

农产品品质评价体系的构建

李丽梅, 李红艳, 钱训*

(河北省农林科学院生物技术与食品科学研究所, 石家庄 050051)

摘要: 随着社会进步和生活水平的提高, 消费者对农产品的消费需求从“量”转变为“质”, 即从追求“吃得饱”转向“吃得好”, 希望获得优质的农产品。如何评价农产品是否优质成为新时代农业行业的重要任务。农产品品质评价过程包括品质指标的确定和评价方法的选择以及在此基础上建立的评价体系。农产品品质评价指标的确定要根据研究主体的特点, 结合消费偏好、文献调研等进行评价。本文结合文献和工作经验就方差分析、相关性分析、回归分析、聚类分析、因子分析和主成分分析、判别分析等在品质评价过程中如何应用及注意事项做了详细描述。对完善农产品品质评价体系的构建提出了3点建议: 制修订相关评价标准、采用多种科学合理的数理统计方法进行综合评价和基于评价模型开发实用软件, 对农产品统一标准进行评价。最后针对代谢组学技术在农产品品质挖掘方面的应用对农产品品质评价工作提出了展望, 以为农产品品质评价提供方法和思路的借鉴和参考。

关键词: 农产品; 品质评价; 评价指标; 评价体系; 构建

Construction of agricultural product quality evaluation system

LI Li-Mei, LI Hong-Yan, QIAN Xun*

(Institute of Biotechnology and Food Science, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

ABSTRACT: With the improvement of social progress and living standards, consumers' demand for agricultural products has changed from "quantity" to "quality", that is, from the pursuit of "being full" to "eating well", hoping to obtain high quality agricultural products. How to evaluate the quality of agricultural products has become an important task of agricultural industry in the new era. The evaluation process of agricultural products quality includes the determination of quality index and the selection of evaluation methods as well as the evaluation system established on this basis. The evaluation index of agricultural products quality should be determined according to the characteristics of the products, combined with consumer preferences and literature research. And this article provided a detailed description of the application and precautions of variance analysis, correlation analysis, regression analysis, cluster analysis, factor analysis, principal component analysis, discriminant analysis, etc. in the quality evaluation process, based on literature and work experience. The 3 suggestions were also gave to improve the construction of the agricultural product quality evaluation system, which are making and revising the relevant evaluation standards, adopting a variety of scientific and reasonable mathematical statistical methods for comprehensive evaluation, and

基金项目: 河北省科技计划项目(20547501D)、河北省农林科学院科技创新专项(2022KJCXZX-SSS-7)

Fund: Supported by the Science and Technology Program of Hebei Province (20547501D), and the Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences Agriculture Science and Technology Innovation Project (2022KJCXZX-SSS-7)

*通信作者: 钱训, 副研究员, 主要研究方向为农产品质量安全。E-mail: xunqian196805@sina.com

*Corresponding author: QIAN Xun, Associate Professor, Institute of Biotechnology and Food Science, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, No.598, Heping West Road, Xinhua District, Shijiazhuang 050051, China. E-mail: xunqian196805@sina.com

developing practical software based on the evaluation model to evaluate agricultural products with unified standards. Finally, the application of metabolomics technology in agricultural product quality research is prospected for agricultural product quality evaluation, and to provide reference for the methods and ideas of quality evaluation of agricultural products.

KEY WORDS: agricultural products; quality evaluation; evaluation index; evaluation system; construction

0 引言

随着社会进步和生活水平的提高,消费者对农产品的消费需求从“量”转变为“质”,即从追求“吃得饱”转向“吃得好”,希望获得优质的农产品。如何评价农产品是否优质成为新时代农业行业的重要任务。

农产品品质评价包括理化评价和感官评价。前者是指采用硬度计、质构仪、糖度计、色谱仪、质谱仪、分光光度计等仪器以物理、化学、色谱学、光谱学等方法对农产品的品质指标,包括硬度、可溶性固形物、酸度、维生素、矿物质、特殊营养成分(如多酚类、类胡萝卜素类、萜烯类、生物碱等物质)进行测定,以定量的方法进行评价。后者是指借助评价员或电子鼻、电子舌、电子眼、色差仪等仪器对其色、香、味、形等感官指标进行评价。理化评价和感官评价的结果相结合提供给消费者一个对农产品品质的完整认知。

在农产品品质评价过程中,评价指标的选择和确定、评价方法的选择以及评价模型的构建是开展评价工作的关键因素。目前关于某一种农产品品质评价的研究很多^[1-5],但关于如何选择指标和评价方法进行评价模型的构建却很

少。邵家威等^[6]通过研究各类芝麻油的定义、质量指标以及品质评价,结合相关的科学分析与论证,建议在相关国家标准中增加芝麻素、芝麻林素成分等指标,以建立更为科学、全面的芝麻油评价体系。本文从如何选择确定品质评价指标,如何选择合适的数理统计方法进行数据分析进行了详细阐述,并就未来品质评价工作提出了建议,以期为更好地开展农产品品质评价工作提供参考。

1 农产品品质评价指标的确定

农产品品质评价指标的确定要根据农产品自身的特点,结合消费偏好、文献调研等进行^[7]。如粗纤维(膳食纤维)为蔬菜品质评价的重要指标^[8],但水果、茶叶等农产品并不涉及这个指标,而糖酸比、可滴定酸常被列为水果的重要品质评价指标^[9],但不适用于蔬菜、茶叶等的评价。而茶叶的色、香、味等感官评价^[10]同样也不适用于蔬菜、水果。对于已知具有特殊营养价值的果蔬如西兰花、番茄、芦笋等,则应该将赋予其营养价值的特殊营养成分如硫苷^[11]、番茄红素^[12]、多酚^[13]列为品质评价指标之一。因此,开展品质评价前,应当首先根据上述原则对品质指标进行选择、确定。表1分类列出了可用于农产品品质评价的指标。

表1 评价不同类别农产品的品质指标

Table 1 Quality indexes of different kinds of agricultural products for evaluating

类别	品质指标
粮食类	粗蛋白质、直链淀粉、支链淀粉、胶稠度、碱消值、透明度、垩白度、脂肪、花色苷、香气、维生素、 β -葡聚糖、粗纤维
油料类	含油量、蛋白质、脂肪酸、水分、糖、粗纤维、矿物质元素、甾醇、氨基酸、维生素E、维生素K ₁ 、芥酸、硫代葡萄糖苷
蔬菜类	维生素C、干物质、可溶性固形物、还原糖、淀粉、蛋白、可溶性糖、单宁、可溶性糖、总酸、有机酸、酚酸、水分、粗纤维素、矿物质元素、 β -胡萝卜素、大蒜素、类胡萝卜素、花青素、叶绿素、辣椒素、番茄红素等
果品类	还原糖、有机酸、多糖、固酸比、类黄酮、总黄酮、类胡萝卜素、花色苷、果胶、单宁、石细胞含量、可溶性固形物、可溶性总糖、维生素C、可食率、总酸、酚酸、水分、硬度、膳食纤维、粗纤维、氨基酸总量、核黄素、矿物质元素、胡萝卜素
茶叶类	维生素C、锌、茶多酚、水浸出物、儿茶素、氨基酸、茶黄素、茶多糖、茶色素
食用菌类	总糖、水分、灰分、粗多糖、蛋白质、膳食纤维、矿物质元素、维生素、氨基酸、麦角甾醇、香菇素、香菇嘌呤、牛磺酸、朴菇素、蘑菇氨酸、5'-鸟苷酸、5'-肌苷酸、海藻糖、植物胶质、黑木耳素、卵磷脂、脑磷脂、鞘磷脂、甘露糖醇、平菇素、尿嘧啶、 β -吡啶甲酸、延胡索酸、鸡腿菇素、组胺、乙醇胺、胆碱、 β -葡聚糖、D-苏来醇、猴头菌素、猴头菌酮、牛肝菌素、凝集素、 γ -氨基丁酸、麦角硫因、吡喃酮抗生素、虫草酸、虫草素、腺苷、灵芝三萜类、茯苓三萜、猪苓葡聚糖I、甾酮、 α -羟基二十四碳酸

注:参考《全国名特优新农产品营养品质评价鉴定规范》和大量的国家标准和地方标准。

从大量查阅的标准看,我国目前缺乏可以依据的确定品质评价指标的标准。从评价指标看,地方标准、行业标准、地理标志产品的标准对品质指标有所涉及。以苹果为例,从文献研究看,现有的国内外关于品质评价的标准多局限于外观,如大小、成熟度、色泽、果面光洁度、缺陷等,极少涉及理化指标^[14]。我国苹果品质评价最主要的依据标准是 GB/T 10651—2008《鲜苹果》,对不同品种苹果的果实硬度和可溶性固形物含量进行了规定;个别地方标准(DB62/T 1380—2009《平凉金果 苹果》)增加了维生素 C 含量的评价。但是这些标准存在“标龄过长,修订不及时”^[14]、品质评价指标不完整等问题。因此,建议由农业部统一组织协调,结合我国不同农产品的自身特点,开展农产品品质评价标准的制修订工作,确定合理的评价指标和适宜的指标范围,提高农产品的市场准入门槛,并以此为依据指导开展农产品品质评价工作;同时建议相关农业监管部门加强品质方面的监管,达不到要求不得上市销售,以满足消费者对优质农产品的消费需求。

2 农产品品质评价体系的构建

由于在农产品品质评价过程中测定的指标很多,数据信息量繁杂,因此,采用统计分析软件如 SPSS 等,运用科学的数理统计方法进行数据处理和统计分析十分必要。目前常用的分析方法包括方差分析、相关分析、回归分析、聚类分析、因子分析、主成分分析和判别分析等。

方差分析用于判断不同农产品的某个品质指标之间是否存在显著性差异。一般用于比较不同品种、不同产地等农产品在品质指标方面的差异,发现不同,突出地域特征、品种特征等特异性。如宁夏灌区不同产地的‘红嘎啦’‘黄元帅’苹果的去皮硬度、pH、可溶性糖、可溶性固形物、可滴定酸均存在差异^[9]。不同品种树莓在外观、风味和营养品质方面均存在显著差异^[15]。说明产地和品种对品质指标影响较大。因此一般要首先对品质指标测定所获得的数据进行方差分析,寻找差异点,突出不同,便于选择合适的指标参与评价体系的构建。

相关性分析指研究品质指标之间是否存在相关关系,一般以正/负相关和相关系数表示。由于品质测定时指标繁杂,诸多指标之间可能存在信息重叠等问题。如文献报道可滴定酸含量与固酸比呈极显著负相关,可溶性固形物与可溶性糖含量呈极显著正相关,维生素 C 含量与单果质量呈极显著负相关^[9]。马铃薯块茎的弹性与薯皮脆性存在显著相关性,鲜块茎穿刺、全质构分析(texture profile analysis, TPA)压缩与剪切质地参数之间均存在显著或极显著正相关性,熟块茎 TPA 压缩和剪切质地参数之间均存在显著或极显著正相关性^[16]。鲜食糯玉米的 13 项指标间存在不同程度的相关性^[17]。采用相关性分析可以揭示品质指标之间的内在关系,明确相关性强的指标,以某一个指标代表几

个,达到精简指标的目的,便于后续分析。

因子分析和主成分分析是将大量彼此可能存在相关关系的指标转换成较少的彼此不相关的综合指标。在农产品品质评价过程中,理化评价和感官评价所产生的大量信息虽然为研究工作提供了丰富的数据,但指标之间存在的相关关系导致了信息重叠,增加了品质评价的复杂性。采用因子分析和主成分分析可以“降维”的方式,将大量信息转化为少数几个综合变量,简化工作量。何近刚等^[18]、牛佳佳等^[19]、李丽梅等^[20]根据因子分析结果确定了梨、番茄的代表性品质指标,简化了评价指标。而主成分分析法也已广泛应用于菜心^[21]、百香果^[22]、茶树^[23]、茶叶^[24]、葡萄^[25]、橙类^[26]、枣^[27]、猕猴桃^[28]、甜樱桃^[29]等农产品品质评价中,并建立相应的评价体系。根据建立的函数计算综合得分,分值越高,综合品质越好,依据得分优选出品质最佳的农产品。应用此方法时,注意根据因子的载荷选择对某个综合变量具有重要影响的指标时,载荷值不能太小,一般以不低于 0.7 为宜,否则会使同一个指标在不同综合变量中均有重要影响,干扰结果分析。

尽管主成分分析法已在农产品品质评价中得到广泛应用,但也有研究者认为主成分分析时品质指标的数值降维不能完全反映果品的品质^[30],选取的主成分会随其贡献率的变化呈现一定的波动性而影响最终评价结果^[31]。郭紫晶等^[32]针对纽荷尔脐橙提出了新的果实品质评价系统,首先调整各个指标的趋向性,然后将数据标准化,并根据其重要性分配权重,最后以对应权重和标准化的数据乘积之和计算最终得分。根据得分评价果实品质的优劣。这是一种“无损”的评价方法,所有的指标均参与评价。作者认为该评价系统能够更为客观地评价脐橙果品品质,亦可用于与纽荷尔脐橙具有相同评价标准的脐橙果品评价。这种评价方法标准相对统一,可以应用于不同地区农产品的品质比较与评价。

回归分析是通过规定自变量和因变量来确定变量之间的因果关系,根据实测数据来估计模型的各个参数,建立回归模型,可根据自变量对因变量作进一步预测。回归分析常用于预测产品的贮运性、货架期寿命等,对于选择适宜的品种、贮运条件等发挥着重要作用。何近刚等^[18]、牛佳佳等^[19]通过逐步回归分析法建立了梨果实品质预测模型,通过筛选的变量可预测果实的相应品质。SANCHEZ 等^[33]利用回归分析建立了红薯品质无损检测的评价技术模型。

聚类分析是根据研究对象的特征,按照一定标准对研究对象进行分类。聚类分析分为两类,一类是样本聚类,针对实测样本进行分类,将特征相近的样本分为一类;另一类是变量聚类,针对变量分类,将性质相近的变量分为一类。在农产品品质评价研究中,两种聚类方法都有应用。前者多应用于产地、品种等的聚类分析,后者用于品质评

价时精简评价指标,从一类变量中选取评价者认为重要的指标代表其他指标。周双等^[15]通过聚类分析将不同品种草莓按照品质指标分为 3 种类型:鲜食型、果脯果酱加工型和果汁果酒加工型。李丽梅等^[34]基于所含矿质元素的聚类分析将鸭梨按照产地进行了分类。这两个示例的聚类分析方法均为样本聚类。黄婷等^[35]通过聚类分析将枸杞鲜果的营养品质指标分为 5 大类,每类均含有多个同属于一类的指标,认为可据此予以指标的简化,且与主成分分析提取的指标基本一致。此种聚类为变量聚类。进行聚类分析时,可根据需要选用不同的距离,数值应选择适当,防止分类过多或过少,干扰结果的分析判断。

判别分析是在分类数目已知的情况下,根据已经确定分类对象的某些观测指标和所属类别来判断未知对象所属类别的一种统计学方法。首先要对研究对象进行分类(这里可以选用聚类分析),选择能够全面描述观测对象的若干变量,按照一定的判别准则,建立一个或多个判别函数,函数中的待定系数来源于研究对象的大量资料,并计算判别指标。对未确定类别的样品只需将其相关指标代入判别函数即可判断它属于哪类集合。判别分析分为两类,一类是一般判别分析,是在已知分类的前提下,把未知分类的观测值归入已有分类。通常首先建立判别函数,通过判别函数把未知分类的观测样本进行归类。另一类为逐步判别分析,需要在分析前对自变量进行一次筛选,即首先根据自变量和因变量的相关性对自变量进行筛选,然后利用选定的自变量进行判别分析。逐步判别分析时是在一般判别分析的基础上采取有进有出的原则,把判别能力强的变量引入判别式的同时,将判别能力差的变量剔除。最终在判别式中只保留数量不多而判别能力强的变量。在农产品品质评价中常用此类方法进行产地判别分析、地理标识产品的鉴伪等。李丽梅等^[34]采用逐步判别分析法建立了基于某些特定元素的溯源模型,成功地对鸭梨产地进行判别。苏华等^[36]通过 Fisher 判别建立了溯源模型,能够对香米产地实现溯源。

在实际的农产品品质评价研究时,需要多种分析方法结合使用,如武琳霞等^[37]、王丹等^[38]、王建芳等^[39]基于聚类分析和主成分分析法对冬枣、猕猴桃、燕麦品质进行了评价研究;尹欣幸等^[40]通过相关性分析和主成分分析筛选了鲜食花生品种;杨永娥等^[9]采用方差分析和相关性分析,结合主成分分析方法,评价宁夏不同产区不同品种苹果果实的品质,筛选了适宜不同产区种植的苹果品种;毛娟等^[41]采用相关性分析、主成分分析和聚类分析法筛选出了苹果评价的核心指标;李丽梅等^[34]通过方差分析、相关性分析、判别分析建立了基于某些特定元素的鸭梨产地溯源模型;苏华等^[36]通过方差分析、相关性分析、主成分分析确定了造成香米产地差异的特征元素,通过 Fisher 判别建立了香米产地的溯源模型。NIE 等^[42]采用 κ -近邻

(κ -near neighbour, κ -NN)的聚类分析和偏最小二乘判别分析法实现了大蒜的产地溯源。

常见的农产品品质评价的流程如图 1 所示:

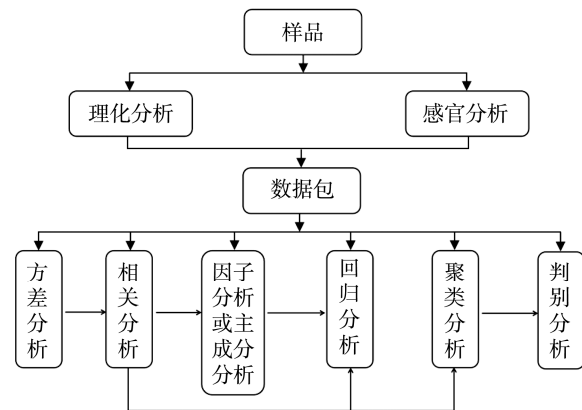


图 1 农产品品质评价流程图

Fig.1 Flow chart of agricultural product quality evaluation

以花生为例,为了探索花生烘烤食用品质评价方法,研究者对花生进行了感官评价和理化评价,包括外观、质构和营养指标的测定。然后对所获得数据进行了统计分析,计算均值、标准偏差和变异系数。接着对数据进行相关性分析,发现所有指标均存在显著或极显著相关性,意味着指标之间存在复杂的相关性,提供的信息相互重叠,需在此基础上采用多元统计方法进行综合评价分析。接下来对数据进行了主成分分析,根据特征值 >1 的原则,共提取到 5 个主成分,代表了所测指标的大部分信息。将每个指标的载荷值除以其对应成分的特征值的平方根,得到各个成分每个指标的特征向量值。在综合评价时,为了消除数据量纲的影响,首先将数据进行标准化处理,然后根据各个主成分贡献率大小确定权重,根据 5 个主成分得分和权重,得出每份种质材料的综合得分 F , F 越高,品种(系)烘烤食用品质越好。基于此,筛选出了适宜烘烤的花生品种(系)。研究者采用欧式距离法依据综合值 F 对花生品种(系)进行聚类分析,分为烘烤食用品质不同的 3 类。为了更好地对花生烘烤食用品质进行预测,研究者以综合价值 F 为因变量,以某些指标为自变量进行逐步回归分析,建立最优回归方程。未来可依据此方程,根据花生的特定指标即可预测其烘烤食用品质的优劣^[43],分值越高,越适合烘焙。

3 结束语

我国农产品种类繁多,地域、品种和栽培措施差异使得农产品品质参差不齐。判断其品质优劣的影响因素很多,而且各个因素间又具有很强的关联性和相对的独立性,给品质的综合评价工作带来了很大的困难。因此建议从以

下几方面完善农产品品质评价体系的构建:

(1)建议由农业部统一组织协调,结合我国不同农产品的自身特点,开展农产品品质评价标准的制修订工作,确定合理的评价指标和适宜的指标范围,以此为依据指导品质评价工作,以满足消费者对优质农产品的消费需求。

(2)运用多种科学的数理统计分析方法如方差分析、相关分析、主成分分析等相结合,筛选出适宜的参数,把繁杂的品质指标予以科学地简化,通过构建合理的品质评价体系对农产品品质进行综合评价,从而达到优选的目的。

(3)根据已建立的评价模型开发出实用的软件,对某一种农产品采用统一的标准从营养品质、感官品质等方面进行综合评价,实现评价标准的统一化。

通过构建合理的农产品品质评价体系,便于选择适宜的栽培品种和农艺措施,指导合理的产业布局,满足消费者对优质农产品的需求,同时增强农产品的市场竞争力,有利于农业产业的良性发展,具有重大而深远的意义。

随着代谢组学技术的发展,靶向分析、非靶向分析和广泛靶向分析已被广泛应用于农产品营养和功效成分的差异化挖掘^[44-49]。未来氨基酸、维生素、生物碱、萜烯类和多酚等初生和次生代谢物质也将会参与到农产品品质评价体系构建中^[50]。借助生物信息学的统计方法,可以为农产品品质评价提供更开阔的思路。

参考文献

- [1] 张毅,孙健,张勇跃,等.甘薯块根食用品质综合评价体系的构建[J].江苏师范大学学报(自然科学版),2021,39(3):26-31.
ZHANG Y, SUN J, ZHANG YY, *et al.* Establishment of edible quality comprehensive evaluation system for sweetpotato storage root [J]. J Jiangsu Norm Univ (Nat Sci Ed), 2021, 39(3): 26-31.
- [2] 马玉娟,赵见军,邓红,等.陕西洛川富士鲜苹果品质综合评价及分级体系的构建[J].食品科学,2015,36(1):69-74.
MA YJ, ZHAO JJ, DENG H, *et al.* Construction of comprehensive quality evaluation and grading system for fresh Fushi apple in Luochuan, Shaanxi [J]. Food Sci, 2015, 36(1): 69-74.
- [3] 郭孝萱,张芸丹,邱静,等.生姜营养品质评价指标体系构建[J].中国调味品,2020,45(10):192-196.
GUO XX, ZHANG YD, QIU J, *et al.* Construction of nutritional quality evaluation index system of ginger [J]. China Cond, 2020, 45(10): 192-196.
- [4] 黄潇,张洪,蔡颖慧.基于灰色定权聚类的小米品质综合评价[J].食品安全质量检测学报,2021,12(16):6667-6673.
HUANG X, ZHANG H, CAI YH. Comprehensive assessment of millet quality based on gray fixed weight cluster [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(16): 6667-6673.
- [5] 项伟,许健,董芳,等.基于模糊数学的甘薯食用品质感官评价模型[J].植物遗传资源学报,2021,22(6):1624-1634.
XIANG W, XU J, DONG F, *et al.* A sensory evaluation model of edible quality based on fuzzy mathematics in sweetpotato [J]. J. Plant Genet Resour, 2021, 22(6): 1624-1634.
- [6] 邵家威,王明辉,李青,等.芝麻油品质评价体系的构建[J].食品与发酵工业,2021,47(9):335-342.
SHAO JW, WANG MH, LI Q, *et al.* Construction of sesame oil quality evaluation system [J]. Food Ferment Ind, 2021, 47(9): 335-342.
- [7] 梁颖,李艺,张留娟,等.食用农产品特征性品质指标筛选方法探讨[J].中国农业科学,2019,52(18):3155-3162.
LIANG Y, LI Y, ZHANG LJ, *et al.* Discussion on the definition and screening method of characteristic quality indicators of edible agricultural products [J]. Sci Agric Sin, 2019, 52(18): 3155-3162.
- [8] 李巧珍,姜宁,李正鹏,等.香菇营养品质评价体系的构建[J].核农学报,2021,35(4):881-890.
LI QZ, JIANG N, LI ZP, *et al.* Establishment of the nutritional quality evaluation system for *Lentinula edodes* [J]. J Nucl Agric Sci, 2021, 35(4): 881-890.
- [9] 杨永娥,张晓煜,李芳红,等.宁夏灌区3个主栽苹果品种品质评价[J].经济林研究,2022,40(2):249-256.
YANG YE, ZHANG XY, LI FH, *et al.* Quality evaluation of three main apple varieties planted in Ningxia Irrigation Area [J]. Nonwood Fore Res, 2022, 40(2): 249-256.
- [10] 雷亚兰,周志梅,李瑾,等.基于主成分分析和聚类分析方法评价宝庆桂丁绿茶品质特性[J].食品工业科技,2022,43(6):269-277.
LEI YL, ZHOU ZM, LI J, *et al.* Quality analysis of Baoqing guiding green tea based on principal component and cluster analysis [J]. Sci Technol Food Ind, 2022, 43(6): 269-277.
- [11] 刘萌,何洪巨,黄晓欣,等.外源物质亚硒酸钠处理对西兰花营养品质和硫苷含量的影响[J].北方园艺,2021,(21):1-7.
LIU M, HE HJ, HUANG XX, *et al.* Effects of exogenous substance Na₂SeO₃ treatment on nutritional quality and glucosinolate content of broccoli [J]. North Hortic, 2021, (21): 1-7.
- [12] 陈同强,张天柱,王晓卓.光照对番茄果实中番茄红素生物合成的调控研究进展[J].园艺学报,2022,49(4):907-923.
CHEN TQ, ZHANG TZ, WANG XZ. Research progress of the regulation of light on lycopene biosynthesis in tomato fruit [J]. Acta Horti Sin, 2022, 49(4): 907-923.
- [13] 魏云潇,王楠,余作龙,等.采后芦笋多酚类物质变化的研究进展[J].保鲜与加工,2022,22(1):102-109.
WEI YX, WANG N, YU ZL, *et al.* Research progress on post-harvest changes of polyphenols in *Asparagus* [J]. Storage Process, 2022, 22(1): 102-109.
- [14] 李泰,卢士军,黄家章,等.苹果品质评价标准研究进展[J].中国农业科技导报,2021,23(11):121-130.
LI T, LU SJ, HUANG JZ, *et al.* Research progress of apple quality evaluation standards [J]. J Agric Sci Technol, 2021, 23(11): 121-130.
- [15] 周双,孙兰英,杨光,等.20个品种树莓果实品质评价[J].食品研究与开发,2022,43(2):171-176.
ZHOU S, SUN LY, YANG G, *et al.* Evaluation of fruit quality of twenty varieties of raspberry [J]. Food Res Dev, 2022, 43(2): 171-176.
- [16] 李文丽,袁剑龙,段惠敏,等.马铃薯块茎质地品质的综合评价[J].中

- 国农业科学, 2022, 55(12): 2278–2293.
- LI WL, YUAN JL, DUAN HM, *et al.* Comprehensive evaluation of potato tuber texture [J]. *Sci Agric Sin*, 2022, 55(12): 2278–2293.
- [17] 轩瑞瑞, 陈艳萍, 刘春菊, 等. 基于熵权法和灰色关联度法的鲜食糯玉米品质评价[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(14): 241–248.
- XUAN RR, CHEN YP, LIU CJ, *et al.* Quality evaluation of different varieties of fresh-edible waxy corns based on entropy weight method and grey interconnect degree analysis [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2021, 42(14): 241–248.
- [18] 何近刚, 冯云霄, 李丽梅, 等. ‘黄冠’梨果实采收和贮藏品质评价体系的建立[J]. *河北农业大学学报*, 2019, 42(4): 35–43.
- HE JG, FENG YX, LI LM, *et al.* Establishment of evaluation system for fruit quality and storage quality of ‘Huangguan’ pear [J]. *J. Agric Univ Hebei*, 2019, 42(4): 35–43.
- [19] 牛佳佳, 张四普, 张柯, 等. 9 个梨品种综合品质评价分析[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(17): 149–156.
- NIU JJ, ZHANG SP, ZHANG K, *et al.* Comprehensive quality evaluation and analysis of nine pear varieties [J]. *Food Res Dev*, 2021, 42(17): 149–156.
- [20] 李丽梅, 杨超沙, 张立永, 等. 优质番茄种质资源品质分析及综合评价[J]. *华北农学报*, 2020, 35(z1): 85–92.
- LI LM, YANG CS, ZHANG LY, *et al.* Quality analysis and comprehensive evaluation of high quality tomato germplasm resources [J]. *Acta Agric Boreali Sin*, 2020, 35(z1): 85–92.
- [21] 陈荣宇, 钟玉娟, 谢大森, 等. 不同菜心品种的营养品质及外在感官品质评价分析[J]. *广东农业科学*, 2020, 47(5): 21–28.
- CHEN RY, ZHONG YJ, XIE DS, *et al.* Evaluation analysis on nutritional quality and external sensory quality of Chinese flowering cabbage varieties [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2020, 47(5): 21–28.
- [22] 马文霞, 倪玉洁, 谢倩, 等. 鲜食百香果果实品质综合评价模型的建立及应用[J]. *食品科学*, 2020, 41(13): 53–60.
- MA WX, NI YJ, XIE Q, *et al.* Establishment and application of comprehensive evaluation model for quality of fresh passion fruit [J]. *Food Sci*, 2020, 41(13): 53–60.
- [23] 马林龙, 曹丹, 刘艳丽, 等. 基于主成分分析的不同茶树品种在湖北地区的适应性评价[J]. *热带作物学报*, 2020, 41(7): 1335–1346.
- MA LL, CAO D, LIU YL, *et al.* Evaluation of adaptability of different tea cultivars in Hubei based on principal components analysis [J]. *Chi J Trop Crop*, 2020, 41(7): 1335–1346.
- [24] WOJCIECH K, WIRGINIA KK, LUKASZ K, *et al.* Green tea quality evaluation based on its catechins and metals composition in combination with chemometric analysis [J]. *Molecules*, 2018, 23(7): 1–19.
- [25] 林蝉蝉, 何舟阳, 单文龙, 等. 基于主成分与聚类分析综合评价杨凌地区红色鲜食葡萄果实品质[J]. *果树学报*, 2020, 37(4): 520–532.
- LIN CC, HE ZY, SHAN WL, *et al.* Comprehensive evaluation of fruit quality of 12 red table grape cultivars cultivated in Yangling area based on principal component and cluster analyses [J]. *J Fruit Sci*, 2020, 37(4): 520–532.
- [26] LUBINSKA-SZCZYGE M, POLKOWSKA A, DYMERSKI T, *et al.* Comparison of the physical and sensory properties of hybrid citrus fruit jaffa® sweetie in relation to the parent fruits [J]. *Molecules*, 2020, 25(12): 2739–2748.
- [27] KHADIVI A, MIRHEIDARI F, MORADI Y, *et al.* Identification of superior jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) genotypes based on morphological and fruit characterizations [J]. *Food Sci Nutr*, 2021, 9(6): 3165–3176.
- [28] 王英珍, 潘芝梅. 二十二份毛猕猴桃种质资源果实品质的主成分分析与综合评价[J]. *浙江农业学报*, 2021, 33(5): 825–830.
- WANG YZ, PAN ZM. Comprehensive evaluation of 22 *Actinidia eriantha* germplasm resources based on principal components analysis [J]. *Acta Agric Zhejiangensis*, 2021, 33(5): 825–830.
- [29] 田彦龙, 马永强, 王磊, 等. 西北不同生态区甜樱桃果实品质分析[J]. *果树学报*, 2021, 38(4): 509–519.
- TIAN YL, MA YQ, WANG L, *et al.* Quality analysis of sweet cherry fruits in different ecological areas in Northwest China [J]. *J. Fruit Sci*, 2021, 38(4): 509–519.
- [30] 李红, 朱建平. 综合评价方法研究进展评述[J]. *统计与决策*, 2019, (9): 7–11.
- LI H, ZHU JP. Review on research progress of comprehensive evaluation methods [J]. *Stat Decis*, 2019, (9): 7–11.
- [31] 金玉, 徐焕良, 梁丰志, 等. 基于参数自适应算法的环塔里木盆地红枣优生区划分[J]. *果树学报*, 2022, 39(1): 95–103.
- JIN Y, XU HL, LIANG FZ, *et al.* Optimal-adaptive zone division of Chinese jujube in Tarim Basin based on parameter adaptive algorithm [J]. *J Fruit Sci*, 2022, 39(1): 95–103.
- [32] 郭紫晶, 李娜, 张雅, 等. 纽荷兰脐橙果实品质评价系统的建立与应用[J]. *中国果树*, 2022, (6): 31–38.
- GUO ZJ, LI N, ZHANG Y, *et al.* Establishment and verification of ‘Newhall’ navel orange fruit quality evaluation system [J]. *China Fruits*, 2022, (6): 31–38.
- [33] SANCHEZ PDC, HASHIM N, SHAMSUDIN R, *et al.* Quality evaluation of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.) of different varieties using laser light backscattering imaging technique [J]. *Sci Hortic*, 2020, 260: 1–10.
- [34] 李丽梅, 李红艳, 郑振山, 等. 基于矿物质元素分析的河北鸭梨产地溯源[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(6): 2004–2011.
- LI LM, LI HY, ZHENG ZS, *et al.* Geographical origin traceability of Yali in Hebei Province based on mineral element analysis [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(6): 2004–2011.
- [35] 黄婷, 糟绍英, 秦垦, 等. 基于主成分分析的枸杞鲜果品质评价核心指标筛选[J]. *北方园艺*, 2019, (7): 132–139.
- HUANG T, ZAO SY, QIN K, *et al.* Quality evaluation of fresh fruit of *Lycium barbarum* based on principal component analysis [J]. *North Hortic*, 2019, (7): 132–139.
- [36] 苏华, 司雨露, 秦富, 等. 基于矿物元素分析对进口泰国、越南、柬埔寨香米产地的鉴定[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(6): 1983–1988.
- SU H, SI LL, QIN F, *et al.* Identification of the origin of imported fragrant rice from Thailand, Vietnam and Cambodia based on the analysis of mineral elements [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(6): 1983–1988.
- [37] 武琳霞, 李玲, 张国光, 等. 基于主成分分析及聚类分析的不同产地冬

- 枣品质特性分析[J]. 食品科学, 2022, 43(8): 334–338.
- WU LX, LI L, ZHANG GG, *et al.* Analysis of quality characteristics of winter jujube from different regions using principal component analysis and cluster analysis [J]. Food Sci, 2022, 43(8): 334–338.
- [38] 王丹, 梁锦, 黄天姿, 等. 基于主成分和聚类分析的不同品种猕猴桃鲜食品质评价[J]. 食品工业科技, 2021, 42(7): 1–8.
- WANG D, LIANG J, HUANG TZ, *et al.* Fresh food quality evaluation of kiwifruit based on principal component analysis and cluster analysis [J]. Sci Technol Food Ind, 2021, 42(7): 1–8.
- [39] 王建芳, 高山, 牟德华. 基于主成分分析和聚类分析的不同品种燕麦品质评价[J]. 食品工业科技, 2020, 41(13): 85–91.
- WANG JF, GAO S, MOU DH. Quality evaluation of different varieties of oat based on principal components analysis and cluster analysis [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(13): 85–91.
- [40] 尹欣幸, 杨伟波, 金龙飞, 等. 基于主成分分析的鲜食花生品质评价[J]. 热带作物学报, 2021, 42(10): 3001–3007.
- YIN XX, YANG WB, JIN LF, *et al.* Quality evaluation of fresh eating peanut based on principal component analysis [J]. Chin J Trop Crop, 2021, 42(10): 3001–3007.
- [41] 毛娟, 万鹏, 梁国平, 等. 基于区域适栽品种筛选的苹果品质综合评价模型的建立[J]. 食品工业科技, 2020, 41(19): 60–66, 77.
- MAO J, WAN P, LIANG GP, *et al.* Establishment of comprehensive evaluation model of apple quality for regional suitable varieties selection [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(19): 60–66, 77.
- [42] NIE J, WENG R, LI C L, *et al.* Chemometric origin classification of Chinese garlic using sulfur-containing compounds, assisted by stable isotopes and bioelements [J]. Food Chem, 2022, 394: 1–11.
- [43] 卞能飞, 孙东雷, 巩佳莉, 等. 花生烘烤食用品质评价及指标筛选[J]. 中国农业科学, 2022, 55(4): 641–652.
- BIAN NF, SUN DL, GONG JL, *et al.* Evaluation of edible quality of roasted peanuts and indexes screening [J]. Sci Agric Sin, 2022, 55(4): 641–652.
- [44] CAO Y, FANG S, YIN Z, *et al.* Chemical fingerprint and multicomponent quantitative analysis for the quality evaluation of *Cyclocarya paliurus* leaves by HPLC-Q-TOF-MS [J]. Molecules, 2017, 22(11): 1–16.
- [45] CONCEPCION JCT, OUK S, RIEDEL A, *et al.* Quality evaluation, fatty acid analysis and untargeted profiling of volatiles in Cambodian rice [J]. Food Chem, 2018, 24: 1014–1021.
- [46] 赵燕妮, 张坤, 许牡丹, 等. 基于 GC-MS 代谢组学技术的不同品种猕猴桃果实化学成分差异性研究[J]. 陕西科技大学学报, 2022, 40(1): 45–50.
- ZHAO YN, ZHANG K, XU MD, *et al.* Study on the chemical constituents of different kiwifruit cultivars based on GC-MS metabolomics [J]. J Shaanxi Univ Sci Technol, 2022, 40(1): 45–50.
- [47] LO PE, ARANITI F, LANDI M, *et al.* Girdling stimulates anthocyanin accumulation and promotes sugar, organic acid, amino acid level and antioxidant activity in red plum: An overview of skin and pulp metabolomics [J]. Sci Hortic, 2021. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.109907
- [48] LWIN HP, LEE J. Differential effects of preharvest sprayable 1-methylcyclopropene application on fruit quality attributes and major targeted metabolites in cold-stored ‘Chuhwangbae’ pears [J]. Hortic Environ Biotechnol, 2021, 62(1): 53–61.
- [49] YU FQ, XU XY, LIN S, *et al.* Integrated metabolomics and transcriptomics reveal flavonoids glycosylation difference in two citrus peels [J]. Sci Hortic, 2022, 292: 292.
- [50] 叶子, 商智勋, 李美奇, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 非靶向分析不同发酵小米辣的风味差异[J]. 食品科学, 2022, 43(6): 309–316.
- YE Z, SHANG ZX, LI MQ, *et al.* Untargeted analysis of flavor differences among fermented *Capsicum frutescens* from different cultivars based on headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Sci, 2022, 43(6): 309–316.

(责任编辑: 于梦娇 郑 丽)

作者简介



李丽梅, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为农产品质量安全。

E-mail: lilimeizhang@163.com



钱 训, 副研究员, 主要研究方向为农产品质量安全。

E-mail: xunqian196805@sina.com