

· 述 评 ·

百蕊草的研究进展*

李佳珍¹, 王一硕^{1,2}, 杜紫微¹, 王颖¹, 张昌锋¹, 李天爱¹

1. 河南中医药大学药学院, 河南 郑州 450046; 2. 河南省中药生产一体化工程技术研究中心, 河南 郑州 450000

摘要: 中药百蕊草具有清热解毒、消肿之功效, 目前, 相关研究主要涉及其生物特性、加工炮制、化学成分及其提取分离、药理作用 4 个方面: 百蕊草共有 25 科 82 种寄主, 半寄生特性是其人工栽培的一大难点; 百蕊草的炮制加工方法为洗净, 切段后干燥; 已分离鉴定出 66 种化合物, 其中黄酮类化合物 31 种, 生物碱类 9 种, 二萜类化合物 5 种, 有机酸类 6 种, 杂类化合物 15 种; 体内外研究表明, 百蕊草具有抑菌、抗炎镇痛、抗氧化、抗癌等药理活性。尽管现代研究已经分离鉴定了包括黄酮、酚酸、二萜在内的多种成分, 但已知的化合物数量十分有限, 且对各类活性成分的生物合成、转运调控过程及分子机制也知之甚少, 亦无官方药材质量控制标准。此外, 野生百蕊草与栽培品种的功效是否一致缺少定论。故今后亟须进一步探讨百蕊草药材来源与生物活性成分和防治疾病作用的关系, 推动百蕊草用药的规范化和科学化, 为药材的质量控制和优良种植的选育提供参考。

关键词: 百蕊草; 生物特性; 加工炮制; 化学成分; 药理作用

DOI: 10.16368/j.issn.1674-8999.2024.01.016

中图分类号: R285 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-8999(2024)01-0092-10

Progress in Research of Bairuicao (*Thesium chinense Turcz.*)

LI Jiazhen¹, WANG Yishuo^{1,2}, DU Ziwei¹, WANG Ying¹, ZHANG Changfeng¹, LI Tianai¹

1. School of Pharmacy, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou Henan China 450046; 2. Henan Province Integrated Engineering Technology Research Center for Traditional Chinese Medicine Production, Zhengzhou Henan China 450000

Abstract: The traditional Chinese medicine Bairuicao has the effects of clearing heat, detoxifying, and reducing swelling. Currently, related research mainly involves four aspects: biological characteristics, processing and processing, chemical components and their extraction and separation, and pharmacological effects. Bairuicao has a total of 25 families and 82 host species, and semi parasitic characteristics are a major difficulty in its artificial cultivation; The processing method of Bairuicao is to wash it, cut it into sections, and then dry it; 66 compounds have been isolated and identified, including 31 flavonoids, 9 alkaloids, 5 diterpenoids, 6 organic acids, and 15 miscellaneous compounds; In vitro and in vivo studies have shown that Bairuicao has pharmacological activities such as antibacterial, anti-inflammatory, analgesic, antioxidant, and anticancer. Although modern research has isolated and identified various components, including flavonoids, phenolic acids, and diterpenes, the number of known compounds is very limited, and little is known about the biosynthesis, transport regulation, and molecular mechanisms of various active ingredients, as well as the lack of official quality control standards for medicinal materials. In addition, there is a lack of consensus on whether the efficacy of wild passion grass is consistent with that of cultivated varieties. Therefore, it is urgent to further explore the relationship between the source, bioactive components, and disease prevention and treatment effects of the medicinal herb of Centella asiatica in the future, promote the standardization and scientificization of its medication, and provide reference for the quality control of the medicinal herb and the selection of excellent planting.

Key words: Bairuicao (*Thesium chinense Turcz.*); biological characteristic; processing and processing; chemical composition; pharmacological action

* **基金项目:** 国家中医药管理局公益性行业专项项目 (00104296); 河南省科技创新杰出青年基金项目 (184100510017); 河南省高等学校重点科研项目 (20A630020)

百蕊草 (*Thesium chinense* Turcz.) 又名地石榴、百乳草、珍珠草、九龙草等,为檀香科百蕊草属半寄生植物。百蕊草分布广泛,我国南北大部分省区均有分布,多生于荫蔽潮湿的草甸、田野或小溪边,也见于草甸和沙漠地带边缘、干草原与栎树林的石砾坡地上^[1]。常于春、夏二季采挖全草,除去泥沙,晒干,炮制时除去杂质,洗净,切段,晒干;性寒,味辛、微苦、涩,具清热解毒、消肿之功效^[2]。百蕊草作为一种广谱抗菌中草药,具有较好的治疗作用,临床常用于治疗感冒发热、扁桃体炎、咽喉炎、支气管炎、肺炎、肺脓疡、疖肿等症,素有“植物抗生素”之美称^[3]。自 20 世纪 70 年代以来,不断有学者尝试研究其化学成分和药理作用。进入 21 世纪后,陆续出现针对百蕊草寄生生长、种子休眠破除和组织培养的研究论文,有关百蕊草的研究取得了大量成果。Li 等^[4]综述了有关百蕊草民族医学、植物化学和药理方面的研究进展,但并未涉及百蕊草的生物特性与人工栽培,缺乏整体性。本文尝试从百蕊草的生物学特性、加工炮制、化学成分的提取分离、药理作用等方面全面总结百蕊草研究进展,为其进一步研究开发提供参考。

1 百蕊草的生物特性与人工栽培

1.1 形态特征 百蕊草为多年生柔弱草本,半寄生,株高 15 ~ 40 cm,全株无毛;根呈圆锥形,直径 1 ~ 4 mm,表面棕黄色,有纵皱纹,具细支根,侧根上具圆球形吸器,呈钳状,夹附于寄主植物根上以吸取水分及营养物质;茎细长,直径约 2 mm,单生或簇生,基部以上疏分枝,长 12 ~ 30 cm,暗黄绿色,具纵棱;叶互生或对生,叶片线形,长 2 ~ 5 cm,顶端急尖或渐尖,具单脉。花单生于叶腋,近无梗,花期 4 ~ 5 月,花被绿白色,雄蕊不外伸,与花被裂片对生;坚果椭圆状或近球形,直径约 2 mm,淡绿色,表面具隆起的网脉状花纹,果期 6—7 月^[1]。

1.2 生长特性 百蕊草分布地区广泛,有研究表明百蕊草适宜分布区主要在我国温带季风气候区和亚热带季风气候区,包括西南、东北、华东、华北、华中等地区共 30 个省市^[5]。宋玲珊等^[6]通过定点标记法观察百蕊草物候期,发现野生百蕊草在长江流域为二年生植物,每年 3—6 月均可出苗,花果期为 4—6 月,出苗较早的实生苗大多在 7 月份倒苗后死亡;较晚萌发的实生苗物候期推迟,可顺利越夏并在秋冬季分化出根颈芽,于冬季进入休眠状态。第二年由根颈芽发育为宿根苗,快速生长为丛生苗,在 6

月份左右枯萎死亡。

1.3 寄主植物 百蕊草为半寄生植物,叶肉细胞内叶绿体数量多,叶片光合能力强大,可通过自身的光合作用合成生长发育所需的全部或部分有机营养物质;也可通过根部吸器从寄主体内获取水分和营养物质^[7]。调查研究发现百蕊草寄主来源广泛,涵盖豆科、菊科、禾本科等共 25 科 80 余种植物^[8],常见的白茅、夏枯草、小飞蓬等植物都是其寄主(详细寄主介绍见表 1)。适宜的寄主可促进百蕊草的生长发育,并在一定程度上造成营养成分和药用活性成分含量的差异,如以野菊、夏枯草为寄主的百蕊草中总黄酮含量显著高于以假俭草为寄主的百蕊草^[9]。在比较了寄生于不同寄主的百蕊草单株干重、叶绿素浓度和营养物质含量后,Guo 等^[10]得出结论,白茅、夏枯草、野菊等对百蕊草生长的促进作用优于其他寄主,是其优良寄主。

1.4 人工栽培 随着百蕊草的使用量增加和野生资源的缩减,探索优化百蕊草离体快繁技术以培育出优质百蕊草幼苗,是实现百蕊草人工栽培的重要途径。Tang 等^[14]使用最大熵模型预测百蕊草的适宜生存环境,确定其适宜地区的潜在迁移趋势,评估了影响百蕊草分布的主要环境变量,得出结论为百蕊草的潜在分布区主要集中在长江中下游沿线省份,未来气候情境下,百蕊草高度适宜生长区将逐渐向高纬度地区扩展;年平均温度、最暖月份最高温度、年温度区间和年降水量是决定百蕊草分布的主要环境变量,为规划优先种植区域和改进仿生种植管理技术提供了科学依据。

自然条件下,野生百蕊草的种子存在休眠现象。有研究比较了百蕊草种子不同质量浓度、不同浸提次数、不同提取部位浸提液对小麦与白菜种子萌发和幼苗生长的影响,发现百蕊草种子浸提液对其有显著抑制作用,且该抑制作用随浸提液质量浓度增大而增强,说明百蕊草种子内存在活性较强的内源抑制物,这可能是导致百蕊草种子休眠现象的主要原因之一^[15]。研究人员通过实验验证了 GA3 浸种和低温层积相结合的方法可有效破除百蕊草种子休眠,进一步探究发现植物激素信号转导是启动百蕊草种子休眠释放的主要因素^[16-17]。

吴峰等^[18]以野生百蕊草幼嫩茎和叶片为原料,通过控制变量和正交试验法,探索出百蕊草外植体的最佳消毒时间为酒精消毒 11 s 后升汞消毒 8 min,诱导愈伤组织的培养基及培养条件为 MS + 1 mg · L⁻¹ 6-BA(6-苄氨基嘌呤) + 0.15 mg · L⁻¹

NAA(萘乙酸) + 0.1 mg · L⁻¹ 2,4 - D(2,4 - 二氯苯氧乙酸),最适 pH 值为 5.8 ~ 6.0,最佳培养温度为 22 ~ 24 ℃。赵维萍等^[19]研究了不同种类和浓度的激素配比,对百蕊草阶段式培养的影响,筛选出满足百蕊草组织培养各阶段生长发育所需养分的培养基配方,为百蕊草的工厂化育苗和人工栽培提供了参考。除激素配比外,黄燕芬等^[20]研究了百蕊草悬

浮细胞生长与营养消耗规律,发现培养过程中悬浮细胞生长曲线呈“S”形,对硝态氮的消耗多于铵态氮,铵态氮的利用消耗先于硝态氮,铵态氮的浓度过高会抑制细胞生长,以 MS 为基本培养基,当氮浓度为 70 mmol · L⁻¹,磷酸盐浓度为 1.3 mmol · L⁻¹,NH₄⁺ / NO₃⁻ 为 20/50 时有利于百蕊草细胞的悬浮培养。

表 1 百蕊草寄主种类

寄主科名	寄主名称	参考文献	寄主科名	寄主名称	参考文献
金星蕨科	延羽卵果蕨	[11]	菊科	小飞蓬	[11]
榆科	糙叶树	[11]		一年蓬	[11]
石竹科	雀舌草	[11]		牡蒿	[11]
	球序卷耳	[11]		黄鹌菜	[11]
	瞿麦	[13]		茵陈蒿	[13]
毛茛科	毛茛	[11]		魁蒿	[13]
蔷薇科	山莓	[11]		豚草	[13]
	蛇莓	[11]		春飞蓬	[13]
	龙牙草	[11]		苏门白酒草	[13]
	地榆	[11]		野菊	[12]
	翻白草	[11]		鼠曲草	[12]
	委陵菜	[13]		马兰	[12]
豆科	鸡眼草	[11]		尖裂假还阳参	[12]
	绒毛胡枝子	[11]		菊花	[12]
	黄檀	[11]		阿尔泰狗娃花	[12]
	尖叶铁扫帚	[13]	禾本科	白茅	[11]
	野豌豆	[13]		结缕草	[11]
	山葛	[13]		假俭草	[11]
	大巢菜	[12]		狗牙根	[11]
	大豆	[12]		弯叶画眉草	[13]
	鸡眼草	[12]		大凌风草	[13]
	苜蓿	[12]		弗吉尼亚须芒草	[13]
	南苜蓿	[12]		扭鞘香茅	[13]
	米口袋	[12]		鼠尾粟	[13]
	截叶铁扫帚	[12]		大狗尾草	[13]
远志科	瓜子金	[11]		升马唐	[13]
堇菜科	紫花地丁	[11]		野古草	[13]
	东北堇菜	[13]		小麦	[12]
五加科	楸木	[11]	莎草科	香附子	[11]
报春花科	泽珍珠菜	[11]		球柱草	[13]
茜草科	白马骨	[11]	蓼科	小酸模	[13]
	蓬子菜	[13]		羊蹄	[13]
	睫毛坚扣草	[13]	酢浆草科	酢浆草	[13]
	东南茜草	[13]	柳叶菜科	黄花月见草	[13]
	拉拉藤	[13]		裂叶月见草	[13]
唇形科	石见穿	[11]	景天科	珠芽景天	[13]
	风轮菜	[11]	木通科	木通	[13]
	夏枯草	[11]	伞形科	野胡萝卜	[12]
	细叶益母草	[13]	紫草科	斑种草	[12]
	大苞野芝麻	[13]	百合科	薤白	[12]
桔梗科	半边莲	[11]	十字花科	白菜	[12]

百蕊草作为半寄生生物,虽然主侧根发达,但根毛退化,根系直接从土壤中吸取水分和养分的能力较弱,故而需要通过吸器从寄主体内获取生长发育所需的绝大部分水分和矿质营养^[21],这也给百蕊草的人工栽培带来了一定困难。另有研究表明,人工种植百蕊草药材中百蕊草素 I、紫云英苷、山柰酚等成分含量与野生百蕊草有显著差异,目前暂不确定人工种植百蕊草是否满足药用要求^[22-23],要实现百蕊草的人工栽培并保证相同的治疗作用,还需要投入大量的研究。

2 百蕊草的加工炮制

百蕊草始载于《本草图经》,名百乳草,曰:“生河中府、秦州、剑州。根黄白色,形如瓦松,茎叶俱青,有如松叶,无花,三月生苗,四月长及五六寸许,四时采其根,晒干用。下乳,亦通顺血脉,调气甚佳。

亦谓之百蕊草。”从上可看出,宋时百蕊草以根入药,其后在《经史证类备急本草》《本草纲目》等书中亦有相似记载,现代《全国中草药汇编》(1996)中以全草入药,《中药大辞典》(2006)、《中国本草》(1999)中同时收录有百蕊草根和百蕊草两种药材规格。1977 年版《中国药典》中收载有百蕊草标准,但此后历版药典中均未收录;各地炮制规范中对于百蕊草的记载较少,仅有安徽、甘肃、河南、江苏、上海 5 个省市收载有百蕊草的炮制方法,现将有关百蕊草炮制方法的记载整理如表 2。

百蕊草的采收加工较为简单,常于春、夏二季采挖全草,除去泥沙,晒干后备用;炮制时将原药除去杂质,洗净润透后切段,干燥后筛去灰屑即得。各地标准中仅《河南省中药材炮制规范》(1974 年版)规定了切段长度为 9 ~ 12 mm。

表 2 百蕊草各地炮制规范

书名	入药部位	炮制方法
《中国药典》1977 年版 ^[2]	全草	除去杂质,洗净,切段,晒干。
安徽省中药饮片炮制规范(第二版)(2005 年版) ^[24]	全草	取原药材,除去杂质,洗净,稍晾,切段,干燥。
上海市中药饮片炮制规范(2008 年版) ^[25]	全草	将原药除去杂质,洗净,润透,切短段,干燥,筛去灰屑。
江苏省中药饮片炮制规范(1980 年版) ^[26]	全草	将原药拣去杂质,洗净,切短段,干燥。
甘肃省中药饮片炮制规范(1980 年版) ^[27]		除去杂质,洗净,切段,晒干。
河南省中药材炮制规范(1974 年版) ^[28]	全草	除去杂质,清水洗净,捞出,切段 9 ~ 12 mm 长,晒干
江苏省中药饮片炮制规范(2002 年版) ^[29]	全草	取原药材,除去杂质,洗净,切段,晒干。
安徽省中药饮片炮制规范(第三版)(2019 年版) ^[30]	全草	取原药材,除去杂质,洗净,稍晾,切段,干燥。
上海市中药饮片炮制规范(2018 年版) ^[31]	全草	将药材除去杂质,洗净,润透,切短段,干燥,筛去灰屑。
江苏省中药饮片炮制规范(1992 年版) ^[32]	全草	取原药材,除去杂质,清水洗净,摊晾至半干,切短段,干燥。
河南省中药饮片炮制规范(2005 年版) ^[33]	全草	除去杂质,洗净,切段,晒干。

3 百蕊草的化学成分研究

百蕊草中含有多种化学成分,主要包括黄酮、多糖、生物碱、有机酸、甾醇等^[34],其中黄酮类化合物的含量较为丰富。百蕊草所含黄酮类化合物多为黄酮类和黄酮醇类,常在 3、5、7、3'、4'位有取代,常见取代基有羟基、葡萄糖基、鼠李糖基等,现有研究已从百蕊草中分离鉴定出 31 种黄酮类成分,各黄酮类成分信息见表 3,结构见图 1。

百蕊草提取物中的生物碱类成分主要为喹啉里西啶类生物碱,其母核由两个哌啶共用一个氮原子稠合而成。王峥等^[43]通过硅胶柱色谱与制备薄层色谱洗脱,从百蕊草中分离出 N - 甲基金雀花碱(32)、白金雀儿碱(33)和槐果碱(34)三种生物碱成分。周思倩等^[39]采用液质联用技术鉴定了百蕊草醇提物化学成分,发现了槐胺碱(35)、红古豆碱(36)、氧化苦参碱(37)、毛果天芥菜碱(38)、吐根酚碱(39)、五乙酰乌头碱(40),其中氧化苦参碱为首

次在百蕊草中发现。

百蕊草中还含有二萜类化合物,其母核由 4 个异戊二烯单位构成,目前已鉴定出 rebaudioside F(41)、rebaudioside C(42)、甜菊糖苷(43)、甜茶苷(44)、Dulcoside A(45)等。另有学者在百蕊草中分离得到丁二酸(46)、对羟基苯甲酸(47)、3 - 对香豆酰基奎宁酸(48)、4 - 咖啡酰奎尼酸甲酯(49)、4 - O - 阿魏酰基奎宁酸(50)、绿原酸甲酯(51)等有机酸,以及 D - 甘露醇(52)、丹皮酚新苷(53)、3,4 - 二羟基苯乙醇葡萄糖苷(54)、4' - hydroxy acetophenone(55)^[34]、methyl caffeate(56)^[35]、Shionoside C(57)、Spirotetramat - enol - glucoside(58)、Tanghinin(59)、甲氧基肉桂酸辛酯(60)、黑麦草内酯(61)、3,4,5 - trimethoxyphenyl - 1 - O - β - apiofuranosyl - (1'' $\rightarrow$ 6') - β - glucopyranoside(62)、3R,5R,6S,7E,9R - megastigman - 7 - en - 3,5,6,9 - tetrol - 9 - O - β - D - apiofuranosyl - (1 $\rightarrow$ 2) - β - D - glucopyranoside(63)、thesinine - 4' - O - D - glucoside、Sol-anolactoside B(65)、Gallicaside I(66)等成分^[44-45]。

表3 百蕊草中分离得到的黄酮及其苷类化合物

序号	化合物	分子式	参考文献
1	紫云英苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	[35]
2	柚皮素-4-O-葡萄糖苷	C ₂₁ H ₂₂ O ₁₀	[35]
3	芹菜素-7-O-葡萄糖苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	[35]
4	木犀草素-7-O-葡萄糖苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	[35]
5	芦丁	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆	[35]
6	芹菜素-8-C- α -L-阿拉伯糖苷	H ₁₈ O ₁₀	[36]
7	芹菜素-7-O-葡萄糖醛酸苷	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₁	[36]
8	高车前苷	C ₂₂ H ₂₂ O ₁₁	[36]
9	大蓟苷	C ₂₉ H ₃₄ O ₁₅	[36]
10	蒙花苷	C ₂₈ H ₃₂ O ₁₄	[36]
11	金圣草黄素	C ₁₆ H ₁₂ O ₆	[36]
12	柯伊利素-7-O- β -D-葡萄糖醛酸苷	C ₂₂ H ₂₀ O ₁₂	[36]
13	山柰酚	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	[37]
14	山柰酚-3,7-二-O-葡萄糖苷	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆	[37]
15	山柰酚-3-O-鼠李糖基(1 $\rightarrow$ 2)-葡萄糖苷	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₅	[37]
16	山柰酚-3-O-鼠李糖基(1 $\rightarrow$ 2)-[6-O-乙酰基]- β -葡萄糖苷	C ₂₉ H ₃₂ O ₁₆	[37]
17	5-甲氧基山柰酚	C ₁₆ H ₁₂ O ₆	[38]
18	芹菜素-5-O-鼠李糖基(1 $\rightarrow$ 4)-葡萄糖苷	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₄	[38]
19	槲皮素-3,4'-二-O-葡萄糖苷	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₇	[39]
20	槲皮素-3-O-新橙皮苷	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆	[39]
21	异鼠李素-3,7-二-O-葡萄糖苷	C ₂₈ H ₃₂ O ₁₇	[39]
22	槲皮素-7-O-葡萄糖苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₂	[39]
23	山柰酚-3-O-鼠李糖基(1 $\rightarrow$ 2)-[6-O-丙酰基]- β -葡萄糖苷	C ₃₀ H ₃₄ O ₁₆	[39]
24	山柰酚-3-O-[6-O-乙酰基]-葡萄糖苷-7-O-鼠李糖苷	C ₂₉ H ₃₂ O ₁₆	[39]
25	矢车菊素-3-O-葡萄糖芸香糖苷	C ₃₃ H ₄₁ ClO ₂₀	[39]
26	山柰酚-3-O-[6-O-乙酰基]-葡萄糖苷	C ₂₃ H ₁₉ O ₁₀	[39]
27	异鼠李素-3-O-葡萄糖苷	C ₂₂ H ₂₂ O ₁₂	[39]
28	山柰酚-3-槐二糖-7-O-鼠李糖苷	C ₃₃ H ₄₀ O ₂₀	[39]
29	山柰酚-3-O-芸香糖苷	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₅	[40]
30	山柰酚-3-O-葡萄糖基(1 $\rightarrow$ 2)-[6-O-乙酰基]- β -葡萄糖苷	C ₂₉ H ₃₂ O ₁₇	[41]
31	山柰酚-3-O-[6-O-3-羟基-3-甲基-戊二酸二乙酯]-葡萄糖苷	C ₃₁ H ₃₆ O ₁₅	[42]

4 百蕊草化学成分的提取工艺研究

4.1 黄酮类化学成分的提取工艺与含量测定 百蕊草中黄酮类化合物含量丰富,众多学者围绕其黄酮类成分的提取工艺开展研究,主要涉及超声提取和加热回流提取两种方法,利用黄酮类易溶于乙醇的性质进行提取,再以芦丁或山柰酚为对照品测定其含量。兰艳素等^[46]采用超声辅助法提取百蕊草总黄酮,取百蕊草粉末加入乙醇,超声提取后将提取液低速离心 10 min,取上清液作为待测液,以芦丁为对照品,紫外分光光度法测定待测液吸光度并计算总黄酮含量,以乙醇体积分数、提取时间、液料比为自变量,总黄酮得率为因变量,星点-响应面法筛选百蕊草总黄酮的最佳提取工艺,最终优选工艺为乙醇体积分数 70%,提取时间 40 min,液料比 20 : 1(mL : g),此条件下总黄酮平均得率为 13.76 mg · g⁻¹。另有学者设计了正交试验,以水提

醇沉法先将百蕊草提取浓缩得到干浸膏,再采用 HPLC 或紫外分光光度法测定干浸膏中黄酮类成分含量,根据干浸膏得率和黄酮类成分提取当量优选百蕊草的最佳提取工艺^[47-49]。

徐国兵等^[50]对市售的 10 批不同产地百蕊草药材进行了总黄酮和山柰酚含量测定,结果显示不同批次药材的山柰酚和总黄酮含量有较大差异:亳州产百蕊草中山柰酚与总黄酮含量最高,分别达 3.36 mg · g⁻¹、15.2 mg · g⁻¹;安庆产百蕊草中未检出山柰酚;宿州产百蕊草总黄酮含量最低,仅有 1.20 mg · g⁻¹。储晓琴等^[51]以山柰酚为参照物,建立其与百蕊草素 I 和紫云英苷的相对校正因子,并计算各成分含量,与外标法直接测定三种成分含量结果相比较,无显著差异,成功建立了山柰酚、百蕊草素 I、紫云英苷的一测多评含量测定方法,实现了百蕊草药材中多成分含量的同步测定。

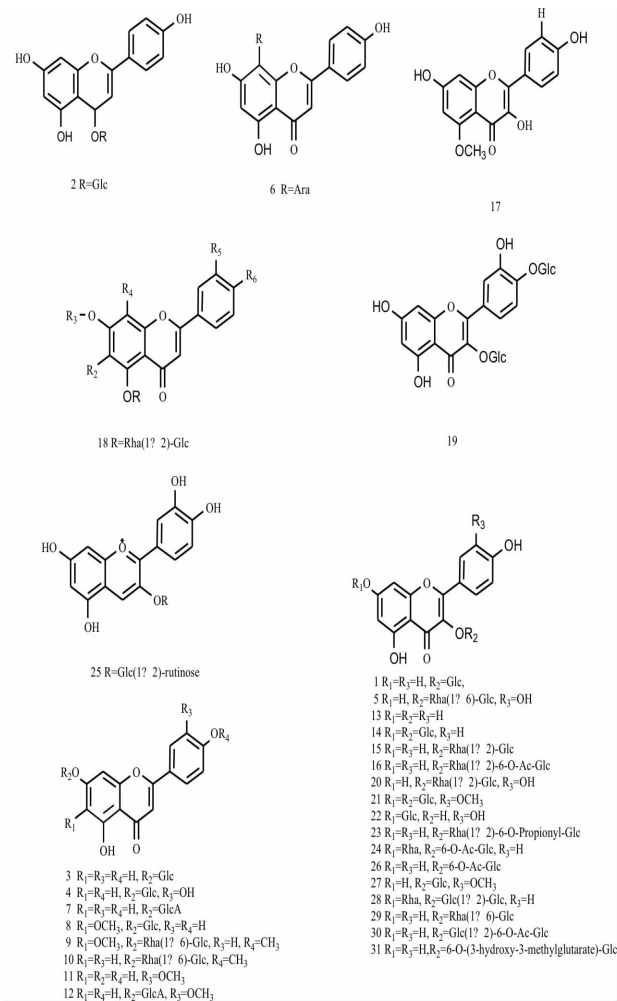


图1 百蕊草中黄酮及其苷类化合物结构

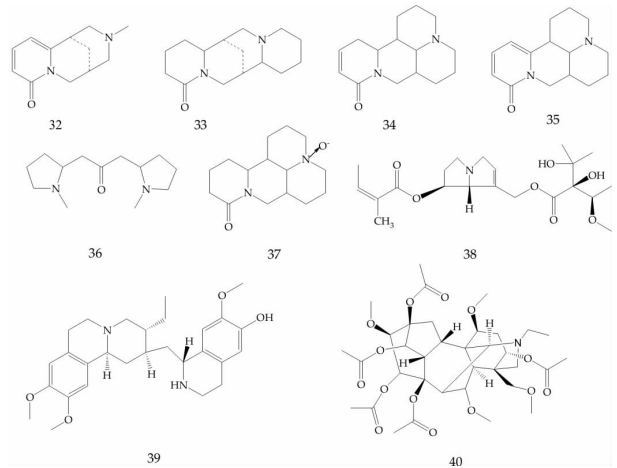


图2 百蕊草中生物碱结构

4.2 其他化学成分的提取研究 除黄酮外,百蕊草中还含有丰富的多糖成分,目前百蕊草多糖的提取方式主要有碱液提取法与超声波提取法两种。李奎等^[52]以响应面法优化碱液提取百蕊草多糖的工艺,提取前先用石油醚和乙醇浸泡药材,以便除去脂类和黄酮,碱液提取后再用乙醇沉淀多糖,取沉淀重新

溶解后以苯酚硫酸法测定多糖含量,所得最佳条件为氢氧化钠溶液浓度 0.74 mol · L⁻¹,料液比 1 : 33,提取时间 2 h,提取温度 95 ℃,此方法下百蕊草多糖得率为 20.86%。鲍玲玲等^[53]以正交试验优选百蕊草多糖的超声波提取工艺,结果显示,在料液比 1 : 55 (g : mL)、超声功率 80 W、超声时间 50 min 时,多糖提取率最高。王峥等^[54]探索了一种百蕊草多糖的提取方法,以 60% 乙醇回流提取百蕊草粉末中黄酮类成分,过滤后收集药渣并干燥,再以水提醇沉法分离纯化得到百蕊草水溶性多糖。

有关百蕊草其他成分的研究较少,罗夫来等^[55]运用 ICP 法对百蕊草药材中矿质元素含量进行分析,发现百蕊草中含有 17 种以上矿质元素,其中包括硼、镁、锰、锌、铜 5 种具明显抗癌活性的元素,且主成分分析结果显示,铜、硼、磷、铬、钴、镍等元素与百蕊草药材质量具有一定相关性。王小东等^[56]以热浸法测定百蕊草的水溶性浸出物,含量测定结果为 21.80% ~ 25.22%。

5 百蕊草的药理作用

5.1 抗菌 百蕊草中的黄酮及生物碱类成分可通过破坏细菌细胞膜的完整性,改变细胞膜结构和通透性,破坏细胞结构,抑制 DNA 的合成复制,降低分泌致病因子的能力,阻碍细菌对蛋白质和糖分等营养物质的利用,影响细菌能量代谢,从而抑制细菌的生长。部分黄酮化合物还可中和细菌毒素,实现抗菌作用^[57-58]。

有研究表明,百蕊草水溶性成分对实验所选 G⁺ 和 G⁻ 菌具有不同程度的抑制作用,且对 G⁺ 菌的抗菌效果更强,但大肠埃希菌对百蕊草敏感性不强^[59]。宣伟东等^[60]对 ADR 肾病模型大鼠给予不同剂量的百蕊草提取液灌胃,发现药物干预 4 周后给药组大鼠浮肿症状相较于模型组明显好转,烂尾症状均痊愈,而模型组烂尾症状未有改善,说明百蕊草具有良好的抗菌作用,能有效防治大鼠感染,改善动物的生存状态。Liu 等^[40]从百蕊草乙醇提取物中分离得到 9 种乙炔酸,并对它们的体外抗菌活性进行研究,其中化合物 Exocarpic acid 对 3 种常见口腔致病菌表现出较强的抑菌活性。

5.2 抗炎镇痛 Parveen 等^[61]研究了百蕊草乙酸乙酯提取物和氯仿提取物的抗炎和镇痛活性,结果

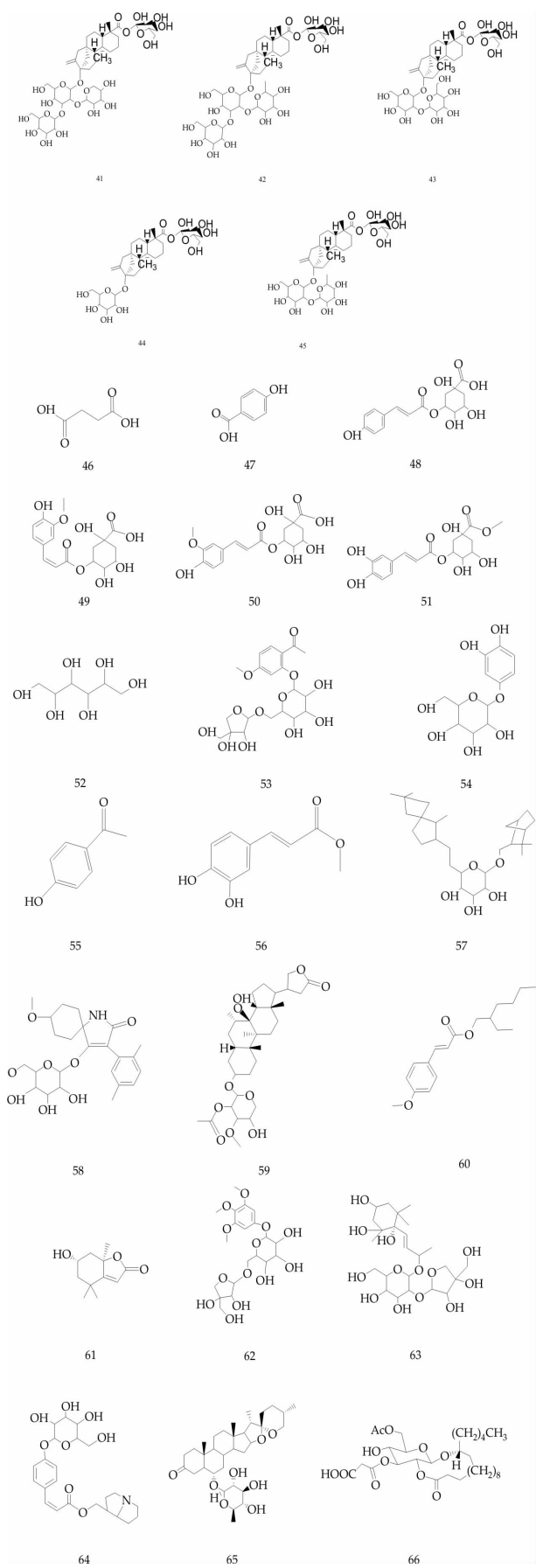


图3 百蕊草中二萜类、有机酸类及其他成分结构

显示乙酸乙酯提取物对角叉菜胶诱导的后爪水肿和二甲苯诱导的小鼠耳水肿炎症模型以及乙酸诱导的腹部收缩疼痛模型均呈现出显著的、剂量依赖性的抗炎和镇痛活性,氯仿提取物则无活性。袁艺等^[62]通过实验研究证实了百蕊草野生苗和组培苗均有明显的抗炎作用,与对照组相比,野生组与组培组的百蕊草对二甲苯所致的小鼠耳肿胀以及蛋清诱发的大鼠足肿胀炎症反应均有明显抑制作用,并可抑制大鼠棉球肉芽的增生。百蕊含片是以百蕊草为主要原料的中成药,丁秀年等^[63]通过小鼠扭体、热板、甩尾等疼痛模型研究百蕊含片的镇痛作用,发现其能显著降低小鼠扭体次数,提高小鼠热痛阈值,延长小鼠的甩尾潜伏期,证实百蕊含片具有镇痛作用。

张湄等^[64]将百蕊草经乙醇提取和柱层析纯化得到黄酮类成分,通过体外实验证实百蕊草黄酮类成分可促进 RAW264.7 细胞的增殖,抑制 LPS 刺激下巨噬细胞分泌 NO,降低炎症反应,且此作用具有一定的剂量依赖性。Sun 等^[65]研究发现,百蕊草素 I 在体内外均有较强的抗炎作用,其抗炎机制与抑制 MAPK 和 NF- κ B 通路有关,临床治疗肺炎克雷伯菌感染具有良好的应用前景。

5.3 抗氧化与抗肿瘤 大量研究显示,人体内自由基的产生和清除是一个动态平衡状态,过多的自由基会导致人体正常细胞和组织受到损坏,从而引起癌症、糖尿病、动脉粥样硬化等疾病^[66]。抗氧化物的研究,对于各种氧化损伤相关疾病的预防与治疗有着重要的指导意义,而药用植物中的多糖类成分对机体内的多种自由基有着较好的去除力,具有天然的抗肿瘤活性^[67]。百蕊草多糖具有较强的抗氧化能力,体外抗氧化实验结果表明,百蕊草粗多糖及其3个主要纯化组分均有较强的清除羟基自由基、超氧阴离子自由基的能力,且有一定的清除 DPPH 自由基的能力^[68]。有研究分析了不同脱色方法下百蕊草多糖的自由基清除和抗氧化能力,结果表明,相比于活性炭脱色处理的百蕊草多糖(CTP),H₂O₂ 脱色处理的多糖(HTP)对于自由基(DPPH、羟基和 ABTS)的清除效果较好,细胞抗氧化活性(CAA)较高^[69-70]。对比两种脱色方法处理后的多糖结构,CTP 硫酸盐基团较多,水溶性 99.70% $\pm$ 0.15%; HTP 糖醛酸基团较多,水溶性 75.33% $\pm$ 0.12%,CTP 表现出抑制人肝癌细胞株 HepG2 增殖的活性,

而 HTP 对肝癌细胞的抑制作用较小,这可能是因为多糖的抗肿瘤活性与硫酸基团数量及其水溶性有极大关联性^[71]。

Nam 等^[72]通过研究百蕊草乙醇提取物(TCTE)的乳腺癌化学预防活性,发现 TCTE 在 90 g · L⁻¹和 150 g · L⁻¹浓度时可显著抑制细胞色素 P450 1A1 的活性,在 3 ~ 150 g · L⁻¹浓度范围内可诱导醌还原酶活性,呈剂量依赖性,还能提高小鼠肝癌 Hepalclc7 细胞的谷胱甘肽 S - 转移酶活性和谷胱甘肽水平,表明 TCTE 对乳腺癌具有化学预防潜力。另一方面,百蕊草水提液被证实可抑制芳香化酶和环氧合酶活性,抑制 COX - 2 的表达,说明 TCTW 或许对乳腺癌具有化学预防潜力^[73]。

6 总结与展望

在我国,清热解毒药物百蕊草已有数千年的使用历史,其抗炎抑菌效果十分受欢迎。尽管现代研究已经分离鉴定了包括黄酮、酚酸、二萜在内的多种成分,但已知化合物数量仍十分有限,且对各类活性成分的生物合成、转运调控的过程及分子机制也知之甚少,不利于科学地阐释百蕊草防治疾病的作用机制,也因此,目前尚无官方的百蕊草药材质量控制标准。近年来由于自然资源储量的减少,有关百蕊草组织培养和人工栽培的研究成为热点,但野生与栽培品种功效是否一致,目前尚无定论。因此,迫切需要一种可行、可靠的方法探讨百蕊草药材来源与生物活性成分和防治疾病作用的关系,推动百蕊草用药的规范化和科学化,为药材的质量控制和优良种植的选育提供参考。

参考文献:

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1988.

[2] 国家药典委员会. 中国药典[M]. 北京:人民卫生出版社,1977:215 - 216.

[3] 刘波,张晓明,郭巧生,等. 百蕊草的吸器诱导及发育信号物质的分离鉴定[J]. 中国中药杂志,2014,39(23): 4544 - 4547.

[4] LI G H, FANG K L, YANG K, et al. Thesium chinense Turcz. : an ethnomedical, phytochemical and pharmacological review[J]. J Ethnopharmacol, 2021, 273: 113950.

[5] 张玮玮,王永辉,张志鹏,等. 基于 TCMGIS 的百蕊草产地

适宜性定量分析[J]. 中国现代中药, 2020, 22(12): 1962 - 1966.

[6] 宋玲珊,张晓明,郭巧生,等. 百蕊草物候期及越冬休眠生理研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(23): 4585 - 4590.

[7] 罗夫来,郭巧生,王长林,等. 百蕊草半寄生机制研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(1): 17 - 22.

[8] LUO F L, GUO Q S. Influences of host species on transpiration, photosynthesis, chlorophyll and mineral contents of medicinal hemiparasite Thesium chinense Turcz [J]. Acta Physiol Plant, 2010, 32(6): 1093 - 1102.

[9] 罗夫来,郭巧生,王长林,等. 寄主对半寄生植物百蕊草影响的综合评价研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(9): 1174 - 1179.

[10] GUO Q S, LUO F L. Comparative studies on the growth, chlorophyll, amino acids and minerals of Thesium chinense (Santalaceae) in association with different hosts[J]. Nord J Bot, 2010, 28(5): 632 - 640.

[11] 武祖发,梁盖敏,刘守金,等. 百蕊草的生药研究与寄主调查[J]. 中草药, 1993, 24(8): 429 - 430, 433, 447.

[12] 郭巧生,罗夫来. 百蕊草群落物种多样性与寄主调查研究[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(3): 268 - 271.

[13] SUETSUGU K, KAWAKITA A, KATO M. Host range and selectivity of the hemiparasitic plant Thesium chinense (Santalaceae) [J]. Ann Bot, 2008, 102(1): 49 - 55.

[14] TANG X G, YUAN Y D, WANG L J, et al. Identifying prioritized planting areas for medicinal plant Thesium chinense Turcz. under climate change in China [J]. Ecol Inform, 2021, 66: 101459.

[15] 罗夫来,郭巧生. 百蕊草种子内源抑制物质的初步研究[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(17): 1737 - 1739.

[16] 罗夫来,郭巧生. 百蕊草种子休眠的破除与生理变化研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(6): 760 - 763.

[17] 张成才,高真,罗丽娜,等. 百蕊草休眠解除前后种胚的转录组分析[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(16): 3837 - 3843.

[18] 吴峰,黄燕芬,曹永高,等. 百蕊草愈伤组织离体培养条件的优化[J]. 天津农业科学, 2016, 22(11): 19 - 23.

[19] 赵维萍,王艳琪,刘洋,等. 百蕊草离体培养和植株再生体系分析[J]. 分子植物育种, 2021, 19(9): 3039 - 3045.

[20] 黄燕芬,王自布,施琴,等. 碳氮磷营养对百蕊草悬浮培养细胞生长的影响[J]. 西南农业学报, 2021, 34(12): 2580 - 2585.

[21] 罗夫来,郭巧生,王长林,等. 百蕊草生物学特性研究[J]. 中国中药杂志,2012,37(2):176-180.

[22] 郑玲玲,纪瑞峰,韩红亮,等. 百蕊草药材中5种黄酮类化学成分的含量测定[J]. 中国农学通报,2022,38(5):30-36.

[23] 张成才,向增旭. 野生与栽培百蕊草紫云英苷、百蕊草素Ⅰ和山奈酚含量的比较研究[J]. 亚太传统医药,2021,17(12):44-47.

[24] 安徽省食品药品监督管理局. 安徽省中药饮片炮制规范:2005年版[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,2006.

[25] 上海市食品药品监督管理局. 上海市中药饮片炮制规范:2008年版[M]. 上海:上海科学技术出版社,2008.

[26] 江苏省卫生局. 江苏省中药饮片炮制规范:1980[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1980.

[27] 甘肃省食品药品监督管理局. 甘肃省中药饮片炮制规范[M]. 兰州:甘肃文化出版社,1980.

[28] 河南省革命委员会卫生局. 河南省中药材炮制规范[M]. 郑州:河南人民出版社,1974.

[29] 江苏省药品监督管理局. 江苏省中药饮片炮制规范[M]. 南京:江苏科学技术出版社,2002.

[30] 安徽省药品监督管理局. 安徽省中药饮片炮制规范:2019年版[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,2019.

[31] 上海市药品监督管理局. 上海市中药饮片炮制规范[S]. 上海:上海科学技术出版社,2018.

[32] 江苏省药品监督管理局. 江苏省中药饮片炮制规范[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1992.

[33] 河南省食品药品监督管理局. 河南省中药材炮制规范[M]. 郑州:河南人民出版社,2005.

[34] 陈培玉,陈晓清,吴超,等. 百蕊草的开发利用研究进展[J]. 中国野生植物资源,2020,39(6):48-52.

[35] 鲁云霞,汪俊松. 百蕊草的化学成分研究[J]. 中草药,2004,35(5):491-493.

[36] 邹懿,洪敏,杨笑芳. 百蕊草化学成分分离[J]. 中国实验方剂学杂志,2016,22(7):74-77.

[37] 宣伟东,范正平,胡水根,等. 百蕊草亲水性化学成分研究[J]. 药学实践杂志,2018,36(3):270-273.

[38] 刘洋,ZAHIDA P,邓玉林,等. 百蕊草中黄酮类化合物研究[J]. 中药材,2009,32(4):518-520.

[39] 周思倩,方艳,谭金桃,等. 基于UPLC-Q-TOF-MS/MS分析百蕊草醇提物的化学成分[J]. 天然产物研究与开发,2022,34(10):1633-1646.

[40] LIU C, LI X T, CHENG R R, et al. Anti-oral common pathogenic bacterial active acetylenic acids from Thesium chinense Turcz[J]. J Nat Med,2018,72(2):433-438.

[41] DAN D Z, DAN Y L I, JIN X W, et al. Isolation and structural identification of the chemical constituents from the flowers of Xanthoceras sorbifolia Bunge[J]. Journal of Shenyang Pharmaceutical University,2012,37(7):773-779.

[42] LEE I, KIM K H, CHOI S U, et al. Articles: phytochemical constituents of Thesium chinense TURCZ and their cytotoxic activities in vitro[J]. Nat Prod Sci,2009,15:246-249.

[43] 王峥,李绍顺. 百蕊草生物碱成分的分离与鉴定[J]. 中国药物化学杂志,2006,16(5):306-308.

[44] 安徽省医学科学研究所植化室百蕊草组. 百蕊草有效成分的化学研究(第一报)[J]. 中草药通讯,1976,7(8):6-12.

[45] 王先荣,王兆全,杜安全. 百蕊草有效成分的化学研究Ⅱ百蕊草素Ⅵ的提取、分离和鉴定[J]. 现代应用药学,1994,11(4):15.

[46] 兰艳素,李长江,宋坤鹏,等. 星点设计-效应面法优化百蕊草总黄酮提取工艺[J]. 中成药,2014,36(12):2629-2632.

[47] 曹明成. 百蕊草提取工艺研究[J]. 现代中药研究与实践,2004,18(1):57-58.

[48] 钟方丽,王晓林,纪萍萍,等. 百蕊草中总黄酮的提取工艺研究[J]. 吉林化工学院学报,2008,25(4):5-7.

[49] 储晓琴,岳磊,胡叶青,等. 正交设计优选百蕊草的提取工艺[J]. 安徽中医学院学报,2013,32(2):80-82.

[50] 徐国兵,黄万著,王德群,等. 百蕊草药材中山奈酚和总黄酮的含量测定[J]. 中医药学报,2008,36(1):39-41.

[51] 储晓琴,蒋建勤,徐江慧,等. 一测多评法测定百蕊草中百蕊草素Ⅰ、百蕊草素Ⅱ和山奈酚的含量[J]. 云南中医学院学报,2016,39(2):30-33.

[52] 李奎,李雪玲. 响应面法优化碱液提取百蕊草多糖的工艺研究[J]. 食品工业科技,2015,36(7):204-207,213.

[53] 鲍玲玲,陈乃东. 正交设计优选百蕊草的提取工艺研究[J]. 安徽科技学院学报,2020,34(5):42-46.

[54] 王峥,李云森,李绍顺. 苯酚-硫酸法测定百蕊草中多糖的含量[J]. 中国现代应用药学,2006,23(6):483-484.

[55] 罗夫来,郭巧生. 百蕊草矿质元素含量测定和主成分分析[J]. 中国中药杂志,2010,35(10):1226-1230.

[56] 王小东,陈羽,杨辉灿,等. 黔产百蕊草药材质量标准初步研究[J]. 甘肃中医药大学学报,2021,38(2):33-36.

[57] 游庭活,刘凡,温露,等. 黄酮类化合物抑菌作用研究进展[J]. 中国中药杂志,2013,38(21):3645-3650.

[58] KHAMENEH B, IRANSHAHY M, SOHEILI V, et al. Review on plant antimicrobials: a mechanistic viewpoint[J]. *Antimicrob Resist Infect Control*, 2019, 8:118.

[59] 刘永松, 潘玲, 祁克宗, 等. 百蕊草有效提取成分对七种细菌的敏感性试验[J]. *贵州医药*, 2006, 30(6):564 – 566.

[60] 宣伟东, 唐大海, 卞俊, 等. 百蕊草对阿霉素肾病大鼠治疗作用的实验研究[J]. *药学实践杂志*, 2012, 30(6): 443 – 446.

[61] PARVEEN Z, DENG Y, SAEED M K, et al. Antiinflammatory and analgesic activities of *Thesium chinense* Turcz extracts and its major flavonoids, kaempferol and kaempferol – 3 – O – glucoside[J]. *Yakugaku Zasshi*, 2007, 127(8): 1275 – 1279.

[62] 袁艺, 龙子江, 许霞, 等. 百蕊草野生苗与组培苗抑菌抗炎实验比较的研究[J]. *药物生物技术*, 2006, 13(3): 219 – 222.

[63] 丁秀年, 张三军, 明亮. 百蕊含片对小鼠的镇痛作用[J]. *淮海医药*, 2001, 19(1):17 – 18.

[64] 张湄, 张丽杰, 谭维群, 等. 百蕊草有效成分提取工艺优化及生物活性检测[J]. *重庆理工大学学报(自然科学)*, 2022, 36(10):293 – 304.

[65] SUN Z J, LI Q, HOU R R, et al. Kaempferol – 3 – O – glucorhamnoside inhibits inflammatory responses via MAPK and NF – κ B pathways in vitro and in vivo[J]. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2019, 364:22 – 28.

[66] 孟祥云, 汪永锋, 杨丽霞, 等. 中药多糖抗氧化作用及其机制研究进展[J]. *中华中医药杂志*, 2018, 33(8): 3504 – 3509.

[67] 张海涛. 多糖类化合物抗氧化作用及其机制的研究进展[J]. *天津药学*, 2017, 29(3):60 – 63.

[68] 李奎. 百蕊草多糖的提取、纯化、结构表征及抗氧化活性的研究[D]. 合肥:安徽农业大学, 2015.

[69] SHAO L J, SUN Y, LIANG J, et al. Decolorization affects the structural characteristics and antioxidant activity of polysaccharides from *Thesium chinense* Turcz: comparison of activated carbon and hydrogen peroxide decolorization[J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 155:1084 – 1091.

[70] 邵丽君, 琚飞龙, 钟杨, 等. 过氧化氢和活性炭脱色对百蕊草多糖结构及应用特性影响的比较分析[J]. *食品科学*, 2023, 44(4):146 – 151.

[71] 杨东达. 海参内脏多糖的分离、结构鉴定、免疫活性及其应用研究[D]. 泉州:华侨大学, 2020.

[72] NAM K S, KIM H G, SHON Y H. Effect of ethanol extract from *Thesium chinense* tunczaninov on chemopreventive enzymes of breast cancer[J]. *Korean Journal of Pharmacognosy*, 2003, 34(2):161 – 165.

[73] NAM K S, SHON Y H. Effect of water extracts from *Thesium chinense* tunczaninov and *Prunella vulgaris* L. on aromatase and cyclooxygenase activities[J]. *Korean Journal of Pharmacognosy*, 2004, 35(2):147 – 151.

收稿日期:2023 – 07 – 17

作者简介:李佳珍(1999 –), 女, 河南驻马店人, 硕士研究生, 主要从事中药饮片炮制研究工作。

通信作者:王一硕(1979 –), 男, 河南新乡人, 副教授, 主要从事中药种植与资源开发、中药产地加工炮制研究工作。
E – mail:hnzyydx18@163.com

编辑:吴楠