

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.08.006

珍珠番石榴果实中的营养成分与活性物质分析

Analysis of nutrients and bioactive compounds in fruits of *Psidium guajava* L. cv. Pearl

彭燕 张敏 崔小丽 张仕凤 汤停
PENG Yan ZHANG Min CUI Xiao-li ZHANG Shi-feng TANG Ting

(岭南师范学院生命科学与技术学院, 广东 湛江 524048)

(Life Science & Technology School, Lingnan Normal University, Zhanjiang, Guangdong 524048, China)

摘要:以湛江河唇珍珠番石榴果实为原料,分析测试了其营养成分及活性成分。结果表明,珍珠番石榴鲜果样品中各主要营养成分的含量分别为水分(88.98±0.04) g/100 g,脂肪(0.11±0.01) g/100 g,粗纤维(2.27±0.01) g/100 g,总糖(5.78±0.02) g/100 g,果糖(22.00±0.20) mg/g,葡萄糖(22.05±0.25) mg/g,蔗糖(12.45±0.15) mg/g,柠檬酸(1.68±0.02) mg/g;蛋白质(0.78±0.01) g/100 g,含有 16 种氨基酸和 7 种人体必需氨基酸,必需氨基酸含量为 1 910.32 mg/kg,占总氨基酸的 42.02%,必需氨基酸和非必需氨基酸的比值为 0.72;灰分含量为(0.50±0.05) g/100 g,其中钾、钙、铁等矿物质含量较高。活性物质成分的含量分别为多糖(5.68±0.02) g/100 g,多酚(180.84±0.15) mg/100 g,黄酮(193.58±0.01) mg/100 g,维生素 C(94.02±0.02) mg/100 g。可见,珍珠番石榴含有种类较多的营养活性成分,开发和应用前景广阔。

关键词:珍珠番石榴;营养成分;抗氧化活性

Abstract: The nutrients and bioactive compounds in fruits of *Psidium guajava* L. cv. Pearl, collected from Hechun town in Zhanjiang, were measured and determined in order to lay the foundation for the further development and utilization of this species. Results showed that the contents of moisture, crude fats, crude fiber, total carbohydrates, fructose, glucose, sucrose and citric acid in fresh fruits of *P. guajava* L. cv. Pearl were (88.98±0.04) g/100 g, (0.11±0.01) g/100 g, (2.27±0.01) g/100 g, (5.78±0.02) g/100 g, (22.00±0.20) mg/g,

(22.05±0.25) mg/g, (12.45±0.15) mg/g, and (1.68±0.02), respectively. The content of crude protein was (0.78±0.01) g/100 g, and 16 kinds of amino acids including 7 essential amino acids were identified in *P. guajava* L. cv. Pearl fruits. The content of essential amino acids was 1 910.32 mg/kg, and the ratios of that to the total contents of amino acids and non-essential amino acids were 42.02%, 0.72, respectively. The content of ash was (0.50±0.05) g/100 g, and K, Ca and Fe were abundant in the fresh fruits. Furthermore, the results indicated that contents of water-soluble polysaccharides, polyphenols, flavonoids and vitamin C were (5.68±0.02) g/100 g, (180.84±0.15) mg/100 g, (193.58±0.01) mg/100 g, and (94.02±0.02) mg/100 g, respectively. Therefore, the nutritional and active ingredients in *P. guajava* L. cv. Pearl were abundant, which indicated the fruit could be widely used in food field.

Keywords: *Psidium guajava* L. cv. Pearl; nutritional components; antioxidant activity

番石榴(*Psidium guajava* Linn.)又名芭乐、鸡矢果、拔子、喇叭番石榴、番桃树,隶属于桃金娘科番石榴属,具有生津止渴、收敛止泻、消炎止血等功效,是一种药食两用的果树,广泛分布于热带和亚热带地区,中国台湾、海南、福建、广东、广西等地均有栽培^[1-2]。番石榴中的优秀品种——珍珠番石榴,因具有易栽培、早果丰产、产品好看好吃等优良性状,已成为中国南方农业经济的重要水果之一。

番石榴具有较高的药用价值和食用价值,叶、花、根、皮、果均可入药^[3-5],不同部位具有不同的功效^[6-10],且与化学成分密切相关^[3,6,11]。相关文献记载,番石榴叶含有脂肪、蛋白质、糖类、三萜、黄酮、鞣质、多酚、倍半萜、杂萜、挥发油、植物多糖等营养活性成分^[6,12-15],具有明显的降血糖、降血脂、抗病毒、抗腹泻、抗菌、抗炎、抗肿瘤等药理活性^[6,12-17],民间常用其辅助降糖,治疗急慢性肠

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划项目(编号:201510579215);广东省自然科学基金项目(编号:2014A030307036);湛江市科技计划项目(编号:2016A03025)

作者简介:彭燕(1976—),女,岭南师范学院副教授,博士。

E-mail: py00_2006@126.com

收稿日期:2020-04-04

炎、痢疾等疾病;花蕾可缓解消化障碍^[7];番石榴根含有三萜、酚酸等成分,具有收敛止泻、止痛敛疮等功效^[11];皮能止血和治疗小儿腹泻^[9];番石榴果实香味浓郁、脆甜爽口、风味独特,可用于营养补充剂和止泻剂^[1,3,10],深受消费者的喜爱,台湾本地人常用番石榴果汁或果酱来治疗糖尿病。

目前对番石榴的研究主要包括叶、果实、根等部位,尤以番石榴叶研究最为深入和系统,而对食用价值较高的番石榴果实研究报道较少^[3,10,18-21],仅有几篇文献关于果实基本营养成分^[3,18]、风味成分^[18]、黄酮^[10]、萜类^[20]和挥发性成分^[21]的报道。为了进一步阐述番石榴的药用物质基础和合理利用番石榴植物资源,试验拟对湛江河唇产的珍珠番石榴果实的营养活性成分进行分析测定,以期对番石榴资源的开发利用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

1.1.1 试验材料

珍珠番石榴果实:2017年5月采摘于广东省湛江市河唇镇(东经110°18′10.60″,北纬21°41′50.83″),挑选果实柔软有弹性、香味浓郁、表皮光滑、皱褶少、颜色淡而均匀、无机械伤、无病虫害的鲜果,单果质量为(485.15±10.21)g。

1.1.2 试剂

石油醚、乙醇、苯酚、浓硫酸、葡萄糖、没食子酸、硝酸铝、亚硝酸钠、福林试剂、芦丁;分析纯,湛江科铭科技有限公司。

1.2 主要仪器与设备

电感耦合等离子体发射光谱仪:X Series 2 ICP-MS型,赛默飞世尔科技(中国)有限公司;

自动凯氏定氮仪:Kjeltec 8400型,德国塞卡姆公司;

氨基酸自动分析仪:L8900型,日本日立公司;

紫外分光光度计:A3600型,翱艺仪器(上海)有限公司;

酶标仪:ELx 800型,美国BioTech公司;

液相色谱仪:1260型,美国Agilent公司;

可见分光光度计:V-1800型,浙江赛德仪器设备有限公司。

1.3 方 法

1.3.1 样品处理 将新鲜的珍珠番石榴切成小块用打浆机打浆,立即进行各项指标的分析。

1.3.2 一般营养成分测定

(1)水分:称取上述浆状样品2~4g,加入1g无水Na₂SO₄,搅拌均匀后,按GB 5009.3—2016的直接干燥法测定水分含量。

(2)粗蛋白:称取浆状样品2~5g,小心移入干燥洁

净的250 mL或500 mL定氮瓶中,依次加入研细的CuSO₄ 0.4 g、K₂SO₄ 6 g和浓硫酸20 mL,轻摇后,于消化电炉上加热消煮至液体呈蓝绿色透明,再继续加热30 min,冷却后无损地转移至100 mL容量瓶中,定容,同时做试剂空白,然后按GB 5009.5—2016的凯氏定氮法测定粗蛋白含量。

(3)总糖:称取浆状样品15~20 g置于250 mL容量瓶中,加水50 mL,依次缓慢加入5 mL乙酸锌溶液和亚铁氰化钾溶液,加蒸馏水定容,静置30 min后,过滤,弃去初滤液,取后续滤液加盐酸(6 mol/L) 5 mL水解后,依据GB 5009.8—2016的酸水解—茱茵—埃氏法测定总糖含量。

(4)粗脂肪:称取5~10 g浆状样品于蒸发皿中,加入约20 g石英砂,于沸水浴上蒸干后,于95~105 °C烘干、研细,全部移入滤纸筒内,蒸发皿及粘附有样品的玻璃棒均用沾有乙醚的脱脂棉擦净,将棉花放入滤纸筒内,然后按GB 5009.6—2016的索氏提取法测定粗脂肪含量。

(5)灰分:按GB 5009.4—2016的灼烧法执行。

(6)粗纤维:按GB/T 5009.10—2003的重量法执行。

1.3.3 可溶性糖与有机酸含量测定

(1)果糖、葡萄糖、蔗糖:称取5~10 g浆状样品于100 mL容量瓶中,加水约50 mL溶解,缓慢加入乙酸锌溶液和亚铁氰化钾溶液各5 mL,接着加水定容,超声30 min,用干燥滤纸过滤,弃去初滤液,后续滤液用0.45 μm微孔滤膜过滤至样品瓶,然后依据GB 5009.8—2016的高效液相色谱法测定。

(2)总酸:称取25~30 g浆状样品,用15 mL无CO₂蒸馏水将其移入250 mL容量瓶中,在75~80 °C水浴上加热30 min,冷却后定容,用干燥滤纸过滤,弃去初始滤液,收集滤液,然后按GB/T 12456—2008的滴定法测定。

(3)柠檬酸:按GB 5009.157—2016的高效液相色谱法执行。

1.3.4 氨基酸测定 按GB 5009.124—2016执行。

1.3.5 矿物质含量测定 称取1.0 g浆状样品置于微波消解内罐中,加入5~10 mL硝酸,加盖放置1 h或过夜,旋紧罐盖消解。冷却取出,开盖排气和冲洗内盖,然后在100 °C下加热30 min或超声脱气2~5 min,加水定容至25 mL或50 mL,混匀,同时做空白试验。将空白溶液和试验溶液分别注入电感耦合等离子体质谱仪中,按GB 5009.268—2016测定钾、钙、钠、镁、锰、铁、铜、锌、硒。

1.3.6 维生素C含量测定 称取约20 g匀浆样品于烧杯中,用2%草酸溶液将样品转移至100 mL容量瓶中,定容、过滤,收集滤液。若滤液有颜色,可用白陶土脱色后再过滤。取滤液按GB 5009.86—2016的2,6-二氯靛酚滴定法测定维生素C。

1.3.7 水溶性多糖的提取与含量测定 将新鲜珍珠番石

榴果洗净切片、晒干,粉碎备用。称取 10~20 g 粉末样品,依次用石油醚、80%乙醇对其进行脱色和除单糖、低聚糖、苷类等成分处理,弃去醇液,使残渣挥干醇液后,加入热水(80 ℃)回流提取 0.5 h,趁热过滤,收集滤液为多糖含量测定备用液。

水溶性多糖含量的测定:将多糖提取备用液转移至 100 mL 容量瓶,加水定容混匀,得到测试液,吸取样液 0.5 mL,以葡萄糖为标准品,参照张惟杰^[22]的苯酚—硫酸法测定多糖含量。

1.3.8 多酚的提取与含量测定 根据文献^[23]提取制备番石榴多酚贮备液。

多酚含量的测定:将多酚提取备用液转移至 100 mL 容量瓶,定容混匀,得到分析测试液,吸取 0.5 mL 测试液,以没食子酸为标准品,采用 Folin Ciocaltu 比色法^[24]测定多酚含量。

1.3.9 黄酮的提取与含量测定 黄酮的提取根据文献^[25]修改如下:将新鲜珍珠番石榴果洗净切片、晒干后,粉碎备用。称取 15~20 g 物料,按料液比 1:25 (g/mL)加入 60%乙醇,于 70 ℃下加热回流提取 2.5 h,提取 3 次,过滤得滤液,作为黄酮含量测定备用液。

黄酮含量测定:将黄酮提取备用液转移至 100 mL 容量瓶,加 60%乙醇溶液定容混匀,得到分析测试液。吸取 1.0 mL 分析测试液,以芦丁为标准品,采用硝酸铝—亚硝酸钠比色法^[25]测定黄酮含量。

1.4 数据处理

所有测定均为 3 次重复,除氨基酸和矿物质测定结果以平均值表示之外,其余测定结果均以(平均值±标准差)表示。

2 结果与分析

2.1 营养风味成分

由表 1 可知,湛江河唇珍珠番石榴果的主要营养成分是水分、总糖和粗纤维。水分含量最高,为(88.98±0.04) g/100 g,高于文献^[3,18,26]报道的番石榴。总糖含量为(5.78±0.02) g/100 g,低于金斗香番石榴^[27]。粗纤维含量为(2.27±0.01) g/100 g,低于文献^[3,26]报道的番石

榴。蛋白质含量为(0.78±0.01) g/100 g,灰分含量为(0.50±0.05) g/100 g,略低于周浓等^[18]报道的珍珠番石榴;脂肪含量较低。可见,湛江河唇珍珠番石榴含有多种人体必需营养成分,其含量与文献报道的番石榴存在明显差异,原因可能与分析样品种类、采摘地点、时间及检测方法差异有关。

此外,湛江河唇珍珠番石榴还含有葡萄糖、果糖、蔗糖、柠檬酸等非挥发性风味成分,葡萄糖、果糖、蔗糖含量分别为(22.05±0.25), (22.00±0.20), (12.45±0.15) mg/g,远远高于柠檬酸含量。可见,糖酸含量的显著差异赋予了珍珠番石榴果清甜的口味。

2.2 氨基酸

由表 2 可知,珍珠番石榴果中共检测出 16 种氨基酸,包含 7 种必需氨基酸,其中天冬氨酸、亮氨酸、谷氨酸、缬氨酸和甘氨酸含量丰富。研究^[28]表明,天冬氨酸能降血压和保护肝脏;亮氨酸能降低血糖浓度、治疗头痛和促进伤口愈合;谷氨酸能治疗胃病、调节神经衰弱和保护肝脏功能;缬氨酸能调节神经机能;甘氨酸能治疗糖尿病和防止高血压。可见,珍珠番石榴果含有多种功能性氨基酸,对人体健康起重要调节作用。

氨基酸总量为 4 546.32 mg/kg,高于人参果、余甘子、菠萝等热带水果^[29]。必需氨基酸含量为 1 910.32 mg/kg,占氨基酸总量的 42.02%,高于猕猴桃、闽南柑橘等水果^[30];非必需氨基酸含量为 2 636.24 mg/kg,必需氨基酸和非必需氨基酸的比值为 0.72,符合 FAO/WHO 提出的理想蛋白质条件:必需氨基酸占氨基酸总量的 40%左右,必需氨基酸与非必需氨基酸比值在 0.6 以上。因此珍珠番石榴果具有较高的营养价值,可推荐为优质蛋白质食物。

2.3 矿物质元素

由表 3 可知,珍珠番石榴果含有钾、钙、钠、镁、锰、铁、锌、铜、硒等多种常量元素和微量元素,其中钾含量最高,其次为钙和铁。钠含量为 0.90 mg/100 g,低于文献^[7]报道的番石榴果,钠/钾为 0.004 (<1),不易引起高血压^[31]。铁含量为 1.15 mg/100 g,锌含量为 0.10 mg/100 g,

表 1 珍珠番石榴果的营养成分及活性成分

Table 1 The nutritional and active components in *Psidium guajava* L. cv. Pearl Fruit

成分	单位	含量	成分	单位	含量
水分	g/100 g	88.98±0.04	果糖	mg/g	22.00±0.20
总糖	g/100 g	5.78±0.02	蔗糖	mg/g	12.45±0.15
粗纤维	g/100 g	2.27±0.01	柠檬酸	mg/g	1.68±0.02
蛋白质	g/100 g	0.78±0.01	多糖	g/100 g	5.68±0.02
灰分	g/100 g	0.50±0.05	总多酚	mg/100 g	180.84±0.15
脂肪	g/100 g	0.11±0.01	总黄酮	mg/100 g	193.58±0.01
葡萄糖	mg/g	22.05±0.25	维生素 C	mg/100 g	94.02±0.22

表 2 珍珠番石榴果中氨基酸含量[†]Table 2 Amino acid composition and contents in *Psidium guajava* L. cv. Pearl fruits

氨基酸	含量/(mg·kg ⁻¹)	占氨基酸总量/%
天冬氨酸	840.54	18.49
苏氨酸*	191.03	4.20
丝氨酸	178.30	3.92
谷氨酸	445.74	9.80
甘氨酸	318.39	7.00
丙氨酸	127.35	2.80
缬氨酸*	394.80	8.68
蛋氨酸*	12.74	0.28
异亮氨酸*	203.77	4.48
亮氨酸*	636.77	14.00
酪氨酸	140.09	3.08
苯丙氨酸*	191.03	4.20
赖氨酸*	280.18	6.16
组氨酸	89.15	1.96
精氨酸	254.71	5.60
脯氨酸	241.97	5.32
氨基酸总量	4 546.56	100.00
必需氨基酸	1 910.32	42.02
非必需氨基酸	2 636.24	57.98
必需氨基酸/总氨基酸	42.02%	
必需氨基酸/非必需氨基酸	0.72	

[†] 半胱氨酸和色氨酸未检出; * 表示必需氨基酸。

表 3 珍珠番石榴果中矿物质

Table 3 Mineral element of *Psidium guajava* L. cv. Pearl fruits mg/100 g

样品	钾	钙	钠	镁	锰	铁	锌	铜	硒
珍珠番石榴果	208.13	3.43	0.90	0.45	0.11	1.15	0.10	0.06	0.004 0
苹果 ^[36]	119.00	4.00	1.60	4.00	0.03	0.60	0.19	0.06	0.000 1

3 结论

通过对湛江河唇珍珠番石榴果实的营养活性成分分析可知,珍珠番石榴果实含有蛋白质、脂肪、糖类、膳食纤维、矿物质、氨基酸等多种营养成分,水分、脂肪、总糖、粗纤维、灰分等基本营养成分含量与文献报道的番石榴存在明显差异,原因可能与分析样品的种类、采摘地点、时间及分析方法等密切相关。蛋白质含量为 0.78 g/100 g,含有 16 种氨基酸和 7 种必需氨基酸,质量较好,具有良好的营养性。矿物质种类较多,钾、钙、铁等矿物质含量较高,钠钾比值<1,不易引起高血压,铁锌配比理想,不产生拮抗作用,硒含量为 0.004 mg/100 g,补硒可以缓解糖尿病病情。从营养角度考虑,珍珠番石榴果实是一种营养成分种类较多、蛋白质质量较好、钠钾比例合理、铁锌比例理想的含硒营养保健食品,可作为糖尿病人的健

康食物。活性成分分析表明,珍珠番石榴果还含有多糖、多酚、黄酮、维生素 C 等活性成分,将来可对珍珠番石榴果的功能性单体进行深入研究。

2.4 主要生物活性物质

珍珠番石榴果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、维生素 C 等生物活性成分(表 1)。由表 1 可知,珍珠番石榴果多糖含量为(5.68±0.02) g/100 g,远高于多酚、黄酮和维生素 C。多糖水溶性好,能改善糖代谢及糖尿病并发症,且安全无副作用,已成为降糖药物和保健品开发的热点^[37]。由此推测珍珠番石榴果多糖可能也是一种具有开发潜力的抗糖尿病药物,有待于进一步研究。

总多酚含量为(180.84±0.15) mg/100 g,高于泰国^[38]和新加坡^[39]的番石榴;总黄酮含量为(193.58±0.01) mg/100 g,低于郑必胜等^[40]的测定结果。多酚和黄酮是蔬果中重要的一类次生代谢产物,具有强抗氧化活性^[41],可以通过抗氧化活性显示出降血糖、抗癌等生物活性^[42]。维生素 C 含量为(94.02±0.22) mg/100 g,略低于周浓等^[18]的测定结果,维生素 C 与锌联用具有明显的降血糖作用^[43]。由此可见,多酚、黄酮、维生素 C 可能也是番石榴果实中的降血糖活性成分,功能活性单体值得深入系统研究。

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] 张宏康,林奕楠,许晓鹏,等. 番石榴和番石榴叶加工研究进展[J]. 食品工业科技, 2014, 35(15): 390-394.
- [3] 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.
- [4] PERRY M L. Medicinal plants of east and south east asia[M]. Cambridge UK: MIT Press, 1980: 284-285.
- [5] GUTIERREZ R M, MITCHELL S, SOLLS R V. *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2008,

- 117(1): 1-27.
- [6] 吴艳, 曲玮, 梁敬征. 番石榴叶的研究进展[J]. 海峡药学, 2013, 25(12): 14-19.
- [7] 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]. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 2002, 97(7): 1 027-1 031.
- [8] 徐智慧, 路华, 张宗禹, 等. 番石榴根抗生育有效成分的初步研究[J]. 南京药学院学报, 1979(2): 24-32.
- [9] HEINRICH M, ANKLI A, FREI B, et al. Medicinal plants in Mexico: Healers consensus and cultural importance[J]. Social Science & Medicine, 1998, 47(11): 1 859-1 871.
- [10] 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] 陈圣加, 黄应正, 卢健, 等. 番石榴根中酚酸类化学成分分离鉴定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(2): 169-174.
- [12] 梁清蓉. 番石榴叶中酚类物质的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2005: 6-45.
- [13] 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): 2 215-2 219.
- [14] DÍAZ-DE-CERIO E, VERARDO V, GÓMEZCARAVACA A, et al. Health effects of *Psidium guajava* L. leaves: An overview of the last decade[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2017, 18(4): 897-928.
- [15] 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 Research International, 2017, 96: 64-71.
- [16] NGBOLUA K N, LUFULUABO L G, MOKE L E, et al. A review on the phytochemistry and pharmacology of *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) and future direction[J]. Discovery Phytomedicine, 2018, 5(2): 7-13.
- [17] DASWANI P G, GHOLKAR M S, BIRDI T J. *Psidium guajava*: A single plant for multiple health problems of rural Indian population[J]. Pharmacognosy Reviews, 2017, 11(22): 167-174.
- [18] 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]. 食品机械, 2016, 32(2): 37-40.
- [19] 崔航青, 彭财英, 黄应正, 等. 草莓番石榴果实化学成分的研究[J]. 中成药, 2017, 39(12): 2 538-2 542.
- [20] 舒积成, 俞桂新, 王峥涛. 番石榴果实中三萜类成分研究[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(23): 3 047-3 050.
- [21] 白丽丽, 戴华, 孔杜林, 等. HS-SPME-GC-MS 分析番石榴果实中的挥发性成分[J]. 现代食品科技, 2017, 33(11): 230-234.
- [22] 张杰杰. 糖复合物生化研究技术[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1998: 10-12.
- [23] 张云竹, 王芳, 谭秀霞. 番石榴中多酚物质的提取[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(4): 40-44.
- [24] 贾桂云, 吴凌志, 羊传慧, 等. 芒果和番石榴的果皮、果肉多酚测定及抗氧化性比较分析[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2018, 31(1): 38-43.
- [25] 白丽丽, 周紫梦, 戴华. 番石榴果实中总黄酮的提取及含量测定[J]. 中国现代中药, 2017, 19(2): 260-265.
- [26] 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.
- [27] 匡石滋, 朱华兴, 赖兴, 等. 番石榴新品种“金斗香”的选育[J]. 果树学报, 2018, 35(5): 646-648.
- [28] 彭晓虹. 蚕丝氨基酸的组成与功能[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2005(3): 12-14.
- [29] 张伟敏, 魏静, 施瑞诚, 等. 诺丽果与热带水果中氨基酸含量及组成对比分析[J]. 氨基酸和生物资源, 2008, 30(3): 37-41.
- [30] 黄艳. 常见果蔬中游离氨基酸含量的测定[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(9): 4 088-4 089.
- [31] RUBIO C, NAPOLEONE G, LUIS-GONZÁLEZ G, et al. Metal in edible seaweed [J]. Chemosphere, 2017, 173: 572-579.
- [32] 张高静, 韩丽萍, 孙剑锋, 等. 南美白对虾营养成分分析与评价[J]. 中国食品学报, 2013, 13(8): 254-260.
- [33] YEN Gow-chin, HSIEH Ping-ping. Antioxidative activity and scavenging effects on active oxygen of xylose-lysine maillard reaction products [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1995, 67(3): 415-420.
- [34] 方志峰, 朱婷, 张若杰, 等. 广西 9 种主要水果食物营养成分分析及评价[J]. 应用预防医学, 2018, 24(4): 281-287.
- [35] 张亚萍, 王文英, 刘增加, 等. 硒与内分泌疾病的关系研究进展[J]. 西北国防医学杂志, 2019, 40(8): 524-529.
- [36] 李里特. 食品原料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 186-187.
- [37] 董文南, 李克招, 张文婷, 等. 多糖降血糖作用及其机制研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(19): 219-225.
- [38] THUAYTONG W, ANPRUNG P. Bioactive compounds and prebiotic activity in Thailand-grown red and white guava fruit (*Psidium guajava* L.) [J]. Food Science and Technology International, 2011, 17(3): 205-212.
- [39] ISABELLE M, LEE Bee-lan, LIM Meng-thiam, et al. Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore [J]. Food Chemistry, 2010, 123(1): 77-84.
- [40] 郑必胜, 曹双, 钟伟. 不同品种番石榴的酚类物质及抗氧化活性[J]. 食品科技, 2014, 39(12): 225-230.
- [41] CABELLO-HURTADO F, GICQUEL M, ESNAULT M A. Evaluation of the antioxidant potential of cauliflower (*Brassica oleracea*) from a glucosinolate content perspective [J]. Food Chemistry, 2012, 132(2): 1 003-1 009.
- [42] 仇菊, 朱宏, 卢林纲. 葡萄籽多酚对糖尿病大鼠的降血糖作用及其机制[J]. 食品科学, 2016, 39(1): 226-231.
- [43] 周妹含, 谢林, 张娅婕, 等. 锌、维生素 C 联合应用对糖尿病小鼠降血糖作用的研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(12): 2 779-2 780, 2 956.