

水朝阳旋覆花化学成分研究

黄火强*, 闫美娜, 朴香兰, 崔箭

(中央民族大学 中国少数民族传统医学研究院 中国少数民族传统医学教育部重点实验室, 北京 100081)

[摘要] 目的:研究水朝阳旋覆花 *Inula helianthus-aquatica* 的化学成分。方法:运用正/反相硅胶柱色谱、Sephadex HL-20 凝胶色谱、HPLC 等色谱学方法分离纯化化合物,MS,NMR 等波谱学方法鉴定化合物结构。结果:从水朝阳旋覆花中分离鉴定出 11 个化合物,其中 7 个倍半萜内酯:11 α , 13-dihydrotomentosin (1), sundiversifolide (2), 8-epi-xanthatin-1 β ,5 β -epoxide (3), ivaxillin (4), 11, 13-dehydroivaxillin (5), 1 β -hydroxyalantolactone (6), carabrone (7); 4 个三萜类化合物:taraxasterol 3-O-acetate (8), maniladiol 3-O-palmitate (9), 16 β -hydroxylupeol 3-O-tetradecanoate (10), arnidiol (11)。结论:所有化合物均为首次从该植物中分离得到。

[关键词] 水朝阳旋覆花;化学成分;倍半萜内酯;三萜

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2011)14-0106-05

Chemical Constituents from *Inula helianthus-aquatica*

HUANG Huo-qiang*, YAN Mei-na, PIAO Xiang-lan, CUI Jian

(Key Lab of Chinese Minority Traditional Medicine, Ministry of Education, Academe of Chinese Minority Traditional Medicine, Minzu University of China, Beijing 100081, China)

[Abstract] **Objective:** To investigate the chemical constituents of *Inula helianthus-aquatica*. Eleven compounds were isolated from the title plant. **Method:** These compounds were isolated by various chromatography methods such as silica gel, RP-18 silica gel, Sephadex LH-20 gel, HPLC, et al. Their structures were elucidated by spectral analysis like MS, NMR. **Result:** Seven sesquiterpene lactones were isolated and elucidated as 11 α , 13-dihydrotomentosin (1), sundiversifolide (2), 8-epi-xanthatin-1 β , 5 β -epoxide (3), ivaxillin (4), 11, 13-dehydroivaxillin (5), 1 β -hydroxyalantolactone (6), carabrone (7). Four triterpenes were isolated and elucidated as taraxasterol 3-O-acetate (8), maniladiol 3-O-palmitate (9), 16 β -hydroxylupeol 3-O-tetradecanoate (10), arnidiol (11). **Conclusion:** All the compounds were isolated from *I. helianthus-aquatica* for the first time.

[Key words] *Inula helianthus-aquatica*; chemical constituents; sesquiterpene lactones; triterpenes

水朝阳旋覆花 *Inula helianthus-aquatica* C. Y. Wu ex Ling 为菊科 (Asteraceae) 旋覆花属 *Inula* L. 植物,本属植物全世界约有 100 种,我国有 20 余种和多数变种,主要分布于云南、四川、甘肃南部和贵州西部^[1]。据《中药大辞典》记载,其花序或全草味

腥、咸,微苦,性凉,具有下气、行水、祛痰等功能,用于感冒头痛、咳嗽、支气管哮喘、呕逆等症。其根有消肿的功能,用于牙龈炎、口腔溃疡、气管炎^[2-3]。

对于水朝阳旋覆花化学成分及活性的研究不多,张人伟等^[4]和 Wang Qin 等^[5]分别从水朝阳旋覆

[收稿日期] 20110409(003)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30973960/H2818);国家“985 工程”子项目

[通讯作者] * 黄火强,博士,助理研究员,从事民族药物物质基础研究,Tel: 010-68933254-805, 13691453450,E-mail: huanghuoqiang888@163.com

花中分离得到倍半萜内酯化合物 ergolide(水朝阳内酯),并围绕水朝阳内酯展开了一系列体外和体内抗癌活性研究,发现水朝阳内酯对人体肺癌(Lu-1, $ED_{50} = 0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)、口腔表皮细胞癌(KB, $ED_{50} = 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), vinblastine-resistant KB (KB-V + VLB, $ED_{50} = 0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), hormone-dependent human prostate cancer (LNCaP, $ED_{50} = 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 和 hormone-dependent human breast cancer (ZR-75-1, $ED_{50} = 0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 均有明显的细胞毒活性,被认为是水朝阳中有代表性的抗癌活性成分^[4-5]。为进一步研究水朝阳旋覆花的化学成分及抗肿瘤活性,本研究从该植物中分离得到7个倍半萜内酯和4个三萜类化合物,均为首次从该植物中分离得到。

1 材料

质谱(EI-MS, FAB-MS, HR-ESI-MS)用 VG Autospec-3000 型质谱仪测定,其中 EI-MS 在 70 eV 下测定;核磁共振谱用 Bruker AM-400 和 DRX-500 超导核磁共振仪测定,TMS 为内标;薄层色谱板和色谱硅胶由青岛海洋化工厂生产;Sephadex LH-20 为 Pharmacia 公司生产;RP-18 反相硅胶为 Merck 公司生产;MCI 材料为日本三菱化学生产;HPLC 半制备柱(为 YMC-Pack, ODS)。

样品于 2004 年采集于云南大理,经作者与标本对照鉴定为水朝阳旋覆花 *Inula helianthus-aquatica*。

2 提取分离

水朝阳旋覆花地上部分采集后,将花和叶分别晾干。将晾干的花先用工业汽油热提 3 次,将提取液合并浓缩成浸膏。浸膏以 200 目硅胶上柱,以石油醚-丙酮 100:0 ~ 0:100 洗脱,经 TLC 检测后合并为 5 个组分(组分 A ~ E)。C 组分上硅胶柱以石油醚-丙酮 10:1 ~ 3:1 洗脱,TLC 检测合并的 3 个组分,C-1 上 RP-18 反相硅胶柱以 40% 甲醇洗脱得到化合物 6(110 mg)和化合物 7(5 mg),C-2 用 HPLC 分离得到化合物 3(30 mg),C-3 使用 HPLC 分离得到化合物 4(50 mg)和化合物 5(11 mg)。

工业汽油提取后的样品晾干,挥去溶剂,工业乙醇热浸提取 3 次,合并提取液浓缩成浸膏。将浸膏溶于水,分别用乙酸乙酯和正丁醇萃取,直至有机层接近无色为止,浓缩萃取液。乙酸乙酯萃取部位经 200 目硅胶,石油醚-丙酮 5:1 ~ 0:5 洗脱,TLC 检测合并的 4 个组分(F ~ I)。组分 F 经硅胶柱以氯仿-丙酮 4:1 洗脱,得 4 个组分 F1 ~ F4, F2 经 HPLC 分离

得到化合物 8(15 mg)和 9(45 mg)。组分 G 经 MCI 柱 30% ~ 100% 甲醇水溶液洗脱,得 2 个组分 G1 和 G2, G1 用 H 硅胶上柱以石油醚-丙酮 5:1 洗脱得到化合物 10(20 mg), G2 用 RP-18 上柱以 40% 甲醇水溶液洗脱得到化合物 11(20 mg)。组分 H 经 MCI 柱 30% ~ 100% 甲醇水溶液洗脱,得 2 个组分 H1 和 H2, H1 使用制备型 TLC,以石油醚-丙酮 4:1 展开得到化合物 1(19 mg), H2 经 HPLC 半制备柱分离得到化合物 2(5 mg)。

3 结构鉴定

化合物 1 无色油状物。¹H-NMR (CDCl_3 , 500 MHz) δ : 5.44 (1H, brd, 7.3 Hz, H-5), 4.60 (1H, m, H-8), 2.79 (1H, m, H-11), 1.14 (3H, d, 7.8 Hz, H-13), 1.12 (3H, d, 7.2 Hz, H-14), 2.13 (3H, s, H-15)。¹³C-NMR (CDCl_3 , 125 MHz) δ : 144.1 (s, C-1), 31.0 (t, C-2), 42.6 (t, C-3), 208.2 (s, C-4), 122.6 (d, C-5), 21.8 (t, C-6), 42.2 (d, C-7), 80.5 (d, C-8), 36.9 (t, C-9), 32.8 (d, C-10), 38.9 (d, C-11), 179.1 (s, C-12), 10.8 (q, C-13), 21.2 (q, C-14), 29.8 (q, C-15)。FAB⁺-MS: 251 [M + H]⁺ (3)。以上数据与文献[6]报道的化合物 11 α , 13-dihydrotomentosin 波谱数据一致,故确定化合物 1 为 11 α , 13-dihydrotomentosin。

化合物 2 无色油状物。¹H-NMR (CDCl_3 , 400 MHz) δ : 2.17, 2.42 (1H each, m, H-2), 3.59 ~ 3.71 (2H, m, H-3), 5.55 (1H, br. dd, 8.4, 1.4 Hz, H-5), 1.92 (1H, ddd, 15.8, 9.3, 2.7 Hz, H-6 α), 2.26 (1H, m, H-6 β), 2.70 (1H, m, H-7), 4.63 (1H, dt, 10.0, 6.0 Hz, H-8), 2.06 (2H, dd, 5.6, 4.4 Hz, H-9), 2.36 (1H, m, H-10), 2.81 (1H, m, H-11), 1.16 (3H, d, 7.4 Hz, H-13), 1.15 (3H, d, 7.0 Hz, H-14)。¹³C-NMR (CDCl_3 , 100 MHz) δ : 141.9 (s, C-1), 40.0 (t, C-2), 60.9 (t, C-3), 124.8 (d, C-5), 22.0 (t, C-6), 42.4 (d, C-7), 80.5 (d, C-8), 36.9 (t, C-9), 32.6 (d, C-10), 38.9 (d, C-11), 179.1 (s, C-12), 10.8 (q, C-13), 21.5 (q, C-14)。FAB⁺-MS: 225 [M + H]⁺ (46)。以上数据与文献[7]报道的化合物 sundiversilolide 波谱数据一致,故确定化合物 2 为 sundiversifolide。

化合物 3 无色油状物。¹H-NMR (CDCl_3 , 400

MHz) δ : 6.74 (1H, d, 15.7 Hz, H-2), 6.25 (1H, d, 15.6 Hz, H-3), 3.07 (1H, dd, 7.7, 4.9 Hz, H-5), 3.31 (1H, m, H-7), 4.62 (1H, ddd, 11.7, 7.5, 4.1 Hz, H-8), 5.67 (1H, d, 1.8 Hz, H-13a), 6.27 (1H, s, H-13b), 1.11 (3H, d, 6.9 Hz, H-14), 2.25 (3H, s, H-15)。¹³C-NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ : 62.7 (s, C-1), 146.6 (d, C-2), 129.4 (d, C-3), 197.6 (s, C-4), 65.8 (d, C-5), 31.1 (t, C-6), 39.2 (d, C-7), 79.2 (d, C-8), 31.9 (t, C-9), 31.4 (d, C-10), 138.9 (s, C-11), 169.0 (s, C-12), 123.3 (t, C-13), 18.6 (q, C-14), 28.1 (q, C-15)。EI-MS: 262 [M]⁺(3)。以上数据与文献[8]报道的化合物 8-epi-xanthatin-1 β ,5 β -epoxide 波谱数据一致。所以确定化合物 3 的结构为 8-epi-xanthatin-1 β ,5 β -epoxide。

化合物 4 无色油状物。¹H-NMR (CDCl₃, 400 MHz) δ : 2.77 (1H, m, H-1), 2.15 (1H, m, H-3a), 2.26 (1H, dt, 13.2, 3.4 Hz, H-3b) 2.79 (1H, m, H-5), 2.42 (1H, m, H-7), 4.32 (1H, ddd, 10.7, 9.1, 1.6 Hz, H-8), 1.47, 2.78 (1H each, m, H-9), 2.78 (1H, m, H-11), 1.25 (3H, d, 7.8 Hz, H-13), 1.39 (3H, s, H-14), 1.29 (3H, s, H-15)。¹³C-NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ : 65.1 (d, C-1), 24.0 (t, C-2), 35.6 (t, C-3), 61.1 (s, C-4), 64.3 (d, C-5), 26.2 (t, C-6), 45.5 (d, C-7), 82.0 (d, C-8), 45.0 (t, C-9), 57.7 (s, C-10), 40.6 (d, C-11), 178.0 (s, C-12), 11.5 (q, C-13), 18.2 (q, C-14), 16.3 (q, C-15)。EI-MS: 266 [M]⁺(0.2)。以上数据与文献[9]报道的化合物 ivaxillin 波谱数据一致,所以确定化合物 4 的结构为 ivaxillin。

化合物 5 无色油状物。¹H-NMR (CDCl₃, 400 MHz) δ : 2.80 (1H, m, H-1), 2.82 (1H, m, H-5), 2.84 (1H, m, H-7), 4.19 (1H, m, H-8), 5.69 (1H, d, 3.0 Hz, H-13a), 6.36 (1H, d, 3.4 Hz, H-13b), 1.44 (3H, s, H-14), 1.29 (3H, s, H-15)。¹³C-NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ : 64.3 (d, C-1), 23.4 (t, C-2), 35.7 (t, C-3), 60.9 (s, C-4), 63.4 (d, C-5), 31.8 (t, C-6), 45.8 (d, C-7), 82.1 (d, C-8), 46.1 (t, C-9), 57.7 (s, C-10), 138.5 (s, C-11), 168.6 (s, C-12), 122.5 (t, C-13), 17.9 (q, C-14), 15.8 (q, C-15)。以上数据

与文献相比较 [10] 报道的化合物 11, 13-dehydroivaxillin 波谱数据一致,所以确定化合物 5 的结构为 11,13-dehydro ivaxillin。

化合物 6 白色粉末。¹H-NMR (CDCl₃, 400 MHz) δ : 3.28 (1H, dd, 11.5, 3.5 Hz, H-1), 1.52, 1.62 (2H, m, H-2), 1.62, 1.83 (2H, m, H-3), 2.40 (1H, m, H-4), 5.22 (1H, d, 3.9 Hz, H-6), 3.55 (1H, dt, 4.3, 1.9 Hz, H-7), 4.85 (1H, m, H-8), 1.53 (1H, m, H-9 α), 2.57 (1H, d, 15.0, 2.9 Hz, H-9 β), 5.63 (1H, d, 1.4 Hz, H-13a), 6.20 (1H, d, 1.6 Hz, H-13b), 1.17 (3H, s, H-14), 1.08 (3H, d, 7.6 Hz, H-15)。¹³C-NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ : 80.2 (d, C-1), 29.7 (t, C-2), 25.9 (t, C-3), 37.3 (d, C-4), 147.8 (s, C-5), 120.5 (d, C-6), 39.4 (d, C-7), 75.8 (d, C-8), 39.2 (t, C-9), 38.0 (s, C-10), 139.5 (s, C-11), 170.3 (s, C-12), 121.9 (t, C-13), 21.8 (q, C-14), 22.5 (q, C-15)。EI-MS: 248 [M]⁺(13)。以上数据与文献[11]报道的化合物 1 β -hydroxy alantolactone 波谱数据一致,所以确定化合物 6 的结构为 1 β -hydroxy alantolactone。

化合物 7 无色针状晶体。¹H-NMR (CDCl₃, 500 MHz) δ : 0.44 (1H, m, H-1), 1.51-1.64 (2H, m, H-2), 2.51 (2H, t, 7.5 Hz, H-3), 0.37 (1H, m, H-5), 0.89 (1H, m, H-6a), 2.32 (1H, dd, 14.0, 7.0 Hz, H-6b), 3.16 (1H, m, H-7), 4.77 (1H, ddd, 11.4, 8.9, 6.1 Hz, H-8), 0.97 (1H, dd, 13.4, 11.4 Hz, H-9a), 2.30 (1H, dd, 13.7, 6.1 Hz, H-9b), 5.53 (1H, d, 2.4 Hz, H-13a), 6.17 (1H, d, 2.8 Hz, H-13b), 1.07 (3H, s, H-14), 2.14 (3H, s, H-15)。¹³C-NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ : 34.2 (d, C-1), 23.3 (t, C-2), 43.6 (t, C-3), 208.7 (s, C-4), 22.9 (d, C-5), 30.7 (t, C-6), 37.7 (d, C-7), 75.6 (d, C-8), 37.3 (t, C-9), 17.2 (s, C-10), 138.9 (s, C-11), 170.5 (s, C-12), 122.6 (t, C-13), 18.2 (q, C-14), 30.1 (q, C-15)。EI-MS: 248 [M]⁺(3), 190 (60), 145 (100), 79 (83)。以上数据与文献[12]报道的化合物 carabrone 波谱数据一致,所以确定化合物 7 的结构为 carabrone。

化合物 8 白色固体粉末。¹H-NMR (CDCl₃, 500 MHz) δ : 1.06, 1.73 (1H each, m, H-1), 1.64

(2H, m, H-2), 4.49 (1H, dd, 10.5, 6.0 Hz, H-3), 0.81 (1H, m, H-5), 1.39, 1.51 (1H each, m, H-6), 1.40 (2H, m, H-7), 1.33 (1H, d, 2.1 Hz, H-9), 1.28, 1.53 (1H each, m, H-11), 1.09, 1.66 (1H each, m, H-12), 1.59 (1H, m, H-13), 0.94 (1H, d, 3.4 Hz, H-15a), 1.68 (1H, dd, 6.0, 3.4 Hz, H-15b), 1.16 (1H, dd, 4.4, 3.1 Hz, H-16a), 1.23 (1H, m, H-16b), 0.97 (1H, t, 3.8 Hz, H-18), 2.10 (1H, m, H-19), 2.21, 2.45 (1H each, m, H-21), 1.36, 1.42 (1H, each, m, H-22), 0.85 (3H, s, H-23), 0.84 (3H, s, H-24), 0.88 (3H, s, H-25), 1.03 (3H, s, H-26), 0.93 (3H, s, H-27), 0.85 (3H, s, H-28), 1.02 (3H, d, 3.3 Hz, H-29), 4.61 (2H, m, H-30), 2.05 (3H, s, CH₃CO)。¹³C-NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ: 38.4 (t, C-1), 23.7 (t, C-2), 81.0 (d, C-3), 37.8 (s, C-4), 55.4 (d, C-5), 18.2 (t, C-6), 34.0 (t, C-7), 40.9 (s, C-8), 50.4 (d, C-9), 37.0 (s, C-10), 21.4 (t, C-11), 26.1 (t, C-12), 39.1 (d, C-13), 42.0 (s, C-14), 26.6 (t, C-15), 38.3 (t, C-16), 34.5 (s, C-17), 48.6 (d, C-18), 39.4 (d, C-19), 154.6 (s, C-20), 25.6 (t, C-21), 38.8 (t, C-22), 27.9 (q, C-23), 15.9 (q, C-24), 16.5 (q, C-25), 16.3 (q, C-26), 14.7 (q, C-27), 19.5 (q, C-28), 25.5 (q, C-29), 107.1 (t, C-30), 171.0 (s, CH₃CO)。21.3 (q, CH₃CO)。EI-MS: 468 [M]⁺ (8)。以上数据与文献[13]报道的化合物 taraxasterol 3-*O*-acetate 波谱数据一致,故化合物 8 鉴定为 taraxasterol 3-*O*-acetate。

化合物 9 无色油状物。¹H-NMR (CDCl₃, 400 MHz) δ: 4.49 (1H, dd, 9.5, 6.2 Hz, H-3), 5.24 (1H, t, 3.3 Hz, H-12), 4.19 (1H, dd, 11.4, 4.7 Hz, H-16), 0.87 (3H, s, H-23), 0.87 (3H, s, H-24), 0.96 (H, s, H-25), 0.98 (3H, s, H-26), 1.21 (3H, s, H-27), 0.79 (3H, s, H-28), 0.89 (3H, s, H-29), 0.90 (3H, s, H-30), 2.28 (2H, t, 7.5 Hz, -CH₂CO-)。¹³C-NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ: 38.2 (t, C-1), 23.6 (t, C-2), 80.5 (d, C-3), 37.7 (s, C-4), 55.2 (d, C-5), 18.2 (t, C-6), 32.6 (t, C-7), 39.9 (s, C-8), 46.7 (d, C-9), 37.3 (s, C-10), 23.5 (t, C-11), 122.2 (d, C-12), 143.5 (s, C-13), 43.8 (s, C-14), 35.5 (t, C-15),

65.9 (d, C-16), 36.8 (s, C-17), 49.1 (d, C-18), 46.5 (t, C-19), 30.9 (s, C-20), 34.2 (t, C-21), 30.5 (t, C-22), 28.0 (q, C-23), 16.8 (q, C-24), 15.6 (q, C-25), 16.7 (q, C-26), 27.1 (q, C-27), 21.5 (q, C-28), 33.2 (q, C-29), 23.9 (q, C-30)。FAB⁺-MS: 681 [M + H]⁺ (2), 680 [M]⁺ (6)。以上数据与文献[14]报道的化合物 maniladiol 3-*O*-palmitate 波谱数据一致,故化合物 9 鉴定为 maniladiol 3-*O*-palmitate。

化合物 10 白色粉末。¹H-NMR (CDCl₃, 400 MHz) δ: 4.46 (1H, dd, 10.9, 5.4 Hz, H-3), 3.61 (1H, dd, 11.2, 4.7 Hz, H-16), 0.83 (3H, s, H-23), 0.84 (3H, s, H-24), 0.85 (3H, s, H-25), 1.03 (3H, s, H-26), 0.98 (3H, s, H-27), 0.79 (3H, s, H-28), 4.59, 4.70 (1H each, s, H-29), 1.68 (3H, s, H-30), 2.28 (2H, t, 7.4 Hz, -CH₂CO-), 0.87 (3H, t, 7.5 Hz, CH₃CH₂-)。¹³C-NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ: 38.4 (t, C-1), 23.7 (t, C-2), 80.5 (d, C-3), 37.8 (s, C-4), 55.4 (d, C-5), 18.2 (t, C-6), 34.2 (t, C-7), 40.9 (s, C-8), 49.9 (d, C-9), 37.0 (s, C-10), 20.9 (t, C-11), 24.7 (t, C-12), 37.2 (d, C-13), 44.1 (s, C-14), 36.8 (t, C-15), 77.0 (d, C-16), 48.6 (s, C-17), 47.6 (d, C-18), 47.7 (d, C-19), 150.0 (s, C-20), 29.9 (t, C-21), 37.7 (t, C-22), 27.9 (q, C-23), 16.0 (q, C-24), 16.5 (q, C-25), 16.2 (q, C-26), 16.2 (q, C-27), 11.7 (q, C-28), 109.8 (t, C-29), 19.3 (q, C30), 34.8 (t, -CH₂CO), 173.7 (s, -COO-), 31.9 (t, -CH₂-), 25.2 (t, CH₂-), 14.1 (q, CH₃CH₂)。EI-MS: 653 [M + H]⁺ (4) 以上数据与文献[15]报道的化合物 16β-hydroxylupeol 3-*O*-tetradecanoate 的波谱数据一致,故化合物 10 鉴定为 16β-hydroxylupeol 3-*O*-tetradecanoate。

化合物 11 无色黏稠状物。¹H-NMR (CDCl₃, 400 MHz): 3.50 (1H, dd, 5.5, 11 Hz, H-3), 3.32 (1H, dd, 11.4, 4.8 Hz, H-16), 4.75 (1H, d, 2.4 Hz, H-30a), 4.76 (1H, d, 2.4 Hz)。¹³C-NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ: 38.7 (t, C-1), 27.3 (t, C-2), 78.9 (d, C-3), 38.9 (s, C-4), 55.3 (d, C-5), 18.2 (t, C-6), 33.9 (t, C-7), 39.9 (s, C-8), 49.9 (d, C-9), 37.0 (s, C-10), 21.3 (t, C-11),

25.8 (t, C-12), 38.6 (d, C-13), 42.2 (s, C-14), 35.9 (t, C-15), 77.3 (d, C-16), 40.8 (s, C-17), 47.5 (d, C-18), 38.9 (d, C-19), 153.6 (s, C-20), 24.9 (t, C-21), 35.2 (t, C-22), 27.9 (q, C-23), 15.3 (q, C-24), 16.3 (q, C-25), 16.2 (q, C-26), 15.8 (q, C-27), 12.8 (q, C-28), 25.2 (q, C-29), 107.3 (t, C-30)。FAB⁺-MS: 443 [M + H]⁺ (7)。以上数据与文献[14]报道的化合物 arnidliol 的波谱数据一致,故确定化合物 11 为 arnidliol。

[参考文献]

[1] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志. 第 75 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 248.

[2] 江苏新医学院. 中药大辞典: 第 1 册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985: 429.

[3] 云南省药材公司. 云南中药资源名录[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 574.

[4] 张人伟, 林咏月, 戚育芳, 等. 水朝阳草抗癌化学成分的研究[J]. 天然产物研究与开发, 1998, 10(1): 31.

[5] Wang Q, Zhou B N, Zhang R W, et al. Cytotoxicity and NMR spectral assignments of ergolide and bigelovin [J]. *Planta Medica*, 1996, 62(2): 166.

[6] Lanzetta R, Lama G, Mauriello G, et al. Ichthyotoxic sesquiterpenes and xanthanolides from *Ditrichia graveolens* [J]. *Phytochemistry*, 1991, 30(4): 1121.

[7] Ohno S, Tomita-Yokotani K, Kosemura S, et al. A species-selective allelopathic substance from germinating sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds [J].

Phytochemistry, 2001, 56(6): 577.

[8] Bohlmann F, Singh P, Joshi K C, et al. Xanthanolides from *Xanthium indicum* [J]. *Phytochemistry*, 1982, 21(6): 1441.

[9] Herz W, Prasad J S, Blount J F. Crystal structure and stereochemistry of ivaxillin [J]. *J Org Chem*, 1982, 47(20): 3991.

[10] Maruyama M, Karube A, Sato K. Sesquiterpene lactones from *Carpesium abrotanoides* [J]. *Phytochemistry*, 1983, 22(12): 2773.

[11] Bohlmann F, Mahanta P K, Jakupovic J, et al. New sesquiterpene lactones from *Inula* species [J]. *Phytochemistry*, 1978, 17(7): 1165.

[12] Mossa J S, El-Feraly F S, Muhammad I, et al. Sesquiterpene lactones and thymol esters from *Vicoa pentanema* [J]. *J Nat Prod*, 1997, 60(6): 550.

[13] Reynolds W F, Sawyer J F, Enriquez R G, et al. Total assignment of the ¹³C spectrum of taraxasteryl acetate by ¹³C-¹³C connectivity experiments and determination of the stereochemistry of taraxasterol by X-ray diffraction [J]. *Can J Chem*, 1985, 63(5): 1048.

[14] Kundakovic T, Fokialakis N, Magiatis P, et al. Triterpenic derivatives of *Achillea alexandri-regis* Bornm. & Rudski [J]. *Chem Pharm Bull*, 2004, 52(12): 1462.

[15] Schmidt T J, Raison J, Willuhn G. New triterpene esters from flowerheads of *Arnica lonchophylla* [J]. *Planta Medica*, 2004, 70(10): 967.

[责任编辑 邹晓翠]

本刊欢迎网上投稿

《中国实验方剂学杂志》2010 年正式施行网上投稿,请登录本刊网站 www.syfjxzz.com 注册会员,登陆采编系统之后按照提示在线投稿。本刊对网上来稿免收稿件处理费。编辑部对来稿有修改权。经审后,如录用,请按通知要求交纳论文发表费。详见本刊稿约。