

银柴胡生物学、化学成分及药理作用研究进展

李振凯^{1,2}, 宋乐^{1,2}, 雷燕¹, 梁旺利¹, 王红¹, 彭励^{1,2,3}

(1. 宁夏大学生命科学学院, 宁夏 银川 750021; 2. 西部特色生物资源保护与开发利用教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021; 3. 宁夏天然药物工程技术中心, 宁夏 银川 750021)

摘要:宁夏道地药材银柴胡为石竹科繁缕属植物银柴胡的干燥根, 具有清虚热、除疳热的功效, 临床用于阴虚发热、骨蒸劳热、小儿疳热等症。从基原植物生物学特性、药材主要化学成分及药理作用研究等方面系统地综述了近年来银柴胡的最新研究成果, 以期为宁夏银柴胡资源合理开发利用以及更为深入的研究提供理论与实践依据。

关键词:银柴胡; 生物学特性; 化学成分; 药理作用

中图分类号:R282.71 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-0482(2020)01-0136-05

DOI:10.14148/j.issn.1672-0482.2020.0136

引文格式:李振凯, 宋乐, 雷燕, 等. 银柴胡生物学、化学成分及药理作用研究进展[J]. 南京中医药大学学报, 2020, 36(1): 136-140.

Advances in Biology, Chemical Constituents and Pharmacological Activities of *Stellaria Dichotoma* var. *Lanceolata*

LI Zhen-kai^{1,2}, SONG Le^{1,2}, LEI Yan¹, LIANG Wang-li¹, WANG Hong¹, PENG Li^{1,2,3}

(1. School of Life Sciences, Ningxia University, Yinchuan, 750021, China; 2. Key Lab of Ministry of Education for Protection and Utilization of Special Biological Resources in Western China, Yinchuan, 750021, China; 3. Ningxia Engineering Research Center for Natural Medicines, Yinchuan, 750021, China)

ABSTRACT: The dry root of *Stellaria dichotoma* var. *lanceolata*, named Yinchaihu in Chinese, is a geo-authentic crude drug distributed in Ningxia. As a traditional Chinese medicine with effects on clearing deficient heat and eliminating fever in infantile malnu, it has been clinically used to treating Yin deficiency fever, consumptive fever and infantile chancre fever. In this paper, the latest research achievements of *Stellaria dichotoma* var. *lanceolata* in recent years were systematically reviewed in terms of biological characteristics of basic plants, main chemical constituents and pharmacological effects of medicinal materials. The aims are to provide theoretical and practical basis for the rational development and utilization resources of *Stellaria dichotoma* var. *lanceolata* in Ningxia.

KEY WORDS: *Stellaria dichotoma* L. var. *lanceolata* Bge.; biological characteristics; chemical composition; pharmacological action

银柴胡, 别名银胡, 山菜根, 山马踏菜根, 牛肚根, 沙参儿, 土参等, 其基原植物为石竹科繁缕属植物银柴胡 *Stellaria dichotoma* L. var. *lanceolata* Bge., 其干燥根作为正品药材银柴胡。分布于宁夏、内蒙古、陕西、甘肃等地^[1], 味甘性寒, 是我国常用的清虚热、除疳热的传统良药。在现代医学研究中认为银柴胡具有良好的清热抗炎、抗过敏、抗癌等功效^[2]。20 世纪 80 年代以来, 野生银柴胡在宁夏率先引种驯化成功^[3], 此后栽培银柴胡代替野生药材

逐渐成为市场的主流品种, 这样不仅保护了野生资源和生态环境, 也缓解了供需矛盾。随着种植规模的扩大, 银柴胡的药用价值、质量评价和资源化利用受到了越来越多关注, 在此背景下, 本文梳理了近几年银柴胡基原植物生物学特性、主要化学成分以及药理作用等方面的最新研究成果, 以期为道地药材银柴胡的系统化研究和指导药材规范化种植提供借鉴。

收稿日期: 2019-10-12

基金项目: 宁夏科技厅重点研发计划项目(2016KJHM37); 宁夏大学研究生创新项目(GIP2019066)

第一作者: 李振凯, 男, 博士研究生, E-mail: lz0530@163.com

通信作者: 彭励, 女, 教授, 博士生导师, 主要从事药用植物资源保护与开发利用、中药栽培研究, E-mail: pengli1124@nxu.edu.cn

1 生物学特性

随着银柴胡药用价值的提高,其基原植物生物学特性的研究也逐渐深入,最新的研究成果主要集中在产地适应性、抗逆性、传粉特性及种质资源等方面。

1.1 银柴胡产地适应性及其抗逆性研究

道地药材基原植物的生长发育及其药材品质形成,与产地气候、土壤等生态因子密切相关,适宜的产地环境是生产优质中药材的重要因素^[4]。马伟宝等^[5]利用中药材产地适宜性地理信息分析系统(TCMGIS)对野生银柴胡产地适宜性进行了分析,结果显示:野生银柴胡分布广泛,秦岭淮河线以北,横断山脉以西以及华北平原的北部,辽东半岛、山东半岛的丘陵地均有分布,其中生态相似度95%~100%的适宜生产区域几乎涵盖了我国北方大部分地区,北京、甘肃、河北、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、宁夏、山西、陕西、四川、天津、西藏、新疆等均有分布。尽管野生分布范围广泛,但由于历史原因、市场需求、降雨量、土壤质地等因素,目前栽培银柴胡主要在宁夏、甘肃、内蒙古、陕北、青海等干旱、半干旱区域。一些学者的研究也证实了银柴胡对于干旱等胁迫的适应能力,在中重度胁迫(40%田间持水量)时银柴胡根系生长受到一定程度的抑制^[6],导致产量降低,但是干旱胁迫明显提高了银柴胡药材中总黄酮和总皂苷等次生代谢产物的含量^[7-8]。还有学者研究报道,当土壤含盐量在0.3%时,银柴胡药材产量和活性成分含量都较高,同时活性成分积累量达到最大^[9-10]。这些研究结果不仅为银柴胡规范化种植中选地、灌水等技术措施提供了依据,同时也为宁夏及周边干旱及半干旱地区作为银柴胡最佳适宜产区提供了依据。

1.2 传粉特性及其种质资源研究

传粉生物学是植物生殖生态学和进化生物学关注的焦点之一^[11]。马伟宝^[12]等对银柴胡的传粉生物学特性进行了研究,研究结果显示银柴胡的开花过程可划分4个阶段:第1阶段为萼片包被花瓣,花瓣未伸出萼片;第2阶段为萼片开始张开,花瓣露白伸出萼片阶段;第3阶段为花瓣微张开;第4阶段为花瓣完全打开。通过测定花粉胚珠比、杂交系数等,判断银柴胡繁育系统为专性异交,需要传粉昆虫,为虫媒花。田间观察到的主要传粉昆虫为中华食蜂郭公虫 *Trichodes sinae* Chevrolat、中华蜜蜂 *Apis cerana cerana* Fabricius、花蓟马 *Frankliniella in-*

tonsa (Trybon)、长叶异痣蝇 *Ischnura elegans* 等,花期传粉昆虫种类较少,可能与花小、色淡等花部特征有关。银柴胡开花属于雌蕊先熟型,雄蕊成熟比雌蕊迟1~2 d;花粉活力最大值在开花的第3天,第7天花粉失去活力。这些研究结果对指导银柴胡新品种选育和良种生产具有一定的理论意义。

种质资源是影响药材品质和功效作用的重要因素之一^[13]。孟祥善^[14]等采用ITS序列分析技术对银柴胡种质遗传多样性进行了比较分析,从15份银柴胡种质资源共检测到10条不同的ITS序列,序列一致性达99.87%,遗传距离变幅范围0.002~0.013,由此认为所研究的人工栽培银柴胡和野生银柴胡种质资源ITS序列遗传差异小,亲缘关系近。孟祥善等还对所收集的样品中野生和不同产区栽培银柴胡的总黄酮含量进行了分析,结果表明:野生银柴胡的含量最高,为9.769 8 mg/g,11个栽培种的总黄酮含量均极显著低于野生种,从而推测不同来源银柴胡种质资源间总黄酮含量的差异是由遗传差异引起,但银柴胡ITS序列长度仅为625~626 bp,不能全面反映该种质资源间的遗传差异,也难以用该序列的差异来说明各银柴胡种质资源间总黄酮含量上的不同。确切原因还有待于更深入的研究。

2 化学成分

关于银柴胡化学成分的研究最早始于20世纪80年代,分析鉴定出的主要化学成分包括:甾醇类、环肽类、生物碱类、挥发性物质等^[15]。近年来随着提取分离技术和检测设备的不断优化升级,更多新成分被发现和确认。

2.1 甾醇类

传统中医提出银柴胡具有清虚热的功效,而现代研究认为甾醇类物质是其清虚热功效的主要成分^[16]。围绕银柴胡药效成分的挖掘,研究者先后从银柴胡根中分离 α -菠甾醇葡萄糖苷(Aspinasteroglucoside)、豆甾-7-烯醇葡萄糖苷(Stigmast-7-enol glucoside)、麦角-7-烯醇葡萄糖苷(Ergostenol-7-glucosid)、 β -谷甾醇(β -sitosterol)、豆甾醇(Stigmasterol)、 α -菠甾醇(α -Spinasterol)、豆甾-7-烯醇(Stigmast-7-enol)^[17-18]等成分,并且证实豆甾-7-烯醇和 α -菠甾醇具有较高活性且含量相对较高^[16]。因此,银柴胡甾醇类的成分研究引起研究者的关注,先后建立了采用紫外分光光度法和双波长薄层扫描法对银柴胡总甾醇、 α -菠甾醇和豆甾-7-烯醇含量同时测定方法^[19-20],比较了不同生长年限栽培银柴胡中 α -

蒽醇和豆甾-7-烯醇含量与总甾醇含量^[21]。继而有研究者在充分考虑到银柴胡甾醇类成分吸收光谱特性的基础上,建立了高效液相-蒸发光散射检测法测定中药银柴胡中豆甾-7-烯醇和 α -蒽醇的方法^[22-23],这些方法的建立为银柴胡甾醇类物质含量的测定和银柴胡质量评价提供了手段。

2.2 环肽类

肽类成分广泛分布于动植物中,并具有多种药理活性和潜在的药用价值^[24]。该类物质在银柴胡中主要以环状肽形式存在,目前被鉴定出的有环五肽、环六肽、环八肽和环九肽化合物^[25-27]。

2.3 生物碱类

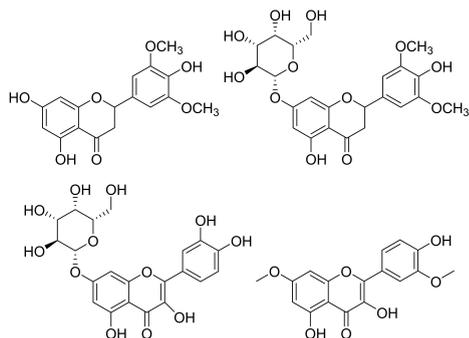
在现代医学的研究中,生物碱类成分发挥着越来越重要的作用^[28]。据报道,Sun 等^[29]从银柴胡中提取出新型 β -咪啉类生物碱:Dichotomines A、B、C、D 和 Dichotomides I、II 以及 β -咪啉类生物碱苷 Glucodichotomine B。李静等^[30]从银柴胡中也分离鉴定出 9 种生物碱类物质,分别为 Geleboline A、Geleboline B、Cordysin E、3-羟基- β -咪啉(3-Hydroxy- β -carboline)、Taraxacine A、1,2,3,4-四氢-1,3,4-三羟基- β -咪啉(1,2,3,4-Tetrahydro-1,3,4-trihydroxy- β -carboline)、1-乙酰基- β -咪啉(1-Acetyl- β -carboline)、Arenarine A、Arenarine B。

2.4 黄酮类

黄酮类化合物是普遍存在于植物中的一大类次生代谢物,多具有良好的药理作用^[31-32]。在银柴胡中,5,7-二羟基-二氢黄酮(5,7-Dihydroxy-dihydroflavone)为鉴定出的首个银柴胡黄酮类成分^[33]。最新的研究结果显示又有 4 种黄酮类成分被分离和鉴定,分别为苜蓿素(Tricin)^[30,34]、苜蓿素-7-O- β -D-葡萄糖苷(Alizarin-7-O- β -D-glucoside)、槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷(Quercetin-3-O- β -D-glucoside)和鼠李素(Rhamnetin)^[35](图 1)。

2.5 酚酸类

酚酸类物质是银柴胡中重要的化学成分之一。现已鉴定到的银柴胡中酚酸类成分主要包括:2,3,8-三邻甲基鞣花酸(2,3,8-Tri-Omethyl ellagic acid)^[34]、二氢阿魏酸(Dihydroferulic acid)、香草酸(Vanillic acid)、3,4-二甲氧基苯丙烯酸(3,4-Dimethoxycinnamic acid)^[33]等。



注:A.苜蓿素;B.苜蓿素-7-O- β -D-葡萄糖苷;
C.槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷;D.鼠李素

图 1 银柴胡新发现黄酮成分化学结构式

2.6 挥发类物质

挥发性物质也是银柴胡药材中重要成分之一。目前已分离鉴定出的物质主要有萜类、烷醇类、烷烃类、酯类等物质(表 1)^[35-37],在最新的研究中又有多个物质被鉴定出,包括:丹皮酚(Paeonol)、3-呋喃甲醇(3-Furanomethanol)、棕榈酸甲酯(Methyl palmitate)等。此外,孙艳^[36]、杨丽敏^[37]采用 GC-MS 技术分别对北京和宁夏产银柴胡的挥发性成分进行了比较,结果显示两地产银柴胡挥发油成分种类和含量存在较大差异,并推断这主要是由于不同的产地、气候所造成的,更为明确的原因有待于进一步研究。

2.7 其他化学成分

银柴胡中的化学成分复杂,除鉴定到以上 6 类化学成分外,还发现新木脂素-B-D 葡萄糖苷 A~D (Dichotomoside A~D)^[30]、(-)-丁香酯素[(-)-Syringaresinol]^[34]、5-羟甲基-2-甲酰基吡咯[5-(Hydroxymethyl)-2-formyl-pyrrole]、香草醛(Vanillin)、1-(4-羟基-3-甲氧基苯基)乙酮[1-(4-Hydroxy-3-methoxyphenyl)-ethanone]、1-(3'-甲氧基-4'-5'-甲叉基二氧)苯基丙醇[1-Hydroxy-1-(3'-methoxy-4'-5'-methy lenedioxy) phenylpropanol]、5-羟甲基糠醛[5-(Hydroxymethyl)-2-furfural]^[33]等。

3 药理作用

传统医学中对银柴胡的药用主要概括为清虚热、除疳热。随着更多有效成分的和现代医学研究的深入,银柴胡的药用价值不断被揭示,药理作用更为明晰,主要表现在解热抗炎、抗过敏、抗癌、促进血管舒张等方面。

表1 银柴胡中挥发油化学成分

序号	化合物名称	序号	化合物名称
1	乙基-5-(2-乙基丁基)十八烷 (3-Ethyl-5-(2-ethylbutyl)octadecane)	23	5 β -胆甾烷-3-酮,乙二醇缩醛 (5 β -Cholest-3-one,ethylene glycol acetal)
2	1-甲基-4(1-异丙基)-1,4-环己双烯 (1-Methyl-4(1-methylethyl)-1,4-cyclohexadiene)	24	1,2-苯二羧酸二甲基酯 (1,2-Diphenyl dihydroxy acid dimethyl ester)
3	4-甲基-1-异丙基环己烯 (3-Cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-methylethyl))	25	$\alpha,\alpha,4$ -三甲基苯乙醇 ($\alpha,\alpha,4$ -Trimethyl-benzeneethanol)
4	1,7,7-三甲基-二环[2,2,1]-庚烷-2-酮 (1,7,7-Trimethyl-bicyclo[2,2,1]heptan-2-one)	26	5-(2-丙烯基)-1,3-苯唑 (5-(2-Propenyl)-1,3-benzodioxole)
5	2-甲基-5-异丙烯基-2,5-己二烯-1-乙酸酯 (Lyratyl acetate)	27	7-环己烷基-2,3-二氢-2-甲基苯并呋喃 (7-Cyclohexyl-2,3-hydro-2-methyl-benzofuran)
6	11-烯十六烷酸甲酯 (11-Hexadecanoic acid)	28	14-甲基十五烷酸甲酯 (Methyl 14-methyl pentadecanoate)
7	3,6-二甲基菲 (3,6-Dimethylphenanthrene)	29	8-甲氧基-1-甲基- β -咔啉 (8-Methoxy-1-methyl- β -carboline)
8	丁基化羟基甲苯 (2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol)	30	二甲基邻苯二甲酸酯 (Dimethyl phthalate)
9	4,6-二(1,1-二甲基乙基)-2-甲基苯酚 (4,6-Bis(1,1-dimethylethyl)-2-methylphenol)	31	1,2-苯二羧酸二乙基酯 (1,2-Phenyldihydroxy acid diethyl ester)
10	苍术醇(Hinesol)	32	17-甲基睾酮(17-Methyltestosterone)
11	α -蒎烯(α -Pinene)	33	蒎烯(Camphene)
12	棕榈酸(Palmitic acid)	34	棕榈酸甲酯(Methyl palmitate)
13	<i>O</i> -苯二羧酸(<i>O</i> -Benzene dihydroxy acid)	35	正二十二烷(n-Docosane)
14	乙酸冰乙酯(Bornyl acetate)	36	正二十五烷(n-Pentacosane)
15	4-乙氧基丁醇(4-Ethoxybutan-1-ol)	37	正二十六烷(n-Hexacosane)
16	7-甲基十五烷(7-Methyl pentadecane)	38	正二十八烷(n-Octacosane)
17	8-甲基十七烷(8-Methyl heptadecane)	39	十九烷(Ninecane)
18	3-甲基二十烷(3-Methyl eicosane)	40	二十一烷(Heneicosane)
19	10-甲基二十烷(10-Methyl eicosane)	41	二十四烷(Tetracosane)
20	1-二十六烯(1-Dihexene)	42	丹皮酚(Paeonol)
21	3-呋喃甲醇(3-Furanmethanol)	43	柏木脑(Cypress)
22	去乙酰基蛇形毒素(Desacetylanguidine)		

3.1 解热抗炎

Bae 等^[38]发现银柴胡 70% 乙醇提取物可有效降低感染脓肿分枝杆菌(Mab)小鼠的死亡率,同时可有效减弱 Mab 感染的炎症反应。李静等^[30]通过采用脂多糖(LPS)诱导的小鼠巨噬细胞 RAW264.7 炎症反应模型对 6 种银柴胡生物碱成分进行抗炎活性评价,确定以上 6 种物质均具有较强的抗炎作用。此外张星贤等^[39]对 18 种清热中药特征性挥发性成分进行了分析,发现牡丹皮、银柴胡、赤芍、地骨皮、白薇和知母等清热药中均含有大量的丹皮酚,其中银柴胡、地骨皮、白薇均为清虚热药材,且银柴胡挥发性成分中丹皮酚含量占到 57.28%。丹皮酚在已有国内外报道中已证实具有良好的抗菌消炎、抗过敏、抗肿瘤等药理作用^[40],在银柴胡中丹皮酚的发

现为银柴胡清虚热作用机制的研究提供了借鉴。

3.2 抗过敏

银柴胡在传统抗过敏的中药方剂中多有使用。Sun 等^[29]对银柴胡中 β -咔啉类生物碱的抗过敏作用进行了验证,结果显示 Dichotomines C、D 具有明显抗过敏反应作用,其中以 Dichotomines D 为佳。孙博航^[41]采用大鼠 RBL-2H3 细胞体外培养试验研究了银柴胡提取物抗过敏活性,结果表明新木脂素-B-D 葡萄糖苷 A 具有较强的抗过敏活性,且细胞毒性较小,具有良好的开发前景。

3.3 其他方面

Morikawa^[42]等发现从银柴胡中分离得到的环肽 H、I、J、K 对 P-388 细胞均具有了中度抑制作用,表现出一定的体外抗癌活性;同时环肽 J、K 对由去

甲肾上腺素诱导的鼠大动脉血管收缩具有抑制效果,显示了温和的舒张鼠大动脉血管作用。此外,已鉴定出的银柴胡部分甾醇类、黄酮类、酚酸类等成分除具有抗炎、抗过敏作用外,还具有良好的抗氧化、抗病毒、降血压等功效。

4 讨论

随着银柴胡药用价值的提高和种植规模的扩大,有关银柴胡的生物学特性、主要化学成分和活性研究逐渐深入,然而与大宗药材相比,其研究的深度和广度仍有待于进一步提高。尽管对银柴胡药用成分及作用取得了新的突破,发现和鉴定了多个新物质,但是仍不能满足日益发展的产业需求,突出的问题表现在药材规范化种植、产地加工等过程中质量评价指标粗放,几乎没有反映功效的标志性成分,临床作用物质基础不甚明确,尚未建立起有效的质量控制方法和评价体系等。因此,有必要开展更为深入、系统的银柴胡活性成分和药材质量控制研究,为提升银柴胡药用价值和资源的综合开发利用提供依据。

参考文献:

[1] 方文培,张泽荣.中国植物志:第 26 卷[M].北京:科学出版社,2004:120.

[2] 国家药典委员会.中国药典:一部[S].北京:中国医药科技出版社,2015:317.

[3] 刘志新,王博妍,权洪峰.宁夏道地药材银柴胡种子生活力等指标的测定[J].黑龙江医药,2010,23(5):711-712.

[4] 黄林芳,陈士林.中药品质生态学:一个新兴交叉学科[J].中国实验方剂学杂志,2017,23(1):1-11.

[5] 马伟宝,陈君,彭励,等.基于野生银柴胡的产地适宜性分析[J].中国现代中药,2017,19(5):684-687.

[6] 郎多勇,崔佳佳,周达,等.干旱胁迫对银柴胡生长及生理生化特性的影响[J].中国中药杂志,2014,39(11):1995-1999.

[7] 周丽,王永明,周达,等.干旱胁迫对银柴胡药材活性成分含量的影响研究[J].时珍国医国药,2015,26(6):1463-1465.

[8] ZHAN WJ, CAO Z, XIE ZC, et al. Effect of water stress on roots biomass and secondary metabolites in the medicinal plant *Stellaria dichotoma* L. var *lanceolata* Bge [J]. Scientia Horticulturae, 2017, 224: 280-285.

[9] 周丽,郎多勇,张文晋,等.NaCl 胁迫对银柴胡生长及生理生化特性的影响[J].中草药,2014,45(19):2829-2833.

[10] 高晓娟,郎多勇,周丽,等.NaCl 胁迫对银柴胡药材活性成分含量及其积累量的影响研究[J].现代农业科技,2015(11):94-96.

[11] 黄双全.二十一世纪中国传粉生物学的研究:良好的开端[J].生物多样性,2012,20(3):239-240.

[12] 马伟宝.银柴胡传粉特性及农艺措施对种子产量和质量影响的研究[D].银川:宁夏大学,2017.

[13] 石海霞,肖承鸿,周涛,等.地黄不同种质的遗传多样性和质量分析[J].中国中药杂志,2018,43(21):4210-4216.

[14] 孟祥善,代晓华,刘萍,等.基于 ITS 序列的银柴胡种质资源遗传多样性研究[J].中药材,2018,41(1):55-59.

[15] 叶方,杨光义,王刚,等.银柴胡的研究进展[J].医药导报,2012,31(9):1174-1177.

[16] 周重楚,孙晓波,刘建勇,等. α -菠菜甾醇的抗炎作用[J].药学报,1985(4):257-261.

[17] 刘明生,陈英杰,王英华,等.野生银柴胡甾醇类成分研究[J].沈阳药学院学报,1993(2):134-135.

[18] 陈英杰,刘明生,王英华,等.银柴胡化学成分的研究[J].中国药物化学杂志,1990,40(10):73-74.

[19] 张学良,赵德华,张文懿,等.银柴胡中总甾醇含量测定的方法学研究[J].宁夏医学杂志,2012,34(2):126-127.

[20] 张玉玺,马红军,张立虹.银柴胡中 α -菠甾醇和豆甾-7-烯醇含量测定的方法学研究[J].当代化工,2014,43(11):2474-2475,2478.

[21] 尚博扬.宁夏栽培银柴胡质量分析的研究[J].宁夏医学杂志,2012,34(5):451-452.

[22] 范莉.银柴胡的化学成分研究及质量标准研究[D].北京:北京中医药大学,2003.

[23] 李曼玲,康琛,赵宇新.银柴胡中豆甾-7-烯醇定性定量方法研究[J].中国中药杂志,2008,33(7):836-837.

[24] 段慧明.生物活性环肽及其药理学研究进展[J].中国现代应用药学,2019,36(5):633-638.

[25] 苏磊,姜艳艳,刘斌.《中国药典》收录的植物类中药中含有的寡肽类成分[J].中国中药杂志,2016,41(16):2943-2952.

[26] 龙登凯,周涛.植物石竹型环肽的研究进展[J].贵阳中医学院学报,2016,38(5):86-89.

[27] 刘明生,陈英杰,王英华,等.银柴胡环肽类研究[J].药学报,1992,27(9):667-669.

[28] 彭文文,宋卫武,刘欣媛,等.黄皮属植物中唑啉生物碱的研究进展[J].中草药,2017,48(13):2761-2770.

[29] SUN BH, MORIKAWA T, MATSUDA H, et al. Structures of new beta-carboline-type alkaloids with antiallergic effects from *Stellaria dichotoma*(1,2)[J]. J Nat Prod, 2004, 67(9): 1464-1469.

[30] 李静,敖亮.银柴胡的生物碱成分及其抗炎活性研究[J].中草药,2018,49(22):5259-5263.

[31] 刘一杰,薛永常.植物黄酮类化合物的研究进展[J].中国生物工程杂志,2016,36(9):81-86.

[32] 俞文英,张欢欢,吴月国,等.黄酮类化合物的构效关系及其在肺部炎症疾病中的应用[J].中草药,2018,49(20):4912-4918.

[33] 孙博航,吉川雅之,陈英杰,等.银柴胡的化学成分[J].沈阳药科大学学报,2006,23(2):84-87.

[34] 曹芳.银柴胡化学成分的研究[J].中药材,2017,40(10):2351-2353.

[35] 刘明生,陈英杰,王英华,等.银柴胡挥发油的研究[J].沈阳药学院学报,1991(2):134-136.

[36] 孙艳,路军章.GC-MS 法鉴定银柴胡挥发油的化学成分[J].解放军药学报,2003(6):473-475.

[37] 杨敏丽,赵彦贵.宁夏银柴胡挥发性成分的分析[J].青岛科技大学学报(自然科学版),2007(2):113-114,128.

[38] BAE SJ, CHOI JW, PARK BJ, et al. Protective effects of a traditional herbal extract from *Stellaria dichotoma* var. *lanceolata* against mycobacterium abscessus infections[J]. PLoS ONE, 2018, 13(11):1-19.

[39] 张星贤,孙晓东,杨轲,等.十八种清热中药特征性挥发性成分分析[J].中国实验方剂学杂志,2019,25(16):111-119.

[40] 吴桂莹,亓玉玲,郝宝燕,等.丹皮酚衍生物及其药理活性研究进展[J].中草药,2019,50(4):1001-1006.

[41] 孙博航.银柴胡的化学成分和抗过敏活性研究[D].沈阳:沈阳药科大学,2005.

[42] MORIKAWA T, XIE HH, MATSUDA H, et al. Bioactive constituents from Chinese natural medicines. XVII. constituents with radical scavenging effect and new glucosyloxybenzyl 2-isobutylmalates from *Gymnadenia conopsea* [J]. Chem Pharm Bull, 2006, 54(4): 506.