

“珍珠”番石榴的营养成分与挥发性风味特征分析

Analysis of nutrition and volatile flavor of guava fruit (*Psidium guajava* L.)

周 浓¹ 杨锡洪^{1,2} 解万翠^{1,3} 莫星忱¹ 高 倩¹
ZHOU Nong¹ YANG Xi-hong^{1,2} XIE Wan-cui^{1,3} MO Xing-you¹ GAO Qian¹
(1. 广东海洋大学食品科技学院, 广东 湛江 524088; 2. 青岛科技大学化学与分子工程学院, 山东 青岛 266042; 3. 青岛科技大学化工学院, 山东 青岛 266042)
(1. College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524088, China; 2. College of Chemistry and Molecular Engineering, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao, Shandong 266042, China; 3. College of Chemical Engineering, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao, Shandong 266042, China)

摘要:探索热带水果“珍珠”番石榴的营养及风味特色, 对其基本成分进行测定, 并利用感官描述分析(QDA)和 SPME—GC—MS 对风味进行探讨, 为其保藏和深加工提供理论依据。结果表明: 珍珠番石榴中水分、总糖、还原糖、总酸、粗蛋白、灰分、Vc 等基本成分的含量分别为 84.79、9.21、3.85、0.56、0.82、0.74、0.13 g/100 g; 感官风味表现为清甜爽脆, 香味浓郁, 具有鲜明的番石榴风味特色; SPME—GC—MS 分析检出 41 种挥发性风味成分, 其中酯类和醛类物质占总量的 85.06%, 对珍珠番石榴的风味有重要贡献。

关键词: 番石榴; 营养; 风味; SPME—GC—MS
Abstract: To explore the nutrition and flavor characteristics of tropical fruits of guava *Psidium guajava* L.. The basic components were determined, and its flavor were analyzed by sensory descriptive analysis (QDA) and SPME—GC—MS. Results shown that the basic ingredients contents of pearl-guava, moisture, total sugar, reducing sugar, total acid, crude protein, ash and Vc were 84.79, 9.21, 3.85, 0.56, 0.82, 0.74, 0.13 g/100 g, respectively. Sweet crispy, full-bodied fragrance, and distinct guava flavour style were showed by sensory evaluation. There are 41 flavor active ingredients were identified by SPME—GC—MS and the percent of esters and aldehydes total peak area were 85.06%. The major constituents make a significant contribution to the flavor of guava.
Keywords: guava; nutrition; flavor; solid phase microextraction-gas chromatography-mass (SPME—GC—MS)

番石榴(*Psidium guajava* Linn.), 桃金娘科, 又名芭乐, 17 世纪末传入中国, 在台湾、两广、福建、江西等地区种植广

泛, 是中国南方久负盛名的名优水果之一^[1]。番石榴品种繁多, 如“早熟白”、“下涩种”、“胭脂红”、“红肉”等, “珍珠”番石榴(Pearl-guava)为湛江等地特色品种, 果皮薄, 个头小, 含较高的维生素以及磷、钾、钙、镁等微量元素, 并含有一定量的多酚类物质, 营养丰富^[2-3]。番石榴除鲜食外, 还可加工成果酒、果汁、果酱、果脯等, 具有很好的利用价值^[4-5]。

风味是食品可接受性的最重要指标, 传统评价以感官为主。番石榴风味独特, 除具有令人愉快的水果味, 其清爽、怡人、浓郁的番石榴风味是区别于其他水果的重要特征^[6]。已有研究^[7]表明, 番石榴果实中含有丰富的芳香化合物, 如酯类、醇类、醛类、萜烯类、呋喃类都是构成其香味的重要成分。仪器分析方法能够深入研究番石榴的风味特色及其特征性挥发性香气物质的分离鉴定, 可为其深加工及利用提供理论依据^[8]。固相微萃取—气相色谱—质谱联用(solid phase microextraction-gas chromatography-mass, SPME—GC—MS)技术是分离并鉴定食品中挥发性香气物质的常用方法, 能够进一步解释组成番石榴特征风味的物质基础。房小林^[9]首先用顶空成分气相色谱—质谱分析了番石榴的挥发性成分, 以此为基础调选好香精的组分后进行了香精的调配。李国鹏等^[10]研究了红肉番石榴的香气物质及特征。李莉梅等^[6]研究了红肉型和白肉型番石榴的香气比较。“珍珠”番石榴为湛江特色热带水果, 其挥发性特征香气组成研究尚未见诸于报道。本研究拟利用理化分析方法、仪器分析方法及感官评价, 分析“珍珠”番石榴的理化成分、风味特点以及挥发性风味组分, 旨在较全面了解“珍珠”番石榴的品质特点, 为新产品开发研究及综合利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

原料及预处理: “珍珠”番石榴购自广东省湛江市霞山区昌大昌超市。将新鲜番石榴切成小块用打浆机打浆后, 立即

基金项目: 广东海洋大学创新强校项目(编号: GDOU2013050214)
作者简介: 周浓, 女, 广东海洋大学高级实验师, 硕士。
通讯作者: 解万翠(1969—), 女, 青岛科技大学教授, 博士。
E-mail: xiewancui@163.com
收稿日期: 2015-11-19

进行各项测定；

硫酸钾、浓硫酸、硼酸、甲基红、浓盐酸、氢氧化钠、酒石酸钾钠、酚酞、邻苯二甲酸氢钾、葡萄糖、硫酸铜、碘、硫代硫酸钠、三氯乙酸、可溶性淀粉等：分析纯，国药广州化学试剂公司。

1.1.2 主要仪器设备

自动凯氏定氮仪：KDN-1 型，上海雷磁仪器厂；
气质联用仪(GC—MS)：QP2010 型，日本岛津公司；
手动 SPME 萃取装置：50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头，美国 Supelco 公司。

1.2 方法

1.2.1 番石榴基本成分的测定

- (1) 蛋白质的测定：按 GB 5009.5—2010 执行。
- (2) 水分的测定：按 GB 5009.3—2010 执行。
- (3) 灰分的测定：按 GB 5009.4—2010 执行。
- (4) 总糖的测定：按 GB/T 5009.7—2003 执行。
- (5) 还原糖的测定：按 GB/T 5009.7—2003 执行。
- (6) 总酸的测定：按 GB/T 12456—2008 执行。
- (7) V_C的测定：按 GB/T 9695.29—2008 执行。

1.2.2 感官品评方法 采取感官描述分析(quality description analysis, QDA)结合评分法^[11]。由感官评定小组用嗅觉和味觉对新鲜、成熟度良好的番石榴分别从香气和滋味两方面对风味进行评价，香气分为特征香、甜香、果香、清香以及香气可接受性；滋味分为甜味、酸味、涩味、特征味以及滋味可接受性等，各项评分皆为 10 分制。

1.2.3 SPME 提取挥发性香气组分 称取打浆后的“珍珠”番石榴 10 g 于 15 mL 顶空进样瓶中(顶空瓶首先在 40 ℃烘箱平衡 10 min)，进行静态顶空 SPME 萃取(SPME 萃取头初次使用前在气相色谱的进样口下老化 1 h)，时间 20 min，然后 GC—MS 进样，解吸温度 250 ℃，解吸时间 5 min。

1.2.4 GC—MS 分析

(1) GC 条件：色谱柱，Rtx-5ms，30 m×0.25 μm×0.25 mm 石英毛细管柱；升温程序：起始温度 40 ℃，保持 2 min，然后以 3 ℃/min 升温到 200 ℃，再以 5 ℃/min 升温到 250 ℃，汽化室温度 250 ℃；进样量 1 μL，载气为 He，体积流量 0.8 mL/min，分流比 10：1。

(2) MS 条件：电离方式为 EI⁺，电子能量 70 eV，灯丝发射电流 200 μA，离子源温度 200 ℃，接口温度 250 ℃。未知化合物经 NIST 08 谱库和 Wiley 谱库检索定性。

1.2.5 数据分析 所有试验重复 3 次，采用 Excel 2003 进行数据统计和处理。未知化合物经 NIST 11 谱库和 Wiley 谱库检索定性。

2 结果与分析

2.1 番石榴基本营养成分

由表 1 可知，“珍珠”番石榴含有较丰富的蛋白质、还原糖、V_C等营养成分，尤其是 V_C含量达到了 0.13 g/100 g。刘建林等^[1]的研究表明，番石榴 V_C的含量比菠萝、芒果等大众水果高几倍至几十倍，是人体摄取 V_C的良好来源。

胜辉等^[12]对浅色果肉番石榴品种的 V_C进行了 HPLC 测

表 1 “珍珠”番石榴的基本营养成分						
Table 1 Basic nutritional ingredients of <i>Pearl guava</i>						
g/100 g						
水分	粗蛋白	灰分	总糖	还原糖	总酸	V _C
84.79	0.82	0.74	9.21	3.85	0.56	0.13

定，含量为 0.33 g/100 g，最高时可达 1.00 g/100 g 以上，比菠萝、柑桔、芒果、番木瓜、油梨等高几倍到几十倍，且加工过程中损失也较少。于茂兰等^[13]研究了“珍珠”番石榴在不同贮藏温度下品质的变化规律，发现 V_C含量丰富且随贮藏条件的不同而变化。本试验结果也证明高 V_C含量是“珍珠”番石榴的营养特色，是人体摄取 V_C的良好来源，也说明其具备良好的种植及利用价值^[14]。

2.2 感官风味评价

利用感官描述分析 QDA 方法对“珍珠”番石榴进行感官评价，结合评分，结果见图 1。

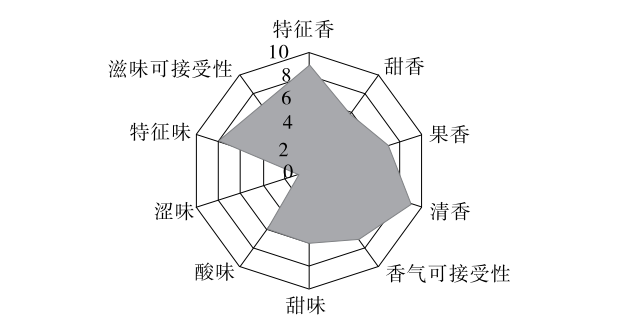


图 1 “珍珠”番石榴的感官 QDA 图
Figure 1 QDA sensory charts of *Pearl guava*

由图 1 可知，“珍珠”番石榴具有较好的香气和滋味可接受性，食用后给人口感新鲜、酸甜适宜、香脆多汁、口感爽脆、甜度低的愉快水果感觉；且特征性香气明显，具有浓郁的清香气息，但略有酸涩感。

2.3 番石榴中挥发性成分总离子流图

新鲜“珍珠”番石榴样品经静态顶空 SPME(50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头)萃取后，经 GC—MS 定性检测，得到的挥发性风味成分总离子流图(total ion chromatography, TIC)见图 2。

由图 2 可知，有多种挥发性化合物被检出，具有较好的分离度和离子强度，测定条件合理，然后对检测到的各组分进行质谱鉴定。

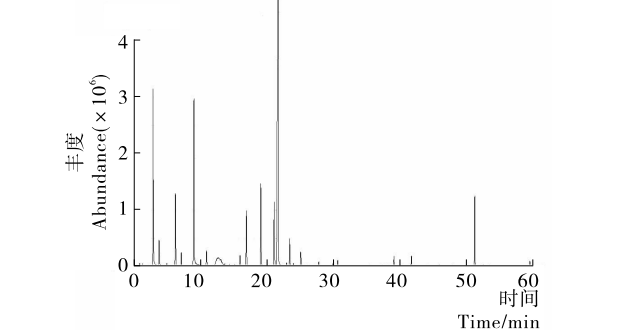


图 2 “珍珠”番石榴的 GC—MS 总离子流图
Figure 2 TIC chromatography of GC—MS of *pearl guava*

2.4 挥发性风味成分的鉴定

将图 2 中 TIC 各组分按照面积归一化法定量,得到挥发性成分的相对含量,比较发现其中具有风味活性的化合物约有 41 种,见表 2。

由表 2 可知,“珍珠”番石榴挥发性风味活性物质主要为酯类、醇类、醛类、烯烃、萜烯类、呋喃、内酯、酸酐等化合物,归一化含量后各类物质的比例分别为 67.27%,12.43%,17.79%,0.39%,1.45%,0.33%,0.17%,0.17%,由于风味

表 2 SPME—GC—MS 测定的“珍珠”番石榴挥发性风味成分表[†]
Table 2 Volatile compounds of *pearl guava* determined by SPME—GC—MS

序号	出峰时间/min	名称	香气特征	相对含量/%
1	3.81	乙酸乙酯	芳香气味	4.26
2	4.69	乙醇	酒的气味和刺激性辛辣味	0.35
3	5.82	乙酸丙酯	柔和的水果香味	0.34
4	7.09	乙酸异丁酯	水果香味	2.11
5	7.96	丁酸乙酯	菠萝芳香气味	0.43
6	10.25	正己醛	刺激性气味	11.99
7	11.72	2-甲基丁基乙酸酯	香蕉和苹果的香味	0.59
8	13.36	3-己烯醛	强烈青草、草香和苹果似香气	1.48
9	14.40	乙酸戊酯	香蕉气味	0.14
10	15.84	反式-2-辛烯	—	0.32
11	16.64	反式-2-己烯醛	绿叶清香和水果香气	2.38
12	17.59	己酸乙酯	果香气	1.46
13	17.74	2-戊基呋喃	豆香、果香、泥土、青春、蔬菜香	0.33
14	19.73	乙酸己酯	梨和苹果香气	9.57
15	20.51	正辛醛	甜橙香气	0.55
16	21.93	乙酸叶醇酯	强烈的香蕉香气息	38.66
17	23.54	反-2-己烯酸乙酯	油脂香气	0.04
18	24.01	正己醇	脂肪和水果似香气,味甜	5.91
19	25.02	反-3-己烯醇	新鲜的青叶香气	3.75
20	26.08	壬醛	玫瑰和柑橘样的香气	0.29
21	26.43	2,4-己二烯醛	强烈清香,清新甜味,柑桔味道	0.38
22	26.76	反式-2-辛烯-1-醇	青春、蔬菜样气息	0.43
23	27.79	反-2-辛烯醛	脂肪和肉香气,并有黄瓜和鸡肉香	0.17
24	28.25	3-环己烯-1-醇乙酸酯	—	0.39
25	30.33	醋酸辛酯	类似橙花和茉莉花香气	0.39
26	30.61	α -萜澄茄油烯	轻淡的樟木香气	0.15
27	31.05	2-乙基己醇	甜味和淡淡的花香	0.54
28	31.43	癸醛	新鲜的油脂香,果味香	0.29
29	32.51	苯甲醛	苦杏仁味	0.26
30	34.36	异辛烯	刺激性气味	0.07
31	35.75	石竹烯	辛香、木香、柑橘香	0.98
32	36.43	2-己烯-4-内酯	烟气	0.17
33	36.87	己酸己酯	嫩荚青刀豆香气和生水果香味	0.35
34	38.62	己酸叶醇酯	强烈的水果青香香气,有梨似味道	0.54
35	39.15	β -罗勒烯	草香、花香并伴有橙花油气息	0.32
36	39.36	苯甲酸乙酯	果香,略似依兰油香气	0.38
37	41.95	3-巯基己醇丁酸酯	酯类香气	0.76
38	48.64	丁酸酐	刺激性气味	0.17
39	51.29	乙酸苯丙基酯	香辛料和鲜花香气	6.59
40	52.52	1-戊烯-3-醇	水果香味	1.45
41	59.44	乙酸桂酯	甜的香脂和玫瑰及岩兰草混合香气	0.27

[†] “—”表示该化合物的风味特征尚未从文献中查到。

化合物的香气贡献受含量、阈值等多种因素影响,不能单纯从含量来确定其对风味的贡献。综合各类化合物的含量及香气特征可以看出,酯类化合物和醛类化合物在珍珠番石榴的风味特征方面起较大的作用,较高含量的乙酸乙酯、乙酸丙酯、乙酸异丁酯、丁酸乙酯、乙酸戊酯、己酸乙酯、乙酸己酯、乙酸叶醇酯、醋酸辛酯、苯甲酸乙酯均具有强烈的水果芳香特色;而已酸己酯和己酸叶醇酯则具有水果成熟之前的特色清香气息,乙酸苯丙基酯和乙酸桂酯则具备花香特征^[15]。这与房小林^[9]对新鲜番石榴的香气剖析一致,以己醇、乙酸己酯、乙酸叶醇酯等为主的青香型物质占30%~40%;以乙酸乙酯等酯类构成的甜香型组分占20%~30%;蔬菜香10%~15%;发酵香5%~10%;花香5%~10%。认为青香、甜香为主体香韵,是构成番石榴香气的基本骨架。醛类化合物通常是具有一定刺激类和更强烈的风味特征,3-己烯醛、反式-2-己烯醛等具备强烈的类似青香、草香和苹果的香气,正辛醛、壬醛、2,4-己二烯醛等则具有甜橙、柑橘的香气,苯甲醛则具有类似苦杏仁的香气,与清爽型香气相关^[16],可能对番石榴清香气味有较大贡献。李国鹏等^[10]对红心番石榴的分析也认为草香型的己醛和2-己烯醛等及果香特征的己酸乙酯对香气的贡献较大。李莉梅等^[6]对不同果肉类型番石榴果实香气检测发现不同香型的果实挥发性物质组分差异是由于酯类物质与醇醛类物质相对含量的比例引起的。 α -萜荿茄油烯是一种倍半萜挥发性化合物,是绿茶、莲雾、香椿等的特征香气^[17];石竹烯、 β -罗勒烯等作为香料广泛应用于食品工业中,是一类阈值低香气强烈的萜类化合物,萜烯类化合物可能是番石榴浓郁香气的来源。2-乙基呋喃也是一种食品用香料,具有强烈的焦香香气,低浓度时呈浓厚的甜香香气和咖啡似芳香风味,广泛存在于番茄、咖啡和椒样薄荷等中,推测其对番石榴的香气也有贡献。

总体来看,不同挥发性物质都能给予果实不同的感官特性^[18]。在本研究中,酯类和醛类物质是珍珠番石榴果实主要挥发性物质,以“果香”为特征的酯类化合物以及“草香型”的醛类物质共同形成了番石榴强烈的风味特色:香气浓郁且特征性明显。SPME—GC—MS的仪器分析结果与感官QDA的评价指标基本吻合,即挥发性风味化合物的含量及风味特征与感官特性一致。

3 结论

通过对湛江特色热带水果“珍珠”番石榴的基本营养成分与挥发性风味的分析可知,其V_c含量为0.13 g/100 g,具有良好的营养性。以QDA法感官风味进行比较及评价,珍珠番石榴的风味特征性明显,香气浓郁、清香气感突出,具有鲜明的感官特征。以SPME—GC—MS检测得到挥发性风味活性成分有41种,其中酯类和醛类物质含量较高,挥发性香气物质的风味特色与感官风味一致。有研究^[19]还表明,番石榴因含有丰富的酚类物质,使其具有良好的功能性。若能在前期基础上,对“珍珠”番石榴的功能性成分进行分离鉴定并提取利用^[20],将使其深加工及综合利用具有更好的前景。

参考文献

[1] 刘建林,夏明忠,袁颖. 番石榴的综合利用现状及发展前景[J]. 中国林副特产, 2005(6): 60-62.

[2] Rai M K, Asthana P, Jaiswal V S, et al. Biotechnological advances in guava (*Psidium guajava* L.): recent developments and prospects for further research[J]. Trees, 2010, 24(1): 1-12.

[3] 曹增梅, 黄和. 超声波辅助提取番石榴中多酚类物质的研究[J]. 食品与机械, 2012, 28(5): 123-126.

[4] 温靖, 徐玉娟, 肖更生, 等. 番石榴果实的营养价值和药理作用及其加工利用[J]. 农产品加工·学刊, 2009(6): 11-13.

[5] Singh G. Strategies for improved production in guava[C]// Proceeding of 1st International Guava Symposium. Lucknow: [s. n.], 2005: 26-39.

[6] 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, 106.

[7] 吴青. 天然香精—热带水果蒸馏物[J]. 食品与机械, 1991(3): 30.

[8] Zambrano Zaragoza M L, Mercado Silva E, Ramirez Zamorano P, et al. Use of solid lipid nanoparticles (SLNs) in edible coatings to increase guava (*Psidium guajava* L.) shelf-life[J]. Food Research International, 2013, 51(2): 946-953.

[9] 房小林. 番石榴香精的调配工艺[J]. 现代食品科技, 2006, 22(4): 177-178.

[10] 李国鹏, 静玮, 袁源, 等. 红肉番石榴(*Psidium guajava* L.)果实香气物质的研究[J]. 热带作物学报, 2014, 35(5): 986-989.

[11] 解万翠, 杨锡洪, 章超桦, 等. 气味指纹分析技术在虾风味料检测中的应用[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 119-121.

[12] 胜辉, 减小平, 魏长宾. 番石榴中V_c的高效液相色谱分析[J]. 食品科学, 2007, 28(4): 292-295.

[13] 于茂兰, 陈于陇, 徐玉娟, 等. 不同贮藏温度下番石榴品质变化规律研究[J]. 广东农业科学, 2014, 41(8): 122-127.

[14] 张宏康, 林亦楠, 许晓鹏, 等. 番石榴及番石榴叶加工研究进展[J]. 食品工业科技, 2014, 35(15): 390-394.

[15] Alexander J Macleod, Nola Gonzalez de Troconis. Volatile compounds of Guava[J]. Phytochemistry, 1982, 21(6): 1 339-1 342.

[16] Mariana Buranelo Egea, Adaucto Bellarmino Pereira-Netto, Juan Cacho, et al. Comparative analysis of aroma compounds and sensorial features of strawberry and lemon guavas(*Psidium cattleianum* Sabine) [J]. Food Chemistry, 2014, 164: 272-277.

[17] 孙慕芳, 郭桂义, 张洁. 蒸青绿茶和炒青信阳毛尖绿茶香气品质的GC—MS分析[J]. 食品科学, 2014, 35(12): 151-155.

[18] Hind A Bashir, Abu-Bakr A Abu-Goukh. Compositional changes during guava fruit ripening[J]. Food Chemistry, 2003, 80: 557-563.

[19] 黄和, 曹湛慧, 曹增梅, 等. 番石榴多酚对虾肉糜的保鲜效果研究[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 159-164.

[20] Flores Gema, Wu Shi-biao, Negrin Adam, et al. Chemical composition and antioxidant activity of seven cultivars of guava (*Psidium guajava*) fruits[J]. Food Chemistry, 2015, 170: 327-335.