

DOI: 10.11913/PSJ.2095-0837.2019.50621

陈美艳, 张鹏, 赵婷婷, 韩飞, 刘小莉, 钟彩虹. ‘金桃’猕猴桃采收指标与果实软熟品质相关性研究[J]. 植物科学学报, 2019, 37(5): 621~627

Chen MY, Zhang P, Zhao TT, Han F, Liu XL, Zhong CH. Relationship between harvest indices and fruit quality traits in *Actinidia chinensis* ‘Jintao’ [J]. *Plant Science Journal*, 2019, 37(5): 621~627

猕猴桃品种‘金桃’采收指标与果实软熟品质相关性研究

陈美艳^{1,2#}, 张鹏^{1,2#}, 赵婷婷^{1,2}, 韩飞^{1,2}, 刘小莉^{1,2}, 钟彩虹^{1,2*}

(1. 中国科学院武汉植物园, 中国科学院植物种质创新与特色农业重点实验室, 武汉 430074;

2. 中国科学院种子创新研究院, 北京 100101)

摘要: 分别对河南省 27 个果园的中华猕猴桃(*Actinidia chinensis* Planch.)品种‘金桃’果实的 5 项采收生理指标及果实软熟时的 8 项品质性状进行测定, 采用主成分分析法对果实软熟时的品质指标进行综合评分, 并对果实的采收生理指标、果实软熟品质指标及综合分值间进行相关性分析。结果显示, 采收时的生理指标(干物质、色度角、硬度和可溶性固形物)均与果实软熟品质综合分值间呈极显著相关, 其中干物质相关系数最高, 为 0.437。干物质与体现果实软熟品质的关键指标(可溶性固形物、总糖和糖酸比)均呈极显著性相关。研究结果表明‘金桃’果实采收时, 干物质含量是果实软熟时品质的重要评价指标, 而可溶性固形物和色度角是评判采收期的辅助指标。

关键词: 中华猕猴桃品种‘金桃’; 采收指标; 果实品质; 相关性分析中图分类号: Q945.6⁺5; S663.4

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2019)05-0621-07

Relationship between harvest indices and fruit quality traits in *Actinidia chinensis* ‘Jintao’

Chen Mei-Yan^{1,2#}, Zhang Peng^{1,2#}, Zhao Ting-Ting^{1,2}, Han Fei^{1,2},
Liu Xiao-Li^{1,2}, Zhong Cai-Hong^{1,2*}

(1. Key Laboratory of Plant Germplasm Enhancement and Specialty Agriculture, Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China; 2. Innovative Academy of Seed Design, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Five harvest indices of ‘Jintao’ kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.) from 27 orchards in Henan Province were measured, including average fruit weight, hue angle, firmness, soluble solids content (SSC), and dry matter. Eight fruit quality parameters were measured at the mature stage, including average fruit weight, hue angle, firmness, SSC, total sugar (TS), titratable acids (TA), ratio of TS/TA, and proportion of ripening fruit (PRF). A comprehensive score of fruit quality for each orchard was obtained through principal component analysis based on the eight fruit quality parameters. The correlations between harvest indices and comprehensive score and other fruit quality parameters were analyzed.

收稿日期: 2019-01-17, 退修日期: 2019-02-24。

基金项目: 中国科学院科技服务网络计划项目(KFJ-STS-ZDTP-026); 湖北省技术创新重大专项(2016ABA109); 国家自然科学基金项目(31570678)。

This work was supported by grants from the Science and Technology Service Network Plan of the Chinese Academy of Sciences (KFJ-STS-ZDTP-026), Technological Innovation Project of Hubei Province (2016ABA109), and National Natural Science Foundation of China (31570678).

作者简介: 陈美艳(1980-), 女, 工程师, 研究方向为果树栽培采后生理学(E-mail: 634254060@qq.com); 张鹏(1986-), 男, 工程师, 研究方向为果树栽培学(E-mail: 7822679@qq.com)。

共同第一作者。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: zhongch@wbgcas.cn)。

Results showed that all harvest indices were significantly associated with the comprehensive score, with the highest correlation coefficient found for dry matter ($r = 0.437$). Dry matter was also significantly correlated with three other fruit quality traits, including SSC, total sugar and TS/TA, with correlation coefficients of 0.578, 0.324 and 0.279, respectively. Hue angle was significantly correlated with the proportion of mature fruits. Dry matter was the main index for evaluating fruit quality in the ‘Jintao’, followed by SSC and hue angle.

Key words: *Actinidia chinensis* ‘Jintao’; Harvest index; Fruit quality; Correlation analysis

适时采收对猕猴桃(*Actinidia*)果实软熟品质及贮藏寿命均有重要影响。采收过早, 果实尚未充分成熟, 糖分积累不足, 无法体现品种应有的风味, 同时在冷储过程中极易发生冷害与冻害^[1-3]; 采收过晚, 果实过分成熟, 果实绵软不利于运输, 且果实货架期缩短, 只适于小面积观光采摘园。因此, 确定适宜的采收期, 对延长果实贮藏寿命、提高软熟品质具有重要意义。大部分果实成熟时外观会发生明显变化, 如表皮颜色变化(苹果 *Malus domestica* Mill.)、产生香气(芒果 *Mangifera indica* L.), 然而猕猴桃成熟时果皮色彩没有明显变化, 也不会散发明显香气, 因此猕猴桃的采收需要通过内在生理指标辅助判断^[1, 4]。采收时的生理指标通常有果实干物质含量、可溶性固形物含量、色度角和硬度值, 早期国外主要将果实的可溶性固形物作为绿肉猕猴桃的采收指标, 新西兰一直将可溶性固形物达到6.2%作为猕猴桃品种‘海沃德’的最低采收标准; 日本、美国、意大利等则以6.5%作为最低采收标准。不同于传统的绿肉猕猴桃, 黄肉猕猴桃品种如‘Hort-16A’、‘金艳’等在成熟时果肉颜色由绿色转变为黄色, 曾有研究将果肉颜色作为黄肉猕猴桃的采收指标^[6, 7], 然而果肉颜色这一单一指标并不能准确评判黄肉猕猴桃的后熟品质及贮藏寿命^[2]。因此, 开展猕猴桃果实采收时各项生理指标的测定和后熟品质的相关性研究, 将有助于确定与果实后熟品质相关的最佳采收生理指标。

中华猕猴桃(*Actinidia chinensis* Planch.)品种‘金桃’是中国科学院武汉植物园于1981年从江西武宁县野生猕猴桃资源中选出的优良单株, 具有高产、耐贮、质优的特性, 并于1997–2009年在意大利、希腊和法国进行了品种区试, 综合性状优良。2005年通过国家品种审定, 定名为‘金桃’(国S-SV-AC-018-2005), 并在世界猕猴桃主要生产国或区域申请了植物新品种权保护。‘金桃’果

实长椭圆形、果重80~100 g, 软熟后果肉转为金黄色, 常温下货架期达20 d, 低温下保鲜期可达4个月。河南省西峡县是我国‘金桃’最大的产区, 现已推广种植约1000 hm², 具有良好的经济效益。由于越来越多的经销商为了利益将猕猴桃提早上市, 导致其早采严重, 影响了果实的品质和货架寿命, 并造成巨大的经济损失。因此, 确定‘金桃’适宜的采收指标是其产业发展亟待解决的问题。

本研究以河南省西峡县27家猕猴桃果园的‘金桃’果实为材料, 分别进行了采收生理指标和软熟品质的测定, 并利用主成分分析法对果实软熟品质进行分析, 获得果实品质的综合评分; 分析采收时果实各项生理指标、软熟时果实的综合评分以及他们与各品质指标之间的相关性, 提出评价果实软熟品质的重要采收指标, 以期为‘金桃’的实时采收及软熟品质控制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验材料‘金桃’来自河南省西峡县的27个立地条件和管理措施不同的猕猴桃果园, 果园编号为1~27。‘金桃’在西峡县的花期为4月底至5月初, 采收时期为9月底至10月中旬。本研究在2015年10月上旬采集果实样品。在每个果园的东、西、南、北不同方向随机选取16棵6~10年生的健壮、均一的大树, 每棵果树上随机采集15个大小均匀、无病虫害的果实, 即每个果园采集240个果实。在采收当天从每个果园随机抽取60个果实(设3个重复)进行采收时生理指标的测定。剩余的果实统一经冷鲜车运回中国科学院武汉植物园, 在室温条件下贮藏, 当果实软熟(约15 d)时测定各项品质指标并计算软熟率。

1.2 实验方法

采收当天测定采收时的各项生理指标, 包括:
<http://www.plantscience.cn>

单果质量、色度角、硬度、可溶性固体物、干物质等。软熟后测定果实品质指标, 包括: 单果质量、色度角、硬度、可溶性固体物、总糖、总酸、软熟率等。采收指标和果实品质指标的测定方法相同。方法如下:

单果质量: 采用电子天平测量单果的质量。

色度角: 用刮皮刀削去果实中部位置 2~3 mm 果皮, 然后将探孔对准新鲜果肉, 采用 CR-400 色差仪 D65 光源测定果肉色度角。

硬度: 用刮皮刀削去果实中部两侧相对位置约 1 mm 果皮, 然后将探头(直径 7.9 mm)压入果肉至探头环圈处, 采用 GY-4 型数显台式果实硬度计测定果实硬度。

可溶性固体物: 于果实中部位置横切, 在花柱端的果实时切面挤出 2~3 滴果汁, 采用 PR-32α 折光仪测定果实可溶性固体物。

干物质: 在果实中部位置切取约 3 mm 带皮果实时切片, 置于 60℃ 恒温干燥箱中烘干至恒重, 干重与鲜重的比值为干物质含量。

总糖: 称取果实中部位置的果实约 5 g, 提取总可溶性糖, 加蒽酮试剂, 于沸水浴中煮沸 10 min, 冷却后用分光光度计测得波长为 625 nm 的吸光度, 然后由标准曲线计算总糖含量。

总酸: 采用 NaOH 中和滴定法测定果实可滴定酸总含量。

糖酸比: 总糖与总酸的比值为糖酸比。

软熟率: 在室温条件下以硬度低于 1.5 kg/cm² 为标准, 计算可食用软果占总果数的比例。

1.3 果实品质的综合评价

利用主成分分析法对果实品质进行综合评价。不同果实品质性状的计量单位有所不同。因此, 在分析之前, 采用隶属函数法对果实品质原始指标数据进行转化^[12]: 正相关指标(单果质量、硬度、可溶性固体物、总糖和糖酸比)依据公式(1); 负相关指标(色度角、总酸和软熟率)依据公式(2)。使用 SPSS 19.0 软件进行主成分分析, 取方差累计贡献率约 80% 的前几个主成分用于后续分析。根据主成分特征向量计算各主成分的得分 F_{jn} , 以主成分贡献率 E_j 为权重, 通过公式(3)得到每个果园的综合分值 D_n 。

$$U_{in} = \frac{X_{in} - X_{imin}}{X_{imax} - X_{imin}} \quad (1)$$

$$U_{in} = 1 - \frac{X_{in} - X_{imin}}{X_{imax} - X_{imin}} \quad (2)$$

$$D_n = \sum_{j=1}^m F_{jn} \times E_j \quad (3)$$

式中, U_{in} 指第 n 个样品第 i 个品质指标原始数据经转化后的隶属函数值; X_{in} 指第 n 个样品第 i 个品质指标的原始测定数据; X_{imax} 和 X_{imin} 分别指所有样品中第 i 个品质指标原始数据的最大值和最小值; D_n 为主成分分析法得到的各果园果实品质的综合分值; F_{jn} 为第 n 个样品第 j 个主成分分值; m 为提取的主成分个数; E_j 为第 j 个主成分的贡献率。

1.4 相关性分析

利用 SPSS 19.0 软件分析采收指标、果实品质性状及综合得分之间的相关系数和显著水平。

2 结果与分析

2.1 ‘金桃’采收指标及果实品质性状

本研究对 27 个猕猴桃果园‘金桃’的采收生理指标及软熟时果实品质指标进行了测定, 结果显示(表 1): 采收时色度角和干物质的变异系数较小, 分别为 2.04 和 6.45; 单果质量、硬度、可溶性固体物的变异系数相对较大, 分别为 14.94、13.22 和 17.34。果实软熟时的单果质量、色度角、硬度、可溶性固体物、总糖、总酸、糖酸比和软果率等 8 项果实品质性状的变异系数分别为 16.98、2.19、23.19、7.31、12.63、9.26、17.43 和 61.33, 其中软果率的变异系数最大。说明同一采收期, 不同果园生产的‘金桃’果实品质变异范围广、参差不齐。大部分果实品质性状符合正态分布(图 1)。由于果实品质指标较多, 各指标所表现的果实品质存在差异, 因此需要对其进行综合评价。

2.2 果实品质性状的主成分分析

主成分分析的结果表明(表 2), 前 4 个主成分(PC1~PC4)的累计方差贡献率达 80.985%。第一主成分(PC1)方差贡献率高达 31.703%, 载荷值较大的品质性状是总糖、总酸和糖酸比; PC2 贡献率为 19.769%, 载荷值较大的品质性状是色度角、软熟率和可溶性固体物; PC3 中载荷值较大的品质性状是软熟率、可溶性固体物和单果质量; PC4 中硬度的载荷值最大。各果园的综合分值 D_n 范围为 -1.462~1.561, 排名前 10 位的果园分别为 15、14、16、21、22、25、23、13、12 和

表1 河南27个猕猴桃果园‘金桃’的采收指标和果实软熟品质指标
Table 1 Harvest indices and quality parameters of ‘Jintao’ from 27 orchards in Henan Province

	性状指标 Trait	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Average	标准差 STDEV	变异系数 Coefficient of variation
采 收 生 理 指 标	单果质量(g) Average fruit weight (AFW)	162.70	76.45	113.91	17.03	0.15
	色度角 Hue angle (H)	107.82	98.29	103.35	2.11	0.02
	硬度(kg/cm ²) Firmness	6.59	2.99	4.80	0.63	0.13
	可溶性固形物(%) Soluble solids content (SSC)	12.00	5.51	8.50	1.47	0.17
软 熟 果 实 品 质 指 标	干物质(%) Dry matter (DM)	0.19	0.14	0.17	0.01	0.06
	单果质量(g) Average fruit weight (AFW)	125.30	47.10	89.08	15.12	0.17
	色度角 Hue angle (H)	105.82	94.95	98.66	2.16	0.02
	硬度(kg/cm ²) Firmness	0.68	0.26	0.40	0.09	0.23
	可溶性固形物(%) Soluble solids content (SSC)	16.77	11.15	14.89	1.09	0.07
	总糖(g/100 g) Total sugar (TS)	12.37	6.43	9.58	1.21	0.13
	总酸(g/100 g) Titratable acids (TA)	1.328	0.855	1.075	0.100	0.09
	糖酸比 TS/TA	12.15	5.18	9.02	1.57	0.17
	软熟率(%) Proportion of ripening fruit (PRF)	0.74	0.00	0.29	0.18	0.61

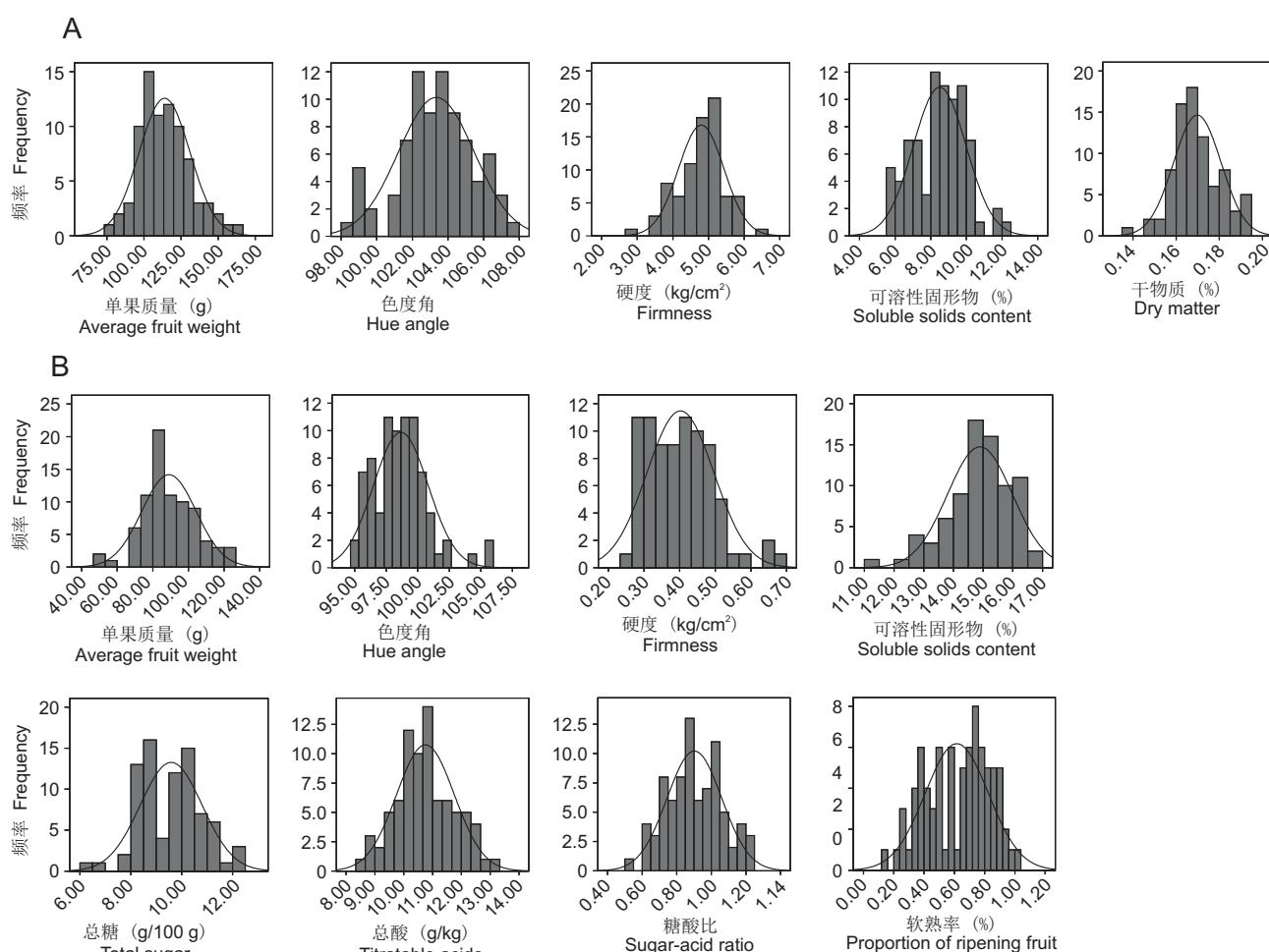


图1 ‘金桃’果实的采收指标(A)、软熟品质指标(B)和频率的关系

Fig. 1 Range and frequency of harvest indices (A) and fruit quality traits (B) of ‘Jintao’

© Plant Science Journal <http://www.plantscience.cn>

3, 说明这些果园的果实品质较佳。

2.3 采收指标与果实品质性状的相关性

采收时生理指标与软熟时果实品质性状及综合分值之间的相关系数和显著性的分析结果表明(表3), 色度角与果实品质综合得分呈显著负相关($P < 0.05$), 相关系数为-0.273; 硬度、可溶性固形物和干物质等3项采收指标与果实品质综合得分均呈极显著正(或负)相关($P < 0.01$), 其中干物质相关系数最高(0.437), 其次是硬度(-0.357)和可溶性固形物(0.291)。在4项采收生理指标中,

干物质与软熟后决定果实口感的关键性状(可溶性固形物、总糖和糖酸比)的相关系数最大, 相关系数分别为0.578、0.324和0.279。采收时可溶性固形物与软熟后色度角、总糖等分别呈极显著负相关和显著相关, 相关系数分别为-0.571和0.258。采收时色度角与软熟率极显著相关($P < 0.01$), 相关系数为0.442。因此, 采收时干物质是判定软熟时果实品质最重要的指标, 其次是可溶性固形物, 而果实硬度和色度角是判断其采后贮藏品质的重要指标。

表2 果实品质主成分的特征向量、特征值、贡献率及累计贡献率

Table 2 Eigenvectors, eigenvalues, contribution rates, and cumulative contribution rates of principal components of fruit quality

主成分	Principal component	PC1	PC2	PC3	PC4
单果质量 AFW		0.295	0.266	0.483	-0.117
色度角 H		0.070	0.670	-0.180	0.111
硬度 Firmness		-0.016	0.197	-0.210	0.866
可溶性固形物 SSC		0.263	0.370	-0.452	-0.312
总糖 TS		0.521	-0.092	-0.323	-0.128
总酸 TA		0.447	-0.228	0.335	0.317
糖酸比 TS/TA		0.601	-0.174	-0.057	0.087
软熟率 PRF		0.075	0.461	0.516	-0.049
特征值 Eigenvalue		2.536	1.582	1.280	1.081
贡献率 Contribution rate (%)		31.703	19.769	16.005	13.508
累计贡献率 Cumulative contribution rate (%)		31.703	51.472	67.477	80.985

表3 ‘金桃’采收指标与果实品质性状间的相关性

Table 3 Correlation coefficients between harvest indices and fruit quality parameters of ‘Jintao’

采收指标 Harvest index	果实软熟品质指标及综合得分 Fruit quality indices and synthesis score								
	单果质量 AFW	色度角 H	硬度 Firmness	可溶性 固形物 SSC	总糖 TS	总酸 TA	糖酸比 TS/TA	软熟率 PRF	综合得分 D_n
色度角 Hue angle (H)	-0.187	0.669 **	0.036	-0.216	0.096	-0.153	0.134	0.442 **	-0.273 *
硬度 Firmness	-0.217	0.461 **	0.121	-0.209	-0.252 *	0.144	-0.273 *	0.122	-0.357 **
可溶性固形物 Soluble solids content (SSC)	-0.022	-0.571 **	-0.016	0.125	0.258 *	-0.032	0.218	-0.193	0.291 **
干物质 Dry matter	0.065	-0.599 **	0.179	0.578 **	0.324 **	-0.073	0.279 *	-0.193	0.437 **

注: * 为显著相关($P < 0.05$); ** 为极显著相关($P < 0.01$)。

Notes: * significant difference at $P < 0.05$; ** significant difference at $P < 0.01$.

3 讨论

3.1 干物质是‘金桃’最重要的果实软熟后品质评价指标

猕猴桃采收期是决定果实产量、品质和贮藏期的关键因素，过早或过晚采收均会降低果实软熟品质及贮藏期^[1,2,4]。然而猕猴桃的采收期、综合品质不仅与品种有关，还与果园的栽培管理措施有关。因此，在生产中需综合考虑采收时每个果园果实的生理生化指标，确定每个果园的适宜采收时间。

本研究对采收时4个生理指标（色度角、硬度、可溶性固形物、干物质）与软熟果实品质的相关性进行比较，发现干物质不仅与果实软熟品质综合得分之间相关系数最高，且与决定软熟后果实风味的关键指标（总糖、总酸、糖酸比和可溶性固形物）均显著相关。研究结果与前人的结论相似，采收时的干物质能客观反映软熟后果实的品质及口感，即干物质含量越高，软熟后果实口感越好^[8-11]。Crisosto^[10]的研究认为，采收时的干物质能为软熟后的可溶性固形物提供预测。这与本研究的实验结果一致，采收时的干物质与软熟时可溶性固形物含量呈极显著相关，且相关系数最高，达0.578。因此采收时干物质可作为‘金桃’果实软熟后食用品质最重要的评判指标，这也是决定果实是否适宜采收的最基础和最关键的指标。

3.2 可溶性固形物和色度角是评判采收期的辅助指标

可溶性固形物与软熟时的色度角和总糖均显著相关，说明可溶性固形物在一定程度上能够反映果实软熟时的口感。在国际上一直将可溶性固形物作为猕猴桃品种‘海沃德’的采收生理指标，新西兰以可溶性固形物达到6.2%作为其最低采收指标，美国、日本和中国以可溶性固形6.5%作为最低采收指标。而果实采收时的可溶性固形物含量与后熟品质综合得分的相关性远低于果实干物质，不能作为主要指标。同时，果实采收时的可溶性固形物含量易受天气影响，如果近成熟时天气变化大，则可溶性固形物含量变化也很大，不宜作为采收的基础指标，但可以作为辅助指标。不同于传统的绿肉猕猴桃‘海沃德’，黄肉猕猴桃在成熟过程中果肉颜色由绿色逐渐转变为黄色，因此对黄肉猕猴桃来

说，色度角是果实软熟品质的重要指标之一^[13]。本研究发现，色度角、软熟率和果实品质综合得分均呈极显著相关，与已有研究认为色度角是衡量黄肉猕猴桃果实成熟度的重要指标的观点相符^[6,7]。本研究发现，硬度与果实的综合品质呈显著性负相关，但相关性系数小于果实干物质，其中硬度与软熟后果实的总糖含量呈极显著相关，而与软熟率不相关。

因此，综合上述结果，果实采收时的干物质、硬度和可溶性固形物、色度角与果实综合品质的相关系数为干物质最大，色度角最小。果实发育过程中干物质的含量持续增加，不受气候或水分管理的影响^[14]，因此本研究建议将干物质作为‘金桃’的基础采收指标，将可溶性固形物含量和色度角、硬度作为判断后期果实口感和贮藏性的重要指标。

3.3 果实品质的综合评价

本研究根据综合得分对各果园的果实品质进行排序，可得知各果园果实品质的优劣情况，仅以前3个主成分的分值进行分析也得到类似的结果，说明前3个主成分的贡献率较大。将综合分值排名前10的果园的原始数据与平均值进行比较，发现这10个果园的绝大部分品质指标均优于平均值，说明主成分分析的评价效果较好。猕猴桃的果实品质性状与其品种^[15]、遗传^[16]、立地条件^[17]、果园的栽培技术和管理措施^[18]等多方面因素有关。本研究中，在品种和气候条件相同的条件下，27个果园的果实品质相差较大，主要是由各果园的管理措施及选址差异导致的，栽培管理措施到位、重施有机肥的果园，果实综合品质较高。因此，本研究中果实品质的整体评价结果能为‘金桃’的栽培、管理及适时采收提供有效的指导和参考。

参考文献：

- [1] 吴彬彬, 饶景萍, 李百云, 赖勤毅, 张海燕. 采收期对猕猴桃果实品质及其耐贮性的影响 [J]. 西北植物学报, 2008, 28(4): 788-792.
- [2] Wu BB, Rao JP, Li BY, Lai QY, Zhang HY. Effect of harvest date on fruit quality and storage duration of kiwifruit [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2008, 28(4): 788-792.
- [3] Burdon J, Pidakala P, Martin P, Mcatee PA, Boldingham HL, et al. Postharvest performance of the yellow-fleshed ‘Hort16A’ kiwifruit in relation to fruit maturation [J]. *Post-harvest Biol Tec*, 2014, 92: 98-106.

- [3] Yang Q, Zhang Z, Rao J, Wang Y, Sun Z, et al. Low-temperature conditioning induces chilling tolerance in ‘Hayward’ kiwifruit by enhancing antioxidant enzyme activity and regulating endogenous hormones levels [J]. *J Sci Food Agr*, 2013, 93(15): 3691–3699.
- [4] 刘旭峰, 樊秀芳, 张清明, 姚春潮, 龙周侯. 猕猴桃采收适期研究 [J]. 西北农业学报, 2002, 11(1): 72–74.
Liu XF, Fan XF, Zhang QM, Yao CC, Long ZX. Study on harvesting date of kiwifruit [J]. *Acta Agriculturae Borealioccidentalis Sinica*, 2002, 11(1): 72–74.
- [5] Burdon J, Pidakala P, Martin P, Billing D, Boldingh H. Fruit maturation and the soluble solids harvest index for ‘Hayward’ kiwifruit [J]. *Sci Hortic*, 2016, 213: 193–198.
- [6] Banks N, Abbott S. Gaining the full selling window for ZESPRI TM Gold kiwifruit [J]. *New Zealand Kiwifruit J*, 2001, 143: 9–17.
- [7] Maguire KM, Amos N, Kelly D. Influence of storage temperature and at-harvest maturity on incidence of chill-related disorders in ‘HORT16A’ kiwifruit [J]. *Acta Horticulture*, 2005, 687: 57–62.
- [8] Scott KJ, Spraggon SA, McBride RL. Two new maturity tests for kiwifruit [J]. *Csiro Food Research Quarterly*, 1986, 46(2): 25–31.
- [9] Mitchell FG, Mayer G, Biasi W. Effect of harvest maturity on storage performance of ‘Hayward’ kiwifruit [J]. *Acta Horticulture*, 1992, 297: 617–626.
- [10] Crisosto CH. Predicting high quality in kiwifruit [J]. *California Grower*, 1992, 16(9): 33–34.
- [11] Macrae EA, Bowen JH, Stec MGH. Maturation of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv Hayward) from two orchards: differences in composition of the tissue zones [J]. *J Sci Food Agr*, 1989, 47(4): 401–416.
- [12] 马庆华, 李永红, 梁丽松, 李琴, 王海, 等. 冬枣优良单株果实品质的因子分析与综合评价 [J]. 中国农业科学, 2010, 43(12): 2491–2499.
Ma QH, Li YH, Liang LS, Li Q, Wang H, et al. Factor analysis and synthetical evaluation of the fruit quality of Dongzao (*Ziziphus jujuba* Mill. Dongzao) advanced selections [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(12): 2491–2499.
- [13] Martin RA, Luxton P. The successful commercialisation of ZESPRI™ gold kiwifruit [J]. *Acta Horticulture*, 2005, 694: 35–40.
- [14] Lim YJ, Eom SH. Kiwifruit cultivar ‘Halla gold’ functional component changes during preharvest fruit maturation and postharvest storage [J]. *Sci Hortic*, 2018, 234: 134–139.
- [15] Nishiyama I, Yamashita Y, Yamanaka M, Shimohashi A, Fukuda T, Oota T. Varietal difference in vitamin C content in the fruit of kiwifruit and other *Actinidia* species [J]. *J Sci Food Agr*, 2004, 52(17): 5472–5475.
- [16] Ferguson AR, Huang HW. Genetic resources of kiwifruit; domestication and breeding [M]//Janick J, ed. *Horticultural Reviews*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007, 33: 1–121.
- [17] Lee SK, Kader AA. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops [J]. *Post-harvest Biol Tec*, 2000, 20(3): 207–220.
- [18] Miller SA, Smith GS, Boldingh HL, Johansson A. Effects of water stress on fruit quality attributes of kiwifruit [J]. *Ann Bot*, 1998, 81(1): 73–81.

(责任编辑: 周媛)