

石崖茶化学成分及药理活性研究进展

李水萍¹, 李妮励¹, 张永怡¹, 吴家超¹, 黄永飞¹, 林青华^{1,2*}

(1. 广西中医药大学药学院, 广西南宁 530200; 2. 广西中医药大学广西壮瑶药工程技术研究中心, 广西南宁 530200)

摘要: 石崖茶是广西特有的一种壮药材, 主产于广西平南县、平乐县、蒙山县、昭平县和桂平市等。其含有黄酮类、萜类、多糖、酚类等多种化学成分, 具有抗肿瘤、抗氧化、抗菌等药理作用。本文在对石崖茶化学成分和药理活性进行综述的基础上, 一并对其总黄酮的提取方法进行总结, 以期对石崖茶的深入研究提供参考。

关键词: 石崖茶; 化学成分; 药理活性

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2021)05-1280-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2021.05.032

石崖茶, 又名石芽茶、亮叶杨桐、亮叶黄瑞木, 是山茶科杨桐属植物亮叶杨桐 *Adinandra nitida* Merr. ex H. L. Li 的干燥叶^[1]。其常生长在山崖之上^[2], 茶民常用训练过的猴子采摘, 故又有“猴摘茶”之称^[3]。其味甘、微苦, 性凉, 归肝、胆、胃经, 具有清热解毒、护肝明目、健胃消食的功效, 可用于目赤肿痛、目暗干涩、痈疮肿毒、黄疸等^[4]。在壮、瑶、苗、侗等少数民族地区有着悠久的历史^[5], 常用于治疗腮腺炎、痢疾等疾病^[6]。石崖茶不仅具有良好的药用价值, 其作为全国优质的原生态野生茶在 2004 年被载入《共和国之最》一书^[7], 极具推广价值。近年来, 学者对其化学成分和药理活性进行了大量研究, 本文就石崖茶的化学成分及药理活性进行综述, 并对其总黄酮的提取方法进行总结, 以期对石崖茶的深入研究提供参考。

1 化学成分

1.1 黄酮类 石崖茶黄酮类成分含量高达 28.4%^[8], 目前分离得到山茶苷 A、山茶苷 B 等 10 种黄酮类成分, 具体见表 1、图 1。其中山茶苷 A 在石崖茶黄酮类成分的含量高达 51.19%^[9-10], 且已分离、纯化出质量分数大于 99% 的山茶苷 A 对照品, 其还具有抗氧化的药理活性, 可以作为石崖茶药材及其成药质量控制的指标性成分^[11]。

1.2 萜类 石崖茶含有种类众多的萜类成分, 目前分离得到的萜类化合物共有 20 个, 其中三萜类化合物 18 个、二萜类化合物 2 个 (α -生育酚、cassipourol), 具体见表 2、图 2。

表 1 石崖茶中黄酮类成分

编号	名称	参考文献
1	表儿茶素	[12-13]
2	野漆树苷	[12]
3	柚皮素	[8]
4	木犀草苷	[8]
5	山茶苷 A	[12-13]
6	山茶苷 B	[12-13]
7	芹菜素	[12-15]
8	槲皮苷	[12-13]
9	甲氧基木犀草素	[8]
10	儿茶素	[8]

表 2 石崖茶中分离得到萜类成分

编号	名称	参考文献
11	乌索酸	[1]
12	18-羟基乌索酸	[1]
13	2 α ,3 α -二羟基乌苏酸	[1]
14	3 α ,19 α -二羟基乌苏酸	[1]
15	蔷薇酸	[1]
16	3 β ,19 α ,23-三羟基乌索酸	[1]
17	2 α ,3 α -二羟基乌苏酸-28-O- β -D-葡萄糖苷	[1]
18	—	[1, 16]
19	齐墩果酸	[1]
20	—	[1, 17]
21	白桦脂酸	[1]
22	—	[1, 17-18]
23	—	[1, 17]
24	—	[17]
25	—	[17]
26	—	[17]
27	长梗冬青苷	[16]
28	—	[16]
29	α -生育酚	[19]
30	—	[19]

收稿日期: 2020-03-17

基金项目: 广西壮瑶药工程技术研究中心开放课题 (KJT1900106)

作者简介: 李水萍 (1996—), 女, 研究方向为中药学。Tel: 18276427224, E-mail: 1346078498@qq.com

* 通信作者: 林青华 (1986—), 男, 博士, 讲师, 从事中药活性物质基础、作用机制及中药炮制相关研究。Tel: 18078112709, E-mail: linqinghua519@163.com

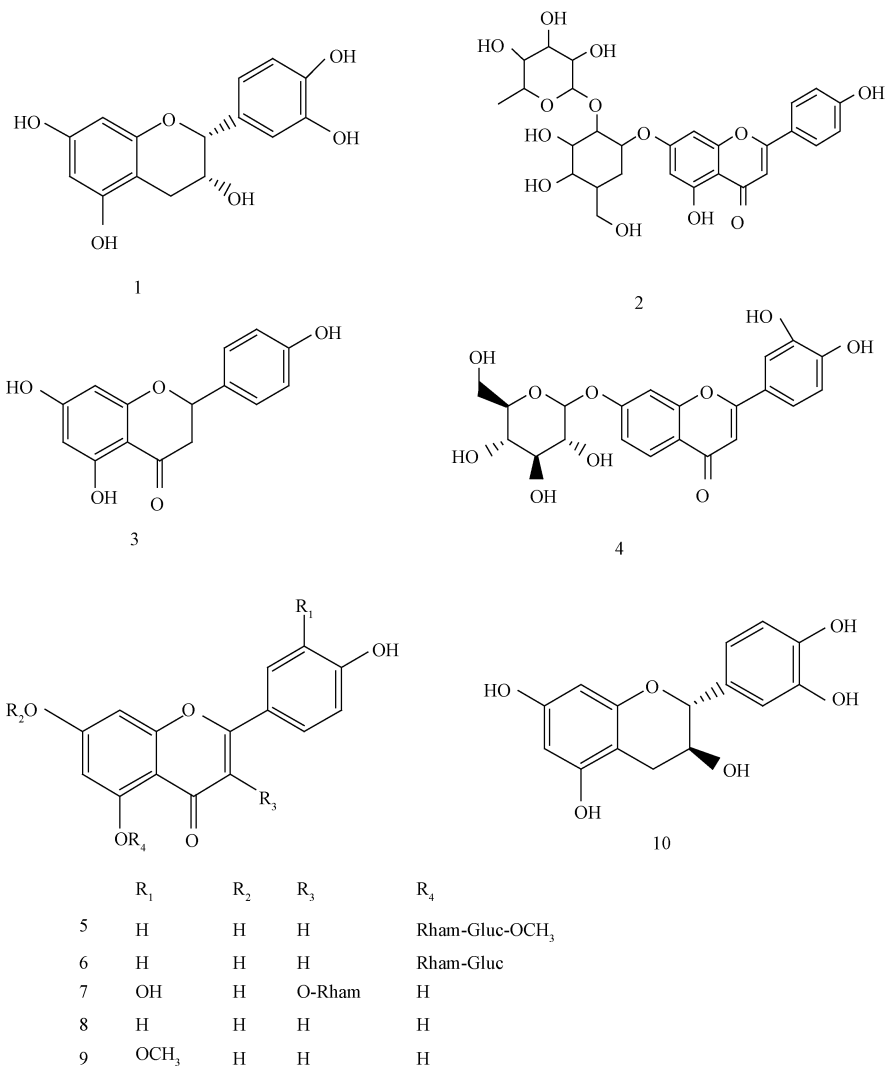


图 1 黄酮类成分结构

1.3 酚类 茶多酚是一种存在于茶叶中多羟基酚类化合物的总称。石崖茶富含茶多酚，其含量高达 20.9%，与高等绿茶含量相近^[8, 20]。但目前对石崖茶中的酚类结构鲜有报道。

1.4 多糖 糖类是石崖茶的初生代谢产物之一，陈美珍等^[8]采用蒽酮比色法测定石崖茶中的总糖和还原糖，含量分别为 13.56%、2.36%。刘春兰等^[21]使用气相色谱对石崖茶水溶性多糖进行分析，得出其粗多糖的主要单糖组成为鼠李糖、阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖。

1.5 甾体类 石崖茶中目前已知的甾体化合物有 2 个分别为胡萝卜苷（**31**）、β-谷甾醇（**32**），结构见图 3。

1.6 其他 石崖茶营养丰富，含有 18 种氨基酸，具体见表 3，其中茶氨酸占总量的 50.1%，含量最高^[8]。还含有钾、钙、镁、磷、钠等常量元素和锰、铁、锌、铜、硒、镍、钴等微量元素，以及 V_B、V_C、V_E 等多种维生素，具有较高的营养作用^[8]。

表 3 石崖茶中氨基酸含量（mg/100 g）

编号	氨基酸	含量
1	门冬氨酸	298
2	苏氨酸	67.5
3	丝氨酸	56.1
4	谷氨酸	362
5	脯氨酸	33.9
6	甘氨酸	49.7
7	丙氨酸	52.6
8	胱氨酸	6.5
9	缬氨酸	39.2
10	异亮氨酸	40.4
11	亮氨酸	98.3
12	酪氨酸	43.2
13	苯丙氨酸	65.1
14	赖氨酸	57.8
15	组氨酸	11.2
16	精氨酸	147.9
17	茶氨酸	1441
18	甲硫氨酸	7.5

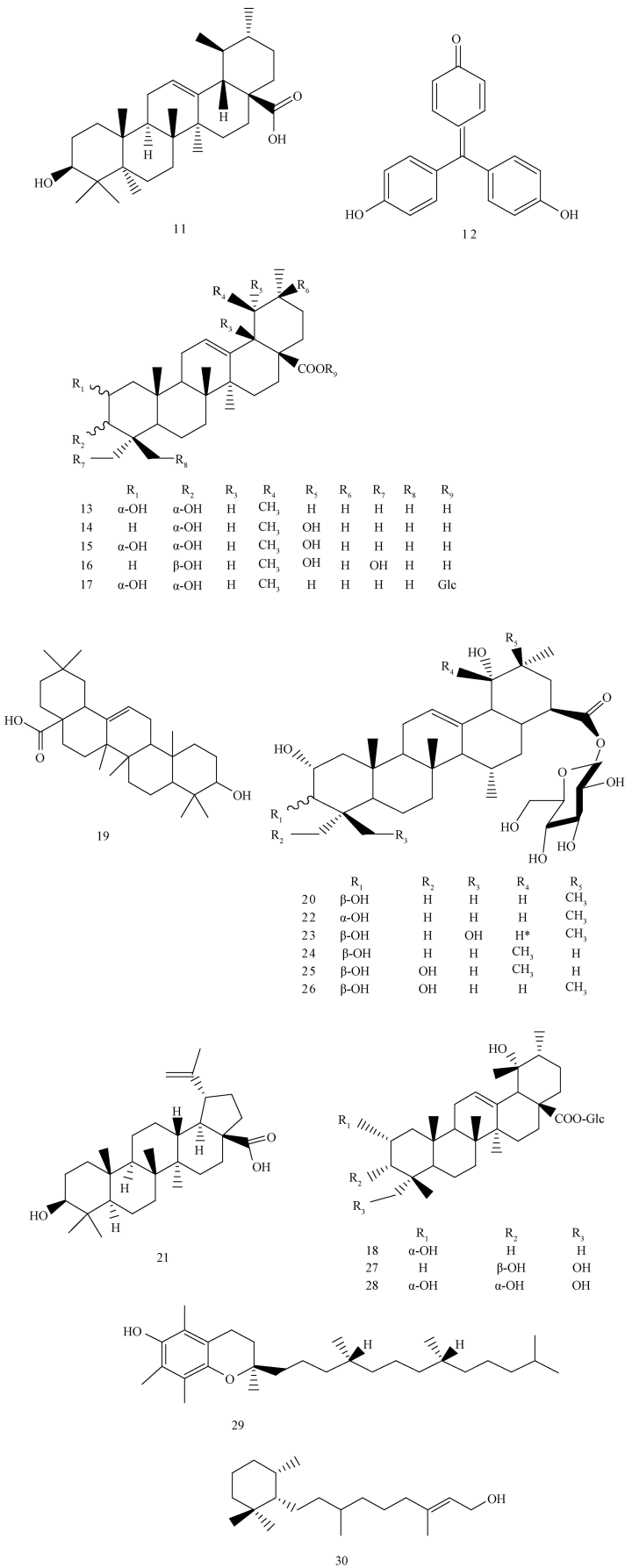


图 2 萜类成分结构

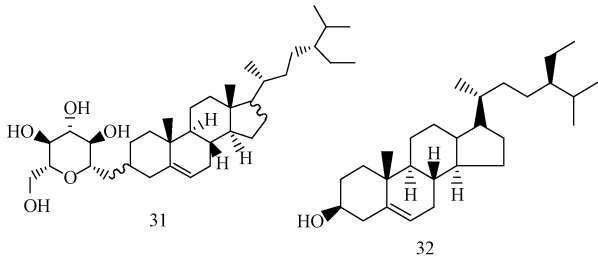


图 3 甾体类成分结构

2 药理作用

2.1 抗肿瘤 石崖茶具有显著的抗肿瘤作用，主要表现为对人肝癌 HepG2、小鼠肉瘤 s-180、肺腺癌 A549 和人乳腺癌 MCF-7 细胞株的抑制作用。研究发现翻炒后的石崖茶对亲水过氧自由基清除能力和氧自由基吸收能力均有显著提高，进而表现出对 HepG2 细胞较强的抗增殖活性^[22]，而且经水蒸气或其他加热处理后，石崖茶的抗肿瘤作用明显提高^[23]。陈粤等^[24]以石崖茶黄酮提取物为药物，通过灌胃给药的方式对小鼠进行抗肿瘤试验。结果表明当给药剂量为 500 mg/kg 时，石崖茶黄酮提取物对小鼠肉瘤 s-180 的抑制率为 64%，其作用机制可能与抑制小鼠 s-180 肿瘤细胞中突变型 p53 基因的转录活性有关；并能明显延长艾氏腹水瘤 i 小鼠的生存期，且对宿主毒性小^[25]。战宇等^[26]采用 MTT 法对石崖茶总黄酮抗肺腺癌细胞 A549 活性进行研究，结果表明其对肺腺癌细胞 A549 具有较好的抑制作用，且时间效应和剂量效应呈正相关。石崖茶中的黄酮类成分山茶苷 A 能抑制人肝癌 HepG2 和人乳腺癌 MCF-7 细胞株的增殖，且具剂量关系，其机制是通过诱导 G₀/G₁ 期细胞数目增加，从而影响细胞周期的进程使癌细胞进入凋亡状态^[27-28]。此外，石崖茶中的酚类也具有较强的抗癌作用，石崖茶酚类通过阻断 HepG2 肝癌细胞 DNA 合成，使癌细胞凋亡，抑制肝癌细胞 HepG2 增殖，从而起到抗癌作用^[29]。

2.2 抗氧化 研究表明，石崖茶中黄酮类、多糖类和酚类成分具有显著的抗氧化作用，在一定范围内，随着浓度升高作用增强。Liu 等^[30]通过二苯代苦味酰基自由基 (DPPH) 自由基清除实验和 Rancimat 实验发现石崖茶中总黄酮具有较强的抗氧化活性。袁尔东等^[31]研究发现石崖茶中总黄酮对 DPPH 和超氧阴离子均有较好的清除效果，并且其量效呈明显的正比关系，在总黄酮提取物质量浓度为 0.3 mg/mL 时，其对自由基的清除率高达 (94.46 ± 0.06) %，远高于同一质量浓度下的常用食品抗氧化剂 BHT (40.39±0.53) %^[32]。此外，石崖茶总黄酮提取物对猪油的抗氧化作用也呈现明显的量效关系^[33]，其中山茶苷 A 对猪油体现出明显的抗氧化作用^[34]。石崖茶超临界二氧化碳提取物具有较强的抑制亚油酸过氧化能力，亚油酸在 37 ℃ 恒温条件下加入 0.5 mg/mL 的该提取物后，其过氧化作用受到了显著的抑制，且在 3 d 内的抑制率均超过 90%^[35]。此外，石崖茶多糖对羟基自由基和超氧自由基也具有清除能

力，刘春兰等^[21]通过比邻羟基苯甲酸法和不同浓度多糖竞争自由基的实验，对 O²⁻ · 的清除率进行测定，结果表明石崖茶粗多糖和石崖茶初步纯化的多糖对 O²⁻ · 都具有清除能力，在实验模拟的范围内与浓度呈正相关，且纯化后多糖的清除效果比粗多糖好。王婉莹等^[36]通过 DPPH 法、铁离子还原测定法、亚铁离子螯合法、β 胡萝卜素-亚油酸 4 种体外抗氧化活性测定方法对石崖茶的抗氧化活性进行考察，结果表明石崖茶中的多酚具有较强的抗氧化活性，其螯合亚铁离子能力和还原铁离子能力优于绿茶。此外，陈永生等^[37]通过对春秋 2 个季节石崖茶中酚类物质体外抗氧化活性的研究，发现秋季石崖茶中游离态多酚的超氧自由基吸收能力、清除能力和细胞抗氧化能力均较强，可能是与秋季石崖茶中多酚、黄酮等次级代谢产物代谢积累量较高有关。

2.3 抗菌 石崖茶对革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌均有抑制作用。余杰等^[33]等研究表明石崖茶总黄酮提取物对部分革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌、球菌和杆菌的抑制作用与山梨酸钾大致相当，其总黄酮提取物对小鼠口服半数致死量为 12 g/kg^[38]，由此可见，石崖茶中的总黄酮是一种具有较高安全性的天然抗菌剂。袁尔东等^[39]研究结果证明石崖茶黄酮总提取物对大肠杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、单核增生李斯特菌和志贺氏菌的生长均有明显的抑制作用，且其量效呈现出明显的正相关。

2.4 其他 研究表明肥胖会增加糖尿病、心脏病和癌症等疾病的风险。Yuan 等^[40]利用 3T3-L1 前脂肪细胞作为生物活性导向的鉴定模型，证实了石崖茶对脂肪生成具有抑制作用，其中黄酮类化合物的抑制作用较强。唐慧勤等^[41]通过对患高脂血症的大鼠进行研究，结果表明石崖茶总黄酮提取物能够降低高脂血症大鼠的血脂水平。

石崖茶作为一种药食同源类植物，其含有丰富的氨基酸、矿物质和维生素以及人体所必需的微量元素^[42]。现已开发出多种保健产品。如石崖复合饮品、富硒保健石崖茶、液态鲜石崖茶饮品、石崖复合保健茶等，该类产品的多具有清热消暑、生津止渴、扩张血管、降血糖血脂、降血压、提高机体免疫力、抗氧化、抑癌防癌等功效。简谊权^[43]发明的降三高石崖茶，不仅具有降血脂、降血压、降血糖的功效，还能提高人体免疫力。此外，石崖茶的咖啡因含量较少，大约为 1.74%，饮后不会引起中枢神经兴奋而失眠^[8, 44]。而且加工方式已经较成熟^[45-46]，其极具开发价值。

3 总黄酮提取

黄酮类是石崖茶研究最多的一类成分，其提取方法有水提取法、有机溶剂提取法、微波辅助提取法、酶辅助提取法、连续逆流提取法、超声波提取法等。其提取率的主要影响因素为温度和溶剂，而提取时间和液料比的影响并不明显^[31]。

袁尔东等^[31]采用响应面实验法对石崖茶总黄酮的水提提取工艺进行优化，结果表明水提法的最佳工艺为以 20 倍

的水提取 36 min，总黄酮得率为 8.20%。但该方法提取率较低，目前较少使用。有机溶剂提取法根据相似相溶原理采用适当溶剂提取药材中相应化合物的方法^[47]。战宇等^[26]利用黄酮类成分易溶于乙醇的特性，优化石崖茶总黄酮的最佳提取工艺为以 20 倍量的 63% 乙醇在 70 ℃ 提取 10 min，其提取率高达 95.58%。微波提取法可缩短药物提取时间、减少溶剂用量、降低能耗及废弃物^[48]。陈美珍等^[49]优选石崖茶中总黄酮微波提取法的最佳工艺为以 30 倍量的 60% 乙醇提取 3 min，其总黄酮粗提物的含量可高达 33.7%。酶提取法是利用酶破坏药材的细胞壁而对目标成分进行提取的方法，其具有效率高、专一性好的特点^[50]。李沼^[51]利用纤维素酶辅助提取法优化石崖茶中总黄酮的最佳提取工艺。连续逆流提取法是一种通过增大药物和溶剂接触面积，提高提取效率的新型提取方法，具有提取时间短、溶剂用量少，能源消耗低等优点^[52]。战宇等^[26]利用连续逆流提取技术对提取石崖茶中的总黄酮的工艺条件进行研究，得到最优的条件，提取率高达 95.34%。超声波提取法提取时间短、效率较高^[53]。王仲等^[54]采用超声波提取法对石崖茶中总黄酮进行提取，其最佳工艺为以 40 倍量的 70% 乙醇在 55 ℃ 条件下提取 30 min。

李沼^[51]分别采用乙醇提取法、超声波提取法、酶法浸渍萃取法、微波辅助提取法、超临界流体萃取法对石崖茶总黄酮进行提取，结果表明超声波辅助法提取率最高，明显缩短提取时间，提高了效率，降低能耗和成本。

4 结语

石崖茶作为一种在少数民族地区常用的药食同源类植物，其化学成分的研究仅集中在黄酮类成分，而对多糖、茶多酚等其他成分研究较少；药理活性的研究虽然侧重于抗肿瘤、抗氧化和抗菌等多方面，但其作用机制的研究并不充分，所研究活性成分的范围也比较狭窄，多限于总黄酮的研究，萜类、酚类和糖类在石崖茶中的含量较高，具有多种生物学功能，但目前对其药理活性的研究鲜有报道。尽管石崖茶一直作为茶的代用品，但其食品添加剂、保健食品等领域的潜力巨大。因此，石崖茶的化学成分仍需要进一步系统研究，药理研究需要加强作用机制的探讨。此外，为适应现代消费观念的要求，石崖茶可以借鉴茶叶及饮料加工的技术和方法，加快石崖茶在饮料、浓缩液、天然提取物和保健食品等方面的开发，以期进一步推动石崖茶的应用并促进少数民族地区的经济发展。

参考文献：

[1] 刘书霞,李振麟,兰太进,等. 石崖茶的化学成分研究[J]. 中草药, 2016, 47(14): 2436-2440.

[2] 佚名. 昭平茶品牌[J]. 茶世界, 2007(5): 28.

[3] 佚名. 石崖茶: 千年古茶成“富矿”[J]. 农家之友, 2017(9): 9-10.

[4] 广西壮族自治区食品药品监督管理局编. 广西壮族自治区壮药质量标准第 2 卷[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2011.

[5] 左文松,徐娟华,周长新,等. HPLC 同时测定石崖茶中 5 种黄酮成分的含量[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(18): 2406-2409.

[6] 李才华. 茶中灵秀——石崖茶[J]. 广西林业, 1996(2): 43.

[7] 《共和国之最》编写组编. 共和国之最[M]. 北京: 中共党史出版社, 2004.

[8] 陈美珍,余杰,余纲哲,等. 野生石芽茶营养成分与药用成分的分析[J]. 天然产物研究与开发, 1996(1): 84-86.

[9] 刘本国,战宇,许克勇,等. 液质联用鉴定亮叶杨桐叶中的类黄酮化合物[J]. 食品研究与开发, 2007(3): 118-120.

[10] Liu B G, Zhan Y U, Ning Z, et al. Characterization and antioxidant activity of flavonoid extract from leaves of *Adinandra nitida*[J]. *Chem Ind Forest Prod*, 2008(1): 6-10.

[11] 黄艳,李文琪,刘元,等. 亮叶杨桐叶中山茶苷 A 对照品的制备及鉴定[J]. 广西科学, 2013, 20(1): 79-81.

[12] Zhang J, Yang J, Duan J C, et al. Quantitative and qualitative analysis of flavonoids in leaves of *Adinandra nitida* by high performance liquid chromatography with UV and electrospray ionization tandem mass spectrometry detection[J]. *Anal Chim Acta*, 2005, 532(1): 97-104.

[13] 樊兰兰,何丽丽,韦玮,等. UPLC 快速测定石崖茶中 5 个黄酮类化合物含量及其体外抗氧化活性评价[J]. 药物分析杂志, 2012, 32(7): 1143-1149.

[14] 刘本国,杨继国,邱晓斌,等. 芹菜素的制备、鉴定与纯化的研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(12): 2947-2952.

[15] Liu B G, Ning Z X, Gao J H, et al. Preparing apigenin from leaves of *Adinandra nitida* [J]. *Food Technol Biotechnol*, 2008, 46(1): 111-115.

[16] 王英,陈四宝,倪洁,等. 亮叶杨桐的化学成分研究[J]. 中国药科大学学报, 2003, 34(5): 407-409.

[17] 王英,叶文才,殷志琦,等. 亮叶杨桐的三萜皂苷类成分[J]. 药学学报, 2008, 43(5): 504-508.

[18] 刘元,李振麟,张宁宁,等. 亮叶杨桐叶的化学成分研究[J]. 中国民族民间医药, 2012, 21(17): 62-63.

[19] 吕旭辉,李振麟,刘书霞,等. 石崖茶的化学成分研究(Ⅱ)[J]. 中草药, 2018, 49(6): 1272-1276.

[20] 张静怡. 亮叶杨桐的抗氧化活性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2013.

[21] 刘春兰,杨霞,白冬梅,等. 石崖茶水溶性多糖的提取及生物活性研究[J]. 辽宁中医药大学学报, 2010, 12(6): 10-12.

[22] Chen Y S, Shen Y B, Fu X, et al. Stir-frying treatments affect the phenolics profiles and cellular antioxidant activity of *Adinandra nitida* tea (Shiyacha) in daily tea model[J]. *Int J Food Sci Tech*, 2017, 52(8): 1820-1827.

[23] Liu B G, Chen Y S, Mo H Z, et al. Catapult steam explosion significantly increases cellular antioxidant and anti-proliferative activities of *Adinandra nitida* leaves [J]. *J Funct Foods*, 2016, 23: 423-431.

[24] 陈 粤, 余纲哲, 陈鸿霖. 亮叶杨桐提取物抗肿瘤活性的研究[J]. 汕头大学学报 (自然科学版), 1997, 12(2): 43-45.

[25] 陈 粤, 余纲哲, 陈鸿霖. 亮叶杨桐黄酮提取物抗瘤活性及其对小鼠 p53 基因表达活性的影响[J]. 天然产物研究与开发, 1998, 10(3): 52-56.

[26] 战 宇, 曾庆祝, 方 玲. 亮叶杨桐叶总类黄酮的提取工艺优化及对肺腺癌细胞 A549 生长的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(22): 6-10.

[27] Gao H, Liu B, Liu F, *et al.* Anti-proliferative effect of camellianin a in *Adinandra nitida* leaves and its apoptotic induction in human Hep G2 and MCF-7 cells [J]. *Molecules*, 2010, 15(6): 3878-3886.

[28] 吕旭辉. 曼地亚红豆杉和亮叶杨桐化学成分研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2018.

[29] 陈永生. 杨桐叶酚类物质的抗氧化活性、抗增殖活性及抗增殖作用机理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015.

[30] Liu B, Yang J, Ma Y, *et al.* Antioxidant and angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory activities of ethanol extract and pure flavonoids from *Adinandra nitida* leaves [J]. *Pharm Biol*, 2010, 48(12): 1432-1438.

[31] 袁尔东, 王菊芳, 刘本国, 等. 亮叶杨桐叶类黄酮的提取及其抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2009, 30(14): 105-109.

[32] 战 宇, 梁敏华. 亮叶杨桐叶中类黄酮的连续逆流提取及抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(14): 97-100.

[33] 余 杰, 陈美珍. 亮叶杨桐中类黄酮提取及其抗氧化、抑菌作用的研究[J]. 汕头大学学报 (自然科学版), 1997(2): 52-58.

[34] 袁尔东, 宁正祥, 刘本国, 等. 亮叶杨桐叶中山茶苷 A 的分离纯化及其抗氧化性能的研究[J]. 食品工业科技, 2008(4): 212-214.

[35] 杨建平, 杨 理, 刘本国, 等. 亮叶杨桐叶超临界二氧化碳提取物的抗氧化活性研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(29): 14350-14351; 14383.

[36] 王婉莹, 肖 伟, 许利嘉, 等. 绿茶与 4 种乔木型别样茶抗氧化活性比较研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2013, 15(7): 1526-1531.

[37] 陈永生, 扶 雄, 周 林, 等. 亮叶杨桐叶中酚类物质的抗氧化和抗 HepG2 细胞增殖作用[J]. 现代食品科技, 2016, 32(8): 14-20.

[38] 岑颖洲, 伍秋明, 许少玉, 等. 天然黄酮类化合物的抗氧化作用及开发应用前景[J]. 广州食品工业科技, 1992(2): 20-22.

[39] 袁尔东, 肖仔君, 刘本国, 等. 亮叶杨桐叶总黄酮提取及抑菌活性的研究[J]. 现代食品科技, 2009, 25(3): 305-308.

[40] Yuan C M, Huang L H, Suh J H, *et al.* Bioactivity-guided isolation and identification of antiadipogenic compounds in Shiya Tea (leaves of *Adinandra nitida*) [J]. *J Agric Food Chem*, 2019, 67(24): 6785-6791.

[41] 唐慧勤, 冯 旭, 阎 莉, 等. 亮叶杨桐总黄酮对高脂血症大鼠脂代谢的影响及其抗氧化作用[J]. 中成药, 2013, 35(5): 899-903.

[42] Li G, Ge X H, Liu B G, *et al.* Nutritional evaluation of *Adinandra nitida* leaves[J]. *Int J Eng Man*, 2011, 1(4): 65-69.

[43] 简谊权. 降三高石崖茶及其制作方法: 中国, CN201510714095. 8[P]. 2015-10-27.

[44] 何乃缘. 2013 年“幸福家园·绿色金秀”公益活动在金秀启动[J]. 广西林业, 2013(3): 20.

[45] 林国轩, 罗小梅, 林强轩, 等. 引入乌龙茶加工工艺制作石崖茶试验[J]. 广西农学报, 2017, 32(4): 20-22.

[46] 赵富明, 黄茂康, 罗志彪, 等. 石崖茶初制加工技术关键[J]. 农村新技术, 2011(12): 43-45.

[47] 王洪彪, 王鹏辉, 秦嘉驹, 等. 植物黄酮类化合物的提纯和含量测定方法研究概况[J]. 吉林化工学院学报, 2018, 35(7): 44-47.

[48] 张宏梅, 崔佰吉. 微波萃取技术在中药有效成分提取中的应用[J]. 临床医药文献电子杂志, 2017, 4(69): 13661.

[49] 陈美珍, 徐景燕, 刘 健, 等. 响应面法优化微波法提取石崖茶类黄酮工艺[J]. 汕头大学学报 (自然科学版), 2011, 26(3): 63-68.

[50] 万新焕, 陈新梅, 马 山, 等. 黄酮类化合物提取新方法的应用[J]. 中草药, 2019, 50(15): 3691-3699.

[51] 李 沼. 石崖茶类黄酮的提取及其生理活性的研究[D]. 汕头: 汕头大学, 2006.

[52] 于向红, 王曙宾, 粘立军. 连续逆流超声提取技术在参松养心胶囊中试生产中的应用研究[J]. 中成药, 2012, 34(12): 2457-2459.

[53] Yang B, Zhao M M, Shi J, *et al.* Effect of ultrasonic treatment on the recovery and DPPH radical scavenging activity of polysaccharides from longan fruit pericarp[J]. *Food Chem*, 2008, 106(2): 685-690.

[54] 王 仲, 金琦芳, 段振华. 超声波辅助提取石崖茶总黄酮工艺优化[J]. 茶叶通讯, 2018, 45(2): 28-32.