

罗汉果黄酮的提取、纯化及生物活性研究进展

Advances of extraction, purification and biological activity of flavonoids from *Siraitia grosvenorii*

邵佩¹ 庄虎² 蹇顺华¹ 陈胜¹

SHAO Pei¹ ZHUANG Hu² JIAN Shun-hua¹ CHEN Sheng¹

(1. 武汉黄鹤楼香精香料有限公司, 湖北 武汉 430040; 2. 湖北中烟工业有限责任公司, 湖北 武汉 430040)

(1. Wuhan Huanghelou Flavors and Fragrances Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430040, China;

2. Hubei China Tobacco Industry Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430040, China)

摘要:综述了近年来国内外罗汉果黄酮的研究进展, 主要包括罗汉果黄酮的结构解析、提取纯化及生物活性等方面的研究, 并展望了罗汉果黄酮的未来发展趋势。

关键词:罗汉果; 黄酮; 提取纯化; 结构解析; 生物活性

Abstract: The research progress of *Siraitia grosvenorii* flavonoids in recent years was reviewed, including the structural analysis, extraction and purification and biological activity, providing a theoretical guidance for the application research the flavonoids from *S. grosvenorii*.

Keywords: *Siraitia grosvenorii* flavonoids; extraction and purification; structure; biological activity

罗汉果果实呈卵形、椭圆形或球形, 表面褐色、黄褐色或绿褐色, 有深色斑块及黄色柔毛, 属于中国广西、湖南等热带、亚热带地区特有的经济和药用植物^[1]。罗汉果味甘性凉, 被誉为“神仙果”, 具有止咳祛痰^[2]、降血糖^[3]、抑菌^[4-5]、保肝^[2]、抗肿瘤^[6-7]等多种功能活性, 且罗汉果叶可用于治疗皮炎、慢性心绞痛、慢性支气管炎^[8]、咳嗽、咽喉痛和便秘^[2], 是首批被国家卫生部公布的药食两用物品^[9]。罗汉果中各种营养成分的相关研究^[5]早于 1980 年; 1987 年, 罗汉果被中国卫生部列为双生食用品种^[10], 后又因其浓郁的甜味而闻名于世, 是一种非热量的天然甜味剂。

罗汉果果实营养价值较高, 富含多糖^[11]、黄酮^[12-13]、维生素、蛋白质及微量元素等多种营养成分。黄酮是罗汉果的天然有效活性成分之一, 其果实中含量较高, 达 5~10 mg/个^[14-15]。目前已有大量关于罗汉果中化学成

分的研究, 如多糖提取^[16]、黄酮提取^[15], 并取得了一定的成效, 但缺乏对某单一活性成分研究的系统归纳与总结。文章拟对罗汉果黄酮的提取、纯化、结构及生物活性研究进行系统整理与概括, 并对罗汉果黄酮的未来发展趋势进行展望, 以期进一步推动罗汉果产业的发展。

1 罗汉果黄酮的提取与纯化

1.1 提取

罗汉果黄酮的制备通常是先将罗汉果干燥、粉碎, 然后采取不同的提取方法对黄酮进行分离提取, 上清液经过滤浓缩、干燥后得罗汉果粗黄酮。

1.1.1 回流提取法 罗汉果黄酮的提取多采用回流提取法。梁英等^[17]采用热水回流提取法, 得到罗汉果叶黄酮的最佳提取工艺为水煮沸提取 50 min, 料液比 1:30 (g/mL), 提取 3 次, 黄酮提取量为 13.18 mg/g; 杨洋等^[18]采用乙醇回流提取法, 得到最佳黄酮提取工艺为料液比 1:15 (g/mL), 乙醇浓度 70%, 回流提取时间 2 h, 提取温度 70 °C, 黄酮得率为 0.58%; 崔彬^[19]采取回流提取法, 当料液比为 1:30 (g/mL) 时, 用 80% 乙醇于 80 °C 下提取 1 h, 黄酮提取率最高, 为 1.52%; 张海全等^[20]采用回流提取法, 得到罗汉果黄酮的最佳提取工艺为乙醇浓度 88%, 料液比 1:27 (g/mL), 提取时间 118 min, 提取温度 80 °C, 此时黄酮得率为 5.62 mg/g。

综上, 影响罗汉果黄酮提取率的因素主要有提取温度、料液比、提取时间、回流次数及提取液浓度。与其他提取方法相比, 回流提取法简单易于操作, 安全环保, 因而被广泛使用, 但也存在提取耗时较长, 所含杂质高, 产品纯度不高, 提取率低等问题。

1.1.2 辅助提取法 由于回流提取法的局限性, 引入了一些新的提取技术, 如超声辅助提取法、微波辅助提取法等。

作者简介:邵佩, 女, 武汉黄鹤楼香精香料有限公司助理工程师, 硕士。

通信作者:陈胜(1972—), 男, 武汉黄鹤楼香精香料有限公司高级工程师, 博士。E-mail: 3423409845@qq.com

收稿日期:2019-09-04

(1) 超声辅助提取法:通过利用超声波的空化作用破坏待提取物细胞,使其中有效成分释放出来,进而扩散到溶剂中,提高提取率的过程。容元平等^[21]采用超声波辅助提取罗汉果黄酮,研究得出最佳提取工艺为料液比 1:25 (g/mL),提取温度 70 °C,乙醇浓度 40%,提取时间 40 min,此时黄酮得率为 1.76%;同上工艺条件下采用二次逆流提取,黄酮得率为 1.89%。何凯霞等^[22]采用超声波辅助法提取罗汉果果实黄酮,当超声功率 250 W,乙醇浓度 30%,料液比 1:9 (g/mL),提取温度 80 °C,提取时间 40 min 时,黄酮提取率最高,为 2.86%。卢凤来等^[23]以罗汉果茎叶为原料,采用超声辅助提取法,通过响应面分析法得到最佳提取工艺为料液比 1:38 (g/mL),乙醇浓度 80%,提取时间 104 min,黄酮提取率为 4.01%。张卓睿等^[24]采用超声波法提取罗汉果花黄酮,得到最佳提取工艺为料液比 1:15 (g/mL),超声功率 208.48 W,乙醇浓度 67.55%,提取时间 43.62 min,黄酮提取率为 6.54%。

综上,超声辅助提取法提取罗汉果黄酮的工艺参数不同,其提取率也不同,可能与罗汉果果实来源、产地、生长期、成熟度以及果实部位等因素相关。与回流提取法相比,超声辅助提取法缩短了提取时间;当超声功率升高,黄酮提取率提高,但超声功率过高会导致提取温度升高,进而影响黄酮的扩散,降低提取率。当采用超声辅助

提取法时,应选择合适的超声功率与超声时间以控制体系温度,提高黄酮提取率。超声辅助提取法具有效率高、提取时间短、适用范围广泛,适用于工业化生产等优点,但仍存在一些急需解决的问题,如超声过程中噪声较大,容易使液体温度升高,需采取相应的降温操作等。

(2) 微波辅助提取法:利用偶极子和传导对待提取物进行加热,使其结构被破坏或发生变化,有效成分溶出,从而提高提取率的过程。秦满发等^[25]采用微波辅助法提取罗汉果黄酮,当料液比为 1:35 (g/mL),罗汉果粒度 40 目,乙醇浓度 50%,微波功率 650 W,提取时间 25 min 时,提取率最高,为 1.72%,且高于回流提取法的 (1.61%)。

由表 1 可知,微波功率与罗汉果粒度可影响黄酮提取率,与回流提取法和超声辅助提取法相比,微波辅助提取能显著缩短提取时间,其主要原因是微波处理能改变或破坏罗汉果细胞,使黄酮大量溶出,且随着微波功率的增强,其提取率不断提高;但微波功率过高会导致微波温度较高,进而影响黄酮溶出,降低提取率。因此,运用微波辅助提取法时,应选择合适的微波功率和微波时间。该法具有提取率高、操作简单、副产物少且环保等优点^[26],但该方法研发技术还不够成熟,不宜用于工业化大批量生产。

表 1 罗汉果黄酮不同提取法工艺参数对比[†]

Table 1 Optimum parameters of different extraction methods of flavonoids from *Siraitia grosvenorii*

方法	料液比 (g/mL)	温度/ °C	提取时间/ min	其他提取条件	黄酮 提取量	参考文献
回流提取法	1:30	煮沸	50.00	提取 3 次	13.18 ^a	[17]
回流提取法	1:15	70	120.00	乙醇浓度 70%	0.58 ^b	[18]
回流提取法	1:30	80	60.00	乙醇浓度 80%	1.52 ^b	[19]
回流提取法	1:27	80	118.00	乙醇浓度 88%	5.62 ^a	[20]
超声辅助提取法	1:25	70	40.00	乙醇浓度 40%	1.76 ^b	[21]
超声辅助提取法	1:9	80	40.00	超声功率 250 W	2.86 ^b	[22]
超声辅助提取法	1:38	NA	104.00	乙醇浓度 80%	4.01 ^b	[23]
超声辅助提取法	1:15	NA	43.62	超声功率 208.48 W,乙醇浓度 67.55%	6.54 ^b	[24]
微波辅助提取法	1:35	NA	25.00	粒度 40 目,乙醇浓度 50%,微波功率 650 W	1.72 ^b	[26]

† NA. 示文中未提及;a. 黄酮提取量,mg/g;b. 黄酮得率,%。

1.2 纯化

罗汉果的纯化大多采用大孔树脂法,崔彬^[19]研究得到罗汉果粗黄酮的最佳纯化工艺为上样浓度 2.50 mg/mL,上样流速 2 BV/h,pH 4,用 50%乙醇以 1.50 BV/h 流速洗脱,罗汉果黄酮纯度为 39.70%,进一步纯化后得精制罗汉果黄酮纯度为 81.70%。梁英等^[17]研究得到精制黄酮产品,其含量为 13.18 mg/g。陈全斌等^[27]采用热水回流法提取罗汉果黄酮,提取物以硅胶 G 为吸附剂,以乙酸乙酯:丁酮:甲酸:水=53:30:10:10 为展开剂,采

用柱层析法进行纯化分离罗汉果精制黄酮,得化合物 I、II,纯度分别为 99.00%,98.50%。

综上,大孔树脂法纯化得到的黄酮纯度与树脂种类、上样浓度、pH、流速、洗脱液浓度等因素有关。大孔树脂法纯化是通过利用其吸附功能达到对黄酮的分离纯化,除去色素、果胶等杂质,能显著提高罗汉果黄酮纯度。该法具有操作简单、选择性好、吸附强、使用周期长等优点,因而被广泛使用。

2 罗汉果黄酮结构

黄酮类化合物是植物的次生代谢产物,是天然酚类物质中分布最广泛的天然化合物之一。黄酮类化合物被认为是以 C₆-C₃-C₆ 碳骨架为特征的化合物,其中 C₆ 组分为芳香 C 环和 C₃ 杂环^[28-29],类黄酮的分类是基于杂环 C₃ 的变化。目前黄酮类化合物主要分为两大类,即类黄

酮和异黄酮,第一类是基于 1,3-二苯基丙烷的 C₆-C₃-C₆ 为骨架,第二类是基于 1,2-二苯基丙烷为骨架^[28]。

罗汉果黄酮结构较为复杂,对其结构分析一般包括红外特征吸收峰的分析、组成成分分析及黄酮连接方式的鉴定等,目前关于罗汉果结构的研究较少且不够深入。罗汉果果实不同部位提取的黄酮具有不同的结构,各部位对应的黄酮结构及其分析方法见表 2。

表 2 罗汉果各部位对应的黄酮结构及其分析方法
Table 2 Flavonoids compounds from *Siraitia grosvenorii*

部位	化合物名称	分析方法	参考文献
叶	槲皮素-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷-7-O-α-L-鼠李糖苷	快原子轰击质谱、红外色谱、核磁共振	[27]
叶、果实	山奈酚 3-O-α-L-鼠李糖苷-7-O-[β-D-吡喃葡萄糖基(1-2)]-α-L-鼠李糖苷	快原子轰击质谱、红外色谱、核磁共振	[27,30]
叶、果实、花	山奈酚	薄层层析法、红外光谱、高效液相色谱、核磁共振	[30-32]
叶	槲皮素	薄层层析法、红外光谱、快原子轰击色谱、高效液相色谱、核磁共振、高速逆流色谱	[31,33]
叶	山奈酚-3-O-α-L-鼠李糖苷-7-O-[β-D-吡喃葡萄糖基-(1-2)-O-L-鼠李糖苷]、山奈酚-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-α-L-鼠李糖苷	核磁共振、高速逆流色谱	[33-34]
叶	山奈酚-3,7-O-α-L-二鼠李糖苷	核磁共振	[35]
果实、花	山奈酚 7-O-α-L-鼠李糖苷、山奈酚 3-O-α-L-鼠李糖苷-7-O-[β-D-吡喃葡萄糖基(1-2)]-α-L-鼠李糖苷	快原子轰击质谱、红外色谱、核磁共振	[30,32,36]
果实	山奈苷	核磁共振	[37]
花	7-甲氧基山奈酚 3-O-α-L-鼠李糖苷、7-甲氧基-山奈酚 3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	快原子轰击质谱、红外色谱、核磁共振	[32]

3 罗汉果黄酮的生物活性

体外和动物试验研究^[28]表明,黄酮类化合物具有抗炎、抗氧化、抗过敏、保肝等活性作用。目前对罗汉果黄酮生物活性的研究主要集中在抗氧化、抑菌、降血糖等方面。

3.1 抗氧化能力

罗汉果黄酮因含有大量的酚羟基基团而具有较强的抗氧化活性,这些基团通过清除活性氧和自由基来实现抗氧化能力。目前已有大量关于罗汉果不同部位提取物抗氧化活性的相关研究,陈全斌等^[38]研究发现罗汉果叶黄酮具有很强的抗氧化活性,且为丁基羟基甲苯(BHT)的 4 倍。梁英等^[17]研究发现,当罗汉果叶黄酮浓度为

1.00 mg/mL 时,自由基清除能力最强,对 DPPH 自由基清除率达 100%,对 ABTS 自由基清除率达 88.90%,且其清除自由基的能力显著高于 BHT(P<0.05),表明罗汉果叶黄酮具有较强的抗氧化能力。蓝群等^[39]发现当罗汉果块根黄酮浓度为 4.00 mg/mL 时,对超氧阴离子自由基和羟自由基的清除能力及总还原能力最大,分别为 V_C 的 75.77%,81.59%;浓度为 3.00 mg/mL 时,对 DPPH 自由基和 ABTS 自由基的清除能力最大,分别为 V_C 的 75.04%,88.19%,表明罗汉果块根黄酮具有抗氧化活性。黄欢等^[40]研究发现,罗汉果黄酮 DPPH 清除率和 IC₅₀ 均低于阳性对照,但仍具有抗氧化能力。莫凌凌等^[32]通过 FRAP、TEAC 和 ORAC 试验表明从罗汉果花中分离出的 5 种黄酮类化合物有显著的抗氧化活性。Pan 等^[33]发

现罗汉果叶粗提物(SEE)具有类似于 BHT 的抗氧化活性,且 SEE 的黄酮含量相当于 83.45 g/kg 儿茶素提取物。

3.2 抑菌活性

据报道^[41-42],黄酮类化合物对多种病原菌均具有抗菌活性,包括金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、铜绿假单胞菌、肺炎克雷伯氏菌、大肠杆菌和伤寒沙门氏菌等微生物。罗汉果黄酮的抑菌能力与其含有的酚羟基有关,酚羟基可螯合影响细菌细胞外膜稳定的离子,对细菌细胞膜造成结构或功能损害,通过抑制细菌细胞的正常生长和代谢来抑制其繁殖。Ahmad 等^[43]研究发现黄酮类化合物分子中含有苯环和羟基,能进入细菌细胞,破坏质膜,抑制核酸的合成。张海全等^[20]研究表明罗汉果黄酮对细菌和真菌均有较强的抑制作用,其抑菌活性大小为真菌 $>G^{+}>G^{-}$;且罗汉果黄酮对铜绿假单胞菌、大肠杆菌的最小抑菌浓度(MIC)为 0.25 g/mL,对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、生孢梭菌的 MIC 为 0.13 g/mL,对白色念珠菌、黑曲霉的 MIC 为 0.06 g/mL。何凯霞等^[22]研究显示,罗汉果黄酮对枯草芽孢杆菌、白色念珠菌、产气杆菌和藤黄八叠球菌 4 种革兰氏阳性菌有明显的抑制作用,对枯草芽孢杆菌和产气杆菌的 MIC 为 5×10^{-5} g/mL,对藤黄八叠球菌和白色念珠菌的 MIC 为 5×10^{-4} g/mL。蓝群等^[39]发现:罗汉果块根粗提液浓度为 4.00 mg/mL 时,对大肠杆菌、金黄葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、铜绿假单胞杆菌、根霉和曲霉均有抑菌效果。

3.3 降血糖作用

目前有研究发现罗汉果中黄酮具有降血糖作用,饶荣^[44]研究发现,罗汉果果实、茎叶黄酮提取物治疗链脲佐菌素(STZ)诱导的 2 型糖尿病大鼠时能明显改善其体重,降低空腹血糖值,与阳性对照相比,其空腹血糖值无显著性差异($P>0.05$),且茎叶黄酮的降血糖作用明显优于果实黄酮的($P<0.05$)。郑楚等^[3]研究表明,罗汉果黄酮对 STZ 糖尿病鼠具有显著的降血糖作用($P<0.05$),当罗汉果中黄酮含量为 80 mg/kg 时,能极显著降低糖尿病大鼠血糖水平($P<0.01$),显著降低糖尿病大鼠血脂、丙二醛(MDA)水平($P<0.05$),显著增高超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性、糖尿病大鼠胰岛素水平($P<0.05$),表明罗汉果黄酮可改善由 STZ 引起的病理学改变,有益于缓解糖尿病大鼠的症状,对糖尿病并发症有良好的防治作用,且罗汉果黄酮含量与降血糖作用呈量效关系。罗汉果黄酮可降低血清 MDA,提高 SOD、GSH-Px 活力,抗氧化能力是降血糖作用的机制之一。

3.4 其他生物活性

罗汉果黄酮除具有抗氧化、抑菌和降血糖的生物活性外,还具有抗衰老^[45]、防治动脉粥样硬化^[46]、保肝^[36]等作用。陈梅^[45]研究发现,在饮食罗汉果叶制备的黄酮

后,大鼠的耐力训练持续时间延长,表明罗汉果叶黄酮可显著提高大鼠的抗疲劳能力($P<0.05$)。王程强等^[46]研究发现罗汉果叶黄酮能保护非咯啉诱导的内皮细胞损伤,能有效防治动脉粥样硬化。

4 展望

罗汉果具有较强的保健功效,目前其研究主要集中在罗汉果黄酮提取、纯化、抗氧化、抑菌、降血糖等方面。后续对罗汉果黄酮的研究可以从以下两方面进行:① 加强对罗汉果黄酮结构的深入研究,探究罗汉果黄酮的结构成分与其生物活性的构效关系;② 加强对罗汉果黄酮的抗癌活性研究,并进行毒理学及临床试验验证。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2015: 197.
- [2] LI Chun, LIN Li-mei, SUI Feng, et al. Chemistry and pharmacology of *Siraitia grosvenorii*: A review[J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2014, 12(2): 89-102.
- [3] 郑楚, 唐金良, 杨冬业, 等. 罗汉果总黄酮对实验性糖尿病大鼠的治疗作用[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(22): 194-197.
- [4] 梁硕, 杨志萍, 费振鸿, 等. 罗汉果抑菌性能的研究[J]. 食品工业, 2016, 37(7): 207-209.
- [5] YE Min, ZHOU Ying. Preliminary research on antibacterial activity of the ethanol extracts from *Momordica grosvenorii* leaf and stem [J]. Journal of Mountain Agriculture & Biology, 2008, 27 (1): 42-46.
- [6] 符毓夏, 王磊, 李典鹏. 罗汉果醇抗肿瘤活性及其作用机制研究[J]. 广西植物, 2016, 36(11): 1 369-1 375.
- [7] TAKASAKI M, KONOSHIMA T, MURATA Y, et al. Anticarcinogenic activity of natural sweeteners, cucurbitane glycosides, from *Momordica grosvenorii*[J]. Cancer letters, 2003, 198(1): 37-42.
- [8] 陈全斌, 义祥辉, 何星存. 罗汉果叶饮料的可行性研究[J]. 饮料工业, 2005, 8(4): 27-30.
- [9] 罗祖良, 张凯伦, 马小军, 等. 三萜皂苷的合成生物学研究进展[J]. 中草药, 2016, 47(10): 1 806-1 814.
- [10] 张宏, 王玉良. 最新中成药手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1998: 326.
- [11] 陈全斌, 义祥辉, 余丽娟, 等. 不同生长周期的罗汉果鲜果中甜甙 V 和总黄酮含量变化规律研究[J]. 广西植物, 2005, 25(3): 274-277.
- [12] 余丽娟, 陈全斌, 义祥辉, 等. 高效液相色谱法制备罗汉果甜甙 V 标准品[J]. 色谱, 2003, 21(4): 397-399.
- [13] 陈全斌, 陈海燕, 李俊, 等. HPLC 法测定罗汉果多糖的相对分子质量[J]. 中草药, 2003, 34(12): 1 075-1 076.
- [14] 陈全斌, 杨瑞云, 义祥辉, 等. RP-HPLC 法测定罗汉果鲜果及甜甙中总黄酮含量[J]. 食品科学, 2003, 24(5):

- 133-135.
- [15] 陈全斌, 杨建香, 程忠泉, 等. RP-HPLC 法测定罗汉果叶中总黄酮含量[J]. 广西科学, 2005, 12(1): 43-45.
- [16] 李洪燕, 罗浩, 刘结容, 等. 酶解法提取罗汉果多糖的工艺研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(2): 689-694.
- [17] 梁英, 朱志仁, 潘英明, 等. 罗汉果叶总黄酮的提取及清除自由基活性研究[J]. 食品科技, 2010, 35(11): 211-213, 218.
- [18] 杨洋, 罗玉莲, 刘舸. 罗汉果抗氧化活性成分的提取工艺研究及其含量测定[J]. 食品工业科技, 2004, 25(3): 70-72.
- [19] 崔彬. 罗汉果黄酮提取条件与纯化工艺的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012: 19-33.
- [20] 张海全, 陈友发, 黄勤英, 等. 响应面法优化罗汉果总黄酮提取工艺及其抑菌活性研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2018, 39(6): 65-70.
- [21] 容元平, 黄永春, 赖君荣, 等. 超声波提取罗汉果中总黄酮的工艺研究[J]. 广西工学院学报, 2006, 17(4): 5-8.
- [22] 何凯霞, 肖艺, 张丽, 等. 罗汉果果实总黄酮的含量变化及其抑菌作用[J]. 氨基酸和生物资源, 2013, 35(4): 16-20.
- [23] 卢凤来, 苏永文, 刘幼娟, 等. 响应面分析法优化超声提取罗汉果茎叶总黄酮的方法[J]. 食品科技, 2013, 38(11): 217-220.
- [24] 张卓睿, 孙广仁, 段秀岩, 等. 响应面法对罗汉果花总黄酮超声波提取工艺的优化[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(6): 1 518-1 522, 1 525.
- [25] 秦满发, 刘四海. 微波辅助提取罗汉果中总黄酮的最佳工艺研究[J]. 沿海企业与科技, 2008, 12(9): 41-43.
- [26] 于帅, 杜彬, 杨越冬, 等. 用响应面法优化微波辅助提取板栗仁中多酚物质[J]. 经济林研究, 2011, 29(3): 8-16.
- [27] 陈全斌, 杨建香, 程忠泉, 等. 罗汉果叶黄酮甙的分离与结构鉴定[J]. 广西科学, 2006, 13(1): 35-36, 42.
- [28] LÓPEZ-LÁZARO M. Flavonoids as anticancer agents: Structure-activity relationship study[J]. Current Medicinal Chemistry Anticancer Agents, 2002, 2(6): 691-714.
- [29] MILIAUSKAS G, VENSKUTONIS P R, BEEK T A V. Screening of radical scavenging activity of some medical and aromatic plant extracts[J]. Food Chemistry, 2004, 85(2): 231-237.
- [30] 杨秀伟, 张建业, 钱忠明. 罗汉果中新的天然皂苷[J]. 中草药, 2008, 39(6): 810-813.
- [31] 杨建香. 罗汉果叶子中黄酮成分的提取与分离[D]. 桂林: 广西师范大学, 2005: 25-35.
- [32] 莫凌凌, 李典鹏. 罗汉果花中黄酮甙类化合物的抗氧化活性研究[J]. 现代食品科技, 2009, 25(5): 484-486.
- [33] PAN Ying-ming, WEI Liu-xin, ZHU Zhi-ren, et al. Processing of *Siraitia grosvenorii* leaves: Extraction of antioxidant substances[J]. Biomass and Bioenergy, 2012, 36(2): 419-426.
- [34] SHI Shu-yun, HUANG Ke-long, ZHANG Yu-ping, et al. Purification and identification of antiviral components from *Laggera pterodonta* by high-speed counter-current chromatography[J]. Journal of Chromatography B, 2007, 859(1): 119-124.
- [35] YANG Li, ZENG Sen, LI Zhen-hong, et al. Chemical components of the leaves of *Siraitia grosvenorii*[J]. Chemistry of Natural Compounds, 2016, 52(5): 891-892.
- [36] WANG Meng-yue, XING Shi-hua, LUU T, et al. The gastrointestinal tract metabolism and pharmacological activities of grosvenorine, a major and characteristic flavonoid in the fruits of *Siraitia grosvenorii*[J]. Chemistry & Biodiversity, 2015, 12(11): 1 652-1 664.
- [37] 魏锋, 阎文攻. 山野豌豆黄酮类化学成分的研究[J]. 药学学报, 1997, 32(10): 765-768.
- [38] 陈全斌, 苏小建, 沈钟苏. 罗汉果叶黄酮抗氧化能力研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(10): 189-191.
- [39] 蓝群, 金晨钟, 莫亿伟. 罗汉果块根粗提取物抗氧化及抑菌能力[J]. 北方园艺, 2018, 41(10): 144-149.
- [40] 黄欢, 陈友发, 钟晓坤, 等. 两种天然总黄酮的抗氧化活性研究[J]. 广州化工, 2017, 45(7): 63-65.
- [41] JIN J S, LEE J H. Phytochemical and pharmacological aspects of *Siraitia grosvenorii*, Luo Han Kuo[J]. Oriental Pharmacy & Experimental Medicine, 2012, 12(4): 233-239.
- [42] 陆蓓, 凌明, 应佳, 等. 柑橘黄酮抑菌作用研究[J]. 中华中医药学刊, 2010, 28(10): 2 042-2 043.
- [43] AHMAD A, KALEEM M, AHMED Z, et al. Therapeutic potential of flavonoids and their mechanism of action against microbial and viral infections: A review[J]. Food Research International, 2015, 77(6): 221-235.
- [44] 饶荣. 罗汉果的果实与其茎叶提取物质量分析及药效学比较研究[D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2012: 51-65.
- [45] 陈梅. 罗汉果叶黄酮对力竭大鼠某些组织抗氧化损伤保护作用的实验研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2008: 28-40.
- [46] 王程强, 胡述立. 罗汉果叶总黄酮对金属离子引起的内皮细胞损伤保护作用及机制研究[J]. 长江大学学报: 自科版, 2012, 9(3): 1-2.