

# 不同成熟期番石榴果实品质特征与评价

邱珊莲, 林宝妹, 张少平, 张 帅, 洪佳敏, 郑开斌\*

(福建省农业科学院亚热带农业研究所, 漳州 363005)

**摘要:** **目的** 比较不同品种、不同成熟期的番石榴(*Psidium guajava* Linn.)果实品质特征。**方法** 采用国家标准方法, 对不同品种不同成熟期番石榴果实的食用品质、外观品质和营养品质进行测定和评价。**结果** 番石榴各品种食用品质随果实发育成熟而明显提高, 始熟期均表现出质地硬、汁液少、涩味重等共性, 至完全成熟期食用状态最佳, ‘水蜜’番石榴食用品质最好, ‘珍珠’次之。不同成熟期红宝石的纵径、横径、单果重均显著高于相同成熟期的其他品种( $P<0.05$ )。同一品种不同成熟期果实的纵径、横径和单果重, 从始熟期至成熟期再至完全成熟期, 均表现出显著上升的趋势( $P<0.05$ ), ‘水蜜’的果形指数维持在 $<1.0$ , 其余3个品种果形指数均维持在 $\geq 1.0$ 。从始熟期至完全成熟期, 4个品种番石榴果实含水量显著提高( $P<0.05$ ), 淀粉、粗纤维含量均显著下降( $P<0.05$ )。4个番石榴品种的总糖均主要由还原糖和蔗糖组成, 且对于每个品种每个成熟期还原糖含量均高于蔗糖, 还原糖、蔗糖、总糖含量随着果实成熟度的提高显著上升。在果实完全成熟期, 还原糖、蔗糖、总糖均以‘红宝石’的含量最高, 分别为32.74%、28.97%、63.16%, 4个品种果糖含量范围为9.77%~12.05%, 葡萄糖为3.70%~10.17%, 每个品种的果糖含量均高于葡萄糖, 品种之间葡萄糖含量差异较大。不同成熟期总酸含量均以‘珍珠’最高, 其含量范围为5.32~7.58 g/kg。**结论** 各成熟期‘水蜜’食用品质均最好, 但外观差, ‘西瓜’食用品质最差、含糖量最低。完全成熟期, ‘珍珠’食用品质仅次于‘水蜜’, 含糖量仅次于‘红宝石’, 蛋白质含量最高, 果实综合品质最佳, 适于鲜食、制果汁, ‘红宝石’含糖量高、个大, 适于果茶、果酒加工。

**关键词:** 番石榴; 不同成熟期; 食用品质; 外观品质; 营养品质

## Quality characteristics and evaluation of guava fruit at different maturity stages

QIU Shan-Lian, LIN Bao-Mei, ZHANG Shao-Ping, ZHANG Shuai, HONG Jia-Min, ZHENG Kai-Bin\*

(Institute of Subtropical Agriculture, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Zhangzhou 363005, China)

**ABSTRACT: Objective** To compare the fruit quality characteristics of different varieties and maturity of *Psidium guajava* Linn. **Methods** The edible quality, appearance quality and nutritional quality of different guava varieties at different maturity stages were measured by national standard method. **Results** The edible quality of each guava variety increased obviously with fruit development and maturity. At the initial maturity stage, four guava varieties all showed hard texture, little juice and strong astringency. The edible quality of guava reached the best at the full mature stage for all varieties, and the edible quality of ‘Shuimi’ was the best, followed by ‘pearl’. The vertical diameter,

基金项目: 福建省公益类科研院所专项(2019R1030-4)、福建省农业科学院创新团队项目(STIT2017-3-4)

Fund: Supported by Project of the Public Welfare Project of Fujian Province (2019R1030-4), and Innovation Team Project of Fujian Academy of Agricultural Sciences (STIT2017-3-4)

\*通讯作者: 郑开斌, 博士, 研究员, 主要研究方向为农产品加工。E-mail: kaibin118@163.com

\*Corresponding author: ZHENG Kai-Bin, Ph.D, Professor, Institute of Subtropical Agriculture, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Zhangzhou 363005, China. E-mail: kaibin118@163.com

transverse diameter and single fruit weight of 'Ruby' at different maturity stages were significantly higher than those of other varieties at the same maturity stage ( $P < 0.05$ ). The vertical diameter, transverse diameter and single fruit weight of the same variety at different maturity stages showed a significant increase trend from the initial maturity stage to the mature stage and then to the full maturity stage ( $P < 0.05$ ). The fruit shape index of 'Shuimi' maintained at  $< 1.0$ , while those of the other three varieties maintained at  $\geq 1.0$ . From the initial stage to the full maturity stage, the water content of the four varieties of guava fruit significantly increased ( $P < 0.05$ ), and the starch and crude fiber contents significantly decreased ( $P < 0.05$ ). The contents of reducing sugar, sucrose and total sugar increased significantly with the increase of fruit maturity. The total sugar of the four guava varieties was mainly composed of reducing sugar and sucrose, and the reducing sugar content was higher than sucrose for each variety at each mature stage. The contents of reducing sugar, sucrose and total sugar increased significantly with the increase of fruit maturity. At the full mature stage, the contents of reducing sugar (32.74%), sucrose (28.97%) and total sugar (63.16%) of 'Ruby' were highest. The fructose content of the four varieties at the full mature stage ranged from 9.77% to 12.05%, and the glucose content ranged from 3.70% to 10.17%. The fructose content of each variety was higher than that of glucose, and there was a big difference between the varieties. The total acid content of 'Pearl' was the highest at different maturity stages, and the content range was 5.32–7.58 g/kg. **Conclusion** At each mature stage, the edible quality of 'Shuimi' is the best, but its appearance quality is poor; the edible quality of 'watermelon' is the worst and the sugar content is the lowest. At the full mature stage, the edible quality of 'Pearl' is second only to 'Shuimi', and its sugar content is second only to 'Ruby', and protein content are the highest, thus the fruit comprehensive quality of 'Pearl' guava was the best which is suitable for fresh eating and juice making. 'Ruby' has high sugar content with large fruit size which is suitable for processing fruit tea and fruit wine.

**KEY WORDS:** guava; maturity stages; edible quality; appearance quality; nutritional quality

## 1 引言

番石榴(*Psidium guajava* Linn.), 又名芭乐、拔子、喇叭果、鸡屎果等, 为桃金娘科(Myrtaceae)番石榴属热带果树, 原产于热带美洲, 在我国广泛种植于海南、云南、广西、广东、福建、台湾等地区。番石榴果实清甜脆爽, 香气独特, 含有较丰富的蛋白质、维生素 A、C 及磷、钙、镁等微量元素<sup>[1]</sup>。番石榴品种繁多, 如'珍珠'、'新世纪'、'水晶'、'帝王'、'红心'等<sup>[2]</sup>, 其中'珍珠'番石榴在福建、广东、广西等地种植面积最大, 是番石榴中的优势品种。番石榴果实不但可鲜食, 还可加工成果酒、果醋、果汁、果酱等。采收是番石榴生产中的一个重要环节, 对于不同用途(鲜食、运输远销、加工等)的果实, 要求的品质特征不同, 相应的其采收期也不同。可采成熟度的果实物质积累过程基本完成, 开始呈现本品种固有的色泽和风味, 食用品质稍差, 但果肉硬度较大, 适于长途运输和长期贮藏; 食用成熟度的果实香气浓郁、汁液丰富、甜度高, 食用品质最好, 适于就地销售鲜食、短距离运输、短期冷库贮藏及加工果酒、果汁、果醋<sup>[3]</sup>。采收期不当直接影响果实的食用品质、货架期、耐贮运性及加工品质等, 进而影响其经济价值。因此, 开展番石榴果实成熟过程中品质变化规律的研究, 对指导种植者适时采收、提高果实商品

率和品质具有重要意义。关于番石榴生长发育的大多数研究集中于果实重量、体积<sup>[4-6]</sup>, 而发育过程中品质变化规律研究较少。Ajang 等<sup>[7]</sup>研究了番石榴 3 个品种重量、体积发育规律外, 还研究了可溶性固形物、总糖、抗坏血酸含量。Patel 等<sup>[8]</sup>研究了 11 个基因型番石榴果实重量、体积发育规律, 还研究了可溶性固形物含量、糖酸比, 并认为后两者可作为判定成熟度的指标。本研究选择较有代表性的 4 个品种为试材, 除研究果实重量、体积的发育规律外, 进行了各成熟期果实的食用品质评分, 并测定了各成熟期果实的蛋白质、粗纤维、糖酸、淀粉等营养成分, 为番石榴的合理采收和利用、不同品种番石榴品质鉴定提供理论依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 实验材料

#### 2.1.1 番石榴来源

供试番石榴品种为'水蜜'、'珍珠'、'西瓜'、'红宝石'、'水蜜'、'珍珠'果肉白色, '西瓜'、'红宝石'果肉红色。果实于 2020 年 1 月 10 日~2 月 25 日期间采自福建省农业科学院亚热带农业研究所国家闽台特色作物种质资源圃, 树龄为 5 年。各品种盛花日期和果实发育时间稍有差异, 在 2019 年 10 月中下旬盛花当日, 每个品种按东、南、中、西、北 5

个方位各选一株长势较一致的植株统一挂牌标示作为供试植株,待果实长到 1~2 cm 时疏果,每个结果枝留 2 个果进行套袋。各供试株按东、南、西、北、中 5 个方位随机选取 3 个果挂牌标记,供日后采摘之用。各品种在进入果实迅速膨大期时开始采摘样品,‘水蜜’果实进入迅速膨大期的时间为花后 75 d,‘珍珠’果实进入迅速膨大期的时间为花后 85 d,‘西瓜’果实进入迅速膨大期的时间为花后 80 d,‘红宝石’果实进入迅速膨大期的时间为花后 82 d,各品种每隔 20 d 采果一次,分为 I(始熟期)、II(成熟期)、III(完全成熟期)3 个时期,各品种采样具体时间为: I 期,水蜜为 1 月 24 日,珍珠为 1 月 26 日,西瓜为 1 月 25 日,红宝石为 1 月 25 日;各品种 II, III 期采摘时间在前一期时间上依次顺延 20 d。每次采果时间为上午 9:00 时,采后立即进行品质测定和干燥处理。

### 2.1.2 实验试剂

氢氧化钠、酚酞、95%乙醇、盐酸、硫酸、硫酸钠、无水乙醇、甲基红、石油醚、乙酸铅、硫酸铜、硫酸钾、硼酸(分析纯、上海国药集团)。

### 2.1.3 实验仪器

MNT 游标卡尺(德国美耐特公司); BYS-TUDK142 全自动凯氏定氮仪(意大利 VELP 公司); UPW-20N 型超纯水机(北京历元电子仪器有限公司); L-8800 型氨基酸自动分析仪(日本日立高新技术公司); BS110S 型分析天平(德国 Sartorius 集团)。

## 2.2 实验方法

### 2.2.1 食用品质的感官评定

不同采收期随机选取各品种无机械损伤和病虫害番石榴果实 3 个,按果实质地、多汁性、多籽性、风味、口感等特性进行食用品质分级,每项指标满分 10 分制,分 3 个等级,

评分标准见表 1。6 人组成感官检验品尝小组<sup>[9]</sup>。

### 2.2.2 外观品质测定

单果重测定:不同采收期随机选取各品种无机械损伤和病虫害番石榴果实 10 个,分别称重并记录每个果实的质量。纵径、横径、果形指数测定:用游标卡尺分别测量每个果实的纵径、横径,计算果形指数。果形指数=果实纵径/果实横径,取平均值<sup>[9]</sup>。

### 2.2.3 营养指标测定

不同采收期随机选取各品种无机械损伤和病虫害番石榴果实 10 个,将其切片进行 60 °C 热风干燥至恒重,将干燥后的果片置于研磨机中打粉,粉碎后过 40 目筛,过筛后的果粉用于检测还原糖、蔗糖、淀粉、蛋白质、粗纤维、脂肪、总酸、氨基酸(干重基础)。淀粉测定参照 GB 5009.9-2016《食品安全国家标准 食品中淀粉的测定》<sup>[10]</sup>第二法酸水解法;脂肪测定参照 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》<sup>[11]</sup>第一法索氏抽提法;粗纤维测定参照 GB/T 5009.10-2003《植物类食品中粗纤维的测定》<sup>[12]</sup>;蛋白质测定参照 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》<sup>[13]</sup>第一法凯氏定氮法。还原糖测定参照 GB 5009.7-2016《食品安全国家标准 食品中还原糖的测定》<sup>[14]</sup>第一法直接滴定法;蔗糖、葡萄糖、果糖测定参照 GB 5009.8-2016《食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定》<sup>[15]</sup>第一法高效液相色谱法;总糖的测定参照 GB/T 10782-2006《蜜饯通则》<sup>[16]</sup>;总酸的测定参照 GB/T 12456-2008《食品中总酸的测定》<sup>[17]</sup>。水分测定参照 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》<sup>[18]</sup>第一法直接干燥法。

表 1 食用品质评分标准  
Table 1 Criteria for edible quality evaluation

| 指标  | 特征             | 分值   |
|-----|----------------|------|
| 质地  | 生硬             | 0~3  |
|     | 偏硬             | 4~6  |
|     | 软硬适中           | 7~10 |
| 多汁性 | 基本无汁液          | 0~3  |
|     | 汁液少            | 4~6  |
|     | 汁液较丰富          | 7~10 |
| 多籽性 | 籽多             | 0~3  |
|     | 籽偏多            | 4~6  |
|     | 籽少             | 7~10 |
| 风味  | 无该品种应有的香味或香味很淡 | 0~3  |
|     | 有该品种的香味        | 4~6  |
|     | 香味明显或浓郁        | 7~10 |
|     | 涩味重            | 0~3  |
| 口感  | 涩味不明显          | 4~6  |
|     | 涩味基本无、甜味明显     | 7~10 |

### 2.2.4 数据处理与分析

采用 Excel 2007 进行图表制作, 使用 SPSS 19.0 软件 Duncan 检测法对试验数据进行显著性差异分析 ( $P < 0.05$ )

## 3 结果与分析

### 3.1 不同成熟期番石榴果实食用品质

番石榴果实食用品质随着成熟度的提高明显上升(表 2)。始熟期(I)时均表现出质地硬、汁液少、涩味重的共性, ‘水蜜’籽少、果香明显, 食用品质综合评分达到 21, 其食用品质明显优于其他 3 个品种, ‘西瓜’的食用品质最差, 最突出的特点是籽多、无果香味。至成熟期(II), 相比始熟期, 各品种食用品质大幅度提升, 质地硬度减小、汁液增多、果香及甜度增加、涩味变淡, 果实已达到可采成熟度, 果肉硬度适于长途运输和长期贮藏。该成熟期‘水蜜’的食用品质仍明显优于其他 3 个品种, ‘西瓜’仍保持劣势。至完全成熟期(III), 各品种食用品质达到最佳状态, 果实软硬适中、汁液丰富、果香浓郁、涩味近无、甜味浓, 此时的果实最适于鲜食及制作果酒、果汁等, ‘水蜜’食用品质综合评分达到 47, 食用品质在 4 个品种中仍保持最优, 其次为‘珍珠’和‘红宝石’, ‘西瓜’因籽多和香味较淡, 食用品质综合评分仅 36, 明显低于其它品种。‘水蜜’食用品质高, 却不是生产上的主栽品种, 可能主要是因为其产量低、果形较不美观, 耐贮藏性较差。‘珍珠’番石榴于 20 世纪 90 年代从台湾引进<sup>[19]</sup>, 因其具有适应强、树势强壮、丰产稳产、耐贮运、肉厚籽少、清甜爽脆、风味清香<sup>[20]</sup>、果形美观, 目前已成为

广东、海南、福建、广西等地的主栽品种<sup>[21,22]</sup>和中国南方农业经济的重要水果之一。

### 3.2 不同成熟期番石榴果实外观品质

消费者不仅要求果实食用品质高, 还要求果实具有良好的外观。果实的形状和大小是重要的外观品质<sup>[23]</sup>, 直接影响果实的商品价值, 同时也作为形态学分类特征。由表 3 可知, 不同品种番石榴其形状和大小差异较明显, 不同成熟期‘红宝石’的纵径、横径、单果重均显著高于相同成熟期的其他品种( $P < 0.05$ )。同一品种不同成熟期的纵径、横径和单果重, 从始熟期到完全成熟期, 均表现出显著上升的趋势( $P < 0.05$ ), 且从成熟期至完全成熟期的生长速率高于从始熟期至成熟期。例如, ‘珍珠’番石榴从始熟期至成熟期, 其纵径、横径、单果重分别增加 0.78 cm、0.90 cm、23.85 g, 从成熟期至完全成熟期分别增加 0.97 cm、1.08 cm、58.94 g。这与谢志南等<sup>[5]</sup>对‘珍珠’番石榴果实发育的研究结果一致, 该研究发现花后 85 d 至成熟是果实迅速膨大期, 尤其是花后 105 d 至成熟, 果实生长特别快。4 个番石榴品种中, ‘水蜜’的果形指数从始熟期至完全成熟期均维持在 1.0 以下, 而其余的 3 个品种果形指数均维持在 1.0 及以上, ‘水蜜’、‘珍珠’、‘红宝石’三者的果形指数随着果实成熟呈下降趋势, 表明横径生长较快。上述果形指数与果实实际形状相关, ‘水蜜’呈扁圆形, ‘珍珠’呈卵圆形, ‘西瓜’呈雪梨形, ‘红宝石’成苹果形, ‘水蜜’果面常出现不规则隆起, 果形较不对称, 其他 3 个品种果形端正、对称、稳定, 因而在外观上优于‘水蜜’。

表 2 不同成熟期番石榴果实食用品质分值  
Table 2 Panel scores of edible quality in guava fruits at different maturity stages

| 品种  | 成熟期 | 质地 | 多汁性 | 多籽性 | 风味 | 口感 | 总分 |
|-----|-----|----|-----|-----|----|----|----|
| 水蜜  | I   | 2  | 3   | 8   | 6  | 2  | 21 |
|     | II  | 6  | 6   | 8   | 8  | 6  | 34 |
|     | III | 9  | 10  | 8   | 10 | 10 | 47 |
| 珍珠  | I   | 1  | 2   | 5   | 1  | 1  | 10 |
|     | II  | 5  | 5   | 5   | 5  | 6  | 26 |
|     | III | 10 | 9   | 5   | 10 | 10 | 44 |
| 西瓜  | I   | 1  | 1   | 2   | 0  | 1  | 5  |
|     | II  | 4  | 4   | 2   | 4  | 5  | 19 |
|     | III | 10 | 9   | 2   | 7  | 8  | 36 |
| 红宝石 | I   | 1  | 1   | 7   | 0  | 1  | 10 |
|     | II  | 4  | 5   | 7   | 4  | 4  | 24 |
|     | III | 8  | 9   | 7   | 9  | 9  | 42 |

表 3 不同成熟期番石榴果实外观特征  
Table 3 Appearance characteristics in guava fruits at different maturity stages

| 品种  | 成熟期 | 纵径/cm                  | 横径/cm                  | 果形指数                    | 单果重/g                    |
|-----|-----|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 水蜜  | I   | 6.05±0.03 <sup>c</sup> | 6.64±0.19 <sup>c</sup> | 0.91±0.02 <sup>a</sup>  | 153.26±6.70 <sup>c</sup> |
|     | II  | 6.21±0.09 <sup>b</sup> | 7.00±0.06 <sup>b</sup> | 0.89±0.01 <sup>a</sup>  | 177.43±4.77 <sup>b</sup> |
|     | III | 6.58±0.05 <sup>a</sup> | 7.61±0.03 <sup>a</sup> | 0.86±0.01 <sup>b</sup>  | 229.99±8.21 <sup>a</sup> |
| 珍珠  | I   | 6.70±0.15 <sup>c</sup> | 6.05±0.10 <sup>c</sup> | 1.11±0.01 <sup>a</sup>  | 164.23±6.00 <sup>c</sup> |
|     | II  | 7.48±0.16 <sup>b</sup> | 6.95±0.08 <sup>b</sup> | 1.08±0.02 <sup>b</sup>  | 188.08±3.17 <sup>b</sup> |
|     | III | 8.45±0.08 <sup>a</sup> | 8.03±0.05 <sup>a</sup> | 1.05±0.00 <sup>c</sup>  | 247.02±3.86 <sup>a</sup> |
| 西瓜  | I   | 6.77±0.18 <sup>c</sup> | 6.47±0.13 <sup>c</sup> | 1.05±0.02 <sup>a</sup>  | 176.27±5.60 <sup>c</sup> |
|     | II  | 7.25±0.13 <sup>b</sup> | 6.89±0.05 <sup>b</sup> | 1.05±0.01 <sup>a</sup>  | 191.30±5.25 <sup>b</sup> |
|     | III | 8.35±0.07 <sup>a</sup> | 7.85±0.21 <sup>a</sup> | 1.06±0.02 <sup>a</sup>  | 239.35±7.54 <sup>a</sup> |
| 红宝石 | I   | 7.53±0.05 <sup>c</sup> | 7.31±0.05 <sup>c</sup> | 1.03±0.00 <sup>a</sup>  | 194.23±6.29 <sup>c</sup> |
|     | II  | 7.87±0.06 <sup>b</sup> | 7.80±0.08 <sup>b</sup> | 1.01±0.00 <sup>ab</sup> | 222.70±3.72 <sup>b</sup> |
|     | III | 8.51±0.06 <sup>a</sup> | 8.50±0.03 <sup>a</sup> | 1.00±0.01 <sup>b</sup>  | 262.76±3.19 <sup>a</sup> |

注: 同一品种不同成熟期之间进行显著性差异分析, 不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ), 下同。

### 3.3 不同成熟期番石榴果实营养品质

#### 3.3.1 一般营养成分含量

果实营养成分含量决定了其营养价值。大多数新鲜果蔬的含水量可达 65%~96%<sup>[24]</sup>, ‘水蜜’含水量最高(表 4)。从始熟期至成熟期, 4 种番石榴含水量均显著提高( $P<0.05$ ), 从成熟期至完全成熟期, 除‘红宝石’外, 其余 3 个品种含水量均显著提高( $P<0.05$ ), 这与谢志南等<sup>[5]</sup>的研究结果相一致, 即番石榴在果实迅速膨大期, 果实含水量有较明显增加。不同的是本研究报道的含水量高于谢志南等<sup>[5]</sup>的研究结果, 这与栽培措施、果实生长发育过程中降雨量等都有关系。淀粉是果实碳水化合物的最高存在形态, 淀粉指数直接反映着果实成熟状态。果实在成熟前, 随着幼果的增大, 淀粉逐渐积累, 到果实开始成熟时淀粉逐渐转化为糖, 淀粉含量下降<sup>[3]</sup>。4 个番石榴品种淀粉含量从始熟期至完全成熟期均呈下降趋势, 符合大多水果果实的生长发育规律。除‘水蜜’外, 其余 3 个品种脂肪含量从始熟期至完全成熟期均呈先上升后下降的趋势。4 个番石榴品种粗纤维含量随着果实成熟度的提高显著下降。除‘珍珠’外, 其余 3 个品种蛋白质含量从始熟期至完全成熟期均呈先下降后上升的趋势, 各成熟期‘珍珠’蛋白质含量均高于其他三者。

#### 3.3.2 糖、酸含量

果实内在品质中的糖、酸含量和糖酸比是决定果实风味最重要的指标<sup>[25]</sup>。4 个番石榴品种的总糖主要由还原糖和蔗糖组成, 且对于每个品种每个成熟阶段还原糖含量均高于蔗糖, 还原糖、蔗糖、总糖含量随着果实成熟显著上升(表 5), 至果实完全成熟, 还原糖以‘红宝石’的含量最高(32.74%), 其次为‘珍珠’(32.55%), 蔗糖以‘红宝石’的含量最高(28.97%), 其次为‘水蜜’(27.76%), 总糖以‘红宝石’的含量最高(63.16%), 其次为‘珍珠’(59.91%)。‘红宝石’含糖量最丰富, 加之其果大, 该品种适于加工成果茶、果干、果酒等。水果甜度是重要的内在品质指标, 取决于水果中糖的含量, 李文生等<sup>[26]</sup>的研究表明水果的甜度单独与还原糖、蔗糖的相关性比较低, 单独用还原糖或蔗糖含量来反映水果甜度准确性较低、可靠性较差, 但可溶性糖(包括还原糖和蔗糖)与甜度却有相当高的相关性( $R^2=0.9740$ ), 能较好地反映甜度的变化, 是反映水果甜度的适宜指标。这说明甜度与可溶性糖的组成关系密切。影响果实内在品质的另一主要因素是有机酸含量<sup>[25]</sup>。4 个番石榴品种中, ‘水蜜’、‘珍珠’、‘西瓜’均在成熟期时总酸含量最高, 含量分别为 4.27、7.58、4.71 g/kg, 至完全成熟期时有所下降, ‘红宝石’在始熟期时总酸含量(5.09 g/kg)最高。从始熟期至完全成熟期, 珍珠的总酸含量一直明显高于其他三者。

## 3.3.3 果糖、葡萄糖含量

葡萄糖、果糖、蔗糖是水果中糖的主要成分, 由于这 3 种糖的甜度和口感不同, 因而在果实发育中糖的种类以及其比例变化构成果实特有的甜度和风味<sup>[25]</sup>。由图 1 可知, 对于 4 个番石榴品种的完全成熟果, 果糖含量范围为 9.77%~12.05%, 葡萄糖为 3.70%~10.17%, 每个品种的果糖含量均高于葡萄糖, 且品种之间葡萄糖含量差异较大, ‘水蜜’葡萄糖含量仅 3.70%, 在 4 个品种中含量最低, ‘西瓜’葡萄糖含量 10.17%, 在 4 个品种中含量最

高。‘西瓜’番石榴还原糖(27.21%, 表 5)主要由果糖(12.05%)和葡萄糖(10.17%)组成, 两者占还原糖总量的 81.66%, ‘水蜜’、‘珍珠’、‘红宝石’中的果糖和葡萄糖含量之和在还原糖总量的占比分别为 45.11%、54.38%、61.48%。李升锋等<sup>[27]</sup>研究了 3 个品种番石榴果实的糖酸组分, 发现果糖、葡萄糖和蔗糖是番石榴的主要糖类, 品种之间 3 种糖的比例有差异, 番石榴单糖含量较高, 是积累单糖为主的水果, 特别是积累果糖, 本文研究结果(表 5、图 1)与之相一致。

表 4 不同成熟期番石榴果实一般营养成分含量(干基)  
Table 4 Contents of general nutrients in guava fruits at different maturity stages (dry basis)

| 品种  | 成熟期 | 水分/%                    | 淀粉/%                    | 脂肪/%                   | 粗纤维/%                   | 蛋白质/%                  |
|-----|-----|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 水蜜  | I   | 88.05±0.10 <sup>c</sup> | 17.88±0.03 <sup>a</sup> | 0.70±0.02 <sup>a</sup> | 28.17±0.40 <sup>a</sup> | 4.70±0.01 <sup>a</sup> |
|     | II  | 89.48±0.26 <sup>b</sup> | 16.43±0.13 <sup>b</sup> | 0.62±0.01 <sup>b</sup> | 24.48±0.39 <sup>b</sup> | 4.24±0.01 <sup>c</sup> |
|     | III | 90.19±0.14 <sup>a</sup> | 14.66±0.12 <sup>c</sup> | 0.61±0.01 <sup>b</sup> | 19.85±0.27 <sup>c</sup> | 4.27±0.01 <sup>b</sup> |
| 珍珠  | I   | 83.78±0.66 <sup>c</sup> | 19.32±0.10 <sup>a</sup> | 1.21±0.01 <sup>b</sup> | 29.58±0.22 <sup>a</sup> | 5.49±0.04 <sup>a</sup> |
|     | II  | 86.00±0.41 <sup>b</sup> | 18.53±0.11 <sup>b</sup> | 1.38±0.02 <sup>a</sup> | 23.48±0.16 <sup>b</sup> | 5.14±0.03 <sup>b</sup> |
|     | III | 87.70±0.52 <sup>a</sup> | 17.45±0.06 <sup>c</sup> | 1.22±0.01 <sup>b</sup> | 19.04±0.08 <sup>c</sup> | 5.06±0.06 <sup>b</sup> |
| 西瓜  | I   | 85.77±0.47 <sup>c</sup> | 18.56±0.22 <sup>a</sup> | 3.03±0.06 <sup>b</sup> | 38.60±0.28 <sup>a</sup> | 5.02±0.02 <sup>a</sup> |
|     | II  | 87.23±0.50 <sup>b</sup> | 16.98±0.06 <sup>b</sup> | 3.20±0.01 <sup>a</sup> | 34.03±0.33 <sup>b</sup> | 3.92±0.03 <sup>c</sup> |
|     | III | 88.92±0.48 <sup>a</sup> | 16.98±0.11 <sup>b</sup> | 2.72±0.05 <sup>c</sup> | 29.46±0.02 <sup>c</sup> | 4.08±0.02 <sup>b</sup> |
| 红宝石 | I   | 86.34±0.82 <sup>b</sup> | 15.78±0.11 <sup>a</sup> | 0.94±0.00 <sup>b</sup> | 27.65±0.50 <sup>a</sup> | 4.19±0.03 <sup>a</sup> |
|     | II  | 88.55±0.54 <sup>a</sup> | 12.94±0.01 <sup>b</sup> | 0.96±0.01 <sup>a</sup> | 21.30±0.26 <sup>b</sup> | 3.98±0.01 <sup>c</sup> |
|     | III | 89.14±0.45 <sup>a</sup> | 12.63±0.19 <sup>c</sup> | 0.73±0.01 <sup>c</sup> | 15.67±0.29 <sup>c</sup> | 4.03±0.00 <sup>b</sup> |

表 5 不同成熟期番石榴果实糖、酸含量(干基)  
Table 5 Sugar and acid content in guava fruits at different maturity stages (dry basis)

| 品种  | 成熟期 | 还原糖/%                   | 蔗糖/%                    | 总糖/%                    | 总酸/(g/kg)              |
|-----|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 水蜜  | I   | 25.11±0.13 <sup>c</sup> | 19.71±1.06 <sup>c</sup> | 46.29±0.26 <sup>c</sup> | 4.01±0.13 <sup>b</sup> |
|     | II  | 29.38±0.20 <sup>b</sup> | 23.98±0.24 <sup>b</sup> | 54.65±0.26 <sup>b</sup> | 4.27±0.07 <sup>a</sup> |
|     | III | 29.86±0.08 <sup>a</sup> | 27.76±0.37 <sup>a</sup> | 59.06±0.41 <sup>a</sup> | 3.41±0.11 <sup>c</sup> |
| 珍珠  | I   | 23.97±0.12 <sup>c</sup> | 17.54±0.29 <sup>c</sup> | 42.64±0.16 <sup>c</sup> | 5.32±0.10 <sup>b</sup> |
|     | II  | 31.14±0.16 <sup>b</sup> | 19.59±0.44 <sup>b</sup> | 52.04±0.25 <sup>b</sup> | 7.58±0.06 <sup>a</sup> |
|     | III | 32.55±0.13 <sup>a</sup> | 26.07±0.19 <sup>a</sup> | 59.91±0.21 <sup>a</sup> | 7.47±0.09 <sup>a</sup> |
| 西瓜  | I   | 16.63±0.16 <sup>c</sup> | 13.59±0.04 <sup>c</sup> | 30.92±0.13 <sup>c</sup> | 4.24±0.04 <sup>b</sup> |
|     | II  | 23.50±0.07 <sup>b</sup> | 15.84±0.33 <sup>b</sup> | 40.15±0.30 <sup>b</sup> | 4.71±0.04 <sup>a</sup> |
|     | III | 27.21±0.11 <sup>a</sup> | 16.73±0.25 <sup>a</sup> | 44.74±0.34 <sup>a</sup> | 4.22±0.01 <sup>b</sup> |
| 红宝石 | I   | 25.24±0.08 <sup>c</sup> | 20.16±0.38 <sup>c</sup> | 46.46±0.39 <sup>c</sup> | 5.09±0.02 <sup>a</sup> |
|     | II  | 27.92±0.10 <sup>b</sup> | 27.36±0.71 <sup>b</sup> | 56.68±0.66 <sup>b</sup> | 4.66±0.06 <sup>c</sup> |
|     | III | 32.74±0.06 <sup>a</sup> | 28.97±0.35 <sup>a</sup> | 63.16±0.34 <sup>a</sup> | 4.89±0.11 <sup>b</sup> |

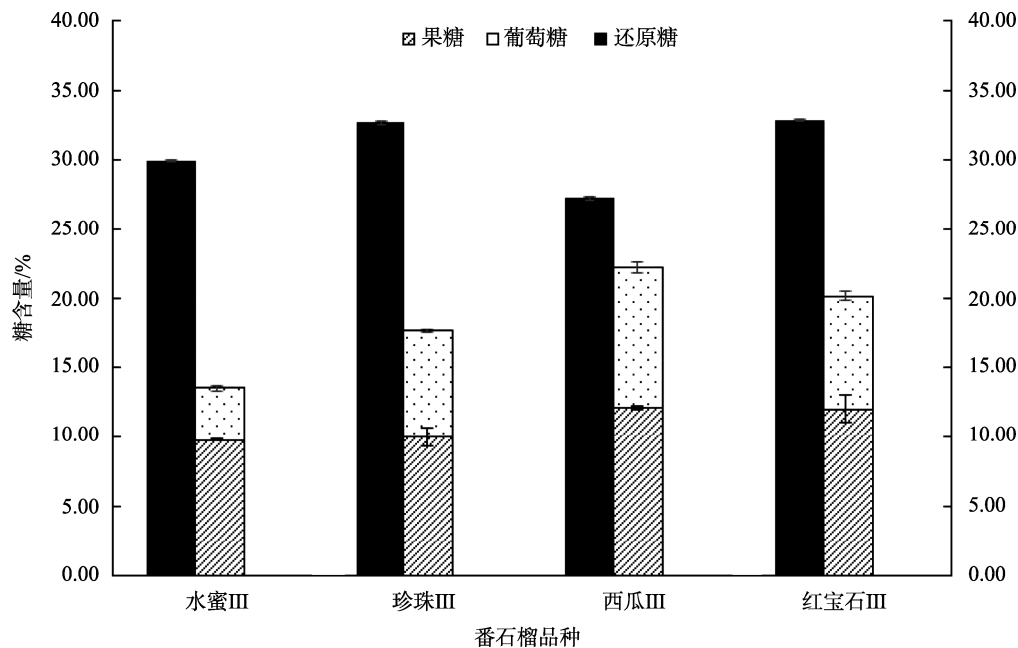


图 1 番石榴完全成熟果实的果糖、葡萄糖含量 ( $n=3$ )

Fig.1 Fructose and glucose content in guava fruits at different maturity stages ( $n=3$ )

## 4 结 论

随着果实成熟度的提高, 4 个品种番石榴食用品质明显提升。始熟期均表现出质地硬、汁液少、涩味重的共性, 4 个品种中以‘水蜜’番石榴食用品质最佳; 至完全成熟期, 4 个品种番石榴食用品质均达到最佳状态, 果实软硬适中、汁液丰富、果香浓郁、涩味近无、甜味浓, ‘水蜜’食用品质在 4 个品种中仍保持最优, ‘珍珠’次之。但因水蜜外观较差、产量较低, 推广应用少, 可应用于体验式采摘园。不同成熟期红宝石的纵径、横径、单果重均显著高于相同成熟期的其他品种 ( $P<0.05$ ), 其果大特征加上含糖量最高, 适于果茶、果酒等加工。随着果实成熟度的提高, 4 个品种番石榴果实含水量显著提高 ( $P<0.05$ ), 完全成熟果实含水量范围为 87.70%~90.19%; 淀粉、粗纤维含量随果实成熟均显著下降 ( $P<0.05$ )。番石榴总糖均主要由还原糖和蔗糖组成, 且还原糖含量均高于蔗糖, 果糖含量均高于葡萄糖。‘珍珠’食用品质仅次于‘水蜜’, 含糖量仅次于‘红宝石’, 香味、甜味俱佳, 外观品质好, 蛋白质含量最高, 果实综合品质最佳, 加上该品种产量高、品质稳定, 适合大面积推广种植, 其完熟果适于鲜食、制果汁等, 成熟果适于运输远销、长

期贮藏, 是一个优良栽培品种。

本文研究了不同品种不同成熟期果实的食用品质、外观品质及营养品质, 选择了 4 个品种, 含白肉型和红肉型, 分析了 3 个不同成熟期, 检测了多项指标, 含重量、体积、质地、口感、糖酸、蛋白质、纤维等, 多方面研究数据更全面地说明了番石榴果实的发育规律, 为优良品种的评价和筛选、基于不同开发利用目标选择合适采摘期奠定了基础。但仍有一些关键品质指标尚未涉及, 有待于进一步研究。

## 参考文献

- [1] Dakappa SS, Adhikari R, Timilsina SS, *et al.* A review on the medicinal plant *Psidium guajava* Linn. (Myrtaceae) [J]. *J Drug Deliv Therap*, 2013, 3(2): 162–168.
- [2] 张丽梅, 张朝坤, 陈洪彬, 等. 番石榴种质资源果实性状的聚类分析 [J]. *中国南方果树*, 2019, 18(6): 53–58.  
Zhang LM, Zhang CK, Chen HB, *et al.* Cluster analysis on fruit characters of guava germplasm resources [J]. *South Chin Fruits*, 2019, 18(6): 53–58.
- [3] 曹振林. 果实适期采收的主要依据及其方法 [J]. *现代农业*, 2013, (1): 14.  
Cao ZL. The main basis and method of fruit harvest at suitable time [J].

- Mod Agric, 2013, (1): 14.
- [4] 李平, 罗松. 番石榴果实发育的初步研究[J]. 福建果树, 2002, (3): 1-3.  
Li P, Luo S. Studies on the fruit development of guava [J]. Fujian Fruit Trees, 2002, (3): 1-3.
- [5] 谢志南, 苏明华, 赖瑞云, 等. 珍珠番石榴果实发育及其矿质元素含量变化[J]. 亚热带植物科学, 2003, 32(4): 22-24.  
Xie ZN, Su MH, Lai RY, *et al.* Growth and changes of nutrient elements of 'pearl' guava fruits [J]. Subtrop Plant Sci, 2003, 32(4): 22-24.
- [6] 曹圣君, 胡子有. 番石榴夏果果实体积生长发育动态观测[J]. 南方农业学报, 2015, 46(5): 828-832.  
Cao SJ, Hu ZY. Dynamic observation of guava's summer fruit volume growth and development [J]. J Southern Agric, 2015, 46(5): 828-832.
- [7] Ajang M, Tsomu T, Jadvav R G. Studies on physico-chemical changes during fruit growth and development in different varieties of guava (*Psidium guajava* L.) [J]. The Bioscan, 2016, 11(2): 763-766.
- [8] Patel RK, Maiti CS, Deka B C, *et al.* Physical and biochemical changes in guava (*Psidium Guajava* L.) during various stages of fruit growth and development [J]. Int J Agric Environ Biotech, 2015, 8(1): 75-82.
- [9] 张群, 李绮丽, 李绍华, 等. 采收期对“金艳”猕猴桃果实品质和耐贮性的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(12): 3913-3918.  
Zhang Q, Li QL, Li SH, *et al.* Effects on fruit quality and storability of "Jinyan" kiwifruit under different harvest time [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(12): 3913-3918.
- [10] GB 5009. 9-2016 食品安全国家标准 食品中淀粉的测定[S].  
GB 5009. 9-2016 National food safety standards-Determination of starch in foods [S].
- [11] GB 5009. 6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].  
GB 5009. 6-2016 National food safety standards-Determination of fat in foods [S].
- [12] GB/T 5009. 10-2003 植物类食品中粗纤维的测定[S].  
GB/T 5009. 10-2003 Determination of crude fiber in plant foods [S].
- [13] GB 5009. 5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].  
GB 5009. 5-2016 National food safety standards-Determination of protein in foods [S].
- [14] GB 5009. 7-2016 食品安全国家标准 食品中还原糖的测定[S].  
GB 5009. 7-2016 National food safety standards-Determination of reducing sugar in foods [S].
- [15] GB 5009. 8-2016 食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定[S].  
GB 5009. 8-2016 National food safety standards-Determination of fructose, glucose, sucrose, maltose and lactose in foods [S].
- [16] GB/T 10782-2006 蜜饯通则[S].
- GB/T 10782-2006 General rule for preserved fruits [S].
- [17] GB/T 12456-2008 食品中总酸的测定[S].  
GB/T 12456-2008 Determination of total acid in foods [S].
- [18] GB 5009. 3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].  
GB 5009. 3-2016 National food safety standards-Determination of moisture in foods [S].
- [19] 赵志常, 黄建峰. 番石榴优质丰产栽培彩色图说[M]. 广州: 广东科技出版社, 2017.  
Zhao ZC, Huang JF. Color pictorial handbook of cultivation technique of good quality and high yield [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2017.
- [20] 温国泉, 林涛, 蒋显斌, 等. 珍珠番石榴及其栽培[J]. 广西农业科学, 2002, (2): 90-91.  
Wen GQ, Lin T, Jiang XB, *et al.* 'Pearl' guava and its cultivation [J]. Guangxi Agric Sci, 2002, (2): 90-91.
- [21] 阮贤聪, 罗金棠. 我国南亚热带地区番石榴产业发展现状和对策[J]. 中国园艺文摘, 2010, (9): 51-52, 57.  
Ruan XC, Luo JT. Development status and countermeasures of guava industry in south subtropical region of China [J]. Chin Hortic Abstr, 2010, (9): 51-52, 57.
- [22] 林良方, 张汉荣. 不同品种番石榴引种试种研究[J]. 漳州职业技术学院学报, 2006, 8(3): 51-54.  
Lin LF, Zhang HR. Study on introduction and trial of different guava varieties [J]. J Zhangzhou Inst Tech, 2006, 8(3): 51-54.
- [23] 尔吉辉, 张晓光, 宋熙龙, 等. 影响果品品质的因素及提高果品品质的有效途径[J]. 河北林业科技, 2002, (12): 45-46.  
Er JH, Zhang XG, Song XL, *et al.* Factors affecting fruit quality and effective ways to improve fruit quality [J]. J Hebei For Sci Technol, 2002, (12): 45-46.
- [24] 王艳红, 刘斌. 影响果蔬采后失水若干因素的分析[J]. 保鲜与加工, 2009, 9(5): 4-8.  
Wang YH, Liu B. Analysis on several factors influencing post-harvest dehydration of fruit and vegetable [J]. Stor Proc, 2009, 9(5): 4-8.
- [25] 赵永红, 李宪利. 果实中糖酸积累机理研究进展[J]. 农业科技通讯, 2009, (8): 110-112.  
Zhao YH, Li XL. Research progress on mechanism of sugar and acid accumulation in fruits [J]. Bull Agric Sci Technol, 2009, (8): 110-112.
- [26] 李文生, 杨媛, 石磊, 等. 水果中蔗糖、还原糖、可溶性糖与甜度相关性的研究[J]. 北方园艺, 2012, (1): 58-60.  
Li WS, Yang Y, Shi L, *et al.* Study on the correlation relationship between sweetness and sucrose, reducing sugars, soluble sugars in fruits [J]. Northern Hortic, 2012, (1): 58-60.



[27] 李升锋, 徐玉娟, 廖森泰, 等. 不同品种番石榴果实评价及糖酸组分和抗氧化能力的分析[J]. 食品科学, 2009, 30(1): 66-70.

Li SF, Xu YJ, Liao ST, *et al.* Evaluation of fruit and analysis of sugar and acid compositions and antioxidant activities of different guava cultivars [J]. Food Sci, 2009, 30(1): 66-70.

(责任编辑: 王 欣)

### 作者简介



邱珊莲, 博士, 副研究员, 主要研究方向为农产品加工研究。  
E-mail: slqiu79@163.com。



郑开斌, 博士, 研究员, 主要研究方向为农产品加工研究。  
E-mail: kaibin118@163.com

---

## “粮油加工与质量安全”专题征稿函

民以食为天, 食以安为先。食品安全的源头在农业, 粮油产品是基础。我国作为粮食生产大国和人口大国, 粮油质量安全受到政府、产业和消费者的高度关注。与此同时, 随着乡村振兴战略和农业高质量发展, 发掘不同产地、不同品种粮油产品特异品质, 促进优质粮油产品开发, 是推动粮油产业高质量发展、满足人民日益增长的消费需要的重要举措。

鉴于此, 本刊特别策划了“粮油加工与质量安全”专题, 主要围绕粮油加工工艺、质量安全检测技术研究、粮油产品特异品质挖掘与评价、粮油产品质量安全风险评估、真实性与产地溯源、检测方法的标准化和分析质量控制技术以及粮油质量安全管理技术等方面展开论述和研究, 本专题计划在 2021 年 4 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊主编吴永宁技术总师特别邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2021 年 1 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

同时, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)

E-mail: [jfoodsq@126.com](mailto:jfoodsq@126.com)(注明专题)

《食品安全质量检测学报》编辑部