

## 枸骨叶化学成分及其人咽喉复层鳞状上皮细胞抑制活性研究

陈璐璐, 王俊杰\*, 尉瑞  
(河南省中医院, 河南 郑州 450006)

**摘要:** **目的** 研究枸骨叶的化学成分及其对咽喉复层鳞状上皮细胞的抑制活性。**方法** 采用硅胶、Sephadex LH-20 进行分离纯化, 根据理化性质和波谱数据鉴定所得化合物的结构。采用 MTT 法测定化合物对咽喉复层鳞状上皮细胞的抑制活性。**结果** 从中分离得到 24 个化合物, 分别鉴定为 hexadeca-9, 13-dienaeurethylester (1)、taxodione (2)、sinalexin (3)、5, 7-二羟基-2-甲基色原酮 (4)、stercurensin (5)、phenylpropanoid (6)、spathulenol (7)、ursaldehyde (8)、1, 3, 5-三羟基咕吨酮 (9)、morusin hydroperoxide (10)、3, 4-dihydroxy-benzoicacid (11)、salicifoliol (12)、murradiol (13)、6-羟基脱氢松香酸 (14)、羟基二氢博伏内酯 (15)、5, 4'-二羟基-6-甲基-7-甲氧基黄酮 (16)、hydroxyhydrolapacho (17)、iasiodiploclin (18)、二氢-3-外胸膜内酯 (19)、3'-甲氧基木犀草素 (20)、coniferin (21)、sendanin (22)、petasitolone (23)、methoxylatifolone (24)。化合物 3、5、7、10、13、18、21、22 对咽喉复层鳞状上皮细胞的 IC<sub>50</sub> 值为 (82.61±9.72) ~ (152.48±13.81) μmol/L, 其中化合物 18 的抑制活性与西妥昔单抗相当 ( $P>0.05$ )。**结论** 化合物 1~24 均为首次从枸骨叶中分离得到。化合物 3、5、7、10、13、18、21、22 具有咽喉复层鳞状上皮细胞抑制活性。

**关键词:** 枸骨叶; 化学成分; 分离鉴定; 咽喉复层鳞状上皮细胞; 抑制活性

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)02-0485-08

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.02.019

## Chemical constituents of *Ilex cornuta* and their inhibitory activity on human pharyngeal stratified squamous epithelial cells

CHEN Lu-lu, WANG Jun-jie\*, WEI Rui

(Henan Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou 450006, China)

**ABSTRACT:** **AIM** To study the chemical constituents from *Ilex cornuta* Lindl. ex Paxt and their inhibitory activity on human pharyngeal stratified squamous epithelial cells. **METHODS** Separation and purification were performed using silica and Sephadex LH-20, then the structures of obtained compounds were identified by physicochemical properties and spectral data. The inhibitory activity on pharyngeal stratified squamous epithelial cells was determined by MTT assay. **RESULTS** Twenty-four compounds were isolated and identified as hexadeca-9, 13-dienaeurethylester (1), taxodione (2), sinalexin (3), 5, 7-dihydroxy-2-methyltryptophenone (4), stercurensin (5), phenylpropanoid (6), spathulenol (7), ursaldehyde (8), 1, 3, 5-trihydroxyhydroperoxide (9), morusin hydroperoxide (10), 3, 4-dihydroxy-benzoicacid (11), salicifoliol (12), murradiol (13), 6-hydroxy-dehydroabietic acid (14), hydroxy-dihydrobovonolide (15), 5, 4'-dihydroxy-6-methyl-7-methoxy-flavonoids (16), hydroxyhydrolapacho (17), iasiodiploclin (18), dihydro-3-pleurolactone (19), 3'-methoxylutein (20), coniferin (21), sendanin (22), petasitolone (23), methoxylatifolone (24). The IC<sub>50</sub> values of compounds 3, 5, 7, 10, 13, 18, 21, 22 against human pharyngeal stratified squamous epithelial cells were (82.61±9.72) - (152.48±13.81) μmol/L, and the inhibitory activity of compound 18 was similar to that of alendronate sodium ( $P>0.05$ ). **CONCLUSION** Compounds 1-24 are isolated from *I. cornuta* for the first

收稿日期: 2025-08-11

基金项目: 河南省中医药科学研究专项课题 (2022ZY1071)

作者简介: 陈璐璐 (1984—), 女, 硕士, 副主任医师, 研究方向为中西医结合治疗耳鼻咽喉疾病。E-mail: chenlulu333zy@126.com

\* 通信作者: 王俊杰 (1979—), 男, 硕士, 副主任医师, 研究方向为中医药治疗耳鼻咽喉相关疾病。E-mail: hzszyy777@126.com

time. Compounds **3**, **5**, **7**, **10**, **13**, **18**, **21**, **22** have inhibitory activity against pharyngeal stratified squamous epithelial cells.

**KEY WORDS:** *Ilex cornuta* Lindl. ex Paxt.; chemical constituents; isolation and identification; human pharyngeal stratified squamous epithelial cells; inhibitory activity

枸骨叶为冬青科冬青属植物枸骨 *Ilex cornuta* Lindl. ex Paxt. 的干燥叶, 又称功劳叶、狗骨刺、猫儿刺等<sup>[1]</sup>。枸骨叶首载于《本草拾遗》: “枸骨树如杜仲, 木肌白似骨, 故名枸骨”, 广泛分布于河南、山东、福建、广州、云南等地, 主要化学成分为萜类、苯丙素类、黄酮类、脂肪酸类、挥发油类、生物碱类<sup>[2]</sup>, 具有清热利咽、祛风止痛、补益肝肾的功效, 临床上用于治疗咽喉肿痛、头晕目眩、咳嗽喘息、腰膝酸软、骨蒸潮热等<sup>[3]</sup>。现代药理研究显示, 枸骨叶具有抗炎、抗氧化、保护黏膜、抗风湿、营养心肌细胞、抗肿瘤、降血脂、抗溃疡等活性<sup>[4]</sup>。

咽喉复层鳞状上皮细胞是口咽和喉咽部位的保护屏障细胞, 易被炎症和氧化刺激影响。枸骨叶作为传统清热利咽药, 通过调控咽喉复层鳞状上皮细胞的炎症反应、氧化应激及细胞增殖<sup>[5]</sup>, 对其发挥保护作用。本研究对枸骨叶化学成分进行系统的分离纯化, 并测试所得化合物对咽喉复层鳞状上皮细胞的抑制活性, 以期丰富枸骨叶的化学组成, 明确其药效物质基础, 并为其深入的资源开发与临床应用提供参考。

## 1 材料

Versa PS2000 型质谱仪 (德国 JETI 公司); Inova 型核磁共振仪 (美国 Varian 公司); Praxum 224-1CN 型分析天平 (德国 Sartorius 公司); TP-114 型电子天平 (美国 Denver 公司); Teflon-1130 型旋转蒸发仪 (美国 Teflon 公司)。柱色谱硅胶 (青岛海洋化工有限公司); Sephadex LH-20 凝胶 (瑞典 GE Healthcare 公司)。咽喉复层鳞状上皮细胞 (上海中乔新舟生物科技有限公司)。噻唑蓝 (MTT, 美国 MedChemExpress 公司); 二甲基亚砜 (DMSO, 美国 Amresco 公司); 西妥昔单抗 (石药集团欧意药业有限公司)。提取分离试剂为分析纯。

枸骨叶购于河南省禹州中药材市场, 经河南中医药大学第二附属医院蔡纪堂教授鉴定为冬青属植物枸骨 *Ilex cornuta* Lindl. ex Paxt. 的干燥叶。

## 2 提取与分离

取枸骨叶 19.2 kg, 采用 95% 乙醇浸提 2 次,

每次 24 h, 回收提取溶剂, 得浸膏 1.49 kg。将浸膏混悬于水, 依次用石油醚、二氯甲烷和乙酸乙酯萃取, 回收萃取溶剂, 得到各部位浸膏。

取石油醚部位浸膏 (151.3 g), 采用硅胶柱分离, 以环己烷-丙酮 (70 : 30 ~ 30 : 70) 梯度洗脱, 得 Fr. a1-Fr. a8。Fr. a3 (12.4 g) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (70 : 30 ~ 30 : 70) 梯度洗脱, 得 Fr. a3-1 ~ Fr. a3-9, Fr. a3-2 (293 mg), 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **1** (22 mg); Fr. a3-3 (167 mg), 经反复重结晶, 得化合物 **3** (18 mg); Fr. a3-5 (151 mg) 采用 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **10** (24 mg)。Fr. a5 (14.9 g) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (70 : 30 ~ 30 : 70) 梯度洗脱, 得 Fr. a5-1 ~ Fr. a5-7, Fr. a5-3 (175 mg) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **2** (21 mg); Fr. a5-4 (182 mg) 采用 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **4** (20 mg)。Fr. a6 (10.2 g) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (70 : 30 ~ 30 : 70) 梯度洗脱, 得 Fr. a6-1 ~ Fr. a6-6, Fr. a6-2 (174 mg) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **9** (19 mg); Fr. a6-4 (102 mg) 经反复重结晶, 得化合物 **5** (24 mg)。

取二氯甲烷部位浸膏 (126.7 g), 采用硅胶柱分离, 以环己烷-丙酮 (60 : 40 ~ 10 : 90) 梯度洗脱, 得 Fr. B1-Fr. B7。Fr. B2 (13.1 g) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (60 : 40 ~ 10 : 90) 梯度洗脱, 得 Fr. B2-1 ~ Fr. B2-8, Fr. B2-2 (275 mg) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (30 : 70) 洗脱, 得化合物 **6** (19 mg); Fr. B2-4 (136 mg) 采用 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **11** (25 mg); Fr. B2-5 (209 mg) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (30 : 70) 洗脱, 得化合物 **12** (23 mg)。Fr. B4 (16.1 g) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (60 : 40 ~ 10 : 90) 梯度洗脱, 得 Fr. B4-1 ~ Fr. B4-6, Fr. B4-2 (168 mg) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (30 : 70) 洗脱, 得化合物 **16** (27 mg)、**17** (27 mg);

Fr. B4-4 (181 mg) 经反复重结晶, 得化合物 **7** (22 mg); Fr. B4-6 (153 mg) 采用 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **15** (21 mg)。Fr. B5 (11.6 g) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (60 : 40~10 : 90) 梯度洗脱, 得 Fr. B5-1~Fr. B5-7, Fr. B5-2 (129 mg) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-乙酸乙酯 (30 : 70) 洗脱, 得化合物 **8** (26 mg); Fr. B5-5 (119 mg) 经反复重结晶, 得化合物 **13** (23 mg)。

取乙酸乙酯部位浸膏 (142.6 g), 采用硅胶柱粗分离, 以环己烷-甲醇 (60 : 40~10 : 90) 洗脱, 得 Fr. C1-Fr. C8。Fr. C2 (13.1 g) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-甲醇 (60 : 40~10 : 90) 梯度洗脱, 得 Fr. C3-1~Fr. C3-7, Fr. C3-2 (261 mg) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-甲醇 (30 : 70) 洗脱, 得化合物 **14** (23 mg); Fr. C3-3 (127 mg) 采用 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **24** (21 mg); Fr. C3-4 (183 mg) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-甲醇 (30 : 70) 洗脱, 得化合物 **18** (20 mg)。Fr. C5 (19.2 g) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-甲醇 (60 : 40~10 : 90) 梯度洗脱, 得 Fr. C5-1~Fr. C5-7, Fr. C5-3 (195 mg) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-甲醇 (30 : 70) 洗脱, 得化合物 **22** (22 mg)、**23** (24 mg); Fr. C5-4 (117 mg) 采用 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **21** (18 mg); Fr. C5-7 (132 mg) 经反复重结晶, 得化合物 **19** (24 mg)。取 Fr. C7 (13.1 g), 采用硅胶柱分离, 以环己烷-甲醇 (60 : 40~10 : 90) 梯度洗脱, 得 Fr. C7-1~Fr. C7-6, Fr. C7-3 (131 mg) 采用硅胶柱分离, 以环己烷-甲醇 (30 : 70) 洗脱, 得化合物 **20** (24 mg)。

### 3 结构鉴定

化合物 **1**: 白色油状物, ESI-MS  $m/z$ : 331.226 3  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 5.56 (4H, m, H-9, 12), 2.91 (2H, t,  $J=11.4$  Hz, H-11), 2.54 (2H, t,  $J=11.4$  Hz, H-2), 1.93 (2H, m, H-14), 1.57 (2H, m, H-3), 1.26 (4H, m, H-4, 15), 0.83 (3H, s, H-18); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 153.2 (C-1), 27.3 (C-2), 28.1 (C-3), 29.4 (C-4), 30.4 (C-5), 32.5 (C-6), 28.4 (C-7), 27.1 (C-8), 128.4 (C-9), 135.1 (C-10), 32.5 (C-11), 126.7 (C-12), 128.4 (C-13), 30.6 (C-14), 32.2 (C-15), 35.1 (C-16), 23.7 (C-17), 16.8 (C-18), 58.7 (C-1'), 15.7

(C-2')。以上数据与文献 [6] 报道基本一致, 故鉴定为 hexadeca-9, 13-diensaeureethylester。

化合物 **2**: 黄色油状物, ESI-MS  $m/z$ : 337.135 4  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 7.13 (1H, s, H-14), 6.35 (1H, s, H-7), 3.17 (1H, m, H-15), 3.05 (1H, m, H-1 $\beta$ ), 2.67 (1H, s, H-5), 2.03 (1H, m, H-1a), 1.93 (1H, m, H-2 $\beta$ ), 1.72 (1H, m, H-2a), 1.38 (1H, m, H-3 $\beta$ ), 1.31 (6H, s, H-19, 20), 1.19 (1H, m, H-3 $\alpha$ ), 1.07 (3H, d,  $J=5.6$  Hz, H-19), 1.05 (3H, d,  $J=11.4$  Hz, H-16), 0.97 (3H, d,  $J=5.6$  Hz, H-17), 0.91 (3H, s, H-18); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 37.2 (C-1), 20.3 (C-2), 41.7 (C-3), 34.5 (C-4), 63.1 (C-5), 173.5 (C-6), 129.4 (C-7), 138.4 (C-8), 122.6 (C-9), 43.1 (C-10), 145.2 (C-11), 179.2 (C-12), 143.2 (C-13), 135.2 (C-14), 28.6 (C-15), 23.5 (C-16), 22.8 (C-17), 34.1 (C-18), 23.6 (C-19), 22.4 (C-20)。以上数据与文献 [6] 报道基本一致, 故鉴定为 taxodione。

化合物 **3**: 棕色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 227.081 6  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 8.53 (1H, s, H-1'), 7.82 (1H, m, H-4), 7.61 (1H, m, H-7), 7.52 (1H, m, H-6), 7.35 (1H, m, H-5), 4.08 (3H, s, 1-OCH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 136.8 (C-1), 147.3 (C-2), 125.1 (C-3), 115.9 (C-4), 105.9 (C-5), 125.7 (C-6), 107.2 (C-7), 57.5 (1-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [7] 报道基本一致, 故鉴定为 sinalexin。

化合物 **4**: 黄色针晶, ESI-MS  $m/z$ : 215.214 9  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 6.46 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-8), 6.23 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-6), 5.78 (1H, s, H-3), 2.45 (3H, s, 2-CH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 137.9 (C-1), 171.5 (C-2), 112.6 (C-3), 172.5 (C-4), 162.6 (C-5), 99.7 (C-6), 165.4 (C-7), 95.3 (C-8), 157.6 (C-9), 104.6 (C-10), 21.6 (2-CH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [8] 报道基本一致, 故鉴定为 5, 7-二羟基-2-甲基色原酮。

化合物 **5**: 黄色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 307.302 8  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 7.85 (2H, d,  $J=5.6$  Hz, H-2, 6), 7.63 (3H, m, H-3, 4, 5), 3.41 (3H, s, 6'-OCH<sub>3</sub>), 2.26 (3H, s, 3'-CH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 129.3 (C-

1), 129.1 (C-2), 131.5 (C-3), 126.8 (C-4), 131.5 (C-5), 129.1 (C-6), 105.2 (C-1'), 143.6 (C-2'), 104.6 (C-3'), 157.9 (C-4'), 92.7 (C-5'), 154.9 (C-6'), 9.8 (3'-CH<sub>3</sub>), 55.7 (6'-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [8] 报道基本一致, 故鉴定为 *stercurensin*。

化合物 6: 白色油状物, ESI-MS  $m/z$ : 221.0716 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 7.26 (2H, d,  $J=11.4$  Hz, H-2', 6'), 7.03 (2H, d,  $J=11.4$  Hz, H-3', 5'), 4.62 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-1), 3.91 (3H, s, 4'-OCH<sub>3</sub>), 3.53 (1H, m, H-2), 3.52 (1H, m, H-3 $\beta$ ), 3.28 (1H, m, H-3a); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 74.6 (C-1), 78.5 (C-2), 65.9 (C-3), 134.6 (C-1'), 130.5 (C-2'), 115.2 (C-3'), 153.6 (C-4'), 115.2 (C-5'), 130.5 (C-6'), 54.8 (4'-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [9] 报道基本一致, 故鉴定为 *phenylpropanoid*。

化合物 7: 白色油状物, ESI-MS  $m/z$ : 243.1273 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 4.82 (2H, d,  $J=11.4$  Hz, H-15), 2.52 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-1), 2.41 (1H, m, H-9a), 1.93 (1H, m, H-9 $\beta$ ), 1.87 (1H, m, H-3a), 1.72 (1H, m, H-3 $\beta$ ), 1.65 (1H, m, H-5), 1.57 (1H, m, H-2a), 1.42 (1H, m, H-8a), 1.39 (1H, m, H-2 $\beta$ ), 1.28 (1H, m, H-8 $\beta$ ), 1.21 (3H, s, H-14), 0.98 (3H, s, H-13), 0.95 (3H, s, H-12), 0.81 (1H, m, H-7), 0.53 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-6); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 52.1 (C-1), 25.9 (C-2), 42.6 (C-3), 82.9 (C-4), 55.7 (C-5), 29.5 (C-6), 28.1 (C-7), 25.2 (C-8), 40.2 (C-9), 152.1 (C-10), 127.6 (C-11), 21.6 (C-12), 17.5 (C-13), 25.8 (C-14), 107.5 (C-15)。以上数据与文献 [10] 报道基本一致, 故鉴定为 *spathulenol*。

化合物 8: 白色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 482.2159 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 6.17 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-28), 5.42 (1H, t,  $J=11.4$  Hz, H-12), 3.16 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-3), 1.26 (3H, s, H-27), 1.03 (3H, s, H-23), 0.85 (3H, d,  $J=11.4$  Hz, H-30), 0.81 (3H, s, H-26), 0.74 (3H, d,  $J=5.6$  Hz, H-29), 0.69 (3H, s, H-25), 0.66 (3H, s, H-24), 0.63 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-5); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 36.8 (C-1), 29.6 (C-2), 81.3 (C-3),

39.2 (C-4), 56.3 (C-5), 19.7 (C-6), 34.2 (C-7), 39.2 (C-8), 48.6 (C-9), 35.1 (C-10), 22.8 (C-11), 125.9 (C-12), 142.9 (C-13), 43.1 (C-14), 28.1 (C-15), 27.4 (C-16), 51.7 (C-17), 53.8 (C-18), 40.6 (C-19), 40.1 (C-20), 31.3 (C-21), 32.6 (C-22), 30.2 (C-23), 19.2 (C-24), 16.1 (C-25), 18.1 (C-26), 24.9 (C-27), 175.3 (C-28), 17.2 (C-29), 22.5 (C-30)。以上数据与文献 [11] 报道基本一致, 故鉴定为 *ursaldehyde*。

化合物 9: 黄色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 267.0436 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 12.74 (1H, s, 1-OH), 10.73 (1H, s, 3-OH), 9.81 (1H, s, 5-OH), 7.46 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-8), 7.24 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-6), 7.03 (1H, t,  $J=7.8$  Hz, H-7), 6.53 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-4), 6.17 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-2); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 153.8 (C-1), 97.5 (C-2), 143.8 (C-3), 95.7 (C-4), 137.2 (C-5), 113.5 (C-6), 125.8 (C-7), 113.8 (C-8), 173.8 (C-9)。以上数据与文献 [12] 报道基本一致, 故鉴定为 1, 3, 5-三羟基咕吨酮。

化合物 10: 黄色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 475.1376 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 7.91 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-6'), 6.83 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-1''), 6.53 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-5'), 6.43 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-3'), 6.08 (1H, s, H-6), 5.71 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-2''), 4.27 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-2'''), 2.43 (1H, d,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-1''' $\beta$ ), 1.63 (6H, s, H-4'', 5''), 1.42 (3H, s, H-5'''), 1.24 (3H, s, H-4'''); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 128.3 (C-1), 163.8 (C-2), 116.5 (C-3), 175.6 (C-4), 163.8 (C-5), 97.6 (C-6), 153.6 (C-7), 97.6 (C-8), 115.1 (C-1'), 118.6 (C-2'), 113.5 (C-3'), 151.9 (C-4'), 113.4 (C-5'), 127.6 (C-6'), 116.1 (C-1''), 129.1 (C-2''), 80.3 (C-3''), 29.1 (C-4''), 29.7 (C-5''), 27.1 (C-1'''), 87.1 (C-2'''), 86.5 (C-3'''), 23.2 (C-4'''), 21.4 (C-5''')。以上数据与文献 [13] 报道基本一致, 故鉴定为 *morusin hydroperoxide*。

化合物 11: 白色针晶, ESI-MS  $m/z$ : 177.1429 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 7.34 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-2), 7.09 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-6), 7.02 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-

5);  $^{13}\text{C-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 150 MHz)  $\delta$ : 124.9 (C-1), 115.1 (C-2), 140.3 (C-3), 145.1 (C-4), 113.7 (C-5), 122.8 (C-6), 156.5 (C-7)。以上数据与文献 [13] 报道基本一致, 故鉴定为 3, 4-dihydroxybenzoic acid。

化合物 12: 黄色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 177.1046  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 600 MHz)  $\delta$ : 7.03 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-2), 6.92 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-6), 6.81 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-5), 4.72 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-7), 4.63 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-9a), 4.42 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-9 $\beta$ ), 4.21 (1H, m, H-3'a), 3.97 (1H, m, H-3' $\beta$ ), 3.62 (3H, s, 3-OCH<sub>3</sub>), 3.47 (1H, td,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-2'), 3.03 (1H, m, H-8);  $^{13}\text{C-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 150 MHz)  $\delta$ : 134.1 (C-1), 103.5 (C-2), 151.8 (C-3), 146.3 (C-4), 115.1 (C-5), 116.3 (C-6), 86.2 (C-7), 50.3 (C-8), 72.3 (C-9), 180.2 (C-1'), 45.9 (C-2'), 68.6 (C-3'), 55.7 (3-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [14] 报道基本一致, 故鉴定为 salicifoliol。

化合物 13: 白色针晶, ESI-MS  $m/z$ : 357.0139  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 600 MHz)  $\delta$ : 7.73 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-5), 7.51 (1H, s, H-4), 7.35 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-8), 7.26 (1H, t,  $J=11.4$  Hz, H-7), 7.15 (1H, t,  $J=5.6$  Hz, H-6), 7.08 (2H, d,  $J=5.6$  Hz, H-4', 8'), 6.93 (1H, s, H-2), 6.62 (2H, s,  $J=5.6$  Hz, H-5', 7'), 4.02 (3H, s, 1-OCH<sub>3</sub>), 3.81 (2H, t,  $J=5.6$  Hz, H-1');  $^{13}\text{C-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 150 MHz)  $\delta$ : 143.1 (C-1), 107.5 (C-2), 128.3 (C-3), 113.1 (C-4), 119.2 (C-5), 120.3 (C-6), 126.1 (C-7), 108.6 (C-8), 130.6 (C-9), 70.6 (C-1'), 34.1 (C-2'), 132.6 (C-3'), 128.6 (C-4'), 113.7 (C-5'), 153.7 (C-6'), 114.9 (C-7'), 127.8 (C-8'), 55.9 (6'-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [15] 报道基本一致, 故鉴定为 murradiol。

化合物 14: 白色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 339.1426  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 600 MHz)  $\delta$ : 7.35 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-14), 7.23 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-11), 7.06 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-12), 4.86 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-6), 2.71 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-5), 2.26 (1H, m, H-1 $\beta$ ), 2.21 (1H, m, H-7 $\beta$ ), 2.17 (1H, m, H-2 $\beta$ ), 2.04 (1H, m, H-3 $\beta$ ), 1.84 (1H, m, H-2a), 1.63 (1H,

d,  $J=5.6$  Hz, H-3a), 1.45 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-7a), 1.26 (6H, s, H-16, 17), 1.17 (1H, m, H-1a), 1.13 (1H, m, H-15), 1.08 (3H, s, H-19), 0.82 (3H, s, H-20);  $^{13}\text{C-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 150 MHz)  $\delta$ : 38.7 (C-1), 79.8 (C-2), 96.7 (C-3), 42.1 (C-4), 49.7 (C-5), 72.4 (C-6), 33.5 (C-7), 137.3 (C-8), 143.8 (C-9), 40.3 (C-10), 125.3 (C-11), 126.1 (C-12), 144.6 (C-13), 125.7 (C-14), 34.1 (C-15), 23.6 (C-16), 25.1 (C-17), 172.6 (C-18), 15.1 (C-19), 24.2 (C-20)。以上数据与文献 [16] 报道基本一致, 故鉴定为 6-羟基脱氢松香酸。

化合物 15: 黄色油状物, ESI-MS  $m/z$ : 221.1205  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 600 MHz)  $\delta$ : 2.13 (1H, m, H-6a), 2.09 (3H, s, 11-CH<sub>3</sub>), 1.85 (1H, m, H-6 $\beta$ ), 1.74 (3H, s, 12-CH<sub>3</sub>), 1.34 (1H, m, H-7a), 1.27 (4H, d,  $J=5.6$  Hz, H-8, 9), 1.08 (1H, m, H-7 $\beta$ ), 0.91 (3H, t,  $J=5.6$  Hz, 10-CH<sub>3</sub>);  $^{13}\text{C-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 150 MHz)  $\delta$ : 121.6 (C-1), 153.1 (C-2), 125.7 (C-3), 160.2 (C-4), 107.2 (C-5), 37.1 (C-6), 32.5 (C-7), 24.1 (C-8), 23.2 (C-9), 15.3 (C-10), 11.3 (C-11), 9.2 (C-12)。以上数据与文献 [17] 报道基本一致, 故鉴定为羟基二氢博伏内酯。

化合物 16: 黄色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 323.3169  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 600 MHz)  $\delta$ : 11.58 (1H, s, 5-OH), 7.53 (2H, d,  $J=5.6$  Hz, H-2', 6'), 6.91 (2H, d,  $J=5.6$  Hz, H-3', 5'), 5.95 (1H, s, H-8), 5.27 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-2), 3.92 (3H, s, 7-OCH<sub>3</sub>), 3.06 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-3a), 2.82 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-3 $\beta$ ), 1.73 (3H, s, 6-CH<sub>3</sub>);  $^{13}\text{C-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 150 MHz)  $\delta$ : 91.2 (C-1), 81.6 (C-2), 45.1 (C-3), 195.8 (C-4), 157.1 (C-5), 104.6 (C-6), 166.1 (C-7), 87.3 (C-8), 153.6 (C-9), 103.1 (C-10), 127.1 (C-1'), 124.6 (C-2'), 116.1 (C-3'), 154.3 (C-4'), 116.1 (C-5'), 8.1 (6-CH<sub>3</sub>), 55.3 (7-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [18] 报道基本一致, 故鉴定为 5, 4'-二羟基-6-甲基-7-甲氧基黄酮。

化合物 17: 黄色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 283.0751  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 600 MHz)  $\delta$ : 8.06 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-5), 7.95 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-8), 7.82 (1H, td,  $J=11.4,$

5.6 Hz, H-6), 7.73 (1H, td,  $J=11.4$ , 5.6 Hz, H-7), 2.94 (2H, t,  $J=11.4$  Hz, H-11), 1.84 (2H, t,  $J=11.4$  Hz, H-12), 1.52 (6H, s, 14, 15-CH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 163.8 (C-1), 141.6 (C-2), 113.5 (C-3), 172.6 (C-4), 112.6 (C-5), 132.6 (C-6), 121.6 (C-7), 119.4 (C-8), 114.6 (C-9), 121.6 (C-10), 19.1 (C-11), 40.7 (C-12), 69.3 (C-13), 30.5 (C-14), 30.5 (C-15)。以上数据与文献 [19] 报道基本一致, 故鉴定为 hydroxyhydrolapachol。

化合物 18: 黄色油状物, ESI-MS  $m/z$ : 315.103 1 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 6.42 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-11), 5.71 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-13), 5.36 (1H, m, H-2), 3.84 (3H, s, H-17), 1.54 (3H, d,  $J=11.4$  Hz, H-16); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 152.6 (C-1), 73.1 (C-2), 33.6 (C-3), 20.3 (C-4), 27.1 (C-5), 25.9 (C-6), 27.1 (C-7), 31.6 (C-8), 32.4 (C-9), 141.5 (C-10), 107.2 (C-11), 156.4 (C-12), 96.2 (C-13), 154.1 (C-14), 118.1 (C-15), 20.3 (C-16), 56.1 (C-17)。以上数据与文献 [20] 报道基本一致, 故鉴定为 iasiodiploclin。

化合物 19: 白色油状物, ESI-MS  $m/z$ : 223.216 4 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 4.51 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-7a), 3.42 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-7), 2.53 (1H, m, H-3a), 2.27 (1H, m, H-3), 1.76 (1H, m, H-5a), 1.53 (1H, m, H-4a), 1.49 (1H, m, H-5 $\beta$ ), 1.31 (1H, m, H-4 $\beta$ ), 1.28 (3H, s, H-8), 1.19 (3H, d,  $J=5.6$  Hz, H-9); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 121.7 (C-1), 163.5 (C-2), 37.1 (C-3), 20.4 (C-4), 32.9 (C-5), 71.8 (C-6), 83.1 (C-7), 27.6 (C-8), 16.1 (C-9)。以上数据与文献 [21] 报道基本一致, 故鉴定为二氢-3-外胸膜内酯。

化合物 20: 黄色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 223.217 3 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 11.73 (1H, s, 5-OH), 9.75 (1H, s, 7-OH), 9.16 (1H, s, 4'-OH), 7.43 (1H, s, H-2'), 7.21 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-6'), 7.02 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-5'), 6.85 (1H, s, H-8), 6.43 (1H, s, H-6), 6.07 (1H, s, H-3), 3.72 (3H, s, 3'-OCH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 118.2 (C-1), 165.6 (C-2), 104.1 (C-3), 171.6 (C-4), 156.4 (C-5), 100.2 (C-6), 163.1 (C-7), 96.1 (C-8), 158.3 (C-9),

103.1 (C-10), 120.3 (C-1'), 108.2 (C-2'), 57.3 (3'-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [22] 报道基本一致, 故鉴定为 3'-甲氧基木犀草素。

化合物 21: 白色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 365.130 1 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 6.98 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-2), 6.92 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-5), 6.81 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-6), 6.37 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-7), 6.04 (1H, m, H-8), 4.35 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-9), 4.08 (1H, d,  $J=11.4$  Hz, H-1'), 3.91~3.48 (6H, m, H-2'~6'); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 127.3 (C-1), 106.2 (C-2), 143.9 (C-3), 142.6 (C-4), 117.1 (C-5), 113.5 (C-6), 128.3 (C-7), 127.1 (C-8), 64.1 (C-9), 101.3 (C-1'), 74.8 (C-2'), 78.1 (C-3'), 70.6 (C-4'), 79.5 (C-5'), 63.1 (C-6')。以上数据与文献 [23] 报道基本一致, 故鉴定为 coniferin。

化合物 22: 白色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 639.119 2 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 7.51 (1H, s, H-23), 7.17 (1H, s, H-21), 6.09 (1H, s, H-22), 5.68 (1H, s, H-29), 5.31 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-3), 5.03 (1H, s, H-12), 4.73 (1H, s, H-9), 4.28 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-19a), 4.34 (1H, m, H-1), 4.12 (1H, d,  $J=5.6$  Hz, H-19 $\beta$ ), 3.85 (1H, s, H-15), 3.71 (1H, s, H-7), 2.93 (2H, dt,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-2), 2.71 (1H, dd,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-17), 2.69 (1H, d,  $J=11.4, 5.6$  Hz, H-5), 2.43 (2H, m, H-6), 2.30 (2H, m, H-16), 2.09 (3H, s, 3-OCOCH<sub>3</sub>), 2.03 (3H, s, 12-OCOCH<sub>3</sub>), 1.83 (3H, s, 29-OCOCH<sub>3</sub>), 1.29 (3H, s, 18-CH<sub>3</sub>), 1.06 (3H, s, 30-CH<sub>3</sub>), 0.91 (3H, s, 28-CH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 73.6 (C-1), 36.1 (C-2), 74.1 (C-3), 40.7 (C-4), 31.2 (C-5), 26.5 (C-6), 68.6 (C-7), 41.9 (C-8), 50.3 (C-9), 42.6 (C-10), 182.6 (C-11), 79.5 (C-12), 46.1 (C-13), 74.1 (C-14), 59.1 (C-15), 34.2 (C-16), 39.1 (C-17), 22.3 (C-18), 63.2 (C-19), 120.6 (C-20), 142.1 (C-21), 106.9 (C-22), 141.5 (C-23), 151.6 (3-OCOCH<sub>3</sub>), 153.2 (12-OCOCH<sub>3</sub>), 152.9 (29-OCOCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [24] 报道基本一致, 故鉴定为 sendanin。

化合物 23: 白色油状物, ESI-MS  $m/z$ : 259.153 1 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)

$\delta$ : 6.68 (1H, s, H-6), 3.51 (1H, s, 11-OH), 2.69 (1H, dd,  $J = 11.4, 5.6$  Hz, H-9 $\alpha$ ), 2.13 (1H, dd,  $J = 11.4, 5.6$  Hz, H-9 $\beta$ ), 2.04 (1H, m, H-10), 1.61 (1H, m, H-4), 1.22 (6H, s, H-12, 13), 1.18~1.03 (6H, m, H-1, 2, 3), 0.95 (3H, s, H-15), 0.73 (3H, d,  $J = 5.6$  Hz, H-14);  $^{13}\text{C-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 150 MHz)  $\delta$ : 21.4 (C-1), 26.8 (C-2), 29.8 (C-3), 36.1 (C-4), 40.3 (C-5), 137.2 (C-6), 126.8 (C-7), 118.5 (C-8), 43.5 (C-9), 42.5 (C-10), 72.4 (C-11), 28.3 (C-12), 27.1 (C-13), 17.5 (C-14), 20.6 (C-15)。以上数据与文献 [25] 报道基本一致, 故鉴定为 petasitolone。

化合物 **24**: 棕色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 261.124 3  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。  $^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 600 MHz)  $\delta$ : 6.75 (1H, s, H-6), 5.82 (2H, s, H-2), 4.02 (3H, s, 4-OCH<sub>3</sub>), 3.72 (3H, s, 7-OCH<sub>3</sub>), 3.02 (2H, q,  $J = 5.6$  Hz, H-2'), 1.09 (3H, t,  $J = 7.2$  Hz, H-3');  $^{13}\text{C-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 150 MHz)  $\delta$ : 126.8 (C-1), 98.5 (C-2), 141.8 (C-3), 136.2 (C-4), 124.7 (C-5), 109.1 (C-6), 143.2 (C-7), 197.3 (C-1'), 37.1 (C-2'), 10.2 (C-3'), 58.1 (4-OCH<sub>3</sub>), 58.4 (7-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [26] 报道基本一致, 故鉴定为 methoxylatifolone。

#### 4 咽喉复层鳞状上皮细胞抑制活性研究

采用 MTT 法<sup>[27]</sup> 测试枸骨叶中 24 个化合物对人咽喉复层鳞状上皮细胞的体外抑制活性, 以西妥昔单抗为阳性药。将密度为  $2 \times 10^5$  CFU/mL 的人咽喉复层鳞状上皮细胞接种于 96 孔板, 分别加入不同浓度的化合物、西妥昔单抗, 每孔 100  $\mu\text{L}$ , 阴性对照组加入 100  $\mu\text{L}$   $\alpha$ -改良伊格尔培养基。孵育 48 h 后, 每孔分别加入 15  $\mu\text{L}$  的 MTT 溶液, 继续孵育 24 h, 每孔分别加入 100  $\mu\text{L}$  的 DMSO 溶液, 在 490 nm 波长处测定吸光度 ( $A$ ), 计算抑制率, 公式为抑制率 =  $(A_{\text{化合物}} - A_{\text{阴性对照}}) / A_{\text{化合物}}$ 。

由表 1 可知, 化合物 **3**、**5**、**7**、**10**、**13**、**18**、**21**、**22** 具有不同程度的人咽喉复层鳞状上皮细胞抑制活性。其中, 化合物 **18** 对人咽喉复层鳞状上皮细胞的  $\text{IC}_{50}$  为  $(82.61 \pm 9.72) \mu\text{mol/L}$ , 与西妥昔单抗的  $(81.24 \pm 9.03) \mu\text{mol/L}$  比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。其他化合物未显示出明显的人咽喉复层鳞状上皮细胞抑制活性 ( $\text{IC}_{50} > 200 \mu\text{mol/L}$ )。

表 1 各化合物对人咽喉复层鳞状上皮细胞的抑制活性 ( $\bar{x} \pm s, n = 3$ )

Tab. 1 Inhibitory activity of each compound on human pharyngeal stratified squamous epithelial cells ( $\bar{x} \pm s, n = 3$ )

化合物	$\text{IC}_{50}/(\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$
1	—
2	—
3	$134.26 \pm 12.51^*$
4	—
5	$109.25 \pm 11.07^*$
6	—
7	$152.48 \pm 13.81^*$
8	—
9	—
10	$113.59 \pm 12.05^*$
11	—
12	—
13	$104.28 \pm 11.06^*$
14	—
15	—
16	—
17	—
18	$82.61 \pm 9.72$
19	—
20	—
21	$137.59 \pm 12.48^*$
22	$118.24 \pm 11.75^*$
23	—
西妥昔单抗	$81.24 \pm 9.03$

注: 与西妥昔单抗比较,  $*P < 0.05$ 。—表示  $\text{IC}_{50} > 200 \mu\text{mol/L}$ 。

#### 5 讨论

枸骨叶为我国传统中药, 应用历史悠久, 曾作为功劳叶使用, 被认为是正品功劳叶。本研究从枸骨叶中分离鉴定 24 个化合物, 主要为二萜类 3 个 (化合物 **2**、**14**、**15**), 倍半萜 3 个 (化合物 **5**、**7**、**13**), 黄酮类 2 个 (化合物 **16**、**20**), 苯丙素类 2 个 (化合物 **6**、**21**) 等, 均为首次从枸骨叶中获得, 其中化合物 **18** 对 SSE 细胞的抑制活性与阳性药西妥昔单抗相当。本研究结果丰富了枸骨叶化学成分, 明确了其部分药效物质基础, 可为枸骨叶的开发利用提供一定的参考。

#### 参考文献:

[1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草 (5 册) [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 147-148.  
[2] 李国文, 吴 毅, 谢 燕, 等. 中药枸骨叶研究进展[J]. 国际药学研究杂志, 2011, 38(5): 356-361.  
[3] 王存琴, 何 丹. 枸骨的化学成分及药理活性研究进展[J]. 包头医学院学报, 2016, 32(8): 160-162.

- [4] 左文健, 梅文莉, 曾艳波, 等. 枸骨的化学成分和药理活性研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(27): 16560-16562.
- [5] 杜银香, 张建伟, 胡泽华, 等. 华中枸骨叶总黄酮超声提取工艺的优化及其抑菌作用[J]. 中成药, 2019, 41(9): 2200-2203.
- [6] 代那音台, 郇巴拉达胡, 孙天霞. 蒙药蒙古莨的化学成分研究[J]. 中药材, 2023, 46(12): 3010-3013.
- [7] 庄晨曦, 王慧敏, 陈亚萍, 等. 玫瑰石斛的化学成分及其生物活性[J]. 昆明医科大学学报, 2023, 44(12): 1-5.
- [8] 刘东豪, 臧贞, 卯升丹, 等. 马六甲蒲桃的化学成分[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2023, 36(4): 409-414.
- [9] Ye X F, Liang Y X, Liao B X, et al. Chemical constituents from *Mytilaria laosensis* Lec. leaves and branches[J]. *Biochem Syst Ecol*, 2023, 111(76): 312-324.
- [10] Tran T V, Tran T M, Dinh T, et al. Chemical constituents of *Phoebe poilanei* and their cytotoxic activity[J]. *Nat Prod Commun*, 2019, 14(5): 969-973.
- [11] 郭洪伟, 黄佳, 王建霞, 等. 白花泡桐叶化学成分的分离与鉴定[J]. 中国药物化学杂志, 2023, 33(12): 922-929.
- [12] 刘娇, 张海新, 韩玉, 等. 穿心草吡啶类化学成分及抗炎活性研究[J]. 中草药, 2023, 54(23): 7723-7729.
- [13] Nomura T, Fukai T, Matsumoto J. Oxidative cyclization of morusin[J]. *J Heterocyclic Chem*, 1980, 17(4): 641-646.
- [14] Chen H Y, Tu L F, Xiao C R, et al. Chemical constituents from fruits of *Vitex trifolia* var. *simplicifolia*[J]. *Chin J Chin Mate Med*, 2018, 43(18): 3694-3700.
- [15] 周永福, 姚如杰, 杨成威, 等. 民族药四数九里香的化学成分及其细胞毒活性研究(IV)[J]. 中药材, 2023, 46(10): 2475-2480.
- [16] Gouiric S C, Feresin G E, Tapia A A, et al. 1 $\beta$ , 7 $\beta$ -Dihydroxydehydroabiatic acid, a new biotransformation product of dehydroabiatic acid by *Aspergillus niger* [J]. *World J Microbiol Biotechnol*, 2004, 20(3): 281-284.
- [17] Wu G J, Sun Y F, Zhu S L, et al. Chemical constituents of *Clausena dunniana* var. *robusta*[J]. *Chem Nat Comp*, 2019, 55(6): 1173-1175.
- [18] 李昕昕, 赫军, 殷伟峰, 等. 贯叶连翘的化学成分及降糖活性研究[J]. 中药材, 2023, 46(9): 2201-2205.
- [19] 白路遥, 杨雪飞, 鲁春华, 等. 流苏子根中化学成分的分离鉴定和抗菌活性研究[J]. 云南中医药大学学报, 2023, 46(5): 59-65.
- [20] 刘春月, 冯艺璇, 郭春林, 等. 粗榧胡椒化学成分的研究[J]. 华西药学杂志, 2023, 38(5): 533-536.
- [21] 贾月梅, 马国需, 孙照翠, 等. 白灵菇的化学成分及其抗宫颈癌细胞活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2023, 35(12): 2088-2093.
- [22] 李传厚, 王晓静, 唐文照, 等. 毛泡桐果化学成分研究[J]. 食品与药品, 2014, 16(1): 12-14.
- [23] 但林蔚, 高天慧, 吴国庆, 等. 缙草的化学成分研究[J]. 中南药学, 2023, 21(9): 2300-2306.
- [24] Zhou J B, Minami Y, Yagi F, et al. Antifeeding limonoids from *Melia toosendan*[J]. *Heterocycles*, 1997, 45(9): 1781-1786.
- [25] 傅小雅, 胡佳怡, 于婧苏, 等. 海南腺萼木枝叶中化学成分及其抗类风湿性关节炎活性研究[J]. 中国中药杂志, 2024, 49(24): 6692-6698.
- [26] 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.
- [27] 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.