果 树 学 报 2026,43(10):2841-2854
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20250705

不同采收期对5个猕猴桃品种果实品质与贮藏特性的影响

鲁 鑫[1],王 琰[2],罗飞雄[1],杨秀宏[3],王仁才[1*],陈梦洁[1*]

([1]湖南农业大学园艺学院,长沙 410128;[2]湖南生物机电职业技术学院,长沙 410000;[3]凤凰县农业农村局,湖南凤凰 416200)

摘 要:【目的】明确湖南地区5个猕猴桃品种的适宜采收期及品质差异,为本产区标准化采收提供科学依据。**【方法】**以5个品种果实生长发育中6个时期的果实为试验材料,测定果实硬度、可溶性固形物含量、干物质含量、可滴定酸含量、可溶性糖含量、抗坏血酸含量等关键品质指标,并结合常温贮藏下的失重率和腐烂率进行综合评价。通过主成分分析和双因素分析筛选影响果实品质的主要因子,计算各采收期综合得分。**【结果】**品种与采收期对可溶性固形物、可滴定酸含量及果实硬度均有极显著影响($P<0.001$),且交互效应显著。主成分分析提取3个主成分,累计贡献率达85.830%。金红1号、红阳和黄心B(*Actinidia chinensis*)最佳采收期为盛花后148 d,黄心A(*A. chinensis*)和米良1号为盛花后158 d。品种间耐贮性差异显著:金红1号与红阳软熟进程快,采收期Ⅳ果实贮藏14 d腐烂率即达70%以上,属速熟易腐型;黄心A(*A. chinensis*)与黄心B(*A. chinensis*)失重率低且平稳,贮藏35 d腐烂率为80%~90%,属缓熟耐贮型;米良1号早期采收果实失重率较高,中晚期采收果实耐贮性明显改善。**【结论】**5个品种最佳采收期存在差异,金红1号与红阳为速熟易腐型品种,需快速流通;黄心系列及米良1号为缓熟耐贮型,产业适应性更强。

关键词: 猕猴桃;采收期;果实品质;耐贮性;双因素方差分析;主成分分析;品种差异

中图分类号:S663.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-9980(2026)10-2841-14

Effects of different harvesting dates on fruit quality and storage tolerance of five kiwifruit varieties

Lu Xin[1], Wang Yan[2], Luo Feixiong[1], Yang Xiuhong[3], Wang Rencai[1*], Chen Mengjie[1*]

([1]College of Horticulture, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, Hunan, China; [2]Hunan Biological Electromechanical Vocational Technical College, Changsha 410000, Hunan, China; [3]Agricultural and Rural Affairs Bureau of Fenghuang County, Fenghuang 416200, Hunan, China)

Abstract:【Objective】As a typical climacteric fruit, the preharvest physiological maturity of kiwifruit critically determines its postharvest storage performance, sensory characteristics and nutritional quality. Assessing maturity based solely on fruit size, shape, or skin color at harvest is often unreliable, and the optimal harvest timing varies considerably among kiwifruit cultivars. Both premature and delayed harvesting negatively affect fruit quality and storage performance. Accordingly, precise harvest scheduling is essential for guaranteeing high fruit quality. This study aimed to identify the optimal harvest windows and assess the variations in fruit quality among five major kiwifruit cultivars cultivated in the Xiangxi region of Hunan Province, China, so as to provide a scientific foundation for developing region-specific standardized harvest protocols.【Methods】Fruits were harvested at six developmental stages, which corresponded to 108, 118, 128, 138, 148, and 158 days after full bloom (DAFB).A comprehensive range of physicochemical and storage-related attributes was analyzed, including fruit weight, longitudinal diameter, transverse diameter, exocarp firmness, and pulp firmness (measured at harvest and after soften-

收稿日期:2025-12-22 **接受日期:**2026-03-22

基金项目:2023年湖南省重点研发计划项目(2023NK2042)

作者简介:鲁鑫,男,在读硕士研究生,研究方向为猕猴桃栽培。E-mail:2369124849@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. E-mail:wangrenc@163.com;E-mail:chenmj@stu.hunau.edu.cn

ing), soluble solids content (SSC), dry matter content (DMC), titratable acidity (TA), soluble sugar content, ascorbic acid (AsA) content, and sugar-acid ratio. Additionally, postharvest performance was evaluated during 35 days of storage at room temperature by tracking weight loss, softening rate, and decay incidence. Two-way ANOVA and principal component analysis (PCA) were used to analyze and integrate these multi-dimensional data, and comprehensive scores were calculated to determine the optimal harvest window for each cultivar.【Results】Two-way ANOVA showed that both cultivar and harvest date, as well as their interaction, had highly significant effects ($P<0.01$) on soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), and fruit firmness. Principal component analysis (PCA) extracted three principal components, which together accounted for 85.83% of the total cumulative variance. Comprehensive evaluation identified distinct optimal harvest windows: 148 days after full bloom (DAFB) was determined to be the ideal harvest period for Jinhong 1, Hongyang, and Huangxin B (*A. chinensis*), while Huangxin A (*A. chinensis*) and Miliang 1 reached peak quality at 158 DAFB. We observed significant differences in storability across these cultivars. Jinhong 1 and Hongyang are classified as rapid-ripening, highly perishable cultivars. When harvested at or after stage Ⅳ, their fruit decay rate exceeded 70% after only 14 days of storage. In contrast, Huangxin A and Huangxin B showed low, stable weight loss rates. After 35 days of storage, their decay rates ranged between 80% and 90%, so they are classified as slow-ripening, storable cultivars. For Miliang 1, although harvesting at early stages resulted in relatively high weight loss, its storability was significantly improved when harvested in the mid-to-late season.【Conclusion】Optimal harvest windows vary considerably among these five kiwifruit cultivars. Jinhong 1 and Hongyang are rapid-ripening cultivars that require prompt marketing after harvest. In contrast, the Huangxin series and Miliang 1 feature slower ripening and superior storability, providing greater commercial adaptability for the kiwifruit industry.

Key words: Kiwifruit; Harvest time; Fruit quality; Storability; Two-way ANOVA; Principal component analysis; Cultivar difference

猕猴桃隶属猕猴桃科（Actinidiaceae）猕猴桃属（*Actinidia*），为多年生落叶藤本，经驯化已大面积种植[1]。猕猴桃维生素C含量极高，被称为“水果之王”[2]，具有较高的营养价值和经济价值，在云南[3]、四川[4]、湖南[5]、陕西[6]等地均具有较大的种植面积，成为乡村振兴的支柱产业之一[7]。

猕猴桃属于呼吸跃变型水果，采收后果实硬度、糖酸比、可溶性固形物含量等指标变化较大，且不同品种间差异明显[8-9]。一般而言，中华猕猴桃（*Actinidia chinensis*）多数品种具有较高的糖酸比和浓郁风味，但其果实软化较快，耐贮性相对较弱[10]；而美味猕猴桃（*Actinidia deliciosa*）品种通常具有更好的贮藏特性，但部分传统品种糖酸比较低，口感偏酸[11]。因此，猕猴桃不同品种间的特异性差异影响了猕猴桃产业的发展[12]。张培书等[13]研究发现，中华猕猴桃红阳与美味猕猴桃徐香采后品质变化规律差异明显，中华猕猴桃可溶性固形物、还原糖、总糖、维生素C、总酚、总黄酮含量降低速度更快。美味猕猴桃kvf 54因高维生素C含量和强耐贮性展现出独特的品种优势[14]。汤佳乐等[15]对金魁猕猴桃的研究表明，适宜采收期果实的可溶性固形物含量可达6.6%以上，干物质含量超过19%，且后熟期间腐烂率显著降低。而采收期作为猕猴桃生长和生产周期的重要环节，其采收时间直接影响果实的贮藏和品质[16]。采收是猕猴桃后熟品质的起始环节，其标准的制定与执行直接影响果实贮藏保鲜与品质调控。科学合理的采收标准应综合考虑果实的生理成熟度、外观品质、采摘时机与方法，最大限度地保持果实内在品质，减少营养成分流失，为后续贮藏、催熟及市场销售奠定基础[17]。已有研究表明，过早或过晚采收均会影响果实品质和贮藏特性，从而影响运输和销售[18]。

基于此，笔者以湖南省湘西土家族苗族自治州凤凰县栽培品种金红1号、米良1号、红阳以及2个黄心猕猴桃品种为试验试材，通过分析不同采收期过程中的硬度、可溶性固形物含量、干物质含量、维生素C含量、可溶性糖含量、可滴定酸含量、糖酸比等品质指

标的动态变化，结合贮藏条件下失重率和腐烂率，明确各品种的关键采收指标与最佳采收窗口，以期为制定精准采收与采后管理策略提供科学依据。

1　材料和方法

1.1　材料

材料采自湖南省湘西土家族苗族自治州凤凰县廖家桥镇基地。每个品种挑选6株生长健壮、树势一致且无病虫害的植株作为采样树。供试材料包括红阳、金红1号、米良1号及2个黄心猕猴桃品种，分别为黄心A（*A. chinensis*）和黄心B（*A. chinensis*）。材料均为5年生结果树，株行距2.5 m×3.0 m。金红1号和红阳采用平顶大棚架避雨栽培，米良1号、黄心A和黄心B为露天栽培，水肥管理、修剪及病虫害防治等栽培管理措施保持一致（5个品种均进行了CPPU处理），供试土壤为黄壤土，生长期平均气温21.9 ℃，平均相对湿度79%。

1.2　试验设计

试验设置6个采收期，每10 d采收1次，分别于盛花期后108、118、128、138、148、158 d（依次命名为采收期Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ）分批采收。每批次于果树外围东、南、西、北4个方位各采摘50个果形正常、无病虫害的果实。果实采收后用0.025 mm厚打孔聚乙烯袋包装，快递运输至实验室（次日到达），随后置于常温[（25±5）℃、相对湿度75%~80%]条件下贮藏，3次重复。

1.3　测定指标与方法

采收后2 d测定数据（以下统称采收期），每次随机各选取20个果实测定单果质量、纵径、横径、果实硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、可溶性糖含量、干物质含量、抗坏血酸含量等指标。每个品种随机选取20个果实在常温[（25±5）℃、相对湿度75%~80%]下贮放观察、统计失重率与腐烂情况。

（1）单果质量：用百分之一电子天平测定，计算平均值。（2）纵径、横径与果形指数：用游标卡尺测定果实赤道面纵径、横径，果形指数＝纵径/横径。（3）果实硬度：采用手持数显水果硬度计（GY-4，浙江托普仪器有限公司）测定果皮硬度，去皮后测定果肉硬度。（4）可溶性固形物含量与可滴定酸含量：用糖酸一体机（ATAGO公司PAL-BX/ACID 8型）测定。固酸比＝可溶性固形物含量/可滴定酸含量[19]。（5）干物质含量：在果实中间部位横切2 mm厚薄片，称量鲜质量后于65 ℃恒温干燥箱烘至恒质量，干物质含量/%=（干质量/鲜质量）×100[20]。（6）可溶性糖含量：采用蒽酮比色法测定[21]。（7）抗坏血酸含量：采用铜离子氧化法测定[22]。（8）失重率：每次选取10个果实，装入聚乙烯保鲜袋立即称量，当果实后熟软化后称量，以硬度＜1.5 kg · cm^{-2}为软熟标准[23]，失重率/%=（贮藏前质量−贮藏后质量）/贮藏前质量×100。（9）腐烂率：用于统计失重率的果实样品在后熟软化后统计各采收期的腐烂果数目并计算腐烂率，腐烂率/%＝（腐烂果数/试验总果数）×100。后一个阶段的腐烂率包含前一个阶段腐烂果实数量。

1.4　数据分析

采用IBM SPSS Statistics 27软件进行数据统计分析：对各品质指标进行单因素方差分析，采用Duncan检验法进行多重比较，显著性水平设为0.05；采用双因素方差分析（Two-way ANOVA）检验品种、采收期及其交互作用对品质指标的影响；对果实的6项采收期品质指标进行主成分分析（PCA），提取特征值＞1的主成分，以各主成分方差贡献率为权重计算综合得分并进行综合评价。使用Microsoft Excel 2016软件整理数据，采用GraphPad Prism 9.0绘图。

2　结果与分析

2.1　不同采收时间对猕猴桃果实质量和纵径、横径的影响

不同采收期对各猕猴桃品种果实形态发育的影响存在显著差异（表1）。金红1号与红阳的单果质量均表现为早期增长后趋于稳定，其中金红1号在采收期Ⅲ后不再显著增加；黄心A自采收期Ⅳ起单果质量明显高于早期，并持续至采收结束；黄心B在采收期Ⅴ达到最大值，随后在采收期Ⅵ显著下降；与上述品种不同，米良1号在各采收期间单果质量无显著差异。在果形指数与纵径、横径方面，米良1号和金红1号的果形指数随采收期推迟显著上升；其中米良1号纵径伸长而横径收缩，而金红1号纵径持续增长、横径在采收期Ⅳ后趋于稳定。黄心B的果形指数呈平缓上升趋势，纵径平缓增长、横径趋于稳定。黄心A与红阳的果形指数无显著变化，纵径、横径同步稳定增长，果形指数保持相对稳定。综上所述，果实大小与采收时间呈显著正相关，但品种间采收期的变化程度不同。

表 1 不同采收时间对五个品种猕猴桃质量和纵横径的影响

Table 1 Effects of different harvest times on the mass and longitudinal and transverse diameters of five kiwifruit varieties

品种 Variety	采收期 Picking period	单果质量 Single fruit mass/g	纵径 Longitudinal dimension/mm	横径 Transverse diameter/mm	果形指数 Fruit shape index
金红1号 Jinhong No. 1	Ⅰ	103.17±18.70 b	49.66±3.24 b	42.40±4.52 b	1.17±0.08 a
	Ⅱ	114.31±8.25 b	53.60±5.35 b	51.73±6.99 a	1.04±0.12 b
	Ⅲ	122.78±14.10 a	61.80±4.80 a	52.72±4.63 a	1.18±0.12 a
	Ⅳ	127.85±8.59 a	64.77±3.91 a	52.94±1.74 a	1.22±0.06 a
	Ⅴ	128.01±13.23 a	65.70±2.49 a	55.31±2.79 a	1.19±0.08 a
	Ⅵ	125.15±8.20 a	65.83±0.94 a	55.18±2.47 a	1.19±0.05 a
红阳 Hongyang	Ⅰ	102.82±16.23 b	55.94±3.76 b	48.47±5.95 a	1.16±0.12 a
	Ⅱ	115.28±10.96 a	61.92±3.14 a	52.35±2.96 a	1.18±0.06 a
	Ⅲ	108.18±5.68 ab	62.11±3.80 a	52.45±4.87 a	1.18±0.07 a
	Ⅳ	110.26±4.09 ab	63.82±4.05 a	52.11±3.62 a	1.22±0.06 a
	Ⅴ	112.14±4.28 ab	63.72±8.44 a	53.01±5.60 a	1.20±0.13 a
	Ⅵ	110.72±4.81 ab	63.37±3.68 a	53.52±4.10 a	1.19±0.11 a
黄心A *A. chinensis*	Ⅰ	119.36±16.44 c	71.57±3.30 a	53.95±4.18 a	1.33±0.11 a
	Ⅱ	136.72±34.29 bc	72.60±3.15 a	54.12±1.99 a	1.34±0.07 a
	Ⅲ	132.20±17.46 bc	72.02±6.41 a	54.02±2.40 a	1.33±0.11 a
	Ⅳ	149.88±17.64 abc	74.48±6.94 a	55.90±4.54 a	1.33±0.11 a
	Ⅴ	153.43±6.14 ab	74.15±6.13 a	56.42±2.33 a	1.31±0.10 a
	Ⅵ	155.05±6.39 a	74.07±4.99 a	54.33±2.53 a	1.36±0.10 a
黄心B *A. chinensis*	Ⅰ	112.02±13.84 c	61.30±5.64 c	50.02±4.96 b	1.22±0.08 c
	Ⅱ	126.57±13.50 b	65.09±2.59 b	54.31±4.59 a	1.20±0.06 c
	Ⅲ	125.34±5.24 b	71.74±3.28 a	55.30±4.43 a	1.30±0.09 ab
	Ⅳ	123.61±5.44 b	74.77±1.04 a	56.68±2.84 a	1.32±0.05 ab
	Ⅴ	138.12±11.38 a	75.62±2.31 a	56.66±1.99 a	1.33±0.08 a
	Ⅵ	126.01±5.01 b	74.89±3.48 a	56.09±2.59 a	1.33±0.12 a
米良1号 Miliang No. 1	Ⅰ	141.90±19.22 a	84.75±4.67 c	61.54±2.07 a	1.37±0.05 c
	Ⅱ	145.80±21.84 a	84.51±4.22 c	62.26±3.07 a	1.36±0.09 c
	Ⅲ	148.00±13.89 a	84.46±3.91 c	60.84±1.98 a	1.38±0.08 c
	Ⅳ	149.12±12.65 a	88.90±6.58 ab	56.21±3.37 b	1.58±0.13 ab
	Ⅴ	152.95±12.94 a	91.91±3.45 a	62.27±7.29 a	1.49±0.16 ab
	Ⅵ	157.17±21.35 a	90.92±7.49 a	55.18±3.78 b	1.65±0.17 a

注：同一品种同列不同小写字母表示处理间差异显著（$P<0.05$）。下同。

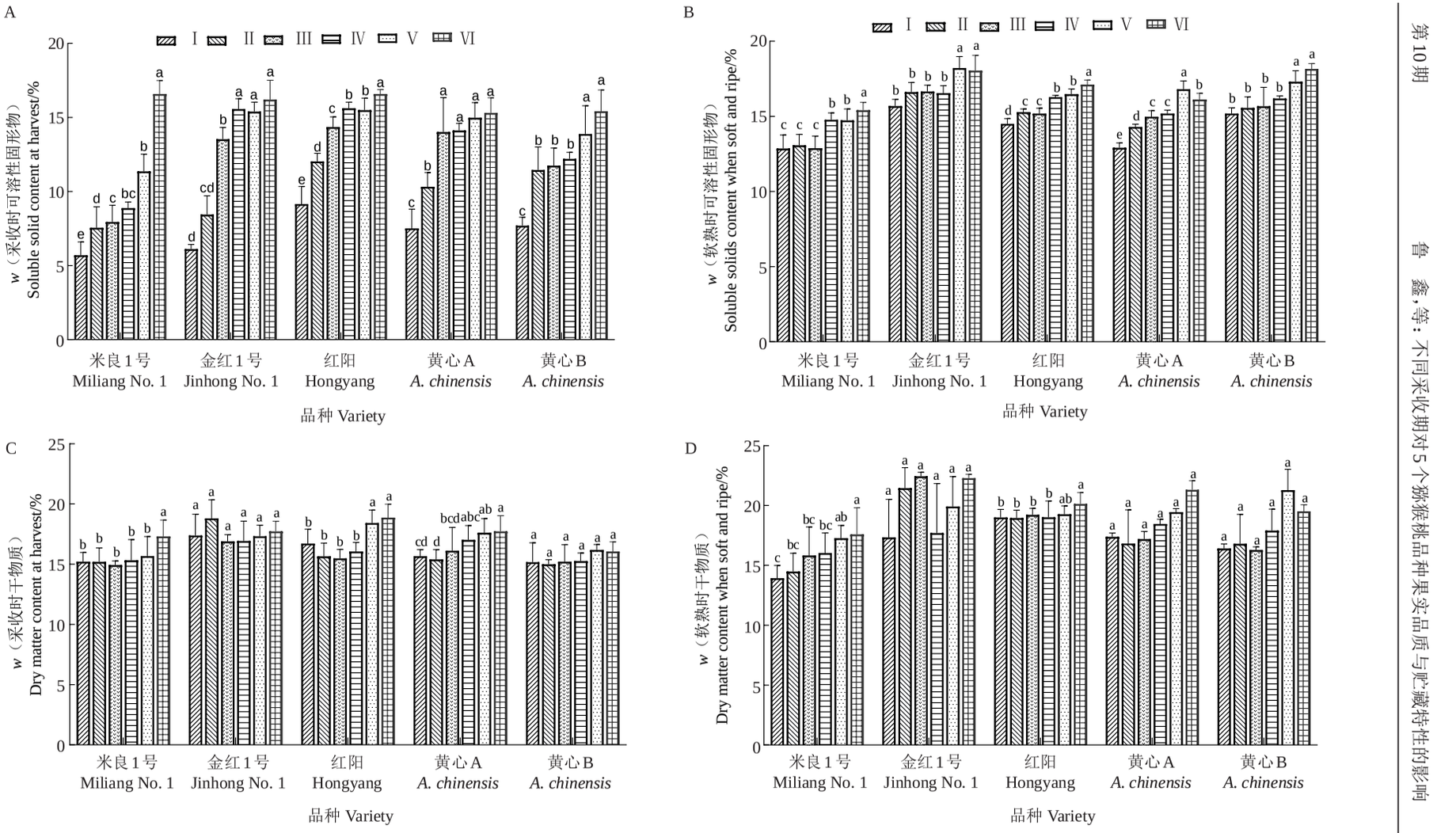
Note: Within the same variety，different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments ($P<0.05$). The same below.

2.2 不同采收时间对猕猴桃果实可溶性固形物和干物质含量的影响

各品种可溶性固形物含量均随采收期推迟显著上升，在采收期Ⅵ，米良1号增幅最大，从5.70%增至16.48%；其次为红阳和黄心A，均呈持续上升趋势；金红1号和黄心B增长较为平缓（图1-A）。采后软熟期可溶性固形物含量（*w*，后同）普遍高于采收期，金红1号采收期Ⅴ软熟期达18.23%，为5个品种软熟期最高值（图1-B）。

采收期内，金红1号和黄心B的干物质含量保持稳定，各时期无显著变化；红阳在采收期Ⅴ、Ⅵ显著高于前期；黄心A呈逐步上升趋势，米良1号在采收期Ⅵ显著高于前期。软熟期干物质含量普遍高于采收期，其中金红1号虽在采收期Ⅲ达到最高值（22.56%），但各时期无显著差异；米良1号由采收期Ⅲ（15.82%）平缓上升至采收期Ⅵ（17.27%）；红阳从采收期Ⅲ（19.22%）升至采收期Ⅵ（20.13%），趋势平稳，采收期Ⅵ显著高于采收期Ⅰ~Ⅲ；黄心B在采收期Ⅴ达到21.32%后略有回落；黄心A则持续升高，至采收期Ⅵ达21.14%（图1-C~D）。

综上所述，采收期推迟的5个品种可溶性固形物含量均有提升，但品种间增幅差异明显。其中，米



A. 不同采收时间对采收时猕猴桃果实可溶性固形物含量的影响；B. 不同采收时间对软熟时猕猴桃果实可溶性固形物含量的影响；C. 不同采收时间对采收时猕猴桃果实干物质含量的影响；D. 不同采收时间对软熟时猕猴桃果实干物质含量的影响。

A. Effects of different harvest times on the soluble solids content of kiwifruit at harvest; B. Effects of different harvest times on the soluble solids content of kiwifruit at the soft-ripe stage; C. Effects of different harvest times on the dry matter content of kiwifruit at harvest; D. Effects of different harvest times on the dry matter content of kiwifruit at the soft-ripe stage.

图 1　不同采收时间对 5 个猕猴桃品种可溶性固形物和干物质含量的影响

Fig. 1　Effects of different harvest times on soluble solids and dry matter content in five kiwifruit varieties

良1号增幅最大，红阳和黄心A持续上升，金红1号和黄心B增长较为平缓。在干物质含量方面，金红1号各期均维持较高水平，红阳在采收后期显著升高，黄心A后期持续升高，黄心B采收前期相对平缓，米良1号整体偏低。此外，各品种软熟后可溶性固形物和干物质含量均普遍高于采收时，表明后熟过程中可溶性固形物含量仍增加，其中金红1号后熟增幅较为明显。

2.3 不同采收时间对猕猴桃果实硬度的影响

同一品种果皮与果肉硬度在采收期和软熟期差异显著，总体呈下降趋势。如表2所示，金红1号在采收期Ⅰ~Ⅳ期间，果皮硬度保持在6.98~7.16 kg·cm^{-2}，随着果实成熟至采收期Ⅴ后显著下降，Ⅵ期进一步降至4.85 kg·cm^{-2}；红阳采收期果皮硬度为6.56~7.25 kg·cm^{-2}，至软熟期下降至0.39~1.34 kg·cm^{-2}，明显低于采收期。黄心A软熟期果皮硬度为1.49~2.64 kg·cm^{-2}，高于多个品种。

在果肉硬度方面，金红1号在采收期Ⅰ~Ⅳ期间保持较高水平，为5.62~6.38 kg·cm^{-2}，自采收期Ⅴ显著下降，至软熟期降至0.20~1.15 kg·cm^{-2}；红阳采收期果肉硬度为3.43~6.93 kg·cm^{-2}，软熟期降低至0.49~1.22 kg·cm^{-2}，其中采收期Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ对应的软熟期硬度维持在相对较高水平；黄心A在软熟期为1.04~1.53 kg·cm^{-2}，虽较其采收期明显下降，但整体

表2 不同采收期对猕猴桃果实硬度的影响

Table 2 Effects of different harvesting periods on kiwifruit firmness

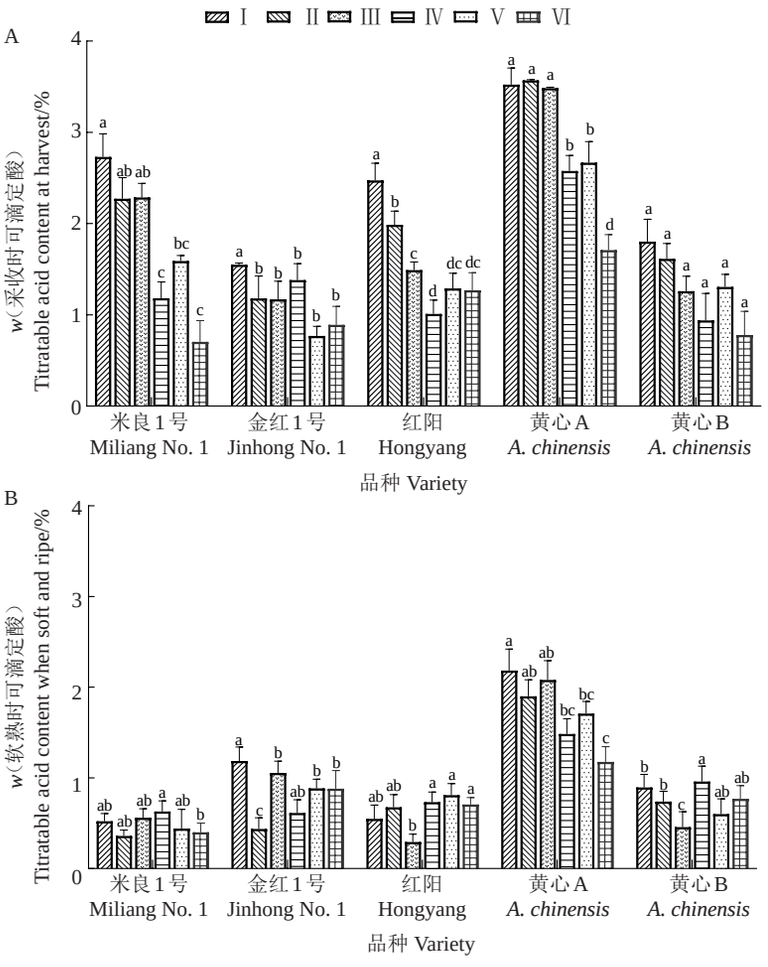
品种 Variety	采收期 Picking period	果皮硬度 Peel firmness/(kg·cm^{-2})		果肉硬度 Pulp firmness/(kg·cm^{-2})	
		采收期 Picking period	软熟期 Soft ripening period	采收期 Picking period	软熟期 Soft ripening period
金红1号 Jinhong No. 1	Ⅰ	7.14±0.04 a	0.30±0.07 b	6.38±0.38 a	1.09±0.05 a
	Ⅱ	7.16±0.00 a	0.35±0.07 b	6.37±0.05 a	1.15±0.10 a
	Ⅲ	7.16±0.00 a	0.54±0.04 b	5.62±0.66 a	0.28±0.08 c
	Ⅳ	6.98±0.17 a	0.26±0.04 b	6.14±0.21 a	0.20±0.05 c
	Ⅴ	6.72±0.21 b	0.64±0.20 a	5.54±0.07 b	0.67±0.14 b
	Ⅵ	4.85±0.43 b	0.59±0.03 a	3.16±0.21 c	0.74±0.10 b
红阳 Hongyang	Ⅰ	7.25±0.03 a	0.92±0.61 a	6.93±0.08 a	0.61±0.38 ab
	Ⅱ	7.15±0.04 a	1.34±0.56 a	6.92±0.21 a	0.67±0.14 ab
	Ⅲ	7.21±0.04 a	1.01±1.06 a	6.24±0.01 ab	1.22±0.05 a
	Ⅳ	7.15±0.01 a	0.49±0.17 a	5.86±0.51 b	0.49±0.17 b
	Ⅴ	6.91±0.21 a	0.39±0.06 a	6.15±0.07 ab	0.92±0.65 ab
	Ⅵ	6.56±0.10 b	0.55±0.56 a	3.43±0.22 c	0.97±0.23 ab
黄心A *A. chinensis*	Ⅰ	7.39±0.05 a	1.97±0.24 b	6.92±0.04 a	1.04±0.64 a
	Ⅱ	6.96±0.01 a	2.64±0.29 a	6.78±0.08 a	1.53±0.08 a
	Ⅲ	7.13±0.00 a	1.82±0.07 bc	6.74±0.11 a	1.11±0.31 a
	Ⅳ	7.04±0.18 a	1.91±0.16 b	6.85±0.22 a	1.27±0.05 a
	Ⅴ	6.51±0.27 a	1.97±0.12 b	4.49±0.56 b	1.33±0.30 a
	Ⅵ	6.24±0.65 a	1.49±0.23 c	2.54±0.34 c	1.13±0.50 a
黄心B *A. chinensis*	Ⅰ	7.04±0.02 a	1.88±0.10 a	6.81±0.01 a	0.80±0.12 a
	Ⅱ	7.07±0.06 a	1.16±0.09 a	6.40±0.00 a	0.50±0.06 a
	Ⅲ	7.18±0.00 a	1.10±1.01 a	6.12±0.40 a	1.01±0.68 a
	Ⅳ	7.16±0.01 a	1.63±0.37 a	5.16±1.72 ab	0.77±0.12 a
	Ⅴ	6.79±0.18 b	0.85±0.70 a	4.23±0.29 ab	0.66±0.16 a
	Ⅵ	6.49±0.23 b	0.90±0.77 a	2.82±0.31 b	0.76±0.10 a
米良1号 Miliang No. 1	Ⅰ	7.23±0.01 a	2.52±0.05 a	7.16±0.10 a	1.73±0.23 a
	Ⅱ	7.16±0.04 a	1.62±0.60 a	7.05±0.04 a	1.33±0.66 a
	Ⅲ	7.21±0.07 a	1.41±1.78 a	6.54±0.03 a	1.39±0.21 a
	Ⅳ	7.22±0.03 a	1.53±1.19 a	7.19±0.00 a	1.31±0.24 a
	Ⅴ	6.91±0.05 a	1.28±0.07 a	6.85±0.15 a	1.14±0.04 a
	Ⅵ	3.54±1.13 b	1.09±0.27 a	3.45±1.17 b	1.12±0.52 a

仍高于多数品种；黄心B果肉硬度随采收期推迟从6.81 kg·cm^{-2}逐步下降至2.82 kg·cm^{-2}，其软熟期为0.50~1.01 kg·cm^{-2}，变化较为平缓；米良1号果肉硬度在软熟期维持在1.12~1.73 kg·cm^{-2}，高于其他多数品种，软熟期果肉硬度下降幅度较小。

综上所述，不同采收期对5个品种果皮硬度和果肉硬度均有不同程度的影响，且软熟期普遍低于采收期。果皮硬度随采收期推迟多呈下降趋势，但品种间下降时点差异显著：金红1号和黄心B在采收期Ⅴ显著下降，红阳和米良1号在采收期Ⅵ显著降低，黄心A各期间无显著差异；果肉硬度同样随采收期推迟下降，金红1号、黄心A在采收期Ⅴ显著下降，米良1号和红阳则在采收期Ⅵ才显著降低。软熟后果肉硬度以米良1号和黄心A较高，红阳、金红1号和黄心B较低。

2.4　不同采收时间对猕猴桃果实可滴定酸、可溶性糖与抗坏血酸含量的影响

在采收时可滴定酸含量方面，黄心A在采收期Ⅱ最高，为3.4%；金红1号整体水平偏低，采收期Ⅵ为0.7%；红阳与米良1号降幅较为平缓；黄心B次之。在软熟期可滴定酸含量方面，米良1号与红阳较低，均在1%以下；黄心A软熟后变化趋势与采收时相似，且在5个品种中酸度最高；金红1号自采收期Ⅱ后酸度即低于1.2%（图2-A~B）。在可溶性糖



A. 不同采收时间对采收时猕猴桃果实可滴定酸含量的影响；B. 不同采收时间对软熟时猕猴桃果实可滴定酸含量的影响；C. 不同采收时间对软熟时猕猴桃果实可溶性糖含量的影响；D. 不同采收时间对软熟时猕猴桃果实抗坏血酸含量的影响；E. 不同采收时间对软熟时猕猴桃果实糖酸比的影响。

A. Effects of different harvest times on the titratable acid content of kiwifruit at harvest; B. Effects of different harvest times on the titratable acid content of kiwifruit when soft-ripe; C. Effects of different harvest times on the soluble sugar content of kiwifruit at the soft-ripe stage; D. Effects of different harvest times on the ascorbic acid content of kiwifruit at the soft-ripe stage; E. Effects of different harvest times on the sugar-to-acid ratio of kiwifruit at the soft-ripe stage.

图2　不同采收时间对5个品种猕猴桃可滴定酸、可溶性糖和抗坏血酸含量的影响

Fig. 2　Effects of different harvest times on titratable acidity, soluble sugar, and ascorbic acid content in five kiwifruit varieties

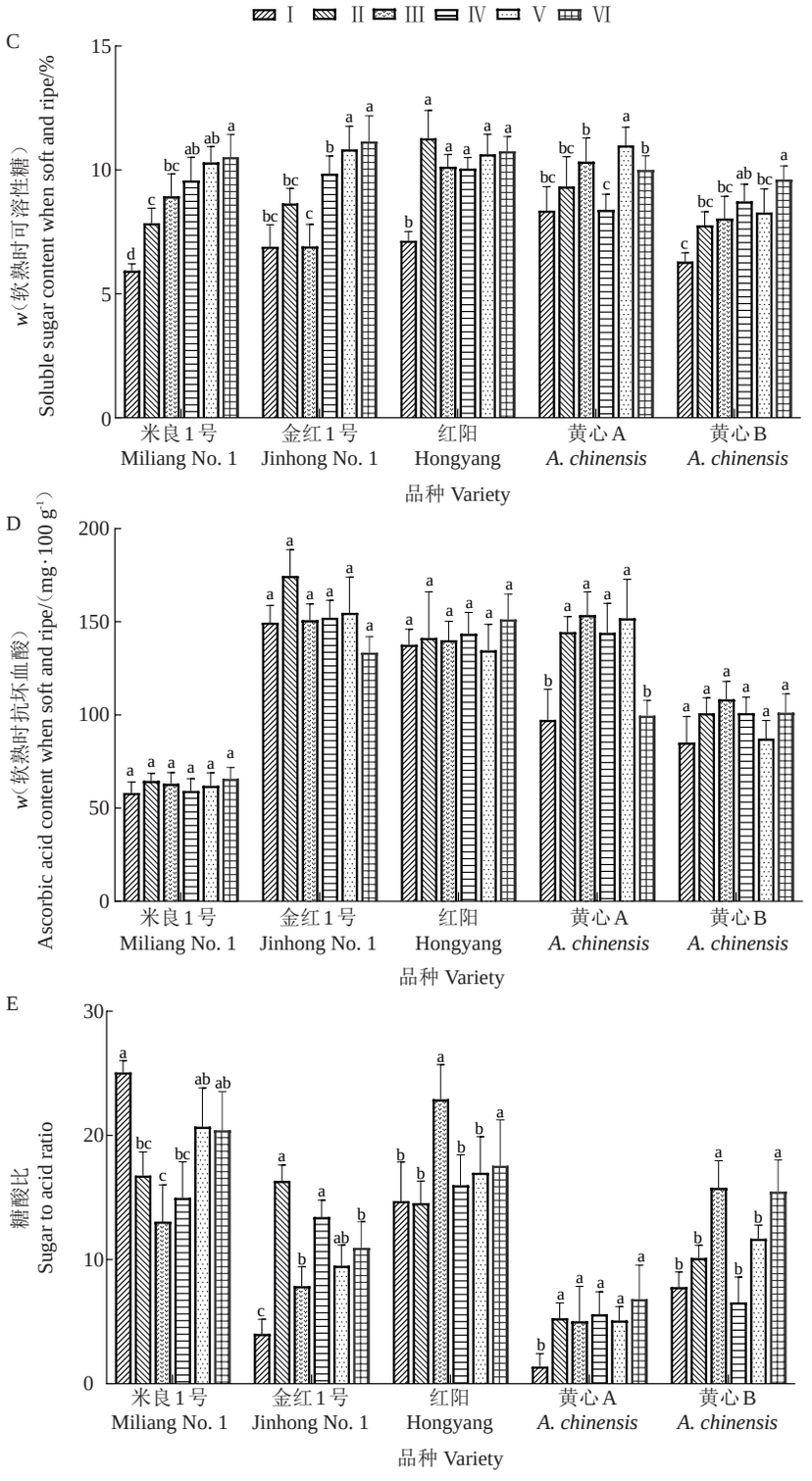


图2 （续） Fig. 2 (Continued)

含量方面，红阳在采收期Ⅱ最高，为11.31%；金红1号和黄心B在采收期Ⅵ时最高，分别达11.14%和9.62%；黄心A在采收期Ⅴ达10.99%；米良1号呈逐步上升趋势（图2-C）。在抗坏血酸含量方面，金红1号与红阳含量较高，但各采收期差异均不显著；黄心A含量其次，采收期Ⅱ~Ⅴ显著高于采收期Ⅰ和Ⅵ；黄心B呈波动变化，在各采收期差异不显著；米良1号含量最低，为55~65 mg·100 g^{-1}（图2-D）。糖酸比随可滴定酸含量下降而变化。红阳在采收期Ⅲ时达22.92，风味较佳；黄心A因酸度较高，糖酸比始终低于10.0，风味偏酸（图2-E）。

综上所述，采收期不同对5个品种可滴定酸、可

溶性糖、抗坏血酸含量及糖酸比均有不同程度的影响。可滴定酸含量均随采收期推迟呈下降趋势，可溶性糖含量呈上升趋势，但品种间基础值差异明显：黄心A酸度较高、糖酸比较低，金红1号酸度整体偏低，米良1号除糖酸比以外各项指标整体偏低。抗坏血酸含量以红心品种（金红1号、红阳）较高，黄心品种居中，绿心品种相对较低。糖酸比随酸度下降而升高，红阳在采收中期达到峰值。

2.5　猕猴桃不同采收期果实常温贮藏失重率和腐烂率的变化

由表3可知，贮藏性能受品种和采收期的共同影响。5个品种腐烂率多随贮藏时间延长而升高，且腐烂进程随采收期推迟而加快。其中，金红1号和红阳对晚采收较为敏感，采收期Ⅳ后采收的果实贮藏14 d腐烂率即达70%以上；黄心A与黄心B耐贮性相对较好，尤其在Ⅵ期，黄心B贮藏35 d腐烂率仍为80%，黄心A为90%。失重率呈现明显的品种间差异：米良1号早期采收即采收期Ⅰ和Ⅱ的果实失重较为迅速，贮藏7 d失重率即超过10%；黄心A与黄心B在整个贮藏期间失重率普遍较低且平稳；金红1号和红阳的失重率则居中。综上，黄心系列品种在晚采时仍具有较大的贮藏潜力，金红1号和红阳需适当提前采收以维持贮藏品质。

表3　猕猴桃不同采摘时间果实常温贮藏失重率和腐烂率的变化

Table 3　Changes of weight loss rate and rottenness rate in kiwifruit stored at ambient temperature according to harvest time

品种 Variety	采收期 Picking period	不同贮藏时间的失重率 Weight loss rate of different storage time/%					不同贮藏时间的腐烂率 Rottenness rate of different storage time/%				
		7 d	14 d	21 d	28 d	35 d	7 d	14 d	21 d	28 d	35 d
金红1号 Jinhong No. 1	Ⅰ	4.54	4.88	14.01			0	50	100		
	Ⅱ	3.12	2.47	7.54	10.57		0	30	70	100	
	Ⅲ	5.07	7.77	9.36			10	50	100		
	Ⅳ	4.33	7.15				0	100			
	Ⅴ	2.47	3.15				0	100			
	Ⅵ	5.45	12.14				50	100			
红阳 Hongyang	Ⅰ	4.65	7.51				10	60	100		
	Ⅱ	4.37	6.70				10	90			
	Ⅲ	3.89	6.67	2.54			10	50	80	100	
	Ⅳ	2.85	4.87				10	90			
	Ⅴ	4.87	3.45				0	70	100		
	Ⅵ	3.85	8.37				80	100			
黄心A *A. chinensis*	Ⅰ	6.57	5.45	24.70			0	60	80	100	
	Ⅱ	7.87	13.45				0	40	100		
	Ⅲ	16.57	9.47	11.44	8.44	34.47	0	20	40	90	90
	Ⅳ	5.37	3.47	2.74	5.57	8.54	0	0	30	70	90
	Ⅴ	2.22	5.84	15.14			10	40	90	100	
	Ⅵ	2.45	2.45	4.04	7.37	14.10	0	0	40	40	90
黄心B *A. chinensis*	Ⅰ	3.11	5.29	4.00			0	0	60	100	
	Ⅱ	5.08	4.47				0	70	100		
	Ⅲ	6.37	4.15	6.46			0	10	60	100	
	Ⅳ	2.08	3.30	6.98	6.70		0	0	70	90	
	Ⅴ	3.10	6.31	6.04			0	10	60	100	
	Ⅵ	4.11	2.24	4.04	6.44	9.78	0	0	0	40	80
米良1号 Miliang No. 1	Ⅰ	15.35	11.41	9.11	14.40		0	0	50	100	
	Ⅱ	15.87	12.11	16.40			0	0	100		
	Ⅲ	12.01	6.40	27.31	33.14	27.54	0	0	0	30	80
	Ⅳ	4.78	4.10	6.01	17.67	22.85	0	0	0	0	50
	Ⅴ	2.12	22.19	17.51	24.42		20	20	50	100	
	Ⅵ	1.45	1.74	13.40	11.10	13.45	0	0	10	20	90

2.6 品种与采收期对品质指标影响的双因素方差分析

为进一步明确品种与采收期对猕猴桃果实品质的影响及其交互效应，对6项采收期品质指标进行双因素方差分析。结果（表4）表明，品种和采收期对可溶性固形物含量、干物质含量、可滴定酸含量、单果质量、果皮硬度和果肉硬度均具有极显著影响（$P<0.001$）。品种与采收期的交互效应在可溶性固形物含量、可滴定酸含量、单果质量、果皮硬度和果肉硬度上均达到极显著水平（$P<0.001$），在干物质上达到显著水平（$P<0.01$）。

表4 品种与采收期对猕猴桃品质指标影响的双因素方差分析

Table 4 Two-way ANOVA of quality indices affected by cultivar and harvest time

品质指标 Quality index	品种 Variety		采收期 Picking period		交互作用 Interaction	
	F	η^2p	*F*	η^2p	*F*	η^2p
可溶性固形物含量 Soluble solids content	8.02***	0.176	23.69***	0.441	2.62***	0.259
干物质含量 Dry matter content	18.76***	0.333	6.82***	0.185	2.15**	0.223
可滴定酸含量 Titratable acid content	89.43***	0.704	52.23***	0.635	4.67***	0.383
单果质量 Single fruit mass	156.28***	0.806	23.39***	0.438	2.79***	0.271
果皮硬度 Peel firmness	8.92***	0.373	35.64***	0.748	3.28***	0.522
果肉硬度 Pulp firmness	12.45***	0.454	48.99***	0.803	5.83***	0.660

注：**和***分别表示在 0.01 和 0.001 水平差异极显著。

Note: **, *** indicate extremely significant difference at 0.01, 0.001 level，respectively.

2.7 猕猴桃果实品质综合评价

通过对5个猕猴桃品种在6个采摘时期的6项品质指标进行主成分分析，品质指标均为采收后2 d测定的数据。结果（表5）显示，前3个主成分的累计方差贡献率达85.830%，表明这3个主成分能够较好地代表原始指标的大部分信息。其中第一主成分PC1方差贡献率为44.170%，在可溶性固形物含量（0.542）和单果质量（0.305）上具有较高的正载荷，在可滴定酸含量（−0.503）、果肉硬度（−0.421）和果皮硬度（−0.387）上为负载荷，主要综合反映了果实的成熟度和糖酸品质。第二主成分PC2方差贡献率为25.330%，在单果质量（0.517）、果皮硬度（0.489）和果肉硬度（0.387）上载荷最高，主要代表了果实大小与质地特性。第三主成分PC3方差贡献率为16.330%，在干物质含量（0.502）上载荷最高，在果肉硬度（−0.328）上呈负载荷，主要反映了果实的营养物质积累特征。根据主成分分析结果，计算各样本在不同主成分上的得分，并以各主成分的方差贡献率为权重，计算综合得分Y，其计算公式为：

$$Y=(44.17\%\times PC1+25.33\%\times PC2+16.33\%\times PC3)/85.83\%$$

由综合评价结果（表6）可知，采收期对猕猴桃的综合品质具有显著影响。多数品种在采收期Ⅴ或Ⅵ的综合得分最高，表明适当推迟采收有利于综合品质提升。具体来看，金红1号与红阳的综合得分

表5 不同采收时期5个猕猴桃品种的主成分载荷矩阵及特征值

Table 5 Principal component loadings matrix and eigenvalue for five kiwifruit varieties at different harvesting periods

品质指标 Quality index	主成分1 Principal component 1	主成分2 Principal component 2	主成分3 Principal component 3
可溶性固形物含量 Soluble solids content	0.542	−0.124	−0.057
干物质含量 Dry matter content	0.215	0.287	0.502
可滴定酸含量 Titratable acid content	−0.503	0.192	−0.131
单果质量 Single fruit mass	0.305	0.517	−0.246
果皮硬度 Peel firmness	−0.387	0.489	0.128
果肉硬度 Pulp firmness	−0.421	0.387	−0.328
特征值 Eigenvalue	2.650	1.520	0.980
贡献率 Contribution rate/%	44.170	25.330	16.330
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	44.170	69.500	85.830

表6　不同采收期各品种综合得分及排名

Table 6　Comprehensive scores and rankings of varieties at different harvest periods

品种 Variety	采收期 Picking period	Y_1	Y_2	Y_3	综合得分 Comprehensive score	综合排名 Comprehensive rank
金红1号 Jinhong No. 1	Ⅰ	1.85	0.42	−0.31	−0.87	6
	Ⅱ	−0.92	0.65	0.18	−0.32	5
	Ⅲ	0.78	0.23	0.42	0.52	3
	Ⅳ	1.12	−0.15	0.28	0.61	2
	Ⅴ	1.25	−0.32	0.15	0.63	1
	Ⅵ	0.95	−0.45	0.08	0.45	4
红阳 Hongyang	Ⅰ	−0.65	0.85	−0.52	−0.18	6
	Ⅱ	0.42	0.62	−0.28	0.32	5
	Ⅲ	0.95	0.38	0.15	0.58	3
	Ⅳ	1.18	0.12	0.32	0.68	2
	Ⅴ	1.35	−0.08	0.25	0.72	1
	Ⅵ	1.02	−0.25	0.18	0.52	4
黄心A *A. chinensis*	Ⅰ	2.15	−0.85	1.25	−1.02	6
	Ⅱ	−1.45	−0.52	0.95	−0.58	5
	Ⅲ	−0.32	−0.18	0.62	0.02	4
	Ⅳ	0.25	0.15	0.35	0.25	3
	Ⅴ	0.58	0.32	0.12	0.42	2
	Ⅵ	0.85	0.48	−0.15	0.52	1
黄心B *A. chinensis*	Ⅰ	0.45	1.85	−0.65	0.58	5
	Ⅱ	0.52	1.52	−0.42	0.60	4
	Ⅲ	0.68	1.25	−0.18	0.68	3
	Ⅳ	0.85	0.95	0.08	0.72	2
	Ⅴ	1.15	0.62	0.25	0.82	1
	Ⅵ	0.35	0.45	0.15	0.35	6
米良1号 Miliang No. 1	Ⅰ	−2.85	−1.25	−0.45	−1.85	6
	Ⅱ	−1.95	−0.85	−0.25	−1.25	5
	Ⅲ	−0.65	−0.32	0.15	−0.38	4
	Ⅳ	0.25	0.18	0.35	0.25	3
	Ⅴ	1.15	0.52	0.48	0.85	2
	Ⅵ	1.85	0.85	0.62	1.32	1

随采收期推迟呈持续上升趋势，至采收期Ⅴ达到峰值，综合得分分别为0.63和0.72，表明其果实品质发育期相对较长，推迟采收有利于品质充分形成；采收期Ⅵ略有下降，可能与果实过熟导致的品质劣变有关。黄心B在各采收期的综合得分均相对较高且稳定，在采收期Ⅴ表现最佳，综合得分为0.82，表现出优良的综合品质特性；但采收期Ⅵ综合得分明显下降至0.35，说明该品种不宜过度推迟采收。黄心A与米良1号的综合得分随采收期推迟呈持续上升趋势，至采收期Ⅵ达到最高，综合得分分别为0.52和1.32，表明这2个品种成熟期较晚，需要较长的发育时间才能达到最佳品质。其中，米良1号在采收期Ⅵ的综合得分（1.32）为所有品种中最高，表现出最为突出的综合品质。

基于主成分分析的综合评价，表明适当推迟采收有利于提升猕猴桃果实的综合品质。其中，采收期Ⅴ是金红1号、红阳和黄心B的综合品质最优期；采收期Ⅵ是黄心A和米良1号的综合品质最优期。米良1号在综合品质上表现最为突出，黄心B在中晚期采收时综合品质优良，而黄心A的综合品质相对较低，有待进一步改良。

3　讨　论

猕猴桃作为典型的呼吸跃变型果实，采收成熟度直接影响采后软化进程、贮藏耐受性与货架寿命，是决定商品化品质的关键因素[24]。研究表明，不同

品种在果实发育动态[9]、物质积累[25]及采后生理代谢特性[26]方面存在显著差异；同时，同一品种的适宜采收期也受产区光热条件、水分供应与栽培环境的协同调控。因此，针对特定产区与主栽品种开展适采期研究，对提升果实耐贮性与商品价值具有重要意义。

可溶性固形物含量、单果质量与抗坏血酸含量在第一主成分中载荷较高，表明其为构成果实基础品质的重要因子；该结果与前人关于可溶性固形物/干物质含量可用于表征成熟度与商品性的结论一致[27]。研究进一步表明，不同软枣猕猴桃种质资源的果实品质指标存在显著差异且相互关联，部分种质在果实形态、糖酸风味及功能性成分等关键品质上具有特异性优势[28]。综合评价结果表明，各品种在采收期Ⅴ或Ⅵ的综合得分均为最高，表明该阶段在品质积累与质构保持之间达到较优平衡。尽管金红1号在采收期Ⅵ可溶性固形物含量达到峰值，但伴随果实硬度显著下降，综合得分反而低于采收期Ⅴ，表明适宜采收期并非以糖分最高为判定标准。猕猴桃风味主要由可溶性糖与有机酸含量及其比例共同决定[29]。本研究中，各品种可溶性糖含量总体随采收期延迟而升高，但在偏晚采收阶段出现波动；与此同时，果实硬度过快降低及可滴定酸含量下降幅度增大，可能削弱风味协调性并降低耐贮性。推迟采收虽能提高可溶性固形物含量等指标，但往往伴随果实硬度快速下降，组织抗机械损伤能力降低并增加病原侵染风险，从而导致腐烂率升高；该趋势与已有报道一致[30]。值得注意的是，果实硬度下降对耐贮性的影响存在品种差异。硬度敏感型品种，偏晚采收更易引发耐贮性下降与采后损耗增加；而软化进程较缓或抗病性较强的品种，即使果实硬度下降，腐烂率仍可能维持在相对可控水平。综上所述，果肉硬度与可滴定酸含量是决定耐贮性与风味协调性的关键因子；其品种差异可能与细胞壁结构特性、果胶/纤维素降解相关酶活性以及乙烯信号调控与抗病性遗传基础有关[31-32]。类似结果在苹果[33]及海沃德猕猴桃[27]中也有报道：延迟采收虽可提高糖酸比，但常伴随果实硬度急剧下降并导致失重率与腐烂率升高。生产上可通过低温冷藏[34]结合气调贮藏[35]抑制呼吸与乙烯作用，延缓软化，从而提高采收与流通调控弹性并支持长距离运输。尽管本研究未开展冷藏/气调条件下的系统比较，但已有研究表明，适采期采收的果实在低温条件下更易保持果实硬度、风味与营养品质，且不同品种间的响应存在差异[36]。因此，最适采收期的确定仍需综合考虑品种差异、果实品质及贮藏条件，并结合软化相关生理机制开展深入研究。此外，本研究仅在常温条件下进行贮藏观察，不同贮藏条件下各品种的最适采收期可能存在差异，有待后续研究进一步验证。

4 结 论

采收期Ⅴ为金红1号、红阳和黄心B的最佳采收期，采收期Ⅵ为黄心A和米良1号的最佳采收期。此时，果实干物质与糖分积累充分，软熟后果实品质达到峰值，商品性高。金红1号与红阳糖酸比高，风味更佳，但属速熟易腐品种，常温下腐烂风险极大，采收后需强化冷链物流；米良1号虽综合品质随成熟度明显提升，但早期采收易发生严重失水皱缩，因此必须严禁早采以保障果实外观品质；黄心系列在糖分积累与耐贮性上表现更为均衡，具有更强的产业适应性。

参考文献 References：

[1] 齐秀娟，郭丹丹，王然，钟云鹏，方金豹 . 我国猕猴桃产业发展现状及对策建议[J]. 果树学报，2020，37(5)：754-763.
Qi Xiujuan，Guo Dandan，Wang Ran，Zhong Yunpeng，Fang Jinbao. Development status and suggestions on Chinese kiwifruit industry[J]. Journal of Fruit Science，2020，37(5)：754-763.

[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] 王连润，万红，陶磅，李坤明，陈霞，丁仁展，沙毓沧 . 云南野生猕猴桃资源果实性状的多元统计分析[J]. 果树学报，2022，39(11)：2019-2027.
Wang Lianrun，Wan Hong，Tao Pang，Li Kunming，Chen Xia，Ding Renzhan，Sha Yucang. Multivariate statistical analyses of fruit characteristics of wild kiwifruit germplasm resources in different ecological regions of Yunnan[J]. Journal of Fruit Science，2022，39(11)：2019-2027.

[4] 廖慧苹，谢玥，周英丹，刘瑶，胥伟秋，李明章 . 抗溃疡病优质猕猴桃新品种‘华金3号’[J]. 园艺学报，2024，51(增刊1)：51-52.
Liao Huiping，Xie Yue，Zhou Yingdan，Liu Yao，Xu Weiqiu，Li Mingzhang. A new yellow-fleshed kiwifruit cultivar ‘Huajin 3’[J]. Acta Horticulturae Sinica，2024，51(S1)：51-52.

[5] 张文，汤佳乐，程小梅，尚雪波，张群，王仁才，罗赛男 . 湖南省猕猴桃农药残留及风险评估[J]. 江西农业大学学报，2021，43(1)：42-51.
Zhang Wen，Tang Jiale，Cheng Xiaomei，Shang Xuebo，Zhang

Qun，Wang Rencai，Luo Sainan. Monitoring and evaluation of the pesticide residues in kiwifruit in Hunan province[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis，2021，43(1)：42-51.

[6] 高文，解超杰，王永平，曹轩峰 . 商南县猕猴桃产业高质量发展对策研究[J]. 陕西农业科学，2023，69(6)：105-108.
Gao Wen，Xie Chaojie，Wang Yongping，Cao Xuanfeng. High quality development strategies for kiwifruit industry in Shangnan county[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences，2023，69(6)：105-108.

[7] 李大卫，黄文俊，钟彩虹 . 中国猕猴桃产业现状及“十五五”发展建议[J]. 果树学报，2024，41(11)：2149-2159.
Li Dawei，Huang Wenjun，Zhong Caihong. Current status of China’s kiwifruit industry and development recom-mendations for the “15th Five-Year Plan”[J]. Journal of Fruit Science，2024，41(11)：2149-2159.

[8] 刘瑞豪，姚鳗鳃，高贵田，王鹏 . “红阳”猕猴桃采后乙烯生成系统Ⅰ、Ⅱ转变中的关键基因[J]. 中国食品学报，2024，24(3)：191-200.
Liu Ruihao，Yao Manli，Gao Guitian，Wang Peng. The key genes in the transformation of ethylene production System Ⅰ and Ⅱ of ‘Hongyang’ kiwifruit[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology，2024，24(3)：191-200.

[9] 陈双双，贺艳群，徐小彪，贾东峰，陶俊杰，梅奕阳，黄春辉 . 不同采收期对‘奉黄1号’猕猴桃果实品质的影响[J]. 江西农业大学学报，2021，43(6)：1259-1268.
Chen Shuangshuang，He Yanqun，Xu Xiaobiao，Jia Dongfeng，Tao Junjie，Mei Yiyang，Huang Chunhui. Effect of different harvest time on fruit quality of ‘Fenghuang No. 1’ kiwifruit[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis，2021，43(6)：1259-1268.

[10] 刘艳飞，何昕，贺浩浩，刘占德 . 早熟黄肉中华猕猴桃新品种‘黑金’[J]. 园艺学报，2024，51(11)：2725-2726.
Liu Yanfei，He Xin，He Haohao，Liu Zhande. A new early-ripening yellow flesh *Actinidia chinensis* cultivar ‘Heijin’[J]. Acta Horticulturae Sinica，2024，51(11)：2725-2726.

[11] 沈川，李夏 . 秦巴山区20份野生美味猕猴桃果实品质分析与综合评价[J]. 西北农业学报，2023，32(2)：282-289.
Shen Chuan，Li Xia. Quality analysis and comprehensive evaluation of 20 wild kiwifruit in Qinba Mountains[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica，2023，32(2)：282-289.

[12] 吕正鑫，贺艳群，贾东峰，黄春辉，钟敏，廖光联，朱壹，袁开昌，刘传浩，徐小彪 . 猕猴桃种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 园艺学报，2022，49(7)：1571-1581.
Lü Zhengxin，He Yanqun，Jia Dongfeng，Huang Chunhui，Zhong Min，Liao Guanglian，Zhu Yi，Yuan Kaichang，Liu Chuanhao，Xu Xiaobiao. Genetic diversity analysis of phenotypic traits for kiwifruit germplasm resources[J]. Acta Horticulturae Sinica，2022，49(7)：1571-1581.

[13] 张培书，何伍金，马关雪，张瑞娱，李子明，张云峰 . “红阳”猕猴桃采后存放过程中的品质变化[J]. 北方园艺，2019(17)：108-117.
Zhang Peishu，He Wujin，Ma Guanxue，Zhang Ruiyu，Li Ziming，Zhang Yunfeng. Quality changes of kiwifruit during postharvest storage in *Actinidia chinensis* cv. ‘Hongyang’[J]. Northern Horticulture，2019(17)：108-117.

[14] 李莹，朱云琦，董官勇，裴艳刚，刘明春 . 6个猕猴桃品种的果实贮藏与品质评价[J]. 热带亚热带植物学报，2023，31(5)：653-659.
Li Ying，Zhu Yunqi，Dong Guanyong，Pei Yangang，Liu Mingchun. Fruit storage and quality evaluation of six kinds of *Actinidia deliciosa*[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany，2023，31(5)：653-659.

[15] 汤佳乐，黄春辉，冷建华，陈葵，严玉平，辜青青，徐小彪 . 不同采收期对金魁猕猴桃果实品质的影响[J]. 中国南方果树，2012，41(3)：110-113.
Tang Jiale，Huang Chunhui，Leng Jianhua，Chen Kui，Yan Yuping，Gu Qingqing，Xu Xiaobiao. Effects of different harvest dates on fruit quality of Golden Delicious kiwifruit[J]. South China Fruits，2012，41(3)：110-113.

[16] 申思雨，李兰，张研宗，顾红，陈锦永，杨英军 . 猕猴桃采收标准与采后处理研究进展[J/OL]. 果树学报，1-19(2026-02-28)[2026-03-21]. https://doi.org/10.13925/j.cnki.gsxb.20250661.
Shen Siyu，Li Lan，Zhang Yanzong，Gu Hong，Chen Jinyong，Yang Yingjun. Advances in harvesting standard and postharvest treatment of kiwifruit[J/OL]. Journal of Fruit Science，1-19(2026-02-28)[2026-03-21]. https://doi.org/10.13925/j.cnki.gsxb.20250661.

[17] 刘娜，石小玉，顾光福，赵治兵，谢国芳 . 不同采收期猕猴桃果实冷藏前后品质特性评价[J]. 食品与发酵工业，2022，48(11)：213-220.
Liu Na，Shi Xiaoyu，Gu Guangfu，Zhao Zhibing，Xie Guofang. Evaluation of the quality characteristics of kiwifruit in different harvest time before and after cold storage[J]. Food and Fermentation Industries，2022，48(11)：213-220.

[18] 李小艳，杨红，谢谭秋，刘星谷，蔡光泽 . “金艳”猕猴桃果实生长规律及不同采收期对其品质的影响[J]. 中国南方果树，2020，49(4)：116-121.
Li Xiaoyan，Yang Hong，Xie TanQiu，Liu Xinggu，Cai Guangze. Growth patterns of “Jin Yan” kiwifruit and the effects of different harvest times on their quality[J]. South China Fruits，2020，49(4)：116-121.

[19] 李合生 . 现代植物生理学[M]. 3版 . 北京：高等教育出版社，2012.
Li Hesheng. Modern plant physiology[M]. 3rd ed. Beijing：Higher Education Press，2012.

[20] 曹建康，姜微波，赵玉梅 . 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京：中国轻工业出版社，2007.
Cao Jiankang，Jiang Weibo，Zhao Yumei. Guidance of postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables[M]. Beijing：China Light Industry Press，2007.

[21] 于国萍 . 食品生物化学实验[M]. 北京：中国林业出版社，2012：134-145.
Yu Guoping. Food biochemistry experiments[M]. Beijing：China Forestry Publishing House，2012：134-145.

[22] 高俊凤 . 植物生理学实验指导[M]. 北京：高等教育出版社，2006.
Gao Junfeng. Experimental guidance for plant physiology[M]. Beijing：Higher Education Press，2006.

[23] 高磊，张蕾，罗轩，白福玺，陈庆红 . 猕猴桃品种金农与金阳不同采收期果实品质动态分析[J]. 中国果树，2022(3)：37-43.
Gao Lei，Zhang Lei，Luo Xuan，Bai Fuxi，Chen Qinghong. Dynamic analysis of fruit quality of kiwifruit cultivars ‘Jinnong’ and ‘Jinyang’ at different harvest time[J]. China Fruits，2022(3)：37-43.

[24] 杨雪珍，杨倩文，欧阳雪灵，江新凤，甘增宇，彭火辉，王国行，彭玉辅，陈金印，陈明，陈华玲 . 采收成熟度对‘金奉’猕猴桃果实后熟品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报，2024，15(23)：98-107.
Yang Xuezhen，Yang Qianwen，Ouyang Xueling，Jiang Xinfeng，Gan Zengyu，Peng Huohui，Wang Guohang，Peng Yufu，Chen Jinyin，Chen Ming，Chen Hualing. Effects of harvest maturity on post-ripening quality of ‘Jinfeng’ kiwifruit[J]. Journal of Food Safety & Quality，2024，15(23)：98-107.

[25] 张群，李绮丽，李绍华，葛可达，张维 . 采收期对“金艳”猕猴桃果实品质和耐贮性的影响[J]. 食品安全质量检测学报，2020，11(12)：3913-3918.
Zhang Qun，Li Qili，Li Shaohua，Ge Keda，Zhang Wei. Effects on fruit quality and storability of “Jinyan” kiwifruit under different harvest time[J]. Journal of Food Safety and Quality，2020，11(12)：3913-3918.

[26] 曹森，瞿光凡，高芙蓉，刘亚非，黄亚欣，罗雪，王国立，王瑞 . 不同采收期对“贵长”猕猴桃后熟品质和酶活性的影响[J]. 保鲜与加工，2021，21(8)：1-6.
Cao Sen，Qu Guangfan，Gao Furong，Liu Yafei，Huang Yaxin，Luo Xue，Wang Guoli，Wang Rui. Effects of different harvest stages on the qualities and enzymes activities of ‘Guichang’ kiwi fruits[J]. Storage and Process，2021，21(8)：1-6.

[27] 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.
Wu Binbin，Rao Jingping，Li Baiyun，Lai Qinyi，Zhang Haiyan. Effect of harvest date on fruit quality and storage duration of kiwifruit[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica，2008，28(4)：788-792.

[28] 孙博位，王梦琦，秦红艳，吴曼毓，麻明杰，刘国梁，原鹏强，路文鹏 . 88 份软枣猕猴桃种质资源果实品质分析与综合评价[J]. 果树学报，2025，42(4)：765-774.
Sun Bowei，Wang Mengqi，Qin Hongyan，Wu Manyu，Ma Mingjie，Liu Guoliang，Yuan Pengqiang，Lu Wenpeng. Comprehensive evaluation of fruit quality of 88 accessions of *Actinidia arguta* germplasm resources based on principal component analysis and correlation analysis[J]. Journal of Fruit Science，2025，42(4)：765-774.

[29] 黄文俊，钟彩虹 . 猕猴桃果实采后生理研究进展[J]. 植物科学学报，2017，35(4)：622-630.
Huang Wenjun，Zhong Caihong. Research advances in the postharvest physiology of kiwifruit[J]. Plant Science Journal，2017，35(4)：622-630.

[30] 李秀亚，宋福兵，吕树鸣，肖钧，周玉萍，汪志威 . “红阳”猕猴桃适宜采收期研究[J]. 耕作与栽培，2023，43(4)：25-28.
Li Xiuya，Song Fubing，Lü Shuming，Xiao Jun，Zhou Yuping，Wang Zhiwei. Study on suitable harvesting time of ‘Hongyang’ kiwifruit[J]. Tillage and Cultivation，2023，43(4)：25-28.

[31] 王国立，吴素芳，黄亚欣，余江平，李涛，王晓醒，高亚星，谭永元，董晓庆 . 不同采收期对“贵长”猕猴桃贮藏期间果实品质的影响[J]. 安徽农业科学，2019，47(17)：174-178.
Wang Guoli，Wu Sufang，Huang Yaxin，Yu Jiangping ，Li Tao，Wang Xiaoxing，Gao Yaxing，Tan Yongyuan，Dong Xiaoqing. Effects of different harvest periods on fruit quality of “Guichang” kiwifruit during storage[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences，2019，47(17)：174-178.

[32] 张敏，彭雯，李欣怡，赵沁雨，张文慧，孙翔宇，马婷婷 . 早采对‘翠香’猕猴桃理化特性及贮藏特性的影响[J]. 食品与发酵工业，2025，51(3)：243-249.
Zhang Min，Peng Wen，Li Xinyi，Zhao Qinyu，Zhang Wenhui，Sun Xiangyu，Ma Tingting. Effects of early harvesting on the physicochemical and storage characteristics of ‘Cuixiang’ kiwifruit[J]. Food and Fermentation Industries，2025，51(3)：243-249.

[33] Kwon J G，Yoo J，Lee S Y，Win N M，Kang I K. Influence of fruit maturity on fruit quality and skin structural composition of ‘Picnic’ apples at harvest and during cold storage[J]. Scientia Horticulturae，2025，347：114192.

[34] 甄泽康，付铮，闫铭铭 . 浅谈果蔬的低温保鲜技术[J]. 南方农机，2019，50(13)：74.
Zhen Zekang，Fu Zheng，Yan Mingming. Briefly talk about the low-temperature freshness preservation technology of fruits and vegetables[J]. China Southern Agricultural Machinery，2019，50(13)：74.

[35] 张晓雯，张庆钢，孟欣宇，许国锋，王莹 . 气调保鲜技术研究进展[J]. 食品工业，2024，45(5)：208-213.
Zhang Xiaowen，Zhang Qinggang，Meng Xinyu，Xu Guofeng，Wang Ying. Research progress of modified atmosphere preservation technology[J]. The Food Industry，2024，45(5)：208-213.

[36] 张维，黄余年，张群，李高阳，朱向荣 . 猕猴桃采后贮藏保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工，2021，21(5)：139-145.
Zhang Wei，Huang Yunian，Zhang Qun，Li Gaoyang，Zhu Xiangrong. Advances in postharvest storage and preservation techniques of kiwifruit[J]. Storage and Process，2021，21(5)：139-145.