

金樱子的抗菌活性及其有效部位研究

华 伊¹,宋明霞^{1,2},邓先清^{1,2}

(1.井冈山大学 医学部,江西 吉安 343009;2.井冈山大学 中药资源和功能分子研究中心,江西 吉安 343009)

摘 要 比较金樱子不同提取方法和不同溶媒萃取部位的体外抗菌效果,确定金樱子抗菌物质最有效的提取方式和有效部位。以金樱子果实为原料,采用甲醇冷浸法、乙醇热回流法提取,得到金樱子粗提物总浸膏,再依次用石油醚、乙酸乙酯和水对粗提物总浸膏依次萃取,得到不同溶媒的萃取部位,然后利用96微孔板稀释实验法进行体外抗菌实验。两种提取方法得到的粗提物对大多数细菌表现出一定的抗菌作用,甲醇冷浸法得到的粗提物的抑菌效果优于乙醇回流法。石油醚萃取部位和乙酸乙酯萃取部位呈现出良好的抗菌效果,水萃取部位抗菌效果较差。其中甲醇冷浸法获得的石油醚萃取部位对枯草芽孢杆菌CMCC 63501的抗菌活性最强,最低抑菌浓度达到0.156 2 mg/mL。乙醇回流法所得的石油醚萃取部位对变异链球菌BNCC 336931的抑菌作用最强,其最低抑菌浓度达到0.312 5 mg/mL。金樱子果具有广谱的抗菌活性,初步确定金樱子抗菌有效部位主要是甲醇冷浸提取法和乙醇热回流法所得的石油醚、乙酸乙酯萃取部位。

关键词 金樱子;提取;有效部位;体外抗菌

中图分类号 R284.2

文献标识码 A

开放科学(资源服务)标识码(OSID)



Study on Antibacterial Activity of *Rosa Laevigata Michx.* and Its Active Fraction

HUA Yi¹, SONG Mingxia^{1,2}, DENG Xianqing^{1,2}

(1. Health Science Center, Jinggangshan University, Ji'an 343000, China; 2. Research Center of Chinese Medicinal Resources and Functional Molecules of Jinggangshan University, Ji'an 343009, China)

Abstract In order to determine the most effective extraction method and extraction effective part of *Rosa laevigata Michx.*, the vitro antibacterial effect of different extraction methods and different solvent extraction parts were compared. Using *Rosa laevigata Michx.* as raw material, the total extract was obtained by methanol cold immersion method and ethanol hot reflux method, and then the crude extract was extracted with petroleum ether, ethyl acetate and water in turn. The extraction parts of different solvents were obtained, and then the antibacterial experiment *in vitro* was carried out by 96-well plate dilution experiment. The crude extracts obtained by the two extraction methods showed certain antibacterial effect against most of bacteria. The antimicrobial effect of the extract obtained from methanol cold leaching method was significantly

收稿日期:2022-9-15

基金项目:国家自然科学基金项目(81560561);江西省自然科学基金项目(20202BAB216041)资助

通讯作者:邓先清,男,汉族,博士,教授,研究方向:抗癫痫、抗菌与抗肿瘤药物, E-mail: dengxianqing1121@126.com。

better than that from ethanol reflux method. The petroleum ether extract and ethyl acetate extract showed good antibacterial effect, while the antibacterial effect of the components in water was poor. Among them, the petroleum ether extract obtained by methanol cold leaching has the strongest antibacterial activity against *Bacillus subtilis* CMCC 63501, with the lowest inhibitory concentration of 0.156 2 mg/mL. The petroleum ether extracted by ethanol reflux method has the strongest antibacterial activity against *Streptococcus mutans* BNCC 336931. Its minimum inhibitory concentration is 0.312 5 mg/mL. *Rosa laevigata Michx* has strong antibacterial activity. It is preliminarily determined that the main antibacterial active parts are petroleum ether and ethyl acetate when extracted by methanol cold extraction or ethanol hot reflux.

Key words *Rosa laevigata Michx*; extraction; effective part; antibacterial activity *in vitro*

1 引言

随着抗生素的长期广泛使用,甚至滥用,细菌耐药性现象日益严重,部分细菌甚至变异成超级细菌,严重威胁人类健康^[1]。近年来,虽然抗菌药物研发取得了一定的进展,但其临床应用上仍存在抗菌谱不够宽泛、易产生耐药性等缺陷^[2,3]。中药抗菌方剂因其不良反应相对较轻且不易产生耐药性等优点获得了研究者的青睐。以中药材为研究对象,研究其抗菌作用,将其开发为抗菌中成药,或者从中分离提取有效单体、进而研发出抗菌新物,发展前景十分广阔^[4-5]。

金樱子为植物金樱子(*Rosa laevigata Michx.*)的干燥成熟果实,又名金粟子、刺梨子、山鸡头子等,是蔷薇科蔷薇属木本植物,分布于云南、广东等地。金樱子是一种常见的药食同源药材,其中含有黄酮、三萜、鞣质、苯丙素、甾体、多糖类等化学成分,具有收涩止泻、免疫调节、抗氧化、抗菌抗炎、抗病毒、抗肿瘤等生物活性^[6-10]。实验证明金樱子根、茎多糖对柠檬色葡萄球菌、金黄色葡萄球菌、白色葡萄球菌、痢疾杆菌、肺炎克雷伯菌均有明显的抑制作用^[11]。但现阶段尚未见对金樱子果实不同溶媒萃取部位体外抗菌作用的详细报道,其抗菌的有效部位暂时没有确定。

本实验拟以金樱子果为原料,研究金樱子不同提取方法及其不同溶媒萃取部位所得浸膏的体外抗菌活性,从而确定金樱子最有效的提取方式和萃取有效部位,为后续金樱子活性成分的提取分离及新的抗菌药物的开发研究奠定基础。

2 材料与方法

2.1 仪器

GRP-9080 隔水式恒温培养箱(上海森信),旋转蒸发器 RE-3000(上海亚荣生化仪器厂),iMark 酶标仪(美国伯乐公司),SSW-420-2S 型电热恒温水槽(上海博讯有限公司),SW-CJ-2D 型超净台(苏州净化),Eppendorf Research plus 可调量程移液器(德国艾本德股份有限公司,10~100 μ L),HZQ-F100 双层全温振荡培养箱(华美生化仪器厂),MLS-3781L-PC 高压蒸汽灭菌器(日本松下)。

2.2 药材与试剂

金樱子果购自当地药材市场,经井冈山大学生药老师周秋贵副教授鉴定为蔷薇科植物金樱子 *Rosa laevigata Michx.* 的干燥成熟果实。MHB 与 BHI 培养基(英国 OXOID 公司),其他化学试剂均为国产。金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus* CMCC(B) 26003 和 CMCC 25923)、大肠杆菌(*Escherichia coli* CMCC 44568)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis* CMCC 63501)、粪肠球菌(*Enterococcus faecalis* CMCC 29212)、变异链球菌(*Streptococcus mutans* BNCC 336931)、铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa* CMCC 10104 和 CMCC 27853)购买自中国科学院微生物研究所;耐药金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus* ATCC 33591 和 ATCC 43300)、耐药铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa* ATCC BAA-2111)和耐药大肠杆菌(*Esche-*

richia coli ATCC BAA-196)购买自美国 ATCC 菌种保藏中心。

2.3 方法

2.3.1 药材前处理。将金樱子果实粉碎,得到 40 目筛的粉末,密封储存^[12]。

2.3.2 甲醇冷浸提取物及其不同萃取部位的制备。称取 50 g 金樱子干燥粉末于烧杯中,量取 500 mL 无水甲醇放入烧杯,在室温条件下密封避光浸泡 24 h,每隔 24 h 收集一次滤液,连续浸泡 3 次,收集 3 次滤液减压浓缩成浸膏,挥干溶剂称重。重复该实验三次,对提取率进行统计学处理。称取浸膏 0.4 g 放入离心管中冷藏备用。将剩余浸膏混悬于水中(浸膏与水比例为 1:20),依次使用石油醚、乙酸乙酯(与水等体积)萃取 3 次,合并萃取液,减压浓缩晾干,得到各自的浸膏,称重冷藏备用^[13-15]。重复粗提和萃取实验三次,对提取率进行统计学处理。

2.3.3 乙醇回流提取物及其不同萃取部位的制备。称取 50 g 金樱子干燥粉末于圆底烧瓶中,量取 60% 乙醇 500 mL 放入圆底烧瓶,90 °C 下回流 4 h。抽滤后,滤渣重复该提取操作两次,将 3 次得到的滤液合并,减压挥干浓度得浸膏。取 0.5 g 该浸膏,置于 EP 管中冷藏。将余下的浸膏混悬于水中(浸膏与水比例为 1:20),依次使用石油醚、乙酸乙酯(与水等体积)萃取 3 次,合并萃取液,减压浓缩晾干,得到各自的浸膏,称重冷藏备用^[16]。重复粗提和萃取实验三次,对提取率进行统计学处理。

2.3.4 药液制备。分别取上述两种溶剂提取后所得的粗提物浸膏和不同溶媒萃取部位浸膏 0.4 g,加入 1 mL DMSO,摇匀溶解,即配制浓度为 0.4 g/mL 的药液,冷藏备用。

2.3.5 抗菌活性初筛。测试用细菌先于 MHB 或 BHI 培养基培养至对数期,然后用培养基稀释成 10^5 CFU/mL 浓度。在 96 孔细胞培养板的小孔中依次加入 90 μ L 培养液、10 μ L 0.4 g/mL 的药液、100 μ L 菌液,获得提取物终浓度为 20 mg/ μ L 的实验组,设三个平行组。将 96 孔板在 37 °C 培养箱中培养 20 h。在 650 nm 下,用酶标仪测量培养前后的 OD 值。根据培养前后 OD 值计算细菌生长抑制率^[14]。细菌生长抑制率大于 80% 时,认为药液在该浓度下有明显抗菌作用。

2.3.6 抗菌活性 MIC 值的测定。对粗筛有抗菌活性的药液,进行最小抑菌浓度(MIC)的测定。将 0.4 g/mL 浓度的各药液,采用连续稀释法获得一系列药液浓度:0.007 8~5 mg/mL。按 2.3.5 相同方法进行细菌生长抑制率测定。抑制率超过 80% 的最小浓度为最低抑菌浓度,即 MIC 值^[17,18]。

3 实验结果与讨论

3.1 不同提取方法的提取率比较

本实验采用了甲醇冷浸法和乙醇回流法来进行金樱子有效成分的提取。两种方法的提取率和不同溶剂的萃取率如表 1 所示。乙醇回流法的提取率是甲醇冷浸法的两倍,说明金樱子中大多数成分能溶解在乙醇中,是一种较好的金樱子成分提取方式。两种粗提物溶于水后经石油醚、乙酸乙酯萃取,减压抽滤挥干后所得的萃取物中,水相中含量最高,乙酸乙酯次之,石油醚相的萃取率最低,说明金樱子提取物中高极性、亲水性成分较多,如苹果酸、柠檬酸、维生素 C、果糖、蔗糖等。

表 1 不同溶剂提取方法的提取率(% ,平均值 $\pm$ 方差)^a

萃取相	甲醇冷浸法	乙醇回流法
初提取物	14.81 $\pm$ 1.08	28.81 $\pm$ 2.11
石油醚	1.92 $\pm$ 0.42	5.29 $\pm$ 0.70
乙酸乙酯	2.49 $\pm$ 0.35	6.61 $\pm$ 0.73
水	9.18 $\pm$ 0.34	16.16 $\pm$ 0.67

注:^a η : 提取率 = $M_{\text{浸膏质量}} / M_{\text{总药材粉末质量}} \times 100\%$, 数据为三次实验的平均值 $\pm$ 方差。

3.2 两种提取方法所得粗提物抗菌活性分析

本实验采用体外抗菌实验,评价粗提物对不同菌种的抗菌活性。如表 2 所示,在 20 mg/mL 浓度下,两种初提物对大多数细菌具有一定的抑菌作用。甲醇冷浸法得到的粗提物的抑菌效果优于乙醇回流法,乙醇回流提取物对各种菌株的 MIC 值大于等于 20 mg/mL,而甲醇冷浸提取物对大多数菌株的 MIC 值为 10 或者 20 mg/mL。值得一提的是,甲醇冷浸法对金葡菌 26003 的 MIC 值达到了 2.5 mg/mL,说明该提取物中存在该菌株较为敏感的活性成分。乙醇回流法的提取率明显高于甲醇冷浸法(表 1),但其抗菌活性却低于后者。因此,对于金樱子抗菌活性物质提取方法的选择,还需要更多数据支撑,如其抗菌有效成分的信息等。

表 2 不同提取方法所得粗提物抗菌活性(MIC,mg/mL)

细菌类别	菌株	甲醇冷浸法	乙醇回流法	
G ⁺	25923 ^a	20	>20	注: ^a :Staphylococcus aureus CMCC 25923; ^b : Staphylococcus aureus CMCC(B) 26003; ^c :Enterococcus faecalis CMCC 29212; ^d : Bacillus subtilis CMCC 63501; ^e :Strepto- coccus mutans BNCC 336931; ^f :Esche- richia coli CMCC 44568; ^g :Escherichia coli CMCC 25922; ^h :Pseudomonas aeruginosa CMCC 10104; ⁱ :Pseudomonas aeruginosa CMCC 27853; ^j :Staphylococcus aureus ATCC 33591; ^k :Staphylococcus aureus ATCC 43300; ^l :Escherichia coli ATCC BAA-196; ^m :Pseudomonas aeruginosa ATCC BAA-2111。
	26003 ^b	2.5	20	
	29212 ^c	>20	>20	
	63501 ^d	10	20	
	336931 ^e	>20	>20	
G ⁻	44568 ^f	20	>20	
	25922 ^g	10	20	
	10104 ^h	>20	>20	
	27853 ⁱ	10	20	
	33591 ^j	10	20	
耐药 G ⁺	43300 ^k	10	>20	
	BAA-196 ^l	10	20	
耐药 G ⁻	BAA-2111 ^m	20	20	

3.3 不同提取方法所得粗提物不同溶媒萃取部位抗菌活性分析

为了进一步追踪金樱子抗菌作用的有效部位,为金樱子活性成分的提取分离和开发研究奠定基础,本实验将甲醇冷浸法和乙醇回流法所得粗提物浸膏溶于水后依次用石油醚、乙酸乙酯和水萃取,分别得到石油醚相、乙酸乙酯相和水相,然后进行体外抗菌实验。两种粗提物不同萃取相对 5 种普通革兰氏阳性菌的抗菌活性见表 3。

如表 3 所示,不同细菌对不同萃取部分的敏感性各不相同。其中金黄色葡萄球菌 CMCC(B) 26003 对乙酸乙酯相最敏感,MIC 值达到 0.312 5 mg/mL,对石油醚相也较敏感,MIC 值达到 1.25 mg/mL。金黄色葡萄球菌 CMCC 25923 对甲醇冷浸法得到的石油醚相和乙酸乙酯相也较为敏感,MIC 值分别为 0.3125 和 1.25 mg/mL。但是乙醇回流法的萃取物对该菌效果却较差,这可能是加热条件破坏了某种对 CMCC 25923 菌株有效的活性物质。枯草芽孢杆菌 CMCC 63501 对甲醇冷浸法得到的石油醚相也更敏感,MIC 值达到 0.156 2 mg/mL。相反地,变异链球菌 BNCC 336931 对乙醇热回流法的萃取物更敏感,对其石油醚和乙酸乙酯萃取物的 MIC 值分别为 0.312 5 和 1.25 mg/mL。水萃取相对 5 种革兰氏阳性菌的抗菌效果均较差,在 20 mg/mL 浓度下对变异链球菌、粪肠球菌、枯草芽孢杆菌均没有显示出抗菌活性。

表 3 不同溶媒萃取部位对 G⁺ 菌的抗菌活性(MIC,mg/mL)

提取方法	萃取相	25923 ^a	26003 ^b	29212 ^c	63501 ^d	336931 ^e
甲醇冷浸法	石油醚	0.312 5	1.25	10	0.156 2	10
	乙酸乙酯	1.25	0.312 5	20	2.5	>20
	水	10	10	>20	>20	>20
乙醇回流法	石油醚	10	1.25	10	1.25	0.312 5
	乙酸乙酯	>20	0.625	20	5	1.25
	水	>20	5	>20	>20	>20

注:^a:Staphylococcus aureus CMCC 25923;^b:Staphylococcus aureus CMCC(B) 26003;^c:Enterococcus faecalis CMCC 29212;
^d:Bacillus subtilis CMCC 63501;^e:Streptococcus mutans BNCC 336931。

两种粗提物不同溶剂萃取相对 4 种普通革兰氏阴性菌的抗菌活性见表 4。如表所示,在 20 mg/mL 浓度下,两种提取方法获得的石油醚相和乙酸乙酯相对革兰氏阴性菌均显示出一定的抗菌活性,萃取物对不同菌株没有明显选择性,其活性相差不大。MIC 值在 5~20 mg/mL 之间,活性强度不如革兰氏阳性菌。水萃取部位对两种大肠杆菌和两种铜绿假单胞菌均没有显示出活性。

表 4 不同溶媒萃取部位对 G⁻ 菌的抗菌活性 (MIC,mg/mL)

提取方法	萃取物	10104 ^f	27853 ^g	25922 ^h	44568 ⁱ
甲醇冷浸法	石油醚	20	5	20	10
	乙酸乙酯	10	20	10	20
	水	>20	>20	>20	>20
乙醇回流法	石油醚	10	5	10	5
	乙酸乙酯	20	5	5	10
	水	>20	>20	>20	>20

注: *f*: *Pseudomonas aeruginosa* CMCC 10104; *g*: *Pseudomonas aeruginosa* CMCC 27853; *h*: *Escherichia coli* CMCC 25922; *i*: *Escherichia coli* CMCC 44568。

两种粗提物不同溶剂萃取相对耐药菌的抗菌活性见表 5。如表显示,两种提取方法所得的石油醚相和乙酸乙酯相对 4 种耐药菌都表现出一定的抗菌活性;石油醚相对耐甲氧西林金葡菌 ATCC 33591 和耐甲氧西林金葡菌 ATCC 43300 的抗菌活性最好,其中甲醇冷浸法所得的石油醚萃取相对两种耐甲氧西林金黄色葡萄球菌的 MIC 值达到了 0.312 5 mg/mL,乙酸乙酯萃取部位对耐甲氧西林金葡菌 ATCC 33591 的 MIC 值达到了 0.625 mg/mL。与之前一样,水萃取部位对 4 种耐药菌抗菌活性较差。

表 5 不同溶媒萃取部位对耐药菌的抗菌活性 (MIC,mg/mL)

提取方法	萃取物	43300 ^j	33591 ^k	BAA-211 ^l	BAA-196 ^m
甲醇冷浸法	石油醚	0.312 5	0.312 5	10	10
	乙酸乙酯	20	0.625	5	20
	水	>20	>20	>20	>20
乙醇回流法	石油醚	1.25	1.25	5	10
	乙酸乙酯	5	>20	5	20
	水	10	20	>20	>20

注: *j*: *Staphylococcus aureus* ATCC 43300; *k*: *Staphylococcus aureus* ATCC 33591; *l*: *Pseudomonas aeruginosa* ATCC BAA-2111; *m*: *Escherichia coli* ATCC BAA-196。

从不同溶剂萃取部位对 13 种细菌的抗菌活性来看,石油醚萃取部位和乙酸乙酯萃取部位呈现出良好的抗菌效果,水萃取部位抗菌效果较差;并且对革兰氏阳性菌的抑菌活性普遍优于革兰氏阴性菌。

4 小结

金樱子是一种常见的药食同源药材,具有收涩止泻、免疫调节、抗氧化、抗菌抗炎、抗肿瘤等生物活性。该药材已报道了广泛的药理作用和化学成分,但在抗菌方面的有效部位及物质基础研究尚不多见。通过本研究,证实了金樱子果提取物及其不同溶媒萃取部位对细菌具有广谱的抗菌活性。其中甲醇冷浸法获得的粗提物抗菌活性比乙醇回流法获得的粗提物强。通过不同溶媒萃取部位抗菌活性的比较,初步确定金樱子抗菌活性部位为石油醚,乙酸乙酯萃取部位,抗菌有效活性物质大多分布在这两相。此外,采用不同提取方法获得的提取物,即使是相同溶剂萃取得到的萃取组分,对同一种细菌的抗菌作用也不相同,这说明不同的提取方法和提取溶剂获得的有效成分具有一定差异。金樱子有效部位的研究对于后续金樱子的抗菌有效成分的分离提供了指导,为金樱子药效的提高和新的有关金樱子抗菌药物的研发提供进一步的依据。

参 考 文 献

[1] CHRISTAKI E, MARCOU M, TOFARIDES A. Antimicrobial resistance in bacteria: mechanisms, evolution, and persistence[J]. *J. Mol. Evol.*, 2020, 88(1): 26-40.

[2] TAMMA P D, AVDIC E, LI D X, et al. Association of adverse events with antibiotic use in hospitalized patients[J]. *JAMA Intern Med.*, 2017, 177(9): 1308-1315.

(下转第 110 页)

- tin; an original Pt(IV) pro-drug based on cisplatin and tranilast[J]. Chem Commun (Camb), 2018, 54(60): 8324-8327.
- [56] HUA S X, CHEN F H, WANG X Y, et al. Pt(IV) hybrids containing a TDO inhibitor serve as potential anticancer immunomodulators[J]. Journal of Inorganic Biochemistry, 2019, 195: 130-140.
- [57] TANG L, CAI D, QIN M, et al. Oxaliplatin-Based platinum(IV) prodrug bearing toll-like receptor 7 agonist for enhanced immunotherapy[J]. ACS Omega, 2019, 5(1): 726-734.
- [58] ZHOU L, ZHANG H, WU J, et al. Effects of nitric oxide on the biological behavior of HepG2 human hepato cellular carcinoma cells[J]. Experimental and Therapeutic Medicine, 2016, 11: 1875-1880.
- [59] DAI Y, ZHU Y, CHENG J J, et al. Nitric oxide-releasing platinum(IV) prodrug efficiently inhibits proliferation and metastasis of cancer cells[J]. Chem Commun (Camb), 2020, 56(90): 14051-14054.
- [60] DAEI FARSHCHI ADLI A, JAHANBAN-ESFAHLAN R, SEIDI K, et al. An overview on vadimezan (DMXAA): The vascular disrupting agent[J]. Chemical Biology & Drug Design, 2018, 91(5): 996-1006.
- [61] GUO Y, ZHANG S R, YUAN H, et al. A platinum(IV) prodrug to defeat breast cancer through disrupting vasculature and inhibiting metastasis[J]. Dalton Trans, 2019, 48(11): 3571-3575.
- [62] DENG Z Q, WANG N, LIU Y Y, et al. A Photocaged, water-oxidizing, and nucleolus-targeted Pt(IV) complex with a distinct anticancer mechanism[J]. Journal of the American Chemical Society, 2020, 142(17): 7803-7812.
- [63] YAO H Z, CHEN S, DENG Z Q, et al. BODI-Pt, a Green-light-activatable and carboplatin-based platinum(IV) anticancer prodrug with enhanced activation and cytotoxicity[J]. Inorganic Chemistry, 2020, 59(16): 11823-11833.
- [64] NOVOHRADSKY V, PRACHAROVA J, KASPARKOVA J, et al. Induction of immunogenic cell death in cancer cells by a photoactivated platinum(IV) prodrug[J]. Inorganic Chemistry Frontiers, 2020, 7: 4150-4159.
- [65] SHI H Y, WANG Q, VENKATESH V, et al. Photoactive platinum(IV) complex conjugated to a cancer-cell-targeting cyclic peptide[J]. Dalton Trans, 2019, 48(24): 8560-8564.
- [66] LEE V E, CHIN C F, ANG W H. Design and investigation of photoactivatable platinum(IV) prodrug complexes of cisplatin[J]. Dalton Trans, 2019, 48(21): 7388-7393.

(责任编辑:刘庆松)

(上接第 95 页)

- [3] HUEMER M, MAIRPADY S S, BRUGGER S D, et al. Antibiotic resistance and persistence-implications for human health and treatment perspectives[J]. EMBO Rep, 2020, 21(12): e51034.
- [4] 周杨杨, 程强, 刘昆, 等. 2015 版中国药典清热、解毒类中药材的抗菌作用[J]. 中国抗生素杂志, 2018, 43(10): 1161-1167.
- [5] 朴喜航, 艾红佳. 中药抗菌成分及其抗菌机制的研究进展[J]. 吉林医药学院学报, 2017, 38(6): 445-447.
- [6] 陈倩, 李娜, 张雨林, 等. 金樱子的研究进展[J]. 中医药导报, 2018, 24(19): 106-110.
- [7] 樊小瑞, 李尧尧, 林丽美, 等. 金樱子药材研究进展[J]. 中国药学杂志, 2018, 53(16): 1333-1341.
- [8] 武建发, 蒋汤轩, 李蕾, 等. 金樱子植物化学成分、药理作用及临床应用的研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2022, 41(6): 54-63.
- [9] 黄俞龙, 刘焱. 金樱子提取物中多糖的体外抗肿瘤活性研究[J]. 基因组学与应用生物学, 2015, 34(9): 1848-1851.
- [10] 刘金安, 刘相文, 耿巧玉, 等. 金樱子不同提取方法提取物体外抑制病毒活性及机制研究[J]. 西部中医药, 2020, 33(1): 9-12.
- [11] 赖岳晓, 王艳, 盘昌盛, 等. 金樱子根和茎多糖的抑菌作用研究[J]. 中国药房, 2009, 20(24): 1857-1858.
- [12] 山光强, 陈志刚, 许广人, 等. 金樱子总黄酮的含量测定及酶提工艺优化[J]. 中国畜牧兽医, 2016, 43(12): 3156-3162.
- [13] 高品一, 金梅, 杨颀, 等. 金樱子黄酮两种提取工艺优化及比较[J]. 食品工业科技, 2014, 35(1): 237-241.
- [14] 刘兵, 唐佳慧, 李松慧, 等. 锦绣杜鹃叶抗菌活性及其有效部位研究[J]. 井冈山大学学报(自然科学版), 2019, 40(2): 25-30.
- [15] 吴剑峰, 李峰, 陈传平, 等. 金樱子总黄酮的不同萃取组分高效液相色谱法分析[J]. 蚌埠医学院学报, 2019, 44(4): 495-499.
- [16] 邓亚男, 金晨钟, 陈跃进, 等. 金樱子黄酮醇提技术优化研究[J]. 现代农业科技, 2012(10): 339-343.
- [17] 徐宝贵, 李松慧, 宋明霞, 等. 锦绣杜鹃花抗菌、抗炎活性及其有效部位研究[J]. 聊城大学学报(自然科学版), 2018, 31(3): 86-92.
- [18] 郑丽娟, 刘兵, 彭姣阳, 等. 半枝莲抗菌活性及其有效部位研究[J]. 井冈山大学学报(自然科学版), 2018, 39(4): 76-80.

(责任编辑:刘庆松)