

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0972.2018.01.021

全缘叶蓝刺头化学成分研究

裴迪¹, 木尼热·艾兰汗², 波拉提·马卡比力^{3,4*}, 张涛⁴, 邹忠梅^{4*}

(1.新疆大学 生命科学与技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830046;

2.新疆师范大学 生命科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830054;

3.新疆维吾尔自治区药物研究所, 自治区哈萨克医药研究所, 新疆 乌鲁木齐 830004;

4.中国医学科学院 北京协和医学院药用植物研究所, 北京 100193)

摘要:研究了全缘叶蓝刺头(*Echinops integrifolius* Kar. et Kir.) 根的化学成分。采用反复硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶柱色谱、半制备 HPLC、制备薄层色谱及重结晶等技术手段进行分离纯化, 通过理化性质、核磁共振波谱及质谱数据鉴定结构。结果从全缘叶蓝刺头根乙醇提取物的石油醚萃取部位及乙酸乙酯萃取部位分离得到 7 个化合物, 分别鉴定为大黄素甲醚(1)、(+)-11 α , 13-二氢去氢木香内酯(2)、甾甾醇(3)、7-羟基香豆素(4)、东莨菪素(5)、对羟基苯甲酸(6)和 茴香苷(7), 其中化合物 6 是首次从该植物中分离得到, 化合物 1、2、5 和 7 是首次从蓝刺头属中分离得到。

关键词:全缘叶蓝刺头; 分离纯化; 结构鉴定; 化学成分

中图分类号:R284 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0972(2018)01-0104-05

Studies on Chemical Constituents of *Echinops integrifolius* Kar. et Kir.

PEI Di¹, ALENHAN Munyra², MAKABEL Bolat^{3,4*}, ZHANG Tao⁴, ZOU Zhongmei^{4*}

(1.College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. College of Life Science, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China;

3.Xinjiang Institute of Kazak Medicine, Xinjiang Institute of Materia Medica, Urumqi 830004, China;

4.Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100193, China)

Abstract: The chemical constituents of the roots of *Echinops integrifolius* were studied. The compounds were isolated and purified by silica gel column chromatography, Sephadex LH-20, semi-HPLC, preparative thin layer chromatography and recrystallization. The structures were identified by physicochemical properties and spectral data. Seven compounds were isolated from the roots of *E. integrifolius* and identified as physcion (1), (+)-11 α , 13-dihydrodehydrocostuslactone (2), stigmasterol (3), 7-hydroxy-coumarin (4), scopoletin (5), *p*-hydroxybenzoic acid (6) and skimmion (7), respectively, among which compound 6 was isolated for the first time from this plant and compounds 1, 2, 5 and 7 were isolated for the first time from *Echinops* genus.

Key words: *Echinops integrifolius* Kar. et Kir.; isolation and purification; structure identification; chemical constituents

0 引言

菊科蓝刺头属(*Echinops* L.) 植物在全世界约有 120 余种, 广泛分布于南欧、北非和中亚地区, 我国约有 19 种, 主要分布于东北、西北等地区^[1]。

蓝刺头属植物是世界传统医药的常用药材, 在我国中医及民族医药中均有所使用。在中医药中, 禹州漏芦是一种传统中药, 从《中国药典》1995 年版起, 到 2015 年版等版本均收录华东蓝刺头 *E. grijsii*

收稿日期: 2017-04-15; 修订日期: 2017-08-16; * 通信联系人, E-mail: kzkt@163.com, zmozou@implad.ac.cn

基金项目: 国家自然科学基金项目(31000160); 新疆科技厅-自治区青年科技创新人才培养工程项目-杰出青年人才培养项目(2013711020); 新疆科技厅-新疆少数民族科技人才特殊培养计划科研项目(201223111); 新疆中医民族医药管理局-自治区中医民族医药人才培养计划项目(Q2015-03-04)

作者简介: 裴迪(1990—), 女, 河南三门峡人, 硕士研究生, 主要从事天然药物化学研究; 波拉提·马卡比力(1976—), 男, 新疆新源人, 研究员, 硕士生导师; 邹忠梅(1964—), 女, 湖北人, 研究员, 博士生导师。

Hance 及蓝刺头 *E. latifolius* Taush. 的干燥根作为禹州漏芦入药. 在蒙医药中, 驴欺口 *E. latifolius* Taush. 的头状花序做药用, 主治骨折, 骨热, 刺痛, 疮疡; 在维吾尔医药中, 新疆蓝刺头 *E. ritro* L. 用于治疗腮腺炎、乳腺炎等; 在哈萨克医药中, 蓝刺头 *E. sphaerocephalus* L. 全草(含根)入药, 主治乳腺炎, 腮腺炎, 痛疮, 肿痛^[2]. 研究表明, 蓝刺头属植物主要含有噻吩、黄酮、萜类(三萜和倍半萜)、生物碱、甾体、脂肪酸及芳香类, 此外还有木脂素、内酯、酰胺及香豆素等化学成分^[3,4], 具有抗肿瘤、抗炎、抗病毒、抗菌杀虫、保肝、降血糖等多种药理活性^[5,6], 具有良好的开发前景.

我国蓝刺头属植物化学成分研究最多的是华东蓝刺头 *E. grijsii* Hance 及蓝刺头 *E. latifolius* Taush., 在新疆分布的 12 种中, 化学成分的研究主要集中于砂蓝刺头 *E. gmelinii* Turcz.、硬叶蓝刺头 *E. ritro* L.、蓝刺头 *E. sphaerocephalus* L. 及大蓝刺头 *E. talassicus* Golosk 等, 其中全缘叶蓝刺头 *E. integrifolius* Kar. et Kir. 主要分布于新疆的青河、富蕴、福海、阿勒泰、布尔津、哈巴河等县市, 还分布于俄罗斯西伯利亚、哈萨克斯坦北部、蒙古西部^[1]. 有报道全缘叶蓝刺头应用于高血压治疗^[7]. 2013 年之前国内外关于全缘叶蓝刺头化学成分及药理活性的研究几乎没有, 自 2013 年始, 陆续有 Senejoux F、孟繁桐、Makabel B 等对其全株及地上部分进行化学成分研究, Karimov U 对其根进行初步的化学成分研究, 共分离到约 31 个化合物, 其中约 23 个为首次从蓝刺头属中分离得到, 包括有蓝刺头属前人没有分到的酰胺类、苯醌类和香豆素类^[7-11]. 因此, 本文对全缘叶蓝刺头的根进行化学成分研究.

1 实验部分

1.1 仪器、试剂与材料

仪器: Bruker AVANCE III500 型核磁共振仪, 德国 Bruker 公司; JY02S 型紫外分析仪, 北京君意设备有限公司; X6 型显微熔点测定仪, 北京泰克仪器有限公司; LTQ Orbitrap XL spectrometer 质谱仪, 美国 Thermo 公司; EYELA N-1100V-WD 型旋转蒸发仪, 日本东京理化器械株式会社; 真空隔膜泵, 德国 ILMVAC 公司; SHB-B 型循环水式真空泵, 郑州长城科工贸有限公司; LC3000 高效液相色谱仪, 北京创新通恒科技有限公司.

试剂: 薄层色谱硅胶(GF254)和柱色谱硅胶(60~100 目、100~200 目、200~300 目及 300~

400 目)均为青岛海洋化工有限公司产品; Sephadex LH-20, 瑞典 GE Health care 公司; 高效液相用甲醇为色谱甲醇, 天津赛孚瑞科技有限公司. 其余试剂均为分析纯, 北京化工厂.

材料: 药材来源为 2011 年 7 月采自新疆阿勒泰, 由新疆阿勒泰地区药品检验所巴哈尔古丽·黄尔汗鉴定为全缘叶蓝刺头(*Echinops integrifolius* Kar. et Kir.).

1.2 提取与分离

植物化学研究过程中, 使用不同体积分数的乙醇将化学成分从植物样品中提取(溶解)出来, 然后采用不同极性的溶剂将提取出的化学成分萃取为几个部分, 实现化学成分的初步分离. 根据极性不同, 采用硅胶柱层析, 将每个部分继续分离为不同极性段, 然后再经过反复硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱、重结晶及制备薄层色谱等分离手段将化学成分分离并最终纯化. 对于一些中高极性的化学成分, 可使用高效液相进行分离纯化.

将全缘叶蓝刺头的干燥根 6.6 kg 粉碎后, 依次用 10 倍量体积分数 95%、50% 的乙醇各提取 2 次, 合并提取液, 滤过, 滤液减压浓缩干燥后得浸膏 568 g. 浸膏加蒸馏水适量混悬, 依次用石油醚、二氯甲烷、乙酸乙酯及正丁醇进行萃取, 得到石油醚部位 81 g, 乙酸乙酯部位 34 g. 取石油醚萃取物 80 g 进行硅胶柱色谱, 石油醚-乙酸乙酯(100:10~0:1)梯度洗脱, 得到 A~J 共 9 个组分. Fr.D 进行硅胶柱色谱, 石油醚-乙酸乙酯(100:0~1:1)梯度洗脱, 得到 5 个组分(Fr.D₁~D₅), Fr.D₃ 经制备薄层色谱纯化得到化合物 1(3 mg). Fr.G 进行硅胶柱色谱, 石油醚-丙酮(100:0~3:1)梯度洗脱, 得到 6 个组分(Fr.G₁~G₆), Fr.G₂ 再经反复的硅胶柱色谱纯化得到化合物 2(11 mg), Fr.H 进行硅胶柱色谱, 石油醚-乙酸乙酯(100:0~0:1)梯度洗脱得到 5 个组分(Fr.H₁~H₅), Fr.H₃ 以石油醚-乙酸乙酯(100:0~0:1)梯度洗脱及重结晶得到化合物 3(105 mg). 乙酸乙酯萃取物进行硅胶柱色谱, 二氯甲烷-甲醇(100:0~0:1)梯度洗脱, 得到 K~Q 共 7 个组分. Fr.K 经 Sephadex LH-20 及半制备 HPLC 等纯化得到化合物 4(8 mg)和化合物 5(3 mg), Fr.L 经 Sephadex LH-20 得到 3 个组分(Fr.L₁~L₃), Fr.L₂ 进行硅胶柱色谱, 石油醚-丙酮(10:1~0:1)梯度洗脱后经半制备 HPLC 等度洗脱制备得到化合物 6(12 mg).

Fr.M经 Sephadex LH-20 得到3个组分(Fr.M₁~M₃), Fr.M₂进行硅胶柱色谱,二氯甲烷-甲醇(25:1~0:1)梯度洗脱得到3个组分(Fr.M₂1~M₂3) Fr.M₂2经 Sephadex LH-20 及半制备 HPLC 等纯化得到化合物7(6 mg).

2 结果与讨论

2.1 结构鉴定

化合物1:黄色粉末, T_{mp} 207 °C~209 °C, 紫外灯 365 nm 下显橘黄色荧光. ¹H-NMR (500 MHz, Chloroform-*d*) 谱显示有12个质子信号: 低场区 δ : 12.32 (1H, s, -OH), 12.13 (1H, s, -OH) 推测是和同一羰基缩合的两个苯环上的羟基质子信号, δ : 7.38 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-5), 6.69 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-7) 推测是苯环上两个间位耦合的氢质子信号, δ : 7.63 (1H, br.s, H-4), 7.09 (1H, br.s, H-2) 推测是两个互为间位的氢质子信号, δ : 3.94 (3H, s, -OCH₃) 推测是连接在苯环上的甲氧基质子信号, δ : 2.45 (3H, s, -CH₃) 是连接在苯环上的甲基质子信号; ¹³C-NMR (125 MHz, Chloroform-*d*) 谱显示16个碳信号: 苯环区含14个碳信号: δ : 190.8 (C-9), 182.1 (C-10), 166.5 (C-6), 165.2 (C-1), 162.5 (C-8), 148.5 (C-3), 135.3 (C-11), 133.2 (C-14), 124.5 (C-2), 121.3 (C-4), 113.7 (C-13), 110.3 (C-12), 108.2 (C-5), 106.8 (C-7), 其中 δ : 190.8, 182.1 为羰基碳信号, 说明是蒽醌类化合物, δ : 166.5, 165.2 及 162.5 是苯环上连氧碳信号, 验证了上述两个羟基一个甲氧基取代的推断, δ : 56.1 为甲氧基碳信号, δ : 22.2 为甲基碳信号, 综合上述信息, 将以上波谱数据与文献[12]报道的大黄素甲醚对照, 基本一致, 故鉴定化合物1为大黄素甲醚.

化合物2:黄色粉末. ¹H-NMR (500 MHz, Chloroform-*d*) 谱中 δ : 5.20 (1H, br.s, H-15a), 5.05 (1H, br.s, H-15b), 4.86 (1H, s, H-14a), 4.77 (1H, s, H-14b) 为烯氢质子信号, δ : 4.03 (1H, t, $J = 9.6$ Hz, H-6) 为连氧碳上的质子信号, δ : 1.16 (3H, d, $J = 7.8$ Hz, H-13) 为甲基质子信号, 其他质子信号 δ : 2.89 (1H, m, H-1), 2.82 (1H, t, $J = 9.0$ Hz, H-5), 2.67 (1H, m, H-11); ¹³C-NMR (125 MHz, Chloroform-*d*) 谱中 δ : 180.1 (C-12) 为羰基碳信号, δ : 151.9 (C-4), 150.2 (C-10), 111.8 (C-14), 109.5 (C-15) 为烯碳信号, δ : 85.3 (C-6) 为连氧碳信号, δ : 37.6 (C-8),

32.6 (C-9), 30.2 (C-3), 29.8 (C-2) 为环烷烃亚甲基碳信号, δ : 11.5 (C-13) 为甲基碳信号, 其他碳信号: δ : 52.3 (C-7), 47.1 (C-1), 45.0 (C-5), 39.5 (C-11), 综合上述信息, 将以上波谱数据与文献[13]报道的(+)-11 α ,13-二氢去氢木香内酯对照, 基本一致, 故鉴定化合物2为(+)-11 α ,13-二氢去氢木香内酯.

化合物3:白色针状结晶(二氯甲烷), T_{mp} 165 °C~167 °C, TLC 遇10%硫酸乙醇(105 °C)显紫红色. Liebermann-Burchard 反应呈阳性. 与豆甾醇标准品在三个溶剂系统下共薄层 R_f 值相同, 且混合熔点不下降, 故鉴定化合物3为豆甾醇.

化合物4:淡黄色结晶(甲醇), T_{mp} 226 °C~227 °C, 紫外灯 254 nm 及 365 nm 下有蓝色荧光, 初步推测可能为香豆素类化合物. ¹H-NMR (500 MHz, Methanol-*d*₄) 谱中 δ : 7.84 (1H, d, $J = 9.4$ Hz, H-4), 6.18 (1H, d, $J = 9.4$ Hz, H-3) 为香豆素基本骨架3,4位质子信号峰, δ : 7.45 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5), 6.79 (1H, dd, $J = 8.5, 2.2$ Hz, H-6), 6.71 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-8) 为 ABX 耦合系统的苯环质子信号. HR-ESI-MS (pos.): m/z 163.0387 [M+H]⁺, 说明其分子量为162. 综合上述信息, 将以上波谱数据与文献[14]报道的7-羟基香豆素对照, 基本一致, 故鉴定化合物4为7-羟基香豆素.

化合物5:淡黄色结晶(甲醇), T_{mp} 203 °C~204 °C, 紫外灯 254 nm 及 365 nm 下有蓝色荧光, 初步推测可能为香豆素类化合物. ¹H-NMR (500 MHz, Methanol-*d*₄) 谱中 δ : 7.85 (1H, d, $J = 9.4$ Hz, H-4), 6.19 (1H, d, $J = 9.4$ Hz, H-3) 为香豆素基本骨架3,4位质子信号峰, δ : 7.10 (1H, s, H-5), 6.76 (1H, s, H-8) 为两个孤立氢信号峰, δ : 3.90 (3H, s, 6-OCH₃) 为甲氧基氢信号峰. HR-ESI-MS (pos.): m/z 215.0314 [M+Na]⁺, 说明其分子量是192. 综合上述信息, 将以上波谱数据与文献[15]报道的东莨菪素对照, 基本一致, 故鉴定化合物5为东莨菪素.

化合物6:白色结晶(甲醇), T_{mp} 213 °C~214 °C, 紫外灯 254 nm 下有暗斑, 365 nm 下无荧光, 10%硫酸乙醇(105 °C)不显色. ¹H-NMR (500 MHz, Methanol-*d*₄) 谱中 δ : 7.88 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2,6), 6.82 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3,5) 为对位取代苯环的特征信号; ¹³C-NMR (125 MHz, Methanol-*d*₄) 谱中 δ : 170.2 (-COOH) 为

羧基碳信号, δ : 163.3 (C-4), 133.0 (C-2, 6), 122.8 (C-1), 116.0 (C-3, 5) 为 6 个芳香碳信号, 综合上述信息, 将以上波谱数据与文献[16]报道的对羟基苯甲酸对照, 基本一致, 故鉴定化合物 6 为对羟基苯甲酸。

化合物 7: 白色粉末, T_{mp} 206 °C ~ 207 °C, 紫外灯 365 nm 下有蓝色荧光。¹H-NMR (500 MHz, Methanol-*d*₄) 谱中 δ : 7.90 (1H, d, J = 9.5 Hz, H-4), 6.29 (1H, d, J = 9.5 Hz, H-3) 为香豆素基本骨架 3, 4 位质子信号峰, δ : 7.57 (1H, d, J = 9.2 Hz, H-5), 7.09 (1H, d, J = 9.0 Hz, H-6), 7.08 (1H, s, H-8) 为苯环上的质子信号, δ : 5.04 (1H, d, J = 7.5 Hz, H-1') 为葡萄糖基上的端基质子信号, δ : 3.91 (1H, dd, J = 12.1, 2.3 Hz, H-6'a), 3.71 (1H, dd, J = 12.0, 5.7 Hz, H-5'), 3.46 ~ 3.55 (3H, m, H-2', 3', 6' b), 3.38 ~ 3.42 (1H, m, H-4') 为葡萄糖基上的质子信号; ¹³C-NMR (125 MHz, Methanol-*d*₄) 谱中 δ : 163.1 (C-2) 为羧基碳信号, δ : 162.2 (C-7), 156.7 (C-9), 145.6 (C-4), 130.4 (C-5), 115.3 (C-6), 115.2 (C-10), 114.3 (C-3), 105.0 (C-8) 为四对双键碳信号, δ : 101.9 (C-1'), 78.4 (C-3'), 77.9 (C-5'), 74.8 (C-2'), 71.3 (C-4'), 62.5 (C-6') 为葡萄糖基上的六个碳信号, 综合上述信息, 将以上波谱数据与文献[17]报道的茵芋苷对照, 基本一致, 故鉴定化合物 7 为茵芋苷。

2.2 讨论

参考文献:

- [1] 新疆植物志编辑委员会. 新疆植物志(第五卷)[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1999: 237-245.
Commissione Redactorum Elorae Xinjiangensis. Flora Xinjiang(Tomus 5)[M]. Urumqi: Xinjiang Science & Technology & Hygiene Publishing House, 1999: 237-245.
- [2] 帕尔哈提·柔孜, 波拉提·马卡比力, 吾古力汗·努尔哈别克, 等. 蓝刺头属植物在我国传统医药中的应用与研究概况[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(19): 3865-3869.
ROZI P, MAKABEL B, NURHABEK U, et al. Overview of application and research of *Echinops* genus in Chinese medicine[J]. China Journal of Chinese Medica, 2014, 39(19): 3865-3869.
- [3] 李媛, 波拉提·马卡比力, 贾晓光, 等. 蓝刺头属植物化学成分研究概况[J]. 中国现代中药, 2013, 15(7): 563-568.
LI Yuan, MAKABEL Bolat, JIA Xiaoguang, et al. Review of chemical constituents from *Echinops* genus[J]. Modern Chinese Medicine, 2013, 15(7): 563-568.
- [4] SANDJO L P, KUETE V, SIWE X N, et al. Cytotoxicity of an unprecedented brominated oleanolide and a new furoceramide from the Cameroonian spice, *Echinops giganteus*[J]. Natural Product Research, 2016, 30(22): 2529-2537.
- [5] 李媛, 波拉提·马卡比力, 贾晓光, 等. 蓝刺头属植物生物活性研究进展[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(3): 530-534.
LI Yuan, MAKABEL B, JIA Xiaoguang, et al. Study on the biological activities of *Echinops* genus[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2013, 50(3): 530-534.
- [6] 杨斌, 萨茹丽, 刘敏, 等. 蓝刺头花架水提物的降血糖作用研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015, 43(6): 47-51.
YANG Bin, SA Ruli, LIU Min, et al. Anti-hyperglycemic activity of water extract from *Echinops latifolius* Tausch blossoms.[J]. Journal of Northwest A&F University(Nat Sci Ed), 2015, 43(6): 47-51.

化合物 1 具有多种药理作用, 文献报道主要涉及对缺血、缺氧脑损伤或缺血-再灌注脑损伤的神经保护活性, 其化学修饰后的衍生物也具有抗肿瘤活性^[18]。化合物 2 为倍半萜内酯, 天然来源的倍半萜内酯在菊科植物中分布最为广泛, 其中有些化合物具有抗肿瘤等多种生物活性, 陈进军等^[19]研究表明二氢去氢木香内酯在高浓度(100 μ mol/L)下对子宫颈癌细胞和人脑胶质瘤细胞的增殖具有中等程度的抑制作用。化合物 4、5 和 7 为香豆素类化合物, 在蓝刺头属植物中, 均只在该种被发现, 因其具有多种生物活性及荧光性能而被广泛应用在医药、燃料和光学材料领域; 化合物 5 具有抗肿瘤、防治高尿酸血症、抗炎、镇痛、降血压及解痉等广泛的药理活性, 由于其天然来源量低, 价格昂贵, 故而有人工合成以用于深入研究^[20]; 化合物 7 具有治疗肾功能不全方面的活性, 与 Benazepril 和 Losartan 等进口、价格昂贵及毒副作用较大等治疗肾功能不全的药物具有相似功效, 但是其在植物中含量有限, 提取分离成本高, 薛清春等^[21]设计并实现了其的化学合成。

3 结论

本实验从全缘叶蓝刺头的根部分离得到 7 个化合物, 其中化合物 6 为首次从全缘叶蓝刺头中分离得到, 化合物 1、2、5 和 7 为首次从蓝刺头属中分离得到。本项工作丰富了蓝刺头属的化学成分, 增加了化学成分的天然来源, 为后续的活性研究及化合物的衍生化奠定了物质基础。

- [7] SENEJOUX F, DEMOUGEOT C, KARIMOV U, et al. Chemical constituents from *Echinops integrifolius*. [J]. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2013, 47: 42-44.
- [8] KARIMOV U, AISA H A. Identification lactone and DBP from the *Echinops integrifolius* [C]// X Symposium Chemistry of Natural Compounds. 2013.
- [9] KARIMOV U, AISA H A. Chemical components of the roots *Echinops integrifolius* [C]// X Symposium Chemistry of Natural compounds. 2013.
- [10] 孟繁桐, 谭成玉, 波拉提·马卡比力, 等. 新疆全缘叶蓝刺头的化学成分研究[J]. *中国药学杂志*, 2014, 49(7): 539-542.
MENG Fantong, TAN Chengyu, MAKABEL B, et al. Study on chemical constituents of *Echinops integrifolius* [J]. *Chinese Pharmacy Journal*, 2014, 49(7): 539-542.
- [11] MAKABEL B, BAYSANB A, TAN Chengyu, et al. Chemical constituents from the aerial parts of *Echinops integrifolius* [J]. *KazNU Bulletin. Ecology series*. 2014, 40(1/2): 144-147.
- [12] 吴希, 夏厚林, 黄立华, 等. 香附化学成分研究[J]. *中药材*, 2008, 31(7): 990-992.
WU Xi, XIA Houlin, HUANG Lihua, et al. Study on the chemical constituents of *Rhizoma Cyperi* [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2008, 31(7): 990-992.
- [13] 申毅, 邹建华, 马英丽, 等. 雪莲内酯类成分的研究[J]. *中国中药杂志*, 2009, 34(24): 3221-3224.
SHEN Yi, ZOU Jianhua, MA Yingli, et al. Lactone constituents of *Saussurea involucreata* [J]. *China Journal of Chinese Medicine*, 2009, 34(24): 3221-3224.
- [14] 林福娣, 骆党委, 叶静, 等. 白苞蒿化学成分研究(II) [J]. *中国中药杂志*, 2014, 39(13): 2531-2535.
LIN Fudi, LUO Dangwei, YE Jing, et al. Chemical constituents of *Artemisia lactiflora* (II) [J]. *China Journal of Chinese Medicine*, 2014, 39(13): 2531-2535.
- [15] 徐博, 金英今, 王一涵, 等. 葎草茎叶化学成分研究[J]. *中草药*, 2014, 45(9): 1228-1231.
XU Bo, JIN Yingjin, WANG Yihan, et al. Chemical constituents from stems and leaves of *Humulus scandens* [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2014, 45(9): 1228-1231.
- [16] 肖扬, 王立波, 金刚, 等. 无梗五加果酚酸类化学成分的研究[J]. *中国药物化学杂志*, 2012, 22(3): 223-226.
XIAO Yang, WANG Libo, JIN Gang, et al. Studies on phenolic acid constituents of *Acanthopanax sessiliflorus* fruits [J]. *Chinese Journal of Medicinal Chemistry*, 2012, 22(3): 223-226.
- [17] 王毓杰, 谭荣, 周礼仕, 等. 长毛风毛菊中苯丙素类化学成分研究[J]. *中药材*, 2015, 38(1): 101-103.
WANG Yujie, TAN Rong, ZHOU Lishi, et al. Phenylpropanoids from *Saussureae hieracioides* [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2015, 38(1): 101-103.
- [18] 童妍, 金钊. 大黄素甲醚的药理作用研究进展[J]. *中华中医药学刊*, 2015, 33(4): 938-940.
TONG Yan, JIN Zhao. Research progress of pharmacological effect of physcion [J]. *Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine*, 2015, 33(4): 938-940.
- [19] 陈进军, 王思明, 李存芳, 等. 冷蒿中五种倍半萜内酯化合物抑制人肿瘤细胞增殖活性及构效关系研究[J]. *中药药理与临床*, 2011, 27(2): 24-26.
CHEN Jinjun, WANG Siming, LI Cunfang, et al. Studies of sesquiterpenoids from *Artemisia frigida* on the anti-growth activity of human tumor cell lines [J]. *Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica*, 2011, 27(2): 24-26.
- [20] 魏丽娟, 周金培, 戴岳. 天然产物东莨菪素的研究进展[J]. *海峡药学*, 2009, 21(4): 10-13.
WEI Lijuan, ZHOU Jinpei, DAI Yue. Progress in the study of natural product scopolin [J]. *Strait Pharmaceutical Journal*, 2009, 21(4): 10-13.
- [21] 薛清春. 远志属植物瓜子金根的化学成分研究及茵芋苷的合成研究[D]. 北京: 中国协和医科大学, 2009.
XUE Qingchun. Studies on the chemical constituents of the roots of *Polygala aponica* Houtt. of *Polygala* L. and the synthesis of skimmianin [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2009.

责任编辑: 张建设