



## 5个番石榴品种果实食用品质和香气特征分析

邱珊莲, 林宝妹, 郑开斌

引用本文:

邱珊莲, 林宝妹, 郑开斌. 5个番石榴品种果实食用品质和香气特征分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2023, 31(3): 408–416.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4601>

---

### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

##### 不同品种番石榴花的挥发性成分分析

Volatile Components in Flower of Ten Varieties of *Psidium guajava*

热带亚热带植物学报. 2023, 31(1): 128–140 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4545>

##### 南瓜5个品种果肉的挥发性成分分析

Volatile Components in Flesh of Five Pumpkin Varieties

热带亚热带植物学报. 2020, 28(6): 633–643 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4226>

##### 番石榴4个品种叶和幼果的生物活性和酚类成分研究

Biological Activities and Phenolic Constituents in Extracts from Leaves and Young Fruits of Four Guava Cultivars

热带亚热带植物学报. 2021, 29(6): 694–702 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4416>

##### 六个品种花椰菜花球的营养成分分析与评价

Nutrient Analysis and Evaluation of Six Cauliflower Varieties

热带亚热带植物学报. 2022, 30(3): 349–356 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4471>

##### 嘉宝果不同发育期花果叶的挥发性成分分析

Volatile Components in Flowers, Fruits and Leaves of Jaboticaba at Different Developmental Stages

热带亚热带植物学报. 2022, 30(3): 423–433 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4451>

向下翻页, 浏览PDF全文

## 5 个番石榴品种果实食用品质和香气特征分析

邱珊莲, 林宝妹, 郑开斌\*

(福建省农业科学院亚热带农业研究所, 福建 漳州 363005)

**摘要:** 为比较番石榴(*Psidium guajava*)不同品种果实的外观、营养价值和香气特征, 采用国家标准方法, 对 5 个番石榴品种(‘红宝石’、‘粉红蜜’、‘西瓜’、‘水蜜’、本地种)果实的外观和营养成分进行测定, 采用顶空气质联用(HS-GC-MS)技术对 5 个品种果实的香气成分进行测定。结果表明, 不同品种果实外观及营养成分差异明显。‘水蜜’的果形指数最低, 果实扁圆形, 种籽最少; 大多数糖类物质(总糖、还原糖、蔗糖等)、糖酸比、总酚含量最高; 果糖、V<sub>C</sub>和总黄酮含量位居第 2; 总酸、脂肪、粗纤维、灰分含量最低。主成分分析表明, ‘水蜜’作为鲜食水果的食用品质最高。己醛和石竹烯是红肉型品种的特征风味物质, 3-羟基-2-丁酮是白肉型品种的特征香气成分。

**关键词:** 番石榴; 品种; 主成分分析; 营养成分; 香气成分

doi: 10.11926/jtsb.4601

## Analysis of Edible Quality and Aroma Characteristics of Fruits in Five Cultivars of *Psidium guajava*

QIU Shanlian, LIN Baomei, ZHENG Kaibin\*

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

**Abstract:** To compare appearance traits, nutrients and aroma characteristics of fruits of different *Psidium guajava* cultivars, the appearance and nutritional qualities of five guava cultivars (‘Hongbaoshi’, ‘Fenhongmi’, ‘Xigua’, ‘Shuimi’, local cultivar) were measured by national standard method, and the aroma components were determined by head space-gas chromatography-mass spectrometry (HS-GC-MS) technology. The results showed that there were significant differences in fruit appearance and nutrients among five cultivars. For ‘Shuimi’, the fruit shape index was the lowest with oblate fruit and the least seeds; the contents of sugars (total sugar, reducing sugar, sucrose, and etc.), sugar acid ratio, and total phenol were the highest; and the contents of fructose, V<sub>C</sub> and total flavonoids ranked in second; while the contents of fat, crude fiber, ash and total acid were the lowest. The principal component analysis (PCA) showed that ‘Shuimi’ had the highest comprehensive score, so the edible quality was the best, Hexanal and caryophyllene were the characteristic aroma components of red pulp cultivars, and 3-hydroxy-2-butanone was the characteristic aroma component of white pulp cultivars.

**Key words:** *Psidium guajava*; Cultivar; Principal component analysis; Nutrient; Aroma component

番石榴(*Psidium guajava*), 又名芭乐、拔子、喇叭果、鸡屎果等, 隶属于桃金娘科(Myrtaceae)番石榴属, 热带果树, 原产于南美洲热带地区, 在我国海南、云南、广西、广东、福建、台湾等地区广泛

栽培。番石榴具有较高的药用价值和食用价值, 叶、花、果均可入药<sup>[1]</sup>。叶含有三萜、黄酮、鞣质、多酚、倍半萜等活性成分<sup>[2]</sup>, 具有明显的降血糖<sup>[3]</sup>、抗病毒<sup>[4]</sup>、抗菌<sup>[5]</sup>、抗炎<sup>[6]</sup>、抗肿瘤<sup>[7]</sup>等药理活性,

收稿日期: 2021-12-30 接受日期: 2022-02-21

基金项目: 福建省省属公益类科研院所专项(2019R1030-4)资助

This work was supported by the Special Project for Basic Research of Public Research Institute of in Fujian Province (Grant No. 2019R1030-4).

作者简介: 邱珊莲(1979年生), 女, 博士, 副研究员, 主要从事农产品加工研究。E-mail: slqiu79@163.com

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: kaibin118@163.com

具有辅助降糖、治疗急性慢性肠炎和痢疾等疾病的作用;花蕾可缓解消化障碍<sup>[8]</sup>;果实清甜脆爽,香气独特,富含蛋白质、维生素A、C及磷、钙、镁等微量元素<sup>[9]</sup>,可用于营养补充剂和止泻剂<sup>[10]</sup>。

目前国内外对番石榴的研究主要集中于番石榴的栽培技术、加工工艺、叶片生物活性等方面,而对番石榴果实的营养价值、香气品质和活性成分的研究报道仍较少。彭燕等<sup>[11]</sup>研究了广东湛江河唇‘珍珠’番石榴果实营养成分及活性成分。周浓等<sup>[12]</sup>研究了‘珍珠’番石榴果实营养成分及挥发性风味成分。张朝坤等<sup>[13]</sup>研究了2个品种番石榴(‘彩虹’、‘红宝石’)果实生长发育和营养品质的变化规律。李莉梅等<sup>[14]</sup>比较了红肉型‘四季桃’和白肉型‘珍珠桃’番石榴果实中的挥发性组分差异。邱珊莲等比较了4个品种番石榴不同成熟期反造果的食用品质、外观品质和营养品质<sup>[15]</sup>,分析了5个番石榴品种(‘水蜜’、‘珍珠’、本地、‘西瓜’、‘红宝石’)不同成熟期反造果的香气成分<sup>[16]</sup>。Ajang等<sup>[17]</sup>研究了番石榴3个品种重量、体积发育规律、可溶性固形物、总糖、抗坏血酸含量。由于不同品种间基因存在差异,导致营养、活性和香气成分的组成存在差异。番石榴主栽品种约有几十种,但多数研究仅限于少数品种或少数品质指标,且大多未指明果实的采摘时间,或栽培地点不明,难以汇总起来比较分析各品种果实品质。关于优质品种筛选的系统研究仍较缺乏。

番石榴具有常年开花的习性,但花期集中在4—5月和8—10月,以4—5月花量最多,对应的果实成熟期分别在7—8月(正造果)和12—1月(反造果)。番石榴正造果生长时间大概75 d,反造果成熟时间在120 d左右<sup>[18]</sup>。本文对同一栽培地点、同一时期、相同成熟度的5个品种番石榴(‘红宝石’、‘粉红蜜’、‘西瓜’、‘水蜜’、本地种)正造果的营养、香气和活性成分进行定性定量分析,应用SPSS 22.0软件对数据进行差异显著性分析和主成分分析(principal component analysis, PCA),探讨5个品种果实综合品质的差异,旨在为进一步开发利用番石榴种质资源进行良种选育、推广应用及加工利用提供参考依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试番石榴(*Psidium guajava*)品种为‘红宝石’、‘粉红蜜’、‘西瓜’、‘水蜜’、本地种,种植于福建省

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(24°33'7" N, 117°44'24" E),海拔20 m,树龄为6 a,气候、土壤及栽培管理措施一致。于2021年7月19—28日期间采摘八成熟果,‘红宝石’、‘西瓜’、‘水蜜’于花后80 d采摘,‘粉红蜜’、本地种于花后75 d采摘。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,每棵树按东、南、中、西、北5个方位各摘取3粒果实。鲜果采摘后随机选取10粒立即匀浆,迅速进行香气和V<sub>C</sub>测定,其他样品切成小块,-80℃冰箱保存备用。

### 1.2 试验方法

**果实外观性状测定** 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;单果质量以鲜质量计。

**果实营养成分测定** 水分测定参考GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》直接干燥法;蛋白质含量测定参考GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》凯氏定氮法;脂肪含量测定参考GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》索氏抽提法;粗纤维含量测定参考GB/T 5009.10—2003《植物类食品中粗纤维的测定》;可溶性固形物含量测定参考NY/T 2637—2014《水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定 折射仪法》;灰分含量测定参考GB 5009.4—2016《食品中灰分的测定》第一法;总酸含量的测定参考GB/T 123456—2008《食品中总酸的测定》酸碱滴定法;总糖含量的测定参考GB/T 10782—2006《蜜饯通则》;还原糖含量测定参考GB 5009.7—2016《食品中还原糖的测定》滴定法;果糖、葡萄糖、蔗糖含量测定参考GB 5009.8—2016《食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定》高效液相色谱法;V<sub>C</sub>含量测定参考GB 5009.86—2016《食品中抗坏血酸的测定》滴定法。各营养成分含量均以鲜质量计。

**果实总酚和总黄酮测定** 参考Lu等<sup>[19]</sup>的方法提取和测定总酚含量;参考Krizek等<sup>[20]</sup>的方法提取和测定总黄酮含量。

**果实香气成分测定** 随机选取10粒无机械损伤和病虫害的果实,洗净,水分晾干后切块用粉碎机打成果浆,称取5 g果肉置于20 mL顶空瓶(设3个平行重复),放入顶空自动进样器,瓶静态平衡时间5 min。气相色谱分析条件:色谱柱,TG-5SILMS石英毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);升温程序:起始温度40℃,保持2 min,然后以5℃/min升至140℃,再以10℃/min升至250℃,保持10 min;进

样量 1 000  $\mu\text{L}$ , 载气为 He, 体积流量 1.2 mL/min。质谱电离方式为 EI, 离子源温度 250  $^{\circ}\text{C}$ , 接口温度 280  $^{\circ}\text{C}$ 。扫描质量范围为 30~550 amu。各组分质谱经 NIST 检索和比对, 采用峰面积归一法计算各成分相对百分含量。

### 1.3 数据处理

采用 Excel 2010 软件进行数据处理, 采用 SPSS 22.0 软件进行差异显著性和 PCA 分析。差异显著性分析采用 Duncan 法 ( $P < 0.05$ ); 参考林海明<sup>[21]</sup>方法计算得到各品种果实品质性状的综合得分。

## 2 结果和分析

### 2.1 果实外观性状分析

如表 1 所示, 不同品种番石榴其颜色、多籽性、形状和大小差异较明显。‘红宝石’、‘粉红蜜’、‘西

瓜’果肉红色, ‘水蜜’和本地种果肉白色。‘水蜜’果肉中籽极少, ‘红宝石’和本地种次之。‘水蜜’的果形指数最低, 形状与其他品种差异较大, 果实呈扁圆形; ‘西瓜’果形指数最大, 果实呈雪梨形; ‘红宝石’、‘粉红蜜’果实呈苹果形; 本地种果实呈卵圆形。本地种单果质量显著高于其他 4 个品种, ‘西瓜’单果质量最低。

### 2.2 果实营养成分分析

‘水蜜’果实水分含量、可溶性固形物、总酚含量显著高于其他 4 个品种, 脂肪、粗纤维、灰分显著低于其他 4 个品种; ‘粉红蜜’水分含量最低, 蛋白质、脂肪、粗纤维、灰分显著高于其他 4 个品种; ‘红宝石’V<sub>C</sub> 含量最高, 为 157.02 mg/100g, 其次为‘水蜜’(152.17 mg/100g), 本地种 V<sub>C</sub> 含量最低, 仅 87.04 mg/100g; 本地种总黄酮含量显著高于其他 4 个品种, 达 1.33 mg/g, ‘红宝石’含量最低(表 2)。

表 1 5 个番石榴品种果实外观特征

Table 1 Fruit appearance traits of five guava cultivars

品种 Cultivar	果皮颜色 Peel color	果肉颜色 Pulp color	多籽性 Seed number	横径 Horizontal diameter (cm)	纵径 Vertical Diameter (cm)	果形指数 Fruit shape index	单果质量 (g) Weight per fruit
‘红宝石’ ‘Hongbaoshi’	绿色 Green	红色 Red	少 Few	7.06±0.23b	6.64±0.19bc	0.94±0.02b	155.82±6.02d
‘粉红蜜’ ‘Fenhongmi’	黄绿色 Yellowish-green	粉红 Pink	多 Many	7.24±0.15ab	7.29±0.24ab	1.00±0.02b	202.61±4.04b
‘西瓜’ ‘Xigua’	黄绿色 Yellowish-green	红色 Red	多 Many	6.18±0.17c	6.93±0.06ab	1.12±0.02a	126.67±3.00e
‘水蜜’ ‘Shuimi’	绿色 Green	白色 White	极少 Very few	7.66±0.13a	6.07±0.07c	0.79±0.02c	185.82±1.19c
本地种 Local cultivar	黄绿色 Yellowish-green	白色 White	中等 Medium	7.67±0.14a	7.45±0.35a	0.97±0.03b	216.17±5.23a

同列数据后不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同

Data followed different letters in the same column indicate significant differences at 0.05 level. The same below

表 2 5 个番石榴品种果实营养成分含量

Table 2 Contents (%) of nutrient components in five guava cultivars

品种 Cultivar	水分 Water	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	粗纤维 Crude fiber	灰分 Ash	可溶性固形物 Soluble solid	V <sub>C</sub> (mg/100g)	总酚 (mg/g) Total phenols	总黄酮 (mg/g) Total flavonoids
‘红宝石’ ‘Hongbaoshi’	88.85±0.08c	0.62±0.00c	0.21±0.00d	2.04±0.02d	0.48±0.01b	9.05±0.03b	157.02±0.20a	2.01±0.00c	0.74±0.01e
‘粉红蜜’ ‘Fenhongmi’	85.90±0.20e	0.77±0.01a	0.49±0.01a	4.02±0.04a	0.51±0.00a	8.00±0.01d	140.00±0.79c	2.01±0.03c	0.78±0.00d
‘西瓜’ ‘Xigua’	88.22±0.07d	0.50±0.00d	0.47±0.00b	2.91±0.04b	0.44±0.00c	8.40±0.01c	136.19±0.63d	2.33±0.01b	0.98±0.01c
‘水蜜’ ‘Shuimi’	90.22±0.10a	0.64±0.00c	0.16±0.00e	1.58±0.01e	0.40±0.00d	9.21±0.02a	152.17±0.47b	2.58±0.02a	1.03±0.00b
本地种 Local cultivar	89.53±0.04b	0.74±0.01b	0.31±0.00c	2.19±0.00c	0.49±0.00b	7.02±0.02e	87.04±0.27e	1.81±0.01d	1.33±0.01a

$n=3$

### 2.3 果实可溶性糖、酸含量分析

如表 3 所示, ‘水蜜’总酸含量显著低于其他 4 个品种; 总糖、还原糖含量和糖酸比显著高于其他 4 个品种; 果糖、蔗糖含量与‘西瓜’无显著差异, 显著高于其他 3 个品种; 葡萄糖含量与‘粉红

蜜’无显著差异, 显著高于其他 3 个品种。‘粉红蜜’总酸含量最高, 果糖含量最低; 本地种总糖、还原糖、蔗糖含量及糖酸比显著低于其他 4 个品种。5 个品种总糖以还原糖为主, 还原糖含量均远高于蔗糖。

表3 5个番石榴品种果实可溶性糖组分及总酸含量

Table 3 Contents of soluble sugar and total acid in five guava cultivars

品种 Cultivar	总酸 Total acid (g/kg)	总糖 Total sugar /%	还原糖 Reducing sugar /%	果糖 Fructose /%	葡萄糖 Glucose /%	蔗糖 Sucrose /%	糖/酸比 Ratio of sugar to acid
‘红宝石’ ‘Hongbaoshi’	2.44±0.00c	6.75±0.02b	4.31±0.00b	1.28±0.02c	1.67±0.02b	1.89±0.03a	27.64±0.06b
‘粉红蜜’ ‘Fenhongmi’	2.71±0.01a	6.31±0.01d	4.11±0.01d	1.13±0.01d	2.03±0.04a	1.76±0.01b	23.30±0.09d
‘西瓜’ ‘Xigua’	2.55±0.01b	6.44±0.04c	4.26±0.01c	1.53±0.01a	1.21±0.01c	1.90±0.01a	25.25±0.28c
‘水蜜’ ‘Shuimi’	2.07±0.01d	7.08±0.04a	4.62±0.00a	1.51±0.00a	2.07±0.05a	1.94±0.01a	34.18±0.28a
本地种 Local cultivar	2.54±0.01b	5.31±0.00e	3.95±0.01e	1.36±0.03b	1.61±0.04b	0.95±0.02c	20.92±0.10c

n=3

## 2.4 食用品质综合评价

以供试的5个番石榴品种果实作为样本单元,将粗纤维、可溶性固形物、总酸、总糖、还原糖、果糖、葡萄糖、蔗糖、糖酸比、V<sub>C</sub>、总酚、总黄酮、蛋白质、脂肪、灰分等营养指标、风味指标(糖、酸、糖酸比)和活性物质共15个作变量进行PCA和综合评价。将以上15个指标经标准化(Z-score法)处理后,通过SPSS进行PCA分析,结果见表4、5。第1主成分(PC1)的特征值为8.440,方差贡献率为56.266%;第2主成分(PC2)的特征值为3.445,方差贡献率为22.965%;第3主成分(PC3)的特征值为2.254,方差贡献率为15.027%;前3个主成分的累计方差贡献率达到94.258%,说明这3个主成分基本上反映了原始变量的全部信息,符合分析要求。

表4 番石榴果实营养品质主成分的方差贡献率

Table 4 Variance contribution rates of first four principal components

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	方差贡献率 Contribution rate /%	累计方差贡献率 Cumulative contribution rate /%
1	8.440	56.266	56.266
2	3.445	22.965	79.231
3	2.254	15.027	94.258

根据PCA分析得出的因子得分和特征值计算得出5个品种的主成分得分(Y<sub>1</sub>、Y<sub>2</sub>、Y<sub>3</sub>)和主成分综合得分F,综合得分越高,说明该品种果实的食用品质越好。‘水蜜’的主成分综合得分值最高,达到了2.30分,其次是‘红宝石’,分值为0.93(表7)。表5显示PC1中以还原糖、糖/酸比、可溶性固形物、总糖影响最大,表2、3显示‘水蜜’中的可溶性固形物、总糖、还原糖含量和糖/酸比均显著高于其他4个品种,说明主成分综合得分能较客观反映各品种间果实品质的差异。可见,5个品种当中,‘水蜜’作为鲜食水果的食用品质最佳,其他依次为‘红

因此将前3个主成分代替原15个指标评价番石榴果实食用品质,达到了降维目的。

主成分载荷矩阵反映各变量指标与各主成分之间的关系,载荷系数绝对值越大,表明该变量与对应主成分的关联程度越大。由表5可知,对PC1贡献较大的指标有还原糖、糖/酸比、可溶性固形物、总糖,载荷值分别为0.992、0.973、0.935、0.921,基本指向糖类物质;对PC2贡献较大的为总黄酮,载荷值为-0.914;对PC3贡献较大的为葡萄糖,载荷值为0.867。PC1和PC2的累计贡献率达79.231%,接近总贡献率的80%,根据各主成分的贡献率,说明对番石榴果实食用品质影响最大的营养指标是还原糖、糖/酸比、可溶性固形物、总糖、总黄酮。

宝石’、‘西瓜’、‘粉红蜜’、本地种。

## 2.5 果实香气成分分析

由表7可知,5个番石榴品种果实共检出25种挥发性物质,包括醇类5种,醛类2种,萜烯18种。5个品种的共有成分2种,分别为胡椒烯和石竹烯。‘红宝石’共检测出15种挥发性化合物,‘粉红蜜’和‘水蜜’19种,‘西瓜’14种,本地种仅7种。‘红宝石’和‘粉红蜜’果实挥发性物质中均以醛类物质相对含量最高,分别为48.91%和50.39%,萜类物质含量次之,分别为30.70%和41.85%;‘西瓜’中萜类物质相对含量最高,为61.46%,其次是醛类

表 5 番石榴果实食用品质指标的主成分载荷矩阵

Table 5 Loading matrix of first three principal components

指标 Index	PC1	PC2	PC3	指标 Index	PC1	PC2	PC3
粗纤维 Crude fiber	0.532	-0.704	0.261	糖/酸比 Ratio of sugar to acid	0.973	-0.045	0.218
可溶性固形物 Soluble solid	0.935	0.301	0.007	Vc	0.779	0.614	-0.013
总酸 Total acid	0.831	-0.455	0.320	总酚 Total phenols	0.885	-0.080	-0.196
总糖 Total sugar	0.921	0.389	0.011	总黄酮 Total flavonoids	-0.328	-0.914	0.036
还原糖 Reducing sugar	0.992	0.009	0.084	蛋白质 Protein	-0.565	0.137	0.781
果糖 Fructose	0.546	-0.687	-0.461	脂肪 Fat	-0.568	0.433	-0.571
葡萄糖 Glucose	0.211	0.284	0.867	灰分 Ash	-0.849	0.436	0.170
蔗糖 Sucrose	0.781	0.574	-0.244				

表 6 5 个番石榴品种果实的主成分因子得分

Table 6 Scores of first four principal component factors

品种 Cultivar	Y1	Y2	Y3	F	排序 Ranking
‘红宝石’ ‘Hongbaoshi’	1.06	0.98	0.37	0.93	2
‘粉红蜜’ ‘Fenhongmi’	-1.99	2.54	0.61	-0.47	4
‘西瓜’ ‘Xigua’	0.49	-0.20	-2.65	-0.18	3
‘水蜜’ ‘Shuimi’	3.98	-1.01	1.07	2.30	1
本地种 Local cultivar	-3.54	-2.30	0.60	-2.58	5

表 7 5 个番石榴品种果实香气成分组成与相对含量

Table 7 Relative contents (%) of aroma components in fruits of five guava cultivars

序号 No.	化合物 Compound	‘红宝石’ ‘Hongbaoshi’	‘粉红蜜’ ‘Fenhongmi’	‘西瓜’ ‘Xigua’	‘水蜜’ ‘Shuimi’	本地种 Local cultivar
1	3-羟基-2-丁酮 3-Hydroxy-2-butanone	-	-	-	25.67±1.67b	67.92±1.65a
2	顺式-3-己烯-1-醇 (Z)-3-Hexen-1-ol	5.98±0.14a	2.91±0.33b	-	-	1.94±0.11c
3	顺式-2-己烯-1-醇 (Z)-2-Hexen-1-ol	1.70±0.13b	0.52±0.03c	1.32±0.16bc	-	4.44±0.53a
4	己醇 Hexanol	12.36±0.53b	3.81±0.70c	2.28±0.14c	-	19.88±0.88a
5	$\beta$ -紫罗兰醇 $\beta$ -Ionol	-	-	-	0.16±0.01	-
	醇类小计 Alcohols Subtotal	20.03±0.27c	7.25±1.00d	3.60±0.23e	25.83±1.66b	94.18±0.17a
	醇类数量 Number of alcohols	3	3	2	2	4
6	己醛 Hexanal	37.50±0.54b	41.93±0.72a	19.42±0.17c	-	-
7	反式-2-己烯醛 (E)-2-Hexenal	11.41±1.21b	8.47±0.32c	14.32±1.50a	-	-
	醛类小计 Aldehydes subtotal	48.91±1.75a	50.39±1.02a	33.74±1.67b	-	-
	醛类数量 Number of aldehydes	2	2	2	-	-
8	桉树醇 Cineole	-	-	1.05±0.10b	0.34±0.03c	1.35±0.01a
9	$\beta$ -罗勒烯 $\beta$ -Ocimene	4.46±0.34c	6.16±0.48b	10.41±0.23a	0.94±0.05d	-
10	3-蒎烯 3-Carene	0.36±0.02c	1.04±0.12b	1.67±0.11a	0.10±0.05d	-
11	胡椒烯 Copaene	0.92±0.08c	1.59±0.07b	2.22±0.12a	2.06±0.20a	0.86±0.01c
12	石竹烯 Caryophyllene	19.28±0.98d	24.24±0.95c	36.57±1.28b	61.58±0.82a	3.54±0.17e
13	香树烯 Alloaromadendrene	1.05±0.08c	1.71±0.04b	2.45±0.14a	2.03±0.17b	-
14	$\alpha$ -律草烯 $\alpha$ -humulene	1.66±0.11c	1.58±0.03c	2.79±0.18a	2.14±0.18b	-
15	2-表-反式- $\beta$ -石竹烯 2- <i>epi</i> -(E)- $\beta$ -Caryophyllene	-	0.43±0.01b	-	0.61±0.05a	-
16	$\gamma$ -紫穗槐烯 $\gamma$ -Amorphene	-	-	-	0.18±0.01	-
17	顺式- $\alpha$ -没药烯 (Z)- $\alpha$ -Bisabolene	1.03±0.08c	1.28±0.10b	1.65±0.10a	0.26±0.04d	-
18	(-)-异喇叭烯 (-)-Isoledene	0.69±0.03b	1.02±0.05a	1.11±0.06a	0.00	-
19	(-)-诺卡烯 (-)-Nootkatene	-	0.32±0.01a	-	0.22±0.02b	-
20	$\delta$ -杜松烯 $\delta$ -Cadinene	0.91±0.04c	1.24±0.09b	1.55±0.06a	1.33±0.12ab	-
21	顺式-去氢白菖烯 (Z)-Calamenene	-	0.34±0.05b	-	0.70±0.04a	-
22	萜澄茄烯 Cubenene	-	0.38±0.03b	-	0.62±0.03a	-
23	$\beta$ -益智醇 $\beta$ -Nootkatol	0.35±0.02b	0.53±0.03a	-	0.47±0.02a	-

续表(Continued)

序号 No.	化合物 Compound	‘红宝石’ ‘Hongbaoshi’	‘粉红蜜’ ‘Fenhongmi’	‘西瓜’ ‘Xigua’	‘水蜜’ ‘Shuimi’	本地种 Local cultivar
24	$\beta$ -龙脑烯 $\beta$ -Longipinene	-	-	-	0.28±0.03	-
25	$\beta$ -菖蒲醇 $\beta$ -Acorenol	-	-	-	0.16±0.02	-
萜类小计	Terpenoids subtotal	30.70±1.66d	41.85±0.52c	61.46±1.96b	74.03±1.69a	5.76±0.17e
萜类数量	Number of terpenoids	10	14	10	17	3
总计	Total	99.64±0.35a	99.49±0.06a	98.80±1.20a	99.86±0.07a	99.94±0.04a
数量总计	Total number	15	19	14	19	7

n=3; -: 未被检测到。

n=3; -: Not detected.

(33.74%); ‘水蜜’中萜类物质相对含量高达 74.03%, 醇类含量为 25.83%, 未检测出醛类; 本地种中萜类物质相对含量高达 94.18%, 萜类含量为 5.76%, 未检测出醛类物质。

5个番石榴品种果实香气主要成分组成及含量差异较大(表 7, 8)。“红宝石”和“粉红蜜”的主要成分组成和含量较为类似, 均以己醛相对含量最高, 分别为 37.50%和 41.93%, 其次为石竹烯, 含量分别为 19.28%和 24.24%, 这两个品种间共有成分 15 种,

相似率达到 0.972; ‘西瓜’挥发性物质中石竹烯含量最高, 为 36.57%, 其次为己醛(19.42%), 与其他品种的香气成分相似率均小于 0.850; ‘水蜜’中石竹烯是绝对优势成分, 含量高达 61.58%, 第二优势成分为 3-羟基-2-丁酮, 含量为 25.67%, 该品种与其他品种的香气成分相似率均小于 0.800; 本地种中 3-羟基-2-丁酮是绝对优势成分, 含量高达 67.92%, 其次为己醇, 含量为 19.88%, 与其他品种的香气相似率均小于 0.500, 表明该品种的香气较独特。

表 8 5 个番石榴品种果实香气成分相似率

Table 8 Similarity rate of aroma components in fruits of five guava cultivars

品种 Cultivar	‘红宝石’ ‘Hongbaoshi’	‘粉红蜜’ ‘Fenhongmi’	‘西瓜’ ‘Xigua’	‘水蜜’ ‘Shuimi’	本地种 Local cultivar
‘红宝石’ ‘Hongbaoshi’	1	0.972	0.805	0.389	0.102
‘粉红蜜’ ‘Fenhongmi’		1	0.844	0.453	0.048
‘西瓜’ ‘Xigua’			1	0.751	0.057
‘水蜜’ ‘Shuimi’				1	0.413
本地种 Local cultivar					1

### 3 结论和讨论

随着人们生活水平的提高、消费观念的改变和健康意识的增强, 消费者对水果食用价值、安全性及其保健作用的关注日益提升。果实品质的内涵也越来越丰富, 对于鲜食水果, 果实品质主要包括以糖、有机酸为核心的食用品质, 色泽、果形为核心的外观品质, 芳香物质、生物活性物质为核心的外延品质<sup>[22]</sup>。本研究的 5 个番石榴品种正造果虽果形指数存在差异、形状各异, 但均果实大小整齐、果形端正、着色度一致, 外观均可接受。但‘水蜜’的籽最少, ‘红宝石’的次之。

果实营养成分含量决定了其营养价值, 营养成分主要包括脂肪、碳水化合物、蛋白质、纤维素、

灰分等。彭燕等<sup>[1]</sup>研究表明湛江河唇‘珍珠’番石榴的水分含量为 88.98%、脂肪 0.11%、粗纤维 2.27%、蛋白质 0.78%。本研究中的‘红宝石’水分含量与之接近, 5 个品种脂肪含量(0.16%~0.49%)均明显高于‘珍珠’番石榴; ‘粉红蜜’和‘西瓜’的粗纤维含量高于‘珍珠’, 其余 3 个品种的低于‘珍珠’; ‘粉红蜜’的蛋白质含量与‘珍珠’相当, 其余 4 个品种的均低于‘珍珠’。可见, 不同品种间大多营养成分含量差异较大, 但也存在个别营养成分含量接近的情况。

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>[23]</sup>。高酸低糖的果实口感过酸, 难以入口, 而低酸高糖的果实口感平淡, 容易甜腻, 都不能迎合消费者的鲜食口感需求, 良好的风味必须建立在较高的含糖量基础上有合适的糖

酸比<sup>[24]</sup>。例如,对梨(*Pyrus spp.*)而言,含糖量高或极高、含酸量低或中等的风味佳;含酸量极高者,无论含糖量高低,风味均差;糖酸比小于 14.9 时,风味甜酸或酸涩;糖酸比在 15~25 时,风味甜酸;糖酸比在 25.1~60 时,风味最佳,酸甜适口;糖酸比大于 60.1 时,风味甜或甘甜<sup>[25]</sup>。对苹果(*Malus sp.*)而言,在可滴定酸含量 0.2%~0.5%、可溶性固形物  $\geq 14.5\%$  或总糖  $\geq 12.5\%$ 、糖酸比 30~35 范围内果实甜酸适宜,风味浓郁,最适于鲜食<sup>[26]</sup>。本研究中的 5 个番石榴品种果实总酸含量为 0.21%~0.27%,总糖含量为 5.31%~7.08%,糖酸比为 20.92~34.18。‘水蜜’总酸含量最低,总糖含量最高,糖酸比(34.18)最高,口感酸甜适宜,鲜食风味品质最佳;‘红宝石’次之,总酸含量为 0.24%、总糖含量 6.75%,糖酸比为 27.64。张朝坤<sup>[13]</sup>等检测‘红宝石’的总酸含量为 0.19%、总糖含量 2.97%,糖酸比为 15.63,均明显低于本文检测值,两者的栽培地点距离较近,但结果差异明显,可能与栽培管理措施及不同年份的气候有关。

番石榴果实中不仅含有人体需要的多种营养物质,还含有多糖、多酚、黄酮、V<sub>C</sub> 等生物活性物质<sup>[11]</sup>。彭燕等<sup>[11]</sup>测定湛江河唇‘珍珠’番石榴的总酚含量为 1.80 mg/g、总黄酮含量为 1.94 mg/g、V<sub>C</sub> 含量 94.02 mg/100 g;张朝坤<sup>[13]</sup>等测定‘彩虹’和‘红宝石’的 V<sub>C</sub> 含量分别为 107.87 和 111.00 mg/100 g;周浓等<sup>[12]</sup>测定‘珍珠’番石榴的 V<sub>C</sub> 含量为 0.13 g/100 g。本研究中本地种的总酚含量与湛江河唇‘珍珠’相当,其余品种的总酚含量均高于湛江河唇‘珍珠’,但 5 个品种的总黄酮均低于湛江河唇‘珍珠’。除本地种外,其余 4 个品种的 V<sub>C</sub> 含量均高于以上文献报道的。与其他水果相比,本研究的‘红宝石’、‘粉红蜜’、‘西瓜’、‘水蜜’、本地种 5 个品种的 V<sub>C</sub> 含量高于许多其他水果,如猕猴桃(*Actinidia chinensis*)、山楂(*Crataegus pinnatifida*)、草莓(*Fragaria ananassa*)、圣女果(*Lycopersicon esculentum var. cerasiforme*)、樱桃(*Cerasus spp.*)、鸭梨、苹果、西瓜(*Citrullus lanatus*)、青葡萄(*Vitis vinifera*)、油桃(*Prunus persica var. nectarina*)<sup>[27]</sup>。番石榴营养、风味等指标众多,且含量在各品种间有高有低,分散的指标难以全面揭示品种间的品质差异,PCA 是将众多指标简化为少量综合指标的一种降维统计分析方法。本研究采用 PCA 分析了 15 个指标,结果表明对番石榴食用品质影响最大的指标为还原糖、糖/酸比、可溶性固

形物、总糖、总黄酮,综合得分最高的品种为‘水蜜’。PC1 载荷值和贡献率表明糖类物质是影响番石榴果实食用品质的主要关键因素。

风味是食品的灵魂,水果风味除了取决于非挥发性的糖、酸含量和糖酸比,还与挥发性香气物质有关,香气是水果及其产品重要的质量指标,直接影响消费者的偏好<sup>[28]</sup>。李莉梅等<sup>[14]</sup>研究发现红肉型‘四季桃’和白肉型‘珍珠桃’番石榴果实均以醛类为主香物质,但白肉型含量明显高于红肉型,而红肉型果实中酯类、醇类、酸类物质的种类和含量均明显高于白肉型,与本文结果不一致,本研究中醛类是红肉型‘红宝石’、‘粉红蜜’的主香物质,但白肉型果实不含醛类物质,这些明显差异可能与品种的遗传特性、产地气候、栽培措施均有关系。作者前期研究表明‘水蜜’、‘珍珠’、本地种 3 个番石榴品种成熟反造果均以醛类物质为主香成分,‘西瓜’和‘红宝石’以萜烯类为主香成分<sup>[16]</sup>。与本次正造果相比,仅‘西瓜’变化不大,仍以萜烯类为主香成分,但‘红宝石’以醛类为最主要成分,‘水蜜’、本地种分别以萜烯类和醇类为主香物质。同一地点同一品种的差异与季节关系最大,正造果的果实发育成熟季节是夏季,气温高、光照强,而反造果的果实发育成熟季节是冬季,气温低、光照较弱,温度和光照是影响香气物质的合成与代谢的重要环境因素<sup>[29]</sup>。

综上所述,5 个番石榴品种正造果的外观、营养品质和香气特征差异较大。‘水蜜’果形呈扁圆形,籽少,粗纤维少,其可溶性固形物、总糖、还原糖、葡萄糖、蔗糖、总酚含量和糖酸比均最高,总酸含量最低,V<sub>C</sub> 含量高达 152.17 mg/100 g,仅次于‘红宝石’(157.02 mg/100 g)。PCA 分析表明‘水蜜’作为鲜食水果的综合得分最高,食用品质最佳,适宜大面积推广。己醛和石竹烯是红肉型品种(‘红宝石’、‘粉红蜜’、‘西瓜’)的特征香气物质,3-羟基-2-丁酮是白肉型品种(‘水蜜’、本地种)的特征香气成分。本研究为番石榴果实综合品质评价、良种选育及推广、加工利用提供了理论依据。

## 参考文献

- [1] GUTIÉRREZ R M P, MITCHELL S, SOLIS R V. *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology [J]. *J Ethnopharmacol*, 2008, 117(1): 1–27. doi: 10.1016/j.jep.2008.01.025.
- [2] WANG M H, WEI W H, WU Z Q. Research progress on bioactivity of guava leaves [J]. *J Chin Med Mat*, 2015, 38(10): 2215–2219. [汪梅花,



- 魏文浩, 吴振强. 番石榴叶的生物活性研究进展 [J]. 中药材, 2015, 38(10): 2215–2219. doi: 10.13863/j.issn1001-4454.2015.10.049.]
- [3] DÍAZ-DE-CERIO E, RODRÍGUEZ-NOGALES A, ALGIERI F, et al. The hypoglycemic effects of guava leaf (*Psidium guajava* L.) extract are associated with improving endothelial dysfunction in mice with diet-induced obesity [J]. Food Res Int, 2017, 96: 64–71. doi: 10.1016/j.foodres.2017.03.019.
- [4] CHOLLOM S C, AGADA G O A, BOT D Y, et al. Phytochemical analysis and antiviral potential of aqueous leaf extract of *Psidium guajava* against Newcastle disease virus *in ovo* [J]. J Appl Pharm Sci, 2012, 2(10): 45–49. doi: 10.7324/JAPS.2012.21009.
- [5] RATTANACHAIKUNSOPON P, PHUMKHACHORN P. Contents and antibacterial activity of flavonoids extracted from leaves of *Psidium guajava* [J]. J Med Plant Res, 2010, 4(5): 393–396.
- [6] JANG M, JEONG S W, CHO S K, et al. Anti-inflammatory effects of an ethanolic extract of guava (*Psidium guajava* L.) leaves *in vitro* and *in vivo* [J]. J Med Food, 2014, 17(6): 678–685. doi: 10.1089/jmf.2013.2936.
- [7] SILVA F L N, CARVALHO J E, LAMMERS T, et al. *In vitro*, *in vivo* and *in silico* analysis of the anticancer and estrogen-like activity of guava leaf extracts [J]. Curr Med Chem, 2014, 21(20): 2322–2330. doi: 10.2174/0929867321666140120120031.
- [8] HOLETZ F B, PESSINI G L, SANCHES N R, et al. Screening of some plants used in the Brazilian folk medicine for the treatment of infectious diseases [J]. Mem Inst Oswaldo Cruz, 2002, 97(7): 1027–1031. doi: 10.1590/S0074-02762002000700017.
- [9] DAKAPPA S S, ADHIKARI R, TIMILSINA S S, et al. A review on the medicinal plant *Psidium guajava* Linn. (Myrtaceae) [J]. J Drug Deliv Therap, 2013, 3(2): 162–168. doi: 10.22270/jddt.v3i2.404.
- [10] PENG C Y, CHEN X Y, CUI H Q, et al. Studies on the flavonoid constituents in fruits of *Psidium guajava* L. [J]. J Jiangxi Univ Trad Chin Med, 2017, 29(3): 68–71. [彭财英, 陈祥云, 崔航青, 等. 番石榴果实中黄酮类成分研究 [J]. 江西中医药大学学报, 2017, 29(3): 68–71.]
- [11] PENG Y, ZHANG M, CUI X L, et al. Analysis of nutrients and bioactive compounds in fruits of *Psidium guajava* L. cv. pearl [J]. Food Mach, 2020, 36(8): 36–40. [彭燕, 张敏, 崔小丽, 等. 珍珠番石榴果实中的营养成分与活性物质分析 [J]. 食品与机械, 2020, 36(8): 36–40. doi: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.08.006.]
- [12] ZHOU N, YANG X H, XIE W C, et al. Analysis of nutrition and volatile flavor of guava fruit (*Psidium guajava* L.) [J]. Food Mach, 2016, 32(2): 37–40. [周浓, 杨锡洪, 解万翠, 等. “珍珠”番石榴的营养成分与挥发性风味特征分析 [J]. 食品与机械, 2016, 32(2): 37–40. doi: 10.13652/j.issn.1003-5788.2016.02.009.]
- [13] ZHANG C K, HUANG W L, CHEN H B, et al. Analysis on the law of *Psidium guajava* L. fruit growth and nutritional quality [J]. Chin J Trop Crops, 2021, 42(4): 1035–1040. [张朝坤, 黄婉莉, 陈洪彬, 等. 番石榴果实生长发育和营养品质变化规律分析 [J]. 热带作物学报, 2021, 42(4): 1035–1040. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2021.04.018.]
- [14] LI L M, JING W, YUAN Y, et al. Comparison of the volatiles of guava cultivars with different flesh color [J]. Guangdong Agric Sci, 2014, 41(15): 89–92. [李莉梅, 静玮, 袁源, 等. 不同果肉类型番石榴果实香气比较 [J]. 广东农业科学, 2014, 41(15): 89–92. doi: 10.3969/j.issn.1004-874X.2014.15.019.]
- [15] QIU S L, LIN B M, ZHANG S P, et al. Quality characteristics and evaluation of guava fruit at different maturity stages [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(24): 9230–9238. [邱珊莲, 林宝妹, 张少平, 等. 不同成熟期番石榴果实品质特征与评价 [J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(24): 9230–9238. doi: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2020.24.029.]
- [16] QIU S L, ZHANG S P, LIN B M, et al. Changes of aroma components in guava fruits at different maturity stages [J]. Jiangsu Agric Sci, 2021, 49(13): 162–169. [邱珊莲, 张少平, 林宝妹, 等. 不同成熟期番石榴果实香气成分变化 [J]. 江苏农业科学, 2021, 49(13): 162–169. doi: 10.15889/j.issn.1002-1302.2021.13.032.]
- [17] AJANG M, TSOMU T, JADAV R G. Studies on physico-chemical changes during fruit growth and development in different varieties of guava (*Psidium guajava* L.) [J]. Bioscan, 2016, 11(2): 763–766.
- [18] CHEN W S, GAO S F, LIN L H, et al. Variety characteristics and regulation of production period of *Psidium guajava* L. cv. pearl [J]. China Fruit News, 2006, 23(9): 55. [陈文生, 高松峰, 林立红, 等. 珍珠番石榴品种特性及产期调节 [J]. 中国果业信息, 2006, 23(9): 55. doi: 10.3969/j.issn.1673-1514.2006.09.028.]
- [19] LU Y B, YANG L T, LI Y, et al. Effects of boron deficiency on major metabolites, key enzymes and gas exchange in leaves and roots of *Citrus sinensis* seedlings [J]. Tree Physiol, 2014, 34(6): 608–618. doi: 10.1093/treephys/tpu047.
- [20] KRIZEK D T, BRITZ S J, MIRECKI R M. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. new red fire lettuce [J]. Physiol Plant, 1998, 103(1): 1–7. doi: 10.1034/j.1399-3054.1998.1030101.x.
- [21] LIN H M. How to use SPSS software calculate the value of the principal component scores in one step [J]. Statist Inform Forum, 2007, 22(5): 15–17. [林海明. 如何用 SPSS 软件一步算出主成分得分值 [J]. 统计与信息论坛, 2007, 22(5): 15–17. doi: 10.3969/j.issn.1007-3116.2007.05.003.]
- [22] ZHANG S L, CHEN K S. Molecular Physiology of Fruit Quality

- Development and Regulation [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007: 1–2. [张上隆, 陈昆松. 果实品质形成与调控的分子生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 1–2.]
- [23] ZHAO Y H, LI X L. Research progress on mechanism of sugar and acid accumulation in fruit [J]. *Bull Agric Sci Technol*, 2009(8): 110–112. [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. doi: 10.3969/j.issn.1000-6400.2009.08.045.]
- [24] ZHENG L J, NIE J Y, YAN Z. Advances in research on sugars, organic acids and their effects on taste of fruits [J]. *J Fruit Sci*, 2015, 32(2): 304–312. [郑丽静, 聂继云, 闫震. 糖酸组分及其对水果风味的影响研究进展 [J]. 果树学报, 2015, 32(2): 304–312. doi: 10.13925/j.cnki.gsb.20140271.]
- [25] LI S L, HUANG L S, CONG P H, et al. Comparison analysis of sugar and acid contents in fruits of different intraspecific varieties in pear [J]. *Chin Fruits*, 1995(3): 9–12. [李树玲, 黄礼森, 丛佩华, 等. 不同种内梨品种果实糖、酸含量分析比较 [J]. 中国果树, 1995(3): 9–12. doi: 10.16626/j.cnki.issn1000-8047.1995.03.004.]
- [26] LI B J, LIN G R, CUI K. Studies on relationship between sugar and acid content and fruit quality of apples [J]. *J Shenyang Agric Univ*, 1994, 25(3): 279–283. [李宝江, 林桂荣, 崔宽. 苹果糖酸含量与果实品质的关系 [J]. 沈阳农业大学学报, 1994, 25(3): 279–283.]
- [27] GAO H R, ZHANG J, CHEN X L, et al. Analysis of vitamin C content of 10 commercially available fruits from Zhenzhou City [J]. *J Food Saf Qual*, 2015, 6(10): 4142–4146. [高海荣, 张洁, 陈秀丽, 等. 10 种郑州市售水果维生素 C 含量分析 [J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(10): 4142–4146. doi: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2015.10.062.]
- [28] XIAO Z B, JIANG X Y, NIU Y W. Research progress on analysis of aroma compounds in fruits [J]. *J Food Sci Technol*, 2021, 39(2): 14–22. [肖作兵, 蒋新一, 牛云蔚. 水果香气物质分析研究进展 [J]. 食品科学技术学报, 2021, 39(2): 14–22. doi: 10.12301/j.issn.2095-6002.2021.02.003.]
- [29] BUREAU S M, RAZUNGLES A J, BAUMES R L. The aroma of muscat of Frontignan grapes: Effect of the light environment of vine or bunch on volatiles and glycoconjugates [J]. *J Sci Food Agric*, 2000, 80(14): 2012–2020. doi: 10.1002/1097-0010(200011)80:14<2012::AID-JSFA738>3.0.CO;2-X.