

半边莲的化学成分研究

王培培, 罗 俊, 杨鸣华, 孔令义*

中国药科大学 天然药物化学教研室, 江苏 南京 210009

摘要: 目的 研究半边莲 *Lobelia chinensis* 的化学成分。方法 用硅胶、MCI、ODS、Sephadex LH-20、制备液相等多种色谱技术进行化合物的分离纯化, 并通过多种波谱分析方法鉴定化合物的结构。结果 从半边莲 95%乙醇提取物中分离鉴定了 15 个化合物, 其中 12 个黄酮类化合物: 槲皮素 (1)、芦丁 (2)、木犀草素 (3)、芹菜素 (4)、橙皮苷 (5)、槲皮素-3-O- α -L-鼠李糖苷 (6)、槲皮素-7-O- α -L-鼠李糖苷 (7)、槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷 (8)、穗花杉双黄酮 (9)、柚皮素 (10)、橙皮素 (11)、泽兰黄酮 (12); 3 个香豆素类化合物: 5, 7-二甲氧基香豆素 (13)、异东莨菪素 (14)、蒿属香豆素 (15)。结论 化合物 6~12 为首次从半边莲属植物中分离得到, 化合物 5、13、14 为首次从半边莲中分离得到。

关键词: 半边莲; 槲皮素-3-O- α -L-鼠李糖苷; 穗花杉双黄酮; 柚皮素; 泽兰黄酮

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2013)07-0794-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.07.003

Chemical constituents of *Lobelia chinensis*

WANG Pei-pei, LUO Jun, YANG Ming-hua, KONG Ling-yi

Department of Natural Medicinal Chemistry, China Pharmaceutical University, Nanjing 210009, China

Abstract: **Objective** To investigate the chemical constituents in the dried whole plant of *Lobelia chinensis*. **Methods** Column chromatography, such as silica gel, MCI, ODS, Sephadex LH-20, C₁₈ reverse-phased silica gel columns, and preparative HPLC were used to isolate the compounds. Spectroscopic methods like MS, ¹H-NMR, and ¹³C-NMR were used to elucidate their structures. **Results** Fifteen compounds were isolated from 95% ethanol extract of *L. chinensis*, including twelve flavonoids: quercetin (1), rutin (2), luteolin (3), apigenin (4), hesperidin (5), quercetin-3-O- α -L-rhamnoside (6), quercetin-7-O- α -L-rhamnoside (7), quercetin-3-O- β -D-glucoside (8), amentoflavone (9), naringenin (10), hesperetin (11), and eupafolin (12), and three coumarins: 5, 7-dimethoxy-coumarin (13), isoscoupoletin (14), and scoparone (15). **Conclusion** Compounds 6—12 are isolated from the plants in genus *Lobelia* L. for the first time. Compounds 5, 13, and 14 are isolated from *L. chinensis* for the first time.

Key words: *Lobelia chinensis* Lour.; quercetin-3-O- α -L-rhamnoside; amentoflavone; naringenin; eupafolin

半边莲为桔梗科 (Campanulaceae) 半边莲属 *Lobelia* L. 植物半边莲 *Lobelia chinensis* Lour. 的干燥全草, 具利尿消肿、清热解毒之功效, 常用于治疗痈肿疔疮、蛇虫咬伤、臃胀水肿、湿热黄疸、湿疹湿疮等, 是《中国药典》2010 年版收录的常用中药品种^[1]。半边莲在民间也用以治疗晚期血吸虫腹水、肝炎水肿、肝硬化腹水、肾炎水肿、毒蛇咬伤、气管炎、腮腺炎以及跌打损伤等^[2]。据文献报道, 该植物主要含有吡咯烷类生物碱^[3]、哌啶类生物碱 lobeline、黄酮和黄酮苷^[4-5]、多炔^[6-7]和木脂素类化合物^[8]。为了进一步明确该植物化学成分, 本实验

对半边莲 95%乙醇提取物进行分离纯化和结构鉴定, 共得到 15 个化合物, 其中 12 个黄酮类化合物: 槲皮素 (quercetin, 1)、芦丁 (rutin, 2)、木犀草素 (luteolin, 3)、芹菜素 (apigenin, 4)、橙皮苷 (hesperidin, 5)、槲皮素-3-O- α -L-鼠李糖苷 (quercetin-3-O- α -L-rhamnoside, 6)、槲皮素-7-O- α -L-鼠李糖苷 (quercetin-7-O- α -L-rhamnoside, 7)、槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷 (quercetin-3-O- β -D-glucoside, 8)、穗花杉双黄酮 (amentoflavone, 9)、柚皮素 (naringenin, 10)、橙皮素 (hesperetin, 11)、泽兰黄酮 (eupafolin, 12); 3 个香豆素类化合物: 5, 7-二甲氧基香豆素

收稿日期: 2013-01-17

基金项目: 江苏省自然科学基金青年基金项目 (BK2012351)

作者简介: 王培培 (1987—), 女, 河南平顶山市人, 硕士生, 研究方向为中药及天然药物活性成分研究。

*通信作者 孔令义, 男, 教授, 博士生导师。Tel: (025)86185039 E-mail: cpu_lykong@126.com

(5, 7-dimethoxy-coumarin, **13**)、异东莨菪素(isoscapoletin, **14**)、蒿属香豆素(scoparone, **15**)。化合物**6**~**12**为首次从半边莲属植物中分离得到, 化合物**5**、**13**、**14**为首次从半边莲中分离得到。

1 仪器与材料

Jascop-1020 自动旋光仪; Bruker-ACF-500 型核磁仪; Agilent 1100 Series LC/MSD Trap 质谱仪; Agilent 1260 高效液相色谱仪(配有四元泵、在线脱气机、自动进样器、UV 检测器和 Chemstation 工作站, 美国 Agilent 公司); 制备型高效液相为岛津 LC-6A, 制备柱为 Shim-pack prep-ODS (150 mm×20 mm, 5 μm); 柱色谱和薄层色谱硅胶均为青岛海洋化工厂产品; MCI (75~150 μm, 日本三菱化学株式会社); Sephadex LH-20 和 ODS C₁₈ 为 Pharmacia 公司产品, 所用试剂均为分析纯及色谱纯, 为江苏汉邦科技有限公司和上海实验试剂有限公司生产。

半边莲的带根干燥全草购自安徽亳州世纪国药药材公司, 由中国药科大学中药学院中药资源教研室秦民坚教授鉴定为桔梗科半边莲属植物半边莲 *Lobelia chinensis* Lour. 的带根全草; 标本(20100520)现存放于中国药科大学天然药物化学教研室。

2 提取与分离

干燥的半边莲带根全草(5 kg), 粉碎, 95%乙醇回流提取3次, 每次2 h, 提取液减压浓缩后得513 g 浸膏。将浸膏以水混悬, 依次用石油醚、醋酸乙酯、二氯甲烷、正丁醇萃取。得到醋酸乙酯萃取部分浸膏19 g, 石油醚部位52 g。醋酸乙酯部位用低浓度甲醇-水溶解, 滤过, 滤液经 MCI 柱色谱, 50% 甲醇部分用 ODS 柱色谱, 再依次用硅胶柱色谱(二氯甲烷-甲醇9:1洗脱)、Sephadex LH-20、制备液相分离纯化得到化合物**1**(136 mg)、**2**(10 mg)、**5**(15 mg)、**6**(5 mg)、**7**(3.4 mg)、**8**(5 mg); 70% 甲醇部分用同样的方法分离纯化得到化合物**3**(5 mg)、**4**(7 mg)、**9**(120 mg)、**12**(11 mg); 90% 甲醇部位分离得到化合物**10**(10 mg)、**11**(3 mg)。石油醚部位用硅胶柱色谱, 石油醚-醋酸乙酯(5:1)洗脱, 然后反复用硅胶柱色谱和 Sephadex LH-20 柱色谱分离纯化得到化合物**13**(5 mg)、**14**(8 mg)、**15**(5 mg)。

3 结构鉴定

化合物**1**: 黄色粉末, 三氧化铝-乙醇显黄色, 盐酸-镁粉反应阳性, 表明该化合物是黄酮类化合

物。ESI-MS m/z : 301 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 12.50 (1H, s, 5-OH), 7.67 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-2'), 7.54 (1H, dd, $J = 2.0, 8.5$ Hz, H-6'), 6.88 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.40 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-8), 6.18 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6)。以上数据与文献报道基本一致^[9], 故鉴定化合物**1**为槲皮素。

化合物**2**: 黄色粉末, 三氧化铝-乙醇显黄色, 盐酸-镁粉反应和 Molish 反应均为阳性, 提示该化合物是黄酮苷类化合物。ESI-MS m/z : 663.2 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.54 (H, m, H-2', 6'), 6.84 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5'), 6.38 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-8), 6.19 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 5.34 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-1''), 4.38 (1H, brs, H-1'''), 0.99 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-6'''); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 177.2 (C-4), 164.2 (C-7), 161.1 (C-5), 156.5 (C-9), 156.3 (C-2), 148.4 (C-4'), 144.7 (C-3'), 133.2 (C-3), 121.5 (C-1'), 121.1 (C-6'), 116.2 (C-5'), 115.2 (C-2'), 103.8 (C-10), 101.2 (C-1''), 100.7 (C-1'''), 98.7 (C-6), 93.6 (C-8), 76.4 (C-3''), 75.9 (C-5''), 74.0 (C-2''), 71.8 (C-4''), 70.5 (C-3'''), 70.3 (C-4''), 69.9 (C-2'''), 68.2 (C-5'''), 66.9 (C-6''), 17.7 (C-6''')。以上数据与文献报道基本一致^[10], 故鉴定化合物**2**为芦丁。

化合物**3**: 黄色粉末, 三氧化铝-乙醇显黄色, 盐酸-镁粉反应呈阳性, 表明该化合物是黄酮类化合物。ESI-MS m/z : 285.5 $[M-H]$ 。¹H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 12.9 (1H, s, 5-OH), 7.40 (2H, m, H-2', 6'), 6.87 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5'), 6.63 (1H, s, H-3), 6.40 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-8), 6.16 (1H, d, $J = 1.0$ Hz, H-6)。以上数据与文献报道基本一致^[11], 故鉴定化合物**3**为木犀草素。

化合物**4**: 黄色针晶(甲醇), 三氧化铝-乙醇显黄色, 盐酸-镁粉反应呈阳性, 提示该化合物是黄酮类化合物。ESI-MS m/z : 269.7 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 12.95 (1H, s, 5-OH), 7.92 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-2', 6'), 6.92 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-3', 5'), 6.78 (1H, s, H-3), 6.47 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 6.18 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6)。以上数据与文献报道基本一致^[12-13], 故鉴定化合物**4**为芹菜素。

化合物**5**: 白色粉末, 三氧化铝-乙醇显黄色, 盐酸-镁粉反应和 Molish 反应均为阳性, 提示该化合物是黄酮苷类化合物。ESI-MS m/z : 591.3 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 6.94 (2H, m,

H-2', 6'), 6.90 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.13 (2H, m, H-6, 8), 5.50 (1H, dd, $J = 3.0, 12.0$ Hz, H-2), 5.34 (1H, d, $J = 5.0$ Hz, H-1''), 4.97 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-1'''), 3.77 (3H, s, 4'-OCH₃), 3.24 (1H, m, H-3a), 2.77 (1H, m, H-3b), 1.08 (3H, d, $J = 6.2$ Hz, 6'''-CH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 196.9 (C-4), 165.0 (C-7), 162.9 (C-5), 162.4 (C-9), 147.9 (C-3'), 146.4 (C-4'), 130.9 (C-1'), 117.8 (C-6'), 114.0 (C-2'), 112.0 (C-5'), 103.5 (C-1'''), 100.5 (C-10), 99.4 (C-1''), 96.3 (C-6), 95.4 (C-8), 78.2 (C-2), 76.2 (C-3''), 75.4 (C-5''), 72.9 (C-2''), 72.0 (C-3'''), 70.6 (C-2'''), 70.2 (C-4''), 69.5 (C-4'''), 68.2 (C-5'''), 66.0 (C-6''), 55.6 (C-CH₃), 41.9 (C-3), 17.7 (C-6''').以上数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **5** 为橙皮苷。

化合物 **6**: 黄色粉末, 三氧化铝-乙醇显黄色, 盐酸-镁粉反应和 Molish 反应均为阳性, 表明该化合物是黄酮苷类化合物。ESI-MS m/z : 447.6 [M-H]⁻。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.60 (1H, s, 5-OH), 7.30 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 7.25 (1H, dd, $J = 8.5, 2.5$ Hz, H-6'), 6.86 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5'), 6.38 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 6.20 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 5.25 (1H, s, H-1''), 0.82 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, 6'''-CH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 177.6 (C-4), 164.2 (C-7), 161.2 (C-5), 157.2 (C-9), 156.3 (C-2), 148.4 (C-4'), 145.1 (C-3'), 134.2 (C-3), 121.0 (C-1'), 120.6 (C-6'), 115.6 (C-5'), 115.4 (C-2'), 104.0 (C-10), 101.8 (C-1''), 98.6 (C-6), 93.6 (C-8), 71.1 (C-4''), 70.5 (C-3''), 70.3 (C-2''), 70.0 (C-5''), 17.4 (C-6'').以上数据与文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **6** 为槲皮素-3-*O*- α -L-鼠李糖苷。

化合物 **7**: 黄色针晶 (甲醇), 三氧化铝-乙醇显黄色, 盐酸-镁粉反应和 Molish 反应均为阳性, 紫外灯下有黄色荧光, 表明该化合物是黄酮苷类化合物。ESI-MS m/z : 447.5 [M-H]⁻。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.50 (1H, s, OH-5), 7.73 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 7.60 (1H, dd, $J = 1.5, 7.0$ Hz, H-6'), 6.90 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.79 (1H, d, $J = 1.0$ Hz, H-8), 6.42 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-6), 5.15 (1H, s, H-1''), 1.13 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, H-6''); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 176.0 (C-4), 161.5 (C-7), 160.4 (C-5), 155.8 (C-4'), 147.9 (C-9), 147.6 (C-2), 136.2 (C-3), 121.9 (C-1'), 120.2 (C-6'), 115.7 (C-3'), 115.7 (C-2'), 115.2 (C-5'), 104.7 (C-10), 98.9 (C-1''), 98.5 (C-6), 94.3

(C-8), 71.7 (C-4''), 70.3 (C-3''), 70.1 (C-2''), 69.9 (C-5''), 17.9 (C-6'')。以上数据与文献报道一致^[16], 故鉴定化合物 **7** 为槲皮素-7-*O*- α -L-鼠李糖苷。

化合物 **8**: 黄色粉末, 三氧化铝-乙醇显黄色, 盐酸-镁粉反应和 Molish 反应均为阳性, 表明该化合物是黄酮苷类化合物。ESI-MS m/z : 463.2 [M-H]⁻。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.61 (1H, s, 5-OH), 7.57 (2H, m, $J = 2.3, 8.5$ Hz, H-2', 6'), 6.83 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.39 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 6.19 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 5.45 (1H, dd, $J = 8.5, 7.5$ Hz, H-1''); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 179.4 (C-4), 165.9 (C-7), 162.9 (C-5), 158.9 (C-9), 158.6 (C-2), 149.4 (C-4'), 145.1 (C-3'), 135.2 (C-3), 123.1 (C-1'), 122.6 (C-6'), 117.4 (C-5'), 115.6 (C-2'), 105.4 (C-10), 104.1 (C-1''), 99.6 (C-6), 94.6 (C-8), 78.3 (C-4''), 78.0 (C-3''), 75.5 (C-2''), 71.7 (C-5''), 62.5 (C-6'')。以上数据与文献报道基本一致^[17], 故鉴定化合物 **8** 为槲皮素-3-*O*- β -D-葡萄糖苷。

化合物 **9**: 浅黄色粉末, 三氧化铝-乙醇显黄色, 盐酸-镁粉反应呈阳性, 表明该化合物是黄酮类化合物。ESI-MS m/z : 537.4 [M-H]⁻; $[\alpha]_D^{25} + 6.0$ (c 0.006, C₃H₅N)。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 13.13 (1H, s, 5-OH), 13.00 (1H, s, 5''-OH), 8.02 (2H, m, H-2', 6'), 7.60 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-2''', 6'''), 7.16 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.85 (1H, s, H-3), 6.80 (1H, s, H-3''), 6.73 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3''', 5'''), 6.48 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-8), 6.41 (1H, s, H-6''), 6.21 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-6); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 182.1 (C-4''), 181.6 (C-4), 164.1 (C-2), 163.7 (C-2''), 163.6 (C-7), 161.7 (C-7''), 161.3 (C-4'''), 160.9 (C-5), 160.4 (C-5''), 159.4 (C-4'), 157.3 (C-9), 154.4 (C-9''), 131.3 (C-6'), 128.1 (C-2'''), 128.1 (C-6'''), 127.7 (C-2'), 121.3 (C-3'), 120.9 (C-1'), 119.9 (C-1''), 116.1 (C-5'), 115.7 (C-3'''), 115.7 (C-5'''), 103.9 (C-10''), 103.8 (C-10), 103.6 (C-8''), 102.9 (C-3), 102.5 (C-3''), 98.5 (C-6), 98.5 (C-6''), 93.9 (C-8)。以上数据与文献报道基本一致^[18], 故鉴定化合物 **9** 为穗花杉双黄酮。

化合物 **10**: 白色针晶 (甲醇), 三氧化铝-乙醇显黄色, 盐酸-镁粉反应呈阳性, 提示该化合物是黄酮类化合物。ESI-MS m/z : 271.3 [M-H]⁻。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.14 (1H, s, 5-OH), 7.31 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2', 6'), 6.78 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3', 5'), 5.88 (2H, s, H-6, 8), 5.43 (1H, dd, $J = 3.0,$

12.5 Hz, H-2), 3.26 (1H, dd, $J = 2.0$, 17.5 Hz, H-3a), 2.68 (1H, dd, $J = 3.0$, 17 Hz, H-3b)。以上数据与文献报道基本一致^[11], 故鉴定化合物 **10** 为柚皮素。

化合物 **11**: 无色针晶 (甲醇), 三氧化铝-乙醇显黄色, 盐酸-镁粉反应呈阳性, 提示该化合物是黄酮类化合物。ESI-MS m/z : 301.6 $[M-H]^-$ 。 1H -NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 12.13 (1H, s, 5-OH), 6.94 (2H, m, H-2', 6'), 6.88 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 5.90 (2H, m, H-6, 8), 5.54 (1H, dd, $J = 3.0$, 12.0 Hz, H-2), 3.78 (3H, s, 4'-OCH₃), 3.23 (1H, dd, $J = 2.0$, 17.5 Hz, H-3a), 2.72 (1H, dd, $J = 3.0$, 17.0 Hz, H-3b)。以上数据与文献报道基本一致^[19], 故鉴定化合物 **11** 为橙皮素。

化合物 **12**: 黄色针晶 (甲醇), 三氧化铝-乙醇显黄色, 提示该化合物是黄酮类化合物。ESI-MS m/z : 315.3 $[M-H]^-$ 。 1H -NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 13.08 (1H, s, 5-OH), 10.68 (1H, s, 7-OH), 9.89 (1H, s, 3'-OH), 9.38 (1H, s, 4'-OH), 7.40 (2H, m, H-2', 6'), 6.88 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.66 (1H, s, H-3), 6.55 (1H, s, H-8), 3.74 (3H, s, 6-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[20], 故鉴定化合物 **12** 为泽兰黄酮。

化合物 **13**: 浅黄色针晶 (甲醇), 紫外光下呈蓝色荧光; ESI-MS m/z : 205.1 $[M-H]^-$ 。 1H -NMR (500 MHz, CDCl₃) δ : 7.92 (1H, d, $J = 10.0$ Hz, H-4), 6.42 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 6.28 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 6.16 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-3), 3.89 (3H, s, 5-OCH₃), 3.85 (3H, s, 7-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[21], 故鉴定化合物 **13** 为 5, 7-二甲氧基香豆素。

化合物 **14**: 无色针晶 (氯仿); 紫外光下呈蓝色荧光; ESI-MS m/z : 191.3 $[M-H]^-$ 。 1H -NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.85 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-4), 6.42 (1H, s, H-8), 6.28 (1H, s, H-5), 6.20 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-3), 3.91 (3H, s, 7-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[22], 故鉴定化合物 **14** 为异东莨菪素。

化合物 **15**: 浅黄色针晶 (甲醇), 紫外光下呈蓝色荧光; ESI-MS m/z : 435.2 $[2M+Na]^+$ 。 1H -NMR (500 MHz, CDCl₃) δ : 7.62 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-4), 6.85 (1H, s, H-8), 6.84 (1H, s, H-5), 6.29 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-3), 3.95 (3H, s, 6-OCH₃), 3.92 (3H, s, 7-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[21], 故鉴定化合物 **15** 为蒿属香豆素。

参考文献

[1] 中国药典 [S]. 一部. 2010.

- [2] 中国科学院昆明植物所. 云南植物志 [M]. 第二卷. 北京: 科学出版社, 1979.
- [3] Shibano M, Tsukamoto D, Masuda A, *et al.* Two new pyrrolidine alkaloids, radicamines A and B, as inhibitors of α -glucosidase from *Lobelia chinensis* Lour. [J]. *Chem Pharm Bull*, 2001, 49(10): 1362-1365.
- [4] 马清钧, 王淑铃. 常用中药现代研究与临床 [M]. 第一版. 天津: 天津科技翻译出版社, 1995.
- [5] 杨靖华, 汪云松, 赵静峰, 等. 半边莲属药用植物研究进展 [J]. 云南化工, 1998, 4: 417-419.
- [6] Ishimaru K, Yonemitsu H, Shimomura K. Lobetyolin and lobetyol from hairy root culture of *Lobelia inflata* [J]. *Phytochemistry*, 1991, 30(7): 2255-2257.
- [7] Ishimaru K, Sadoshima S, Neera S, *et al.* A polyacetylene gentiobioside from hairy roots of *Lobelia inflata* [J]. *Phytochemistry*, 1992, 31(5): 1577-1579.
- [8] Chen J X, Huang S H, Han W L, *et al.* Two pairs of enantiomeric neolignans from *Lobelia chinensis* [J]. *Nat Prod Commun*, 2010, 10(5): 1627-1630.
- [9] Mitsuo M, Masayoshi H. Antimutagenic activity of flavonoids from *Chrysanthemum morifolium* [J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2003, 67(10): 2091-2099.
- [10] 张琳, 蔡晓茵, 高慧媛, 等. 益母草化学成分的分离与鉴定 [J]. 沈阳药科大学学报, 2009, 26(1): 15-18.
- [11] 王小雄, 贾忠建. 节节草化学成分的研究 [J]. 西北植物学报, 2005, 25(12): 2524-2528.
- [12] Ha T J, Hwang S W. Apigenin, tyrosinase inhibitor isolated from the flowers of *Hemisteptia lyrata* Bunge [J]. *Agric Chem Biotechnol*, 2002, 45(4): 170-172.
- [13] Sinha N K, Seth K K, Pandey V B, *et al.* Flavonoids from the flowers of *Clerodendron infortunatum* [J]. *Planta Med*, 1981, 42: 296-297.
- [14] 刘可越, 刘海军, 曲伟红, 等. 款冬花多酚类化学成分的研究 [J]. 中成药, 2009, 31(10): 1582-1584.
- [15] Takayuki H, Toshihiko H, Hirokazu K. Structural and functional characterization of polyphenols isolated from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit [J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2005, 69(2): 280-286.
- [16] 巴寅颖, 刘倩颖, 石任兵, 等. 鬼箭羽中黄酮类化学成分研究 [J]. 中草药, 2012, 43(2): 242-246.
- [17] Stuart T C, Hanna M P, Louis J F, *et al.* Isotopic labelling of quercetin 3-glucoside [J]. *Tetrahedron*, 2006, 62: 7257-7265.
- [18] Okigawa M, Hwa C W, Kawano N, *et al.* Biflavones in *Selaginella* species [J]. *Phytochem Rep*, 1971, 10(21): 3286-3287.
- [19] 蓝鸣生, 马健雄, 谭昌恒, 等. 红鱼眼化学成分研究 [J]. 中草药, 2011, 42(9): 1712-1714.
- [20] Wei X Y, Huang H J, Wu P, *et al.* Phenolic constituents from *Mikania micrantha* [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2004, 32: 1091-1096.
- [21] 王丽红, 宋洋, 肖艳, 等. 茵陈化学成分分离与鉴定 [J]. 中国药房, 2011, 22(11): 1020-1022.
- [22] Adfa M, Yoshimura T, Komura K, *et al.* Antitermite activities of coumarin derivatives and scopoletin from *Protium javanicum* Burm. f [J]. *J Chem Ecol*, 2010, 36: 720-726.