

中图分类号: R932; R285.5 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2024)17-0143-05  
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2024.17.034



# 瑞香狼毒的化学成分及药理学和毒性作用研究进展\*

梁建娣, 宋三孔<sup>△</sup>

(兰州大学第二医院, 甘肃 兰州 730030)

**摘要:**目的 探讨瑞香狼毒的化学成分、药理学作用及毒性作用,为其开发利用提供参考。方法 查阅国内外相关文献,总结瑞香狼毒的化学成分、药理学作用、毒性作用及减毒炮制方法。结果 瑞香狼毒的化学成分多样,主要有萜类、木脂素类、黄酮类、香豆素类等化合物;药理学作用主要有抗癌、抗菌、抗氧化、抗炎、抗过敏、抗皮炎、保护神经、抑制乙酰胆碱酯酶活性等;其全株具有肝细胞毒性,可通过醋制、酒制等炮制方法减毒增效。结论 瑞香狼毒所含化学成分种类多样,具有多种药理学作用,特定炮制方法可降低其毒性。

**关键词:**瑞香狼毒;化学成分;药理学作用;毒性作用;炮制方法

## Research Progress on the Chemical Compositions, Pharmacological Effects, and Toxicity of *Stellera Chamaejasme*

LIANG Jiandi, SONG Sankong

(The Second Hospital of Lanzhou University, Lanzhou, Gansu, China 730030)

**Abstract: Objective** To investigate the chemical compositions, pharmacological effects, and toxicity of *Stellera chamaejasme*, and to provide a reference for its development and utilization. **Methods** By consulting relevant literature at home and abroad, the chemical composition, pharmacological effects, toxicity, and detoxification processing methods of *Stellera chamaejasme* were summarized. **Results** The chemical compositions in *Stellera chamaejasme* are diverse, mainly including terpenes, lignans, flavonoids, coumarins, etc. The pharmacological effects mainly include anti-cancer, anti-bacterial, anti-oxidant, anti-inflammatory, anti-allergic, anti-dermatitis, neuroprotective, and inhibition of acetylcholinesterase activity. The whole plant has hepatotoxicity, which can be reduced in toxicity and increased in efficacy through processing such as vinegar and alcohol. **Conclusion** The chemical compositions in *Stellera chamaejasme* are various and have multiple pharmacological effects. Specific processing methods can reduce its toxicity.

**Key words:** *Stellera chamaejasme*; chemical compositions; pharmacological effects; toxicity; processing methods

瑞香狼毒为瑞香科植物瑞香狼毒 *Stellera chamaejasme* L. 的干燥根,又名断肠草、山萝卜,主要分布于青海、四川、内蒙古、山西、甘肃等地的草原地区<sup>[1]</sup>。《中药大辞典》记载,其味辛,性平,具有清热解毒、消肿、泻炎症、止溃疡、祛腐生肌等功效<sup>[2]</sup>。由于瑞香狼毒生品的毒性较大,通常将其炮制入药。目前已有研究探索了瑞香狼毒地下部分的根及其地上部分的茎、叶、花的化学成分,发现含有萜类、木脂素类、黄酮类、香豆素类、生物碱类、有机酸等活性成分<sup>[3]</sup>,抗癌、抗菌、抗氧化、抗炎、抗过敏、抗皮炎、保护神经、抑制乙酰胆碱酯酶等药理学作用显著<sup>[4]</sup>。本研究中查阅国内外相关文献,对瑞香狼毒所含化学成分、药理学作用、毒性作用及其减毒炮制方法进行综述,为其开发利用提供参考。现报道如下。

### 1 化学成分

#### 1.1 萜类化合物

赫军等<sup>[5]</sup>利用色谱法对瑞香狼毒95%乙醇提取物进行分离纯化,得到1个倍半萜类化合物,经质谱(MS)

法和核磁共振(NMR)法鉴定,其结构为 $1\beta, 10\beta$ -二羟基愈创木-4,11-二烯-3-酮,命名为狼毒愈创木酮A,是首次在狼毒属植物中分离得到的愈创木烷型倍半萜。

周地等<sup>[6]</sup>采用吸附树脂、硅胶柱色谱、 $C_{18}$ 柱(ODS)色谱、高效液相色谱(HPLC)等方法对瑞香狼毒根95%乙醇提取物进行分离、纯化,得到3个化合物,经结构鉴定分别为异狼毒素C、芫花萜烷J和狼毒愈创木酮D,均为新发现的化合物,其中芫花萜烷J和狼毒愈创木酮D属萜类化合物。

#### 1.2 木脂素类化合物

刘淑娜等<sup>[7]</sup>采用色谱技术从瑞香狼毒95%乙醇提取物中分离出9个化合物,经MS法、NMR法等鉴定,分别为Stellerachamin A、8-hydroxypluviatolide、芫花酚、松脂醇、马台树脂醇、Dextrobursehermin、扁柏脂内酯、(-)-glaberide I、(-)-皮树脂醇。其中,第1个化合物是新发现的木脂素类,第2个和第7个化合物均为首次在瑞香科植物中分离得到。

\*基金项目:甘肃省科技计划项目[20JR5RA313]。

第一作者:梁建娣,女,硕士,主管药师,研究方向为中药有效成分的分离和质量控制,(电子信箱)350938357@qq.com。

<sup>△</sup>通信作者:宋三孔,男,硕士,主管药师,研究方向为药物新剂型与临床药学,(电子信箱)songsankong@163.com。

### 1.3 黄酮类化合物

黄弥娜等<sup>[8]</sup>通过小鼠急性毒性实验筛选确定瑞香狼毒的毒性部位为乙酸乙酯极性部位,采用色谱法进行分离,确定为瑞香狼毒的毒性部位,分离出12个化合物,分别为Epiatzelechin, Scopoletin, Isolariciresinol, Lirioresinol B, Stelleranol, Daphnoretin, Chamaechromone, Neochamaejasmin A, Chamaejasmine, Isochamaejasmin, 7-methoxyneochamaejasmin A, Matairesinol。

杨浩然等<sup>[9]</sup>采用高效液相色谱-二极管阵列检测器(HPLC-DAD)法测定了狼毒二鳖消积汤(瑞香狼毒、木鳖子、鳖甲等)的6种成分,其中瑞香狼毒含黄酮类化合物新狼毒素A、狼毒素,可有效控制方剂中瑞香狼毒的质量。

魏丽等<sup>[10]</sup>采用反相高效液相色谱(RP-HPLC)法同时测定瑞香狼毒药材中香豆素类伞形花内酯和黄酮类狼毒色原酮的含量,可用于中药材瑞香狼毒的质量控制。

### 1.4 香豆素类化合物

周蕙祯等<sup>[11]</sup>从瑞香狼毒的花中分离出11个化合物,经鉴定分别为7-羟基香豆素-8-O-β-D-葡萄糖苷、瑞香苷、瑞香素、7-羟基-8-甲氧基香豆素、东莨菪亭、5,7-二甲氧基香豆素、伞形花内酯、白瑞香素、双白瑞香素、3-O-咖啡酰奎尼酸、腺苷。其中,第1,6,8,10,11个化合物均为首次在瑞香狼毒中分离得到。

张暖等<sup>[12]</sup>将瑞香狼毒根经95%乙醇加热回流提取,浓缩成浸膏混悬液,依次用石油醚、二氯甲烷和乙酸乙酯萃取,各萃取部分采用色谱法分离,得到17个化合物,经鉴定分别为柚皮素、(-)-表阿夫儿茶精、(+)-表阿夫儿茶精、2,6,2',6'-四甲氧基-4,4'-二(2,3-环氧-1-羟丙基)联二苯、8-hydroxypluviatolide、(-)-丁香素脂酚、prestegane B、7-羟基香豆素、双白瑞香素、3-(2',4'-二羟基苯基)丙酸甲酯、3,4-二羟基苯丙烯醇、3-[(1E)-3-羟基-1-丙烯-1-基]-2,5-二甲氧基苯基-β-D-吡喃葡萄糖苷、Z-咖啡酸硬脂醇酯、1-亚油酰甘油酯、单亚油酰甘油酯、2,3-二羟基丙基-9E-十八碳烯酸酯、β-谷甾醇。其中,第1,2,4,5个及第9~15个化合物均为首次发现。

刘阳等<sup>[13]</sup>采用HPLC法测定瑞香狼毒的根粗粉中双香豆素结构的西瑞香素含量,结果稳定、可靠。

## 2 药理学作用

### 2.1 抗癌

修志儒<sup>[14]</sup>研究发现,从瑞香狼毒挥发油中提取的单体氧化石竹烯对肝癌细胞有抑制作用,为氧化石竹烯治疗肝癌提供了理论依据。

HUANG等<sup>[15]</sup>研究了瑞香狼毒对膀胱肿瘤模型SD

大鼠中肿瘤细胞微血管密度和凋亡的影响。在模型组中,大鼠膀胱组织的上皮细胞表现出不同大小和病症的非典型增生。瑞香狼毒治疗后,用苏木精-伊红染色分析发现,膀胱质量、微血管密度和血管内皮生长因子(VEGF)水平均显著降低,膀胱组织中肿瘤抑制率、细胞凋亡率及凋亡相关蛋白Fas、FasL、胱天蛋白酶3(caspase3)的表达水平均显著升高,且变化与瑞香狼毒呈剂量依赖关系,表明瑞香狼毒对模型大鼠的膀胱肿瘤有良好疗效,可能是通过抑制微血管生成和诱导膀胱肿瘤细胞凋亡来抑制膀胱肿瘤的进展。

WANG等<sup>[16]</sup>通过网络药理学及分子对接技术将瑞香狼毒化学成分的三维结构导入PharmMapper数据库,构建了药效团模型靶标网络、蛋白-蛋白相互作用网络、富集分析、可视化通路和候选基因的关系,以筛选关键靶基因。该研究进行了体外试验,结果显示,瑞香狼毒可诱导细胞凋亡,阻断G<sub>2</sub>/M期和S期的细胞周期,通过Wnt/β-联蛋白(Wnt/β-catenin)通路抑制细胞迁移,并抑制p62/核因子红细胞2相关因子2(p62/Nrf2)通路。推测RAS/促分裂原活化的蛋白激酶(RAS/MAPK)通路可能是瑞香狼毒发挥抗肾小球基底膜(GBM)作用的上游通路,并能进一步调节Wnt/β-catenin、氧化应激、脱铁通路。

### 2.2 抗菌

李彪等<sup>[17]</sup>通过水提醇沉法提取了瑞香狼毒花中的多糖,考察了其对于大肠杆菌、金黄色葡萄球菌及枯草芽孢杆菌的抑制作用,结果均产生了抑制作用,且对金黄色葡萄球菌与枯草芽孢杆菌的最低抑菌浓度(MIC)为12.5 mg/mL,对大肠杆菌的MIC为6.25 mg/mL。

### 2.3 抗氧化、抗炎、抗过敏

SELENCE等<sup>[18]</sup>对瑞香狼毒的根和地上部分的乙醇和二氯甲烷提取物的抗氧化和抗炎活性进行了评估,结果显示,瑞香狼毒提取物具有较强的抗氧化活性。此外,瑞香狼毒的根提取物对过氧自由基的抗氧化活性最高,其中根乙醇提取物的抗氧化活性最强,半数抑制浓度(IC<sub>50</sub>)为(0.90 ± 0.07) μg/mL。瑞香狼毒提取物还以剂量依赖的方式有效抑制脂多糖刺激的巨噬细胞产生的白细胞介素(IL)-6,特别是瑞香狼毒根的乙醇提取物活性最强,减少了约91.5%的IL-6产生。该提取物经气相色谱-质谱法分析,证明是2种脂肪酸(棕榈酸和9-十八碳烯酸)、1种脂肪醇(1-十六烷醇)及1种三萜类(角鲨烯)。结果表明,瑞香狼毒根的乙醇提取物表现出了抗氧化和抗炎活性,可作为新的创新天然制剂用于治疗慢性炎症性疾病。

JO等<sup>[19]</sup>分离了瑞香狼毒地上部分乙醇提取物中的乙酸乙酯和丁醇,并鉴定了部分化学结构,得到1种新的麦芽酚葡萄糖苷[麦芽酚3-(6''-(2-(E)-丁烯酰

基)-葡萄糖苷)、苯甲酸、香豆素类(daphnoretin)],6种黄酮类化合物(芹菜素、金花素、紫杉醇、芹菜素7-O-葡萄糖苷、木犀草素7-O-桑比糖苷、金花莲素5-O-葡萄糖苷),2种木脂素(罗汉松脂苷和罗叶松脂素),并进行了抗炎和抗过敏活性试验。结果表明,麦芽酚3-(6''-(2-(E)-丁烯酰基)-葡萄糖苷)能显著抑制免疫球蛋白E(IgE)和二硝基苯基/牛血清白蛋白(DNP/BSA)诱导的RBL-2H3细胞中 $\beta$ -己糖苷酶的释放(抑制率为85.5%)。而苯甲酸抑制了IgE和DNP/BSA诱导的RBL-2H3细胞中的 $\beta$ -己糖苷酶的释放(抑制率为80.2%),降低了碘化丙啶诱导的RBL-2H3细胞的IL-4信使核糖核酸表达(抑制率为21.9%)。

胡伊力格其等<sup>[20]</sup>利用网络药理学探讨了瑞香狼毒治疗类风湿关节炎的潜在作用机制,利用数据库和文献挖掘获得瑞香狼毒的主要化学成分、作用靶点和疾病靶点,进行整合、筛选,并构建药物-活性成分-靶点-疾病的相互作用网络,利用软件预测出了潜在作用靶点相关的生物学机制,并经动物实验验证了这一生物学过程。结果网络药理学筛选出了瑞香狼毒的60个活性成分,5 017个治疗类风湿关节炎的潜在作用靶点,380个活性成分与疾病的共有靶点。动物实验结果显示,瑞香狼毒可通过抑制肿瘤坏死因子(TNF)、IL-6、IL-1 $\beta$ 来治疗类风湿关节炎。

## 2.4 保护神经

CHENG等<sup>[21]</sup>从瑞香狼毒根的70%乙醇提取物中分离出9种未报道的愈创木类型倍半萜类狼毒萜A-I及7种已报道的同类化合物,评价了这些化合物对过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)诱导人神经母细胞瘤SH-SY5Y细胞损伤的神经保护作用。结果表明,Stelleraguaiione B浓度为12.5  $\mu\text{mol/L}$ 时表现出最强活性,与阳性对照Trolox(65.05%)相比,其细胞活力为71.62%,这可能是通过基于膜联蛋白V-FITC/PI染色实验抑制SH-SY5Y细胞的凋亡来实现的。

YUAN等<sup>[22]</sup>从瑞香狼毒根的95%乙醇提取物中分离出4种不同类型的20种倍半萜类化合物,即愈创木烯、胡萝卜素、倍半碳烷、Alpiniane类型。其中,倍半乙醇酸A-F为首次报道。同时,评价了所有倍半萜类化合物对硝普钠诱导的PC-12细胞损伤的神经保护作用。结果表明,6种化合物浓度为10  $\mu\text{mol/L}$ 时可恢复细胞活力,其活性与阳性对照依达拉奉相当。对活性最显著化合物Stellaguaiione B的作用机制研究表明,该化合物是通过促进抗氧化酶的mRNA表达来减轻氧化应激,从而发挥神经保护作用。

## 2.5 抗皮炎

JO等<sup>[23]</sup>研究了瑞香狼毒提取物及其主要成分木犀草素7-O-葡萄糖苷是否对噁唑酮诱导的BALB/c小

鼠和2,4-二硝基氯苯诱导的特应性皮炎模型无毛小鼠的皮炎发展有预防作用。用瑞香狼毒地上部分乙醇提取物对上述诱导模型治疗2~3周后显效。组织病理学检查显示,当应用于特应性皮炎模型无毛小鼠时,显著减少了炎性细胞浸润。此外,黄曲霉地上部分乙醇提取物的主要活性化合物木犀草素7-O-葡萄糖苷降低了血清IgE和IL-4的水平,减少了经表皮的水分损失,增加了皮肤的水合作用,故在2,4-二硝基氯苯诱导的特应性皮炎模型小鼠中表现出了较强的抗特应性皮炎活性。结果表明,瑞香狼毒提取物及其主要成分木犀草素7-O-葡萄糖苷在特应性皮炎模型小鼠中有止痒和抗皮炎作用,最有可能成为治疗特应性皮炎的潜在药物。

## 2.6 抑制乙酰胆碱酯酶(AChE)活性

CHENG等<sup>[24]</sup>鉴定出了瑞香狼毒中提取、分离到的5种未报道的化合物,包括3种木脂素(Stelleragnan A, Stelleragnan B和7'R-甲氧基-7-丙二醇),1种香豆素(Stelleramarin A)及1种二芳基戊酸[(-)-stellerapentanol A],还有8种已报道的化合物。并测试了所有分离菌株对AChE的抑制活性,化合物Stelleragnan B的抑制活性最强,浓度为100  $\mu\text{mol/L}$ 时抑制率为88.0%。此外,通过分子对接技术预测了Stelleragnan B对AChE的可能相互作用机制。

## 3 毒性作用

瑞香狼毒具有毒性(如肝细胞毒性等),需慎用,可通过醋制、酒制等炮制方法达到减毒增效的作用<sup>[25]</sup>。

周瑾等<sup>[26]</sup>研究了瑞香狼毒的乙酸乙酯提取物的毒性成分,采用动物急性毒性实验得到半数致死量(LD<sub>50</sub>),通过噁唑蓝比色法(MTT)测试体内吸收成分对正常肝细胞系L-02的毒性作用。结果表明,瑞香狼毒的毒性成分主要为乙酸乙酯部位,含有黄酮类表枇杷素、瑞香酚、狼毒色原酮、新狼毒素A、狼毒素、异狼毒素,对小鼠的LD<sub>50</sub>为4.656 g/kg,小鼠经灌胃吸收后肝组织浓度最高,对肝细胞系L-02的IC<sub>50</sub>分别为表枇杷素(107.23 $\pm$ 6.43) $\mu\text{mol/L}$ 、瑞香酚(63.62 $\pm$ 3.18) $\mu\text{mol/L}$ 、新狼毒素A(44.17 $\pm$ 2.98) $\mu\text{mol/L}$ 、狼毒色原酮(38.32 $\pm$ 2.87) $\mu\text{mol/L}$ 、狼毒素(24.40 $\pm$ 1.71) $\mu\text{mol/L}$ 、异狼毒素(10.01 $\pm$ 0.61) $\mu\text{mol/L}$ ,对肝细胞系的增殖毒性顺序为异狼毒素>狼毒素>狼毒色原酮>新狼毒素A>瑞香酚>表枇杷素,异狼毒素对肝细胞系的生长抑制作用最强。

PAN等<sup>[27]</sup>采用色谱法从瑞香狼毒的根中分离出13种首次报道的具有五元环骈七元环形成的双环骨架的愈创木烷型倍半萜类化合物,即stelleraterpenoids A-M(1-13),以及7种已报道的化合物(14-20)。细胞毒性实验结果表明,化合物14对3种细胞系MKN-45,SKOV3,Du145均有较强的细胞毒性作用,IC<sub>50</sub>分别为

9.8, 17.4, 7.3  $\mu\text{mol/L}$ ; 化合物3和化合物8对MKN-45和Du145细胞系表现出中等细胞毒性作用,  $IC_{50}$ 为14.5~18.8  $\mu\text{mol/L}$ , 与阳性对照相当。通过荧光显微镜和流式细胞仪测定Du145细胞系, 结果化合物14可促进细胞凋亡, 并导致细胞周期停滞在 $G_0/G_1$ 期, 从而抑制细胞增殖。进一步进行免疫印迹分析发现, 在14个Du145细胞中, 通过上调促凋亡蛋白裂解的PARP和胱天蛋白酶9(caspase 9)、肿瘤抑制蛋白p53, 以及下调抗凋亡蛋白B淋巴细胞瘤2基因(Bcl-2), 从而起到细胞抑制作用。

#### 4 炮制减毒机制

潘国凤等<sup>[28]</sup>采用HPLC-MS法比较了瑞香狼毒醋制前后对H22皮下移植瘤小鼠和正常小鼠的致死作用及体质量变化。结果表明, 瑞香狼毒提取物Zp1102和醋制后的提取物Zp1103的 $LD_{50}$ (16.85 g/kg)高于醋制前提取物Zp1102(9.89 g/kg)。药效实验表明, 药物剂量为2 g/kg时, Zp1102对小鼠皮下移植瘤H22的抑制作用显著(抑瘤率为36.24%,  $P < 0.01$ ), 而Zp1103的抑瘤作用较轻(抑瘤率为34.40%,  $P < 0.05$ ); 当药物剂量为1 g/kg时, Zp1102的抑瘤率为34.52% ( $P < 0.05$ ), 而Zp1103的抑瘤率(21.55%)明显降低。Zp1102和Zp1103对报告基因AP1基本无影响。Zp1102对HepG2细胞经刺激内源性核因子- $\kappa\text{B}$ (NF- $\kappa\text{B}$ )浓度升高后的报告基因有上调作用, 且能下调转化生长因子- $\beta$ (TGF- $\beta$ )的表达; 但Zp1103仅能上调NF- $\kappa\text{B}$ 的表达, 对TGF- $\beta$ 无作用。可见, 瑞香狼毒醋制后提取物的毒性较未经炮制提取物低, 抗肿瘤活性也有所下降, 其产生机制可能是药物对TGF- $\beta$ 不产生作用有关。

李红玲等<sup>[29]</sup>比较了瑞香狼毒生药和酒制后的体内抑瘤活性与毒性反应的差异。通过灌胃给药, 对比不同浓度瑞香狼毒的生药和酒制品溶液对S180小鼠皮下移植瘤的抑制作用, 并采用免疫组化法检测肿瘤组织Ki-67和caspase 3的表达水平。结果表明, 瑞香狼毒酒制组与生药组相比, 抑瘤率有显著差异( $P < 0.05$ ); 与空白对照组相比, 酒制组荷瘤S180小鼠的脾指数、胸腺指数无显著差异( $P > 0.05$ ), 酒制组荷瘤S180小鼠肿瘤组织中Ki-67表达显著下降( $P < 0.01$ ), caspase 3表达显著增强( $P < 0.01$ )。可见, 瑞香狼毒酒制品能增强其对荷瘤S180小鼠的抑瘤作用, 同时还能降低生药对小鼠脾指数的影响。瑞香狼毒的抑瘤作用机制可能是通过降低S180细胞中的Ki-67表达来抑制其增殖, 增强caspase 3表达来促进细胞的凋亡。

#### 5 结语

瑞香狼毒全株具有毒性, 主要毒性成分为狼毒素, 限制了其药用价值。经特定炮制方法可降低其毒性, 进一步提高其药用安全性。瑞香狼毒所含化学成分种类

多样, 具有多种药理学作用, 对阐明其复杂的作用机制带来了挑战。现代中药药理学研究中逐步应用大数据、软件技术, 如基于网络药理学与分子对接技术在多种中药的复杂成分中筛选出了靶向活性成分<sup>[30]</sup>, 利用人工智能AI技术的高密度、高强度、快速运算优势, 筛选出了最优活性成分<sup>[31]</sup>。这些新技术的应用, 将助力中药活性成分的高效开发和充分利用。

#### 参考文献

- [1] 赵猛, 亢晶. 瑞香狼毒的民族植物学、植物化学及其药理学研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2019, 38(3): 70-73.
- [2] 赵国平, 戴慎, 陈仁寿. 中药大辞典[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006: 2316-2318.
- [3] SONG Q, LI SF, CHENG ZY, et al. Chemical constituents from *Stellera chamaejasme* L. and chemotaxonomic significance [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2023, 107: 104602.
- [4] 张暖, 赫军, 丁康, 等. 瑞香狼毒化学成分研究[J]. 中国药学杂志, 2020, 55(10): 799-805.
- [5] 赫军, 续洁琨, 刘淑娜, 等. 瑞香狼毒中的1个新愈创木烷型倍半萜[J]. 中草药, 2018, 49(22): 5235-5237.
- [6] 周地, 刘丽颖, 周官红, 等. 瑞香狼毒的化学成分研究[J]. 中草药, 2023, 54(1): 29-34.
- [7] 刘淑娜, 赫军, 王晓雪, 等. 瑞香狼毒中的1个新木脂素[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(8): 1649-1653.
- [8] 黄弥娜, 曹青青, 李云青, 等. 瑞香狼毒毒性部位的化学成分研究[J]. 环球中医药, 2016, 9(9): 1059-1064.
- [9] 杨浩然, 岳秀永, 付正丰. HPLC-DAD法同时测定狼毒二整消积汤中6种成分[J]. 中成药, 2022, 44(4): 1075-1078.
- [10] 魏丽, 王静静, 杨艳梅, 等. 超高效液相色谱法同时测定瑞香狼毒中伞形花内酯和狼毒色原酮的含量[J]. 中国医院药学杂志, 2017, 37(14): 1335-1338.
- [11] 周蕙祯, 罗伟, 陈爽, 等. 瑞香狼毒花中香豆素成分及生物活性研究[J]. 中草药, 2021, 52(4): 943-950.
- [12] 张暖, 赫军, 丁康, 等. 瑞香狼毒化学成分研究[J]. 中国药学杂志, 2020, 55(10): 779-805.
- [13] 刘阳, 卢年华, 冯亭亭, 等. HPLC法测定瑞香狼毒中西瑞香素的含量[J]. 中兽医医药杂志, 2020, 39(2): 43-45.
- [14] 修志儒. 瑞香狼毒挥发油成分提取及单体氧化石竹烯抗肿瘤作用机制研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2023.
- [15] HUANG YD, ZHANG J, ZHANG BL, et al. Effects of *Stellera chamaejasme* on microvascular density and apoptosis of cancer cells in a rat bladder tumor model [J]. *Transl Androl Urol*, 2022, 11(3): 293-303.
- [16] WANG KY, WANG ZY, WANG ZQ, et al. *Stellera chamaejasme* L. extracts in the treatment of glioblastoma cell lines: Biological verification based on a network pharmacology approach [J]. *Front Oncol*, 2022, 12: 962970.
- [17] 李彪, 董刚, 巩红冬, 等. 瑞香狼毒多糖提取工艺优化及其抑菌活性研究[J]. 西藏大学学报(自然科学版), 2017, 32(1): 17-25.
- [18] SELENTE T, VIEIRA SF, GENDARAM O, et al. Antioxidant