定酸含量; (f) 糖酸比

图 1 灞桥樱桃品质数据直方图

Fig.1 Histograms of the quality data of Baqiao cherry

表 2 灞桥樱桃品质数据相关系数矩阵
Table 2 The correlation coefficients matrix of the quality data of Baqiao cherry

/	单果重	果实横径	果实硬度	SSC	可滴定酸含量	糖酸比
单果重	1.0000	0.8690	0.3097	0.3540	0.2092	0.3364
果实横径	0.8690	1.0000	0.1849	0.2451	0.1265	0.2475
果实硬度	0.3097	0.1849	1.0000	0.7803	0.6239	0.6499
SSC	0.3540	0.2451	0.7803	1.0000	0.6617	0.9118
可滴定酸含量	0.2092	0.1265	0.6239	0.6617	1.0000	0.3037
糖酸比	0.3364	0.2475	0.6499	0.9118	0.3037	1.0000

差异对 PCA 结果的负面影响。数据标准化按照公式(2)计算:

$$x_{St} = \frac{x - \bar{x}}{s} \tag{2}$$

公式(2)中, x 是某一品质指标列向量, $\bar{x}$ 是该品质指标列向量平均值, s 是该品质指标列向量样本标准差, x_{St} 是标准化的品质指标列向量。

对无损检测法所测数据进行主成分分析所得载荷数据及主成分贡献率、累积贡献率如表 3 所示。从表 3 数据可见, 前 4 个主成分的累积贡献率达到 98%, 说明前 4 个主成分可以代表原数据的主要数据信息。载荷数据绝对值说明, 第 1 主成分中, SSC 占有最大份额, 果实硬度、糖酸比其次, 可滴定酸含量再次; 第 2 主成分中, 果实横径和单果重占有最大份额, 可滴定酸含量和果实硬度其次; 第

3 主成分中, 可滴定酸含量占有最大份额, 糖酸比其次; 第 4 主成分中, 果实硬度占有最大份额, 可滴定酸含量、可溶性固形物含量其次。

上述结果表明, 针对所测的灞桥樱桃品质数据, 可溶性固形物含量、果实硬度、糖酸比这 3 个品质参数对整体数据的影响较大, 亦即, 整体数据的较多信息来源于上述 3 个品质的综合数据; 果实横径、单果重对数据的影响分别次之; 可滴定酸含量对数据的影响较小。上述 4 个主成分函数如下:

$$\begin{aligned} z_1 &= 0.3380x_1 + 0.2810x_2 + 0.4580x_3 + 0.5100x_4 + 0.3680x_5 + 0.4500x_6 \\ z_2 &= 0.6000x_1 + 0.6640x_2 - 0.2420x_3 - 0.2280x_4 - 0.2600x_5 - 0.1480x_6 \\ z_3 &= 0.0710x_1 + 0.0696x_2 + 0.0915x_3 - 0.1660x_4 + 0.7550x_5 - 0.6190x_6 \\ z_4 &= 0.0773x_1 - 0.0618x_2 + 0.8430x_3 - 0.3140x_4 - 0.3590x_5 - 0.2270x_6 \end{aligned}$$

表 3 灞桥樱桃品质数据 PCA 载荷、贡献率和累积贡献率
Table 3 The loading, contribution, cumulative contribution of PCA of the quality data of Baqiao cherry

主成分	单果重	果实横径	果实硬度	SSC	可滴定酸含量	糖酸比	贡献率	累积贡献率
PC01	0.3380	0.2810	0.4580	0.5100	0.3680	0.4500	56%	56%
PC02	0.6000	0.6640	-0.2420	-0.2280	-0.2600	-0.1480	25%	81%
PC03	0.0710	0.0696	0.0915	-0.1660	0.7550	-0.6190	12%	93%
PC04	0.0773	-0.0618	0.8430	-0.3140	-0.3590	-0.2270	5%	98%
PC05	0.7180	-0.6870	-0.1130	0.0109	0.0036	-0.0102	2%	100%
PC06	-0.0096	0.0103	-0.0094	0.7490	-0.3130	-0.5840	0%	100%

其中, z_1 、 z_2 、 z_3 、 z_4 分别代表第 1、2、3、4 主成分载荷向量, x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 分别代表单果重、果实横径、果实硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量和糖酸比。

结合樱桃品质对上述结果进行解释如下: 可溶性固形物含量和果实硬度这两个品质参数与樱桃的成熟程度密切相关, 结合可滴定酸含量数据的变异系数较小仅为 7.5%, 因而糖酸比也成为第一主成分中的重要组成部分; 另一方面, 果实横径和单果重是影响樱桃外观品质的两个重要品质参数, 在所测数据中的重要性仅次于可溶性固形物含量、果实硬度和糖酸比; 相对而言, 可滴定酸含量对樱桃品质数据的较小。

4 结 论

本研究采用无损检测装备对灞桥樱桃无损测定果实硬度、SSC、可滴定酸含量并计算糖酸比数据, 从而消除了樱桃果实之间的差异所导致的不确定性; 在提高樱桃采样代表性的同时, 使采样量相对减少, 值得在农业生产一线推广使用。结合单果重、果实横径, 对 6 项品质数据采用统计分析、直方图分析、相关分析以及主成分分析对数据进行分析处理。对灞桥樱桃品质数据进行综合分析结果表明, SSC、果实硬度、糖酸比对整体数据影响较大; 果实横径、单果重对数据的影响分别次之; 可滴定酸含量对数据的影响较小。本文可为灞桥樱桃品质评价提供数据参考。

参考文献

[1] DB61/T518-2011 陕西省地方标准 地理标志产品灞桥樱桃[S].
DB61/T518-2011 Shaanxi provincial standard-Baqiao cherry for geographical indication products [S].
[2] Maniwaru P, Nakano K, Ohashi S, *et al.* Evaluation of NIRS as non-destructive test to evaluate quality traits of purple passion fruit [J]. *Sci Horti*, 2019, 257: 108712.
[3] Roberto C, Mariano P, Tiziana A, *et al.* FT-NIR spectroscopy and multivariate classification strategies for the postharvest quality of green-fleshed kiwifruit varieties [J]. *Sci Horti*, 2019, 257: 108622.
[4] Uwadaira Y, Sekiyama Y, I A. An examination of the principle of non-destructive flesh firmness measurement of peach fruit by using

VIS-NIR spectroscopy [J]. *Heliyon*, 2018, 4: e00531.
[5] Oliveira FG, Bicudo MO, Andrade EF, *et al.* Quality traits prediction of the passion fruit pulp using NIR and MIR spectroscopy [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2018, 95: 172-178.
[6] 张鹤冬, 王冬, 韩平, 等. 基于线性渐变分光近红外光谱仪的苹果可溶性固形物含量无损检测研究[J]. *农产品质量与安全*, 2018, (5): 53-57.
Zhang HD, Wang D, Han P, *et al.* Research on non-destructive of soluble solid content in apple based on linear variable filter NIR spectrometer [J]. *Qual Saf Agro-Prod*, 2018, (5): 53-57.
[7] 侯宝路, 李柏承, 周瑶, 等. 基于可见-近红外高光谱成像技术的梨硬度和可溶性固体含量的预测[J]. *激光杂志*, 2015, 36(10): 70-74.
Hou BL, Li BC, Zhou Y, *et al.* Soluble solids content and firmness prediction of pears based on visible-near infrared hyperspectral image [J]. *Laser J*, 2015, 36(10): 70-74.
[8] 王冬, 王世芳, 罗娜, 等. 基于数字光处理技术的梨可溶性固形物含量的无损速测研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(11): 2722-2727.
Wang D, Wang SF, Luo N, *et al.* Research on the rapid and non-destructive determination of soluble solid content of pears based on digital light procession [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(11): 2722-2727.
[9] 唐长波, 方立刚. 黄桃可溶性固形物的近红外漫反射光谱检测[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(11): 331-333.
Tang CB, Fang LG. Detection of soluble solid content in yellow peach by near infrared diffuse reflectance spectroscopy [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2013, 41(11): 331-333.
[10] 郭卫东, 倪开诚, 孙旭东, 等. 基于 CWT 和 GRNN 的可见-近红外漫反射光谱检测樱桃糖度的研究[J]. *食品科学*, 2009, 30(12): 140-143.
Guo WD, Ni KC, Sun XD, *et al.* Determination of sugar content in cherry fruit by visible-near infrared diffuse reflectance spectroscopy based on CWT and GRNN [J]. *Food Sci*, 2009, 30(12): 140-143.
[11] 张鹤冬, 吴静珠, 韩平, 等. 近红外光谱变量选择及其在苹果可溶性固形物含量无损速测中的应用[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(1): 209-214.
Zhang HD, Wu JZ, Han P, *et al.* Variable selection of near infrared spectrum and its application in the non-destructive rapid detection for the soluble solid content in apples [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(1): 209-214.
[12] 王凡, 彭彦昆, 汤修映, 等. 樱桃番茄可溶性固形物含量的可见/近红外透射光谱无损检测[J]. *中国食品学报*, 2018, 18(10): 235-240.
Wang F, Peng YK, Tang XY, *et al.* Near infrared nondestructive testing of soluble solids content of cherry tomato [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2018, 18(10): 235-240.
[13] 曲艺伟, 张鹤, 韩笑, 等. 花生脂肪酸近红外模型的建立[J]. *分子植物*

育种, 2019, 17(2): 568–578.

Qu YW, Zhang H, Han X, *et al.* Establishment of near-infrared model of peanut fatty acids [J]. *Mol Plant Breed*, 2019, 17(2): 568–578.

- [14] 刘婷, 王传堂, 唐月昇, 等. 花生自然风干种子维生素 E 含量近红外分析模型构建[J]. *山东农业科学*, 2018, 50(6): 163–166.

Liu T, Wang CT, Tang YY, *et al.* A near infrared spectroscopy model for predicting vitamin E content in sun-dried peanut seeds [J]. *Shandong Agric Sci*, 2018, 50(6): 163–166.

- [15] 朱子成, 张子幸, 裴爽, 等. 西瓜主要数量性状的相关性和主成分分析[J]. *北方园艺*, 2017, (12): 35–39.

Zhu ZC, Zhang ZX, Pei S, *et al.* Correlation and principal component analysis of main quantitative characteristics in watermelon [J]. *Northern Horticult*, 2017, (12): 35–39.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



王 婷, 农艺师, 主要研究方向为农产品质量安全监测与园艺生产技术。

E-mail: 84898619@qq.com



王 冬, 副研究员, 主要研究方向为振动光谱分析与化学计量学。

E-mail: wangd@brcast.org.cn