

黑骨藤化学成分及其体外抗肿瘤活性研究

杨振华^{1,2}, 于瑞雪^{1*}, 宁飘飘³

(1. 平顶山学院, 河南 平顶山 467000; 2. 平顶山新华区和平路社区卫生服务站, 河南 平顶山 467000; 3. 平顶山学院第一附属医院, 河南 平顶山 467000)

摘要: 目的 研究黑骨藤化学成分及其体外抗肿瘤活性。方法 采用硅胶、Sephadex LH-20 进行分离纯化, 根据理化性质及波谱数据鉴定所得化合物的结构。采用 MTT 法评价体外抗肿瘤活性。结果 从中分离得到 24 个化合物, 分别鉴定为 lysidicichin (1)、fraxidin (2)、methoxylatifolone (3)、柯里拉京 (4)、ligballinol (5)、6-dehydroprogesterone (6)、anomallenodiol (7)、mustakone (8)、eupatoricacid (9)、和厚朴酚 (10)、methyl 4-hydroxybenzoate (11)、5, 6, 7, 8-四甲基香豆素 (12)、6, 7-二甲氧基香豆素 (13)、5, 6, 7, 4'-四甲氧基黄酮 (14)、2, 3, 2'', 3''-四氢穗花杉双黄酮 (15)、sequoiavone (16)、isocubebin (17)、isoquercitrin (18)、mellein (19)、pistaciamide (20)、软木三萜酮 (21)、daucosterol (22)、berchemol (23)、confluentin (24)。化合物 18 对肺癌细胞 NCI-H596 的 IC₅₀ 值为 (27.41 ± 3.36) μmol/L。结论 化合物 1~24 均为首次从黑骨藤中分离得到。化合物 18 具有良好的体外抗肿瘤活性。

关键词: 黑骨藤; 化学成分; 分离鉴定; 抗肿瘤活性

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2025)09-2942-08

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2025.09.018

Chemical constituents from *Periploca forrestii* and their antitumor activity *in vitro*

YANG Zhen-hua^{1,2}, YU Rui-xue^{1*}, NING Piao-piao³

(1. Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China; 2. Pingdingshan Community Health Service Station of Heping Road, Xinhua District, Pingdingshan 467000, China; 3. The First Affiliated Hospital of Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China)

ABSTRACT: **AIM** To study the chemical constituents from *Periploca forrestii* Schltr and their antitumor activity *in vitro*. **METHODS** Silica gel and Sephadex LH-20 were used for isolation and purification, then the structures of obtained compounds were identified by physicochemical properties and spectral data. The *in vitro* antitumor activity was evaluated by MTT method. **RESULTS** Twenty-four compounds were isolated and identified as lysidicichin (1), fraxidin (2), methoxylatifolone (3), corilagin (4), ligballinol (5), 6-dehydroprogesterone (6), anomallenodiol (7), mustakone (8), eupatoricacid (9), honokiol (10), methyl 4-hydroxybenzoate (11), 5, 6, 7, 8-tetramethoxycoumarin (12), 6, 7-dimethoxycoumarin (13), 5, 6, 7, 4'-tetramethoxyflavone (14), 2, 3, 2'', 3''-tetrahydrospirotaxone (15), sequoiavone (16), isocubebin (17), isoquercitrin (18), mellein (19), pistaciamide (20), suberoyltrigone (21), daucosterol (22), berchemol (23), confluentin (24). The IC₅₀ value of compound 18 for lung cancer cell NCI-H596 was (27.41 ± 3.36) μmol/L. **CONCLUSION** Compounds 1-24 are isolated from *P. forrestii* for the first time. Compound 18 has good antitumor activity *in vitro*.

KEY WORDS: *Periploca forrestii* Schltr; chemical composition; isolation and identification; antitumor activity

收稿日期: 2025-03-03

基金项目: 河南省高等学校重点科研项目 (25A180026)

作者简介: 杨振华 (1983—), 男, 硕士, 主治医师, 从事中医药抗肿瘤研究。Tel: 13937520347, E-mail: hns666king@163.com

* 通信作者: 于瑞雪 (1983—), 女, 硕士, 副教授, 从事天然产物药理学研究。Tel: (0375) 85536124, E-mail: hzzyy777@126.com

黑骨藤为萝藦科杠柳属植物黑龙骨 *Periploca forrestii* Schltr 的根或全株, 又称乌骨草、飞仙藤, 被称为“万藤之王”^[1], 性温, 味苦, 有小毒, 具有消痈排毒、祛风除湿、活血通络功效, 可用于治疗乳痈、疮痈肿毒、瘰疬、风湿痹痛、脓成不溃、跌打损伤等^[2]。黑骨藤广泛分布于河南、河北、贵州、浙江、云南等地, 主要化学成分为强心苷类、甾体类、香豆素类、蒽醌类、神经酰胺类、苯丙素类、黄酮类、挥发油类^[3], 具有抗肿瘤、抗炎、镇痛、调节免疫、强心等药理活性^[4]。梁勇等^[5]研究显示, 黑骨藤提取物对造血干细胞恶性肿瘤细胞株 K562 具有良好的抑制活性, 抑制率高达 60%~80%。为探求黑骨藤抗肿瘤活性的物质基础, 本实验对黑骨藤提取物进行分离纯化, 鉴定出 24 个化合物, 现报道如下。

1 材料

ICPMS-2040 高分辨质谱仪 (日本 Shimadzu 公司); EFT-90 核磁共振波谱仪 (美国 Anasazi 公司); Hei-VAP 旋转蒸发仪 (德国 Heidolph 公司); EX125ZH 分析天平 (美国 OHAUS 公司); AS310.X2 电子天平 (波兰 Radwag 公司); DHA1000 超声清洗仪 (美国 Branson 公司); Endosonic 旋转蒸发器 (英国 KeyMed 公司); BB6 恒温电热水浴锅 (德国 Bandelin 公司); EnVision 酶联免疫检测仪 (英国 Revvity 公司)。柱色谱硅胶 (青岛海洋化有限公司); SephadexLH-20 (瑞典 GE Healthcare 公司)。噻唑蓝 (MTT, 荷兰 Duchefa 公司); 二甲基亚砜 (DMSO, 德国 Sigma Aldrich 公司); 其他试剂均为分析纯。

黑骨藤采自河南省巩义市, 由平顶山学院于瑞雪副教授鉴定为黑龙骨 *Periploca forrestii* Schltr 的全株。食管鳞癌细胞株 ECA109、肺癌细胞株 NCI-H596、宫颈癌细胞株 HCC-94、卵巢癌细胞株 SKOV-3 购自上海榕柏生物技术有限公司。

2 提取与分离

取黑骨藤 20.6 kg, 用 95% 乙醇回流提取 3 次, 减压浓缩得浸膏 1.87 kg。将浸膏混悬于水中, 依次用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取, 分别减压浓缩得浸膏。

石油醚部位浸膏 (237.4 g) 经硅胶柱分离, 以石油醚-乙酸乙酯 (90 : 10~20 : 80) 梯度洗脱, 得 Fr. A1~Fr. A7。Fr. A1 (18.6 g) 经硅胶柱分离, 以正己烷-丙酮 (80 : 20~20 : 80) 梯度洗脱, 得 Fr. A1-1 ~ Fr. A1-8, Fr. A1-3 (253.4 mg) 经

Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **1** (21 mg); Fr. A1-4 (182.7 mg) 经反复结晶, 得化合物 **6** (23 mg); Fr. A1-7 (191.3 mg) 经硅胶柱分离, 以正己烷-丙酮 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **3** (20 mg)、**4** (21 mg)。Fr. A3 (27.2 g) 经硅胶柱分离, 以正己烷-丙酮 (80 : 20~20 : 80) 梯度洗脱, 得 Fr. A3-1~Fr. A3-8, Fr. A3-2 (156.1 mg) 经 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **2** (18 mg); Fr. A3-4 (126.4 mg) 经硅胶柱分离, 以正己烷-丙酮 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **7** (23 mg)。

乙酸乙酯部位浸膏 (273.1 g) 经硅胶柱分离, 以正己烷-正丁醇 (90 : 10~20 : 80) 梯度洗脱, 得 Fr. B1~Fr. B8。Fr. B2 (23.1 g) 经硅胶柱分离, 以正己烷-正丁醇 (80 : 20~20 : 80) 梯度洗脱, 得 Fr. B2-1~Fr. B2-7, Fr. B2-2 (191.6 mg) 经硅胶柱分离, 以正己烷-正丁醇 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **8** (23 mg); Fr. B2-4 (207.8 mg) 经 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **20** (26 mg)、**21** (21 mg); Fr. B2-6 (184.2 mg) 经硅胶柱分离, 以正己烷-正丁醇 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **12** (18 mg)。Fr. B4 (31.5 g) 经硅胶柱分离, 以正己烷-正丁醇 (80 : 20~20 : 80) 梯度洗脱, 得 Fr. B4-1~Fr. B4-8, Fr. B4-2 (132.8 mg) 经硅胶柱分离, 以正己烷-丙酮 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **18** (21 mg)、**19** (21 mg); Fr. B4-4 (119.5 mg) 经硅胶柱分离, 以正己烷-丙酮 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **5** (29 mg); Fr. B4-5 (153.4 mg) 经 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **9** (19 mg)。Fr. B6 (24.6 g) 经硅胶柱分离, 以正己烷-正丁醇 (80 : 20~20 : 80) 梯度洗脱, 得 Fr. B6-1~Fr. B6-5, Fr. B6-3 (112.6 mg) 经硅胶柱分离, 以正己烷-丙酮 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **13** (25 mg)、**14** (21 mg); Fr. B6-5 (103.4 mg) 经硅胶柱分离, 以正己烷-丙酮 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **24** (19 mg)。

正丁醇部位浸膏 (221.5 g) 经硅胶柱分离, 以正己烷-甲醇 (90 : 10~20 : 80) 梯度洗脱, 得 Fr. C1~Fr. C7。Fr. C3 (20.5 g) 经硅胶柱分离, 以正己烷-甲醇 (80 : 20~20 : 80) 梯度洗脱, 得 Fr. C3-1~Fr. C3-8, Fr. C3-3 (114.6 mg) 经硅胶柱分离, 以正己烷-甲醇 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **10** (21 mg)、**11** (21 mg); Fr. C3-5 (162.8 mg) 经 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **15** (22 mg)。Fr. C5 (27.4 g) 经硅胶柱分离, 以

正己烷-甲醇 (80 : 20 ~ 20 : 80) 梯度洗脱, 得 Fr. C5-1~Fr. C5-5, Fr. C5-2 (106.4 mg) 经硅胶柱分离, 以正己烷-甲醇 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **22** (19 mg)、**23** (21 mg); Fr. C5-4 (131.5 mg) 经硅胶柱分离, 以正己烷-甲醇 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **17** (23 mg); Fr. C5-5 (102.5 mg) 经 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **16** (20 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 灰色粉末, ESI-MS m/z : 493.1 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.06 (1H, d, $J=11.4$ Hz, H-2), 6.92 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-6), 6.84 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-5), 6.07 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-6), 6.01 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-8), 5.64 (1H, m, H-3), 4.86 (1H, brs, H-2), 3.94 (6H, s, 3, 5-OCH₃), 3.07 (2H, m, H-4)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 127.4 (C-1), 107.4 (C-2), 141.6 (C-3), 142.8 (C-4), 156.1 (C-5), 123.8 (C-6), 143.8 (C-7), 92.7 (C-8), 154.8 (C-9), 127.6 (C-1'), 118.6 (C-2'), 145.7 (C-3'), 139.8 (C-4'), 122.8 (C-5'), 92.6 (C-6'), 55.4 (3-OCH₃), 55.9 (5-OCH₃)。以上数据与文献 [6] 报道基本一致, 故鉴定为 lysidicichin。

化合物 **2**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 245.1 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 8.53 (1H, s, 8-OH), 8.06 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-4), 6.72 (1H, s, H-5), 6.42 (1H, d, $J=11.4$ Hz, H-3), 3.95 (3H, s, 6-OCH₃), 3.81 (3H, s, 7-OCH₃)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 134.5 (C-1), 127.9 (C-2), 109.2 (C-3), 141.8 (C-4), 97.6 (C-5), 137.2 (C-6), 132.5 (C-7), 131.9 (C-8), 134.9 (C-9), 112.7 (C-10), 54.5 (6-OCH₃), 57.2 (7-OCH₃)。以上数据与文献 [7] 报道基本一致, 故鉴定为 fraxidin。

化合物 **3**: 棕色粉末, ESI-MS m/z : 261.0 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 6.97 (1H, s, H-6), 5.87 (2H, s, H-2), 4.02 (3H, s, 4-OCH₃), 3.72 (3H, s, 7-OCH₃), 3.14 (2H, q, $J=5.6$ Hz, H-2'), 0.95 (3H, t, $J=5.6$ Hz, H-3')。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 140.9 (C-1), 101.5 (C-2), 141.3 (C-3), 132.5 (C-4), 124.1 (C-5), 109.1 (C-6), 137.5 (C-7), 194.2 (C-1'), 37.2 (C-2'), 13.2 (C-3'), 57.8 (4-OCH₃), 56.8

(7-OCH₃)。以上数据与文献 [8] 报道基本一致, 故鉴定为 methoxylatifolone。

化合物 **4**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 261.0 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.13 (2H, s, H-2', 6'), 6.62 (1H, s, H-2''), 6.51 (1H, s, H-2''), 6.08 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-1), 5.1~4.3 (6H, H-2~6)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 91.2 (C-1), 72.3 (C-2), 78.1 (C-3), 60.3 (C-4), 77.5 (C-5), 64.1 (C-6), 119.1 (C-1'), 97.6 (C-2'), 142.1 (C-3'), 141.3 (C-4'), 142.1 (C-5'), 97.6 (C-6'), 165.1 (C-7'), 113.5 (C-1''), 124.2 (C-2''), 107.1 (C-3''), 143.1 (C-4''), 134.1 (C-5''), 137.1 (C-6''), 153.2 (C-7''), 113.1 (C-1'''), 124.1 (C-2'''), 103.1 (C-3''')。以上数据与文献 [9] 报道基本一致, 故鉴定为柯里拉京。

化合物 **5**: 黄色油状物, ESI-MS m/z : 321.3 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.23 (4H, d, $J=11.4$ Hz, H-2, 2', 6, 6'), 6.83 (4H, d, $J=11.4$ Hz, H-3, 3', 5, 5'), 4.71 (2H, d, $J=5.6$ Hz, H-7, 7'), 4.23 (2H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-9a, 9'a), 3.63 (2H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-9 β , 9' β), 2.96 (2H, m, H-8, 8')。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 131.5 (C-1), 126.3 (C-2), 115.1 (C-3), 155.1 (C-4), 117.1 (C-5), 125.2 (C-6), 86.1 (C-7), 56.1 (C-8), 73.1 (C-9), 131.5 (C-1'), 126.3 (C-2'), 115.1 (C-3'), 155.1 (C-4'), 117.1 (C-5'), 125.2 (C-6'), 86.1 (C-7')。以上数据与文献 [10] 报道基本一致, 故鉴定为 ligballinol。

化合物 **6**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 335.2 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 6.51 (2H, s, H-6, 7), 5.72 (1H, s, H-4), 2.63 (2H, m, H-2), 2.37 (1H, m, H-17), 2.26 (3H, s, H-21), 2.03 (1H, m, H-8), 1.81 (3H, m, H-1a, 12a, 16a), 1.71 (1H, m, H-15a), 1.57 (1H, m, H-1 β), 1.46 (1H, m, H-11a), 1.24 (4H, m, H-11 β , 12 β , 15 β , 16 β), 1.15 (2H, m, H-9, 14), 1.07 (3H, s, H-19), 0.82 (3H, s, H-18)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 35.6 (C-1), 37.2 (C-2), 176.2 (C-3), 116.2 (C-4), 161.5 (C-5), 127.4 (C-6), 132.6 (C-7), 38.5 (C-8), 48.2 (C-9), 37.2 (C-10), 21.5 (C-11), 39.1 (C-12), 45.1 (C-13), 54.2 (C-14), 23.1 (C-15), 22.7

(C-16), 65.1 (C-17), 15.1 (C-18), 17.1 (C-19), 187.2 (C-20), 32.5 (C-21)。以上数据与文献 [11] 报道基本一致, 故鉴定为 6-dehydroprogesterone。

化合物 7: 白色针晶, ESI-MS m/z : 261.1 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 4.12 (1H, s, H-4), 2.61 (1H, m, H-6), 2.49 (1H, m, H-8 β), 2.47 (2H, m, H-1 β , 8a), 2.18 (2H, m, H-1a, 11), 1.95 (2H, m, H-7), 1.65 (1H, m, H-2 β), 1.58 (1H, m, H-2a), 1.31 (3H, s, 15-CH₃), 1.12 (3H, d, $J=11.4$ Hz, 13-CH₃), 0.95 (3H, d, $J=11.4$ Hz, 12-CH₃)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 22.4 (C-1), 32.6 (C-2), 71.4 (C-3), 75.2 (C-4), 159.7 (C-5), 43.4 (C-6), 24.1 (C-7), 37.1 (C-8), 187.2 (C-9), 132.1 (C-10), 29.4 (C-11), 23.5 (C-12), 20.2 (C-13), 26.1 (C-14)。以上数据与文献 [12] 报道基本一致, 故鉴定为 anomallenodiol。

化合物 8: 白色油状物, ESI-MS m/z : 241.2 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 5.81 (1H, m, H-3), 2.73 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-1), 3.02 (1H, s, H-6), 1.93 (1H, m, H-5), 1.87 (3H, s, 14-CH₃), 1.72 (1H, m, H-9 β), 1.68 (3H, m, H-7, 8 β , 9a), 1.47 (2H, m, H-8a, 11), 0.85 (3H, s, 15-CH₃), 0.73 (6H, d, $J=5.6$ Hz, 12, 13-CH₃)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 58.1 (C-1), 193.2 (C-2), 117.6 (C-3), 163.8 (C-4), 57.2 (C-5), 55.3 (C-6), 47.1 (C-7), 23.5 (C-8), 37.1 (C-9), 58.4 (C-10), 32.8 (C-11), 20.6 (C-12), 22.9 (C-13), 23.7 (C-14), 24.2 (C-15)。以上数据与文献 [13] 报道基本一致, 故鉴定为 mustakone。

化合物 9: 白色粉末, ESI-MS m/z : 493.1 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 5.31 (1H, t, $J=11.4$ Hz, H-12), 3.19 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-3), 2.93 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-18), 1.18 (2H, s, H-28), 1.07 (3H, s, H-27)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 38.1 (C-1), 29.1 (C-2), 80.3 (C-3), 40.1 (C-4), 56.1 (C-5), 19.5 (C-6), 33.5 (C-7), 41.2 (C-8), 49.1 (C-9), 39.1 (C-10), 24.6 (C-11), 123.1 (C-12), 135.8 (C-13), 42.5 (C-14), 29.1 (C-15), 24.2 (C-16), 47.2 (C-17), 43.8 (C-18), 45.1 (C-19), 29.1 (C-20), 34.1 (C-21), 33.2 (C-

22), 29.1 (C-23), 16.1 (C-24), 18.2 (C-25), 18.4 (C-26), 27.1 (C-27), 31.2 (C-28), 34.1 (C-29), 24.1 (C-30), 183.5 (28-COOH)。以上数据与文献 [14] 报道基本一致, 故鉴定为 eupatoricacid。

化合物 10: 红棕色粉末, ESI-MS m/z : 489.3 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.43 (1H, m, H-6), 7.41 (1H, m, H-2), 6.94 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-4'), 6.91 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-6'), 6.83 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-5), 6.72 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-3'), 5.82 (1H, m, H-8), 5.73 (1H, m, H-8'), 5.07 (2H, m, H-9), 5.01 (2H, m, H-9'), 3.31 (2H, d, $J=6.5$ Hz, H-7), 3.27 (2H, d, $J=6.5$ Hz, H-7')。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 124.8 (C-1), 114.5 (C-2), 134.8 (C-3), 155.1 (C-4), 115.4 (C-5), 129.1 (C-6), 36.1 (C-7), 135.2 (C-8), 118.1 (C-9), 126.2 (C-1'), 147.2 (C-2'), 116.8 (C-3'), 131.5 (C-4'), 127.6 (C-5'), 128.1 (C-6'), 41.5 (C-7'), 138.1 (C-8'), 116.8 (C-9')。以上数据与文献 [15] 报道基本一致, 故鉴定为和厚朴酚。

化合物 11: 白色针晶, ESI-MS m/z : 175.1 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.91 (2H, d, $J=11.4$ Hz, H-2, 6), 7.03 (2H, d, $J=11.4$ Hz, H-3, 5), 4.02 (3H, s, 1-OCH₃)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 115.6 (C-1), 118.6 (C-2), 117.5 (C-3), 164.1 (C-4), 117.5 (C-5), 118.6 (C-6), 53.1 (1-OCH₃)。以上数据与文献 [16] 报道基本一致, 故鉴定为 methyl 4-hydroxybenzoate。

化合物 12: 白色粉末, ESI-MS m/z : 289.1 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.75 (1H, d, $J=11.4$ Hz, H-4), 6.53 (1H, d, $J=11.4$ Hz, H-3), 4.37 (3H, s, 5-OCH₃), 4.08 (3H, s, 7-OCH₃), 4.05 (3H, s, 6-OCH₃), 4.01 (3H, s, 8-OCH₃)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 131.6 (C-1), 153.2 (C-2), 113.8 (C-3), 135.1 (C-4), 143.1 (C-5), 145.1 (C-6), 143.1 (C-7), 137.1 (C-8), 142.1 (C-9), 108.2 (C-10), 61.5 (5-OCH₃), 60.3 (6-OCH₃), 61.8 (7-OCH₃), 60.2 (8-OCH₃)。以上数据与文献 [17] 报道基本一致, 故鉴定为 5, 6, 7, 8-四甲基香豆素。

化合物 13: 白色粉末, ESI-MS m/z : 229.1 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.57

(1H, d, $J=11.4$ Hz, H-4), 7.13 (1H, s, H-8), 7.06 (1H, s, H-5), 6.31 (1H, d, $J=11.4$ Hz, H-3), 4.28 (3H, s, 7-OCH₃), 4.01 (3H, s, 6-OCH₃)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 109.4 (C-1), 143.5 (C-2), 112.1 (C-3), 142.1 (C-4), 107.1 (C-5), 147.1 (C-6), 151.9 (C-7), 99.6 (C-8), 143.5 (C-9), 108.1 (C-10), 54.2 (6-OCH₃), 55.1 (7-OCH₃)。以上数据与文献 [18] 报道基本一致, 故鉴定为 6, 7-二甲氧基香豆素。

化合物 14: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 365.1 [M+Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.92 (2H, d, $J=5.6$ Hz, H-2', 6'), 7.17 (1H, s, H-8), 6.93 (2H, d, $J=11.4$ Hz, H-3', 5'), 6.65 (1H, s, H-3), 4.05 (3H, s, 5-OCH₃), 3.91 (3H, s, 6-OCH₃), 3.74 (3H, s, 7-OCH₃), 3.53 (3H, s, 4'-OCH₃)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 137.5 (C-1), 154.1 (C-2), 105.8 (C-3), 161.2 (C-4), 154.1 (C-5), 140.1 (C-6), 151.8 (C-7), 98.4 (C-8), 122.8 (C-1'), 126.2 (C-2'), 113.5 (C-3'), 153.2 (C-4'), 113.5 (C-5'), 126.2 (C-6'), 62.4 (5-OCH₃), 59.8 (6-OCH₃), 57.1 (7-OCH₃), 54.9 (4'-OCH₃)。以上数据与文献 [19] 报道基本一致, 故鉴定为 5, 6, 7, 4'-四甲氧基黄酮。

化合物 15: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 565.1 [M+Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 12.31 (1H, s, 5-OH), 12.03 (1H, s, 5''-OH), 7.44~7.42 (4H, m, H-2', 6', 2''', 6'''), 6.91 (1H, d, $J=11.4$ Hz, H-5''), 6.63 (2H, d, $J=11.4$ Hz, H-3''', 5'''), 6.13 (1H, s, H-6''), 6.02 (2H, s, H-6, 8), 5.75 (2H, m, H-2, 2''), 3.51 (2H, m, H-3 α , 3'' α), 2.92 (1H, m, H-3 β), 2.73 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-3'' β)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 86.3 (C-1), 79.1 (C-2), 43.5 (C-3), 181.2 (C-4), 145.8 (C-5), 96.1 (C-6), 153.8 (C-7), 94.2 (C-8), 18.1 (C-9), 142.5 (C-1'), 126.8 (C-2'), 118.2 (C-3'), 141.5 (C-4'), 113.2 (C-5'), 130.2 (C-6'), 69.5 (C-1''), 78.1 (C-2''), 42.6 (C-3''), 173.5 (C-4''), 17.1 (C-5''), 96.1 (C-6''), 157.1 (C-7''), 99.2 (C-8''), 157.2 (C-9''), 131.2 (C-1'''), 129.1 (C-2'''), 113.2 (C-3'''), 158.2 (C-4'''), 113.2 (C-5'''), 129.1 (C-6''')。以上数据与文献 [20] 报道基本一致, 故鉴定为 2, 3, 2'', 3''-四氢穗花杉双黄酮。

化合物 16: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 575.0 [M+Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 12.75 (1H, s, 5''-OH), 11.26 (1H, s, 5-OH), 7.96 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-2'), 7.84 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-6'), 7.43 (2H, d, $J=5.6$ Hz, H-2''', 6'''), 7.08 (1H, d, $J=8.6$ Hz, H-5'), 7.01 (1H, s, H-3), 6.84 (1H, s, H-3''), 6.81 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-8), 6.68 (2H, d, $J=11.4$ Hz, H-3''', 5'''), 6.42 (1H, s, H-6''), 6.25 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-6), 4.13 (3H, s, 7-OCH₃)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 124.6 (C-1), 153.5 (C-2), 92.1 (C-3), 176.2 (C-4), 152.5 (C-5), 85.3 (C-6), 147.2 (C-7), 84.2 (C-8), 145.6 (C-9), 99.5 (C-10), 119.6 (C-1'), 128.3 (C-2'), 127.5 (C-3'), 143.5 (C-4'), 113.5 (C-5'), 128.1 (C-6'), 143.5 (C-1''), 143.8 (C-2''), 90.4 (C-3''), 153.8 (C-4''), 152.1 (C-5''), 87.2 (C-6''), 151.8 (C-7''), 97.1 (C-8''), 112.5 (C-1'''), 121.6 (C-2'''), 112.4 (C-3'''), 157.2 (C-4'''), 112.4 (C-5'''), 121.6 (C-6'''), 55.2 (7-OCH₃)。以上数据与文献 [20] 报道基本一致, 故鉴定为 sequoiavone。

化合物 17: 黄色油状物, ESI-MS m/z : 379.1 [M+Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.03 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-2'), 6.91 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-2), 6.83 (1H, dd, $J=5.6$ Hz, H-5'), 6.81 (1H, brs, H-6), 6.69 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-5), 6.53 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-6'), 6.07 (2H, s, 10-OCH₂O), 5.13 (1H, d, $J=11.4$ Hz, H-7), 4.02 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-9 α), 3.91 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-9 β), 3.72 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-9'a), 3.58 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-9' β), 3.02 (1H, m, H-7' β), 2.76 (1H, m, H-8'), 2.63 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-7'a), 2.27 (1H, m, H-8)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 137.2 (C-1), 107.3 (C-2), 151.3 (C-3), 147.6 (C-4), 107.2 (C-5), 118.3 (C-6), 83.6 (C-7), 53.2 (C-8), 59.3 (C-9), 99.6 (C-10), 136.1 (C-1'), 106.2 (C-2'), 142.6 (C-3'), 146.2 (C-4'), 112.3 (C-5'), 118.3 (C-6'), 34.6 (C-7'), 44.1 (C-8'), 74.6 (C-9'), 103.6 (C-10')。以上数据与文献 [21] 报道基本一致, 故鉴定为 isocubebin。

化合物 18: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 487.1 [M+Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.68

(1H, s, H-2'), 7.43 (1H, d, $J=11.4$ Hz, H-6'), 6.91 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-5'), 6.41 (1H, s, H-8), 6.17 (1H, s, H-6), 5.31 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-1''), 3.87~3.82 (6H, m, H-2''~H-6'')。 $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 150 MHz) δ : 125.3 (C-1), 157.2 (C-2), 134.1 (C-3), 183.2 (C-4), 157.2 (C-5), 99.6 (C-6), 153.2 (C-7), 96.1 (C-8), 157.2 (C-9), 104.2 (C-10), 121.5 (C-1'), 114.6 (C-2'), 151.2 (C-3'), 146.2 (C-4'), 118.1 (C-5'), 120.3 (C-6'), 102.6 (C-1''), 76.1 (C-2''), 77.2 (C-3''), 69.2 (C-4''), 79.1 (C-5''), 63.1 (C-6'')。以上数据与文献 [22] 报道基本一致, 故鉴定为 isoquercitrin。

化合物 19: 棕色粉末, ESI-MS m/z : 201.0 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 600 MHz) δ : 7.67 (1H, t, $J=5.6$ Hz, H-6), 6.53 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-7), 6.51 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-5), 4.82 (1H, m, H-3), 3.05 (2H, d, $J=5.6$ Hz, H-4)。 $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 150 MHz) δ : 163.2 (C-1), 102.1 (C-2), 77.1 (C-3), 35.4 (C-4), 121.5 (C-5), 134.1 (C-6), 117.6 (C-7), 158.1 (C-8), 107.5 (C-9), 142.8 (C-10)。以上数据与文献 [23] 报道基本一致, 故鉴定为 mellein。

化合物 20: 白色块晶, ESI-MS m/z : 244.2 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 600 MHz) δ : 7.91 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-2), 7.73 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-6), 7.02 (1H, d, $J=11.4$ Hz, H3), 3.91 (2H, t, $J=5.6$ Hz, H-5'), 3.13 (2H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-3'), 2.61 (2H, m, H-4')。 $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 150 MHz) δ : 127.1 (C-1), 128.3 (C-2), 118.4 (C-3), 161.3 (C-4), 147.5 (C-5), 130.6 (C-6), 170.2 (C-7), 132.4 (C-1'), 165.6 (C-2'), 31.6 (C-3'), 20.4 (C-4'), 52.1 (C-5')。以上数据与文献 [24] 报道基本一致, 故鉴定为 pistaciamide。

化合物 21: 白色针晶, ESI-MS m/z : 449.1 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 600 MHz) δ : 1.25 (3H, s, 28- CH_3), 1.13 (3H, s, 26- CH_3), 0.97 (3H, s, 27- CH_3), 0.91 (3H, s, 29- CH_3), 0.86 (3H, s, 30- CH_3), 0.76 (3H, d, $J=11.4$ Hz, 23- CH_3), 0.72 (3H, s, 25- CH_3), 0.68 (3H, s, 24- CH_3)。 $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 150 MHz) δ : 23.1 (C-1), 42.5 (C-2), 175.6 (C-3), 63.1 (C-4), 43.7 (C-5), 42.9 (C-6), 19.5 (C-7), 55.1 (C-8), 38.2

(C-9), 61.2 (C-10), 36.4 (C-11), 31.2 (C-12), 39.6 (C-13), 39.1 (C-14), 31.5 (C-15), 37.1 (C-16), 34.2 (C-17), 47.1 (C-18), 37.1 (C-19), 29.1 (C-20), 32.8 (C-21), 40.2 (C-22), 8.5 (C-23), 16.1 (C-24), 19.2 (C-25), 20.1 (C-26), 21.9 (C-27), 31.3 (C-28), 36.2 (C-29), 30.3 (C-30)。以上数据与文献 [25] 报道基本一致, 故鉴定为软木三萜酮。

化合物 22: 白色粉末, ESI-MS m/z : 694.2 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 600 MHz) δ : 5.42 (1H, brs, H-6), 5.02 (2H, t, $J=11.4$ Hz, H-6'), 4.69 (1H, t, $J=5.6$ Hz, H-3'), 4.35 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-1'), 3.71 (1H, m, H-3), 3.64~3.21 (3H, m, H-2', 4', 5'), 1.17 (3H, s, 19- CH_3), 1.03 (3H, d, $J=11.4$ Hz, 21- CH_3), 0.92 (3H, t, $J=11.4$ Hz, 29- CH_3), 0.90 (3H, d, $J=11.4$ Hz, 26- CH_3), 0.83 (3H, d, $J=11.4$ Hz, 27- CH_3), 0.79 (3H, s, 18- CH_3)。 $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 150 MHz) δ : 37.2 (C-1), 30.1 (C-2), 78.2 (C-3), 124.6 (C-4), 137.2 (C-5), 115.2 (C-6), 30.9 (C-7), 32.5 (C-8), 50.1 (C-9), 37.1 (C-10), 21.2 (C-11), 39.1 (C-12), 42.5 (C-13), 57.2 (C-14), 21.4 (C-15), 26.8 (C-16), 53.5 (C-17), 12.5 (C-18), 19.7 (C-19), 36.1 (C-20), 20.1 (C-21), 34.1 (C-22), 23.8 (C-23), 46.2 (C-24), 29.1 (C-25), 18.7 (C-26), 19.1 (C-27), 22.7 (C-28), 13.5 (C-29), 97.3 (C-1'), 75.1 (C-2'), 79.1 (C-3'), 69.3 (C-4'), 78.1 (C-5'), 59.4 (C-6')。以上数据与文献 [26] 报道基本一致, 故鉴定为 daucosterol。

化合物 23: 白色粉末, ESI-MS m/z : 399.1 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 600 MHz) δ : 7.36~7.03 (6H, m, H-2, 2', 5, 5', 6, 6'), 5.18 (1H, s, H-7), 4.15 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-9'a), 4.02 (6H, d, $J=5.6$ Hz, 3, 3'- OCH_3), 3.93 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-9'\beta), 3.82 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-9a), 3.74 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-9\beta), 3.29 (1H, dd, $J=11.4, 5.6$ Hz, H-7'a), 2.73~2.62 (1H, m, H-8'), 2.61~2.56 (1H, m, H-7'\beta)。 $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 150 MHz) δ : 129.1 (C-1), 113.1 (C-2), 147.6 (C-3), 146.1 (C-4), 116.1 (C-5), 120.2 (C-6), 84.2 (C-7), 81.9 (C-8), 63.1 (C-9), 145.1 (C-1'), 112.7 (C-2'), 151.3 (C-3'), 132.8 (C-4'), 109.5 (C-5'), 121.7 (C-

6'), 34.8 (C-7'), 52.4 (C-8'), 72.6 (C-9'), 57.1 (3-OCH₃)。以上数据与文献 [27] 报道基本一致, 故鉴定为 berchemol。

化合物 **24**: 黄色油状物, ESI-MS *m/z*: 349.1 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 6.71 (1H, d, *J* = 5.6 Hz, H-4), 6.35 (1H, s, H-8), 6.09 (1H, s, H-6), 5.76 (1H, d, *J* = 5.6 Hz, H-3), 5.23 (1H, m, H-7'), 5.09 (1H, m, H-3'), 2.51 (3H, s, 13'-CH₃), 2.34 (2H, m, H-2'), 2.13 (2H, m, H-6'), 2.03 (2H, m, H-5'), 1.97 (2H, m, H-11'), 1.91 (3H, s, 9'-CH₃), 1.85 (3H, s, 10''-CH₃), 1.36 (3H, s, 12'-CH₃)。¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 106.2 (C-1), 79.1 (C-2), 125.1 (C-3), 117.1 (C-4), 143.5 (C-5), 109.1 (C-6), 141.2 (C-7), 105.2 (C-8), 40.9 (C-1'), 23.7 (C-2'), 120.7 (C-3'), 137.1 (C-4'), 40.1 (C-5'), 27.1 (C-6'), 122.1 (C-7'), 128.4 (s, C-8'), 26.1 (C-9'), 18.5 (C-10'), 17.1 (C-11'), 28.1 (C-12'), 20.2 (C-13')。以上数据与文献 [28] 报道基本一致, 故鉴定为

confluentin。

4 体外抗肿瘤活性研究

采用 MTT 法^[29]测定所得化合物对食管鳞癌细胞株 ECA109、肺癌细胞株 NCI-H596、宫颈癌细胞株 HCC-94、卵巢癌细胞株 SKOV-3 体外增殖的抑制活性, 以顺铂为阳性药。取对数生长期的 ECA109、NCI-H596、HCC-94、SKOV-3 细胞, 稀释成密度为 6×10⁴/mL 的单细胞混悬液, 接种于 96 孔板, 每孔 100 μL, 置于 37 °C 恒温培养箱中培养 24 h, 分别加入顺铂、化合物 **1**~**14** (5、10、40、80、100 μmol/L), 继续培养 48 h 后, 加入 10 μL MTT 溶液, 培养 12 h, 弃去上清液, 加入 120 μL DMSO 溶液, 通过多功能酶标仪测定光密度, 计算 IC₅₀ 值。结果, 化合物 **6** 对 ECA109、HCC-94 细胞, 化合物 **7** 对 HCC-94 细胞, 化合物 **16**、**21** 对 ECA109、NCI-H596、HCC-94、SKOV-3 细胞, 化合物 **18** 对 ECA109、NCI-H596、SKOV-3 细胞, 化合物 **23** 对 SKOV-3 细胞具有一定的体外增殖抑制活性, 其中化合物 **18** 对 NCI-H596 细胞的抑制活性与顺铂相当 (*P* > 0.05), 见表 1。

表 1 各化合物的 IC₅₀ 值 (μmol/L, $\bar{x} \pm s$, *n* = 3)

Tab. 1 IC₅₀ values of various compounds (μmol/L, $\bar{x} \pm s$, *n* = 3)

化合物	ECA109 细胞	NCI-H596 细胞	HCC-94 细胞	SKOV-3 细胞
1	82.16±7.26*	53.26±5.28*	51.63±4.76*	53.27±4.81*
2	>100*	>100*	73.26±7.63*	>100*
3	>100*	>100*	>100*	>100*
4	53.26±4.96*	76.26±8.15*	62.43±6.59*	>100*
5	>100*	>100*	>100*	>100*
6	41.25±3.53	62.53±7.13*	40.26±3.37*	71.36±5.13*
7	71.64±6.32*	51.26±4.93*	31.43±4.03*	53.42±6.13*
8	>100*	>100*	>100*	>100*
9	>100*	61.28±6.71*	53.28±5.82*	81.26±7.81*
10	>100*	>100*	>100*	>100*
11	64.25±4.93	>100*	53.26±4.91*	83.42±7.16*
12	>100*	>100*	>100*	>100*
13	>100*	>100*	>100*	>100*
14	62.48±7.13*	>100*	81.25±9.13*	62.47±7.12*
15	>100*	>100*	>100*	>100*
16	34.52±3.56	42.53±4.13*	24.25±3.19*	37.26±3.42*
17	>100*	82.36±7.91*	>100*	>100*
18	28.52±3.26*	27.41±3.36	71.42±6.35*	29.35±3.61*
19	72.15±6.82*	>100*	63.17±5.91*	53.26±6.14*
20	>100*	>100*	>100*	>100*
21	53.13±6.02	41.35±5.02*	37.26±4.16*	47.23±4.76*
22	>100*	>100*	>100*	>100*
23	72.36±8.13*	>100*	53.26±6.14*	41.26±5.76*
24	>100*	>100*	>100*	>100*
顺铂	21.64±3.18	29.14±3.51	19.25±3.08	25.43±3.18

注: 与顺铂比较, * *P* < 0.05。

5 讨论

天然植物具有复杂多样的化学结构,已从中发现20多万种化合物。天然化合物往往具有独特的靶点和作用机制,为抗肿瘤新药的筛选提供了丰富的资源库。黑骨藤具有良好的抗肿瘤活性,为了促进其开发利用,本研究对黑骨藤提取物进行分离纯化,得到24个化合物,均为首次从黑骨藤中分离得到,其中化合物**6**、**7**、**16**、**18**、**21**、**23**对肿瘤细胞株具有不同程度的体外抑制活性,化合物**18**对NCI-H596细胞具有良好的体外抑制活性。本研究结果丰富了黑骨藤的药效物质基础,为抑制肿瘤细胞的药物筛选提供了一定参考。

参考文献:

[1] 邱德文,杜江. 中华本草[M]. 贵阳:贵州科技出版社, 2005: 526-527.

[2] 马庆,邹颖,付强. 黑骨藤的化学成分及质量控制研究进展[J]. 广东化工, 2023, 50(5): 112-113; 101.

[3] 祝清灿,邹良梅,孙宜春,等. 黑骨藤药材质量标准提升研究[J]. 亚太传统医药, 2022, 18(11): 38-41.

[4] 孙文娟,龙春芳,龙毅. 黑骨藤的化学成分和药效研究进展[J]. 凯里学院学报, 2021, 39(3): 55-59.

[5] 梁勇,廖颖,张宏,等. 黑骨藤的抗肿瘤活性成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(15): 119-122.

[6] 胡乐诗,谭少丽,朱子云,等. 过岗龙的化学成分研究[J]. 中草药, 2023, 54(20): 6596-6602.

[7] Mfonku A N, Tadjong T A, Kamsu T G, et al. Isolation and characterization of antisalmonellal anthraquinones and coumarins from *Morinda lucida* Benth. (*Rubiaceae*) [J]. *Chem Pap*, 2021, 75(5): 2067-2073.

[8] 麦德尚,陈采欣,曹嘉敏,等. 佛手的化学成分研究[J]. 中草药, 2025, 56(2): 421-429.

[9] 曾雨娴,廖广凤,李金玲,等. 毛草龙化学成分及其细胞毒活性研究[J]. 广西植物, 2024, 44(6): 1195-1204.

[10] 赵碧清,何雨晴,卢辛甜,等. 黄瓜根化学成分分离与鉴定[J]. 湖南中医药大学学报, 2019, 39(8): 1015-1017.

[11] Colombo D, Ferraboschi P, Prestileo P, et al. A comparative molecular modeling study of dydrogesterone with other progestational agents through theoretical calculations and nuclear magnetic resonance spectroscopy[J]. *J Steroid Biochem Mol Biol*, 2006, 98(1): 56-62.

[12] Zan K, Shi S P, Fu Q, et al. New sesquiterpenoids from *Artemisia anomala*[J]. *Helv Chim Acta*, 2010, 93(10): 2000-2006.

[13] 韩建卫,孙延平,杨炳友,等. 香附的化学成分及其体外抗炎活性研究[J]. 中南药学, 2024, 22(2): 322-328.

[14] 王鹏,陈娅,彭兰淳,等. 尖尾芋石油醚部位化学成分及其乳腺癌细胞毒活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2024, 36(1): 72-77.

[15] Yan Y, Liu X, Zhang L X, et al. Chemical constituents from *Dictamnus dasycarpus* Turcz. [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2020, 93(16): 104134-104139.

[16] 曹阳,王继超,孙一涵,等. 欧李化学成分分离与鉴定[J]. 中国药物化学杂志, 2022, 32(7): 522-528.

[17] 张永丽,潘其明,张贵杰,等. 山乌柏茎叶的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(17): 3738-3744.

[18] Bao W, Wang Q H, Hao J S. Structural elucidation of a coumarin with new skeleton from *Artemisia ordosica*[J]. *Rec Nat Prod*, 2019, 13(5): 413-417.

[19] 刘鹏,祝琳琳,靖淑瑾,等. 中药玄参中的2个新生物碱[J]. 药学报, 2022, 57(3): 750-756.

[20] 亢诗雯,杨迎春,刘文琪,等. 薄叶卷柏的化学成分研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2024, 58(5): 599-608.

[21] 范锡玲,曹彦刚,郑晓珂,等. 中麻黄二氯甲烷萃取部位化学成分研究[J]. 药学报, 2024, 59(9): 2574-2580.

[22] 张正宽,杨斐玉,刘怀琴,等. 八月瓜种子的化学成分及其 α -葡萄糖苷酶抑制活性[J]. 现代食品科技, 2024, 40(11): 157-165.

[23] Viridiana M S, Carmen E D, Elena T, et al. Bioactive metabolites from the endophytic fungus *Aspergillus* sp. SPH2[J]. *J Fungi*, 2021, 7(2): 108-109.

[24] Qiu J L, Chen J L, Wei Y H, et al. Chemical constituents from *Lobelia davidii* Franch. and their chemotaxonomic significance[J]. *Biochem Syst Ecol*, 2023, 108(36): 751-762.

[25] 曾瑜,王凯,马健雄,等. 白楸化学成分及其体外抗HBV活性[J]. 中成药, 2021, 43(10): 2712-2718.

[26] 卯升丹,许文,刘东豪,等. 短药蒲桃叶子的化学成分研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2024, 46(4): 759-764.

[27] 廖成斌,李义秀,张旺宾,等. 猫儿屎果实的化学成分研究(II)[J]. 中药材, 2023, 46(7): 1669-1676.

[28] Wang Q F, Ou-Yang J R, Guo T T, et al. Chemical constituents from *Albatrellus confluence* and their chemotaxonomic significance[J]. *Biochem Syst Ecol*, 2024, 114(21): 104831.

[29] Niu X M, Li S H, Li M L, et al. Cytotoxic ent-kaurane diterpenoids from *Isodon eriocalyx* var. *laxiflora*[J]. *Planta Med*, 2002, 68(6): 528-533.