

湖北省温州蜜柑果实化渣性分析与评价

王策¹, 黄锐², 石志鹏², 蒋迎春¹, 何利刚¹, 王志静¹, 张豫¹, 宋鑫¹, 吴黎明^{1*}, 宋放^{1*}

(¹ 湖北省农业科学院果树茶叶研究所·果树种质创新与利用湖北省重点实验室, 武汉 430064; ² 枝江市农业技术推广中心, 枝江 443200)

摘要: 【目的】探究湖北省温州蜜柑果实的化渣性差异及其主要影响因素, 为温州蜜柑高品质栽培提供理论基础。【方法】通过感官评价、质构仪对温州蜜柑化渣性进行综合评价, 并通过相关性分析及多元线性回归分析初步解析了温州蜜柑果实化渣性的主要影响因素。【结果】横径、纵径、单果重与剪切力和木质素含量呈显著正相关; 化渣度得分与 TA、剪切力和穿刺力均呈显著负相关, 而剪切力与穿刺力呈显著正相关; 木质素含量与果皮厚和剪切力呈显著正相关, 与 SAR 呈显著负相关; 果胶含量与横径、TA 和纤维素含量有显著正相关性。利用多元线性回归分析构建了包括 TSS、穿刺力、木质素含量和果胶含量 4 个指标且具有统计学意义的感官综合评价的预测模型: Y (化渣度得分) = $5.875 + 0.108 * X$ (TSS) - $0.007 * X$ (穿刺力) - $0.007 * X$ (木质素含量) + $0.044 * X$ (果胶含量)。模型综合口感预测得分与综合口感实际得分基本一致。【结论】基于回归分析建立的综合得分预测模型可实现温州蜜柑果实感官品质的综合评价, 质构特征指标和理化成分指标作为客观方法可以较好地弥补感官分析的主观性缺陷, 可应用于湖北省温州蜜柑的化渣性评价。

关键词: 温州蜜柑; 品质分析; 化渣性; 相关性分析; 多元线性回归

中图分类号: S666.1 文献标志码: A 文章编号: 1009-9980(2024)08-0001-08

Analysis and Evaluation of Fruit Mastication of Mandarins in Hubei Province

Wang Ce¹, Huang Rui², Shi Zhipeng², Jiang Yingchun¹, He Ligang¹, Wang Zhijing¹, Zhang Yu¹, Song Xin¹, Wu Liming^{1*}, Song Fang^{1*}

(¹ Hubei Key Laboratory of Germplasm Innovation and Utilization of Fruit Trees, Institute of Fruit and Tea, Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan, 430064; ² Zhijiang Agricultural Technology Extension Center, Zhijiang, 443200)

Abstract: 【Objective】Mastication quality is one of the important qualities of citrus fruits, significantly affecting the consumer's taste experience. However, previous researches of citrus fruit qualities mainly focus on the sugar and acid, the researches of citrus fruit mastication are still

收稿日期: 2024-03-27

接受日期: 2024-05-21

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2023YFD2300605); 湖北省重点研发计划 (2021BBA237); 湖北省重点研发计划 (2022BBA0029); 湖北省农业科学院青年拔尖人才项目

作者简介: 王策, 助理研究员, 研究方向: 柑橘栽培。Tel:13237182055, E-mail: wangce@hbaas.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel:18771951820; 13545186506. E-mail: songfang@hbaas.com; E-mail: wuliming2005@126.com

very limited. Thus, the objective of this study is to explore the differences in mastication quality of mandarins in Hubei Province and its main influencing factors, which will further provides a theoretical foundation for the high-quality cultivation of mandarins. **【 Methods 】** Samples of early-maturing and mid-early maturing mandarins were selected from different orchards in Hubei Province. Fully ripe fruits were collected at the appropriate harvest time, selecting 45 fruits of medium size from different parts of the tree without obvious damage for the experiment. The fruits were transported to the laboratory on the day of harvest for the determination of physiological and biochemical indicators. The samples were separated into peel and pulp, with a portion of the pulp frozen in liquid nitrogen and stored at -80 °C for the determination of cellulose and pectin content. The remaining pulp samples were dried in an oven at 120 °C to a constant weight, ground, and then sieved through a 60-mesh screen. The sieved samples were placed in sealed bags and stored at room temperature in a desiccator for later determination of lignin content. A comprehensive evaluation of the mastication quality of mandarins was conducted through sensory assessment and texture analysis instruments. Furthermore, the main factors influencing the mastication quality of mandarin fruits were preliminarily analyzed through correlation analysis, multiple linear regression analysis, and principal component analysis. **【 Results 】** The individual fruit weight of early-maturing mandarins from different production areas varies significantly, ranging from 54.00 to 129.33g, with peel thickness ranging from 2.15 to 4.32mm. The transverse diameter ranges from 5.03 to 7.03cm, and the longitudinal diameter from 3.73 to 5.82cm. The internal quality differences are pronounced, with soluble solids content ranging between 8.63 and 13.7%, averaging 10.56%; titratable acidity content between 0.33 and 0.84, vitamin C content between 15.92 and 39.81 mg/100g, and the sugar-acid ratio between 10.33 and 31.31, with an average value of 16.40. The individual fruit weight of mid-early maturing mandarins from different production areas ranging from 68.17 to 169.67g, with peel thickness ranging from 0.83 to 4.14mm. The transverse diameter ranges from 5.56 to 8.1cm, and the longitudinal diameter from 4.18 to 6.64cm. The content of soluble solids in the fruits of mid-early maturing mandarins ranges from 8.47 to 14.3%, with an average of 11.53; the titratable acidity content ranges from 0.3 to 1.09, vitamin C content from 17.5 to 46.23 mg/100g, and the sugar-acid ratio from 10.33 to 31.31, with an average value of 18.30. There were significant differences in the quality of mandarins from different production areas in Hubei, with the mid-early maturing mandarins generally exhibiting better quality than the early-maturing mandarins. The mid-early maturing varieties in 2022 exhibited characteristics of high sugar and high acidity. The mastication score of early-maturing mandarins ranges from 4.6 to 8.55, with an average score of 6.38. Puncture force ranges from 97.09 g to 302.5 g, shear force from 896.43 g to 2683.33 g, lignin content from 37.05 to 209.18 mg/g, cellulose content from 10.1 to 20.15 mg/g, and pectin content from 7.54 to 24.79 mg/g. Specifically, sample No. 9 scored the lowest in mastication at 4.6, with the highest puncture and shear forces, as well as the highest lignin content. The mastication score of mid-early maturing mandarins ranges from 3.38 to 8.24, with an average of 6.01. Puncture force ranges between 78.45

g and 239.38 g, shear force between 848.58 g and 3926.24 g, lignin content from 66.48 to 208.9 mg/g, cellulose content from 10.1 to 20.15 mg/g, and pectin content from 7.54 to 24.79 mg/g. Specifically, sample No. 55 scored the highest in mastication at 8.24; sample No. 29 scored the lowest at 3.38, with the highest puncture and shear forces. Correlation analysis indicated that the transverse diameter, longitudinal diameter, and individual fruit weight were significantly positively correlated with each other and negatively correlated with TSS and VC content, but positively correlated with shear force and lignin content. The mastication score was significantly negatively correlated with TA, shear force, and puncture force, while shear force was significantly positively correlated with puncture force. Lignin content was significantly positively correlated with peel thickness and shear force, and negatively correlated with SAR. Pectin content showed a significant positive correlation with transverse diameter, TA, and cellulose content. A predictive model for the sensory comprehensive evaluation was constructed using multiple linear regression analysis, including TSS, puncture force, lignin content, and pectin content, all of statistical significance: Y (mastication score) = $5.875 + 0.108X$ (TSS) - $0.007X$ (puncture force) - $0.007X$ (lignin content) + $0.044X$ (pectin content). The comprehensive taste prediction score of this model is essentially consistent with the actual comprehensive taste score. 【 Conclusion 】 The comprehensive score prediction model established based on regression analysis facilitates the comprehensive evaluation of the sensory quality of mandarin fruits. The indices of texture characteristics and physicochemical components, serving as objective methods, can effectively compensate for the subjective shortcomings of sensory analysis and can be applied to the quality evaluation of mandarins in Hubei Province.

Key words: Mandarin; Quality analysis; Mastication; Correlation analysis; multiple linear regression analysis.

柑橘是全球种植面积及总产量第一大果树作物，而中国是世界第一大柑橘种植国，全球共计有 140 多个国家与地区均有栽培^[1]。中国作为柑橘的重要原产地之一，具有 4000 多年的栽培历史。中国的柑橘产量和消费量均居世界第一。目前，柑橘产业覆盖全国有 19 个省（市、自治区），在乡村振兴中发挥着重要作用。湖北省是柑橘生产大省，种植历史可以追溯到 2000 多年前，柑橘产业是湖北省农业支柱产业之一^[2]。2023 柑橘种植 364.6 万亩，产量 570.9 万吨，位居全国第三，柑橘产量占湖北水果总产量的 70%^[3]。主要种植品种以温州蜜柑、脐橙为主，并适度发展了椪柑、杂柑、柚等品系，基本实现一年四季均有鲜果供应^[4]。

我国柑橘主要以鲜食为主，化渣性是影响柑橘果实品质的重要因子^[5]。温州蜜柑是我国主栽的宽皮橘类之一，种植面积广，在湖北省已经形成了相当规模的长江沿线优质宽皮柑橘产业区^[4]。近年来，随着温州蜜柑栽种年限的增加，以及栽培上使用化肥不当，保花保果处理不当，病虫害防治不及时，管理不完善等一系列原因，其在长期的生产栽种过程中，逐渐表现产量下降和品质变劣，产生了诸如不化渣或者化渣性差、果实变酸、甜度下降、籽粒增多等一些不利于商品流通的性状变化，失去了该品种原有的优良特性，降低了其经济价值^[6-8]。因此，对温州蜜柑的果实化渣性进行研究已经是湖北省柑橘产业发展必须要解决的问题。

柑橘果实主要的食用是囊瓣，囊瓣包含汁胞和囊衣，果实的化渣性好坏主要与囊衣质地有关^[9-10]。质构仪可对样品的物性概念做出数据化的表达，越来越频繁地被应用到食品的物性研究及检测当中，丰富了食品质地品质评价的内容^[11-12]。通过质构仪测定的囊瓣剪切力和囊衣厚度能够客观反映果实的化渣程度，利用这两个指标可对果实化渣性进行量化^[13-14]，从而减少人的主观性判断误差。已有研究表明柑橘果实的化渣性与果实囊衣的纤维、果胶和木质素有着非常密切的关系。化渣性好的果实入口即化，化渣性差的果实入口感觉粗糙，嚼不烂^[15-16]。Dong 等^[17]的研究表明，柑橘果实食用起来粗硬多渣可能是由于柑橘果肉中原果胶及纤维素含量较高所引起的。曾秀丽等^[18]对脐橙膳食纤维含量变化的研究表明纤维素和木质素含量低可使脐橙果实的脆性增加和化渣性变好。雷莹^[19] 研究结果表明，化渣性较好的‘奉节 72-1 脐橙’果实中原果胶、纤维素和半纤维素含量在成熟期均低于‘奉节晚橙’，水溶性果胶含量则相反。Lei 等^[20-21]认为南丰蜜橘的化渣性与木质素含量有关，木质素含量越高果实化渣性越差。红肉脐橙的化渣性与果实膳食纤维含量密切相关，提高水溶性膳食纤维含量，果实化渣性变好，在留树贮藏期间，纤维素酶活性与纤维素和木质素的含量呈显著负相关^[22]。魏张奎^[23]研究发现夏橙的果实化渣性与纤维素、半纤维素和木质素的含量有关，这些物质含量高，导致果实化渣性变差。唐红英和辜青青等^[15-24]对南丰蜜橘囊衣细胞壁成分以及相关酶活性进行了测定，认为南丰蜜橘果实化渣性与囊衣纤维素和木质素的含量密切相关。

本研究以 56 份温州蜜柑材料为研究对象，通过品质分析、感官分析、质构特征和理化成分分析等综合评价果实品质，并对各项指标进行相关性分析，筛选出与化渣性相关的指标建立基于理化成分和质构特征的感官综合评价预测模型，以期通过数据检测对温州蜜柑果肉的化渣性状进行准确评价和判定，量化感官品质指标，并寻找能够直接评价温州蜜柑化渣性的数据化指标，为完善温州蜜柑化渣性鉴定评价方法和后续优质温州蜜柑新品种的选育提供科学依据。

1.材料与方法

1.1 实验材料

选取湖北省内不同果园的特早熟温州蜜柑和早中熟温州蜜柑进行采样，样品共 56 份，对应编号见表 1。在适合的采收期采集完熟的果实，选择树体不同部位大小适中，无明显损伤的果实各 45 个进行实验，采收当天运至实验室，用于生理生化指标的测定。

特早熟温州蜜柑品种：日南 1 号（C. Unshiu Marc. ‘Rinan No.1’）、大分 4 号（C. Unshiu Marc. ‘Dafen No.4’）、由良（C. Unshiu Marc. ‘Yura’）、肥之署（C. Unshiu Marc. ‘Hinoakibono’）。

早中熟温州蜜柑品种：兴津（C. Unshiu Marc. ‘Okitus wase’）、尾张（C. Unshiu Marc. ‘Owari’）、龟井（C. Unshiu Marc. ‘Kamei’）、龟井 2501（C. Unshiu Marc. ‘Kamei 2501’）、鄂柑 2 号（C. Unshiu Marc. ‘Egan No. 2’）、国庆 1 号（C. Unshiu Marc. ‘Guoqing No.1’）、宫川（C. Unshiu Marc. ‘Miyagawa Wase’）。

表 1. 样品编号明细表

Table 1. Schedule of the sample numbers

果园编号 Orchard NO.	对应果园及品种 Corresponding orchards and varieties	果园编号 Orchard NO.	对应果园及品种 Corresponding orchards and varieties
1	宜都市绿老大合作社日南 1 号 Yidu city Green Boss Cooperative, Satsuma mandarin Rinan No.1	29	丹江口市蔡家渡果园场尾张 Danjiangkou city Caijiadu orchard, 'Owari' Satsuma mandarin
2	宜都市绿老大合作社大分 4 号 Yidu city Green Boss Cooperative, Satsuma mandarin Dafen No.4	30	十堰市十堰试验站尾张 Shiyan Test Station, Shiyan city, 'Owari' Satsuma mandarin
3	宜都市绿老大合作社肥之署 Yidu city Green Boss Cooperative, 'Hinoakibono' Satsuma mandarin	31	丹江口市蔡家渡果园场兴津 Danjiangkou city Caijiadu orchard, 'Okitus wase' Satsuma mandarin
4	夷陵区晓曦红公司日南 1 号 Yiling District Xiaoxihong company, Satsuma mandarin Rinan No. 1	32	宜都市绿老大合作社宫川 Yidu city Green Boss Cooperative, 'Miyagawa Wase' Satsuma Mandarin
5	夷陵区晓曦红公司大分 4 号 Yiling District Xiaoxihong company, Satsuma mandarin Dafen No.4	33	枝江市宫川 Zhijiang city, 'Miyagawa Wase' Satsuma Mandarin
6	武汉市南湖基地日南 1 号 Wuhan Nanhu base, Satsuma mandarin Rinan No. 1	34	武汉市金水闸基地由良 Wuhan Jinshuizha base, 'Yura' Satsuma mandarin
7	丹江口市蔡家渡果园场大分 4 号 Danjiangkou city Caijiadu orchard, Satsuma mandarin Dafen No.4	35	武汉市南湖基地龟井 2501 Wuhan Nanhu base, 'Kamei 2501' Satsuma mandarin
8	宜昌市长阳县由良 Changyang county, Yichang city, 'Yura' Satsuma mandarin	36	武汉市郑店街道国庆 1 号 Zhengdian Street, Wuhan City, Satsuma mandarin Guoqing No.1
9	武汉市南湖基地由良 Wuhan Nanhu base, 'Yura' Satsuma mandarin	37	武汉市郑店街道尾张 Zhengdian Street, Wuhan City, 'Owari' Satsuma mandarin
10	武汉市金水闸基地由良 Wuhan Jinshuizha base, 'Yura' Satsuma mandarin	38	武汉市金水基地龟井 Wuhan Jinshuizha base, 'Kamei' Satsuma mandarin
11	咸宁市燕厦乡大分 4 号 Yanxia township, Xianning City, Satsuma mandarin Dafen No.4	39	武汉市金水基地龟井 2501 Wuhan Jinshuizha base, 'Kamei' 2501' Satsuma mandarin
12	咸宁市燕厦乡由良 Yanxia township, Xianning City, 'Yura' Satsuma mandarin	40	武汉市东西湖区国庆 1 号 Dongxihu District, Wuhan city, Satsuma mandarin Guoqing No.1
13	咸宁市长滩乡由良 Changtan township, Xianning city, 'Yura' Satsuma mandarin	41	武汉市东西湖区尾张 Dongxihu District, Wuhan city, 'Owari' Satsuma mandarin
14	武汉市南湖基地日南 1 号 Wuhan Nanhu base, Satsuma mandarin Rinan No. 1	42	十堰市十堰试验站龟井 Shiyan Test Station, Shiyan city, 'Kamei' Satsuma mandarin
15	黄石市阳新县大分 4 号	43	十堰市十堰试验站龟井 2501

	Yangxin County, Huangshi City, Satsuma mandarin Dafen No.4 宜都市绿老大鄂柑 2 号		Shiyan Test Station, Shiyan city, 'Kamei 2501'Satsuma mandarin 枝江市国庆 1 号
16	Yidu city Green Boss Cooperative, Satsuma mandarin Egan No. 2 武汉市南湖基地由良	44	Zhijiang city, Satsuma mandarin Guoqing No.1 宜昌市夷桔香合作社龟井
17	Wuhan Nanhu base, 'Yura' Satsuma mandarin 宜都市大分 4 号	45	Yichang city Yijuxiang cooperative, 'Kamei ' Satsuma mandarin 宜都市白洪溪村鄂柑 2 号
18	Yidu city, Satsuma mandarin Dafen No.4 十堰市高岭村龟井 2501	46	Baihongxi village, Yidu city, Satsuma mandarin Egan No. 2 宜昌市杨越合作社兴津
19	Shiyan city Gaoling village, 'Kamei 2501'Satsuma mandarin 丹江口市由良	47	Yichang Yangyue cooperative, 'Okitus wase' Satsuma mandarin 宜昌市星翔合作社龟井
20	Danjiangkou City,'Yura' Satsuma mandarin 武汉市金水闸基地由良	48	Yichang Xingxiang cooperative, 'Kamei 'Satsuma mandarin 宜都市绿兴合作社鄂柑 2 号
21	Wuhan Jinshuizha base, 'Yura' Satsuma mandarin 丹江口市大分 4 号	49	Yidu city Lvxing cooperative, Satsuma mandarin Egan No. 2 宜昌市津灏合作社国庆 1 号
22	Danjiangkou City, Satsuma mandarin Dafen No.4 武汉市金水基地日南 1 号	50	Yichang city Jinhao cooperative, Satsuma mandarin Guoqing No.1 宜昌市畅欣合作社龟井
23	Wuhan Jinshuizha base, Satsuma mandarin Rinan No.1 丹江口市日南 1 号	51	Yichang city Changxin cooperative, 'Kamei 'Satsuma mandarin 宜都市楚冠合作社鄂柑 2 号
24	Danjiangkou City, Satsuma mandarin Rinan No.1 宜都市日南 1 号	52	Yidu city Chuguan cooperative, Satsuma mandarin Egan No. 2 宜都市高坝洲镇鄂柑 2 号
25	Yidu city, Satsuma mandarin Rinan No.1 丹江口市蔡家渡果园场龟井	53	Gaobazhou town, Yidu city, Satsuma mandarin Egan No. 2 当阳市春新合作社国庆 1 号
26	Danjiangkou city Caijiadu orchard, 'Kamei 'Satsuma mandarin 十堰市十堰试验站兴津	54	Dangyang city Chunxin Cooperative, Satsuma mandarin Guoqing No.1 当阳市紫盖寺林场国庆 1 号
27	Shiyan Test Station, Shiyan city, 'Okitus wase' Satsuma mandarin 十堰市玉皇顶村兴津	55	Zi Gai Temple forest farm, Dangyang City,Satsuma mandarin Guoqing No.1 宜昌市长阳县兴津
28	Yuhuangding Village, Shiyan city, 'Okitus wase' Satsuma mandarin	56	Changyang county, Yichang city, 'Okitus wase' Satsuma mandarin

1.2 实验方法

样品制备：将样品果皮果肉分离，部分果肉用液氮冷冻后贮于-80℃用作纤维素含量和果胶含量的测定；剩余的果肉样品在120℃烘箱内干燥至恒重，磨碎后过60目筛，将过筛后的样品置于自封袋内，放入干燥器中常温保存留作木质素含量的测定。

1.2.1 测定指标

- 1) 外在品质指标：横径、纵径、单果重、果皮厚。
- 2) 内在品质指标：可溶性固形物、可滴定酸、Vc含量。
- 3) 化渣性相关指标：化渣度得分、剪切力和穿刺力。
- 4) 细胞壁代谢相关指标：木质素含量、纤维素含量、果胶含量。

1.2.2 指标测定方法

(1) 横径、纵径、单果重、果皮厚测定：果皮厚、横径和纵径用游标卡尺测量，平行试验3次，求平均值，以减小误差；单果重用千分之一天平称重，平行试验3次，求平均值，以减小误差。

(2) 可溶性固形物：用手持糖酸仪测定。在果实的不同方位取3-5瓣，剥去果皮，将果肉研磨成果汁，用手持糖酸仪测定，每次测定前需调零，测定前要润洗3次，测3次数值，求取平均值，以减小误差。

可滴定酸：用酸碱中和滴定法测定^[25]。平行试验3次，求平均值，以减小误差。

Vc含量：用2,6-二氯酚酚滴定法测定^[26]，平行试验3次，求平均值，以减小误差。

(3) 化渣度得分：利用赋值法和专家打分法^[27]根据果肉的口感质地，将化渣程度量化为4个级别。化渣程度量化为极化渣（8-10分）、化渣（6-8分）、较化渣（4-6分）、不化渣（0-4分）。

剪切力：使用单柱质构分析仪（TA.XT.plusC, Stable Micro Systems）^[1]，探头选择为HDP/BS，测前速度与测中速度为2 mm/s，测后速度为12 mm/s。目标模式为位移，位移即剪切深度为30 mm，出发模式为自动力，触发力为5.0 g。

穿刺力：使用单柱质构分析仪（TA.XT.plusC, Stable Micro Systems），探头选择为P/2的2 mm DIA CYLINDER STAINLESS，接触面积为3.14 mm²，测前速度与测中速度为2.00 mm/s，测后速度为12.00 mm/s。目标模式为位移，位移即穿刺深度为10 mm，出发模式为自动力，触发力为5.0 g。

(4) 木质素含量测定：参照对应检测试剂盒说明书（索莱宝 Solarbio 生物科技有限公司）进行实验，使用全波长酶标仪（K6600，北京奥凯）在280 nm波长处检测吸光度值，通过标准曲线计算最终浓度。

纤维素含量和果胶含量的测定：参照对应检测试剂盒说明书（江苏酶标生物科技有限公司）进行实验，使用全波长酶标仪（K6600，北京奥凯）在450 nm波长处检测吸光度值，通过标准曲线计算最终浓度。

1.3 统计分析

显著性分析、相关性分析、多元线性回归分析用 SPSS17.0 软件进行分析，相关性分析默认使用 Pearson 相关系数。

2. 结果与分析

2.1 不同产区温州蜜柑果实品质分析

对特早熟温州蜜柑果实主要品质指标进行测定，由表 2 可知，不同产区特早熟温州蜜柑的单果重相差较大，为 54.00~129.33g，3 号样品的单果重最小。果皮厚的范围为 2.15~4.32mm，23 号样品的果皮最厚，3 号样品果皮最薄。横径范围为 5.03~7.03cm，纵径范围为 3.73~5.82cm，其中，14 号样品横径最大，17 号样品纵径为最大，3 号样品横径和纵径均为最小。

其内在品质差异明显，果实可溶性固形物含量在 8.63~13.7 % 之间，平均值 10.56%；果实可滴定酸含量在 0.33~0.84 之间，VC 含量在 15.92~39.81mg/100g，固酸比在 10.33~31.31 之间，平均值 16.40。2022 年的可溶性固形物含量和可滴定酸含量整体高于 2021 年。其中 13、15 和 20 号样品表现出高糖高酸的特性。

表 2.湖北特早熟温州蜜柑品质分析

Table 2. Quality analysis of extra early maturing Satsuma mandarin from Hubei province

	果园编号 Orchard NO.	单果重 (g) Single fruit weight	果皮厚 (mm) Peel thickness	横径 (cm) Transverse diameter	纵径 (cm) Longitudinal diameter	可溶性固形物含量 (%) Total soluble solid content/TSS	可滴定酸含量 (%) Titratable acid content/TA	Vc 含量 (mg/100g) Vc content	固酸比 Solid-acid Ratio/SAR
2021 年 Year 2021	1	5.92±0.7b	4.36±0.46b	84.33±0.03cd	2.7±0.28d	9.4±0.06e	0.53±0.01e	28.21±0.7e	17.85±0.34c
	2	5.94±0.4b	4.55±0.29b	86±0.01cd	2.9±1.8cd	8.77±0.03f	0.55±0.01e	28.6±0.51e	16.04±0.23de
	3	5.03±0.15d	3.73±0.2e	54±0.01g	2.15±0.54f	12.3±0.06ab	0.72±0.01b	39.81±0.84a	16.98±0.19cd
	4	6.59±0.58a	5.42±0.86a	136.33±0.02a	3.74±2.74b	8.8±0.1f	0.53±0.01e	28.6±0.39e	16.59±0.58cde
	5	5.15±0.18cd	3.97±0.43d	58.67±0.01f	2.39±0.75e	10.37±0.19c	0.33±0.01h	38.07±0.7b	31.31±1.16a
	6	5.47±0.35c	4.57±0.29b	77.33±0.01de	3.13±1.07c	8.43±0.09f	0.48±0.01f	33.24±0.19d	17.6±0.2c
	7	5.65±1.13bc	4.02±0.7d	73.33±0.04de	2.56±0.32de	9.83±0.09d	0.44±0g	34.98±0.51c	22.56±0.17b
	8	5.29±0.15c	4.34±0.26c	67.07±0.01ef	2.17±0.38f	11.9±0.2b	0.74±0.01b	36.13±0.39c	16.2±0.55de

	9	5.77±0.43bc	5.02±0.46b	95±0.01c	2.74±0.38d	8.63±0.07f	0.84±0.03a	26.47±0.51f	10.33±0.33f
	10	6.2±0.6b	5.27±0.69ab	105.33±0.03bc	4.23±0.76a	9.47±0.23d	0.62±0.01d	22.22±0.84g	15.18±0.65e
	11	6.48±0.52a	5.47±0.58a	125.33±0.03a	3.45±0.89bc	9.43±0.15de	0.44±0.01g	26.47±0.19f	21.33±0.37b
	12	6.53±0.79a	4.79±0.24b	117.33±0.03ab	2.93±2.75c	10.37±0.19c	0.67±0.01c	27.25±0.67ef	15.37±0de
	13	5.16±0.93cd	4.29±0.67cd	70.33±0.03e	2.27±0.22e	12.37±0.22a	0.8±0.01a	32.08±0.19d	15.37±0de
2022 年 Year 2022	14	7.03±0.12a	5.58±0.07ab	146.67±3.18a	2.23±0.05e	9.4±0.06h	0.77±0.02bcd	19.71±0.88b	12.19±0.28e
	15	6.53±0.05c	5.29±0.06bc	110.33±2.19c	3.42±0.05c	12.27±0.03b	0.86±0.01a	22.74±2.27bc	14.21±0.16cd
	16	6.86±0.09ab	5.74±0.08ab	144±3.61a	3.28±0.09c	11.3±0.06d	0.73±0.02cd	16.17±0.25d	15.52±0.29bc
	17	6.62±0.04bc	5.82±0.35a	128±2.08b	2.86±0.14d	10.23±0.03f	0.83±0.02ab	20.46±0bc	12.37±0.35d
	18	6.27±0.06cd	4.97±0.11cd	96.33±2.91d	3.99±0.01b	12.23±0.09b	0.79±0.02bc	19.45±1.77cd	15.52±0.5bc
	19	6.75±0.05ab	5.45±0.03ab	129.33±0.88b	3.99±0.11b	9.8±0.2g	0.7±0.01d	19.96±0.91b	13.95±0.32cd
	20	4.87±0.19f	4.47±0.19f	57.67±5.9g	3.35±0.04c	13.67±0.09a	0.83±0.01ab	21.73±0.91bc	16.41±0.15b
	21	5.73±0.07e	5.29±0.09bc	86±2.08e	4.1±0.06ab	11.33±0.07d	0.59±0.02e	15.92±0.44cd	19.24±0.52a
	22	6.09±0.21d	4.78±0.12d	90.67±6.23de	3.3±0.06c	10.8±0.06e	0.67±0.03d	22.99±1.41b	16.23±0.79b
	23	5.57±0.12e	5.1±0.16bcd	71.67±3.18f	4.32±0.1a	11.4±0.06d	0.84±0.02ab	30.57±1.34a	13.64±0.37d
	24	5.71±0.05e	5.39±0.07bc	84.33±1.33e	2.7±0.13d	9.83±0.03g	0.78±0.06bc	22.99±0.51b	12.75±0.97de
	25	6.72±0.05ab	5.39±0.06b	111.67±2.33c	3.19±0.03c	11.77±0.15c	0.77±0.01bcd	21.98±1.16bc	15.25±0.38bc

注：同列不同字母表示差异显著性 ($P < 0.05$)；下同。

Note: Different letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$); The same below.

对早中熟温州蜜柑果实主要品质指标进行测定，由表 3 可知，不同产区早中温州蜜柑的单果重相差较大，为 68.17~169.67g，38 号样品的单果重最小，43 号样品的单果重最大。果皮厚的范围为 0.83~4.14mm，48 号样品的果皮最厚，33 号样品果皮最薄。横径范围为 5.56~8.1cm，纵径范围为 4.18~6.64cm，其中，38 号样品横径和纵径均最小，42 号样品横径和纵径均为最大。

内在品质差异明显,果实可溶性固形物含量在 8.47~14.3 %之间,平均值为 11.53;果实可滴定酸含量在 0.3~1.09 之间,VC 含量在 17.5~46.23mg/100g ,固酸比在 10.33~31.31 之间,平均值 18.30。对于早中熟柑橘品种来说,平均可溶性固形物超过 11.0 %,固酸比值超过 12,果实品质整体表现较优,风味酸甜。对于特早熟柑橘品种来说,平均可溶性固形物超过 11.0 %,固酸比值超过 12,果实品质整体表现较优,风味酸甜。其中,2022 年的早中熟品种大部分表现出高糖高酸的特性,比如 46 号、47 号、48 号、49 号、50 号、51 号、52 号、53 号、55 号和 56 号样品。

表 3.湖北早中熟温州蜜柑品质分析

Table 3. Quality analysis of early and medium maturing Satsuma mandarin from Hubei province

	果园编号	单果重 (g)	果皮厚 (mm)	横径 (cm)	纵径 (cm)	可溶性固形物	可滴定酸含量	Vc 含量	固酸比
	Orchard NO.	Single fruit weight	Peel thickness	Transverse diameter	Longitudinal diameter	含量 (%)	(%)	(mg/100g)	SAR
						TSS	TA	Vc content	
2021 年 Year 2021	26	6.27±0.1de	4.57±0.07f	100.83±4.41cd	1.21±0.09e	11.73±0.45b	0.51±0.03cd	26.11±0.73cd	22.94±0.52ef
	27	6.18±0.07de	4.9±0.05ef	107.67±3.49bcd	1.01±0.03ef	11.07±0.37bc	0.39±0fg	26.94±0.28bc	28.71±0.8bc
	28	6.26±0.05de	4.91±0.03ef	112.17±1.88bcd	1.13±0.05ef	10.4±0.06de	0.42±0.01ef	26.11±0.73cd	24.76±0.67de
	29	6.81±0.03b	5.27±0.05cd	129.5±2.36b	1.79±0.08d	10.17±0.3de	0.67±0.01b	27.5±0.48bc	15.19±0.18i
	30	6.48±0.17cd	5.16±0.15cd	117.5±7.4bc	1.27±0.07e	9.77±0.32ef	0.54±0.02cd	26.67±1.27bc	18.12±0.51gh
	31	5.96±0.12e	4.84±0.09ef	96.5±5.63cd	0.99±0.01ef	10.43±0.28de	0.46±0de	26.39±0.56bc	22.57±0.66ef
	32	6.82±0.06b	5.11±0.07de	128.67±4.92b	1.11±0.06ef	10.97±0.09bc	0.3±0.01g	17.5±2.1f	36.18±1.28a
	33	6.46±0.24cd	4.82±0.16ef	111.67±4.32bc	0.83±0.05f	12.8±0.2a	0.65±0.07bc	25.28±2.37cd	20.46±2.74fg
	34	6.64±0.04bc	5.35±0.02cd	111.5±6.89bc	3.19±0.09a	10.6±0.17cd	0.50±0cde	17.5±1.55f	21.78±0.69f
	35	6.18±0.20de	4.57±0.09f	94.83±3.7d	2.28±0.11c	11.1±0.25bc	0.73±0.02b	20±0.9ef	10.54±5.29hij
	36	6.8±0.01b	5.32±0.10cd	129.5±4.92b	2.80±0.01ab	9.3±0.21fg	0.65±0.06bc	31.79±1.02a	14.34±0.1i
	37	6.64±0.09bc	5.42±0.07c	124.52±3.78b	2.83±0.07ab	9.2±0.10g	0.57±0.03c	26.97±0.87bc	16.09±0.38hi
	38	5.56±0.17f	4.18±0.05g	68.17±4.05e	2.73±0.1b	12.7±0.3a	0.48±0.01de	28.06±0.28b	26.61±0.8cd
	39	6±0.09e	4.79±0.08ef	92.17±4.19d	2.35±0.08c	9.5±0.17f	0.38±0.01fg	25±0.48cd	25.01±1.2de
	40	6.14±0.16e	4.78±0.02ef	107.33±8.85bcd	2.26±0.2c	10.37±0.07de	0.95±0.06a	28.02±1.35b	11.03±0.66k

	41	6.12±0.01e	5.38±0.38cd	122.33±27.72bc	2.1±0.27cd	10.07±0.43de	0.9±0.07a	23.33±0.48de	11.38±0.97k
	42	8.1±0.15a	6.64±0.06a	99.5±0.29cd	2.97±0.08ab	8.47±0.38h	0.35±0.01fg	24.44±1cde	24.24±1.57def
	43	7.88±0.06a	5.88±0.04b	169.67±5.78a	2.79±0.21ab	8.6±0.06gh	0.29±0.01g	21.67±0.48ef	30.08±0.66b
2022 年 Year 2022	44	6.24±0.02d	4.83±0.02de	99±1.15e	3.37±0.03c	11.87±0.2d	0.77±0.05e	18.95±2.32b	15.56±0.2ab
	45	6.73±0.07ab	5.01±0.06d	120.67±3.93bc	3.53±0.06bc	13.17±0.45bc	0.79±0.03de	21.98±1.16b	16.78±0.45a
	46	6.52±0.04bc	5.29±0.07bc	114.67±3.76cd	3.71±0.01b	12±0.38d	0.84±0cd	21.47±0.51b	14.26±0.38bc
	47	6.72±0.06ab	5.61±0.12a	133.67±4.37a	2.71±0.05e	14.2±0.12a	0.94±0.02bc	20.72±2.02b	15.16±0.12ab
	48	6.59±0.01bc	5.45±0.03ab	122±1bc	4.14±0.06a	13.2±0.3bc	0.8±0.06cd	27.28±2.32ab	16.68±0.3a
	49	6.33±0.09cd	5.02±0.02d	107±2.08de	3.85±0.07ab	12.57±0.18cd	1.09±0.1a	46.23±25.39a	11.71±0.18d
	50	6.61±0.09b	5.21±0.05cd	120.67±3.53bc	3.94±0.09a	13.27±0.09bc	1.07±0.07ab	19.96±0.25b	12.54±0.09cd
	51	5.76±0.06e	4.69±0.04e	80.67±2.4f	2.78±0.23de	13.63±0.27ab	0.92±0.02cd	28.04±2.87ab	14.82±0.27ab
	52	6.67±0.08ab	5.31±0.04bc	128.33±2.33ab	2.89±0.05de	12.2±0.06d	0.87±0.05cd	24.51±1.54b	14.08±0.06bc
	53	5.71±0.05e	4.66±0.14e	82±3.06f	3.11±0.02cd	13.2±0.35bc	1.04±0.05abc	25.26±0.51ab	12.77±0.35cd
	54	6.86±0.06a	5.33±0.05bc	133±1.53a	3.09±0.23cd	11.73±0.33d	0.75±0.01e	27.03±0.67ab	15.72±0.33a
	55	6.35±0.05cd	5.53±0.07a	117.67±2.33c	3.23±0.1cd	14.2±0.4a	1.05±0.04ab	24.51±1.97b	13.65±0.4bcd
	56	6.39±0.15cd	5.21±0.07cd	113.67±6.57cd	3.05±0.11d	14.3±0.44a	1.05±0.05ab	20.97±1.54b	13.6±0.44bcd

注：同列不同字母表示差异显著性 ($P < 0.05$)；下同。

Note: Different letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$); The same below.

2.2 化渣性评价及相关生理指标检测

对特早熟温州蜜柑果实化渣性评价及相关指标进行测定，由表 4 可知，特早熟温州蜜柑的化渣度得分在 4.6~8.55，平均得分为 6.38；穿刺力在 97.09 g~302.5 g 之间，剪切力在 896.43 g~2683.33g 之间，木质素含量在 37.05~209.18 mg/g 之间，纤维素含量在 10.1~20.15 mg/g 之间，果胶含量在 7.54~24.79 mg/g 之间，不同地区栽培化渣性差异较大。其中，13 号样品的化渣度得分最高为 8.55，同时剪切力最小；9 号样品的化渣度得分最低为 4.6，穿刺力和剪切力均为最大，木质素含量也最高。

表 4. 湖北特早熟温州蜜柑化渣性评价及相关生理指标分析

Table 4. Evaluation of slag melting and analysis of related physiological indexes of extra early maturing Satsuma mandarin from Hubei province

	果园编号	化渣度得分	穿刺力 (g)	剪切力 (g)	木质素含量 (mg/g)	纤维素含量 (mg/g)	果胶含量 (mg/g)
	Orchard NO.	Slag melting degree score	Piercing force	Shear force	Lignin content	Cellulose content	Pectin content
2021 年 Year 2021	1	6.2±0.42c	167.97±21.31d	1836.99±42.75cd	49.8±3.08e	14.51±1.1de	13.27±1.73ab
	2	6.4±0.55c	186.81±11.6cd	1526.82±61.26e	57.87±1.31d	17.59±0.26abc	9.7±1.01cd
	3	5.7±0.32c	259.84±13.93b	1538.83±31.03e	78.73±4.38c	16.65±0.96cd	8.04±1.65d
	4	6.25±0.28c	208.53±7.52c	1438.67±26.39e	86.87±6.61cd	17.02±0.98bc	12.35±0.95bc
	5	5.8±0.4c	232.25±10.11bc	1430±29.8e	37.05±2.6f	15.78±1.72c	10.37±1bc
	6	5.4±0.55cd	213.6±11.25cd	2002.63±41.45bc	79.08±4.87c	12.88±0.34e	8.59±0.49d
	7	6.4±0.38bc	114.92±11.14f	1451.3±61.42e	78.16±9.99c	14.1±1.47de	8.23±0.95cd
	8	7.45±0.06b	138.31±10.34de	932.06±50.79f	62.61±11.33d	17.02±0.63bc	9.01±1.36cd
	9	4.6±0.3d	300.55±4.04a	2311.14±55.68a	209.18±19.84a	19.9±1.62a	11.98±0.6bc
	10	5.85±0.28c	187.44±18.51cd	1871.09±86.47c	94.56±3.8c	15.26±0.67cde	10.99±0.88bc
	11	5.4±0.44cd	302.5±9.94a	2201.7±35.03a	152.11±2.86b	14.87±1.2de	11.36±2.05bc
	12	6.1±0.47c	256.35±4.76b	2032.24±53.48b	119.86±13.83bc	19.47±1.5ab	13.41±1.01ab
	13	8.55±0.34a	137.84±6.32de	896.43±37.44f	46.97±4.43e	16.7±0.26c	16.16±1.24a
2022 年 Year 2022	14	5.36±0.49c	229.65±11.67b	2423.65±187.14ab	180.96±4.4a	18.03±0.29bc	12.97±2.18d
	15	5.89±1.08bc	177.41±3.14c	1641.19±45.78cd	175.36±6.81ab	16.4±0.85d	13.46±0.54cd
	16	6.67±0.17abc	123.95±2.01de	1090.04±47.42e	121.21±5.7de	10.1±0.91f	8.15±0.48e
	17	7.5±0.76ab	99.52±9.68e	1077.81±131.4e	107.15±11.05e	13.82±0.22e	7.54±1.68e
	18	6.26±0.7bc	254.06±28.2ab	1892.95±79.99c	115.36±7.1e	11.38±0.41f	7.55±1.36de
	19	7.15±0.27abc	100.23±1.81e	1311.99±105.76de	126.53±5.95d	16.92±0.48cd	17.07±0.04b
	20	6.92±0.79abc	139.25±18.41d	1592.61±99.32cd	109.43±5.92e	18.25±0.47bc	9.99±0.14de
	21	6.13±1bc	175.75±3.99cd	2359.29±149.12b	158.07±4.16bc	19.06±0.19ab	9.09±0.45e

22	7.13±0.26abc	153.78±11.65cd	1545.47±20.18d	149.46±5.87c	14.25±0.68e	8.22±1.23e
23	5.81±1.03bc	268.17±15.06a	2683.33±103.91a	167.4±6.77abc	17.6±0.73bcd	16.57±1.19bc
24	6.44±0.19bc	176.46±12.03cd	1804.21±127.99cd	123.22±4.25de	16.28±0.2d	14.16±1bcd
25	8.24±0.23a	97.09±8.03e	1199.54±87.31e	105.53±4.6e	20.15±0.32a	24.79±1.47a

注：同列不同字母表示差异显著性（ $P < 0.05$ ）；下同。

Note: Different letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$); The same below.

由表 5 可知，早中熟温州蜜柑的化渣度得分在 3.38~8.24，平均值为 6.01，穿刺力在 78.45 g~239.38g 之间，剪切力在 848.58 g~3926.24g 之间，木质素含量 66.48~208.9 mg/g，纤维素含量在 10.1~20.15 mg/g 之间，果胶含量在 7.54~24.79 mg/g 之间，不同地区栽培化渣性差异较大。其中，55 号样品的化渣度得分最高为 8.24；29 号的化渣度得分最低为 3.38，穿刺力和剪切力均为最大。

表 5. 湖北早中熟温州蜜柑化渣性评价及相关生理指标分析

Table 5. Evaluation of slag melting and analysis of related physiological indexes of early and medium maturing Satsuma mandarin from Hubei province

	果园编号 Orchard NO.	化渣度得分 Slag melting degree score	穿刺力 (g) Piercing force	剪切力 (g) Shear force	木质素含量 (mg/g) Lignin content	纤维素含量 (mg/g) Cellulose content	果胶含量 (mg/g) Pectin content
	26	3.65±0.23cd	206.99±3.19bc	3283.46±64.34b	144.83±2.62a	33.5±1.44ab	15.84±1.19ab
	27	4.7±0.92bc	200.63±5.25c	1546.38±65.76fg	98.2±4.6fg	25.51±2.36c	16.73±0.19ab
	28	5.6±0.49ab	184.14±9.26de	950.41±34.2lm	66.48±4.11j	31.45±1.49ab	18.26±0.9ab
	29	3.38±0.3d	225.13±5.68a	3926.24±68.91a	138.02±1.14b	33.66±1.98ab	7.11±4.55ab
	30	4.18±0.63bcd	231.75±3.37a	3397.62±77.71b	105.39±1.74ef	28.39±1.07bc	11.74±0.9b
	31	5.55±0.8ab	205.9±5.65bc	1779.91±38.06e	90.31±3.21gh	29.27±1.85abc	16.38±1.7ab
	32	6.4±0.59a	190.89±7.37cde	1151±29.54jk	107.71±3.95ef	33.76±1.26a	20.9±0.78ab
2021 年	33	5.7±0.15ab	197.89±4.19cd	1489.62±5.57gh	76.47±7.8hi	22.96±0.4cd	14.09±1.58ab
Year 2021	34	6.4±0.55a	194.39±7.15cde	1277.43±75.48ij	75.48±4.64i	19.01±1d	15.69±0.97ab
	35	5.05±0.83ab	187.92±2.68d	1199.83±38.7jk	113.84±5.21de	18.61±2.08d	14.35±0.73ab

	36	6.2±0.72a	196.09±4.83cd	1649.38±39.07ef	92.21±3.36g	22.89±1.89cd	17.78±1.82ab
	37	6.55±0.73a	194.39±6.79cde	1310.77±19.16ij	95.95±2.36fg	28.95±2.58ab	11.84±2.58ab
	38	6.5±0.14a	120.74±2.92g	1066.69±37.56kl	115.47±8.65de	21.04±0.29cd	12.01±1.06b
	39	5.45±0.54ab	195.75±8.3cde	848.58±42.81m	148.78±4.02a	24.09±1.82cd	11.39±0.71b
	40	5.9±0.36ab	188.55±7.1de	1400.87±23.21hi	96.65±0.81fg	30.41±1.7ab	14.26±2.61ab
	41	4.6±1.1bc	217.13±4.26ab	3035.88±54.97c	155.36±8.16a	29.99±2.46ab	15.54±1.42ab
	42	5.15±0.15bc	196.24±3.91cd	2455.82±20.89d	125.12±4.46cd	30.9±2.2ab	14.02±3.43ab
	43	6.25±0.2a	162.99±4.62f	1334.25±14.57i	127.92±3.22bc	28.55±2.85ab	21.76±1.5a
2022 年 Year 2022	44	5.36±0.49c	198.62±10.13ab	3110.75±105.93a	208.9±5.97a	16.54±0.35ab	16.06±0.1bc
	45	5.89±1.08bc	149.26±1.93cd	1841.64±75.27cd	161.39±3.03c	13.58±0.75cd	12.68±2.33cd
	46	6.67±0.17abc	107.09±4.33de	1065.91±21.68fg	123.85±1.16e	13.64±0.75cd	10.25±0.25d
	47	7.5±0.76ab	132.02±12.11cd	1416.96±124.45de	203.43±5.33a	14.38±0.56bc	17.94±1.98b
	48	6.26±0.7bc	186.37±22.77bc	2057.7±112.31b	178.3±7.41b	19.33±1.54a	23.55±1.61a
	49	7.15±0.27abc	125.51±18.44de	1730.62±217.85cde	143.65±3.05d	14.36±0.88bc	18.56±0.64b
	50	6.92±0.79abc	146.71±3.73bcd	2457.93±172.36b	187.7±3.31b	12.31±0.07cd	7.45±2.09de
	51	6.13±1bc	173.81±20.41bc	1628.52±39.51de	152.46±2.36cd	11.28±0.7d	14.94±1.19cd
	52	7.13±0.26abc	233.39±30.41a	1620.98±98.98de	143.98±5.4d	13.7±0cd	9.79±0.27d
	53	5.81±1.03c	176.18±14.28bcd	1862.31±104.31cd	115.89±4.62e	12.45±0.38cd	5.55±0.46e
	54	6.44±0.19abc	239.38±21.89a	2350.97±140.56b	182.98±3.31b	15.12±0.55b	16.47±1.81bc
	55	8.24±0.23a	136.78±14.56de	1397.74±39.97ef	103.84±1.96e	16.36±0.06ab	5.32±0.45e
	56	7.96±0.33ab	78.45±5.33e	1019.73±144.41g	89.87±1.91f	15±0.21b	15.38±0.5c

注：同列不同字母表示差异显著性 ($P < 0.05$)；下同。

Note: Different letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$); The same below.

2.3 相关生理指标相关性分析

对特早熟温州蜜柑的所有指标进行相关性分析（表 6），可知：横径、纵径、单果重、果皮厚之间均呈显著正相关，横径与单果重相关性高达 0.945，纵径与单果重相关系数高达 0.809，在 0.05 和 0.01 水平上达到极显著水平，且与木质素含量呈显著正相关，同时横径、纵径、单果重均与 TSS、VC、SAR 含量呈显著负相关，说明对特早熟温州蜜柑来说，在一定范围内果实越大果皮越厚，其可溶性固形物、VC 含量和固酸比越低，同时木质素含量变高；化渣度得分与 TA、TSS 和果胶含量呈显著正相关，但与剪切力、穿刺力和木质素含量均呈显著负相关，其中穿刺力与化渣度得分的相关系数为-0.529，而剪切力与穿刺力呈显著正相关，其相关系数为 0.583，在 0.05 和 0.01 水平上达到极显著水平，说明果实的可溶性固形物，可滴定酸和果胶含量越高，化渣度得分越高，化渣性就越好，而剪切力和穿刺力越大，即剪切和穿刺果肉囊衣所需要的力越大，木质素含量越高，化渣度得分越低，化渣性就越差；木质素含量与剪切力呈显著正相关，相关系数为 0.484，在 0.05 和 0.01 水平上达到极显著水平，在某种程度上可以说明木质素含量越高，则剪切果肉所用的力越大，导致果肉化渣度得分越低，即化渣度越差。

表 6.湖北省特早熟温州蜜柑果实品质指标的相关性分析

Table 6. Correlation analysis of fruit quality indexes of extra early maturing Satsuma mandarin from Hubei province

	横径 Transverse diameter	纵径 Longitudinal diameter	单果重 Single fruit weight	果皮厚 Peel thickness	可溶性 固形物 含量 TSS	可滴定酸 含量 TA	Vc 含量 Vc content	固酸比 SAR	化渣度得分 Slag melting degree score	穿刺力 Piercing force	剪切力 Shear force	木质素 含量 Lignin content	纤维素 含量 Cellulose content	果胶含量 Pectin content
横径 Transverse diameter	1	.772**	.945**	.290*	-.309**	0.11	-.614**	-.344**	-0.015	-0.188	0.031	.396**	-0.113	.232*
纵径 Longitudinal diameter		1	.809**	.457**	-0.185	.316**	-.758**	-.479**	-0.038	-0.182	0.121	.571**	-0.042	0.224
单果重 Single fruit weight			1	.266*	-.341**	0.112	-.614**	-.362**	-0.031	-0.17	-0.001	.406**	-0.108	0.165
果皮厚				1	0.017	0.057	-.515**	-0.14	-0.072	0.026	.348**	.365**	-0.077	0.101

Peelthickness										
可溶性固形物含量	1	.511**	-0.067	-0.001	.357**	-0.209	-0.205	-0.026	0.055	0.045
TSS										
可滴定酸含量		1	-.396**	-.812**	.236*	-0.094	0.012	.454**	0.203	.238*
TA										
Vc 含量			1	.457**	-0.134	.261*	-0.167	-.536**	0.048	-0.109
Vc content										
固酸比				1	-0.096	0.069	-0.128	-.485**	-0.171	-0.219
SAR										
化渣度得分					1	-.529**	-.481**	-.280*	-0.038	.246*
Slag melting degree										
score										
穿刺力						1	.583**	0.169	0.155	-0.121
Piercing force										
剪切力							1	.484**	0.22	0.041
Shear force										
木质素含量								1	0.2	0.103
Lignin content										
纤维素含量									1	.475**
Cellulose content										
果胶含量										1
Pectin content										

注：同列不同字母表示差异显著性（ $P < 0.05$ ）；下同。

Note: Different letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$); The same below.

对早中熟温州蜜柑的所有指标进行相关性分析（表 7），得到：横径、纵径、单果重之间均呈显著正相关，横径与纵径相关性高达 0.835，横径、纵径与单果重相关系数分别为 0.648、0.634，在 0.05 和 0.01 水平上达到极显著水平，均与 TSS 含量呈显著负相关，说明对早中熟温州蜜柑来说，在一定范围内果实越大果皮越厚，其可溶性固形物含量越低；化渣度得分与 TA、TSS 呈显著正相关，但与剪切力、穿刺力和纤维素含量均呈显著负相关，其中穿刺力和剪切力与化渣度得分的相关系数分别为-0.480、-0.504，而剪切力与穿刺力呈显著正相关，其相关系数为 0.446，在 0.05 和 0.01 水平上达到极显著水平，说明果实的可溶性固形物，可滴定酸含量越高，化渣度得分越高，化渣性就越好，而剪切力和穿刺力越大，即剪切和穿刺果肉囊衣所需要的力越大，纤维素含量越高，化渣度得分越低，化渣性就越差；木质素含量与剪切力呈显著正相关，相关系数为 0.409，在 0.05 和 0.01 水平上达到极显著水平，在某种程度上可以说明木质素含量越高，则剪切果肉所用的力越大，导致果肉化渣度得分越低，即化渣度越差；纤维素含量与穿刺力、剪切力有显著正相关性，与穿刺力的相关系数为 0.419，在 0.05 和 0.01 水平上达到显著水平，与剪切力相关系数为 0.232，在 0.05 水平上相关性显著，且与 TSS、TA 和化渣度得分有显著负相关性，说明早中熟温州蜜柑的可溶性固形物和可滴定酸含量越高，化渣度得分就会越高，即化渣性越好，纤维素含量越高，剪切和穿刺果肉所用的力就越大，化渣度得分就会越低，即化渣性越差。

表 7.湖北省早中熟温州蜜柑果实品质指标的相关性分析

Table7. Correlation analysis of fruit quality indexes of early and medium maturing Satsuma mandarin from Hubei province

	横径 Transverse diameter	纵径 Longitudinal diameter	单果重 Single fruit weight	果皮厚 Peel thickness	可溶性 固形物 含量 TSS	可滴定 酸含量 TA	Vc 含 量 Vc content	固酸 比 SAR	化渣度得分 Slag melting degree score	穿刺力 Piercing force	剪切力 Shear force	木质素 含量 Lignin content	纤维素 含量 Cellulose content	果胶含量 Pectin content
横径 Transverse diameter	1	.835**	.648**	0.16	-.397**	-.304**	-0.101	.223*	0.023	0.094	0.13	0.079	.215*	.224*
纵径 Longitudinal diameter		1	.634**	.290**	-.289**	-0.097	-0.074	0.038	0.148	0.045	0.108	0.106	0.105	0.078
单果重 Single fruit weight			1	0.079	-.217*	-0.085	-0.087	0.06	0.141	0.097	0.083	0.128	0.154	0.171
果皮厚				1	.351**	.539**	0.011	-.465**	.219	-.427**	-0.084	.491**	-.066	-0.191

Peelthickness											
可溶性固形物含量	1	.672**	0.004	-.325**	.380**	-.494**	-0.135	.300**	-.707**	-0.165	
TSS											
可滴定酸含量		1	0.174	-.844**	.356**	-.367**	0.075	.329**	-.650**	.338**	
TA											
Vc 含量			1	-0.135	0	-0.085	0.092	-0.054	0.018	0.09	
Vc content											
固酸比				1	-0.173	0.114	-.209*	-.255*	.495**	.335**	
SAR											
化渣度得分											
Slag melting degree score					1	-.480**	-.504**	0.01	-.398**	0.138	
穿刺力											
Piercing force						1	.446**	0.025	.419**	0.101	
剪切力											
Shear force							1	.409**	.232*	0.018	
木质素含量											
Lignin content								1	-.380**	0.062	
纤维素含量											
Cellulose content									1	.321**	
果胶含量											
Pectin content										1	

注：同列不同字母表示差异显著性（ $P < 0.05$ ）；下同。

Note: Different letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$); The same below.

2.4 多元线性回归分析结果

对 56 个样品的 13 个指标进行相关性分析发现，与化渣性得分有显著相关性的品质指标有：TSS、TA，同时选取化渣性相关指标（穿刺力、剪切力）以及细胞壁代谢的指标（纤维素含量、木质素含量和果胶含量），将这些指标进行多元线性回归分析。

调整后 $R^2=0.408$ ，表明所有自变量解释化渣度得分的 40.8% 变异。F=8.277， $P=0.000<0.001$ ，说明至少有一个自变量可以解释因变量的变异， $R^2=56.708/105.749=0.464$ ，与 R 方结果同出一源，说明回归模型有统计学意义。方差膨胀因子 $VIF<10$ ，容差均在 0.1~1.0 之间，说明本研究的自变量多重共线性不严重，适合做多元线性回归（表 8）。

由多元线性回归系数表（表 8）中看出：剪切力（B=0.00，Beta=-0.142，P=0.276）、TA（B=1.724，Beta=0.218，P=0.099）、纤维素含量（B=0.023，Beta=0.051，P=0.631）不会对化渣度得分产生影响；穿刺力（B=-0.007，Beta=-0.324，P=0.004）、木质素含量（B=-0.007，Beta=-0.275，P=0.031）对化渣度得分有负向影响，TSS（B=0.108，Beta=0.128，P=0.026）、果胶含量（B=0.044，Beta=0.157，P=0.046）对化渣度得分有正向影响。

表 8.多元线性回归系数

Table8. Multiple linear regression coefficients

模型 Model	非标准化系数	标准系数	共线性统计量		F	调整 R ² Adjusted R ²
	Nonstandard coefficient	Standard coefficient	容差 Allowance	VIF		
	B	Beta	t	Sig.		
(常量) Constant quantity	5.875		5.252	.000	8.277	0.408
可溶性固形物含量 TSS	.108	.128	1.137	.026	.634	1.576
可滴定酸含量 TA	1.724	.218	1.674	.099	.474	2.109
穿刺力 Piercing force	-.007	-.342	-2.967	.004	.603	1.659
剪切力 Shear force	.000	-.142	-1.097	.276	.477	2.095
木质素含量 Lignin content	-.007	-.275	-2.208	.031	.514	1.944
纤维素含量 Cellulose content	.023	.051	.483	.631	.706	1.416
果胶含量 Pectin content	.044	.157	1.469	.046	.704	1.420

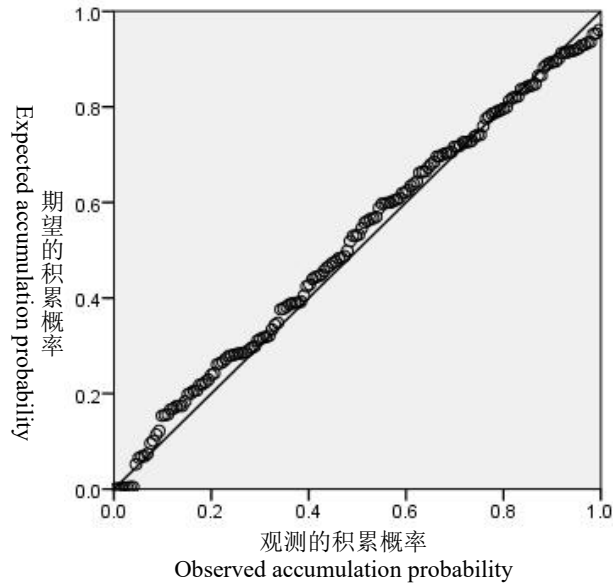


图 1.回归标准残差的标准 P_P 图

Figure1. Standard P_P plot of regression standard residuals

残差直方图满足正态分布，且均数为 2.68×10^{-15} 接近于 0，标准偏差为 0.979 接近于 1，说明线性回归的正态性条件是达到的，回归标准残差 P_P 图（图 1）也说明满足正态性条件。将 7 个品质及质构特征指标作为自变量进行回归分析，构建了包括 TSS、穿刺力、木质素含量和果胶含量 4 个指标且具有统计学意义的感官综合评价的预测模型： Y （化渣度得分） $=5.875+0.108 * X$ （TSS） $-0.007 * X$ （穿刺力） $-0.007 * X$ （木质素含量） $+0.044 * X$ （果胶含量）。模型综合口感预测得分与综合口感实际得分基本一致。因此，基于回归分析建立的综合得分预测模型可实现温州蜜柑果实感官品质的综合评价，质构特征指标和理化成分指标作为客观方法可以较好地弥补感官分析的主观性缺陷，可应用于湖北省温州蜜柑的品质评价。

3.讨论

柑橘化渣性差表现为果肉入口咀嚼时感觉粗糙甚至有时嚼不烂无法吞咽。而这一性状作为衡量果实感官品质的一个重要因素影响消费者的口感，对消费者继续购买行为的发生具有重要影响。研究发现，可溶性固形物含量的增加有利于提高温州蜜柑果实的化渣性。这一结论与王鲲鹏等^[28]报道的推荐施肥后‘温州蜜柑’和‘南丰蜜橘’果实中 TSS 含量显著增加，有效提升了果实的化渣性相符合。吴迪等^[29]对南丰蜜桔进行转录组分析，也发现在化渣性比较好的‘蜜广’中糖和酸代谢相关基因的相对表达量显著增高，有机酸的积累较多。魏清江等^[9]对不同结果习性南丰蜜橘果实的品质进行比较，发现不同结果习性的果实品质有差异，化渣性品质好的果实，其常规品质往往也较好。

温州蜜柑的化渣度得分与穿刺力和剪切力呈显著负相关，即剪切和穿刺果肉所用的力越小，导致果肉化渣度得分越高，温州蜜柑果实的化渣性就越好。严敏^[30]对南丰蜜橘质构特

性研究发现,南丰蜜橘果实化渣性与囊衣硬度呈显著负相关($r^2=-0.998^*$),南丰蜜广果实化渣性与囊衣硬度也呈显著负相关($r^2=-0.997^*$),南丰蜜橘果实化渣性与囊衣质地密切相关,囊衣硬度越低,果实化渣性越好。汪妙秋^[31]和魏清江等^[9]的研究结果认为南丰蜜橘果实化渣性与剪切力、硬度和阻嚼度均极显著正相关。表现为剪切力、硬度和阻嚼度低,化渣性就好。柑橘果实囊衣化渣性与囊衣厚度关系大,囊衣厚度增加是细胞数目和细胞壁果胶类物质增多的共同结果;果胶与囊衣发育程度、细胞壁厚度形成密切相关,可能是反映柑橘果实化渣性的潜在生化标志物^[10]。

前期的研究表明柑橘果实的化渣性与囊衣中果胶含量的积累相关^[10]。柑橘果肉中纤维素及原果胶含量增加是导致果实化渣性能下降的原因,从而导致果渣变得粗糙和残渣增多^[17]。曾秀丽等^[18]研究发现纤维素和木质素含量低可使脐橙果实的脆性增加,同时使化渣性变好。‘清见’比‘不知火’化渣性差是因其具有更高的果胶和木质素含量^[32]。化渣性差的南丰蜜橘囊衣细胞壁中的原果胶、水溶性果胶、纤维素、半纤维素和木质素含量在果实发育的各个阶段均显著高于化渣性好的‘南丰蜜广’^[30]。本研究发现,温州蜜柑的化渣度得分与木质素含量和纤维素含量呈显著负相关,与果胶含量呈正相关。

本文通过感官评价、质构仪对温州蜜柑化渣性进行综合评价,并通过相关性分析及多元线性回归分析初步解析了温州蜜柑果实化渣性的主要影响因素。基于回归分析建立的综合得分预测模型可实现温州蜜柑果实感官品质的综合评价,质构特征指标和理化成分指标作为客观方法可以较好地弥补感官分析的主观性缺陷,可应用于湖北省温州蜜柑的化渣性评价。

4.结论

评价柑橘果实化渣性的方法大致有两种:感官品尝评价的方法、质构仪测试法。本试验综合将两种评价方法进行结合,以化渣度得分为因变量,将7个品质及质构特征指标作为自变量进行回归分析,构建了包括TSS、穿刺力、木质素含量和果胶含量4个指标且具有统计学意义的感官综合评价的预测模型: $Y(\text{化渣度得分})=5.875+0.108 \times X(\text{TSS})-0.007 \times X(\text{穿刺力})-0.007 \times X(\text{木质素含量})+0.044 \times X(\text{果胶含量})$ 。根据感官品质分析、质构特征和细胞壁成分指标建立温州蜜柑果实客观、科学的化渣性评价方法具有可行性,可为优良品质资源筛选、创新以及品种选育提供数据化判断依据。

参考文献 References:

[1] WU G A, PROCHNIK S, JENKINS J, SALSE J, HELLSTEN U, MURAT F, PERRIER X, RUIZ M, SCALABRIN S, TEROL J, TAKITA M A, LABADIE K, POULAIN J, COULOUX A, JABBARI K, CATTONARO F, FABBRO C D, PINOSIO S, ZUCCOLO A, CHAPMAN J, GRIMWOOD J, TADEO F R, ESTORNELL L H, MUÑOZ-SANZ J V, IBANEZ V, HERRERO-ORTEGA A, ALEZA P, PEREZ-PEREZ J, RAMON D, BRUNE D, LURO F, CHEN C X, FARMERIE W G, DESANY B, KODIRA C, MOHIUDDIN M, HARKINS T, FREDRIKSON K, BURNS P, LOMSADZE A, BORODOVSKY M, REFORGIATO G, FREITAS-ASTUA J, QUETIER F, NAVARRO L, ROOSE M, WINCKER P, SCHMUTZ J, MORGANTE

M, MACHADO M A, TALON M, JAILLON O, OLLITRAULT P, GMITTER F, ROKHSAR D. Sequencing of diverse mandarin, pummelo and orange genomes reveals complex history of admixture during citrus domestication[J]. *Nature Biotechnology*, 2014, 32(7): 656-662.

[2] 乔进超, 李旭玮, 施蕊. 中国柑橘三大产区产业探究—以广西、湖南、湖北为例[J]. *云南科技管理*, 2021 (1) : 45-49.

QIAO Jinchao, LI Xuwei, SHI Rui. Research on the three major citrus producing areas in China -- taking Guangxi, Hunan and Hubei as examples[J]. *Yunnan Science and Technology Management*, 2021 (1) : 45-49.

[3] 刘澍森. 我省柑橘产量位居全国第三——2023 年达 570.9 万吨[N]. *湖北日报*, 2024-04-19.

Liu Shusen. The output of citrus in our province ranks third in China, reaching 5.709 million tons in 2023 [N]. *Hubei Daily*, 2024-04-19.

[4] 陆平波, 廖胜才, 熊仁财, 金天云, 赵昆松. 湖北省柑橘产业高效节水灌溉现状及发展对策[J]. *中国农技推广*, 2022, 12 (38) : 58-60.

LU Pingbo, LIAO Shengcai, XIONG Rencai, JIN Tianyun, ZHAO Kunsong. Current situation and development countermeasures of high-efficiency water-saving irrigation for citrus industry in Hubei Province [J]. *Agricultural Technology Promotion in China*, 2022, 12 (38) : 58-60.

[5] 张丽芳. 南丰蜜橘果胶代谢与化渣性关系研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2014.

ZHANG Lifang. Correlation analysis on pectic metabolism and mastication of Nanfeng tangerine fruit[D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2014 .

[6] 鲍江峰, 夏仁学, 彭抒昂, 陈传友, 朱洪敏. 湖北省柑橘产业的现状与发展对策[J]. *中国农学通报*, 2005, 21 (1) : 208-212.

BAO Jiangfeng, XIA Renxue, PENG Shu'ang, CHEN Chuanyou, ZHU Hongmin. Current situation and development strategy of citrus industry in Hubei Province [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005, 21 (1) : 208-212.

[7] 祁春节, 邓秀新. 当前我国柑桔产业发展面临的重大问题和对策措施[J]. *中国果业信息*, 2016, 33 (12) : 9-11.

QI Chunjie, DENG Xiuxin. Major problems and countermeasures in the development of citrus industry in China [J]. *China Fruit Industry Information*, 2016, 33 (12) : 9-11.

[8] 伊华林, 刘慧宇. 我国柑橘品种分布特点及适地适栽品种选择探讨[J]. *中国果树*, 2022 (1) : 1-7.

YI Hualin, LIU Huiyu. Discussion on distribution characteristics of citrus varieties and selection of suitable local and planting varieties in China [J]. *Chinese fruit trees*, 2022 (1) : 1-7.

[9] 李菲菲, 廉雪菲, 尹韬, 常媛媛, 金燕, 马小川, 陈岳文, 叶丽, 李云松, 卢晓鹏. 柑橘果实囊衣发育与化渣性的形成[J]. *中国农业科学*, 2023, 56(2): 333-344.

LI Feifei, LIAN Xuefei, YIN Tao, CHANG Yuanyuan, JIN Yan, MA Xiaochuan, CHEN Yuewen, YE Li, LI Yunsong, LU Xiaopeng. The Relationship Between Mastication and Development of Segment Membranes in Citrus Fruits[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2023, 56(2): 333-344.

[10] LIAN X F, LI F F, CHANG Y Y, ZHOU T, CHEN Y W, YIN T, LI Y S, YE Li, JIN Yan, LU X P. Physiological and ultrastructural alterations linked to intrinsic mastication inferiority of segment membranes in Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* marc.) fruits[J]. *Plants*, 2021, 11(1): 39.

[11] 王彬彬, 李娜, 贾漫丽, 陈秀灵, 范伟, 夏爱华, 高玉军, 李季生. 质构仪检测桑葚质地品质的方法研究[J]. *果树学报*, 2021, 38(11): 2014-2020.

WANG Binbin, LI Na, JIA Manli, CHEN Xiuling, FAN Wei, XIA Aihua, GAO Yujun, LI Jisheng. Measuring texture quality of mulberry fruit using a texture analyser[J]. *Journal of Fruit Science*, 2021, 38(11): 2014-2020.

[12] 罗斌, 赵有斌, 尹学清, 赵东林, 杜志龙, 何江涛.质构仪在果蔬品质评定中应用的研究进展[J].食品研究与开发, 2019, 40(5): 209-213.

LUO Bin, ZHAO Youbin, YIN Xueqing, ZHAO Donglin, DU Zhilong, HE Jiangtao. Application Progress of Texture Analyzer in the Research of Fruit and Vegetable Quality Evaluation[J]. Food Research and Development, 2019, 40(5): 209-213.

[13] 魏清江, 汪妙秋, 曾知富, 杨成泉, 彭抒昂, 刘永忠.南丰蜜橘化渣性评价及不同结果习性果实的品质比较[J].中国农业科学, 2014, 47(6): 1162-1170.

WEI Qingjiang, WANG Miaoqiu, ZENG Zhifu, YANG Chengquan, PENG Shu'ang, LIU Yongzhong. Evaluation of the Mastication and Comparison of Fruit Quality with Different Bearing Habits in Nanfeng Tangerine (*Citrus reticulata* Blanco cv. Kinokuni)[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(6): 1162-1170.

[14] 崔永宁, 陈洁珍, 史发超, 姜永华, 严倩, 欧良喜, 刘海伦, 蔡长河. 基于 TPA 法的荔枝资源果肉质地品质分析[J]. 果树学报, 2022, 39(12): 2241-2252.

CUI Yongning, CHEN Jiezhen, SHI Fachao, JIANG Yonghua, YAN Qian, OU Liangxi, LIU Hailun, CAI Changhe. Analysis of texture quality of the fruits in litchi based on the texture profile analysis (TPA)[J]. Journal of Fruit Science, 2022, 39(12): 2241-2252.

[15] 唐红英. 南丰蜜橘纤维素、半纤维素代谢与化渣性关系研究[D].南昌: 江西农业大学, 2015.

TANG Hongying. Studies on the Relationship between Nanfeng orange cellulose and hemicellulose metabolism and scalping property[D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2015.

[16] 古湘. 南丰蜜橘木质素代谢与化渣的关系研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2016.

GU Xiang. Nanfeng orange lignin metabolism and slag[D]. Nan-chang: Jiangxi Agricultural University, 2016.

[17] DONG T, XIAO R, XIAO Z, et al. Effect of pre-harvest application of calcium and boron on dietary fibre hydrolases and ultrastucture in 'Cara Cara' navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit[J]. Scientia horticulturae, 2009, 121(3): 272-277.

[18] 曾秀丽, 张光伦, 李春燕, 汪志辉, 罗楠, 胡强. 脐橙果实膳食纤维的动态变化研究[J].四川农业大学学报, 2006, 24(1): 69-72.

ZENG Xiuli, ZHANG Guanglun, LI Chunyan, WANG Zhi hui , LUO Nan, HU Qiang. The Studying on the Dietary Fiber of Navel Orange [*Citrus sinensis*(L.) Osb.] [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2006, 24(1): 69-72..

[19] 雷莹. 柑橘果实化渣性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.

LEI Ying. Mastication of citrus fruit [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2010.

[20] LEI Y, LIU Y Z, GU Q Q, YANG X Y, DENG X X, CHEN J Y. Comparison of cell wall metabolism in the pulp of three cultivars of 'Nanfeng' tangerine differing in mastication trait. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 92(3): 496-502.

[21] LEI Y, LIU Y Z, ZENG W F, DENG X X. Physicochemical and molecular analysis of cell wall metabolism between two navel oranges (*Citrus sinensis*) with different mastication traits. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(9): 1479-1484.

[22] 董涛. 甜橙果实中膳食纤维代谢机理研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.

DONG Tao. The study on metabolism mechanism of dietary fiber in sweet orange fruit [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2009.

[23] 魏张奎. 基于质构特性的夏橙化渣性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.

WEI Zhangkui. Research on mastication of late orange base on textural properties [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.

[24] 辜青青, 唐红英, 魏清江, 古湘, 冯芳芳, 罗正荣. 南丰蜜橘果实纤维素代谢与化渣的关系研究[J]. 园艺学报, 2016, 43(05): 867-875.

GU Qingqing, TANG Hongying, WEI Qingjiang, GU Xiang, FENG Fangfang, LUO Zhengrong. Studies on the relationship between cellulose metabolism and fruit mastication trait of NanFeng tangerine[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2016, 43(05): 867-875.

[25] 孙权, 何政辰, 叶俊丽, 魏冉冉, 尹映紫, 柴利军, 谢宗周, 徐强, 徐娟, 郭文武, 程运江, 邓秀新. 与呼吸跃变型果实共贮藏改善柑橘果实色泽和品质[J]. 园艺学报, 2024, 51 (3): 601-615.

SUN Quan, HE Zhengchen, YE Junli, WEI Ranran, YIN Yingzi, CHAI Lijun, XIE Zongzhou, XU Qiang, XU Juan, GUO Wenwu, CHENG Yunjiang, and DENG Xiuxin. Storage with Climacteric Fruits Improves Color and Quality of Citrus Fruit[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2024, 51 (3): 601-615.

[26] 薛源, 吴剑南. 猕猴桃果肉维生素 C 含量测定方法比较[J]. 种业导刊, 2024 (2): 47-48.

Xue Yuan, WU Jiannan. Comparison of methods for determination of vitamin C content in kiwi fruit pulp [J]. Journal of Seed Industry Guide, 2024 (2): 47-48.

[27] 金志农, 李端妹, 金莹, 熊妮. 地方科研机构绩效考核指标及其权重计算—基于专家分析法和层次分析法的对比研究[J]. 科技管理研究, 2009(12): 104-106.

JIN Zhinong, LI Duan-Mei, JIN Ying, XIONG Ni. Performance appraisal index and weight calculation of local scientific research institutions: A comparative study based on expert analysis and Analytic Hierarchy Process [J]. Science and Technology Management Research, 2009(12): 104-106.

[28] 王鲲鹏, 韩旭, 张志成, 朱宗瑛, 谭启玲, 胡承孝. 推荐施肥对‘温州蜜柑’和‘南丰蜜橘’品质与化渣性的影响[J]. 果树学报, 2018, 35(10): 1190-1196.

WANG Kunjiao, HAN Xu, ZHANG Zhicheng, ZHU Zongying, TAN Qiling, HU Chengxiao. Effects of recommended fertilization on fruit quality and pulp texture in mandarin orange ‘Satsuma mandarin’ and ‘Nanfeng tangerine’, GuoshuXuebao (Journal of Fruit Science), 2018, 35(10): 1190-1196.

[29] 吴迪, 田志娇, 周秋蓉, 陈秋佑, 高志键, 葛聪, 李江波, 李延, 王平. 纤维素和果胶代谢相关基因调控南丰蜜橘化渣性[J/OL]. 分子植物育种. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.s.20230321.0955.002.html>.

WU Di, TIAN Zhijiao, ZHOU Qiurong, CHEN Qiuyou, GAO Zhijian, GE Cong, LI Jiangbo, LI Yan, WANG Ping. Genes related to cellulose and pectin metabolism regulate the residue properties of Nanfeng Satsuma [J/OL]. Molecular plant breeding. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.s.20230321.0955.002.html>.

[30] 严敏, 罗丽娟, 韩忠星, 袁野, 李江波, 杜威, 刘永忠. 南丰蜜橘和南丰蜜广果实质构特性、细胞壁成分及营养元素比较研究. 农业科学, 2019, 9(8): 689-696.

YAN Min, LUO Lijuan, HAN Zhongxing, YUAN Ye, LI Jiangbo, DU Wei, LIU Yongzhong. Comparative study on fruit texture, cell wall structural components and nutrient content between “nanfengmiju” and “nanfengmiguang”. Hans Journal of Agricultural Sciences, 2019, 9(8): 689-696.

[31] 汪妙秋. 南丰蜜橘生长与结实方式对果实品质的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.

WANG Miaoqiu. Effect of growth and fruit setting mode on fruit quality of Nanfeng Satsuma [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.

[32] WANG X, LIN L J, TANG Y, XIA H, ZHANG X C, YUE M L, QIU X, XU K, WANG Z H. Transcriptomic insights into citrus segment membrane's cell wall components relating to fruit sensory texture. BMC Genomics, 2018, 19(1): 280.