

东北蒲公英根的化学成分研究

姜雪冰， 王知斌， 孙延平， 马 悦， 杨炳友， 匡海学*
(黑龙江中医药大学，教育部北药基础与应用研究重点实验室，黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要：目的 研究东北蒲公英 *Taraxacum ohwianum* Kitam 根的化学成分。方法 东北蒲公英根 80% 甲醇提取物采用硅胶、ODS 柱色谱、制备型 HPLC 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。结果 从中分离得到 13 个化合物，分别鉴定为 maricaffeoylide A (1)、迷迭香酸正丁酯 (2)、3, 4-*O*-二咖啡酰奎宁酸丁酯 (3)、4-烯丙基-2, 6-二甲氧基苯基葡萄糖苷 (4)、绿原酸丁酯 (5)、sonchuside A (6)、14-*O*-β-*D*-glucosyl-11, 13-dihydro-taraxinic acid (7)、1β, 3β-dihydroxy-6β, 11β, 4α, 5α, 7α*H*-eudesm-12, 6-olide-1-*O*-β-*D*-glucopyranoside (8)、肌苷 (9)、1-(β-*D*-呋喃核糖基)-1*H*-1, 2, 4-三唑啉酮 (10)、9, 10, 13-三羟基十八碳-11-烯酸甲酯 (11)、1-methyl-1, 2, 3, 4-tetrahydro-β-carboline-3-carboxylic acid (12)、焦谷氨酸正丁酯 (13)。结论 化合物 1~4、9、11~13 为首次从蒲公英属中分离得到。

关键词：东北蒲公英；根；化学成分；分离鉴定

中图分类号：R284.1 文献标志码：A 文章编号：1001-1528(2023)06-1887-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2023.06.024

Chemical constituents from the roots of *Taraxacum ohwianum*

JIANG Xue-bing, WANG Zhi-bin, SUN Yan-ping, MA Yue, YANG Bing-you,
KUANG Hai-xue*
(Heilongjiang University of Chinese Medicine, Key Laboratory of Basic and Application Research of Beiyao Ministry of Education, Harbin 150040, China)

ABSTRACT: **AIM** To study the chemical constituents from the roots of *Taraxacum ohwianum* Kitam. **METHODS** The 80% methanol extract from the roots of *T. ohwianum* was isolated and purified by silica gel, ODS column chromatography and preparative HPLC, then the structures of obtained compounds were identified by physicochemical properties and spectral data. **RESULTS** Thirteen compounds were isolated and identified as maricaffeoylide A (1), *n*-butyl rosmarinate (2), 3, 4-*O*-dicaffeoylquinic acid *n*-butyl ester (3), 4-allyl-2, 6-dimethoxyphenyl glucoside (4), chlorogenic acid butyl ester (5), sonchuside A (6), 14-*O*-β-*D*-glucosyl-11, 13-dihydro-taraxinic acid (7), 1β, 3β-dihydroxy-6β, 11β, 4α, 5α, 7α*H*-eudesm-12, 6-olide-1-*O*-β-*D*-glucopyranoside (8), inosine (9), 1-(β-*D*-ribofuranosyl)-1*H*-1, 2, 4-triazole (10), 9, 10, 13-trihydroxyoctadec-11-enoic acid methyl ester (11), 1-methyl-1, 2, 3, 4-tetrahydro-β-carboline-3-carboxylic acid (12), *n*-butyl pyroglutamate (13). **CONCLUSION** Compounds 1-4, 9, 11-13 are isolated from genus *Taraxacum* for the first time.

KEY WORDS: *Taraxacum ohwianum* Kitam; roots; chemical constituents; isolation and identification

收稿日期：2022-07-10

基金项目：国家自然科学基金面上项目（81973439）；国家中医药管理局岐黄工程首席科学家支持项目（国中医药人教函〔2021〕7号）；国家中医药管理局岐黄学者支持项目（国中医药人教函〔2018〕284号）；2022年全国名老中医药专家传承工作室建设项目（国中医药人教函〔2022〕75号）；第七批全国老中医药专家学术经验继承工作项目（国中医药人教函〔2022〕76号）；黑龙江省“头雁”团队支持项目（黑龙江省头雁行动领导小组文件〔2019〕5号）；黑龙江中医药大学“优秀创新人才支持计划”科研项目（2018RCD03）

作者简介：姜雪冰（1997—），女，硕士，从事中药及复方药效物质基础研究。Tel: 18369726080, E-mail: jxb18369726080@163.com

* 通信作者：匡海学（1955—），男，博士，教授，从事中药及复方药效物质基础研究。Tel: (0451) 87267188, E-mail: hxkuang@hijucm.net

蒲公英是菊科蒲公英属多年生草本植物,始载于《唐本草》,民间又称为婆婆丁、蒲蒲丁、黄花地丁、黄花郎等^[1]。蒲公英资源分布广泛,品种多样,酚酸类、萜类、黄酮类等是其主要成分,具有保肝利胆、免疫调节、抗疲劳等作用^[2-3]。蒲公英属植物也深刻体现药食同源的特点,因其药用和营养价值被加工为蒲公英茶等多种保健食品。近年来,东北蒲公英 *Taraxacum ohwianum* Kitam 化学成分和药理作用的研究与日俱增。在药材储存和运输过程中其茎叶易于损坏,根部易于保存和运输,且其根部资源丰富,产量较高,价格便宜,较易获得,本研究对东北蒲公英根的化学成分进行分离鉴定,得到 13 个化合物,以期为东北蒲公英后续研究提供参考。

1 材料

Waters e2695 型高效液相色谱仪、Waters 2998 型紫外检测器、Waters ELSD-2424 型蒸发光检测器、Acquity™ UPLC 型超高液相色谱(美国 Waters 公司);Bruker-500 超导核磁共振(德国 Bruker 公司);Triple TOF 5600+ 型 LC 液质联用(美国 AB Sciex 公司);LC-20AR 型制备液相色谱仪、SHIMADZU RID 型示差折光检测器(日本岛津公司);SENCO R2003KB 型大型旋转蒸发仪(日本 SENCO 公司);ODS 柱色谱(日本 YMC 公司)。甲醇(色谱纯,北京百灵威科技有限公司)。

东北蒲公英根采自哈尔滨市帽儿山,经黑龙江中医药大学樊锐锋教授鉴定为菊科蒲公英属植物东北蒲公英 *Taraxacum ohwianum* Kitam 的根。标本保存在黑龙江中医药大学中药化学实验室中。

2 提取与分离

取东北蒲公英根 10.0 kg,用 7 倍量 80% 甲醇浸泡 12 h,超声提取 3 次,每次 40 min。合并提取液,减压回收滤液至无醇味,得到甲醇提取物 2.6 kg。甲醇提取物用水稀释混悬后,加入石油醚萃取 3 次,减压回收石油醚萃取液,得到石油醚萃取物。剩余水层用氨水将 pH 值调至 9.5,按 1:1 的比例用水饱和正丁醇萃取 3 次,每次 8 h。减压回收正丁醇萃取液,得到正丁醇碱性部分。将剩余水层用 HCl 溶液 pH 值调至 2.5,按 1:1 的比例用水饱和正丁醇萃取 3 次,减压回收正丁醇萃取液,得到正丁醇酸性部分。

正丁醇碱性部分用甲醇混悬,80~100 目硅胶以 1:1.5 的比例混合拌样,干燥至松散状。以 200~300 目硅胶柱色谱进行分离,湿法装柱,干法上样。以二氯甲烷-甲醇(50:1~1:1)梯度洗

脱,经 HPLC、TLC 检测合并,ODS 柱、半制备型 HPLC 分离,得到化合物 **6** [23.5 mg, t_R = 13.8 min, 甲醇-水(47:53)]、**7** [26.9 mg, t_R = 12.6 min, 甲醇-水(49:51)]、**8** [16.1 mg, t_R = 14.3 min, 甲醇-水(52:53)]、**9** [80.1 mg, t_R = 13.4 min, 甲醇-水(18:82)]、**10** [10.2 mg, t_R = 11.7 min, 甲醇-水(15:85)]、**11** [21.1 mg, t_R = 11.3 min, 甲醇-水(75:25)]、**12** [24.7 mg, t_R = 13.3 min, 甲醇-水(55:45)]、**13** [19.4 mg, t_R = 15.7 min, 甲醇-水(40:60)]。

正丁醇酸性部分用甲醇混悬,80~100 目硅胶按 1:1.5 的比例混合拌样,干燥至松散状。用二氯甲烷浸泡 200~300 目的正向硅胶,直接装柱后上样。以二氯甲烷-甲醇(20:1~1:1)梯度洗脱,经 HPLC、TLC 检测合并,ODS 柱、半制备型 HPLC 分离,得到化合物 **1** [15.6 mg, t_R = 12.5 min, 甲醇-水(34:66)]、**2** [19.3 mg, t_R = 11.3 min, 乙腈-水(36:64)]、**3** [23.5 mg, t_R = 13.2 min, 甲醇-水(59:41)]、**4** [21.9 mg, t_R = 11.7 min, 乙腈-水(45:55)]、**5** [15.7 mg, t_R = 10.7 min, 甲醇-水(55:45)]。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 白色无定形粉末,ESI-MS m/z : 321.1 [M+H]⁺。¹H-NMR(600 MHz, CD₃OD) δ : 7.06(1H, d, J = 1.9 Hz, H-2), 6.80(1H, d, J = 8.1 Hz, H-5), 6.96(1H, dd, J = 8.1, 1.9 Hz, H-6), 7.54(1H, d, J = 15.9 Hz, H-7), 6.23(1H, d, J = 15.9 Hz, H-8), 2.03(1H, m, H-2'a), 2.19(1H, m, H-2'b), 1.62(2H, m, H-3'), 1.42(1H, m, H-4'), 1.35(2H, m, H-5'), 5.30(1H, m, H-6'), 4.15(2H, d, J = 7.2 Hz, H-7'), 0.91(3H, d, J = 6.4 Hz, H-4'-CH₃);¹³C-NMR(150 MHz, CD₃OD) δ : 127.2(C-1), 114.7(C-2), 146.8(C-3), 149.2(C-4), 116.1(C-5), 122.5(C-6), 147.4(C-7), 114.6(C-8), 167.8(C-9), 174.6(C-1'), 37.6(C-2'), 19.6(C-3'), 31.3(C-4'), 31.2(C-5'), 71.7(C-6'), 66.0(C-7'), 13.6(C-4'-CH₃)。以上数据与文献[4]报道基本一致,故鉴定为 maricaffeoylide A。

化合物 **2**: 白色粉末,ESI-MS m/z : 417.1 [M-H]⁻。¹H-NMR(600 MHz, CD₃OD) δ : 6.88(1H, d, J = 1.5 Hz, H-2), 6.62(1H, d, J = 8.4 Hz, H-5), 6.78(1H, dd, J = 8.4, 1.5 Hz,

H-6), 7.41 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-7), 6.10 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8), 6.56 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-2'), 6.56 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5'), 6.41 (1H, dd, $J = 8.0, 1.5$ Hz, H-6'), 2.87 (2H, d, $J = 6.4$ Hz, H-7'), 4.99 (1H, t, $J = 6.4$ Hz, H-8'), 3.93 (2H, t, $J = 6.4$ Hz, H-1''), 1.35 (2H, m, H-2''), 1.12 (2H, m, H-3''), 0.71 (3H, t, $J = 7.0$ Hz, H-4''); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CD_3OD) δ : 128.9 (C-1), 115.7 (C-2), 150.7 (C-3), 147.2 (C-4), 122.7 (C-5), 116.2 (C-6), 147.2 (C-7), 115.7 (C-8), 168.6 (C-9), 128.2 (C-1'), 120.3 (C-2'), 146.4 (C-3'), 146.6 (C-4'), 117.3 (C-5'), 116.0 (C-6'), 38.4 (C-7'), 75.3 (C-8'), 172.3 (C-9'), 67.6 (C-1''), 31.2 (C-2''), 21.6 (C-3''), 15.5 (C-4''). 以上数据与文献 [5] 报道基本一致, 故鉴定为迷迭香酸正丁酯。

化合物 3: 白色无定形粉末, ESI-MS m/z : 571.1 $[\text{M-H}]^-$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CD_3OD) δ : 2.15 (2H, m, H-2), 5.66 (1H, m, H-3), 5.05 (1H, dd, $J = 8.4, 3.6$ Hz, H-4), 4.35 (1H, m, H-5), 2.15 (2H, m, H-6), 4.19 (2H, m, H-8), 1.70 (2H, m, H-9), 1.47 (2H, m, H-10), 0.99 (3H, t, $J = 7.8$ Hz, H-11), 6.76 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2'), 7.05 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-5'), 6.93 (1H, dd, $J = 8.4, 1.8$ Hz, H-6'), 7.59 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-7'), 6.27 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-8'), 6.78 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2''), 7.03 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-5''), 6.90 (1H, dd, $J = 8.4, 1.8$ Hz, H-6''), 7.56 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-7''), 6.30 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-8''); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CD_3OD) δ : 75.4 (C-1), 41.0 (C-2), 74.8 (C-3), 69.5 (C-4), 65.9 (C-5), 36.4 (C-6), 175.4 (C-7), 64.4 (C-8), 31.3 (C-9), 19.7 (C-10), 13.6 (C-11), 127.3 (C-1'), 114.8 (C-2'), 146.9 (C-3'), 149.2 (C-4'), 116.1 (C-5'), 122.8 (C-6'), 147.0 (C-7'), 114.6 (C-8'), 168.1 (C-9'), 127.3 (C-1''), 114.7 (C-2''), 146.3 (C-3''), 149.2 (C-4''), 116.1 (C-5''), 122.7 (C-6''), 147.0 (C-7''), 114.6 (C-8''), 168.0 (C-9'')。以上数据与文献 [6] 报道基本一致, 故鉴定为 3, 4-*O*-二咖啡酰奎宁酸丁酯。

化合物 4: 白色粉末, ESI-MS m/z : 379.1 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CD_3OD) δ : 6.53 (2H,

s, H-3, 5), 3.32 (1H, m, H-7a), 3.33 (1H, m, H-7b), 5.95 (1H, m, H-8), 5.08 (2H, m, H-9), 4.91 (1H, d, $J = 7.7$ Hz, H-1'), 4.04 (1H, m, H-2'), 3.83 (1H, m, H-3'), 4.20 (1H, m, H-4'), 4.40 (1H, m, H-5'), 4.58 (1H, dd, $J = 12.0, 2.0$ Hz, H-6'a), 4.65 (1H, dd, $J = 12.0, 5.7$ Hz, H-6'b), 3.82 (6H, s, 2-OCH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CD_3OD) δ : 138.4 (C-1), 154.2 (C-2), 107.5 (C-3), 134.7 (C-4), 107.5 (C-5), 154.2 (C-6), 41.3 (C-7), 138.7 (C-8), 116.2 (C-9), 102.9 (C-1'), 75.2 (C-2'), 78.3 (C-3'), 71.3 (C-4'), 77.8 (C-5'), 62.6 (C-6'), 55.5 (2-OCH₃)。以上数据与文献 [7-8] 报道基本一致, 故鉴定为 4-烯丙基-2, 6-二甲氧基苯基葡萄糖苷。

化合物 5: 白色无定形粉末, ESI-MS m/z : 409.2 $[\text{M-H}]^-$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CD_3OD) δ : 2.06 (1H, m, H-2a), 2.18 (1H, m, H-2b), 5.31 (1H, m, H-3), 3.77 (1H, dd, $J = 5.7, 3.0$ Hz, H-4), 4.17 (1H, m, H-5), 1.95 (1H, dd, $J = 13.6, 3.5$ Hz, H-6a), 2.11 (1H, m, H-6b), 4.23 (2H, t, $J = 6.6$ Hz, H-8), 1.49 (2H, m, H-9), 1.26 (2H, m, H-10), 0.80 (3H, t, $J = 7.3$ Hz, H-11), 7.17 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2'), 7.34 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-3'), 7.07 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-5'), 6.91 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-8'), 6.91 (1H, dd, $J = 8.2, 1.7$ Hz, H-9'); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CD_3OD) δ : 72.2 (C-1), 37.4 (C-2), 64.8 (C-3), 69.2 (C-4), 71.3 (C-5), 35.2 (C-6), 174.4 (C-7), 64.1 (C-8), 30.8 (C-9), 18.7 (C-10), 13.8 (C-11), 164.6 (C-1'), 113.6 (C-2'), 149.6 (C-3'), 123.3 (C-4'), 113.2 (C-5'), 145.0 (C-6'), 145.7 (C-7'), 117.6 (C-8'), 121.3 (C-9')。以上数据与文献 [9] 报道基本一致, 故鉴定为绿原酸丁酯。

化合物 6: 淡黄色粉末, ESI-MS m/z : 413.2 $[\text{M} + \text{H}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CD_3OD) δ : 4.80 (1H, d, $J = 10.0$ Hz, H-1), 2.39 (2H, m, H-2), 4.83 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-3), 4.91 (1H, d, $J = 10.0$ Hz, H-5), 4.50 (1H, dd, $J = 10.0, 9.8$ Hz, H-6), 1.88 (1H, m, H-7), 1.72 (2H, m, H-8), 2.39 (2H, m, H-9), 2.05 (1H, m, H-11), 1.23 (3H, d, $J = 6.6$ Hz, H-13), 1.52 (3H, s, H-14), 1.78 (3H, s, H-15), 4.23 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1'), 3.20 ~ 3.40 (4H,

m, H-2'~5'), 3.65 (1H, dd, $J=12.0, 5.7$ Hz, H-6'a), 3.90 (1H, dd, $J=12.0, 1.2$ Hz, H-6'b); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CD_3OD) δ : 125.9 (C-1), 33.9 (C-2), 84.3 (C-3), 141.4 (C-4), 128.2 (C-5), 82.6 (C-6), 56.9 (C-7), 29.6 (C-8), 42.1 (C-9), 139.0 (C-10), 43.2 (C-11), 181.3 (C-12), 13.4 (C-13), 16.6 (C-14), 12.3 (C-15), 102.5 (C-1'), 75.7 (C-2'), 77.9 (C-3'), 71.8 (C-4'), 78.0 (C-5'), 62.8 (C-6')。以上数据与文献 [10] 报道基本一致, 故鉴定为 sonchuside A。

化合物 7: 淡黄色粉末, ESI-MS m/z : 449.2 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CD_3OD) δ : 5.88 (1H, dd, $J=12.3, 3.3$ Hz, H-1), 2.28 (1H, m, H-2a), 3.43 (1H, m, H-2b), 2.30 (2H, m, H-3), 8.32 (1H, d, $J=10.2$ Hz, H-5), 4.69 (1H, dd, $J=10.2, 10.1$ Hz, H-6), 1.79 (1H, m, H-7), 1.96 (2H, m, H-8), 1.96 (1H, m, H-9a), 2.84 (1H, d, $J=11.4$ Hz, H-9b), 2.25 (1H, m, H-11), 1.23 (3H, d, $J=7.2$ Hz, H-13), 1.65 (3H, s, H-15), 1.67 (1H, d, $J=6.3$ Hz, H-1'), 3.38 (1H, m, H-2'), 3.41 (1H, m, H-3'), 3.38 (1H, m, H-4'), 3.43 (1H, m, H-5'), 3.71 (1H, dd, $J=12.0, 4.2$ Hz, H-6'a), 3.85 (1H, d, $J=12.0$ Hz, H-6'b); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CD_3OD) δ : 149.4 (C-1), 27.1 (C-2), 39.6 (C-3), 143.9 (C-4), 126.9 (C-5), 82.9 (C-6), 55.2 (C-7), 30.9 (C-8), 36.9 (C-9), 131.5 (C-10), 43.0 (C-11), 181.0 (C-12), 12.9 (C-13), 167.5 (C-14), 16.8 (C-15), 95.0 (C-1'), 73.6 (C-2'), 77.9 (C-3'), 70.7 (C-4'), 78.4 (C-5'), 62.0 (C-6')。以上数据与文献 [11] 报道基本一致, 故鉴定为 14-*O*- β -*D*-glucosyl-11, 13-dihydro-taraxinic acid。

化合物 8: 白色粉末, ESI-MS m/z : 429.2 $[\text{M-H}]^-$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CD_3OD) δ : 3.75 (1H, dd, $J=11.8, 3.9$ Hz, H-1), 2.12 (1H, m, H-2a), 2.13 (1H, m, H-2b), 3.94 (1H, dd, $J=7.7, 4.3$ Hz, H-3), 2.49 (1H, m, H-4), 1.44 (1H, dd, $J=11.5, 4.3$ Hz, H-5), 4.05 (1H, dd, $J=11.5, 5.0$ Hz, H-6), 1.41 (1H, m, H-7), 1.43 (1H, m, H-8a), 1.49 (1H, m, H-8b), 2.05 (1H, m, H-9a), 2.07 (1H, m, H-9b), 1.13 (1H, m, H-11), 1.23

(3H, d, $J=7.4$ Hz, H-13), 1.07 (3H, s, H-14), 1.15 (3H, d, $J=6.9$ Hz, H-15), 4.91 (1H, d, $J=7.7$ Hz, H-1'), 4.04 (1H, m, H-2'), 3.83 (1H, m, H-3'), 4.20 (1H, m, H-4'), 4.40 (1H, m, H-5'), 4.65 (1H, dd, $J=12.0, 5.6$ Hz, H-6'a), 4.58 (1H, d, $J=12.0$ Hz, H-6'b); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CD_3OD) δ : 83.9 (C-1), 39.9 (C-2), 69.9 (C-3), 41.6 (C-4), 53.4 (C-5), 78.5 (C-6), 47.9 (C-7), 23.0 (C-8), 35.3 (C-9), 39.9 (C-10), 40.9 (C-11), 179.3 (C-12), 12.6 (C-13), 15.9 (C-14), 9.3 (C-15), 102.4 (C-1'), 74.9 (C-2'), 78.2 (C-3'), 71.7 (C-4'), 78.5 (C-5'), 62.9 (C-6')。以上数据与文献 [12] 报道基本一致, 故鉴定为 1 β , 3 β -dihydroxy-6 β , 11 β , 4 α , 5 α , 7 α -*H*-eudesm-12, 6-olide-1-*O*- β -*D*-glucopyranoside。

化合物 9: 白色粉末, ESI-MS m/z : 269.1 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CD_3OD) δ : 8.20 (1H, s, H-2), 8.32 (1H, s, H-8), 5.98 (1H, d, $J=6.2$ Hz, H-1'), 4.76 (1H, dd, $J=6.2, 5.0$ Hz, H-2'), 4.34 (1H, dd, $J=5.0, 2.5$ Hz, H-3'), 4.19 (1H, m, H-4'), 3.77 (1H, dd, $J=12.5, 2.5$ Hz, H-5'a), 3.91 (1H, dd, $J=12.5, 2.5$ Hz, H-5'b); $^{13}\text{C-NMR}$ (CD_3OD , 150 MHz) δ : 157.9 (C-2), 150.3 (C-4), 121.2 (C-5), 158.8 (C-6), 142.3 (C-8), 91.6 (C-1'), 72.9 (C-2'), 75.8 (C-3'), 88.5 (C-4'), 63.8 (C-5')。以上数据与文献 [13] 报道基本一致, 故鉴定为肌苷。

化合物 10: 白色晶体, ESI-MS m/z : 216.1 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CD_3OD) δ : 8.20 (1H, s, H-3), 8.35 (1H, s, H-5), 5.98 (1H, d, $J=6.5$ Hz, H-1'), 4.19 (1H, d, $J=2.6$ Hz, H-2'), 4.34 (1H, dd, $J=5.1, 2.6$ Hz, H-3'), 4.74 (1H, m, H-4'), 3.77 (1H, dd, $J=12.5, 2.6$ Hz, H-5'a), 3.91 (1H, dd, $J=12.5, 2.6$ Hz, H-5'b); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CD_3OD) δ : 154.2 (C-3), 142.7 (C-5), 91.9 (C-1'), 76.1 (C-2'), 73.3 (C-3'), 88.9 (C-4'), 64.1 (C-5')。以上数据与文献 [14] 报道基本一致, 故鉴定为 1- (β -*D*-呋喃核糖基)-1*H*-1, 2, 4-三唑啉酮。

化合物 11: 白色粉末, ESI-MS m/z : 344.3 $[\text{M-H}]^-$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CD_3OD) δ : 2.23 (2H, t, $J=7.3$ Hz, H-2), 1.60 (2H, m, H-3),

1.32 (2H, m, H-4), 1.32 (2H, m, H-5), 1.32 (2H, m, H-6), 1.32 (2H, m, H-7), 1.52 (2H, m, H-8), 3.46 (1H, m, H-9), 3.92 (1H, dd, $J = 5.4, 5.1$ Hz, H-10), 5.74 (1H, m, H-11), 5.71 (1H, m, H-12), 4.03 (1H, dt, $J = 6.6, 5.4$ Hz, H-13), 1.52 (2H, m, H-14), 1.32 (2H, m, H-15), 1.32 (2H, m, H-16), 1.32 (2H, m, H-17), 0.93 (3H, t, $J = 6.7$ Hz, H-18), 3.64 (3H, s, 19-OCH₃); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 177.6 (C-1), 33.5 (C-2), 26.2 (C-3), 30.4 (C-4), 30.5 (C-5), 30.6 (C-6), 26.6 (C-7), 33.1 (C-8), 75.7 (C-9), 76.5 (C-10), 136.5 (C-11), 130.9 (C-12), 73.0 (C-13), 38.3 (C-14), 26.4 (C-15), 33.0 (C-16), 23.7 (C-17), 14.4 (C-18), 49.9 (19-OCH₃)。以上数据与文献 [15] 报道基本一致, 故鉴定为 9, 10, 13-三羟基十八碳-11-烯酸甲酯。

化合物 12: 无色针状结晶, ESI-MS m/z : 231.1 [M+H]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 4.73 (1H, d, $J = 6.0$ Hz, H-1), 3.98 (1H, dd, $J = 12.0, 6.0$ Hz, H-3), 3.06 (1H, m, H-4a), 3.46 (1H, dd, $J = 12.0, 4.7$ Hz, H-4b), 7.50 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-5), 7.07 (1H, dd, $J = 12.0, 7.1$ Hz, H-6), 7.16 (1H, dd, $J = 12.0, 7.4$ Hz, H-7), 7.36 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-8), 1.77 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, H-10); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 51.6 (C-1), 60.2 (C-3), 24.8 (C-4), 108.3 (C-4a), 127.9 (C-4b), 119.6 (C-5), 120.9 (C-6), 123.7 (C-7), 112.7 (C-8), 139.1 (C-8a), 131.8 (C-9a), 17.6 (C-10), 174.2 (C-11)。以上数据与文献 [16] 报道基本一致, 故鉴定为 1-methyl-1, 2, 3, 4-tetrahydro- β -carboline-3-carboxylic acid。

化合物 13: 白色粉末, ESI-MS m/z : 186.1 [M+H]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 2.44 (2H, m, H-3), 2.27 (1H, m, H-4a), 2.52 (1H, m, H-4b), 4.26 (1H, dd, $J = 8.7, 5.0$ Hz, H-5), 4.19 (2H, t, $J = 6.5$ Hz, H-7), 1.67 (2H, m, H-8), 3.91 (2H, m, H-9), 0.96 (3H, t, $J = 7.5$ Hz, H-10); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 171.8 (C-2), 29.2 (C-3), 25.8 (C-4), 53.6 (C-5), 177.5 (C-6), 65.7 (C-7), 31.7 (C-8), 17.9 (C-9), 13.5 (C-10)。以上数据与文献 [17] 报道基本一致, 故鉴定为焦谷氨酸正丁酯。

4 讨论

本研究分离并鉴定了 13 个化合物, 包括 5 个苯丙素类, 3 个倍半萜类, 2 个核苷类, 3 个其他类, 化合物 1~4、9、11~13 为首次从蒲公英属中分离得到, 本研究结果丰富了蒲公英的化合物库, 为其新药和保健品的开发提供理论依据, 从而可以更好地开发利用蒲公英。

参考文献:

[1] 陈瑞军, 王秋元, 喇孝瑾, 等. 蒲公英药用研究进展[J]. 现代中西医结合杂志, 2021, 30(5): 563-567.

[2] 刘 婷, 张继秀, 李先哲, 等. 蒲公英的开发与利用[J]. 沈阳药科大学学报, 2019, 36(5): 450-458.

[3] 毛叶勤, 陈 琳, 吴 育, 等. 蒲公英水提物对大鼠溃疡性结肠炎的作用[J]. 中成药, 2022, 44(3): 752-757.

[4] Yan D M, Gao Ch H, Yi X X, *et al.* Two new secondary metabolites from the fruits of mangrove *Avicennia marina* [J]. *Z Naturforsch B*, 2015, 70(9): 691-694.

[5] 吴 西, 袁铭铭, 周国平, 等. 连钱草正丁醇部位化学成分研究[J]. 中药材, 2020, 43(4): 870-874.

[6] Wu X L, Lu W Q, Shen Y H, *et al.* Chemical constituents of *Ainsliaea yunnanensis* [J]. *Chem Nat Compd*, 2019, 55(6): 1170-1172.

[7] 冯卫生, 陈文静, 李 孟, 等. 怀菊花中糖苷类化学成分研究[J]. 中药材, 2018, 41(2): 338-341.

[8] Wang R B, Xiao Y Z, Xie Y G, *et al.* Chemical constituents of *Parasenecio quinquelobus* [J]. *Chem Nat Compd*, 2021, 57(2): 190-193.

[9] 王嘉琪, 刘 洋, 杨永芬, 等. 白花败酱草抗氧化成分研究[J]. 中草药, 2019, 50(21): 5206-5211.

[10] Michalska K, Malarz J, Stojakowska A, *et al.* Chemical constituents from *Lactuca plumieri* (L.) Gren. & Godr. (Asteraceae) [J]. *Nat Prod Res*, 2022, 36(20): 5337-5341.

[11] Kashiwada Y, Takanaka K, Tsukada H, *et al.* Sesquiterpene glucosides from anti-leukotriene B4 release fraction of *Taraxacum officinale* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2001, 3(3): 191-197.

[12] Yang D S, Wan W K, Kim I H. The constituents of *Taraxacum hallaisanensis* roots [J]. *Arch Pharm Res*, 1996, 19(6): 507-513.

[13] 高 允, 梁柳春, 王 瑞, 等. 美洲大蠊化学成分的研究[J]. 中成药, 2018, 40(2): 375-378.

[14] 李丹丹, 丁丽琴, 杨 灵, 等. 海蒿子含氮有机化学成分研究[J]. 中草药, 2017, 48(9): 1735-1739.

[15] 苏海国, 杨 槐, 蒙春旺, 等. 巴豆化学成分及其细胞毒性研究[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(19): 3620-3623.

[16] 魏 伟, 范春林, 王贵阳, 等. 广王不留行的化学成分研究[J]. 中草药, 2014, 45(5): 615-621.

[17] 房芯羽, 周 三, 刘 洋, 等. 绿藻孔石莼化学成分研究[J]. 中草药, 2017, 48(22): 4626-4631.