



陈双双,贺艳群,徐小彪,等.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 S S, HE Y Q, XU X B, et al. Effect of different harvest time on fruit quality of ‘Fenghuang No.1’ kiwi fruit[J]. Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2021, 43(6): 1259-1268.

不同采收期对‘奉黄1号’猕猴桃果实品质的影响

陈双双, 贺艳群, 徐小彪, 贾东峰, 陶俊杰, 梅奕阳, 黄春辉*

(江西农业大学 农学院/猕猴桃研究所, 江西 南昌, 330045)

摘要:【目的】‘奉黄1号’为江西省自主选育的一个黄肉猕猴桃新品种,不同采收时间对猕猴桃果实品质有重要影响。本文对9个不同采收期的‘奉黄1号’猕猴桃果实品质进行分析,通过主成分分析法对其品质指标进行评价,以便科学准确地判断其最佳采收期,从而为该品种今后的推广种植提供科学依据。【方法】试验以盛花后(DAFB)133,140,147,154,161,168,175,182,189 d共9个时期采收的‘奉黄1号’猕猴桃果实为试验材料,对各采摘期及其软熟期果实的果肉硬度和可溶性固形物、可滴定酸、可溶性糖、抗坏血酸、干物质、叶绿素、类胡萝卜素含量等10多个指标进行测定,并结合不同采收期猕猴桃的贮藏时间进行了主成分分析。【结果】‘奉黄1号’猕猴桃各项品质指标随采收期的推迟呈不同的规律性变化。采摘期的可溶性固形物随采收期的推迟,呈上升趋势。果实达到软熟状态时,140、175 DAFB的可溶性固形物含量最高。采摘期的干物质含量在147 DAFB达到最大值。果实硬度随采收期的推迟而呈下降趋势,猕猴桃果皮硬度于175 DAFB后迅速下降。154 DAFB采收果实软熟期的可滴定酸含量最低。可溶性糖含量随采收期的延迟而呈上升趋势,于189 DAFB达到最大值,随后下降。随采收时间的推迟,抗坏血酸含量呈‘下降-上升-下降’的趋势,161 DAFB软熟期的抗坏血酸含量最高。叶绿素含量随着采收时间的延长而降低,类胡萝卜素含量与叶绿素有相似的变化趋势,均在140 DAFB时达到最大值。【结论】通过主成分分析,发现161 DAFB采摘的果实综合得分最高,其达到软熟状态后,各项指标均达到较高水平,且果实贮藏时间长达10 d。本研究表明盛花期后161 d是‘奉黄1号’猕猴桃果实的最佳采收期。

关键词:‘奉黄1号’猕猴桃;采收期;主成分分析;果实品质

中图分类号:S663.4 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2021)06-1259-10

Effect of Different Harvest Time on Fruit Quality of ‘Fenghuang No.1’ Kiwi fruit

CHEN Shuangshuang, HE Yanqun, XU Xiaobiao, JIA Dongfeng,
TAO Junjie, MEI Yiyang, HUANG Chunhui*

收稿日期:2021-06-15 修回日期:2021-09-19

基金项目:江西省重点研发计划项目(20202BBFL63014)、江西省猕猴桃产业技术体系建设专项(JXARS-05)和江西省教育厅科技计划项目(9020308487)

Project supported by the Key Research and Development Projects in Jiangxi Province (20202BBFL63014), Construction of Kiwifruit Industry Technology System in Jiangxi Province (JXARS-05), Science and Technology Project of Jiangxi Education Department (9020308487)

作者简介:陈双双, orcid.org/0000-0001-8585-0159, css13736206317@163.com; *通信作者:黄春辉, 副教授, 博士, 主要从事果树特种质资源与果实品质调控研究, orcid.org/0000-0003-4051-8325, lindahch@126.com。

(College of Agronomy/Kiwifruit Institute of Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: [Objective] ‘Fenghuang No.1’ is a new breed of yellow flesh kiwi fruit which is independently selected by Jiangxi Province. Researches show that different harvest time has important effect on the quality of kiwifruit. At present, there is no systematic study on the effect of harvest time on the quality of ‘Fenghuang No.1’ kiwi fruit. In this study, the fruit quality of fruits harvested at nine different periods was tested, and the indexes were evaluated by principal component analysis, which provided technical support for the determination of the optimum harvest period of new varieties and the popularization and application in future. [Method] In order to find the best picking period for kiwi fruit scientifically and accurately, this experiment took kiwi fruits, which were picked on the 133rd, 140th, 147th, 154th, 161st, 168th, 175th, 182nd, 189th after full bloom as the experimental materials, more than 10 indicators such as flesh firmness, soluble solids, titratable acid, soluble sugar, ascorbic acid, dry matter, chlorophyll, carotenoid and etc were tested, the principal component analysis of storage time combined with different harvest periods was carried out. [Result] The fruit quality of ‘Fenghuang No.1’ kiwi fruit changed regularly with the delay of harvest time. The soluble solid content at 133 DAFB was the lowest (5.7%) and 182 DAFB was the highest (16.0%) when the fruit reached the soft ripeness state, the maximum of soluble solids reached 18.0% at 140 and 175 DAFB, which was higher than that at 133, 168 and 182 DAFB. The dry matter content showed a small range change in 9 different harvest periods, and increased continuously in the early harvest period, reaching a maximum value of 21.21% at 147 DAFB. The peel hardness of ‘Fenghuang No.1’ kiwi fruit had a similar decreasing trend to the pulp hardness with the delay of picking period. 175 days later, the peel hardness of ‘Fenghuang No.1’ kiwi fruit decreased rapidly, which resulted in inconvenience to fruit harvesting and transportation. The storage time of 133 DAFB was the longest, which was 13 days. The titratable acid content of kiwi fruit was the lowest at 133 DAFB (0.79%), and the titratable acid content of 154 DAFB was the lowest at soft ripening (0.71%). The soluble sugar content reached 14.64% at 182 DAFB and 13.29% at 189 DAFB. The sugar-acid ratio at 189 DAFB was 12.78, and that at 154 DAFB was 15.52. With the delay of harvest time, the ascorbic acid content showed a trend of ‘decrease-rise-decrease’. The highest ascorbic acid content at 133 DAFB in the picking period was 111.40 mg/100 g, which was significantly higher than that at other picking periods. The content of ascorbic acid at 161 DAFB was the highest, 139.53 mg/100 g after the fruit reached the edible state. At 140 DAFB it reached the maximum value of 0.533 mg/100 g, the chlorophyll content decreased with the time of harvest. Carotenoid showed a similar trend to chlorophyll, with a maximum of 0.183 mg/100 g at 140 DAFB. The maximum ratio of carotenoid to chlorophyll was 1.642 at 189 DAFB and 1.87 at soft ripening stage (1.870). Through principal component analysis, the characteristic values of the three principal components were more than 1, and the cumulative variance contribution rate was 87.405% > 85%, which indicated that the first three principal components could reflect most of the information of the ten indicators. [Conclusion] Through principal component analysis, it was found that the comprehensive score of the fruits harvested at 161 DAFB was the highest. After reaching the soft ripe state, all indexes reached a high level, and the fruit storage time was up to 10 days. This study showed that 161 d after full bloom was the best harvest period for ‘Fenghuang No.1’ kiwifruit.

Keywords: ‘Fenghuang No.1’ kiwi fruit; harvest time; principal component analysis; fruit quality

【研究意义】猕猴桃(*Actinidia*)是猕猴桃科猕猴桃属的多年生藤本植物^[1],其藤蔓生长盘曲,枝叶茂盛,具有较高的观赏价值;果实中含有丰富的矿质元素,包括钙、磷以及胡萝卜素等人体所需的微量元素以及各种维生素,具有较高的食用价值^[2-3];具有抵抗糖尿病、治疗坏血病、提升免疫力等药物功效,经济价值高且生产方便,因此猕猴桃受到广大生产者与消费者的喜爱。在过去的20年里,黄肉猕猴桃

新品种相继培育出来,其中一些品种在市场上获得了稳定的地位。目前,市场上对新品种的需求越来越明显,同时这对黄肉猕猴桃品种的果实品质和采后处理有了更高的要求^[4]。本文所选用的‘奉黄1号’是从中华猕猴桃‘金丰’实生后代中选育而来的黄肉猕猴桃,较传统的中华猕猴桃而言,‘奉黄1号’猕猴桃其性状表现稳定一致,树势强壮、丰产性好、果形均匀^[5]。猕猴桃为后熟水果,采收不仅关系到果实的品质,而且直接影响猕猴桃产量和贮藏时间,因此确定适宜采收时间是生产中重要环节^[6]。【前人研究进展】而猕猴桃由于其果实固有习性,成熟度很难从外观上判断,生产上以可溶性固形物含量达到7%作为其采摘期^[7],然而不同的猕猴桃品种之间存在着较大差异,外加环境气候的影响,猕猴桃果实在达到商业采收期时的可溶性固形物含量有时会存在较大差异。在‘Hort16A’的研究中,将果肉颜色转变作为采收期的评判标准,对于黄色肉猕猴桃来说是极其重要的指标,但也是完全不够的^[8]。不同采收期对‘金艳’^[9]、‘金魁’^[10]、软枣猕猴桃^[11]、‘红阳’^[12]等猕猴桃的果实品质影响已经有广泛报道。【本研究切入点】前人的研究均只测定果实达到可食状态下的品质,并未细致研究过果实从采摘期到软熟期的品质变化,以及相应的贮藏时间,而采摘期的品质指标也是判断采收时期的重要依据。【拟解决的关键问题】目前关于采收时期对采后‘奉黄1号’猕猴桃品质的影响,尚未有系统性的研究。为了确定培育出的新品种的最佳采收期,以期获得最佳的果实品质,需要对果实品质多项指标进行综合评价,才能得出更加客观、真实的结论。本试验对不同采收期‘奉黄1号’猕猴桃果实的主要内在指标等指标进行测定与分析,通过主成分分析对指标的综合得分比较后确定果实品质最佳的采收期,为新品种‘奉黄1号’猕猴桃的推广应用提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

‘奉黄1号’为本课题组从中华猕猴桃‘金丰’的实生后代中选育出的优良黄肉猕猴桃新品种,2015年高接于奉新县农业局果园8年生的‘金魁’猕猴桃上,常规田间管理。于133、140、147、154、161、168、175、182、189 DAFB分别在架面上均匀采摘果形正常、无病虫害的外围果实60个,迅速运回实验室,散去田间热后进行果实外观相关指标的测定,并取中果皮用液氮处理后保存于-80℃冰箱待后续的其他果实品质指标测定。

1.2 试验方法

随机选取10个果实,使用千分之一电子天平测量其单果质量;使用游标卡尺测量果实的横径、纵径和侧径,计算出果形指数;采用质构仪测量果实的果皮与果肉的硬度;取猕猴桃果实于赤道位置切片,获取约2 mm的带皮果实,放置于60℃恒温干燥箱中干燥至恒重,干质量与鲜质量的比值为干物质含量;采用手持数显糖度计测定可溶性固形物含量;叶绿素含量参照李合生^[13]的方法测定;采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量,采用NaOH中和滴定法测定果实可滴定酸总含量^[14];采用钼蓝比色法测定抗坏血酸含量^[15]。

1.3 数据分析

运用SPSS 22.0对数据进行差异性分析与主成分分析,运用Excel 2020进行数据整合与图表绘制。

2 结果与分析

2.1 不同采收期对‘奉黄1号’猕猴桃果实内在品质的影响

2.1.1 干物质和可溶性固形物含量 由表1可知,‘奉黄1号’猕猴桃的可溶性固形物含量随采摘期时间的延后而逐渐增加,133 DAFB的可溶性固形物含量最低,为5.7%,于182 DAFB达到最大值16.0%,其次为189 DAFB,为14.4%。果实达到软熟状态后,不同采摘时期之间的可溶性固形物含量差异减小,140、175 DAFB均达到最大值18.0%,显著高于133、168、182 DAFB,与其他采摘时期相比没有显著性差异。干物质含量在9个不同的采收期呈现小幅度的变化,采摘前期干物质含量持续上升,于147 DAFB达到最大值21.21%,后出现一定程度的下降。当果实软熟后,除140 DAFB干物质含量有所下降,其余采摘时期均有一定程度的上升。

表 1 不同采收期对‘奉黄 1 号’猕猴桃果实干物质与可溶性固形物含量的影响

Tab.1 Effect of different harvest time on dry matter and soluble solid content of ‘Fenghuang No.1’ kiwifruit

采摘时间 Picking time	可溶性固形物/% Soluble solids content		干物质/% Dry matter	
	采摘期	软熟期	采摘期	软熟期
	Picking period	Soft ripening period	Picking period	Soft ripening period
133 DAFB	5.7±0.42 ^f	16.80±0.56 ^{bc}	18.71±0.39 ^c	20.02±0.24 ^b
140 DAFB	7.4±0.48 ^e	18.00±0.42 ^a	20.60±0.11 ^b	21.22±0.30 ^a
147 DAFB	6.6±0.25 ^{ef}	17.75±0.24 ^{ab}	21.21±0.43 ^a	20.07±0.30 ^b
154 DAFB	6.9±0.82 ^e	17.20±0.87 ^{abc}	19.83±0.50 ^d	21.19±0.75 ^a
161 DAFB	7.7±0.52 ^e	17.30±0.78 ^{ab}	20.39±0.25 ^{bcd}	20.62±0.57 ^{ab}
168 DAFB	11.7±1.72 ^c	16.80±0.67 ^{bc}	20.10±0.34 ^{bcd}	21.06±0.81 ^a
175 DAFB	10.1±0.29 ^d	18.00±0.30 ^a	20.46±0.16 ^{bc}	20.95±0.33 ^a
182 DAFB	16.0±0.51 ^a	16.20±0.76 ^c	19.97±0.30 ^{cd}	20.77±0.68 ^{ab}
189 DAFB	14.4±0.81 ^b	17.70±0.77 ^{ab}	19.91±0.53 ^{cd}	21.42±0.77 ^a

同列相同小写字母表示差异不显著,不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

The same lowercase letters in the same column showed no significant difference, while different lowercase letters showed significant difference($P<0.05$).

2.1.2 果实硬度和贮藏时间 由表 2 可知,‘奉黄 1 号’猕猴桃的果皮硬度与果肉硬度于采摘期和软熟期均呈现不同程度的下降趋势。采摘期的果皮硬度于 133~140 DAFB 有小幅降低,但无显著性差异。140~147 DAFB 果皮硬度降幅明显,2 个时期存在显著性差异;147~175 DAFB 的果肉硬度于 47.695~49.793 kg/cm² 上下浮动,且这些时期无显著性差异;175 DAFB 后,果皮硬度进入快速降低阶段。果肉硬度与果皮硬度有相似趋势,在 147 DAFB 左右,果肉保持较高的硬度,随后小幅度下降;花后 154~175 DAFB 果肉硬度在 20.017~24.463 kg/cm²;175 DAFB 后,果肉硬度快速下降。随着果实达到软熟,果皮硬度与果肉硬度均大幅度下降,果肉硬度基本维持在 1.00 kg/cm² 左右,而果皮硬度维持在 6.50 kg/cm² 左右。其 161 DAFB 与 189 DAFB 的果皮硬度存在显著性差异,其余采摘时期之间无显著性差异,154 DAFB 与 175 DAFB 的果肉硬度存在显著性差异。由表 2 可知,不同的采收时期对‘奉黄 1 号’猕猴桃的贮藏时间具有明显影响,贮藏时间随采摘期的延后而逐步缩短,其中 133 DAFB 贮藏时间最长,为 13 d。因猕猴桃属于呼吸跃变型果实,具有明显的生理后熟过程,且果实采后容易变软腐烂,难于贮藏,过短的贮藏时间对生产上的运输和销售极为不利。

表 2 不同采收期对‘奉黄 1 号’猕猴桃果实硬度和贮藏时间的影响

Tab.2 Effect of different harvest time on firmness and storage time of ‘Fenghuang No.1’ kiwifruit

采摘时间 Picking time	贮藏时间/d Storage time	果皮硬度/(kg·cm ⁻²) Exocarp hardness		果肉硬度/(kg·cm ⁻²) Pulp hardness	
		采摘期	软熟期	采摘期	软熟期
		Picking period	Soft ripening stage	Picking period	Soft ripening stage
133 DAFB	13	56.013±3.83 ^a	6.74±0.52 ^{ab}	28.561±0.65 ^a	1.04±0.09 ^{ab}
140 DAFB	11	54.162±1.07 ^a	6.63±0.68 ^{ab}	26.508±0.61 ^b	1.02±0.09 ^{ab}
147 DAFB	10	48.706±3.38 ^b	6.73±0.74 ^{ab}	27.170±1.75 ^{ab}	1.05±0.28 ^{ab}
154 DAFB	8	49.793±2.26 ^b	6.99±0.67 ^{ab}	22.030±1.51 ^d	1.18±0.28 ^a
161 DAFB	10	47.695±2.70 ^b	6.09±1.05 ^b	24.463±1.03 ^c	0.94±0.16 ^{bc}
168 DAFB	9	49.351±3.95 ^b	6.58±0.63 ^{ab}	20.217±0.94 ^c	0.86±0.21 ^{bc}
175 DAFB	5	49.092±3.63 ^b	6.39±0.92 ^{ab}	20.015±1.29 ^c	0.76±0.26 ^c
182 DAFB	4	41.484±4.07 ^c	6.97±0.96 ^{ab}	11.622±0.92 ^f	0.85±0.09 ^{bc}
189 DAFB	5	31.634±3.52 ^d	6.73±1.29 ^a	10.964±1.74 ^f	0.83±0.15 ^{bc}

2.1.3 糖酸与抗坏血酸含量 由表 3 可知,采收时期对‘奉黄 1 号’猕猴桃的品质影响显著,从采收期至软熟期的过程中,133~175 DAFB 可滴定酸含量总体呈上升趋势,182 至 189 DAFB 这 2 个时期,可滴定酸含量均出现下降。采收期的猕猴桃可滴定酸含量在 133 DAFB 最低,为 0.79%,182 DAFB 达到最大值 1.09%。当果实达到软熟状态时,154 DAFB 酸含量最低,为 0.71%,于 140 DAFB 达到最大值 1.11%。对比采摘期和软熟期,可滴定酸含量随采摘时期改变均出现‘上升-下降-上升-下降’的趋势。采摘期的可溶性糖含量于 133 DAFB 至 147 DAFB 缓慢上升,147 DAFB 至 175 DAFB 可溶性糖含量小幅度变化,175 DAFB 可溶性糖含量快速上升,189 DAFB 时达到最大值,为 13.29%,显著高于其他采摘时期。而软熟期总体上呈现上升的趋势,133 DAFB 含量最低为 10.84%,182 DAFB 时达到最大值,为 14.64%。果实可溶性糖含量从采摘期到软熟期均出现大幅度提升。由表 3 可知,果实从采摘期到软熟期后,糖酸比均有不同程度的上升,154 DAFB 的糖酸比最高,甜度较高。

由表 3 可知,不同采收期对抗坏血酸的含量具有显著影响。‘奉黄 1 号’猕猴桃采收期的抗坏血酸含量在采摘期前期较为稳定,抗坏血酸含量较高,直至 154 DAFB 急剧下降,最小值为 111.40 mg/100 g,显著低于其他采摘期,随后又快速回升,该时期的抗坏血酸含量急剧下降,可能与当时长期的降雨量有关。168 DAFB 后,随采摘期的延长而缓慢降低。软熟期抗坏血酸含量趋势与其相似,但其含量但均出现一定程度的下降。

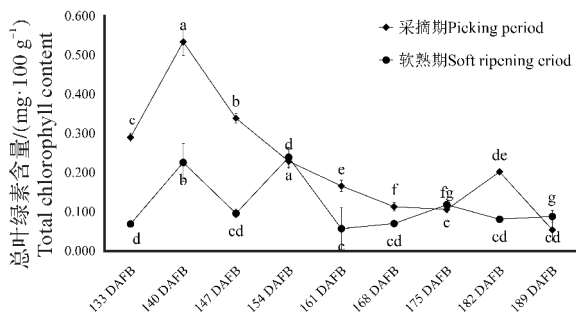
表 3 不同采收期对‘奉黄 1 号’猕猴桃果实糖酸与抗坏血酸含量的影响
Tab.3 Effect of different harvest time on the content of sugar,acid and ascorbic acid in ‘Fenghuang No.1’ kiwifruit

采摘时间 Picking Time	可滴定酸含量/% Titratable acid content		可溶性糖含量/% Soluble sugar content		抗坏血酸含量/(mg·100 g ⁻¹) Ascorbic acid content		糖酸比 Soluble sugar/Titratable acid	
	采摘期	软熟期	采摘期	软熟期	采摘期	软熟期	采摘期	软熟期
	Picking	Soft ripening	Picking	Soft ripening	Picking	Soft ripening	Picking	Soft ripening
	period	stage	period	stage	period	stage	period	stage
133 DAFB	0.79±0.01 ^f	0.90±0.01 ^e	9.53±0.35 ^c	11.69±0.15 ^c	149.40±0.84 ^a	107.08±0.63 ^e	10.87	12.04
140 DAFB	0.87±0 ^d	1.11±0 ^a	8.27±0.14 ^d	11.37±0.04 ^c	142.86±0 ^{bc}	122.84±1.61 ^{bc}	9.51	10.24
147 DAFB	0.84±0.01 ^{de}	1.07±0.01 ^b	9.66±0.19 ^c	11.10±0.12 ^c	140.99±0 ^c	125.04±1.29 ^{bc}	10.37	11.50
154 DAFB	1.07±0 ^a	0.71±0 ^f	8.38±0.24 ^d	11.02±0.07 ^c	111.40±0.10 ^f	83.28±1.79 ^f	7.83	15.52
161 DAFB	0.80±0.01 ^f	1.01±0.01 ^c	9.48±0.11 ^d	13.09±0.44 ^b	142.24±2.12 ^{bc}	139.53±1.46 ^a	8.10	12.96
168 DAFB	0.84±0.01 ^e	0.98±0.01 ^d	10.02±0.18 ^c	13.96±0.78 ^{ab}	145.31±0.42 ^b	124.87±1.15 ^b	11.93	14.24
175 DAFB	0.92±0.01 ^e	0.97±0 ^d	9.74±0.47 ^c	13.05±0.03 ^b	129.82±1.07 ^d	114.70±0.99 ^d	10.59	13.45
182 DAFB	1.09±0.01 ^a	1.05±0.01 ^b	12.19±0.21 ^b	14.64±0.77 ^a	127.84±1.21 ^{de}	119.70±0.74 ^c	11.18	13.94
189 DAFB	1.04±0.01 ^b	1.02±0.01 ^c	13.29±0.64 ^a	13.57±0.43 ^{ab}	125.59±1.91 ^e	124.51±1.20 ^d	12.78	13.30

2.1.4 果实色素含量 由图 1 得知,采收期的总叶绿素含量随采收期的延后总体呈下降趋势,在经历 133~140 DAFB 迅速增长期后,于 140 d 达到最大值,140~168 DAFB 叶绿素含量快速下降,随后趋势放缓,但依旧呈显著性差异。由图 2 可知,类胡萝卜素在采收期与软熟期的含量总体没有过多差异,均在 140 DAFB 时达到最大值 0.19 mg/100 g 左右,随后总体呈下降趋势,采摘期的类胡萝卜素含量在 147~161 DAFB、168~189 DAFB 这 2 个时间段内变化平缓,没有显著性差异,而软熟期的类胡萝卜素含量变化总体呈‘上升-下降-上升’的趋势。由表 4 可知,采收期时期的延后对类胡萝卜素与总叶绿素比值影响显著,软熟期较采摘期总体上有一定程度的增加。采摘期的类胡萝卜素与总叶绿素比值随采收时期的延后呈上下浮动,但总体上升的趋势,可食状态下 168 DAFB 的比值最高,为 1.870。

2.2 不同采收时期的‘奉黄 1 号’猕猴桃果实品质的主成分分析

2.2.1 相关性分析结果 本研究采用 Pearson 相关系数对 9 个不同采摘时期的‘奉黄 1 号’猕猴桃的 10 项



采摘期和软熟期差异性分析。

The difference between picking period and soft ripening period was analyzed.

图1 不同采收期与软熟期‘奉黄1号’猕猴桃果实总叶绿素含量

Fig.1 Total chlorophyll content of ‘Fenghuang No.1’ kiwifruit at different harvest and soft ripening stages

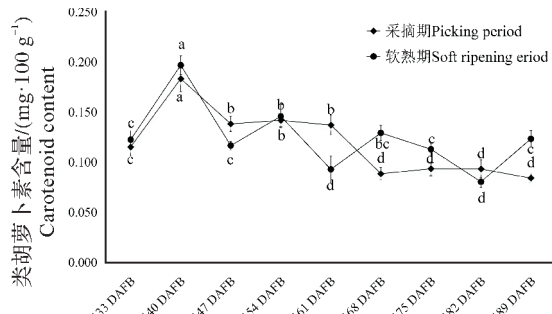


图2 不同采收期与软熟期‘奉黄1号’猕猴桃

果实类胡萝卜素含量

Fig.2 Carotenoid content of ‘Fenghuang No.1’ kiwifruit at different harvest and soft ripening stages

表4 不同采收期与软熟期‘奉黄1号’猕猴桃果实类胡萝卜素与总叶绿素含量比值

Tab.4 Ratio of carotenoid to total chlorophyll content in ‘Fenghuang No.1’ kiwifruit at different harvest and soft ripening stages

采收时间 Picking time	类胡萝卜素/叶绿素 Carotenoid/Total chlorophyll	
	采摘期 Picking period	软熟期 Soft ripening stage
133 DAFB	0.398	1.794
140 DAFB	0.343	0.876
147 DAFB	0.408	1.221
154 DAFB	0.623	0.613
161 DAFB	0.830	1.661
168 DAFB	0.786	1.870
175 DAFB	0.886	0.966
182 DAFB	0.408	0.976
189 DAFB	1.642	1.414

品质指标进行相关性分析(表5),其中干物质含量和果皮硬度为采摘期数据,其余数据均为软熟期。结果表明,贮藏时间和采摘期果肉硬度呈显著($P<0.05$)正相关,可见该品种猕猴桃其果肉硬度越高,贮藏时间越久;可滴定酸与抗坏血酸含量呈极显著($P<0.01$)正相关,可滴定酸与糖酸比呈显著($P<0.05$)负相关,可见可滴定酸含量越高,糖酸比的比值越低。

通过对9个采收时期的‘奉黄1号’猕猴桃的10项指标进行主成分分析,由表6主成分方差贡献率可知,前3个主成分的特征值大于1,累计方差贡献率达到87.405% $>85\%$,表明前3个主成分能反映这10个指标的绝大部分信息。第一主成分的方差贡献率为33.774%,由表7可知主要综合了糖酸比、可滴定酸、干物质、抗坏血酸、可溶性固形物等指标,主要反映其果实品质;第二主成分的方差贡献率为30.862%,主要综合了可溶性糖、采摘期果皮硬度和贮藏时间,主要反映果实的贮藏特性;第三主成分的方差贡献率为22.768%,主要综合了类胡萝卜素/叶绿素,当两者比值较高时,果肉呈明显的黄色,因此该主成分主要反映果实的色泽。

根据主成分的特征向量和标准化后的数据(表7)可得到3个主成分的得分函数表达式(Y_1 、 Y_2 、 Y_3)。

$$Y_1=-0.504X_1+0.479X_2+0.423X_3+0.400X_4+0.360X_5-0.113X_6+0.054X_7+0.171X_8+0.047X_9$$

$$Y_2=0.147X_1+0.277X_2+0.076X_3+0.333X_4+0.149X_5+0.549X_6-0.491X_7-0.449X_8+0.113X_9$$

$$Y_3=-0.121X_1+0.089X_2-0.406X_3+0.266X_4-0.354X_5+0.158X_6+0.202X_7+0.389X_8+0.632X_9$$

式中, $X_1\sim X_{10}$ 分别对应标准化后的糖酸比、可滴定酸、干物质、抗坏血酸、可溶性固形物、可溶性糖、采摘期果皮硬度、贮藏时间、类胡萝卜素/叶绿素等品质指标。各得分值与相应特征值的方差贡献率的乘积相得出不同采摘时期猕猴桃的综合得分,以此来评价不同采摘时期‘奉黄1号’猕猴桃的综合品质。

$$\text{综合得分}=0.337\ 7Y_1+0.308\ 6Y_2+0.227\ 7Y_3$$

表 5 ‘奉黄 1 号’猕猴桃各品质指标的相关性分析
Tab.5 Correlation analysis of quality indexes of ‘Fenghuang No.1’ kiwifruit

	干物质 Dry matter	可溶性 固形物 Soluble solids content	贮藏时间 Storage time	采摘期 果皮硬度 Exocarp hardness	可滴定酸 Titratable acid	可溶性糖 Soluble sugar	抗坏血酸 Ascorbic acid	糖酸比 Soluble sugar/ Titratable acid	类胡萝卜素/ 叶绿素 Carotenoid/Total chlorophyll
干物质 Dry matter	1.000								
可溶性固形物 Soluble solids content	0.657	1.000							
贮藏时间 Storage time	-0.160	0.076	1.000						
采摘期果皮硬度 Exocarp hardness	-0.149	0.034	0.752*	1.000					
可滴定酸 Titratable acid	0.599	0.229	-0.048	-0.204	1.000				
可溶性糖 Soluble sugar	-0.152	-0.480	-0.644	-0.588	0.311	1.000			
抗坏血酸 Ascorbic acid	0.390	0.139	0.020	-0.258	0.848**	0.453	1.000		
糖酸比 Soluble sugar/Titratable acid	-0.440	-0.468	-0.540	-0.330	-0.688*	0.390	-0.462	1.000	
类胡萝卜素/叶绿素 Carotenoid /Total chlorophyll	-0.454	-0.284	0.401	0.018	0.190	0.320	0.518	-0.114	1.000

*表示在 0.05 水平上呈显著相关,**表示在 0.01 水平上呈极显著相关。
*Significant correlation at 0.05 level,**Significant correlation at 0.01 level.

表 6 不同采收时期品质的主成分特征向量、特征值、贡献率和累计贡献率
Tab.6 Principal component eigenvectors,eigenvalues,contribution rates and cumulative
contribution rates of quality in different harvest periods

主成分 Principal components	初始特征值 Initial eigenvalue			提取平方和载入 Extract square sum load		
	特征值 Eigenvalue	方差贡献率/% Variance contribution rate	累积贡献率/% Accumulative contribution rate	特征值 Eigenvalues	方差贡献率% Variance contribution rate	累积贡献率% Accumulative contribution rate
1	3.040	33.774	33.774	3.040	33.774	33.774
2	2.778	30.862	64.636	2.778	30.862	64.636
3	2.049	22.768	87.405	2.049	22.768	87.405
4	0.562	6.241	93.646			
5	0.294	3.270	96.916			
6	0.205	2.283	99.199			
7	0.050	0.557	99.756			
8	0.022	0.244	100.000			
9	-1.133×10 ⁻¹⁶	-1.259×10 ⁻¹⁵	100.000			

通过计算,综合得分和综合排名得到结果如表 8 所示,花后不同采摘期综合排名为 161、189、140、147、168、182、175、133、154 DAFB。

表 7 主成分因子对应的载荷矩阵

Tab.7 Load matrix corresponding to principal component factor

品质指标 Quality index	主成分 Principal components		
	1	2	3
糖酸比 Soluble sugar/Titratable acid	-0.880	0.279	-0.173
可滴定酸 Soluble sugar	0.835	0.462	0.128
干物质 Dry matter	0.737	0.127	-0.581
抗坏血酸 Ascorbic acid	0.698	0.555	0.380
可溶性固形物 Soluble solids content	0.628	-0.249	-0.507
可溶性糖 Soluble sugar	-0.197	0.915	0.227
采摘期果皮硬度 Exocarp hardness	0.095	-0.818	0.289
贮藏时间 Storage time	0.299	-0.748	0.556
类胡萝卜素/叶绿素 Carotenoid/Total chlorophyll	0.082	0.189	0.905

表 8 不同采收时期‘奉黄 1 号’猕猴桃的主成分得分及排名

Tab.8 Principal component score and ranking of ‘Fenghuang 1’ Kiwifruit in different harvest periods

采摘时间 Picking Time	y1	y2	y3	综合得分 Comprehensive score	综合排名 Comprehensive rank
133 DAFB	-0.97	-2.28	2.40	-0.49	8
140 DAFB	2.86	-1.01	-0.81	0.47	3
147 DAFB	1.99	-0.53	-0.41	0.42	4
154 DAFB	-2.96	-2.11	-1.84	-2.07	9
161 DAFB	0.76	0.56	1.26	0.71	1
168 DAFB	-0.64	0.60	1.60	0.33	5
175 DAFB	-0.03	0.61	-1.31	-0.12	7
182 DAFB	-1.18	1.80	-0.16	0.12	6
189 DAFB	0.18	2.36	-0.73	0.63	2

3 讨 论

近几年来世界猕猴桃产业发展迅速,目前中国无论采收面积还是产量均稳居世界第一位,在世界猕猴桃产业发展中占有举足轻重的地位^[16]。虽然 20 年来世界猕猴桃产业发展迅速,但它始终是一种小宗水果,为此发展潜力巨大。江西猕猴桃产业因其适宜的气候条件得到了快速发展,目前的主栽品种为引进对的黄肉品种‘金艳’和黄肉红心品种‘红阳’。随着江西猕猴桃产业的快速发展,外来引进品种在当地抗病性较差的问题日益显现,病虫害日趋严重。‘奉黄 1 号’猕猴桃作为当地选育的黄肉品种,对江西省的气候具有良好的适应性,其果实品质对消费市场开拓的重要因素,因此探讨其最佳采收期对于该品种的推广尤为重要。

关于猕猴桃不同采收期的研究,汤佳乐等^[10]通过采收不同时期的‘金魁’猕猴桃,在常温下进行后熟品质比较分析,以得出‘金魁’猕猴桃最适采收期为 189~196 DAFB;吴彬彬等^[17]确定陕西周至县地区‘海沃德’猕猴桃最佳采收期为 159~171 DAFB;李小艳等^[9]通过以四川西昌的‘金艳’猕猴桃为材料,确定该地区的‘金艳’猕猴桃的最佳采收时间。以上作者均是根据自己的所在地区的主栽品种为试验材料,然而不同品种的猕猴桃由于果实发育期不同,其适宜采收的时间也不同;同一品种在不同年份由于气候条件的不一致性其适宜的采收期也有所差异;不同产地由于猕猴桃的生长环境不同其适宜的采收期也不相同^[9],对当地的猕猴桃采收不具备指导意义,所以要根据当前的试验结果结合多种分析方法进行评价。

本试验从‘奉黄 1 号’猕猴桃 133~189 DAFB 分别采摘了 9 个时期的果实进行检测分析,发现其具有不同的外观品质与内在品质。随着采收期的延长,猕猴桃的品质呈现出不同的变化规律。可溶性固形物、干物质是确定猕猴桃采收期的重要指标^[18]。有研究表明,干物质含量越高消费者越青睐^[19],而本试验结果表明,干物质和可溶性固形含量随采收期的延后而缓慢上升,这与吴彬彬等^[17]在‘海沃德’上的研

究具有一致性。可溶性糖含量在采摘期和软熟期总体呈上升趋势,当果实软熟后,其可溶性糖含量快速上升,这是由于猕猴桃在软熟的过程中,淀粉转化为可溶性糖,同时在寒冷天气下,可溶性糖的含量高可提高对寒冷的抵抗性,便于储运保存等商品化处理,是在选取最适宜采收期的重要指标之一^[20]。口感是影响消费者选择的重要因素^[20],糖酸比高的品种,其口感偏甜,糖酸比过低的果实其口感偏淡^[22]。154 DAFB的糖酸比最高,口感最甜。抗坏血酸是人体所需的物质,猕猴桃中的维生素含量远高于其他水果^[23]。通过实验数据可知,该品种猕猴桃的抗坏血酸含量呈现出先下降后上升的趋势,而154 DAFB的抗坏血酸含量最低,这可能跟当地经历长时期降雨有关,该猜测与谢国芳等^[24]菜豆中的研究结果相似。果实硬度是衡量果实的贮藏品质与影响果实风味的重要指标^[25]。通过图表得知,在采收期的猕猴桃果肉与果皮硬度较大且呈现一个逐渐下降的趋势,且贮藏时间有相似的趋势,而软熟期二者均在极小范围内波动且硬度低,这是由于随采收时期的延后,果实中淀粉和果胶等物质逐渐分解,猕猴桃也会随之成熟软化,其硬度发生很大的变化^[26]。‘奉黄1号’猕猴桃类胡萝卜素与叶绿素的比值随着采收期的延长,而呈上升趋势,同一采收期的比值从采摘期到软熟期,也有大幅度增加,这是由于黄肉中华猕猴桃果实发育早期果实中主要含叶绿素和类胡萝卜素,随着果实发育、成熟和软化,叶绿素降解,而保留原有的类胡萝卜素,果肉颜色变为黄色^[27]。154 DAFB后采收的‘奉黄1号’猕猴桃,其类胡萝卜素与叶绿素含量之比较为稳定,比值较高,有利于市场销售。

4 结 论

因不同的采收期,果实品质均有各自的特点,依据单一指标来确定采摘期显然极不科学;所以需综合性地评价指标,采用权威的分析方法,而非直观判断。本文对江西省奉新县获取的9个不同采收时期的‘奉黄1号’猕猴桃的采摘期和软熟期的品质进行了测定和分析,对其指标进行了主成分分析,提取了3个主成分,其累积贡献率达到了87.405%。建立了直观的猕猴桃品质评价模型,得出不同采收时期猕猴桃的综合评分,可客观反映不同采收期的果实品质。经过计算得分,161 DAFB综合得分最高,为最佳采收期。

参考文献 References:

- [1] 施春辉,王晓庆,骆军,等.上海地区15个猕猴桃品种引种适应性比较[J].上海交通大学学报(农业科学版),2014,32(3):1-6.
SHI C H, WANG X Q, LUO J, et al. Adaptability comparison of fifteen introduced kiwifruit varieties in Shanghai area [J]. Journal of Shanghai jiaotong university (agricultural science), 2014, 32(3): 1-6.
- [2] 黄诚,周长春,李伟.猕猴桃的营养保健功能与开发利用研究[J].食品科技,2007,186(4):51-55.
HUANG C, ZHOU C C, LI W. Nutrition and health care function of kiwifruit and it's processing technique [J]. Food science and technology, 2007, 186(4): 51-55.
- [3] 李宁,邓红.秦美猕猴桃营养指标分析及猕猴桃粉的研制[J].安徽农业科学,2015,43(5):256-258.
LI N, DENG H. The nutrition indicators analysis of Qinmei kiwifruit and development of kiwi powder [J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 2015, 43(5): 256-258.
- [4] SALAZAR J, JORQUERA 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.
- [5] 涂贵庆,廖光联,刘青,等.中华猕猴桃黄肉新品种“奉黄1号”的生物学特性及其主要栽培技术[J].中国南方果树,2020,49(2):153-156.
TU G Q, LIAO G L, LIU Q, LI B M, et al. Main biological characteristics and cultivation techniques of new cultivar ‘Feng-huang 1’ (*Actinidia chinensis*) [J]. South China fruits, 2020, 49(2): 153-156.
- [6] 苍晶,王学东,桂明珠,等.狗枣猕猴桃果实生长发育的研究[J].果树学报,2001,18(2):87-90.
CANG J, WANG X D, GUI M Z, et al. Studies on the fruit development of *Actinidia kolomikta* [J]. Journal of fruit science, 2001, 18(2): 87-90.
- [7] 翟敬华,戢小梅,李秀丽,等.猕猴桃特征特性及繁殖栽培技术[J].湖北农业科学,2020,59(S1):165-167.
ZHAI J H, JI X M, LI X L, et al. Characteristics and propagation and cultivation techniques of kiwifruit [J]. Hubei agricultural sciences, 2020, 59(S1): 165-167.
- [8] BURDON J, PIDAKALA P, MARTIN P, et al. Postharvest performance of the yellow-fleshed ‘Hort16A’ kiwifruit in relation to fruit maturation [J]. Postharvest biology and technology, 2014, 92: 98-106.

- [9] 李小艳, 杨红, 谢谭秋, 等. “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 X Y, YANG H, XIE T Q, et al. Fruit growth rhythm of ‘Jinyan’ kiwifruit and the effect of different harvest period on fruit quality[J]. South China fruits, 2020, 49(4): 116-121.
- [10] 汤佳乐, 黄春辉, 冷建华, 等. ‘金魁’猕猴桃适宜采收期探讨[J]. 中国南方果树, 2012, 41(3): 110-113.
TANG J L, HUANG C H, LENG J H, et al. A study on suitable harvesting period for ‘Jin Kui’ kiwifruit (*Actinidia* spp.)[J]. South China fruits, 2012, 41(3): 110-113.
- [11] 连政, 黄圆博, 贾佳林, 等. 不同采收期对软枣猕猴桃采后品质和细胞壁降解的影响[J]. 中国果树, 2019, 198(4): 69-71.
LIAN Z, HUANG Y B, JIA J L, et al. Effects of different harvest time on postharvest quality and cell wall degradation of *Actinidia arguta*[J]. China fruits, 2019, 198(4): 69-71.
- [12] 王明召, 阳廷密, 张素英, 等. ‘红阳’猕猴桃不同时期采收果实品质及贮藏效果研究[J]. 中国果树, 2018, 192(4): 31-33.
WANG M Z, YANG Y M, ZHANG S Y, et al. Study on fruit quality and storage effect of ‘Hongyang’ kiwifruit in different harvest periods[J]. China fruits, 2018, 192(4): 31-33.
- [13] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
LI H S. Experimental principles and techniques of plant physiology and biochemistry[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [14] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理化学实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
CAO J K, JIANG W B, ZHAO Y M. Physiological and biochemical experiment guidance after fruit and vegetable harvest[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [15] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
GAO J F. Plant physiology experiment instruction[M]. Beijing: High Education Press, 2006.
- [16] 杨莉莉. 氯对猕猴桃生长发育和产量品质的影响及其作用机理[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.
YANG L L. Effect of chlorine on growth, yield and fruit quality of kiwifruit and its mechanism[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2021.
- [17] 吴彬彬, 饶景萍, 李百云, 等. 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): 4788-4792.
WU B B, RAO J P, LI B Y, et al. Effect of harvest date on fruit quality and storage duration of kiwifruit[J]. Acta botanica boreali-occidentalia Sinica, 2008, 28(4): 4788-4792.
- [18] 思睿. 美国: 干物质含量将成猕猴桃质量指标[J]. 中国果业信息, 2013, 30(7): 56.
SI R. USA: Dry matter content will become kiwifruit quality index[J]. China fruit news, 2013, 30(7): 56.
- [19] JAEGER S R, HARKER R, TRIGGS C M, et al. Determining consumer purchase intentions: the importance of dry matter, size, and price of kiwifruit[J]. Journal of food science, 2011, 76(3): S177-84.
- [20] 刘勋甲, 徐尚忠, 李建生, 等. 超甜玉米乳熟期营养成分及不同贮藏处理的含糖量与口感变化[J]. 长江蔬菜, 1999(11): 31-33.
LIU X J, XU S Z, LI J S, et al. Nutritional components of super sweet corn during milk ripening and changes of sugar content and taste in different storage treatments[J]. Journal of Changjiang vegetables, 1999(11): 31-33.
- [21] ISABELLA E, EUGENIO A, EMANUELA B, et al. Investigating the effect of artificial flavours and external information on consumer liking of apples[J]. Molecules, 2019, 24(23): 4306.
- [22] 靳元凯. 苹果新品种‘瑞香红’果实主要特性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.
JIN Y K. Study on the main fruit characters of the new apple variety ‘Ruixianghong’[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2021.
- [23] 王传芬, 韩玉, 王英博, 等. 果蔬中维生素C含量的测定及比较[J]. 农业与技术, 2020, 40(18): 44-46.
WANG C F, HAN Y, WANG Y B, et al. Determination and comparison of Vitamin C content in fruits and vegetables[J]. Agriculture and technology, 2020, 40(18): 44-46.
- [24] 谢国芳, 谭书明. 采摘时间和天气条件对菜豆保鲜品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(07): 346-350.
XIE G F, TAN S M. Effect of harvest time and weather condition on preservative quality of common bean during storage[J]. Science and technology of food industry, 2015, 36(7): 346-350.
- [25] 王国立, 吴素芳, 黄亚欣, 等. 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 G L, WU S F, HUANG Y X, et al. Effects of different harvest periods on fruit quality of “Guichang” kiwifruit during storage[J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 2019, 47(17): 174-178.
- [26] 吴小红. 猕猴桃冷藏保鲜工艺[J]. 西北园艺, 2018, 255(5): 39-40.
WU X H. Fresh-keeping process of *Actinidia chinensis*[J]. Northwest horticult, 2018, 255(5): 39-40.
- [27] 张计育, 莫正海, 宣继萍, 等. 猕猴桃果肉颜色相关色素代谢研究进展[J]. 中国农学通报, 2013, 29(13): 77-85.
Zhang J Y, Mo Z H, Xuan J P, et al. Advance of research on flesh color related pigment metabolism in kiwifruit[J]. Chinese agricultural science bulletin, 2013, 29(13): 77-85.