

虎杖花的化学成分研究

孙印石¹, 王建华²

1. 中国农业科学院特产研究所, 吉林 长春 130112

2. 山东农业大学农学院, 山东 泰安 271018

摘要: 目的 研究虎杖 *Polygonum cuspidatum* 花的化学成分。方法 利用溶剂提取、硅胶柱色谱和 Sephadex LH-20 反复进行分离纯化, 根据波谱数据和理化性质鉴定化合物结构。结果 从虎杖花甲醇提取物的乙醚、甲醇萃取部分分离得到 16 个化合物, 分别鉴定为 β -谷甾醇 (1)、芦荟大黄素 (2)、大黄素甲醚 (3)、大黄素 (4)、胡萝卜苷 (5)、大黄酚 (6)、槲皮素 (7)、山柰酚 (8)、蒽醌苷 B (9)、大黄酸 (10)、芹菜素 (11)、橙皮素 (12)、4-羟基苯乙酮 (13)、芦丁 (14)、蔗糖 (15)、染料木素 (16)。结论 化合物 2、8、12、13、15、16 为首次从虎杖花中分离得到。

关键词: 虎杖; 芦荟大黄素; 山柰酚; 橙皮素; 4-羟基苯乙酮; 染料木素

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2015)15-2219-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.15.007

Chemical constituents in flowers of *Polygonum cuspidatum*

SUN Yin-shi¹, WANG Jian-hua²

1. Institute of Special Animal and Plant Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130112, China

2. College of Agronomy, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China

Abstract: Objective To investigate the chemical constituents in the flowers of *Polygonum cuspidatum*. **Methods** The components were separated by means of solvent extraction, repeated chromatography with silica and Sephadex LH-20 column. The structures were determined by spectral analysis and physicochemical properties. **Results** Sixteen compounds were isolated from the ethyl ether extract and methanol extract from the flowers of *P. cuspidatum* and identified as β -sitosterol (1), aloe-emodin (2), physcion (3), emodin (4), daucosterol (5), chrysophanol (6), luteolin (7), kaempferol (8), anthraglycoside B (9), rhein (10), apigenin (11), hesperetin (12), 4-hydroxyacetophenone (13), rutin (14), sucrose (15), and genistein (16). **Conclusion** Compounds 2, 8, 12, 13, 15, and 16 are obtained from the flowers of *P. cuspidatum* for the first time.

Key words: *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc.; aloe-emodin; kaempferol; hesperetin; 4-hydroxyacetophenone; genistein

虎杖 *Polygoni Cuspidati Rhizoma* 为蓼科 (Polygonaceae) 蓼属 *Polygonum* L. 植物虎杖 *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. 的干燥根茎和根, 多年生草本。虎杖根中主要含蒽醌类、二苯乙烯类、黄酮类、香豆素、木脂素以及一些其他多酚类化合物^[1-2]。目前国内外很多学者已经对虎杖的化学成分进行了较为深入的研究, 在早期的研究中多集中在蒽醌和二苯乙烯类成分, 这两类成分目前被认为是虎杖发挥药理作用的主要活性物质。近年研究发现, 虎杖中的二苯乙烯类物质具有很强的抗氧化、抗肿瘤活性及对心血管系统的作用^[3-4], 尤其是作为葡萄和葡萄酒中主要抗氧化成分的白藜芦醇被

广泛认知以后, 富含白藜芦醇的虎杖备受关注, 虎杖已成为近年来医药界研究的热点植物之一, 并展开了多方面的研究。本课题组从植物中寻找杀虫活性物质的过程中, 发现虎杖花对蝇类昆虫具有非常显著的毒杀活性, 表现为吸引、取食、兴奋、麻痹、抽搐、死亡、虫体干瘪等行为。为更好地研究和开发虎杖这一药用资源, 本实验对虎杖花的化学成分进行了研究, 从中分离得到 16 个化合物, 分别鉴定为 β -谷甾醇 (β -sitosterol, 1)、芦荟大黄素 (aloe-emodin, 2)、大黄素甲醚 (physcion, 3)、大黄素 (emodin, 4)、胡萝卜苷 (daucosterol, 5)、大黄酚 (chrysophanol, 6)、槲皮素 (luteolin, 7)、山柰

收稿日期: 2015-03-31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31200261); 山东省自然科学基金项目 (ZR2012CQ029)

作者简介: 孙印石, 男, 博士, 研究员, 主要从事特种动植物产品加工与开发。E-mail: sunyinshi2015@163.com

酚 (kaempferol, **8**)、蒽醌苷 B (anthraglycoside B, **9**)、大黄酸 (rhein, **10**)、芹菜素 (apigenin, **11**)、橙皮素 (hesperetin, **12**)、4-羟基苯乙酮 (4-hydroxyacetophenone, **13**)、芦丁 (rutin, **14**)、蔗糖 (sucrose, **15**)、染料木素 (genistein, **16**)。其中, 化合物 **2**、**8**、**12**、**13**、**15**、**16** 为首次从该植物中分得。

1 仪器与材料

高效液相色谱仪 (Waters 600E 美国), 包括 600E 四元梯度泵, 2996 二极管阵列紫外检测器, 中文 Empower 色谱管理系统, 四通道脱气机。SZ-93 自动双重蒸馏水器; FW177 型中草药粉碎机; BD-25S 电子天平; ZF-2 型三用紫外仪; DHG-9070A 型电热恒温鼓风干燥箱。UV-2450 紫外可见分光光度计 (日本岛津公司)。核磁共振波谱仪: Varian INOVA-500 型核磁共振波谱仪 (瑞士布鲁克)。柱色谱硅胶 (200~300 目) 为北京华业寰宇化工有限公司产品, 其余试剂均为分析纯。

虎杖花 2009 年 9 月采于山东农业大学中药园, 经泰山医学院药学院高允生教授鉴定为虎杖 *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. 的花。

2 提取与分离

取虎杖花 10 kg, 用 40 L 甲醇回流提取 3 次, 每次 3 h, 合并 3 次提取液, 减压浓缩至干 (850 g), 将干燥的甲醇提取物分别用石油醚、乙醚、正丁醇、甲醇、水超声提取 3 次, 每次 30 min, 合并超声提取液, 减压浓缩至干, 分别得到乙醚提取部位 (14.9 g) 和甲醇提取部位 (192.5 g)。利用硅胶 (200~300 目) 柱色谱, 将乙醚部位分为 Fr. 1 (石油醚洗脱)、Fr. 2 (石油醚-丙酮 50:1 洗脱)、Fr. 3 (石油醚-丙酮 20:1 洗脱)、Fr. 4 (石油醚-丙酮 5:1 洗脱)、Fr. 5 (石油醚-丙酮 1:1 洗脱) 和 Fr. 6 (石油醚-丙酮 1:2 洗脱) 6 个部分。将 Fr. 2、Fr. 3 及 Fr. 4 反复纯化, 得到化合物 **1** (5 mg)、**2** (33 mg)、**3** (8 mg) 和 **4** (17 mg)。将 Fr. 5 经过 Sephadex LH-20 柱色谱, 得化合物 **5** (6 mg)、**6** (8 mg) 和 **7** (12 mg)。将甲醇部位分为 Fr. 1 (氯仿洗脱)、Fr. 2 (氯仿-甲醇 50:1 洗脱)、Fr. 3 (氯仿-甲醇 10:1 洗脱)、Fr. 4 (氯仿-甲醇 5:1 洗脱) 和 Fr. 5 (氯仿-甲醇 2:1 洗脱) 5 个部分。将 Fr. 2 和 Fr. 3 反复过硅胶、Sephadex LH-20 柱色谱以及制备高效液相色谱, 最后从 Fr. 2 得化合物 **8** (7 mg)、**9** (4 mg)、**10** (6 mg)、**11** (7 mg)、**12** (5 mg)、**13** (4 mg) 和 **14** (6 mg); 从 Fr. 3 得化合物 **15** (7 mg) 和 **16** (8 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 白色针晶 (石油醚)。Liebermann-Burchard 反应阳性。与 β -谷甾醇对照品共薄层, Rf 值一致。故鉴定化合物 **1** 为 β -谷甾醇。

化合物 **2**: 土黄色粉末, Borntrager 反应呈红色, 醋酸镁反应呈橙红色, 示为蒽醌类物质, 与芦荟大黄素对照品共薄层, Rf 值一致。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.23 (1H, s, 1-OH), 12.01 (1H, s, 8-OH), 7.62 (1H, dd, *J* = 2.8, 7.8 Hz, H-5), 7.66 (1H, dd, *J* = 7.4, 7.9 Hz, H-6), 7.60 (1H, d, *J* = 1.8 Hz, H-4), 7.32 (1H, dd, *J* = 2.7, 7.4 Hz, H-7), 7.19 (1H, d, *J* = 2.0 Hz, H-2), 5.07 (2H, s, CH₂OH); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 192.9 (C-9), 183.2 (C-10), 165.9 (C-1), 164.8 (C-3), 162.4 (C-8), 153.7 (C-6), 135.8 (C-4a), 133.6 (C-10a), 121.7 (C-7), 118.9 (C-5), 114.3 (C-8a), 110.2 (C-9a), 108.7 (C-4), 108.3 (C-2), 21.6 (CH₂OH)。以上波谱数据与文献报道一致^[5], 故鉴定化合物 **2** 为芦荟大黄素。

化合物 **3**: 黄色粉末, Borntrager 反应呈红色, 醋酸镁反应呈橙红色, 示为蒽醌类物质, 与大黄素甲醚对照品共薄层, Rf 值一致。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.25 (1H, s, 1-OH), 11.97 (1H, s, 8-OH), 7.82 (1H, s, H-4), 7.45 (1H, s, H-5), 7.13 (1H, d, *J* = 2.0 Hz, H-2), 6.78 (1H, d, *J* = 2.0 Hz, H-7), 3.98 (3H, s, OCH₃), 2.37 (3H, s, CH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 191.2 (C-9), 183.6 (C-10), 166.5 (C-8), 165.3 (C-1), 160.5 (C-6), 149.4 (C-3), 134.9 (C-10a), 133.6 (C-4a), 124.6 (C-4), 121.2 (C-2), 113.7 (C-9a), 111.5 (C-8a), 108.6 (C-5), 106.7 (C-7), 56.5 (6-OCH₃), 22.8 (-CH₃)。以上数据与文献报道一致^[6], 故鉴定化合物 **3** 为大黄素甲醚。

化合物 **4**: 亮黄色结晶 (丙酮)。Borntrager 反应呈红色, 醋酸镁反应呈橙红色, 示为蒽醌类物质, 与大黄素对照品共薄层, Rf 值一致。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.01 (1H, s, 1-OH), 11.84 (1H, s, 8-OH), 11.31 (1H, s, 6-OH), 7.51 (1H, s, H-4), 7.20 (1H, s, H-5), 7.12 (1H, d, *J* = 2.1 Hz, H-2), 6.84 (1H, d, *J* = 2.0 Hz, H-7), 2.32 (3H, s, CH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 190.4 (C-9), 183.5 (C-10), 166.7 (C-8), 166.1 (C-1), 162.3 (C-6), 149.8 (C-3), 136.4 (C-10a), 134.9 (C-4a), 125.4 (C-4), 121.4 (C-2), 114.5 (C-9a), 109.4 (C-5), 108.3 (C-8a), 107.1 (C-7), 22.4 (-CH₃)。以上数据与文献报道一致^[6-7], 故鉴定化合

物 **4** 为大黄素。

化合物 **5**: 白色粉末, Molish 反应阳性, Liebermann-Burchard 反应阳性, 提示为皂苷类物质。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 0.65 (3H, s, H-18), 0.69~0.94 (12H, m, H-21, 26, 27, 29), 1.00 (3H, s, H-19), 2.40~3.55 (6H, m, H-3 β , sugar-H), 3.73 (1H, m, H-3 α), 4.86 (1H, d, J = 8.1 Hz, H-1'), 5.36 (1H, m, H-6)。以上数据与文献报道一致^[8], 且该化合物与胡萝卜苷对照品共薄层 Rf 值相同, 故鉴定化合物 **5** 为胡萝卜苷。

化合物 **6**: 黄色针晶 (丙酮)。Borntrager 反应呈红色, 醋酸镁反应呈橙红色, 提示为蒽醌类物质, 与大黄酚对照品共薄层, Rf 值一致。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.13 (1H, s, 1-OH), 11.76 (1H, s, 8-OH), 7.76 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-5), 7.64 (1H, dd, J = 2.0, 8.0 Hz, H-6), 7.60 (1H, s, H-4), 7.35 (1H, d, J = 8.1 Hz, H-7), 6.87 (1H, s, H-2), 2.32 (3H, s, CH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 191.9 (C-9), 182.7 (C-10), 165.7 (C-8), 162.2 (C-1), 149.4 (C-3), 137.8 (C-6), 134.8 (C-10a), 133.9 (C-4a), 125.4 (C-7), 123.3 (C-4), 122.5 (C-2), 114.0 (C-9a), 112.2 (C-5), 111.9 (C-8a), 22.9 (-CH₃)。以上数据与文献报道一致^[9], 故鉴定化合物 **6** 为大黄酚。

化合物 **7**: 黄色粉末, 盐酸-镁粉反应阳性。UV $\lambda_{\max}^{\text{MeOH}}$ (nm): 372, 254, 提示该化合物为黄酮类化合物。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.71 (1H, s, 5-OH), 10.96 (1H, s, 7-OH), 10.34 (1H, s, 3-OH), 9.37 (1H, s, 4'-OH), 9.28 (1H, s, 3'-OH), 6.20 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-6), 6.40 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-8), 6.86 (1H, d, J = 8.7 Hz, H-5'), 7.44 (1H, dd, J = 2.0, 8.8 Hz, H-6'), 7.70 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-2')。 ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 179.2 (C=O), 165.1 (C-7), 161.4 (C-5), 156.3 (C-9), 148.9 (C-4'), 147.8 (C-2), 144.7 (C-3'), 134.8 (C-3), 120.4 (C-1'), 119.5 (C-6'), 115.7 (C-5'), 115.3 (C-2'), 103.7 (C-10), 98.6 (C-6), 94.4 (C-8)。以上数据与文献报道一致^[8], 故鉴定化合物 **7** 为槲皮素。

化合物 **8**: 黄色结晶 (甲醇)。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.46 (1H, s, 5-OH), 10.76 (1H, brs, 7-OH), 10.09 (1H, brs, 4'-OH), 9.38 (1H, brs, 3-OH), 8.03 (2H, d, J = 8.9 Hz, H-2', 6'), 6.91 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-3', 5'), 6.42 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.17 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 176.2 (C=O), 164.2 (C-7), 161.0 (C-9), 159.5 (C-4'), 156.5 (C-5), 147.1 (C-2), 136.0 (C-3), 129.8

(C-2', 6'), 122.0 (C-1'), 115.8 (C-3', 5'), 103.4 (C-10), 98.5 (C-6), 93.8 (C-8)。以上数据与文献报道一致^[10], 故鉴定化合物 **8** 为山柰酚。

化合物 **9**: 黄色针状结晶 (甲醇)。Borntrager 反应呈红色, 醋酸镁反应呈橙红色, 提示为蒽醌类化合物。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.33 (1H, s, 1-OH), 12.16 (1H, s, 6-OH), 7.45 (1H, s, H-4), 7.35 (1H, s, H-5), 7.24 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-2), 6.88 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-7), 4.99 (1H, t, J = 7.5 Hz, Glc-H-1), 4.60~5.20 (4H, brs, sugar-OH), 3.10~3.80 (6H, m, sugar-H), 2.37 (3H, s, -CH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 187.5 (C-9), 183.2 (C-10), 164.3 (C-1), 161.5 (C-8), 160.4 (C-6), 148.5 (C-3), 136.2 (C-10a), 133.4 (C-4a), 123.6 (C-4), 120.3 (C-2), 115.4 (C-9a), 113.6 (C-8a), 110.4 (C-5), 109.0 (C-7), 20.7 (CH₃), 101.6 (Glc-C-1), 78.9 (Glc-C-3), 77.6 (Glc-C-5), 74.5 (Glc-C-2), 68.6 (Glc-C-4), 62.5 (Glc-C-6)。以上数据与文献报道一致^[11-12], 故鉴定化合物 **9** 为蒽醌苷 B。

化合物 **10**: 黄色粉末, Borntrager 反应呈红色, 醋酸镁反应呈橙红色, 提示为蒽醌类物质, 与大黄酸对照品共薄层, Rf 值一致。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.10 (1H, s, 1-OH), 12.07 (1H, s, 8-OH), 8.34 (1H, dd, J = 2.8, 8.0 Hz, H-4), 7.89 (1H, dd, J = 2.5, 7.9 Hz, H-5), 7.83 (1H, dd, J = 7.4, 7.9 Hz, H-6), 7.39 (1H, dd, J = 2.7, 8.0 Hz, H-7), 7.43 (1H, d, J = 2.6 Hz, H-2); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 192.4 (C-9), 182.4 (C-10), 165.3 (COOH), 162.1 (C-1), 161.8 (C-8), 140.5 (C-3), 138.4 (C-6), 134.6 (C-4a), 134.3 (C-10a), 124.8 (C-7), 124.3 (C-2), 119.0 (C-5), 117.3 (C-4), 117.2 (C-9a), 117.2 (C-8a)。以上数据与文献报道一致^[13], 故鉴定化合物 **10** 为大黄酸。

化合物 **11**: 淡黄色粉末, UV $\lambda_{\max}^{\text{MeOH}}$ (nm): 268, 341。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.88 (1H, s, 5-OH), 10.69 (1H, s, 7-OH), 9.97 (1H, s, 4'-OH), 6.87 (1H, s, H-3), 7.88 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-2', 6'), 6.89 (2H, d, J = 8.1 Hz, H-3', 5'), 6.34 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-8), 6.12 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-6); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 182.4 (C=O), 164.2 (C-7), 164.5 (C-2), 162.3 (C-9), 157.9 (C-5), 161.3 (C-4'), 117.1 (C-3'), 129.2 (C-6'), 121.3 (C-1'), 116.3 (C-5'), 129.5 (C-2'), 104.2 (C-10), 103.3 (C-3), 98.7 (C-6), 94.6 (C-8)。以上数据与文献报道一致^[14], 故鉴定化合物 **11** 为芹菜素。

化合物 **12**: 无色针状结晶 (甲醇)。¹H-NMR (500

MHz, DMSO- d_6) δ : 12.11 (1H, s, 5-OH), 10.77 (1H, s, 7-OH), 9.07 (1H, s, 3'-OH), 6.92 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-2'), 6.90 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-5'), 6.85 (1H, dd, J = 2.0, 8.3 Hz, H-6'), 5.88 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 5.86 (1H, d, J = 2.2 Hz, H-8), 5.42 (1H, dd, J = 12.4, 3.0 Hz, H-2), 3.76 (3H, s, 4'-OCH₃), 3.20 (1H, dd, J = 17.1, 12.4 Hz, H-3a), 2.69 (1H, dd, J = 17.1, 3.2 Hz, H-3b); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 196.5 (C=O), 167.0 (C-7), 163.8 (C-5), 163.1 (C-9), 148.2 (C-3'), 146.8 (C-4'), 131.5 (C-1'), 118.0 (C-6'), 114.4 (C-2'), 112.3 (C-5'), 102.1 (C-10), 96.1 (C-6), 95.3 (C-8), 78.5 (C-2), 56.0 (-OCH₃), 42.4 (C-3)。以上数据与文献报道一致^[15], 故鉴定化合物 **12** 为橙皮素。

化合物 **13**: 无色针晶 (丙酮-石油醚), FeCl₃ 反应显阳性, ESI-MS m/z : 137.2 [M+H]⁺, 159.2 [M+Na]⁺。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 2.60 (3H, overlap, -OCH₃), 6.96 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-3, 5), 7.83 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-2, 6), 10.34 (1H, s, 4-OH); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 26.7 (COCH₃), 115.6 (C-3, 5), 129.0 (C-1), 131.2 (C-2, 6)。以上数据与文献报道一致^[16], 故鉴定化合物 **13** 为 4-羟基苯乙酮。

化合物 **14**: 黄色粉末, TLC 喷 AlCl₃ 甲醇液, 紫外 (254 和 365 nm) 下显黄色荧光, 盐酸-镁粉反应显阳性, Molish 反应显阳性。以上信息提示该化合物为黄酮苷类化合物。且该化合物与槲皮素-芸香糖苷对照品共薄层, 具有相同 R_f 值, 故鉴定化合物 **14** 为芦丁。

化合物 **15**: 白色晶体。¹H-NMR (500 MHz, D₂O) δ : 5.19 (1H, d, J = 3.9 Hz, H-1), 4.00 (1H, d, J = 7.5 Hz, H-3'), 3.25~3.89 (12H, m, sugar-H); ¹³C-NMR (125 MHz, D₂O) δ : 103.7 (C-1'), 92.2 (C-1), 81.4 (C-3'), 76.3 (C-3), 74.0 (C-2), 72.6 (C-4'), 72.4 (C-2'), 71.1 (C-5), 69.2 (C-4), 62.4 (C-6'), 61.3 (C-6), 60.1 (C-5')。以上数据与文献报道一致^[17], 本品与蔗糖对照品在 3 种溶剂系统 (氯仿-甲醇-水、正丁醇-醋酸-水、醋酸乙酯-甲醇-水) 下共薄层, R_f 值和显色行为一致, 故鉴定化合物 **15** 为蔗糖。

化合物 **16**: 无色针状结晶 (甲醇)。¹H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 12.94 (1H, s, 5-OH), 10.85 (1H, s, 7-OH), 9.56 (1H, s, 4'-OH), 8.30 (1H, s, H-2), 7.35 (2H, t, J = 8.6 Hz, H-2', 6'), 6.80 (2H, t, J = 8.6 Hz, H-3', 5'), 6.37 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.20 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-6); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ :

180.5 (C=O), 164.6 (C-7), 162.3 (C-5), 157.9 (C-4'), 157.7 (C-9), 154.3 (C-2), 130.5 (C-2', 6'), 122.6 (C-1'), 121.5 (C-3), 115.4 (C-3', 5'), 104.8 (C-10), 99.3 (C-6), 94.0 (C-8)。以上数据与文献报道一致^[18], 故鉴定为染料木素。

参考文献

- [1] 肖凯, 宣利江, 徐亚明, 等. 虎杖的水溶性成分研究 [J]. 中草药, 2003, 34(6): 496-498.
- [2] 金雪梅, 金光洙. 虎杖的化学成分研究 [J]. 中草药, 2007, 38(10): 1446-1448.
- [3] Peng W, Qin R X, Li X L, *et al.* Botany, phytochemistry, pharmacology, and potential application of *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. [J]. *J Ethnopharmacol*, 2013, 148(3): 729-745.
- [4] Baur J A, Pearson K J, Price N L, *et al.* Resveratrol improves health and survival of mice on a high-calorie diet [J]. *Nature*, 2006, 444(7117): 337-342.
- [5] 魏雅楠, 郭丽娜, 才谦, 等. 海洋放线菌 TPF-4 的化学成分研究 [J]. 中国药物化学杂志, 2010, 20(6): 524-526.
- [6] Chu X, Sun A L, Liu R M. Preparative isolation and purification of five compounds from the Chinese medicinal herb *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc by high-speed counter-current chromatography [J]. *J Chromatogr A*, 2005, 1097(1/2): 33-39.
- [7] 华燕, 周建于, 倪伟, 等. 虎杖的化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2001, 13(6): 16-18.
- [8] 赵海誉, 范妙璇, 石晋丽, 等. 北葶苈子化学成分研究 [J]. 中草药, 2010, 41(1): 14-18.
- [9] 徐庆, 覃永俊, 苏小建, 等. 掌叶大黄化学成分研究 [J]. 中草药, 2009, 40(4): 533-536.
- [10] 杨宝, 范真, 朱锦萍, 等. 金鸡脚化学成分研究 [J]. 中草药, 2014, 45(21): 3053-3056.
- [11] Murakami T, Ikeda K, Takido M. Über die Strukturen der anthraglykoside aus den Rhizomen von *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. [J]. *Chem Pharm Bull*, 1968, 16(11): 2299-2300.
- [12] Steglich W, Losel W. Bestimmung der Stellung von O-substituenten bei 1,8-dihydroxy-anthrachinonderivaten mit Hilfe der NMR-spektroskopie [J]. *Tetrahedron*, 1969, 25(18): 4391-4399.
- [13] 毕志明, 王峥涛, 徐珞珊, 等. 流苏石斛化学成分研究 [J]. 药学学报, 2003, 38(7): 526-529.
- [14] 李晓亮, 汪豪, 刘戈, 等. 广金钱草的化学成分研究 [J]. 中药材, 2007, 30(7): 802-805.
- [15] 董丽荣, 刘晓秋, 李忠荣, 等. 枸橼果实化学成分研究 [J]. 精细化工, 2010, 27(10): 982-986.
- [16] 林爱群. 泰山白首乌化学成分的提取、分离与鉴定 [D]. 济南: 山东中医药大学, 2005.
- [17] 唐本钦, 杨婷婷, 杨文强, 等. 广东桑叶化学成分及其 α -葡萄糖苷酶活性研究 [J]. 中草药, 2013, 44(22): 3109-3113.
- [18] Kinjo J E, Furusawa J I, Baba J, *et al.* Studies on the constituents of *Pueraria lobata*. III: Isoflavonoids and related compounds in the roots and the voluble stems [J]. *Chem Pharm Bull*, 1987, 35(12): 4846-4850.