

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. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020050240

WANG Dan, LIANG Jin, HUANG Tianzi, et al. Fresh Food Quality Evaluation of Kiwifruit Based on Principal Component Analysis and Cluster Analysis[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(7): 1-8. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020050240

· 研究与探讨 ·

# 基于主成分和聚类分析的不同品种 猕猴桃鲜食品质评价

王 丹, 梁 锦, 黄天姿, 张 璐, 李 锐, 李瑞娟, 杨淑霞, 罗安伟<sup>\*</sup>  
(西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要:** 为评价陕西省中华和美味 2 种猕猴桃中主栽品种和新品种猕猴桃的鲜食品质, 以红阳、脐红、金艳、翠香、徐香、海沃德 6 个主栽品种及农大金猕、农大郁香 2 个新品种为原料, 对其可溶性固形物、干物质、可溶性糖、可滴定酸、蛋白质、氨基酸、V<sub>C</sub>、挥发性风味物质含量及果肉硬度、色泽等品质指标进行比较分析, 并用主成分分析和聚类分析对 8 个品种猕猴桃品质进行鲜食品质评价。结果表明: 主栽品种脐红、翠香、红阳和新品种农大金猕果实中各营养成分物质含量相对较高, 挥发性物质种类多、含量高, 果香浓郁, 品质较好。综合品质主成分分析提取的 4 个主成分因子, 累计方差贡献率达 85.916%。8 个品种猕猴桃的鲜食品质差异明显, 按照品种聚类可分为 5 类, 综合品质优劣排序为农大金猕、脐红、翠香、红阳、农大郁香、海沃德、徐香、金艳。脐红、翠香、红阳是主栽品种中品质较优良的品种, 而新品种农大金猕综合品质优于现有主栽品种。该研究为猕猴桃种植、贮藏、消费过程中优良品种的选择提供了参考。

**关键词:** 猕猴桃, 品种, 品质评价, 主成分分析, 聚类分析

中图分类号: TS111 文献标识码: A 文章编号: 1002-0306(2021)07-0001-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020050240

## Fresh Food Quality Evaluation of Kiwifruit Based on Principal Component Analysis and Cluster Analysis

WANG Dan, LIANG Jin, HUANG Tianzi, ZHANG Lu, LI Rui, LI Ruijuan, YANG Shuxia, LUO Anwei<sup>\*</sup>

(College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

**Abstract:** In order to comprehensively evaluate the fresh food quality of the major cultivars and new varieties of kiwifruit from two strains of Chinese kiwifruit and delicious kiwifruit in Shaanxi Province, the six main varieties including Hongyang, Qihong, Jinyan, Cuixiang, Xuxiang, Hayward and the two new varieties Nongda Jinmi and Nongda Yuxiang were used as raw materials for comparing and analyzing the quality indexes such as soluble solids, dry matter, soluble sugar, titratable acid, protein, amino acid, V<sub>C</sub>, volatile matter content, hardness and color. The fresh food quality of eight varieties of kiwifruit was also comprehensively evaluated by principal component analysis and cluster analysis. The results showed that the major cultivars of Qihong, Cuixiang, Hongyang and new variety Nongda Jinmi had higher quality because of rich fruit flavor, high content of various nutrients and volatile substances relatively. The four principal component factors extracted by principal component analysis had a cumulative variance contribution rate of 85.916%. The fresh food quality difference of 8 varieties of kiwifruit was significant. According to the clustering of varieties, the kiwifruits could be divided into 5 categories. The overall quality was ranked as Nongda Jinmi, Qihong, Cuixiang, Hongyang, Nongda Yuxiang, Hayward, Xuxiang and Jinyan. Qihong, Cuixiang and Hongyang were the varieties with better quality among the main

收稿日期: 2020-05-22

基金项目: 陕西省重点研发计划农业领域重点项目 (2018ZDXM-NY-056); 杨凌示范区产学研用协同创新重大项目 (2018CXY-04); 杨凌示范区农业科技示范推广能力提升项目 (2018-GG-21); 西北农林科技大学大学生科研创新项目 (2201810712272)。

作者简介: 王丹 (1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 果蔬贮藏与加工, E-mail: 1825296531@qq.com。

\* 通信作者: 罗安伟 (1971-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 果蔬贮藏与加工, E-mail: luoanwei@nwsuaf.edu.cn。

varieties. The comprehensive quality of the new variety Nongda Jinmi was better than the major cultivars. The study provided a reference for the selection of high quality varieties in kiwifruit consumption, planting and storage.

**Key words:** kiwifruit; variety; quality evaluation; principal component analysis; cluster analysis

猕猴桃又称奇异果,原产于中国<sup>[1]</sup>,富含V<sub>C</sub>、糖、酸、蛋白质、氨基酸、挥发性风味物质等多种营养成分,具有一定降血脂、降胆固醇、抑制肿瘤、防止便秘等功能,对人体健康具有促进作用<sup>[2-4]</sup>,因而深受消费者喜爱。截至2017年6月,陕西省猕猴桃种植面积103万亩,产量131.25万吨,面积和产量均占世界总量的1/3,是第一主产区。

目前,市场对高品质猕猴桃的需求日益增加,很多研究学者致力于新品种的选育和改良,培育出了一批新品种,但对不同主栽品种尤其是新品种之间果实品质比较的研究还比较缺乏<sup>[5]</sup>。主成分分析是一种通过降低数据维数,实现综合评价的数学统计方法<sup>[6-7]</sup>。前人通过主成分分析法对不同果蔬品质进行评价的研究,如曲雪艳等<sup>[8]</sup>、杨军林等<sup>[9]</sup>、蒋卉等<sup>[10]</sup>分别利用主成分分析法对野生毛花猕猴桃、熟化马铃薯、鲜枣等进行了品质分析;肖守华等<sup>[11]</sup>、袁婷等<sup>[12]</sup>分别测定了西瓜、枇杷果肉的挥发性成分,利用主成分分析结合聚类分析筛选出了主要挥发性风味物质。前人只是对单一品种的果蔬进行品质分析与主要指标的聚类,而对于多品种果蔬的聚类分析往往由于品质指标差异大而聚类效果不佳,因此对不同种猕猴桃之间的多个品种品质进行主成分分析和聚类分析的研究报道较少。

影响猕猴桃综合品质的方面主要包括鲜食品质、贮藏品质以及加工品质等方面,而鲜食品质的影响因素主要包括质地、色泽、营养成分以及挥发性物质等方面。本研究以陕西产区的主栽品种与新品种为研究对象,选用中华猕猴桃中的红阳、脐红、金艳、农大金猕与美味猕猴桃中的翠香、徐香、海沃德、农大郁香共8个品种猕猴桃,以主成分分析和聚类分析法对质地、色泽、营养成分以及挥发性物质等各项品质指标进行综合比较分析,并对果实鲜食品质进行聚类,探明6个陕西省主栽品种和2个新品种猕猴桃的鲜食品质的优劣,为种植、贮藏、消费等各环节选择高品质猕猴桃品种提供科学依据与参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

2种猕猴桃中的8个品种包括属于中华猕猴桃种的红阳、脐红、金艳、农大金猕,美味猕猴桃种的翠香、徐香、海沃德、农大郁香,其中农大金猕<sup>[13]</sup>、农大郁香<sup>[14]</sup>为新培育并通过审定的新品种,其余6个品种为陕西省主栽品种;氢氧化钠、酚酞、蒽酮、浓硫酸、蔗糖标准品、抗坏血酸标品、环己酮、氯化钠均为化学纯或分析纯,广东省化学试剂工程技术研究开发中心。

TA.XT PLUS/50 物性测 定 仪 英 国 Stable

Micro Systems 公司; HC-3018R 高速冷冻离心机 安徽中佳科学仪器有限公司; PAL-1 数显糖度计 日本 ATAGO; kjeltec8400 全自动凯氏定氮仪 瑞典 FOSS 公司; LE203E 分析天平 北京赛多利斯仪器系统有限公司; LC-20A 高效液相色谱 岛津企业管理中国有限公司; GC-MS 气相色谱-质谱联用仪 日本岛津制作所; L-8900 氨基酸分析仪 日立; X-riteCi7600 色差仪 爱色丽上海色彩科技有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 样品采收与处理 8个品种猕猴桃均采自陕西眉县猕猴桃示范基地(眉县是陕西省最具代表性的猕猴桃产业园区,全县猕猴桃栽培面积约30万亩,总产量约46万吨)。中华猕猴桃品系中的4个品种在可溶性固形物含量达7.0%~7.5%时采收,美味猕猴桃种的4个品种在可溶性固形物含量达6.0%~6.5%时采收。随机选取果园内长势良好、果形适中的猕猴桃果实,采收后运回实验室,于塑料筐中放置24 h 散去田间热后,装入3 mm 厚 PE 袋中,待果实自然熟至可食用(果肉硬度1.0~1.5 kg/cm<sup>2</sup>)时测定猕猴桃各品质指标。

1.2.2 果实品质指标测定方法 单果重:称重法,随机取100个果实进行称重,取平均值;果形指数:随机取100个果实用游标卡尺测定纵横径之比,果形指数=纵径/横径<sup>[15]</sup>;可溶性固形物(SSC)含量:采用数显糖度计测定;干物质含量:采用烘干法测定;可溶性糖含量:采用蒽酮比色法测定;可滴定酸(TA)含量:采用酸碱滴定法测定;蛋白质含量:采用全自动凯氏定氮仪测定;氨基酸含量:采用氨基酸分析仪测定;V<sub>C</sub>含量:采用HPLC测定<sup>[16-18]</sup>;果肉硬度:采用TA.XT PLUS/50 物性仪测定;果肉色泽:用X-riteCi7600 色差仪测定<sup>[19]</sup>。

挥发性风味物质:采用GC-MS联用仪测定。准确称取5 g 果浆置于20 mL 的顶空瓶中,加入1 g NaCl,以质量浓度为0.4 mg/mL 的环己酮作为内标进行测定。色谱条件:初温40 ℃,保持3 min,以7 ℃/min 上升到200 ℃,再以10 ℃/min 上升到230 ℃,保持3 min。色谱柱为DB-LMS石英毛细柱(60 m × 0.25 mm × 0.25 mm)。载气为氮气,进样口温度250 ℃,不分流进样。质谱条件:离子源温度为230 ℃,电子能量70 eV,放射电流150 μA,传输线温度230 ℃,质子扫描范围35~450 u<sup>[20]</sup>。测定结束后,依据计算机谱库和检索(NIST05 和 NIST05s),对各挥发性成分定性,并采用内标法对样品各成分峰面积与内标物峰面积进行半定量分析。

各品质指标测定时,均随机取5个猕猴桃,取其

果肉混匀后取样测定; 果肉硬度和色泽均在果实赤道周均匀取 3 个点进行测定; 每个指标平行测定 3 次。

### 1.3 数据处理

采用 Origin 2018 进行作图分析, DPS 进行显著性分析, Minitab17 和 SPSS 23.0 进行聚类分析、主成分分析、相关分析等。 $P<0.05$  为显著相关。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种猕猴桃品质比较

8 个品种猕猴桃果实外观形态、果肉色泽、果心形状差异如图 1 和图 2 所示。8 个品种猕猴桃果实

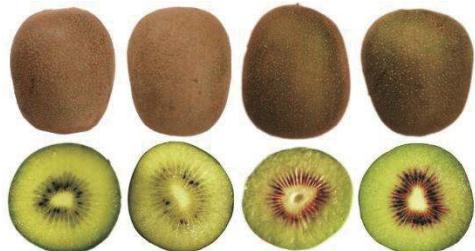


图 1 中华猕猴桃果实外观形态、果心形状图、果肉色泽

Fig.1 The fruit appearance, core shape and flesh colour of *Actinidia chinensis* Planch.

注: 从左至右分别为农大金猕、金艳、脐红、红阳的整果图和切面图。

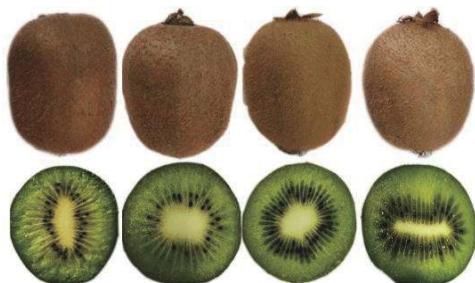


图 2 美味猕猴桃果实外观形态、果心形状图、果肉色泽

Fig.2 The fruit appearance, core shape and flesh colour of *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* A Chev.

注: 从左至右分别为农大郁香、徐香、海沃德、翠香的整果图和切面图。

外观形态与内部形态如表 1 所示。

猕猴桃果实外观形态一般可以从果顶部位、果形、绒毛、色泽等进行外部区分, 从果肉色泽、果心等内部结构进行品种鉴别<sup>[21-23]</sup>。从图 1、图 2、表 1 可以看出, 农大金猕和农大郁香作为新品种较易区分, 农大郁香果实大且呈近圆柱形, 果顶部位轻微凸起; 农大金猕果实小, 无绒毛, 近球形, 果顶位置平坦。外观形态上中华猕猴桃果实绒毛少或无绒毛, 无果顶, 果脐部位呈凹状, 脐红最为明显, 也因此命名; 美味猕猴桃系列果实均有绒毛, 疏密程度不同, 果顶有凸出, 果皮色泽常为深褐色, 而中华猕猴桃中脐红、红阳的果皮为绿褐色, 金艳和农大金猕呈现黄褐色。从果实内部形态看, 中华猕猴桃果肉色泽偏黄绿色, 红阳和脐红果心四周果籽部位为红色; 美味猕猴桃果肉色泽偏深绿色, 可以明显区分。中华猕猴桃果心柱较小, 处于果实中心且均呈柱状, 而美味猕猴桃果心柱较大, 且有的呈扁平状, 有的呈柱状。猕猴桃果籽均在果心柱周围呈放射状分布, 其中海沃德和翠香的果籽多而密集, 红阳其次, 农大金猕和农大郁香两个新品种果籽均较少, 也是新品种的主要特征之一。不同品种猕猴桃各品质指标及测定值见表 2。

从表 2 可看出, 8 个品种猕猴桃之间的品质存在明显差异。脐红干物质含量最高, 其次是翠香, 达 20% 以上; 金艳最低, 仅为 13.98%, 其余 6 个品种干物质含量在 17.50%~19.27% 之间。不同品种猕猴桃的可溶性固形物含量在 12.12%~16.02%, 以农大金猕、农大郁香、脐红与翠香含量较高, 金艳含量最低。翠香、农大金猕与脐红的可溶性糖含量较高, 其中翠香达到 12.10%, 海沃德含量最低, 为 8.86%。红阳、金艳、农大郁香的可滴定酸含量较低, 为 0.80% 左右; 农大金猕可滴定酸含量最高, 为 1.47%, 脐红次之, 美味猕猴桃系列中除农大郁香外, 其余可滴定酸含量均高于 1.00%。从猕猴桃的蛋白质与氨基酸含量可以看出, 脐红的蛋白质含量最高, 徐香的氨基酸总量最高, 翠香的蛋白质和氨基酸总量均最低, 农大金猕与农大郁香的蛋白质与氨基酸含量均排在前列;

表 1 不同品种猕猴桃形态比较

Table 1 Comparison of different forms of kiwifruit varieties

品系	品种	外观形态				内部形态(横切面)				单果重(g)	果形指数
		形状	绒毛	色泽	果顶(脐)	色泽	果心柱	果心	籽		
中华猕猴桃	红阳	近椭圆, 脐部稍尖	无	绿褐色	微凹状	黄绿色	小、近圆形	放射状红色	较多	89.56±6.61	1.14±0.03
	脐红	近椭圆, 脐部稍尖	无	绿褐色	凹、肚脐状	黄绿色	小、近圆形	放射状红色	较少	98.37±3.82	1.19±0.02
	金艳	近圆柱形	无	黄褐色	近平坦	明黄色	小、近圆形	放射状暗黄色	较少	106.72±5.32	1.14±0.04
	农大金猕	近球形	无	黄褐色	近平坦	金黄色	小、近圆形	放射状暗黄色	较少	84.49±3.13	1.15±0.03
美味猕猴桃	翠香	椭圆形	密、细、短	深褐色	凸状	深绿色	细长型	放射状浅绿色	较多	92.92±4.81	1.55±0.04
	海沃德	椭圆形	密、细、短	深褐色	凸状	翠绿色	较大、近圆形	放射状、髓射线	较多	103.95±4.08	1.21±0.02
	徐香	近圆柱形	密、细、短	深褐色	微凸状	翠绿色	较大	放射状浅绿色	较少	97.10±2.92	1.28±0.01
	农大郁香	近圆柱形	密、细、短	深褐色	轻微凸状	浅绿色	近梭形	放射状浅绿色	较少	107.56±5.14	1.37±0.02

表2 不同品种猕猴桃品质比较  
Table 2 Comparison of quality of different varieties of kiwifruit

指标	中华猕猴桃品系				美味猕猴桃品系			
	红阳	脐红	金艳	农大金猕	翠香	海沃德	徐香	农大郁香
干物质含量(%)	18.18±0.19 <sup>d</sup>	21.34±0.09 <sup>a</sup>	13.98±0.21 <sup>f</sup>	19.27±0.18 <sup>c</sup>	20.02±0.01 <sup>b</sup>	19.20±0.23 <sup>c</sup>	18.41±0.26 <sup>d</sup>	17.50±0.38 <sup>e</sup>
SSC含量(%)	14.60±0.10 <sup>d</sup>	15.20±0.17 <sup>c</sup>	12.12±0.11 <sup>g</sup>	16.02±0.04 <sup>a</sup>	15.08±0.08 <sup>c</sup>	14.02±0.11 <sup>e</sup>	13.30±0.19 <sup>f</sup>	15.68±0.04 <sup>b</sup>
可溶性糖含量(%)	9.49±0.18 <sup>de</sup>	11.10±0.08 <sup>c</sup>	9.54±0.04 <sup>de</sup>	11.50±0.48 <sup>b</sup>	12.10±0.09 <sup>a</sup>	8.86±0.04 <sup>f</sup>	9.41±0.02 <sup>e</sup>	9.67±0.03 <sup>d</sup>
TA含量(%)	0.79±0.07 <sup>e</sup>	1.30±0.11 <sup>b</sup>	0.81±0.01 <sup>cd</sup>	1.47±0.10 <sup>a</sup>	1.10±0.02 <sup>cd</sup>	1.23±0.07 <sup>bc</sup>	1.06±0.02 <sup>d</sup>	0.81±0.02 <sup>e</sup>
糖酸比	12.04±0.85 <sup>a</sup>	8.56±0.52 <sup>c</sup>	11.79±0.13 <sup>a</sup>	7.89±0.49 <sup>d</sup>	11.02±0.16 <sup>b</sup>	7.15±0.31 <sup>e</sup>	8.84±0.14 <sup>c</sup>	11.85±0.24 <sup>a</sup>
蛋白质含量(g/100 g)	1.061±0.02 <sup>e</sup>	1.393±0.016 <sup>a</sup>	0.958±0.029 <sup>f</sup>	1.228±0.015 <sup>b</sup>	0.800±0.015 <sup>g</sup>	1.158±0.01 <sup>c</sup>	1.047±0.013 <sup>e</sup>	1.101±0.009 <sup>d</sup>
氨基酸总含量(g/100 g)	0.79±0.02 <sup>e</sup>	0.97±0.04 <sup>c</sup>	0.79±0.02 <sup>e</sup>	1.00±0.04 <sup>c</sup>	0.79±0.01 <sup>e</sup>	0.94±0.03 <sup>d</sup>	1.07±0.02 <sup>a</sup>	1.03±0.03 <sup>b</sup>
V <sub>C</sub> 含量(mg/100 g)	46.41±0.70 <sup>d</sup>	23.15±0.85 <sup>e</sup>	22.85±2.77 <sup>e</sup>	110.42±5.62 <sup>a</sup>	73.95±2.50 <sup>b</sup>	58.35±3.35 <sup>c</sup>	31.31±0.72 <sup>e</sup>	57.42±2.88 <sup>cd</sup>
L*	60.47±1.74 <sup>a</sup>	60.61±3.54 <sup>a</sup>	54.04±2.62 <sup>bc</sup>	58.60±1.21 <sup>ab</sup>	52.30±1.05 <sup>c</sup>	54.31±0.91 <sup>bc</sup>	58.56±0.35 <sup>ab</sup>	53.67±1.75 <sup>c</sup>
果肉色泽 a*	-4.11±0.45 <sup>b</sup>	-3.19±0.56 <sup>b</sup>	-1.59±0.07 <sup>a</sup>	-3.00±0.11 <sup>b</sup>	-5.52±0.39 <sup>c</sup>	-6.09±0.32 <sup>c</sup>	-5.93±0.85 <sup>c</sup>	-5.67±0.51 <sup>c</sup>
b*	30.05±1.54 <sup>a</sup>	26.98±0.58 <sup>ab</sup>	18.48±0.99 <sup>d</sup>	30.07±1.17 <sup>a</sup>	22.78±2.88 <sup>c</sup>	23.67±1.15 <sup>bc</sup>	26.67±1.91 <sup>ab</sup>	25.61±3.56 <sup>bc</sup>

注: 同行不同字母表示显著差异,  $P<0.05$ ; 各指标为果实自然后熟至可食用(果肉硬度1.0~1.5 kg/cm<sup>2</sup>)时测定。

农大金猕的V<sub>C</sub>含量达110.42 mg/100 g, 远高于其他品种, 金艳、脐红的V<sub>C</sub>含量较低。对比猕猴桃的果肉色泽, 美味猕猴桃果肉均呈深(翠)绿色, 中华猕猴桃果肉均呈黄绿色, 美味猕猴桃系列的果肉绿色值明显高于中华猕猴桃系列, 红阳和脐红的果肉亮度值最高, 农大金猕的黄色值最高, 色泽饱满。

从品质比较分析可知, 农大金猕、脐红、翠香、红阳的干物质、SSC、可溶性糖等综合指标均优于其他品种, 甜酸适宜, 风味浓郁, 品质优良; 而金艳等品种因干物质、SSC及可滴定酸含量均较低, 风味寡淡, 品质较差。

猕猴桃中氨基酸的种类和含量是衡量其营养品质和感官呈味的一项重要指标。不同品种猕猴桃氨基酸种类及含量见表3。从表3可知, 8个品种猕猴桃果实中均含有17种游离氨基酸, 但含量有差异, 体现的风味品质不同。8个品种猕猴桃中谷氨酸、天冬氨酸和精氨酸含量较高, 其中, 谷氨酸和天冬氨酸是猕猴桃鲜味的主要来源<sup>[24]</sup>。苯丙氨酸和酪氨酸是呈现芳香味的主要氨基酸<sup>[25]</sup>, 在农大郁香和徐香两个

品种中含量均较高, 也是美味猕猴桃呈现芳香味浓郁的主要原因。呈现甜味的主要是丙氨酸、甘氨酸、脯氨酸、丝氨酸<sup>[25~26]</sup>, 美味猕猴桃呈甜味的氨基酸含量整体高于中华猕猴桃系列, 且以脯氨酸含量最高。红阳和脐红的精氨酸含量较高。

根据FAO/WHO提出的理想蛋白质条件<sup>[24]</sup>: 组成蛋白质的几种氨基酸E/T值应达到总量的40%, E/N值应在60%(E/T值: 必需氨基酸占总氨基酸含量; E/N值: 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值)。其中, 翠香E/T值为33.08%, E/N值为49.06%, 徐香E/T值为31.54%, E/N值为46.58%, 农大郁香E/T值为30.86%, E/N值为45.07%, 最接近理想模式。从氨基酸组成和含量上比较, 美味猕猴桃相对更加优于中华猕猴桃。

## 2.2 不同品种猕猴桃挥发性风味物质含量分析

不同品种猕猴桃果实挥发性成分的种类和含量不同, 从而赋予了不同品种猕猴桃独特的果香味<sup>[27]</sup>。8种猕猴桃在风味物质的种类和含量上存在差异, 如表4和表5所示。

表3 不同品种猕猴桃氨基酸含量比较(g/100 g)  
Table 3 Comparison of amino acid content of different varieties of kiwifruit (g/100 g)

品系	品种	必需氨基酸含量								非必需氨基酸含量								
		苯丙氨酸	赖氨酸	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	甘氨酸	丙氨酸	胱氨酸	谷氨酸	脯氨酸	酪氨酸	天冬氨酸	丝氨酸	组氨酸	精氨酸
中华猕猴桃	红阳	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.11	0.04	0.01	0.11	0.03	0.01	0.23
	脐红	0.02	0.01	0.04	0.03	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.01	0.14	0.06	0.02	0.10	0.04	0.02	0.31
	金艳	0.02	0.04	0.04	0.03	0.01	0.03	0.04	0.03	0.04	0.01	0.17	0.06	0.02	0.13	0.03	0.02	0.07
	农大金猕	0.03	0.05	0.05	0.04	0.01	0.03	0.05	0.04	0.07	0.01	0.18	0.07	0.02	0.15	0.05	0.02	0.13
美味猕猴桃	翠香	0.03	0.05	0.04	0.04	0.01	0.04	0.05	0.05	0.04	0.01	0.13	0.08	0.02	0.09	0.04	0.02	0.05
	海沃德	0.03	0.05	0.05	0.05	0.01	0.04	0.05	0.05	0.05	0.02	0.15	0.09	0.03	0.12	0.04	0.02	0.09
	徐香	0.04	0.06	0.05	0.06	0.02	0.05	0.06	0.06	0.05	0.01	0.17	0.10	0.03	0.13	0.05	0.02	0.11
	农大郁香	0.04	0.06	0.05	0.05	0.01	0.05	0.06	0.06	0.06	0.01	0.16	0.09	0.03	0.13	0.05	0.02	0.10

表 4 不同品种猕猴桃挥发性风味物质种类

Table 4 The kinds of volatile flavors in different varieties of kiwifruit

品系	品种	各类挥发性风味物质种类							
		总和	酯类	醛类	酮类	醇类	烷烃类	烯烃类	其他类
中华猕猴桃	红阳	30	5	8	3	7	1	2	4
	脐红	18	6	2	2	3	2	1	2
	金艳	30	3	10	3	5	6	1	2
	农大金猕	18	2	3	1	4	2	3	3
美味猕猴桃	翠香	20	4	4	2	4	3	0	3
	海沃德	32	5	9	3	4	7	1	3
	徐香	32	1	15	5	5	2	3	1
	农大郁香	35	4	8	5	6	8	3	1

猕猴桃自然后熟至可鲜食时, 中华猕猴桃中的金艳风味物质总量明显高于其他三种猕猴桃, 其醛类物质含量最高, 约为酮类物质的 2 倍、醇类物质的 5 倍; 而美味猕猴桃中徐香和海沃德的风味物质总量较高, 大约为翠香和农大郁香的 4 倍。其中徐香和海沃德猕猴桃中醛类物质含量最高, 徐香猕猴桃醛类物质含量约为酮类物质的 3 倍、醇类物质的 14 倍, 而海沃德的醛类物质含量约为酮类物质的 5 倍、醇类物质的 25 倍。所有猕猴桃中挥发性风味物质种类以醛类、醇类、酯类及酮类为主; 含量高的挥发性风味物质主要以醛类、酮类、醇类、酯类为主。红阳、脐红、金艳、农大金猕、翠香、海沃德、徐香、农大郁香的醛类和酮类物质总量分别占各自挥发性风味物质总量的 54.87%、78.09%、83.75%、53.78%、86.21%、90.98%、92.41%、49.48%; 醇类分别占 35.03%、7.98%、10.60%、35.75%、7.78%、2.96%、4.97%、22.36%; 酯类分别占 4.39%、8.58%、2.65%、0.88%、2.57%、2.79%、0.25%、16.90%。从挥发性物质组成上看, 中华猕猴桃与美味猕猴桃种间差异不大, 而各品种之间存在差异性。

农大金猕的挥发性特征风味物质是正己醇、反式-2-己烯醇、正己醛, 具有强烈的清香香气, 并伴有果香和草香<sup>[28-29]</sup>, 常见于猕猴桃中。同时, 农大金猕中检测到微量的水杨酸甲酯, 其具有强烈的冬青油香

气, 可见于樱桃、苹果、草莓中, 是区别其他品种的主要物质。农大郁香的特征风味物质为 2-己烯醛、正己醛, 且丁酸乙酯、乙酸乙酯含量也较高, 有类似菠萝、香蕉的果香。红阳、翠香、脐红、海沃德、金艳、徐香的特征风味物质 2-己烯醛、正己醛, 具有叶片青草气味和水果香。其中, 海沃德中也存在一定含量的丁酸乙酯。徐香的特征风味物质除 2-己烯醛、正己醛外, 还有 2-癸烯醛, 有柑橘类香味。美味猕猴桃挥发性风味物质的种类和含量均高于中华猕猴桃, 果香更加浓郁、典型。农大郁香的挥发性风味物质总类最多, 金艳挥发性风味物质含量最高。红阳和脐红挥发性风味物质总量较低, 香气较弱。

### 2.3 不同品种猕猴桃品质综合评价

2.3.1 不同品种猕猴桃品质主成分分析 对 8 个品种的 11 个品质指标进行主成分分析, 结果如表 6、表 7 所示。实验提取了 4 个主成分, 累计方差贡献率达 85.916%, 说明提取的 4 个主成分可以解释原有品质指标。由表 7 可知, 主成分 1 主要是综合了干物质含量、TA、SSC, 贡献率分别为 83.2%、83.5%、74.2%。主成分 2 综合了 V<sub>C</sub> 和可溶性糖含量, 分别占到 67.2% 与 65.0%。主成分 3 和主成分 4 分别综合了猕猴桃果肉的色泽 a\*值和 b\*值, 贡献率分别占 82.4%、55.2%。

根据矩阵系数和标准化后的数据可得到 4 个主成分的得分函数表达式:

$$Z_1 = 0.390X_1 + 0.348X_2 + 0.208X_3 + 0.391X_4 - 0.333X_5 + 0.327X_6 + 0.270X_7 + 0.235X_8 + 0.244X_9 - 0.071X_{10} + 0.348X_{11}$$

$$Z_2 = 0.123X_1 + 0.305X_2 + 0.451X_3 + 0.064X_4 + 0.163X_5 - 0.408X_6 - 0.256X_7 + 0.467X_8 - 0.420X_9 - 0.151X_{10} - 0.097X_{11}$$

$$Z_3 = -0.075X_1 + 0.100X_2 + 0.339X_3 - 0.046X_4 + 0.289X_5 + 0.104X_6 - 0.393X_7 + 0.001X_8 + 0.378X_9 + 0.664X_{10} + 0.185X_{11}$$

$$Z_4 = 0.067X_1 + 0.278X_2 - 0.174X_3 - 0.411X_4 + 0.394X_5 - 0.067X_6 + 0.031X_7 - 0.006X_8 + 0.188X_9 - 0.343X_{10} + 0.430X_{11}$$

表 5 不同品种猕猴桃挥发性风味物质含量(mg/kg)

Table 5 Volatile flavor content of different varieties of kiwifruit (mg/kg)

品系	品种	风味物质总量	各类挥发性风味物质含量						
			酯类	醛类	酮类	醇类	烷烃类	烯烃类	其他类
中华猕猴桃	红阳	2.3081	0.1013	0.6807	0.5858	0.8085	0.0065	0.0221	0.1032
	脐红	1.8052	0.1548	0.5132	0.8965	0.1441	0.0094	0.0184	0.0688
	金艳	8.705	0.2310	5.0719	2.2187	0.9231	0.1318	0.0392	0.0893
	农大金猕	1.4533	0.0126	0.1496	0.6320	0.5195	0.0164	0.0653	0.0579
美味猕猴桃	翠香	2.0903	0.0538	1.0879	0.7143	0.1627	0.0200	0.0000	0.0516
	海沃德	8.1020	0.2258	6.1997	1.1715	0.2401	0.1631	0.0209	0.0809
	徐香	8.7833	0.0220	6.2493	1.8672	0.4365	0.0443	0.0954	0.0686
	农大郁香	2.2005	0.3718	0.8022	0.2867	0.4921	0.0559	0.0842	0.1076

表 6 总解释方差  
Table 6 Total variance explained

主成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差(%)	累积(%)	总计	方差(%)	累积(%)
1	4.556	41.419	41.419	4.556	41.419	41.419
2	2.073	18.849	60.268	2.073	18.849	60.268
3	1.537	13.973	74.241	1.537	13.973	74.241
4	1.284	11.675	85.916	1.284	11.675	85.916
5	0.708	6.434	92.350			
6	0.538	4.887	97.238			
7	0.304	2.762	100.000			
8	4.109E-16	3.736E-15	100.000			
9	2.174E-16	1.977E-15	100.000			
10	-6.006E-17	-5.460E-16	100.000			
11	-2.040E-16	-1.854E-15	100.000			

表 7 成分矩阵和成分系数矩阵  
Table 7 Component matrix and component coefficient matrix

指标	成分				成分系数			
	1	2	3	4	1	2	3	4
干物质含量	0.832	0.177	-0.093	0.086	0.390	0.123	-0.075	0.067
SSC	0.742	0.439	0.124	0.357	0.348	0.305	0.100	0.278
可溶性糖含量	0.443	0.650	0.420	-0.223	0.208	0.451	0.339	-0.174
TA	0.835	0.092	-0.057	-0.527	0.391	0.064	-0.046	-0.411
糖酸比	-0.710	0.235	0.358	0.505	-0.333	0.163	0.289	0.394
蛋白质含量	0.697	-0.587	0.129	-0.086	0.327	-0.408	0.104	-0.067
氨基酸总量	0.576	-0.369	-0.487	0.040	0.270	-0.256	-0.393	0.031
V <sub>C</sub>	0.501	0.672	0.001	-0.007	0.235	0.467	0.001	-0.006
L <sup>*</sup>	0	-0.604	0.469	0.242	0.244	-0.420	0.378	0.188
果肉色泽	a <sup>*</sup>	-0.151	-0.217	0.824	-0.441	-0.071	-0.151	0.664
	b <sup>*</sup>	0.743	-0.140	0.230	0.552	0.348	-0.097	0.185
								0.430

以各主成分对应的方差贡献率为权重, 可得到综合评价函数:

$$F = 0.482Z_1 + 0.219Z_2 + 0.163Z_3 + 0.136Z_4$$

根据主成分综合得分模型<sup>[30-32]</sup>, 计算出 8 个猕猴桃品种的综合得分值和排序结果如表 8 所示, 不同品种猕猴桃综合鲜食品质排序为: 农大金猕、脐

表 8 不同猕猴桃品种综合评价  
Table 8 Comprehensive evaluation of different kiwifruit varieties

品系	品种	主成分得分				总得分F	排序
		1	2	3	4		
中华猕猴桃	红阳	-0.723	-0.505	1.415	1.861	0.024	4
	脐红	2.266	-1.342	0.940	-0.539	0.878	2
	金艳	-3.981	-0.630	0.925	-1.418	-2.100	8
	农大金猕	3.097	0.771	0.930	-0.684	1.720	1
美味猕猴桃	翠香	-0.574	3.045	-0.106	-0.190	0.348	3
	海沃德	0.399	-0.381	-1.908	-0.776	-0.307	6
	徐香	0.068	-1.370	-1.315	0.329	-0.437	7
	农大郁香	-0.552	0.412	-0.880	1.417	-0.126	5

红、翠香、红阳、农大郁香、海沃德、徐香、金艳。脐红、翠香、红阳是主栽品种中品质优良的品种, 新品种农大金猕综合品质优于现有主栽品种。

**2.3.2 不同品种猕猴桃品质聚类分析** 将品质指标标准化, 综合不同品种猕猴桃的鲜食品质, 采用 SPSS 对其进行聚类分析。根据不同品种间不同指标的差异, 将距离相近的品种聚为一类, 从而对猕猴桃品种进行分类, 聚类结果如图 3。

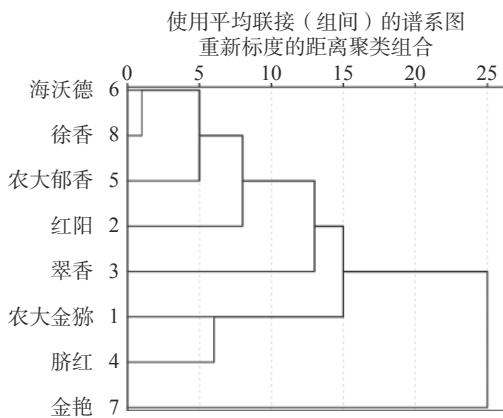


图 3 不同品种猕猴桃品质聚类

Fig.3 Quality clustering of different varieties of kiwifruit

从图 3 可以看出, 当欧氏距离为 7 时, 8 个品种猕猴桃按品质可以分为五类。第一类为金艳, 其干物质含量、Vc 含量较低, 甜酸风味寡淡, 口感较差, 鲜食味道欠佳; 第二类为脐红、农大金猕, 属于中华猕猴桃系列, 果肉色泽饱满, 两者可溶性固形物含量高, 蛋白质含量均居于前列, 是鲜食的较好品种; 第三类为翠香, 可溶性固形物、Vc 含量较高, 果肉色泽翠绿, 蛋白质、氨基酸含量较低, 但其糖酸比适中, 干物质含量高; 第四类为红阳, 可溶性固形物含量高但可滴定酸含量低; 第五类为海沃德、徐香、农大郁香, 均属于美味猕猴桃系列, 果肉色泽为黄绿色, 酸甜适中, 综合评价得分相近。

### 3 讨论与结论

通过对陕西省中华和美味猕猴桃中 8 个品种猕猴桃的主要鲜食品质指标与挥发性风味物质组成及含量进行比较分析, 并结合主成分分析和聚类分析, 对 6 个主栽品种和 2 个新品种的鲜食品质进行了排序与聚类, 8 个品种猕猴桃的挥发性风味物质种类与含量存在差异, 猕猴桃挥发性风味物质以醛类、酮类、酯类为主, 主要为正己醇、正己醛、2-己烯醛、丁酸乙酯、乙酸乙酯。试验通过主成分分析, 提取 4 个特征值大于 1 的成分, 主成分 1 主要由 TA、干物质含量、SSC 决定, 主成分 2 主要由 Vc 和可溶性糖含量决定, 主成分 3 主要由猕猴桃果肉的  $a^*$  值决定, 主成分 4 主要由果肉的  $b^*$  值决定, 4 个主成分累计方差贡献率达 85.916%。

通过聚类分析, 按照品质将猕猴桃分为 5 类。

各品种猕猴桃综合品质排序为农大金猕、脐红、翠香、红阳、农大郁香、海沃德、徐香、金艳。陕西省主栽品种中的脐红、翠香、红阳品质更为优良, 其中脐红、红阳果肉呈红色, 甜度高, 翠香的氨基酸比例最接近理想模式, 深受消费者喜爱, 可进一步增加种植面积。而新品种中的农大金猕的 Vc、糖、酸含量均居于前列, 适宜鲜食, 综合品质排名第一, 甚至优于现有的主栽品种, 应广泛推广。该研究为消费者选择营养价值高、口感好、品质优良的猕猴桃品种提供参考, 对猕猴桃栽培、贮藏保鲜和流通等产业各环节中选择优良品质的品种、提升产业效益、促进产业发展具有一定作用, 对促进我国猕猴桃总体品质提升具有重要指导意义。

### 参考文献

- [1] 薛敏, 高贵田, 赵金梅, 等. 不同品种猕猴桃果实游离氨基酸主成分分析与综合评价 [J]. 食品工业科技, 2014, 35(5): 294-298.
- [2] Richardson D P, Ansell J, Drummond L N. The nutritional and health attributes of kiwifruit: A review [J]. European Journal of Nutrition, 2018, 57(8): 2659-2676.
- [3] Ainalidou A, Karamanolis K, Menkissoglu-Spiroudi U, et al. CPPU treatment and pollination: Their combined effect on kiwifruit growth and quality [J]. Scientia Horticulturae, 2015, 193: 147-154.
- [4] Luo A W, Bai J Q, Li R, et al. Difference of resistance to postharvest blue mold between Hongyang and Qihong kiwifruits [J]. Food Chemistry, 2019, 285: 389-396.
- [5] Salazar J, Jorquer C, Campos-Vargas R, et al. Effect of the application timing of 1-MCP on postharvest traits and sensory quality of a yellow-fleshed kiwifruit [J]. Scientia Horticulturae, 2019, 244: 82-87.
- [6] 王颖颖, 侯利霞, 胡爱鹏, 等. 主成分分析法评价市售芝麻酱产品品质 [J]. 食品科学, 2017, 38(6): 310-314.
- [7] Nie B, Du J, Liu H, et al. Crowds' classification using hierarchical cluster, rough sets, principal component analysis and its combination [C]// International Forum on Computer Science-technology & Applications. IEEE Computer Society, 2009, 1: 287-290.
- [8] 曲雪艳, 郎彬彬, 钟敏, 等. 野生毛花猕猴桃果实品质主成分分析及综合评价 [J]. 中国农学通报, 2016, 32(1): 92-96.
- [9] 杨军林, 任亚梅, 张武岗, 等. 基于主成分分析法的熟化马铃薯品质评价 [J]. 食品科学, 2018, 39(19): 70-77.
- [10] 蒋卉, 丁慧萍, 白红进. 新疆南疆引进鲜食枣品种品质性状的综合评价 [J]. 食品科学, 2016, 37(3): 55-59.
- [11] 肖守华, 马德源, 王施慧, 等. 不同瓤色小型西瓜成熟果实挥发性风味物质 GC-MS 分析 [J]. 中国园艺文摘, 2014, 30(5): 1-7.
- [12] 袁婷, 陈薇薇, 孙海艳, 等. 不同果肉类型枇杷果肉挥发性成分分析 [J]. 食品科学, 2018, 39(24): 209-217.
- [13] 姚春潮, 刘占德. 黄肉猕猴桃新品种: 农大金猕 [J]. 中国果业信息, 2017(11): 65.

- [ 14 ] 郁俊谊. 猕猴桃新品种‘农大郁香’[J]. 北方果树, 2018(3): 49.
- [ 15 ] 王依, 雷靖, 陈成, 等. 美味猕猴桃新品种‘瑞玉’果实品质综合评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2018, 46(10): 101–107, 125.
- [ 16 ] 李国秀, 刘小宁, 李劫. 高效液相色谱法测定猕猴桃中的 V<sub>C</sub> 含量[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(5): 89–93.
- [ 17 ] 魏明英. 红阳猕猴桃中 V<sub>C</sub> 含量测定方法研究[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(23): 115–117.
- [ 18 ] 葛翠莲, 刘科鹏, 曲雪艳, 等. 不同类型猕猴桃果实发育过程中糖、酸和 V<sub>C</sub> 含量的动态变化(英文)[J]. Agricultural Science & Technology, 2013, 14(12): 1772–1774, 1778.
- [ 19 ] 黄娟, 李新建. 基于色差仪法的库尔勒香梨果实颜色分级标准[J]. 北方园艺, 2018(17): 38–44.
- [ 20 ] 马婷, 任亚梅, 张艳宜, 等. 1-MCP 处理对‘亚特’猕猴桃果实香气的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 276–281.
- [ 21 ] 赵治兵, 王金华, 刘永玲, 等. 基于主成分分析法研究氯吡脲对猕猴桃品质的影响[J]. 食品工业, 2018, 39(9): 190–193.
- [ 22 ] 袁华玲, 周亚兰, 陈延松, 等. 不同品种黄肉猕猴桃品质分析[J]. 合肥师范学院学报, 2016, 34(6): 50–52.
- [ 23 ] 李文生, 石磊, 王宝刚, 等. 不同颜色果肉猕猴桃营养品质的比较[J]. 食品科技, 2012, 37(7): 47–48, 52.
- [ 24 ] 乘霞, 李秀娟, 郭咪咪. 湘西猕猴桃籽成分分析及猕猴桃籽油的特性研究[J]. 中国油脂, 2017, 42(8): 136–139.
- [ 25 ] 叶发荣, 韩秀梅, 肖钧, 等. ‘红阳’猕猴桃果实氨基酸含量及组成分析[J]. 中国园艺文摘, 2015, 31(8): 1–3, 25.
- [ 26 ] 王彬, 郑伟, 李兴忠, 等. 不同品种(系)火龙果果实中氨基酸含量及组成分析[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(3): 283–286.
- [ 27 ] 常培培, 张静, 杨建华, 等. 紫色番茄果实挥发性风味物质分析[J]. 食品科学, 2014, 35(14): 165–169.
- [ 28 ] Mayuoni-Kirshinbaum L, Daus A, Porat R. Changes in sensory quality and aroma volatile composition during prolonged storage of ‘Wonderful’ pomegranate fruit[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2013, 48(8): 1569–1578.
- [ 29 ] 吴文艳, 陈健乐, 陈荣荣, 等. HS-SPME-GC/MS 结合 PCA 分析不同成熟度东魁杨梅香气组分差异[J]. 中国食品学报, 2017, 17(12): 236–242.
- [ 30 ] 李伟, 邹海燕, 陈杭君, 等. 基于主成分分析的不同品种杨梅果实综合品质评价[J]. 中国食品学报, 2017, 17(6): 161–171.
- [ 31 ] Gentile C, Di Gregorio E, di Stefano V, et al. Food quality and nutraceutical value of nine cultivars of mango (*Mangifera indica* L.) fruits grown in Mediterranean subtropical environment[J]. Food Chemistry, 2019, 277: 471–479.
- [ 32 ] Hao J, Gao L H, Tang X W, et al. Comparison in quality characters of five different tomato cultivars[J]. Acta Horticulturae, 2010(856): 133–140.