

李可, 廖茂雯, 林籽汐, 等. 基于多元统计法的不同质量猕猴桃果实品质分析 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(21): 285–292. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022110237

LI Ke, LIAO Maowen, LIN Zixi, et al. Analysis of Quality in Different Weight Grading Kiwifruits Based on Multivariate Statistical Method[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(21): 285–292. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022110237

· 分析检测 ·

# 基于多元统计法的不同质量 猕猴桃果实品质分析

李 可<sup>1,2</sup>, 廖茂雯<sup>1</sup>, 林籽汐<sup>1</sup>, 袁怀瑜<sup>1</sup>, 潘翠萍<sup>1</sup>, 梁钰梅<sup>1</sup>, 朱永清<sup>1</sup>, 邬应龙<sup>2</sup>, 李华佳<sup>1,\*</sup>

(1. 四川省农业科学院农产品加工研究所, 四川成都 610000;

2. 四川农业大学食品学院, 四川雅安 625014)

**摘 要:** 本文探讨了不同质量级别‘红阳’猕猴桃果实品质差异性。分别于四川蒲江和金堂产区采集果实, 基于现有质量分级标准 (<70 g、70~90 g、90~110 g、110~130 g、>130 g) 将果实分为 5 个级别, 分别从可溶性固形物含量 (SSC)、可滴定酸含量 (TA)、固酸比 (RTT)、色调角值 (H)、糖酸组成、V<sub>C</sub> 含量等方面进行比较分析, 并采用偏最小二乘判别分析 (Partial least squares-discrimination analysis, PLS-DA) 筛选不同质量大小果实主要的差异物质。结果表明, 在相同成熟度下, ‘红阳’猕猴桃果实大小对甜味物质蔗糖 (SUC) 和 SSC、酸味物质奎尼酸 (QA) 以及 V<sub>C</sub> 含量均有影响, 对猕猴桃色泽、TA、RTT 等无显著影响。其中 SUC 和 SSC 含量随果实重量的增加而增加, 当果实重量>110 g 时果实甜味较好; V<sub>C</sub> 和 QA 含量随果实重量的增加而降低, 当果实重量>90 g 时, 果实 V<sub>C</sub> 含量显著下降, QA 含量虽然随果实重量增加而减低, 但对果实感官影响不显著。综合以上研究结果可知, 甜酸物质是影响不同大小果实品质的主要因素, 果实重量较大 (>90 g) 果实甜酸风味更佳, 但 V<sub>C</sub> 含量偏低。该研究结果为果实科学分级、生产管理、指导消费等提供了科学依据。

**关键词:** ‘红阳’猕猴桃, 质量大小, V<sub>C</sub>, PLS-DA, 品质

中图分类号: TS255.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)21-0285-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022110237

本文网刊:



## Analysis of Quality in Different Weight Grading Kiwifruits Based on Multivariate Statistical Method

LI Ke<sup>1,2</sup>, LIAO Maowen<sup>1</sup>, LIN Zixi<sup>1</sup>, YUAN Huaiyu<sup>1</sup>, PAN Cuiping<sup>1</sup>,  
LIANG Yumei<sup>1</sup>, ZHU Yongqing<sup>1</sup>, WU Yinglong<sup>2</sup>, LI Huajia<sup>1,\*</sup>

(1. Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Chengdu 610000, China;

2. College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

**Abstract:** Present study investigated the difference between the fruit weight and the quality of 'Hongyang' kiwifruit. The 'Hongyang' kiwifruit from 2 orchards collected from Pujiang and Jintang County of Sichuan Province were classified according to the weight into five grading (<70 g, 70~90 g, 90~110 g, 110~130 g, >130 g). The soluble solid content, titratable acid content, solid acid ratio, hue angle value, sweet and sour taste, V<sub>C</sub> content of different grades of fruits were analyzed and compared, and partial least squares-discrimination analysis (PLS-DA) was employed to screen the main differential substances in fruits of different weight grading. The results showed that at the same maturity, the fruit size of 'Hongyang' kiwifruit had an impact on the sweet substances such as sugar (SUC) and SSC, sour substances quinic acid (QA) and V<sub>C</sub>, but had no significant impact on the color, TA, RTT, etc. The content of SUC and SSC increased with the increase of fruit weight, and the characteristic of fruit with a fruit weight greater than 110 g was sweet. While the content of

收稿日期: 2022-11-24

基金项目: 四川省科技计划重点研发项目 (2020YFN0149); 四川省农业科学院 1+9 揭榜挂帅项目 (1+9KJGG007)。

作者简介: 李可 (1987-) (ORCID: 0000-0003-2936-2606), 男, 博士, 助理研究员, 研究方向: 食品生物技术, E-mail: like2341@126.com。

\* 通信作者: 李华佳 (1982-) (ORCID: 0000-0002-3686-026XE), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 果蔬贮藏加工, E-mail: huajia611@163.com。

$V_C$  and QA decreased with the increase of fruit weight, and when the fruit weight more than 90 g, the content of  $V_C$  decreased significantly. Although the content of QA decreased with the increase of fruit weight, it had no significant effect on fruit flavor. According to the above results, sweet and sour substances were the main factors affecting the quality of fruits of different weight grading, and the sweet and sour flavor of fruits with larger weight ( $> 90$  g) was better, but the  $V_C$  content was lower. The research results provide a scientific basis for the revision of fruit grading standards, production management and rational consumption.

**Key words:** 'Hongyang' kiwifruit; weight grading;  $V_C$ ; PLS-DA; quality

猕猴桃属于猕猴桃科(Actinidiaceae)、猕猴桃属(*Actinidia*), 是一种落叶藤蔓果树, 其果实不仅质地柔软、口感酸甜, 还富含膳食纤维、氨基酸、多酚、维生素和矿物质元素等, 其  $V_C$  含量是苹果、橘子等其它水果的数倍, 被誉为  $V_C$  之王, 对人体健康有积极促进作用<sup>[1-2]</sup>, 深受消费者的喜爱, 是主流水果之一。据世界粮农组织统计显示, 最近十年全球猕猴桃的种植面积和总产量分别增加了 71.25% 和 55.58%<sup>[3]</sup>。我国是猕猴桃主产国之一, 2018 年猕猴桃栽培面积 240000 ha, 占全球猕猴桃总量的 70% 以上, 居世界第一<sup>[4]</sup>。但我国猕猴桃采后商品化处理技术相对薄弱, 导致我国猕猴桃虽然种植面积广、产量高, 但产品质量及经济效益却显著落后于新西兰等国家。

果品分级是采后商品化处理的重要环节, 对于提高新鲜果品质量、实现优质优价、促进高效流通和规范果品市场、维护产、销、消三方利益等具有重要意义。猕猴桃品质分级主要的参考指标包括果形、果面、果皮色泽、风味、果肉色泽、缺陷、果实单果重、可溶性固形物含量、可溶性总糖、总酸、固酸比等<sup>[5]</sup>。邵和鸿等<sup>[6]</sup>通过描述计算机视觉技术基于猕猴桃的形状、大小、颜色等特征建立了高效的猕猴桃分级处理方法。刘忠超等<sup>[7]</sup>基于 S7-300 PLC 控制器、MATLAB 图像处理以及组态软件实时监控等技术, 建立了基于面积的猕猴桃大小分级控制系统。杨涛等<sup>[8]</sup>在已有的分级标准的基础上建立了基于表面缺陷的猕猴桃分级新方法。综合以上研究可知, 有关猕猴桃分级的研究主要集中在分级技术层面的研究, 为实现猕猴桃快速、低廉、准确的分级提供了重要的技术参考, 对促进猕猴桃产业发展具有重要意义。随着社会、经济的发展和人们生活水平的提高, 消费者的消费行为愈发理性, 更加注重消费商品的内在品质。但消费者往往只能根据感性直觉判断产品品质, 认为猕猴桃大果不仅具有较好的商品性, 同时内在品质也更加优良。因此, 在实际生产中, 根据果实大小对猕猴桃进行品质分级已成为生产和销售人员的普遍经验性做法, 但该分级方法与内在品质之间的关系鲜有研究。

因此, 本文以四川省自然资源科学研究院选育、四川省主栽的‘红阳’猕猴桃为研究对象, 基于目前国内普遍采用的质量分级标准, 采用多元统计分析比较不同质量大小对甜酸风味及其物质基础、色泽及  $V_C$  含量等的差异, 探寻适宜于猕猴桃内在品质分级

指标, 为‘红阳’猕猴桃生产、销售和消费提供更加科学的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

猕猴桃样品 为保证试验结果的可靠性, 本文分别在蒲江县和金堂县选取两个树龄均超过 5 年的果园(OA、OB)进行采果, 果园用肥管理方案均由四川丰收农业有限公司提供; 0.1 mol/L NaOH、氯化钠、草酸等 分析纯, 成都市科隆化学用品有限公司; 蔗糖、葡萄糖、果糖、苹果酸、柠檬酸、酒石酸、奎尼酸等标准品 均购于上海源叶生物科技有限公司。

1260 型高效液相色谱仪(High performance liquid chromatography, HPLC) 美国 Agilent 公司; 855 型机器人全自动样品滴定仪 瑞士 Metrohm 公司; TA.XT 质构仪 英国 SMS 公司; CR-400 色差计 日本 Konica Minolta 公司; PAL-1 便携式糖度计 日本 Atago 公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 样品分级方法 采收时间为 9 月中旬, 采收后按照商业分级方法分选后室温下待其自然软熟, 分级方法为 OA 果园果实按照质量大小分为 A1( $< 70$  g)、A2(70~90 g)、A3(90~110 g)、A4(110~130 g)、A5( $> 130$  g)五个级别, OB 果园分级方法和编号顺序同 OA。以硬度为成熟度判断指标, 每个质量级别挑选 30 枚果实用于分析(15 枚用于感官评价、15 枚用于果实品质分析), 各项指标均采用单果检测。

#### 1.2.2 指标的测定

1.2.2.1 果肉硬度(FF) 果肉硬度的测定, 使用直径为 7.9 mm 的穿刺探头, 在待测果实中间最大横径处削去 1 mm 厚度的果皮和果肉后测定, 每个果实测定 90°相邻的两个点, 结果取两点平均值, 质构仪测定参数为测前速率 5 mm/s、测定速率 2 mm/s、穿刺深度 7.9 mm, 记录最大受力点为果实硬度值<sup>[9-10]</sup>。

1.2.2.2 可溶性固形物(SSC) 取果实两端果肉, 挤压取果汁, 混匀后用胶头滴管取 2 滴于 PAL-1 便携式糖度计测定, 结果以 % 表示采用。

1.2.2.3 猕猴桃果汁中可溶性糖的组成及含量的测定 猕猴桃果汁取 0.2 g(方法同 1.2.2.2), 稀释 200 倍后过 0.22  $\mu$ m 微孔滤膜后备用。采用外标法对糖组分进行定量分析, 标准溶液的配制如下: 分别称取 0.1000 g 葡萄糖(GLU)、蔗糖(SUC)、果糖

(FRU)。用超纯水定容至 100 mL,配制成 1 mg/mL 的混合糖标准储备液,再依次稀释成 5、10、20、50、100  $\mu\text{g/mL}$  的标准使用液,经 0.22  $\mu\text{m}$  滤膜过滤后备用。

HPLC 条件参照色谱柱说明书:色谱柱为安捷伦 Hipler-Ca 分析柱(300 mm $\times$ 7.8 mm),流动相为 UP 水,流速 0.6 mL/min,进样量 20  $\mu\text{L}$ ,柱温 80  $^{\circ}\text{C}$ 。蒸发光检测器条件为氮气流速 2 mL/min,漂移管温度 60  $^{\circ}\text{C}$ ,蒸发管温度 80  $^{\circ}\text{C}$ 。

1.2.2.4 可滴定酸(TA) 取果实两端果肉,挤压取果汁,混匀后取 1 mL 的果汁加 50 mL 的蒸馏水,用全自动滴定仪测定可滴定酸含量,滴定溶液为 0.1 mol/L NaOH 标准溶液,滴定终点为 pH8.2,结果以柠檬酸当量计,以 % 表示<sup>[9]</sup>。

1.2.2.5 固酸比(RTT) 固酸比为可溶性固形物含量与可滴定酸含量的比值即  $\text{RTT}=\text{SSC}/\text{TA}$ 。

1.2.2.6 猕猴桃果汁中有机酸组成及含量的测定 有机酸采用 HPLC 测定,猕猴桃果汁取 0.2 g,稀释 20 倍后过 0.22  $\mu\text{m}$  微孔滤膜后备用。采用外标法对酸组分进行定量分析,标准溶液的配制如下:分别称取 0.1000 g 柠檬酸(CA)、酒石酸(TAR)、奎尼酸(QA)、苹果酸(MA)。用超纯水定容至 100 mL,配制成 1 mg/mL 的混合酸标准储备液,再依次稀释成 5、10、20、50、100  $\mu\text{g/mL}$  的标准使用液,经 0.22  $\mu\text{m}$  滤膜过滤后备用。

HPLC 条件参照色谱柱说明书:色谱柱为 Aminex HPX-87H(300 mm $\times$ 7.8 mm),流动相为 0.005 mol/L  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,流速 0.6 mL/min,紫外检测波长 210 nm,进样量 10  $\mu\text{L}$ ,柱温 30  $^{\circ}\text{C}$ 。

1.2.2.7 果肉颜色 选取待测果实中间最大横径处,削除 2 mm 厚度果皮和果肉后采用 CR-400 色差仪测定,读取 H 值表示果肉颜色。

1.2.2.8 维生素 C 含量测定 200  $\mu\text{L}$  果汁加入 1.8 mL 1% 草酸,振荡 5 min,8000 r/min 离心 2 min 后取上清液,0.22  $\mu\text{m}$  滤膜过滤后备用。

液相条件:色谱柱为 Zorbax-SB  $\text{C}_{18}$ (4.6 mm $\times$ 250 mm,5  $\mu\text{m}$ ),流动相为 0.1% 草酸,流速 1.0 mL/min,波长 243 nm。柱温 30  $^{\circ}\text{C}$ ,进样量 10  $\mu\text{L}$ 。

1.2.2.9 感官评价 随机筛选 15 名年龄 18~35 周岁消费者从色泽、香气、甜味、酸味、总体喜好程度五

个方面按照表 1 进行感官评价,处理结果采用雷达图表示。

1.3 数据处理

利用 Excel 2010 计算不同质量大小猕猴桃果实各项指标的均值和标准偏差,用 SPSS20.0 软件对不同大小猕猴桃果实品质指标进行单因素方差分析,采用 SIMCA 14.1 对品质指标进行偏最小二乘判别分析。

2 结果与分析

2.1 不同质量大小猕猴桃果实硬度

猕猴桃属于后熟型果实,采收后需在人工/自然条件下成熟才能被消费者食用。果肉硬度(FH)是最为重要的成熟度判定指标,多数认为果肉硬度在 4~6 N 范围内,猕猴桃果实食用品质最佳<sup>[11]</sup>。因此,为保证本实验的科学性,本文以硬度为考察指标,从不同质量大小果实中分别筛选出果肉硬度在 4~6 N 果实各 30 枚用于品质评价对比,结果见图 1。

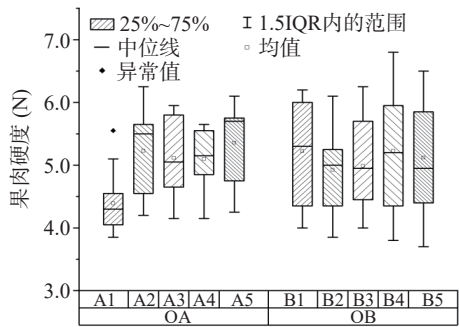


图 1 不同质量大小果实的硬度  
Fig.1 Hardness of different weight grading kiwifruit

由图 1 可知,本文从两个果园筛选的各质量大小果实果肉硬度均在 4~6 N 之间。虽然两果园不同质量大小果实硬度分布有一定差异,但无显著性差异( $P>0.05$ ),保证了猕猴桃果实成熟度的一致性。

2.2 不同质量大小果实甜味物质变化规律

甜味是水果最重要的口感品质之一,甜味的强度和口感的物质基础是糖类,主要有蔗糖、葡萄糖和果糖。因此,为比较不同质量大小果实甜味物质基础,本文分析了两个果园不同质量大小果实的 SSC、SUC、GLU 和 FRU 等的组成,结果见表 2。

由表 2 可知,猕猴桃果实 SSC 含量随单果重的增加而升高,单因素方差分析结果显示,A5 果实 SSC 含量显著高于 A1、A2( $P<0.05$ ),A3、A4、A5 之间无显著性差异( $P>0.05$ ),A1、A2、A3、A4 之间也无显著性差异( $P>0.05$ )。OB 果园不同分级之间差异较大,其中 B2 最低,且与 B1、B3 之间无显著性差异( $P>0.05$ );B4 与 B1、B3 之间无显著性差异( $P>0.05$ )但显著高于 B2( $P<0.05$ );B5 含量最高显著高于其它四个质量分级( $P<0.05$ )。猕猴桃中 SSC 主要为糖类<sup>[12]</sup>,进一步对糖组成分析可知,蔗糖含量变化与 SSC 含量较为一致,随单果重的增加而增加,A3、A4、A5 蔗糖含量显著高于 A1、A2( $P<0.05$ ),B4、B5 蔗

表 1 猕猴桃感官评定方法

Table 1 Sensory evaluation of kiwifruit

| 感官特征   | 评分标准   |         |         |         |
|--------|--------|---------|---------|---------|
|        | <4分    | 4~6分    | 7~8分    | 9~10分   |
| 色泽     | 青绿色    | 黄绿色     | 黄色      | 红黄色     |
| 香气     | 无猕猴桃香气 | 略带猕猴桃香气 | 猕猴桃香气较浓 | 猕猴桃香气浓郁 |
| 甜味     | 不甜     | 略甜      | 较甜      | 甜       |
| 酸味     | 不酸     | 略酸      | 较酸      | 酸       |
| 总体喜好程度 | 不喜欢    | 一般      | 比较喜欢    | 喜欢      |

表 2 不同质量大小果实 SSC 及糖组成

Table 2 SSC and sugar composition of different grading kiwifruit

| 指标        | OA                      |                         |                          |                          |                          | OB                        |                           |                           |                          |                          |
|-----------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
|           | A1                      | A2                      | A3                       | A4                       | A5                       | B1                        | B2                        | B3                        | B4                       | B5                       |
| SSC(%)    | 14.64±1.55 <sup>a</sup> | 14.61±1.19 <sup>a</sup> | 15.18±1.43 <sup>ab</sup> | 15.36±0.96 <sup>ab</sup> | 15.81±0.71 <sup>b</sup>  | 16.43±1.06 <sup>ab</sup>  | 15.55±1.13 <sup>a</sup>   | 16.39±1.69 <sup>ab</sup>  | 17.41±1.38 <sup>b</sup>  | 19.81±1.34 <sup>c</sup>  |
| SUC(g/kg) | 71.60±0.41 <sup>a</sup> | 78.66±2.36 <sup>a</sup> | 101.72±7.72 <sup>b</sup> | 93.45±4.05 <sup>b</sup>  | 108.49±4.14 <sup>b</sup> | 150.43±11.91 <sup>a</sup> | 135.84±12.97 <sup>a</sup> | 147.47±10.47 <sup>a</sup> | 196.41±5.39 <sup>b</sup> | 211.04±8.35 <sup>b</sup> |
| GLU(g/kg) | 23.04±1.38 <sup>a</sup> | 21.85±1.53 <sup>a</sup> | 23.07±2.42 <sup>a</sup>  | 21.40±0.43 <sup>a</sup>  | 21.07±0.60 <sup>a</sup>  | 24.93±2.44 <sup>a</sup>   | 22.95±2.98 <sup>a</sup>   | 20.30±3.80 <sup>a</sup>   | 22.68±1.52 <sup>a</sup>  | 22.73±0.21 <sup>a</sup>  |
| FRU(g/kg) | 22.34±1.16 <sup>a</sup> | 21.77±1.42 <sup>a</sup> | 22.29±2.30 <sup>a</sup>  | 21.08±0.57 <sup>a</sup>  | 20.69±1.07 <sup>a</sup>  | 23.41±1.42 <sup>a</sup>   | 21.28±2.73 <sup>a</sup>   | 18.69±2.50 <sup>a</sup>   | 22.80±1.36 <sup>a</sup>  | 20.45±0.56 <sup>a</sup>  |

注:表中不同小写字母表示同一指标、同一果园间数据具有显著差异( $P<0.05$ ),表3同。

糖含量显著高于 B1、B2、B3( $P<0.05$ ),而不同质量大小果实葡萄糖和果糖含量无规律性且差异不显著( $P>0.05$ )。由此可知,不同质量大小果实 SSC 含量差异主要和蔗糖含量相关。

### 2.3 不同质量大小果实酸味物质变化规律

酸味是猕猴桃另一最重要的口感品质之一,酸味的强度和口感的物质基础是果实中的有机酸种类和含量<sup>[13]</sup>。因此,为比较不同质量大小果实酸味物质基础,本文分析了两个果园不同质量大小果实有机酸组成。

TA 含量分析表明,不同果实 TA 含量差异较大,分布较为分散,变异系数较大,因此不同质量大小果实 TA 含量呈不规则变化且无显著差异( $P>0.05$ )。从酸组成分析可知,柠檬酸、酒石酸和苹果酸含量与 TA 含量变化趋势较为一致,不同级别果实差异较大,但与单果重之间没有规律性。而奎尼酸含量随着单果重的增加含量降低,且 A4 含量显著低于 A1( $P<0.05$ ),B4 和 B5 含量显著低于 B1( $P<0.05$ )。同时,由表 3 可知不同质量大小果实 RTT 值均大于 60.1,因此属于甜型果实<sup>[13]</sup>,说明酸对果实甜酸风味影响较小。分析 RTT 变化规律可以看出,RTT 变化规律与 TA 变化较为相似且分散,变异系数较大,不同质量大小果实固酸比值均无显著差异( $P>0.05$ )。分析其主要原因是猕猴桃可溶性固形物变化幅度较小,而酸含量较低但变化幅度较大。

### 2.4 不同质量大小果实色差及 $V_C$ 含量变化规律

本实验对影响猕猴桃商品性的色泽品质和  $V_C$  含量进行了分析(图 2)。结果表明,不同质量大小果实果肉色差角 H 值无显著性差异( $P>0.05$ ),说明不同质量大小对猕猴桃果肉的色泽感官品质无显著影响。但两个果园果实  $V_C$  含量均随着果实单果重的增加而降低。单因素方差分析结果显示,A1、

A2 果实  $V_C$  含量显著高于 A5( $P<0.05$ ),B1 果实  $V_C$  含量显著高于 B4、B5( $P<0.05$ ),而  $V_C$  是猕猴桃中最为熟知的功能活性成分,说明果实大小对猕猴桃的功能价值有较大影响。

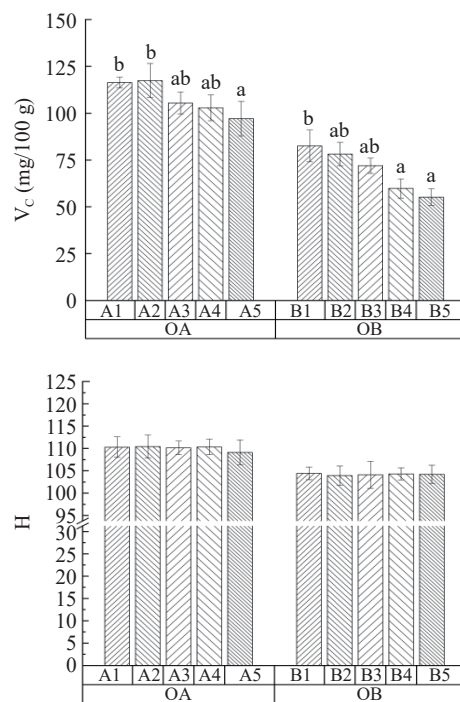


图 2 不同质量大小果实  $V_C$  含量和色调角 H 值  
Fig.2  $V_C$  content and H index of different weight grading kiwifruit

注:图中不同小写字母表示同一指标、同一果园间数据具有显著差异( $P<0.05$ )。

### 2.5 不同质量大小果实品质综合评价

图 3 展示了 OPLS-DA 的分析结果,所有样品均在 95% Hotelling T2 置信区间内,说明模型稳定可靠,可用于不同质量级别果实品质的区分。OPLS-

表 3 不同质量大小果实总酸、酸组成及固酸比

Table 3 Total acid, acid composition and soluble solids to acidity ratio of different grading kiwifruit

| 指标        | OA                       |                          |                          |                          |                          | OB                       |                           |                           |                          |                          |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
|           | A1                       | A2                       | A3                       | A4                       | A5                       | B1                       | B2                        | B3                        | B4                       | B5                       |
| TA(%)     | 2.63±0.73 <sup>a</sup>   | 2.42±0.52 <sup>a</sup>   | 2.73±0.81 <sup>a</sup>   | 2.26±0.73 <sup>a</sup>   | 2.58±0.55 <sup>a</sup>   | 1.99±0.65 <sup>a</sup>   | 1.48±0.77 <sup>a</sup>    | 1.60±0.66 <sup>a</sup>    | 2.01±0.59 <sup>a</sup>   | 2.29±0.84 <sup>a</sup>   |
| CA(mg/g)  | 8.60±0.16 <sup>ab</sup>  | 7.53±0.94 <sup>a</sup>   | 9.41±0.26 <sup>b</sup>   | 7.13±0.07 <sup>a</sup>   | 9.07±1.30 <sup>ab</sup>  | 9.41±1.16 <sup>a</sup>   | 7.98±0.94 <sup>a</sup>    | 7.90±0.75 <sup>a</sup>    | 8.33±1.12 <sup>a</sup>   | 7.99±0.52 <sup>a</sup>   |
| MA(mg/g)  | 0.73±0.04 <sup>a</sup>   | 0.70±0.06 <sup>a</sup>   | 0.79±0.04 <sup>a</sup>   | 0.68±0.02 <sup>a</sup>   | 0.69±0.04 <sup>a</sup>   | 0.57±0.06 <sup>a</sup>   | 0.71±0.08 <sup>b</sup>    | 0.58±0.08 <sup>a</sup>    | 0.65±0.01 <sup>ab</sup>  | 0.68±0.03 <sup>ab</sup>  |
| TAR(mg/g) | 5.38±0.20 <sup>b</sup>   | 4.25±0.21 <sup>a</sup>   | 6.60±0.57 <sup>c</sup>   | 4.82±0.38 <sup>ab</sup>  | 4.96±0.47 <sup>ab</sup>  | 3.85±0.36 <sup>a</sup>   | 4.23±0.50 <sup>ab</sup>   | 3.83±0.25 <sup>a</sup>    | 4.60±0.43 <sup>b</sup>   | 4.32±0.32 <sup>b</sup>   |
| QA(mg/g)  | 5.19±0.05 <sup>b</sup>   | 4.26±0.42 <sup>ab</sup>  | 4.90±0.40 <sup>b</sup>   | 3.61±0.29 <sup>a</sup>   | 4.42±0.50 <sup>ab</sup>  | 5.65±0.57 <sup>b</sup>   | 5.53±0.74 <sup>b</sup>    | 4.54±0.27 <sup>ab</sup>   | 3.63±0.30 <sup>a</sup>   | 3.57±0.32 <sup>a</sup>   |
| RTT       | 61.05±21.72 <sup>a</sup> | 60.15±10.84 <sup>a</sup> | 63.23±18.74 <sup>a</sup> | 68.11±12.48 <sup>a</sup> | 63.12±14.28 <sup>a</sup> | 91.44±30.31 <sup>a</sup> | 125.21±47.84 <sup>a</sup> | 119.41±47.19 <sup>a</sup> | 95.71±34.98 <sup>a</sup> | 98.51±32.91 <sup>a</sup> |

DA 得分图 3 显示在两组模型中单果重  $<110$  g 的果实均分布在右侧, 单果重  $\geq 110$  g 果实均分布在左侧。说明以单果重 110 g 为条件, 果实品质存在较大差异。采用变量重要性投影值 (Variable importance in project, VIP) 筛选能够表征不同质量大小果实品质差异性的标志物, 其中 VIP 值大于 1 的成分是体现样品间差异的主要标志性成分, 而 VIP 值小于 1 的成分对样品的区分影响较小<sup>[14]</sup>。根据 VIP 结果 (图 4), OA 果园筛选得到 6 个 VIP 值大于 1 的物质, 包括 CA、SUC、QA、TAR、 $V_c$  和 SSC, OB 果园筛选得到 4 个 VIP 值大于 1 的物质, 包括 SUC、 $V_c$ 、SSC 和 QA。

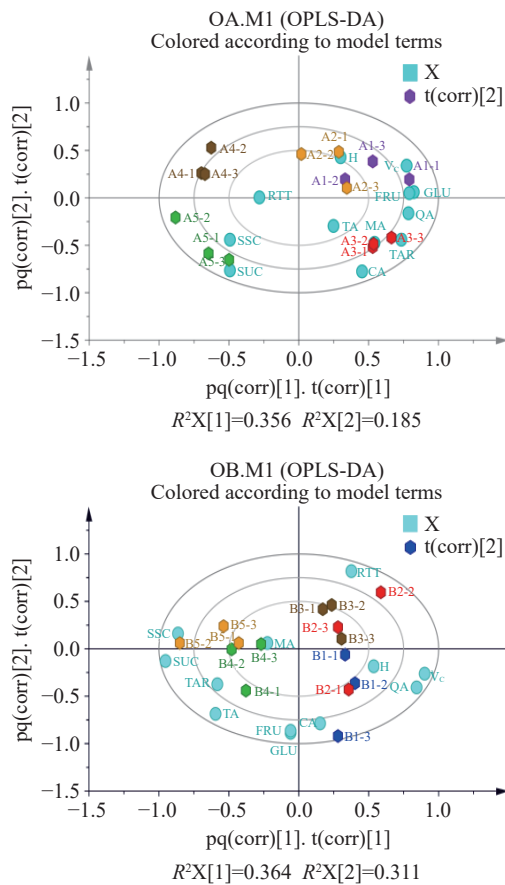


图 3 不同质量大小果实 OPLS-DA 分析  
Fig.3 OPLS-DA analysis of fruits with different weight grading

由图 3、图 4 中可知两个果园中, 果实大小主要影响果实 SUC、 $V_c$ 、SSC 和 QA 等指标, TAR 和 CA 是 OA 果园之间差异的主要因素。结合单因素方差分析可知, 这些 VIP 值大于 1 的物质中 SSC 和 SUC 含量随着单果重的增大而升高,  $V_c$  和 QA 含量随单果重的增大而降低, 且均表现出显著性差异, 是两个果园共同特征, CA 和 TAR 含量无明显规律性, 是 A 果园酸含量差异的主要因素。由以上可知, 单果重影响主要的因子包括 SUC、 $V_c$ 、SSC 和 QA 等四个指标, 可作为评价不同果实大小‘红阳’猕猴桃品质的内在评价指标。且单果重  $>110$  g 的果实主要特征是 SUC 和 SSC 含量较高, 而单果重  $<110$  g 的果

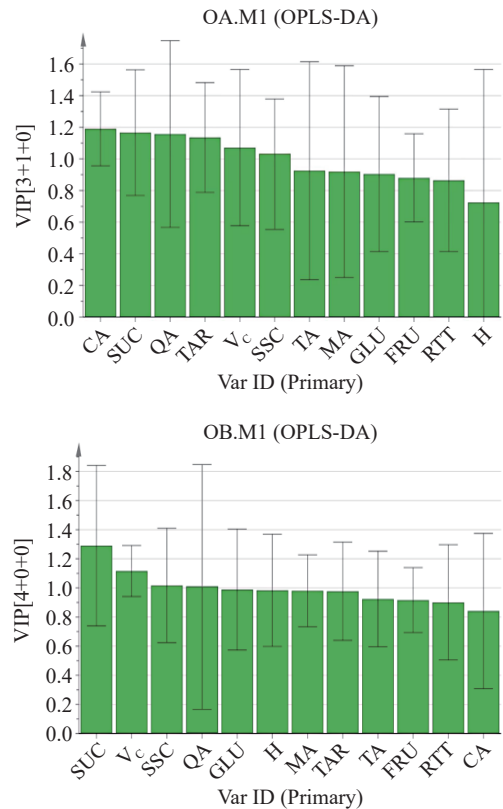


图 4 不同品质指标 VIP 值

Fig.4 Score plots of VIP values for different quality index

实特征为 TA 含量和  $V_c$  含量高。

## 2.6 不同质量大小‘红阳’猕猴桃感官评价

根据消费者感官评价结果 (图 5) 可知, 不同质量大小果实果肉颜色和酸味无差别。果实大小对果实甜味、果香味和总体喜好程度有影响, 单果重越大, 果实甜味越明显, 果香味越浓郁, 消费者也越喜欢。单果重  $<90$  g 的果实虽然在甜度和香气方面消费者表示能够接受, 但由于单果重较小, 消费者接受程度较低, 且多数消费者认为  $<70$  g 的果实不具备商品性。单果重  $>90$  g 的果实不仅甜味和香气表现俱佳, 且消费者接受程度也较好。

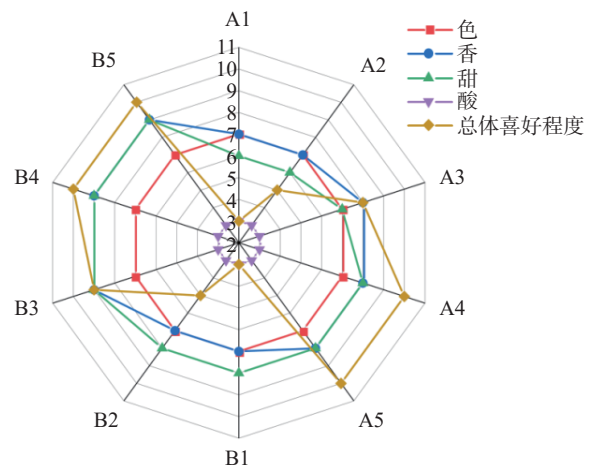


图 5 不同质量大小果实感官评价雷达图

Fig.5 Radar chart for sensory evaluation of fruits with different weight grading

### 3 讨论与结论

猕猴桃的果实品质包括外观品质和内在品质两个方面,外在品质包括果形、单果重等,内在品质评价指标包括果实硬度、糖含量、可滴定酸、糖酸比、可溶性固形物含量、 $V_C$  含量、色差 H 值等<sup>[14-16]</sup>。本实验基于现有质量分级方法,探讨了不同质量大小果实品质差异,结果显示,不同质量大小对甜酸风味及其物质基础、 $V_C$  含量等均有影响,而对色差无显著影响。

甜味是猕猴桃最基本的风味,其物质基础是糖类。可溶性固形物是一个综合指标,反映的是糖、酸、维生素、矿物质等多种成分含量,该指标的变化与果实成熟度及风味品质尤其是甜味密切相关,且检测方法简便、快捷。因此,科研和生产上往往用 SSC 作为果实糖度的代名词,用于监测果实成熟度和评价果实贮藏和运输过程中内部品质<sup>[17-18]</sup>。本研究结果表明,猕猴桃 SSC 含量高低与单果重的变化趋势较为一致,该研究结果与任艳会<sup>[19]</sup> 研究结果较为一致,而方金伦等<sup>[20]</sup> 研究结果却表明猕猴桃单果重与果汁中可溶性糖含量呈负相关。因此,不同品种猕猴桃单果重对 SSC 影响也不同,‘红阳’猕猴桃 SSC 含量特征是随着单果重的增加而增加。

可溶性固形物主要指可溶性糖类如果糖、葡萄糖、蔗糖等,由于不同糖甜度值不同,糖组分的种类和构成比例差异可使水果表现出不同甜度和口感<sup>[20]</sup>。本实验通过进一步对不同质量大小果实糖组成分析,结果表明影响不同质量大小果实差异的物质主要是蔗糖,且与质量呈正相关,不同质量大小果实中葡萄糖和果糖含量无显著差异,且不同质量大小果实中蔗糖含量差异均超过蔗糖甜味阈值 13.68 mg/g。感官评价结果也显示,不同质量大小果实甜味得分随单果重的增加而增加,说明 SSC 含量和蔗糖含量的增加对猕猴桃的甜味有影响。基于以上分析可知,单果重越大,SSC 含量越高,果实越甜,引起甜味差异的物质基础是蔗糖。

酸是猕猴桃初级代谢的产物及代谢中间产物,是猕猴桃风味形成的重要因素。许多研究表明,单果重对酸的影响与品种和发育时期有关,不同品种、不同发育期果实,果实大小对 TA 影响均不相同<sup>[19,21-22]</sup>。本研究结果与任艳会<sup>[19]</sup> 研究结果一致,不同质量猕猴桃果实 TA 含量呈不规则波动,且各级别无显著性差异。但水果的酸味和口感与有机酸组分的种类和构成比例有关,有机酸组分与含量差异使不同类型果实各具独特风味<sup>[23]</sup>,因此本实验进一步对有机酸组成和含量进行了分析。结果表明,猕猴桃有机酸主要由柠檬酸、奎尼酸、苹果酸和酒石酸组成,属于苹果酸-柠檬酸积累型果实,其中不同质量大小果实中柠檬酸和苹果酸含量变化趋势与 TA 变化趋势较为一致,随着单果重的增加呈不规则波动,而奎尼酸含量随单果重的增加而降低。TA、柠檬酸和苹果酸变化不规则

的原因可能与有机酸代谢的复杂程度有关,研究表明有机酸代谢是一个极其复杂的过程,有机酸在果实自身代谢中不仅参与了光合作用、呼吸作用,还参与合成酚类、氨基酸、酯类和芳香物质代谢<sup>[24]</sup>,容易受品种、外在自然环境、栽培措施、成熟度及个体发育水平等多种因素的影响,甚至同一果实不同部位有机酸组成和含量也存在较大差异<sup>[24-26]</sup>。因此不同质量大小猕猴桃总酸、柠檬酸、苹果酸等波动较大原因很可能与取样以及单个果实生长发育水平有关。然而,感官评价结果显示虽然酸含量和组成存在差异,但是无显著差异性,说明差异对酸味影响不大。

水果的甜酸风味是由糖和有机酸产生,但并不是甜味和酸味的简单叠加,而是糖和酸共同作用的综合结果,既取决于糖和酸的含量水平,也取决于糖和酸的种类和比例<sup>[20]</sup>。固酸比、甜度/总酸是评价水果酸甜风味的常用指标。本实验研究结果表明,固酸比含量与 TA 变化趋势较为一致,没有随单果重的增加表现出规律性,原因在于猕猴桃可溶性固形物变化幅度较小,而酸含量变化幅度较大,酸是决定固酸比大小的主要因素。但固酸比值均在 60 以上,说明成熟后的‘红阳’猕猴桃属于甜型果实,以甜味为主导<sup>[27]</sup>,这也是猕猴桃中虽然酸含量变异系数较大,但对果实酸味感官影响较小的原因。

猕猴桃不仅酸甜可口,其  $V_C$  之王的美誉被消费者所熟知, $V_C$  含量是柑橘和苹果等果实含量的数倍,是猕猴桃商品性和食用性的最重要体现之一<sup>[1]</sup>。研究表明,许多水果  $V_C$  含量与单果重密切相关,且随单果重的增加而降低<sup>[28-30]</sup>。本实验研究结果与前人研究结果较为一致,随着单果重的增加,猕猴桃  $V_C$  含量逐渐下降,且单果重差异越大, $V_C$  含量差异越明显。猕猴桃单果重对  $V_C$  含量的影响可能与 CPPU(氯吡苯脲、俗称氯吡脲)使用有关,在‘红阳’猕猴桃实际生产中,往往会使用 CPPU 对果实进行膨大,而研究表明,在生产浓度下 CPPU 处理可增加果实单果重,但同时也会降低果实  $V_C$  含量<sup>[30-31]</sup>。

通过对以上各项指标 PLS-DA 分析结果,单果重影响主要的因子包括 SUC、 $V_C$ 、SSC 和 QA 等四个指标,而由于酸的影响对果实食用品质影响较小,因此本研究认为,SUC、 $V_C$  和 SSC 可作为评价不同质量‘红阳’猕猴桃品质的内在评价指标。

综上所述,‘红阳’猕猴桃果实大小与果实品质关系密切,主要对 SUC、SSC、QA 等影响果实甜酸风味的物质和  $V_C$  含量产生影响。单果重较大(>90 g)果实甜酸风味更佳,但  $V_C$  含量偏低,而单果重较小果实  $V_C$  含量更高。由此可知,‘红阳’猕猴桃的商品性除外观品质之外,其甜酸风味是影响商品性的首要条件。该研究结果为猕猴桃科学分级、生产管理、合理消费等提供了科学依据。

#### 参考文献

- [1] ZHAO Y, WANG P, ZHAN P, et al. Aroma characteristics of

- cloudy kiwifruit juices treated with high hydrostatic pressure and representative thermal processes[J]. *Food Research International*, 2021, 139: 109841.
- [2] LIANG J J, REN Y P, WANG Y, et al. Physicochemical, nutritional, and bioactive properties of pulp and peel from 15 kiwifruit cultivars[J]. *Food Bioscience*, 2021, 42(9): 109749.
- [3] MU L T, LIU H Z, CUI Y J, et al. Mechanized technologies for scaffolding cultivation in the kiwifruit industry: A review[J]. *Information Processing in Agriculture*, 2018(4): 401–410.
- [4] MENG X R, RAO Y X, TAO T, et al. A review of plant breeders rights application and granting for fruit trees in China from 2000 to 2019[J]. *Scientia Horticulturae*, 2021, 276: 109749.
- [5] 贵州省农业农村厅. DB52T 1503.14-2020. 贵州猕猴桃第十四部分: 红阳猕猴桃果品分级技术规程[S]. 贵州省市场监督管理局, 2020 [Department of Agriculture of Guizhou Province. DB52T 1503.14-2020. Kiwifruit in Guizhou-part 14: Technique regulations for fruit grading of Hongyang kiwifruit[S]. Administration for Market Regulation of Guizhou Province, 2020.]
- [6] 邵和鸿, 郑万挺, 彭加寅. 基于计算机视觉技术的猕猴桃分级方法[J]. *北京生物医学工程*, 2009(5): 531–533. [SHAO H H, ZHENG W T, PENG J Y. Chinese gooseberry stage division based on computer vision[J]. *Beijing Biomedical Engineering*, 2009(5): 531–533.]
- [7] 刘忠超, 盖晓华. 基于机器视觉和 PLC 的猕猴桃分级控制系统设计[J]. *中国农机化学报*, 2020, 41(1): 131–135. [LIU Z C, GAI X H. Design of kiwifruit grading control system based on machine vision and PLC[J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2020, 41(1): 131–135.]
- [8] 杨涛, 马京晶, 雷进. 基于表面缺陷识别的猕猴桃分级方法[J]. *湖北农业科学*, 2021, 60(7): 145–148. [YANG T, MA J J, LEI J. Classification method of kiwifruit based on surface defect recognition[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2021, 60(7): 145–148.]
- [9] 袁怀瑜, 朱永清, 李可, 等. 成熟度对“金艳”猕猴桃采后及后熟品质的影响研究[J]. *保鲜与加工*, 2020, 20(3): 34–40. [YUAN H Y, ZHU Y Q, LI K, et al. Study on postharvest and ripening quality of ‘Jinyan’ kiwifruit with different maturation[J]. *Storage and Process*, 2020, 20(3): 34–40.]
- [10] 袁沙, 李华佳, 朱永清, 等. ‘红阳’猕猴桃乙烯催熟特性[J]. *食品科学*, 2018, 39(9): 244–251. [YUAN S, LI H J, ZHU Y Q, et al. Ripening characteristics of ‘Hongyang’ kiwifruits following postharvest ethylene treatment[J]. *Food Science*, 2018, 39(9): 244–251.]
- [11] MARGARET G H S, JENNY A H, ELSETH A M, et al. Role of fruit firmness in the sensory evaluation of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv Hayward)[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1989, 47(4): 417–433.
- [12] 董金磊, 郭文川. 采后猕猴桃可溶性固形物含量的高光谱无损检测[J]. *食品科学*, 2015, 36(16): 101–106. [DONG J L, GUO W C. Nondestructive detection of soluble content of postharvest kiwifruits based on hyperspectral imaging technology[J]. *Food Science*, 2015, 36(16): 101–106.]
- [13] 郑丽静, 聂继云, 闫震. 糖酸组分及其对水果风味的影响研究进展[J]. *果树学报*, 2015, 32(2): 304–312. [ZHENG L J, NIE J Y, YAN Z. Advances in research on sugars, organic acids and their effects on taste of fruits[J]. *Journal of Fruit Science*, 2015, 32(2): 304–312.]
- [14] 刘科鹏, 黄春辉, 冷建华, 等. 金魁猕猴桃果实品质的主成分分析与综合评价[J]. *果树学报*, 2012, 29(5): 867–871. [LIU K P, HUANG C H, LENG J H, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation of the fruit quality of ‘Jinkui’ kiwifruit[J]. *Journal of Fruit Science*, 2012, 29(5): 867–871.]
- [15] 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. [Qǖ X Y, LANG B B, ZHONG M, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation of the fruit quality of *Actinidia crinantha* [J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, 32(1): 92–96.]
- [16] 赵思东, 汪明, 杨谷良, 等. 12 个猕猴桃品种引种栽培果实品质评价研究[J]. *农业现代化研究*, 2002, 23(6): 455–457. [ZHAO S D, WANG M, YANG G L, et al. Assessment of fruit quality of twelve kiwifruit varieties introduced and planted in China[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2002, 23(6): 455–457.]
- [17] 王世芳, 韩平, 崔广禄, 等. Spxy 算法的西瓜可溶性固形物近红外光谱检测[J]. *光谱学与光谱分析*, 2019, 39(3): 738–742. [WANG S F, HAN P, CUI G L, et al. The NIR detection research of soluble solid content in watermelon based on SPXY algorithm[J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2019, 39(3): 738–742.]
- [18] JIN F, ZHANG F, YUE X, et al. Correlation between leaf size and fruit quality of kiwi [J]. *Agricultural Science and Technology (English)*, 2016, 17(11): 2469–2488.
- [19] 任艳会. 果实特征和后熟处理对红阳猕猴桃内在品质的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2012. [REN Y H. The effect of fruit characters and ripening process on the internal quality of ‘Hongyang’ kiwifruit[D]. Ya’an: Sichuan Agriculture University, 2012.]
- [20] 金方伦, 岳宣, 黎明, 等. 后熟方法对猕猴桃果实后期品质的影响[J]. *湖北农业科学*, 2016, 55(14): 3712–3715. [FANG J L, YUE X, LI M, et al. Effect of after-ripening period on kiwi fruit quality in different ripe methods[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2016, 55(14): 3712–3715.]
- [21] 牛英, 陈传武, 刘冰浩, 等. 果实大小与留树保鲜时间对沙糖桔果实浮皮和糖酸变化的影响[J]. *中国南方果树*, 2019, 48(6): 1–6. [NIU Y, CHEN C W, LIU Y H, et al. Effects of fruit size and preservation time on the changes of peel and sugar and acid content of Satsuma orange fruit[J]. *South China Fruit*, 2019, 48(6): 1–6.]
- [22] JIA H J, MIZUGUCHI K, OKAMOTO G. Effect of fruit size on the quality of white-fleshed peach cultivars[J]. *Journal of Fruit Science*, 2003, 20(6): 439–444.
- [23] 庄林歆, 潘葳, 林晓姿, 等. 枇杷果实成熟和贮藏过程中有机酸的代谢[J]. *果树学报*, 2005, 20(1): 23–26. [ZHUANG L X, PAN W, LIN X Z, et al. Organic acids metabolism of loquat fruit during maturity and storage[J]. *Journal of Fruit Science*, 2005, 20(1): 23–26.]
- [24] 刘星辉, 陈立松, 陈发兴. 果实有机酸代谢研究进展[J]. *果树学报*, 2005, 22(5): 526–531. [LIU X H, CHEN L S, CHEN F X. Research progress in organic acid metabolism of fruit[J]. *South China Fruit*, 2005, 22(5): 526–531.]
- [25] 王刚, 王涛, 潘德林, 等. 不同品种猕猴桃果实有机酸组分及含量分析[J]. *农学学报*, 2017, 7(12): 81–84. [WANG G, WANG T, PAN D L, et al. The components and contents of organic acid in kiwifruit fruits from different cultivars[J]. *Journal of Agriculture*, 2017, 7(12): 81–84.]
- [26] 廖光联, 李西时, 陈璐, 等. 猕猴桃果实不同部位间果实品质的差异性分析[J]. *北方园艺*, 2019(6): 34–42. [LIAO G L, LI X S, CHEN L, et al. Difference analysis on fruit quality among different parts of kiwifruit[J]. *Northern Horticulture*, 2019(6): 34–42.]
- [27] 梁俊, 郭燕, 刘玉莲, 等. 不同品种苹果果实中糖酸组成与含量分析[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2011, 39(10):

163-170. [ LIANG J, GUO Y, LIU Y L, et al. Analysis of contents and constituents of sugar and organic acid in different apple cultivars[J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2011, 39(10): 163-170. ]

[ 28 ] 韩攀, 时小东, 覃思颖, 等. 保鲜方式和果实大小对油梨果实品质的影响[J]. 经济林研究, 2021, 39(3): 251-256, 264. [ LHAN P, SHI X D, XUN T Y, et al. Effects of preservation method and fruit size on quality of avocado fruit[J]. Nonwood Forest Research, 2021, 39(3): 251-256, 264. ]

[ 29 ] 于年文, 李俊才, 王家珍, 等. 南果梨果实大小与内在品质的关系[J]. 河北果树, 2009(4): 4. [ YU N W, LI J C, WANG J Z, et al. Relationship between fruit size and internal quality of Nanguo

pear[J]. Hebei Fruits, 2009(4): 4. ]

[ 30 ] 王伟, 何宜恒, 李桦, 等. CPPU 处理对‘华优’猕猴桃品质及耐贮性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(6): 261-266. [ WANG W, HE Y H, LI H, et al. Effect of 1-(2-chloropyridin-4-yl)-3-phenylurea (CPPU) treatment on postharvest fruit quality and storability in ‘Huayou’ kiwifruit[J]. Food Science, 2016, 37(6): 261-266. ]

[ 31 ] 郭叶, 王亚萍, 费学谦, 等. 不同浓度 CPPU 处理对“徐香”猕猴桃贮藏生理和品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(20): 324-327, 357. [ GUO Y, WANG Y P, FEI X Q, et al. Effect of different concentrations of CPPU on physiological and nutritional quality of ‘Xuxiang’ kiwifruit[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(20): 324-327, 357. ]