

中国不同地区‘中猕2号’猕猴桃果实品质评价体系建立

李玉阔^{1,2}, 林苗苗^{1,2}, 宋哲^{1,3}, 詹栩^{1,4}, 李晓晗^{1,3}, 齐秀娟^{1,2*}

(¹ 果蔬园艺作物种质创新与利用全国重点实验室, 中国农业科学院郑州果树研究所, 郑州, 450009; ² 中国农业科学院中原研究中心, 新乡, 454300; ³ 郑州大学农学院, 郑州, 450001; ⁴ 河南科技大学园艺与植物保护学院, 洛阳, 471000)

摘要: 【目的】评价中国不同地区‘中猕2号’果实品质, 建立品质综合评价体系。【方法】以来源于中国12个省份的‘中猕2号’果实为试材, 对果实外观品质和内在品质进行测定与分析, 利用相关性分析和主成分分析对不同地区‘中猕2号’果实品质进行综合评价。【结果】中国不同地区‘中猕2号’果实品质存在差异, 其中外观品质受地区影响较小。综合相关性和主成分分析结果筛选出横径和硬度作为果实外观品质评价的核心指标, 果糖、Vc和单宁作为果实内在品质评价的核心指标。建立了‘中猕2号’果实品质综合评价方程: $F_{综}=0.395F_1+0.163F_2+0.157F_3+0.104F_4+0.725F_5$ 。【结论】‘中猕2号’适应性强, 可在不同生态区域推广种植。

关键词: ‘中猕2号’; 猕猴桃; 果实品质; 综合评价

中图分类号: S663.4 文献标志码: A 文章编号: 1009-9980(2024)08-0001-08

Establishment of comprehensive evaluation system and detection of fruit quality for ‘Zhongmi No. 2’ from different regions of China

LI Yukuo^{1,2}, LIN Miaomiao^{1,2}, SONG Zhe¹, ZHAN Xu¹, LI Xiaohan¹, QI Xiujuan^{1,2,*}

(¹National Key Laboratory for Germplasm Innovation & Utilization of Horticultural Crops, Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, China; ²Zhongyuan Research Center, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 454300, China; ³School of Agricultural Sciences, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001; ⁴College of Horticulture and Plant Protection, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000)

Abstract: 【Objective】To assess fruit quality of ‘Zhongmi No. 2’ from different region of China and establish comprehensive evaluation system of fruit quality. 【Method】‘Zhongmi No. 2’ fruit samples from 12 provinces were selected as experimental materials. Single fruit weight was measured using an electronic balance. The vertical and horizontal diameters of fruits were measured with vernier calipers, and the fruit shape index was calculated using the formula of fruit vertical diameter/horizontal diameter. The fruit firmness was determined by digital display penetrometer GY-4-J. Soluble solids content and titratable acids were determined by digital sugar and acid meter (PAL-BXIACID8 Master Kit, ATAGO). The internal quality indexes, including

收稿日期: 2024-04-22

接受日期: 2024-05-26

基金项目: 中国农业科学院基本科研业务费专项(Y2023LM20); 国家现代农业产业技术体系(CARS-26); 中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP-2023-ZFRI-03)

作者简介: 李玉阔, 男, 助理研究员, 研究方向为猕猴桃色泽育种与基因编辑。Tel: 0371-55906990, E-mail: liyukuo@caas.cn

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 0371-55906990, E-mail: qixiujuan@caas.cn

vitamin C content, fructose content, glucose content and sucrose content was determined with national standard GB 5009.86-2016, and the tannin content was determined with the industry standard NY/T 1600-2008. The correlation of fruit quality indexes were analyzed to identify the relationships among different indexes using SPSS software. Principal component analysis of fruit indexes was conducted by SPSS software, and principal component was extracted based on the criterion of feature values greater than one. The 15 fruit index data were standardized as $X_1 \dots X_{15}$, and multiply the feature vectors with the standardized data to obtain the score expressions of the 5 principal components. The comprehensive evaluation equation of fruit quality was established using the principal component variance contribution rate as the weight. **【Results】** There were differences in the appearance quality indexes of 'Zhongmi No. 2' in different regions of China. The single fruit weight of Sichuan 'Zhongmi No. 2' was the smallest, while Shanghai was the biggest. The average single fruit weight was 110.07 g, with a coefficient of variation of 12.34%. The coefficient of variation for fruit vertical diameter, horizontal diameter and fruit shape index were 4.8%, 7.66% and 6.28%, respectively, indicating that the single fruit weight and fruit shape were less affected by regional differences. There were differences in fruit firmness among different regions, with a variation range of 0.54-1.36 kg/cm² and a coefficient of variation of 21.37%, which indicated the firmness was more easily affected by different regions compared to single fruit weight and fruit shape, but the coefficient of variation was still less than 30% that was relatively stable within a reasonable degree of dispersion. In summary, the appearance quality of 'Zhongmi No. 2' fruit was less affected by different regions, indicating its appearance has strong adaptability to different ecological environments. Average value of soluble solid content of 'Zhongmi No. 2' fruits from different regions of China was 18.14% with coefficient of variation of 10.26%, and dry matter content was 20.15% with coefficient of variation of 8.38%, indicating soluble solid content and dry matter content is little influenced by region that is also means that soluble solid content level of 'Zhongmi No. 2' is stable in different areas. The range of titratable acid was 0.36%-1.25% with coefficient of variation is 36.84%, which indicates that the acidity is easily affected by different regions. Vitamin C is the characteristic indicator of kiwifruit, the average value of Vc of 'Zhongmi No. 2' was 102.51 mg/100g, Vc content was highest in the fruit of Yunnan (altitude 1840 m), with the value of 131 mg/100g, while was lowest in the fruit of Jiangxi (altitude 22 m), with the value of 71.73 mg/100g, implying Vc might be more accumulated in high altitude regions. Tannin is the main source of fruit astringency. The average tannin content of 'Zhongmi No. 2' from different regions of China was 787.75 mg/kg with a coefficient of variation of 13.76%, indicating that tannin content is little influenced by different regions. Fructose, glucose and sucrose are the main soluble sugars of fruits. The average value of fructose and glucose of 'Zhongmi No. 2' were 4.69 mg/100g and 4.75 mg/100g respectively in different regions with similar content, and coefficient of variations were 18.02% and 19.99%, close to each other, while average value of sucrose content 1.60 mg/100g with a coefficient of variation of 65.94%. This suggests fructose and glucose are main soluble sugars of 'Zhongmi No.

2' with stable performance in different regions, while sucrose content is relatively low and highly susceptible to regional influences. The results showed that there were high correlations among fruit quality indexes of 'Zhongmi No. 2' in different regions, and those that were significantly relevant can be screened to simplify the evaluation system. Five principal components were extracted with the standard of eigenvalue greater than 1. Fructose, Vc, firmness, tannin content and horizontal diameter were the first, second, third, fourth and fifth principal component, respectively. The first principal component, the second principal component and the fourth principal component represent the internal quality of the fruit, and the third principal component and the fifth principal component represent the external quality of the fruit. The 15 fruit indexes of 'Zhongmi No. 2' were standardized, and a comprehensive evaluation formula ($F_{com}=0.395F_1+0.163F_2+0.157F_3+0.104F_4+0.725F_5$) for fruit quality using the principal component variance contribution rate as the weight was established. Based on the formula, the comprehensive scores of fruit quality in 12 provinces were: Chongqing, Shandong, Shanghai, Guizhou, Zhejiang, Yunnan, Sichuan, Hunan, Jiangxi, Jiangsu, Henan, Hubei. The higher the comprehensive score, the better the comprehensive quality of 'Zhongmi No. 2' in the region.

【 Conclusion 】 'Zhongmi No. 2' has strong adaptability and can be promoted for planting in different ecological regions.

Key words: 'Zhongmi No. 2'; Kiwifruit; Fruit quality; Comprehensive evaluation

中国是猕猴桃最大的生产国和消费国^[1]。猕猴桃在中国不同地区存在明显的区域适应性,同一品种因处不同生境条件,品质存在较大差异。由于缺乏品种区划研究,很多地区在引种时存在较大盲目性与跟随性,致使当前中国猕猴桃品种布局不合理,优良品种不能发挥最大效益,不仅损害果农利益,也影响消费者对我国猕猴桃品质的认可。果实综合评价能够反映品种品质特征,为品种合理布局提供参考^[2-3]。

果实品质评价主要有感官评价和仪器分析两种,感官评价易受主观因素影响,不能反映果实固有品质特征,仪器分析能有效反映果实品质^[4-5]。当前猕猴桃品质研究多集中在栽培管理方面^[6-8],虽有猕猴桃品质指标方面的报道,但测定指标较少,且多为同一区域不同品种品质比较。廖钦洪等对重庆市 12 个区县的'红阳'猕猴桃果实品质指标进行了测定,并基于品质特征建立了综合评价体系,为重庆市'红阳'猕猴桃的种植布局提供了依据^[9];江海等测定了陕南主栽品种'秦美'、'金魁'、'翠香'、'徐香'、'金艳'、'红阳'等 11 个猕猴桃果实品质指标,为陕南地区猕猴桃品种结构调整和产业发展提供了参考^[10];沈川等构建了秦巴山区 20 份野生美味猕猴桃果实品质评价体系,探究野生美味猕猴桃种质资源多样性,为后续育种提供了基础^[11]。

针对单个猕猴桃品种的主成分分析和综合评价也有相关报道,刘科鹏等通过对奉新县内 15 个不同园区的'金魁'猕猴桃果实进行品质检测,建立了一套适合'金魁'猕猴桃果实品质评价的方法,为优质高效园区建设与栽培管理提供了参考^[12]。但同一品种的单区域研究不能反映该品种对不同生态区的适应性,不能反映其推广潜力。为了更加全面、深入、系统开展同一猕猴桃品质检测,建立综合评价体系,本研究选择猕猴桃品种'中猕 2 号'为材

料,对中国不同地区的果实进行外观品质和内在品质检测,通过相关性分析和主成分分析建立果实综合评价体系,初步明确我国不同产区果实品质差异,为‘中猕2号’合理布局与猕猴桃品种结构调控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

从中国 12 个省市地区(河南、山东、湖北、湖南、江西、浙江、上海、江苏、重庆、贵州、四川、云南)猕猴桃园区采集‘中猕 2 号’果实(图 1,表 1)。随机选择 3 株生长势一致的植株,按照《猕猴桃采收与贮运技术规范》NY/T1392-2015 中的适宜采收期指标统一采集果实,每株采集发育良好、大小均匀一致的果实 30 个,共计 90 个果实,单株设一小区、三次生物学重复,进行果实外观品质和内在品质检测。果实单果重、纵径和横径采集样品后立即测定;硬度、可溶性固形物、可滴定酸、干重、鲜重、Vc 含量、单宁含量、果糖、葡萄糖和蔗糖后熟之后测定。

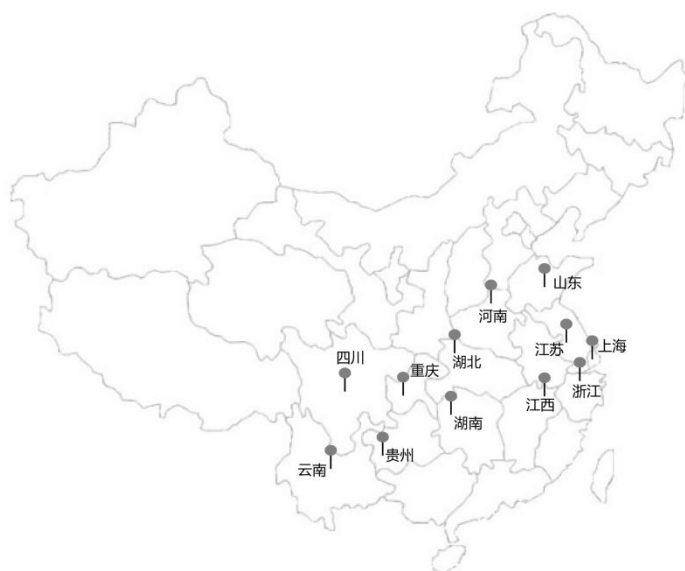


图 1 ‘中猕 2 号’样品分布

Fig.1 Distribution region of ‘Zhongmi No. 2’

表 1 中国不同地区‘中猕 2 号’采样地点的地理位置

Table 1 Geographical situation of ‘Zhongmi No. 2’ fruits in different regions

采样省份 Sampled provinces	采样点经度 Longitude of sampling point	采样点纬度 Latitude of sampling point	采样点海拔 Altitude of sampling point (m)	采样时间 Sampling time
河南 Henan	113°48'	35°10'	79	2023 年 10 月 6 日
山东 Shandong	118°13'	35°41'	148	2023 年 9 月 25 日
湖北 Hubei	110°43'	32°49'	230	2023 年 10 月 23 日
湖南 Hunan	109°57'	28°44'	509	2023 年 9 月 27 日
江西 Jiangxi	117°13'	29°21'	22	2023 年 10 月 6 日
浙江 Zhejiang	120°6'	30°9'	10	2023 年 9 月 16 日
上海 Shanghai	121°20'	30°44'	3	2023 年 10 月 12 日
江苏 Jiangsu	119°13'	31°59'	0	2023 年 10 月 23 日
重庆 Chongqing	107°1'	29°13'	720	2023 年 9 月 16 日

贵州 Guizhou	104°58'	26°23'	1426	2023年9月24日
四川 Sichuan	103°34'	30°43'	647	2023年9月13日
云南 Yunnan	101°29'	24°58'	1840	2023年9月28日

1.2 试验方法

使用电子天平测定‘中猕2号’果实单果重，每个生物学重复测定30个果实，共计90个果实，三个生物学重复；使用游标卡尺测定果实纵横径，每个生物学重复测定10个果实，共计30个果实，三个生物学重复，果形指数=果实纵径/果实横径；使用数显GY-4-J测定果实硬度，每个生物学重复测定10个果实，共计30个果实，三个生物学重复；使用ATAGO数显测糖酸仪器PAL-BXIACID8 Master Kit测定果实可溶性固形物和可滴定酸；内在品质指标Vc含量、果糖、葡萄糖和蔗糖含量测定参考国家标准GB 5009.86-2016^[13]，单宁含量测定参考行业标准NY/T 1600-2008^[14]。

1.3 数据分析

使用Excel统计软件统计与整理数据；使用SPSS统计分析软件进行相关性分析及主成分分析。

2 结果与分析

2.1 中国不同地区‘中猕2号’果实外观品质分析

不同地区的‘中猕2号’果实外观品质指标存在差异，四川‘中猕2号’单果重最小，为93.98 g，上海‘中猕2号’单果重最大，为142.45 g，所有样品的平均单果重为110.07 g，变异系数为12.34%；果实横径、纵径和果形指数变异系数分别为4.8%、7.66%和6.28%，说明单果重和果实形状受地区差异影响较小。不同地区果实硬度存在差异，变幅在0.54-1.36 Kg/cm²之间，变异系数为21.37%，说明硬度与单果重和果实形状相比，易受不同地区影响，但变异系数仍小于30%，处于合理的离散程度内，相对稳定（表2，表4）。综上所述，‘中猕2号’果实外观品质受不同地区影响较小，表明‘中猕2号’外观具有较强的不同生态环境适应性。

表2 中国不同地区‘中猕2号’果实外观品质指标

Table 2 Appearance quality indexes of ‘Zhongmi No. 2’ fruits in different regions of China

采样省份 Sampled provinces	单果重 Single fruit wight (g)	横径 Horizontal diameter (cm)	纵径 Vertical diameter (cm)	果形指数 Fruit shape index	硬度 Firmness (Kg/cm ²)
河南 Henan	118.82±16.01	53.07±4.24	73.78±4.44	1.4±0.13	1.03±0.21
山东 Shandong	101.54±21.45	54.27±6.8	60.63±7.38	1.13±0.15	0.81±0.3
湖北 Hubei	111.4±22.18	52.9±3.43	69.82±4.27	1.32±0.11	0.94±0.17
湖南 Hunan	95.82±18.3	51.19±2.6	63.72±4	1.25±0.08	0.76±0.18
江西 Jiangxi	114.37±6.92	54.85±3.93	69.47±4.09	1.27±0.14	0.96±0.25
浙江 Zhejiang	94.19±8.8	49.47±1.56	61.77±3.1	1.25±0.06	1±0.3
上海 Shanghai	142.45±15.43	56.55±3.92	78.04±3.1	1.39±0.1	1.14±0.1
江苏 Jiangsu	112.22±9.45	54.8±3.19	70.1±2.53	1.28±0.08	0.54±0.1
重庆 Chongqing	113.68±20.65	53.64±3.6	67.42±6.32	1.26±0.09	1.36±0.24

贵州 Guizhou	104.96±19.1	56.83±5.94	64.85±3.56	1.15±0.12	0.89±0.24
四川 Sichuan	93.98±11.54	49.49±1.99	62.76±3.66	1.27±0.08	1.07±0.41
云南 Yunnan	117.42±13.43	56.72±3.66	69.86±3.37	1.24±0.1	1.07±0.12

2.2 中国不同地区‘中猕 2 号’果实内在品质分析

不同地区的‘中猕 2 号’果实可溶性固形物含量平均值为 18.14%，变异系数 10.26%，干物质含量平均值为 20.15%，变异系数 8.38%，表明可溶性固形物和干物质含量受地区影响小，即‘中猕 2 号’糖度能够在不同生态区保持稳定水平；可滴定酸变幅为 0.36%-1.25%，变异幅度较大，变异系数为 36.84%，表明酸度受不同地区影响较大；Vc 是猕猴桃果实的特征性指标，不同地区‘中猕 2 号’Vc 含量平均值为 102.51 mg/100g，云南‘中猕 2 号’（园区海拔 1840 米）果实 Vc 含量最高，为 131 mg/100g，江西‘中猕 2 号’（园区海拔 22 米）果实 Vc 含量最低，为 71.73 mg/100g，暗示高海拔可能促进‘中猕 2 号’果实积累更多的 Vc；单宁是果实涩味的主要来源，不同地区‘中猕 2 号’单宁含量平均值为 787.75 mg/kg，变异系数为 13.76%，离散程度低，表明单宁含量受地区影响小；果糖、葡萄糖和蔗糖是果实的主要可溶性糖，不同地区‘中猕 2 号’果糖和葡萄糖平均值分别为 4.69 mg/100g 和 4.75 mg/100g，含量相当，离散系数分别为 18.02%和 19.99%，较为接近，而蔗糖含量平均值为 1.60 mg/100g，变异系数达 65.94%，表明‘中猕 2 号’果实可溶性糖主要是果糖和葡萄糖，两者含量接近，在不同地区的表现相对稳定，而蔗糖含量相对较少，极易受到地区影响（表 3，表 4）。

表 3 中国不同地区‘中猕 2 号’猕猴桃果实内在品质指标

Table 3 Internal quality indexes of ‘Zhongmi No. 2’ fruits in different regions of China

采样省份 Sampled provinces	可溶性固 形物含量 Soluble solid content (%)	可滴定 酸 Titratable acidity (%)	干重 Dry weight (g)	鲜重 Fresh weight (g)	干物质含 量 Dry matter content (%)	Vc 含量 Vitamin C content (mg/100g)	单宁含 量 Tannin content (mg/kg)	果糖 Fruct ose (g/10 0g)	葡萄 糖 Gluco se (g/10 0g)	蔗糖 Sucr ose (g/10 0g)
河南 Henan	18.28±1.44	0.54±0.15	0.33±0.06	1.68±0.35	19.6±1.45	103±1.73	(8.06±0.41)×10 ²	4.53±0.42	4.53±0.42	1.63±0.15
山东 Shandong	21.41±1.21	0.41±0.07	0.62±0.15	2.76±0.6	22.43±1.18	126.67±19.01	(9.09±1.49)×10 ²	5.73±0.12	5.83±0.06	1.11±0.63
湖北 Hubei	19.64±1.06	0.73±0.18	0.61±0.2	2.91±0.98	20.95±0.73	85.27±13.11	(7.68±0.89)×10 ²	3.60±0.20	3.53±0.31	4.30±0.36
湖南 Hunan	18.85±1.32	0.36±0.09	0.47±0.14	2.3±0.69	20.49±0.99	125.33±14.36	(7.50±0.72)×10 ²	5.30±0.10	5.30±0.10	0.69±0.17
江西 Jiangxi	16.6±1.76	0.71±0.24	0.32±0.09	1.57±0.3	20.43±2.27	71.73±2.18	(6.52±0.83)×10 ²	3.90±0.10	3.93±0.12	0.76±0.18

浙江 Zhejiang	18.87±0.93	0.49±0.1 1	0.57±0 .12	2.82±0. 58	20.4±1.75	74.70±4.5 6	(5.82±0. 10)×10 ²	5.77± 0.65	5.93± 0.70	1.73 ±0.6 0
上海 Shanghai	14.89±1.7	1.25±0.2 6	0.45±0 .1	2.21±0. 42	20.09±1.3 5	101.03±7. 23	(7.39±0. 10)×10 ²	4.03± 0.25	4.03± 0.25	0.66 ±0.1 1
江苏 Jiangsu	16.71±1.15	0.69±0.2 3	0.48±0 .09	2.77±0. 5	17.34±0.7 9	91.60±1.4 0	(8.16±0. 45)×10 ²	3.87± 0.23	3.80± 0.20	1.57 ±0.9 0
重庆 Chongqing	19±0.56	0.59±0.2 6	0.59±0 .11	2.73±0. 5	21.46±0.7 8	92.87±2.5 5	(7.87±0. 67)×10 ²	5.3±0 .26	5.63± 0.29	2.17 ±0.4 5
贵州 Guizhou	15.51±1.11	0.57±0.1 1	0.44±0 .13	2.61±0. 8	16.93±0.8 3	97.53±5.6 2	(7.65±0. 22)×10 ²	4.10± 0.44	4.10± 0.61	1.09 ±0.3 7
四川 Sichuan	19.2±1.03	0.78±0.2 4	0.43±0 .1	1.93±0. 44	22.24±0.8 4	129.33±12 .86	(9.22±1. 30)×10 ²	5.87± 0.31	6.17± 0.29	2.63 ±0.2 5
云南 Yunnan	18.69±0.67	0.49±0.2 2	0.35±0 .05	1.83±0. 23	19.38±1.3 4	131.00±3. 61	(9.59±0. 47)×10 ²	4.27± 0.15	4.27± 0.15	0.83 ±0.1 5

表4 ‘中猕2号’品质分布情况

Table 4 Quality distributions of ‘Zhongmi No. 2’ fruits

两种品质 Two typed quality	具体指标 Specific Indexes	均值 Average	变幅 Range	标准差 Standard deviation	变异系数 CV (%)
外观品质 Appearance quality	单果重 Single fruit wight	110.07	93.98-14 2.42	13.58	12.34
	横径 Horizontal diameter	53.65	49.47-56 .83	2.57	4.8
	纵径 Vertical diameter	67.69	60.63-78 .04	5.18	7.66
	果形指数 Fruit shape index	1.27	1.13-1.4	0.08	6.28
	硬度 Firmness	0.96	0.54-1.3 6	0.21	21.37
内在品质 Internal quality	可溶性固形物含量 Soluble solid content	18.14	14.89-21 .41	1.86	10.26
	可滴定酸 Titratable acidity	0.63	0.36-1.2 5	0.23	36.84
	干重 Dry weight	0.47	0.32-0.6 2	0.11	22.69
	鲜重 Fresh weight	2.34	1.57-2.9 1	0.49	20.81
	干物质含量 Dry matter content	20.15	16.93-22 .43	1.69	8.38

Vc 含量 Vitamin C content	102.51	71.73-131.00	21.09	20.57
单宁含量 Tannin content	787.75	582-959	108.38	13.76
果糖 Fructose	4.69	3.6-5.87	0.85	18.02
葡萄糖 Glucose	4.75	3.53-6.17	0.95	19.99
蔗糖 Sucrose	1.60	0.66-4.3	1.05	65.94

2.3 ‘中猕 2 号’果实品质指标的相关性分析

为了明确‘中猕 2 号’果实指标间的相关关系，对 15 个果实外观和内在品质指标进行相关性分析。单果重与果实横径、果实纵径和果形指数显著相关，表明果实横径、果实纵径和果形指数影响果实最终单果重，此外，单果重与可滴定酸显著相关；果实纵径与果形指数、可滴定酸显著相关；果形指数与可滴定酸显著相关；可溶性固形物与干物质含量、果糖、葡萄糖显著相关；干重与鲜重显著相关；干物质含量与果糖、葡萄糖显著相关，表明果糖和葡萄糖合成与积累影响果实最终干物质含量；Vc 含量与单宁含量显著相关，表明不同功能性物质间存在相关关系；果糖与葡萄糖极显著相关（表 5）。上述结果表明不同地区‘中猕 2 号’果实品质指标间存在相关关系，因此，可以对有显著相关性的指标进行筛选，简化评价体系。

表5 ‘中猕2号’果实品质指标相关性分析

Table 5 Correlation matrix of ‘Zhongmi No. 2’ fruit quality indexes

	单果重 SFW	横径 HD	纵径 VD	果形指数 FSI	硬度 Firmness	可溶性固形物含量 SSC	可滴定酸 TD	干重 DW	鲜重 FW	干物质含量 DMC	Vc含量 VC	单宁含量 TC	果糖 Fructose	葡萄糖 Glucose	蔗糖 Sucrose
单果重 SFW	1	0.689*	0.934**	0.611*	0.320	-0.568	0.703*	-0.302	-0.266	-0.266	-0.172	-0.001	-0.641*	-0.620*	-0.208
横径 HD		1	0.532	-0.080	-0.017	-0.532	0.274	-0.289	-0.109	-0.526	-0.010	0.214	-0.683*	-0.676*	-0.426
纵径 VD			1	0.800*	0.225	-0.592*	0.673*	-0.437	-0.363	-0.318	-0.233	-0.052	-0.724**	-0.708**	-0.075
果形指数 FSI				1	0.282	-0.312	0.583*	-0.325	-0.368	-0.001	-0.245	-0.197	-0.358	-0.346	0.205
硬度 Firmness					1	0.023	0.281	-0.027	-0.237	0.421	-0.042	-0.012	0.193	0.257	0.144
可溶性固形物含量 SSC						1	-0.605*	0.507	0.237	0.700*	0.384	0.368	0.613*	0.596*	0.408
可滴定酸 TA							1	-0.133	-0.136	-0.028	-0.234	-0.119	-0.421	-0.384	0.082
干重 DW								1	0.909**	0.377	-0.105	-0.090	0.353	0.352	0.478
鲜重 FW									1	-0.039	-0.227	-0.164	0.125	0.117	0.393
干物质含量 DMC										1	0.259	0.146	0.617*	0.632*	0.296
Vc含量 VC											1	0.824*	0.401	0.375	-0.215
单宁含量 TC												1	0.115	0.115	0.057
果糖 Fructose													1	0.996**	-0.038
葡萄糖 Glucose														1	-0.11
蔗糖 Sucrose															1

SFW、HD、VD、FSI、SSC、TA、DW、FW、DMC、VC和TC分别是Single Fruit Wight、Horizontal Diameter、Vertical Diameter、Fruit Shape Index、Soluble Solid Content、Titratable Acidity、Dry Weight、Fresh Weight、Dry Matter Content、Vitamin C Content和Tannin Content的缩写。SFW, HD, VD, FSI, SSC, TA, DW, FW, DMC, VC and TC are the abbreviations of Single Fruit Wight, Horizontal Diameter, Vertical Diameter, Fruit Shape Index, Soluble Solid Content, Titratable Acidity, Dry Weight, Fresh Weight, Dry Matter Content, Vitamin C Content and Tannin Content, respectively.

** $P < 0.01$ (极显著相关); * $P < 0.05$ (显著相关) **Correlation is highly significant at $P < 0.01$; *Correlation is significant at $P < 0.05$.

2.4 ‘中猕 2 号’果实品质指标的主成分分析

对 15 个‘中猕 2 号’果实指标进行主成分分析（表 6）。以主成分特征值大于 1 为标准，共提取到 5 个主成分，主成分 1 的贡献率为 39.476%，决定第 1 主成分大小的主要是可溶性固形物、果糖和葡萄糖。相关性分析结果显示（表 4），可溶性固形物、果糖、葡萄糖存在相关关系，可溶性固形物与果糖相关系数 0.613*，显著相关，可溶性固形物与葡萄糖相关系数为 0.596*，显著相关，果糖与葡萄糖相关系数 0.996**，极显著相关，且果糖在第 1 主成分中的权重最高，因此选择果糖作为第 1 主成分的评价指标。主成分 2 贡献率为 16.258%，决定第 2 主成分大小的主要是 Vc 含量与单宁含量。相关性分析结果显示（表 4），Vc 含量和单宁含量相关系数 0.824*，显著相关，且 Vc 含量在第 2 主成分中的权重最高，因此选择 Vc 含量作为第 2 主成分的评价指标。主成分 3 贡献率为 15.739%，决定第 3 主成分大小的主要是硬度。主成分 4 贡献率为 10.419%，决定第 4 主成分大小的主要是单宁含量。主成分 5 贡献率为 7.250%，决定第 5 主成分大小的主要是硬度和横径，硬度是第 3 主成分的主要评价指标，因此，选择横径作为第 5 主成分的评价指标。第 1 主成分、第 2 主成分和第 4 主成分代表果实内在品质，第 3 主成分和第 5 主成分代表果实外在品质。

表 6 15 项指标的主成分分析结果

Table 6 Principal component analysis of 15 indicators

指标 Indexes	主成分 1 PC1	特征向量 Eigenvalues	主成分 2 PC2	特征向量 Eigenvalues	主成分 3 PC3	特征向量 Eigenvalues	主成分 4 PC4	特征向量 Eigenvalues	主成分 5 PC5	特征向量 Eigenvalues
单果重 SFW	-0.144	-0.06	0.024	0.02	0.127	0.08	0.158	0.13	0.243	0.23
横径 HD	-0.116	-0.05	0.092	0.06	-0.155	-0.10	0.244	0.20	0.342	0.33
纵径 VD	-0.153	-0.06	0.007	0.00	0.137	0.09	0.093	0.07	-0.051	-0.05
果形指数 FSI	-0.097	-0.04	-0.047	-0.03	0.273	0.18	-0.065	-0.05	-0.307	-0.29
硬度 Firmness	-0.008	0.00	0.033	0.02	0.315	0.21	-0.027	-0.02	0.370	0.35
可溶性固形物含 SSC	0.140	0.06	0.022	0.01	0.082	0.05	0.191	0.15	-0.204	-0.20
可滴定酸 TA	-0.108	-0.04	-0.069	-0.04	0.196	0.13	0.076	0.06	0.192	0.18
干重 DW	0.095	0.04	-0.257	-0.16	0.011	0.01	0.266	0.21	0.269	0.26
鲜重 FW	0.062	0.03	-0.291	-0.19	-0.121	-0.08	0.250	0.20	0.239	0.23
干物质含量 DMC	0.099	0.04	0.028	0.02	0.286	0.19	0.055	0.04	0.076	0.07
Vc 含量 VC	0.060	0.02	0.320	0.20	0.007	0.00	0.243	0.19	-0.023	-0.02
单宁含量 TC	0.030	0.01	0.269	0.17	0.007	0.00	0.436	0.35	-0.127	-0.12
果糖 Fructose	0.146	0.06	0.080	0.05	0.100	0.07	-0.153	-0.12	0.210	0.20
葡萄糖 Glucose	0.143	0.06	0.075	0.05	0.118	0.08	-0.151	-0.12	0.232	0.22
蔗糖 Sucrose	0.040	0.02	-0.231	-0.15	0.159	0.10	0.259	0.21	-0.426	-0.41
特征值 Characteristic value	5.921		2.439		2.361		1.563		1.088	
方差贡献率 Variance contribution rate (%)	39.476		16.258		15.739		10.419		7.250	
累计方差贡献率 Cumulative variance contribution rate (%)	39.476		55.735		71.473		81.892		89.142	

PC 是 Principal Component 的缩写.PC is the abbreviations of Principal Component.

2.5 ‘中猕 2 号’果实品质的综合评价体系建立

对‘中猕 2 号’15 项果实指标数据进行标准化处理（表 7），标准化数据设为 X_1, \dots, X_{15} ，特征向量与标准化数据乘积后相加得出 5 个主成分的分表达式：

$$F_1 = -0.06X_1 - 0.05X_2 - 0.06X_3 - 0.04X_4 + 0.00X_5 + 0.06X_6 - 0.04X_7 + 0.04X_8 + 0.03X_9 + 0.04X_{10} + 0.02X_{11} + 0.01X_{12} + 0.06X_{13} + 0.06X_{14} + 0.02X_{15}$$

$$F_2 = 0.02X_1 + 0.06X_2 + 0.00X_3 - 0.03X_4 + 0.02X_5 + 0.01X_6 - 0.04X_7 - 0.16X_8 - 0.19X_9 + 0.02X_{10} + 0.02X_{11} + 0.17X_{12} + 0.05X_{13} + 0.05X_{14} - 0.15X_{15}$$

$$F_3 = 0.08X_1 - 0.10X_2 + 0.09X_3 + 0.18X_4 + 0.21X_5 + 0.05X_6 + 0.13X_7 + 0.01X_8 - 0.08X_9 + 0.19X_{10} + 0.00X_{11} + 0.00X_{12} + 0.07X_{13} + 0.08X_{14} + 0.10X_{15}$$

$$F_4 = 0.13X_1 + 0.20X_2 + 0.07X_3 - 0.05X_4 - 0.02X_5 + 0.15X_6 + 0.06X_7 + 0.21X_8 + 0.20X_9 + 0.04X_{10} + 0.19X_{11} + 0.35X_{12} - 0.12X_{13} - 0.12X_{14} + 0.21X_{15}$$

$$F_5 = 0.23X_1 + 0.33X_2 - 0.05X_3 - 0.29X_4 + 0.35X_5 - 0.20X_6 + 0.18X_7 + 0.26X_8 + 0.23X_9 + 0.07X_{10} - 0.02X_{11} - 0.12X_{12} + 0.20X_{13} + 0.22X_{14} - 0.41X_{15}$$

以主成分方差贡献率为权数，建立果实品质综合评价方程：

$$F_{\text{综}} = 0.395F_1 + 0.163F_2 + 0.157F_3 + 0.104F_4 + 0.725F_5$$

基于此方程计算出 12 个省份‘中猕 2 号’果实品质的综合得分，综合得分越高，表明该区域的‘中猕 2 号’综合品质越好（表 8），因此，中国不同地区‘中猕 2 号’综合排序为：重庆、山东、上海、贵州、浙江、云南、四川、湖南、江西、江苏、河南、湖北。

表 7 15 项指标数据的标准化

Table 7 Data standardization of 15 indexes

采样省份 Sampled provinces	单果重 SFW	横径 HD	纵径 VD	果形指数 FSI	硬 度 Firmness	可溶性 固形物 含 量 SSC	可 滴 定 酸 TD	干 重 DW	鲜 重 FW	干物质 含 量 DMC	Vc 含量 V C	单宁含 量 TC	果 糖 Fructose	葡萄糖 Glucose	蔗 糖 Sucrose
河南 Henan	0.64	-0.22	1.18	1.67	0.32	0.08	-0.40	-1.32	-1.36	-0.32	0.02	0.17	-0.19	-0.24	0.03
山东 Shandong	-0.63	0.24	-1.36	-1.73	-0.75	1.76	-0.96	1.39	0.85	1.35	1.15	1.12	1.23	1.13	-0.46
湖北 Hubei	0.10	-0.29	0.41	0.66	-0.12	0.81	0.41	1.29	1.16	0.48	-0.82	-0.18	-1.29	-1.29	2.57
湖南 Hunan	-1.05	-0.96	-0.76	-0.22	-0.99	0.38	-1.17	-0.02	-0.09	0.20	1.08	-0.35	0.72	0.57	-0.86
江西 Jiangxi	0.32	0.47	0.34	0.03	-0.02	-0.83	0.32	-1.42	-1.59	0.17	-1.46	-1.26	-0.93	-0.87	-0.80

浙江 Zhejiang	-1.17	-1.62	-1.14	-0.22	0.17	0.39	-0.62	0.92	0.98	0.15	-1.32	-1.90	1.28	1.24	0.13
上海 Shanghai	2.38	1.13	2.00	1.54	0.85	-1.75	2.64	-0.20	-0.27	-0.03	-0.07	-0.45	-0.78	-0.76	-0.89
江苏 Jiangsu	0.16	0.45	0.47	0.16	-2.06	-0.77	0.24	0.08	0.87	-1.66	-0.52	0.26	-0.97	-1.00	-0.03
重庆 Chongqing	0.27	0.00	-0.05	-0.09	1.92	0.46	-0.19	1.11	0.79	0.78	-0.46	-0.01	0.72	0.92	0.54
贵州 Guizhou	-0.38	1.24	-0.55	-1.48	-0.36	-1.41	-0.27	-0.30	0.55	-1.90	-0.24	-0.21	-0.70	-0.69	-0.48
四川 Sichuan	-1.18	-1.62	-0.95	0.03	0.51	0.57	0.62	-0.39	-0.85	1.24	1.27	1.24	1.40	1.49	0.98
云南 Yunnan	0.54	1.19	0.42	-0.35	0.51	0.30	-0.62	-1.14	-1.05	-0.45	1.35	1.58	-0.50	-0.51	-0.73

SFW、HD、VD、FSI、SSC、TA、DW、FW、DMC、VC 和 TC 分别是 Single Fruit Wight、Horizontal Diameter、Vertical Diameter、Fruit Shape Index、Soluble Solid Content、Titratable Acidity、Dry Weight、Fresh Weight、Dry Matter Content、Vitamin C Content 和 Tannin Content 的缩写.SFW, HD, VD, FSI, SSC, TA, DW, FW, DMC, VC and TC are the abbreviations of Single Fruit Wight, Horizontal Diameter, Vertical Diameter, Fruit Shape Index, Soluble Solid Content, Titratable Acidity, Dry Weight, Fresh Weight, Dry Matter Content, Vitamin C Content and Tannin Content, respectively.

表8 中国不同地区‘中猕2号’评价得分

Table 8 Assessment scores of ‘Zhongmi No. 2’ fruits in different regions of China

采样省份	F1 得分	F2 得分	F3 得分	F4 得分	F5 得分	综合得分	排名
Sampled provinces	F1 score	F2 score	F3 score	F4 score	F5 score	Comprehensive score	Rank
河南 Henan	-0.2737	0.4428	0.5045	-0.4209	-1.247	-0.9046	11
山东 Shandong	0.6223	0.3452	-0.3696	0.9254	0.8939	0.9884	2
湖北 Hubei	-0.0263	-1.1722	0.3361	1.2518	-1.3365	-0.9875	12
湖南 Hunan	0.3178	0.3331	-0.382	-0.631	-0.4591	-0.2786	8
江西 Jiangxi	-0.3904	0.0687	-0.0589	-1.2268	-0.1724	-0.4048	9
浙江 Zhejiang	0.4572	-0.8928	0.0619	-1.3227	0.392	0.1914	5
上海 Shanghai	-0.7249	0.0118	0.7783	0.2072	1.4773	0.9304	3
江苏 Jiangsu	-0.2862	-0.3982	-0.9361	0.4225	-0.7262	-0.8075	10
重庆 Chongqing	0.2248	-0.3461	0.6765	0.3033	1.2968	1.1103	1
贵州 Guizhou	-0.1922	-0.075	-1.2117	-0.0685	0.7364	0.2484	4
四川 Sichuan	0.4563	0.5804	0.8186	-0.1009	-0.7694	-0.1649	7
云南 Yunnan	-0.1878	1.1012	-0.2212	0.6627	-0.0946	0.0709	6

3 讨论

果实综合品质受到外观品质和内在品质共同影响,品质优劣决定其商品价值与最终生产效益^[15-17]。‘中猕2号’是中国农业科学院郑州果树研究所选育的优良新品种^[18],表现大果、高糖、强抗性,综合品质好,在全国猕猴桃品鉴会上获得金奖,有较好的发展潜力,目前已经在全国多个省份地区引种栽培。为了明确‘中猕2号’在各个区域的推广潜力,本研究选取中国12个省份和地区的‘中猕2号’果实,进行果实外观品质和内在品质指标检测,利用主成分分析将多个品质指标进行线性变换提取综合因子,最终提取到横径与硬度作为外观综合因子,果糖、Vc和单宁作为内在品质综合因子。赵琼玲等^[19]利用主成分分析提取果实横径和Vc作为余甘子果实品质综合因子,表明果实横径和Vc可作为品质因子用于综合评价。

本研究中,通过拟定果实品质综合评价方程,建立‘中猕2号’综合评价体系。重庆、山东和上海的‘中猕2号’综合品质排名位列前三,三个地区经纬度均不同,分别代表中国不同生态区域,‘中猕2号’在这三个区域的综合表现优良,表明‘中猕2号’能够适应这12个区域或类似气候区域的生态条件,具有较强的推广潜力,可以在这12个生态区域或类似气候区域内推广种植。本研究从中国不同地区采集‘中猕2号’果实样品,利用多种分析方法建立了品质综合评价体系,为品种推广奠定了基础。果实品质易受环境影响,中国具有丰富的地理多态性,不同经纬度和海拔能够对果实品质产生影响,因此,后续根据不同经纬度和海拔高度增加采样点,并对不同年份间的数据进行对比和分析,更全面地反映‘中猕2号’对不同生态区域的适应能力,为品种区划提供指导。

4 结论

本研究通过测定中国不同地区‘中猕2号’果实品质指标,利用相关性分析和主成分分析建立了品质综合评价体系,对不同地区果实进行综合评价,筛选出横径、硬度、果糖、Vc和单宁作为‘中猕2号’果实品质性状评价的核心指标,对不同地区果实品质进行排序,

最终得出结论：‘中猕2号’适应性强，能够在不同生态区内推广种植。

参考文献 References:

- [1]方金豹, 钟彩虹. 新中国果树科学研究70年—猕猴桃[J].果树学报, 2019, 36(10): 1352-1395.
FANG Jinbao, ZHONG Caihong. Fruit scientific research in New China in the past 70 years: Kiwifruit [J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36 (10): 1352-1395.
- [2] 陈璐, 王小玲, 毛积鹏, 林孟飞, 卢玉鹏, 公旭晨, 高柱. 不同黄肉猕猴桃品种果实发育动态变化及品质综合评价[J]. 经济林研究, 2024, 42(1): 220-231.
CHEN Lu, WANG Xiaoling, MAO Jipeng, LIN Mengfei, LU Yupeng, GONG Xuchen, GAO Zhu. Dynamic changes of fruit development and comprehensive quality evaluation of different yellow-flesh kiwifruit cultivars [J]. Non-wood Forest Research, 2024, 42(1): 220-231.
- [3] 温锦丽, 曹炜玉, 王月, 何艳丽, 孙怡宁, 原鹏强, 孙博位, 路文鹏. 基于主成分分析与聚类分析的软枣猕猴桃果实品质综合评价[J]. 食品工业科技, 2024, 45(1): 247-257.
WEN Jinli, CAO Weiyu, WANG Yue, HE Yanli, SUN Yining, YUAN Pengqiang, SUN Bowei, LU Wenpeng. Comprehensive evaluation of fruit quality of *Actinidia arguta* based on principal component analysis and cluster analysis [J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(1): 247-257.
- [4] 匡立学, 聂继云, 李银萍, 程杨, 沈友明. 中国不同地区‘富士’苹果品质评价[J]. 中国农业科学, 2020, 53(11): 2253-5563.
KUANG LiXue, NIE JiYun, LI YinPing, CHENG Yang, SHEN YouMing. Quality evaluation of ‘Fuji’ apples cultivated in different regions of China [J]. Scientia Agricultura Sinica. 2020, 53(11): 2253-5563.
- [5] 赵双, 黄颖宏, 郝红丽. 30个杨梅品种果实品质分析与综合评价[J]. 果树学报, 2024, 41(3): 392-402.
ZHAO Shuang, HUANG Yinghong, QI Hongli. Fruit quality analysis and comprehensive evaluation of 30 bayberry varieties [J]. Journal of Fruit Science, 2024, 41(3): 392-402.
- [6] 张金龙. 浅析猕猴桃栽培管理技术[J]. 园艺与种苗, 2023, 43(09): 42-43.
ZHANG Jinlong. Analysis of kiwifruit cultivation management technology [J]. Horticulture & seed, 2023, 43(09): 42-43.
- [7] 蔡雪健. 贵长猕猴桃栽培管理技术[J]. 种植技术, 2023, 1: 177-179.
CAI Xuejian. Cultivation and management techniques of ‘Guichang’ kiwifruit [J]. Cultivating technology, 2023, 1: 177-179.
- [8] 高欢, 肖委明, 廖光联, 黄春辉, 贾东峰, 李芸, 宋明昌, 黄 鹃, 徐小彪. 毛花猕猴桃新品种‘赣绿1号’的生物学特性及关键栽培技术[J]. 中国南方果树, 2024, 53(1): 179-184.
GAO Huan, XIAO Weiming, LIAO Guanglian, HUANG Chunhui, JIA Dongfeng, LI Yun, SONG Mingchang, HUANG Juan, XU Xiaobiao. Biological characteristics and cultivation techniques of new *Actinidia eriantha* cultivar ‘Ganlv No. 1’ [J]. China South Fruit Tree, 2024, 53(1): 179-184.
- [9] 廖钦洪, 张文林, 兰建彬, 李哲馨, 唐建民, 彭文平. 重庆市不同区县‘红阳’猕猴桃果实品质综合评价[J]. 经济林研究, 2021, 39(1): 17-23.
LIAO QinHong, ZHANG Wenlin, LAN Jinbin, LI Zhixin, TANG Jianmin, PENG Wenping. Comprehensive evaluation of fruit quality of ‘Hongyang’ kiwifruit in different regions of Chongqing [J]. Non-wood Forest Research, 2021, 39(1): 17-23.
- [10] 江海, 陈小华, 杜佳宝, 杨清云. 基于主成分分析评价陕南地区主栽猕猴桃的品质[J]. 陕西理工大学学报(自然科学版), 2021, 37(1): 43-49.
JIANG Hai, CHEN Xiaohua, DU Jiabao, YANG Qingyun. Principal component analysis of quality indexes of main kiwifruit cultivars planted in southern Shaanxi [J]. Journal of Shaanxi University of Technology (Natural Science Edition), 2021, 37(1): 43-49.

[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] 刘科鹏, 黄春辉, 冷建华, 陈葵, 严玉平, 辜青青, 徐小彪. ‘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 Kepeng, HUANG Chunhui, LENG Jianhua, CHEN Kui, YAN Yuping, GU Qingqing, XU Xiaobiao. Principal component analysis and comprehensive evaluation of the fruit quality of ‘Jinkui’ kiwifruit [J]. Journal of Fruit Science, 2012, 29(5): 867-871.

[13] GB 5009.86-2016.食品中抗坏血酸的测定[S].2016-08-21 发布.

[14] NY/T 1600-2008.水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定分光光度法[S].2008-05-16 发布.

[15] 林媚, 吴韶辉. 浙江省 12 个柑橘品种果实品质分析与评价[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(6): 963-966.

LIN Mei, WU Shaohui. Analysis and evaluation on fruit quality of 12 citrus varieties [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2019, 60(6): 963-966.

[16] 王思威, 孙海滨, 常虹, 钟声, 赵俊生, 王潇楠. 基于主成分分析综合评价白糖罂荔枝果实品质[J]. 果树学报, 2022, 39(4): 610-620.

WANG Siwei, SUN Haibin, CHANG Hong, ZHONG Sheng, ZHAO Junsheng, WANG Xiaonan. Comprehensive evaluation of fruit quality of Baitangying litchi based on principal component analysis [J]. Journal of Fruit Science, 2022, 39(4): 610-620.

[17] 朴哲虎, 石岩, 程金良, 刘冰雁, 杨林先, 李雄. 苹果梨果实矿质元素含量与品质的相关性分析[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(20): 159-161.

PIAO Zhehu, SHI Yan, CHENG Jinliang, LIU Bingyan, YANG Linxian, LI Xiong. Correlation analysis of mineral element content and quality of apple pear fruit [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2018, 46(20): 159-161.

[18] 齐秀娟, 林苗苗, 徐善坤, 孙雷明, 方金豹*. 美味猕猴桃新品种‘中猕 2 号’[J]. 园艺学报, 2015, 42(S2): 2835-2836.

QI Xiujuan, LIN Miaomiao, XU Shankun, SUN Leiming, FANG Jinbao. A new cultivar of *Actinidia deliciosa* ‘Zhongmi 2’ [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2015, 42(S2): 2835-2836.

[19] 赵琼玲, 韩学琴, 沙毓沧, 罗会英, 钱坤建, 邓红山, 金杰. 21 份余甘子果实品质性状的分析 and 评[J]. 中国热带农业, 2021(6): 27-32.

ZHAO Qiongling, HAN Xueqin, SHA Yucang, LUO Huiying, QIAN Kunjian, DENG Hongshan, JIN Jie. Analysis and evaluation of the fruit quality characters of 21 *Phyllanthus emblica* L.[J]. China Tropical Agriculture, 2021(6): 27-32.