

## 紫红獐牙菜中的吡酮类成分及其细胞毒活性

雷声<sup>1</sup>, 郭青<sup>1</sup>, 王明锋<sup>1</sup>, 刘文星<sup>2</sup>, 牟林云<sup>1,2</sup>, 李干鹏<sup>2\*</sup><sup>1</sup>云南中烟工业有限责任公司技术中心, 昆明 650231; <sup>2</sup>云南民族大学民族药资源化学国家民委-教育部重点实验室, 昆明 650500

**摘要:** 采用色谱分离手段对紫红獐牙菜 *Swertia punicea* 的乙醇提取物中乙酸乙酯和石油醚萃取部分进行分离纯化, 运用<sup>1</sup>H NMR、<sup>13</sup>C NMR、HSQC、HMBC 和 ESI-MS 等波谱方法和文献数据对比鉴定化合物结构, 从紫红獐牙菜全草中得到 8 个吡酮类化合物, 分别鉴定为 1-羟基-2,3,5,7-四甲氧基吡酮(1)、1,2,3,4,5-五甲氧基吡酮(2)、1-羟基-2,3,4,7-四甲氧基吡酮(3)、1-羟基-2,3,5-三甲氧基吡酮(4)、dulcisxanthone C(5)、1-羟基-2,3,7-三甲氧基吡酮(6)、1,5-二羟基-2,3-二甲氧基吡酮(7)、1-羟基-3,4,5-三甲氧基吡酮(8), 所有化合物均为首次从该植物中分离得到, 化合物 1、4、5、7 对 HepG-2 显现了很好的细胞毒活性。

**关键词:** 紫红獐牙菜; 吡酮; 细胞毒活性; 二维核磁共振

中图分类号: R284.2

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.11.011

Xanthonones from *Swertia punicea* and Their Cytotoxic ActivityLEI Sheng<sup>1</sup>, GUO Qing<sup>1</sup>, WANG Ming-feng<sup>1</sup>, LIU Wen-xing<sup>2</sup>, MOU Lin-yun<sup>1,2</sup>, LI Gan-peng<sup>2\*</sup><sup>1</sup>Technology center of China tobacco Yunnan industrial company Limited, Kunming 650231, China;<sup>2</sup>Key Laboratory of Chemistry in Ethnic Medicinal Resources, State Ethnic Affairs Commission & Ministry of Education, Yunnan Minzu University, Kunming, 650500, China

**Abstract:** The xanthonones from *Swertia punicea* and their cytotoxic activities were investigated in this study. The petroleum ether and ethyl acetate part of ethanol extracts from *S. punicea* were separated by chromatographic techniques. The structures of these compounds were identified by <sup>1</sup>H NMR, <sup>13</sup>C NMR, HSQC, HMBC and ESI-MS data, eight xanthonones were isolated from this plant, they were 1-hydroxyl-2,3,5,7-tetramethoxyxanthone (1), 1,2,3,4,5-pentamethoxyxanthone (2), 1-hydroxyl-2,3,4,7-tetramethoxyxanthone (3), 1-hydroxyl-2,3,5-trimethoxyxanthone (4), dulcisxanthone C (5), 1-hydroxyl-2,3,7-trimethoxyxanthone (6), 1,5-dihydroxy-2,3-dimethoxyxanthone (7) and 1-hydroxyl-3,4,5-trimethoxyxanthone (8), all of these compounds were isolated for the first time from *S. punicea*. The cytotoxic activities of these compounds were also evaluated, and compound 1,4,5,7 showed good cytotoxic activities against HepG-2.

**Key words:** *Swertia punicea*; xanthone; cytotoxic activity; 2D NMR

獐牙菜属的植物有除湿清热, 清肝利胆等疗效, 主要成分为吡酮、环烯醚萜、黄酮及其苷等<sup>[1]</sup>。紫红獐牙菜 *Swertia punicea* Hemsl 主要分布于云南、湖北、四川、贵州、西藏等省区, 可用于抗肝炎、胆囊炎、疮痈肿毒等症, 其中的主要化学成分吡酮类化合物有有保肝、利胆、强心、抗真菌、抗肿瘤、中枢神经兴奋作用等活性<sup>[2-5]</sup>。为了寻找獐牙菜属植物中结构新颖, 活性更好的化合物, 我们对该属植物做了持续的研究<sup>[6-10]</sup>。在近期的研究中, 我们通过硅胶柱色

谱、高效液相色谱法等手段从紫红獐牙菜中分离得到 8 个吡酮, 通过<sup>1</sup>H NMR、<sup>13</sup>C NMR、HSQC、HMBC 和 ESI-MS 等波谱手段鉴定为: 1-羟基-2,3,5,7-四甲氧基吡酮(1)、1,2,3,4,5-五甲氧基吡酮(2)、1-羟基-2,3,4,7-四甲氧基吡酮(3)、1-羟基-2,3,5-三甲氧基吡酮(4)、dulcisxanthone C(5)、1-羟基-2,3,7-三甲氧基吡酮(6)、1,5-二羟基-2,3-二甲氧基吡酮(7)、1-羟基-3,4,5-三甲氧基吡酮(8)。所有化合物均为首次从该植物中分离得到, 化合物 1、4、5、7 对 HepG-2 显现了很好的细胞毒活性, 化合物 4 对 MDA-MB-231 有明显的细胞毒活性。

收稿日期: 2017-07-24 接受日期: 2017-08-16

基金项目: 云南中烟工业有限责任公司, 烟草行业卷烟调香技术重点实验室科研项目(JSZX20151008-52)

\* 通信作者 Tel: 86-871-65936602; E-mail: ganpeng\_li@sina.com

## 1 仪器与材料

核磁共振谱仪 AVANCE III (瑞士 Bruker 公司, 400 MHz); 质谱仪 Bruker Amazon SL HPLC-MS; Agilent 1260 型半制备高效液相色谱仪(美国安捷伦科技公司, 色谱柱: Shimadzu shim-pack GIS, 日本岛津); 柱层析硅胶、薄层色谱硅胶 GF254 (青岛海洋化工厂); 二氧化碳培养箱(美国 Shellab); XD202 普通倒置相差显微镜(南京江南永新); 酶标分析仪(HBS-1096A, 南京德铁); 高效液相色谱仪使用色谱纯甲醇, 其余试剂为分析纯试剂。

紫红獐牙菜于 2015 年 11 月采集于昆明市呈贡区梁王山, 由云南中医学院杨礼攀副教授鉴定为龙胆科獐牙菜属植物紫红獐牙菜 *S. punicea* 的干燥全草。植物标本(标本号: SP201511)保存于云南民族大学民族药资源化学国家民委-教育部重点实验室标本室; HepG-2、A549、MDA-MB-231 细胞株(均购自中国科学院昆明细胞库)。

## 2 提取与分离

紫红獐牙菜全草 1.0 kg 粉碎后用 95% 乙醇提取(3 × 2.0 L), 浓缩后得到黑色浸膏 157 g, 水悬浮后分别用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取, 浓缩后得到石油醚萃取物 36 g, 乙酸乙酯萃取物 87 g。将石油醚萃取物用硅胶柱色谱分离(100 ~ 200 目, 8 cm × 25 cm), 分别用石油醚: 二氯甲烷(100:0 → 90:6 → 90:9 → 80:10 → 100:20 → 50:50 → 0:100)和纯乙酸乙酯为洗脱剂洗脱, 经过 TLC 检测合并后得到 25 个组分: F1-F25。

F15(2.5 g) 经过硅胶色谱(石油醚: 二氯甲烷 = 5:1) 后得 9 个组分(F15a-F15i), F15f(57.0 mg) 经过半制备 HPLC (MeOH: H<sub>2</sub>O = 75:25) 分离, 得到化合物 1 (4.7 mg, *t<sub>R</sub>* = 31.5 min) 和化合物 2 (10.1 mg, *t<sub>R</sub>* = 19.4 min)。F3(178.0 mg) 在石油醚: 二氯甲烷 = 90:6 的条件下自然放置后得到深黄色针状结晶, 过滤洗涤后得到化合物 3 (61.9 mg)。F8(830.0 mg) 经过硅胶色谱(石油醚: 二氯甲烷 = 8:1) 后得 6 个组分(F8a-F8f), F8d(32.1 mg) 经过半制备 HPLC 分离, 得到化合物 4 (13.6 mg, MeOH: H<sub>2</sub>O = 85:15, *t<sub>R</sub>* = 17.1 min)。F6(37.8 mg) 经过半制备 HPLC 分离, 得到化合物 5 (7.8 mg, MeOH: H<sub>2</sub>O = 81:19, *t<sub>R</sub>* = 40.3 min) 和化合物 6 (8.0 mg, MeOH: H<sub>2</sub>O = 81:19, *t<sub>R</sub>* = 44.4 min)。

将乙酸乙酯萃取物用硅胶柱色谱分离(100-200 目, 8 cm × 30 cm), 分别用石油醚: 乙酸乙酯(100:0 → 100:20 → 100:25 → 90:30 → 100:50 → 50:50 → 50:100 → 0:100) 和纯甲醇为洗脱剂洗脱, 经过 TLC 检测合并后得到 20 个组分: G1-G20。G12(301.0 mg) 经过硅胶色谱(石油醚: 乙酸乙酯 = 1:1) 后得 5 个组分(G12a-G12e), G12b(25.9 mg) 经过半制备 HPLC (MeOH: H<sub>2</sub>O = 80:20) 得到化合物 7 (2.0 mg, *t<sub>R</sub>* = 12.7 min)。G5(2.6 g) 经过硅胶色谱(石油醚: 乙酸乙酯 = 2:1) 后得 6 个组分(G5a-G5f), G5c(49.0 mg) 经过半制备 HPLC 得到化合物 8 (8.0 mg, MeOH: H<sub>2</sub>O = 80:20, *t<sub>R</sub>* = 20.7 min)。

## 3 结构鉴定

化合物 1 <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 12.79 (1H, s, OH), 6.61 (1H, s, H-4), 6.85 (1H, d, *J* = 2.8 Hz, H-6), 7.17 (1H, d, *J* = 2.8 Hz, H-8), 3.93 (3H, s, 2-OMe), 3.96 (3H, s, 3-OMe), 4.00 (3H, s, 5-OMe), 3.90 (3H, s, 7-OMe); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 153.2 (s, C-1), 131.8 (s, C-2), 159.9 (s, C-3), 90.8 (d, C-4), 153.9 (s, C-4a), 141.8 (s, C-4b), 149.3 (s, C-5), 106.5 (d, C-6), 156.0 (s, C-7), 95.4 (d, C-8), 121.0 (s, C-8a), 104.2 (s, C-8b), 180.8 (s, C-9), 60.9 (q, 2-OMe), 56.4 (q, 3-OMe), 56.5 (q, 5-OMe), 55.9 (q, 7-OMe); ESI-MS = 333.1 ([M + H]<sup>+</sup>)。以上数据与文献<sup>[11]</sup>报道一致, 我们认为化合物 1 为 1-羟基-2,3,5,7-四甲氧基吡啶酮。为了更准确的鉴定化合物 1 的结构, 我们对它做了 HSQC 和 HMBC 二维谱图的解析, 从中可以看到明显的羟基相关信号(δ<sub>H</sub>: 12.79 和 C-1, C-2, C-8 相关)和四个甲氧基的相关信号(δ<sub>H</sub>: 3.93, 3.96, 4.00, 3.90 分别和 C-2, C-3, C-5 和 C-7 相关)。由此, 化合物 1 的结构得到了准确的鉴定。

化合物 2 <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 7.34 (1H, d, *J* = 7.6 Hz, H-6), 7.26 (1H, t, *J* = 7.6 Hz, H-7), 7.42 (1H, d, *J* = 7.6 Hz, H-8), 3.49 (3H, 1-OMe), 3.96 (3H, 2-OMe), 4.16 (3H, 3-OMe), 3.98 (3H, 4-OMe), 3.49 (3H, 5-OMe); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 151.6 (s, C-1), 135.7 (s, C-2), 154.1 (s, C-3), 132.0 (s, C-4), 144.7 (s, C-4a), 144.9 (s, C-4b), 145.5 (s, C-5), 121.4 (d, C-6), 124.4 (d, C-7), 116.3 (d, C-8), 120.7 (s, C-8a), 104.8 (s, C-8b), 181.8 (s, C-9), 61.2 (q, 1-

OMe), 61.7 (q, 2-OMe), 62.4 (q, 3-OMe), 62.4 (q, 4-OMe), 61.2 (q, 5-OMe); ESI-MS = 347.4 ( $[M+H]^+$ )。以上数据与文献<sup>[12,13]</sup>报道一致,故鉴定化合物**2**为1,2,3,4,5-五甲氧基吡喃酮。

**化合物3**  $^1\text{H NMR}$  (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 12.62 (1H, s, OH), 7.43 (1H, d,  $J = 9.1$  Hz, H-5), 7.28 (1H, dd,  $J = 2.8, 9.1$  Hz, H-6), 7.52 (1H, d,  $J = 2.8$  Hz, H-8), 3.96 (3H, s, 2-OMe), 4.16 (3H, s, 3-OMe), 3.95 (3H, s, 4-OMe), 3.89 (3H, s, 7-OMe);  $^{13}\text{C NMR}$  (100 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 150.6 (s, C-1), 135.2 (s, C-2), 154.1 (s, C-3), 132.3 (s, C-4), 145.9 (s, C-4a), 150.7 (s, C-4b), 119.2 (d, C-5), 125.2 (d, C-6), 156.0 (s, C-7), 104.9 (d, C-8), 120.2 (s, C-8a), 104.7 (s, C-8b), 181.2 (s, C-9), 61.6 (q, 2-OMe), 62.0 (q, 3-OMe), 61.1 (q, 4-OMe), 55.8 (q, 7-OMe); ESI-MS = 333.1 ( $[M+H]^+$ )。以上数据与文献<sup>[14]</sup>报道一致,故鉴定化合物**3**为1-羟基-2,3,4,7-四甲氧基吡喃酮。

**化合物4**  $^1\text{H NMR}$  (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 12.76 (1H, s, OH), 6.66 (1H, s, H-4), 7.26 (1H, dd,  $J = 7.9, 1.3$  Hz, H-6), 7.33 (1H, t,  $J = 7.9$  Hz, H-7), 7.83 (1H, dd,  $J = 7.9, 1.3$  Hz, H-8), 3.93 (3H, s, 2-OMe), 3.98 (3H, s, 3-OMe), 4.05 (3H, s, 5-OMe);  $^{13}\text{C NMR}$  (100 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 153.3 (s, C-1), 131.8 (s, C-2), 160.0 (s, C-3), 91.0 (d, C-4), 153.8 (s, C-4a), 146.3 (s, C-4b), 148.2 (s, C-5), 115.4 (d, C-6), 123.5 (d, C-7), 116.7 (d, C-8), 120.9 (s, C-8a), 104.6 (s, C-8b), 181.3 (s, C-9), 60.9 (q, 2-OMe), 56.4 (q, 3-OMe), 56.4 (q, 5-OMe); ESI-MS = 303.1 ( $[M+H]^+$ ), 301.1 ( $[M-H]^-$ )。以上数据与文献<sup>[14]</sup>报道一致,故鉴定化合物**4**为1-羟基-2,3,5-三甲氧基吡喃酮。

**化合物5**  $^1\text{H NMR}$  (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 12.57 (1H, s, OH), 7.26 (1H, dd,  $J = 7.9, 1.6$  Hz, H-5), 7.84 (1H, dd,  $J = 7.9, 1.6$  Hz, H-7), 7.32 (1H, t,  $J = 7.9$  Hz, H-8), 4.03 (3H, s, 2-OMe), 4.15 (3H, s, 3-OMe), 3.95 (3H, s, 4-OMe), 4.03 (3H, s, 6-OMe);  $^{13}\text{C NMR}$  (100 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 150.6 (s, C-1), 132.8 (s, C-2), 154.2 (s, C-3), 135.5 (s, C-4), 145.8 (s, C-4a), 146.4 (s, C-4b), 116.0 (d, C-5), 148.7 (s, C-6), 116.5 (d, C-7), 123.7 (d, C-8), 120.9 (s, C-8a), 105.1 (s, C-8b), 181.7 (s, C-9), 61.9 (q, 2-OMe), 61.7 (q, 3-OMe), 61.2 (q, 4-

OMe), 56.5 (q, 6-OMe); ESI-MS = 333.1 ( $[M+H]^+$ ), 331.1 ( $[M-H]^-$ )。以上数据与文献<sup>[15]</sup>报道一致,故鉴定化合物**5**为dulgicisxanthone C (1-羟基-2,3,4,6-四甲氧基吡喃酮)。

**化合物6**  $^1\text{H NMR}$  (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 12.78 (1H, s, OH), 6.42 (1H, s, H-4), 7.53 (1H, d,  $J = 3.0$  Hz, H-5), 7.27 (1H, dd,  $J = 9.0, 3.0$  Hz, H-6), 7.32 (1H, d,  $J = 9.0$  Hz, H-8), 3.96 (3H, s, 2-OMe), 3.92 (3H, s, 3-OMe), 3.89 (3H, s, 7-OMe);  $^{13}\text{C NMR}$  (100 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 153.9 (s, C-1), 131.6 (s, C-2), 159.9 (s, C-3), 90.3 (d, C-4), 153.3 (s, C-4a), 150.7 (s, C-4b), 118.9 (d, C-5), 124.9 (d, C-6), 156.0 (s, C-7), 104.9 (d, C-8), 120.4 (s, C-8a), 104.9 (s, C-8b), 180.8 (s, C-9), 60.9 (q, 2-OMe), 56.3 (q, 3-OMe), 55.9 (q, 7-OMe); ESI-MS = 301.4 ( $[M-H]^-$ )。以上数据与文献<sup>[16]</sup>报道一致,故鉴定化合物**6**为1-羟基-2,3,7-三甲氧基吡喃酮。

**化合物7**  $^1\text{H NMR}$  (400 MHz, Pyridine- $\text{D}_5$ )  $\delta$ : 13.46 (1H, s, 1-OH), 5.50 (1H, s-like, 5-OH), 6.34 (1H, s, H-4), 7.55 (1H, dd-like (overlapped),  $J = 1.5$  Hz, H-6), 7.31 (1H, t,  $J = 7.9$  Hz, H-7), 7.96 (1H, dd,  $J = 7.9, 1.5$  Hz, H-8), 3.73 (3H, 2-OMe), 3.98 (3H, 3-OMe);  $^{13}\text{C NMR}$  (100 MHz, Pyridine- $\text{d}_5$ )  $\delta$ : 154.8 (s, C-1), 130.0 (s, C-2), 160.6 (s, C-3), 90.9 (d, C-4), 153.3 (s, C-4a), 146.1 (s, C-4b), 147.6 (s, C-5), 121.2 (d, C-6), 124.3 (d, C-7), 115.0 (d, C-8), 121.5 (s, C-8a), 104.4 (s, C-8b), 181.7 (s, C-9), 60.4 (q, 2-MeO), 56.1 (q, 3-MeO); ESI-MS = 311.2 ( $[M+Na]^+$ )。以上数据与文献<sup>[17]</sup>报道一致,故鉴定化合物**7**为1,5-二羟基-2,3-二甲氧基吡喃酮。

**化合物8**  $^1\text{H NMR}$  (400 MHz, Pyridine- $\text{D}_5$ )  $\delta$ : 13.35 (1H, s, OH), 6.80 (1H, s, H-2), 7.29 (2H, s-like, H-6, H-7), 7.98 (1H, br. s, H-8), 3.98 (3H, 3-OMe), 3.93 (3H, 4-OMe), 3.84 (3H, 5-OMe);  $^{13}\text{C NMR}$  (100 MHz, Pyridine- $\text{d}_5$ )  $\delta$ : 155.9 (s, C-1), 93.0 (d, C-2), 162.0 (s, C-3), 133.7 (s, C-4), 147.9 (s, C-4a), 150.1 (s, C-4b), 154.8 (s, C-5), 117.6 (d, C-6), 131.5 (d, C-7), 117.8 (d, C-8), 122.7 (s, C-8a), 105.9 (s, C-8b), 182.8 (s, C-9), 61.9 (q, 3-OMe), 57.7 (q, 4-OMe), 57.6 (q, 5-OMe); ESI-MS = 303.1 ( $[M+H]^+$ ), 301.2 ( $[M-$

H)]。以上数据与文献<sup>[18]</sup>报道一致,故鉴定化合物**8**为1-羟基-3,4,5-三甲氧基吡啶。

## 4 细胞毒活性研究

将 HepG-2、A549、MDA - MB-231 细胞株(均购自中国科学院昆明细胞库)在 37 ℃,5% CO<sub>2</sub> 的条件下培养。收集呈对数期细胞铺板,调整细胞悬液浓度至 1 × 10<sup>4</sup> 个/mL,在 96 空培养板中每空加入 100 μL 细胞悬液。待细胞贴壁生长 24 h 后,加入待测样品和对照组,与细胞共同孵育 72 h 后,加入终

浓度为 5 mg/mL 的 MTT 溶液,继续培养 4 h。吸弃上清,每空再加入 150 μL 二甲基亚砜,在摇床上低速振荡 10 min,使结晶物充分溶解。在酶标分析仪 490 nm 处测量各孔的吸光值(A),计算各化合物的细胞抑制率和 IC<sub>50</sub>值<sup>[19,20]</sup>。

细胞抑制率 = (A<sub>对照</sub> - A<sub>样品</sub>) / (A<sub>对照</sub> - A<sub>空白</sub>)

化合物**1**~**8**的 IC<sub>50</sub>值见表1。结果显示,在8个单体化合物中,化合物**1**、**4**、**5**、**7**对 HepG-2 显现了很好的细胞毒活性,化合物**4**对 MDA-MB-231 有明显的细胞毒活性,所有化合物对 A549 无明显活性。

表1 化合物**1**~**8**的细胞毒活性测试结果(IC<sub>50</sub>)

Table 1 The cytotoxic activity of compound **1-8**(IC<sub>50</sub>)

样品 Sample	HepG-2 (μmol/L)	A549 (μmol/L)	MDA-MB-231 (μmol/L)
顺铂 Cisplatin	9.830 ± 0.280	1.260 ± 0.120	35.200 ± 0.037
1	9.900 ± 0.003	≥40	≥40
2	≥40	≥40	≥40
3	≥40	≥40	≥40
4	2.680 ± 0.030	≥40	26.490 ± 0.033
5	5.570 ± 0.050	≥40	≥40
6	≥40	≥40	≥40
7	8.770 ± 0.004	≥40	≥40
8	≥40	≥40	≥40

## 5 讨论

獐牙菜属植物紫红獐牙菜 *S. punicea* 有抗肝炎、治疗胆囊炎、疮痍肿毒、保肝、利胆、强心等活性。本实验通过色谱技术和现代波谱分析方法分离鉴定了8个吡啶,并对它们做了 HepG-2(人肝癌细胞株)、A549(人肺腺癌细胞株)、MDA-MB-231(乳腺癌细胞株)的细胞毒实验,实验结果表明,化合物**1**、**4**、**5**、**7**对 HepG-2 显现了很好的细胞毒活性,化合物**4**对 MDA-MB-231 有明显的细胞毒活性,该结果对紫红獐牙菜的保肝、抗肝癌活性做了更准确的数据支持,为进一步研究开发天然药用植物紫红獐牙菜和相关的抗肝癌新药提供了坚实的基础。

### 参考文献

- Tang XY (唐晓莹), Brian MCG, Chang Y (常颜), *et al.* Chemical constituents of xanthone in *Swertia kingie*. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2017, 48:1099-1102.
- Chang XL (常晓沂), Song JR (宋家蕊), Liu LP (刘璐

萍), *et al.* Isolation and antioxidant activity *in vitro* of seven xanthenes components from *Swertia punicea* Hemsl. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2014, 26:687-690.

- Di Z (狄准), Zhang J (张霁), Zhao YL (赵艳丽), *et al.* UPLC fingerprint for three species of folk medicine in *Swertia L.* *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2017, 48:1860-1865.
- Fan DM (樊冬梅), Liu Y (刘越), Tang L (唐丽). Review on pharmacological activities of natural xanthone. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2017, 29:503-510.
- Wang M (王敏), Luo J (罗娟), Chen SH (陈胜璜). Spectroscopic characteristics of xanthenes in natural products. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2016, 28:1164-1169.
- Wu HY, Kan XQ, Sheng Y, *et al.* Two new phenylpropanoids from *Swertia atrovioleacea* and their anti-5α-reductase activity. *Nat Prod Res*, 2017, 31:1431-1436.
- Jiang W, Zhu DL, Wang MF, *et al.* Xanthenes from the herb of *Swertia elata* and their anti-TMV activity. *Nat Prod Res*, 2016, 30:1810-1815.
- Liu WX, Tian Q, Yang C, *et al.* A new compound from *Swertia cincta*. *Chin Herb Med*, 2016, 8:382-384.

- 9 Sheng Y (盛誉), Wang MF (王明锋), Duan YQ (段焰青), *et al.* A study of the chemical constituents in *Swertia cincta* Burk. *J Yunnan Univ National, Nat Sci* (云南民族大学学报, 自科版), 2017, 26:189-192.
- 10 Zuo MY (左马怡), Wu HY (吴海燕), Sheng Y (盛誉), *et al.* Xanthones from *Swertia chirayita* and their cytotoxic activity. *J Chin Med Mat* (中药材), 2016, 39:2758-2763.
- 11 Purev O, Odontyuya G, Oyun H, *et al.* Xanthones of *Halenia corniculata*-Part I. *Nat Prod Lett*, 1995, 5:261-268.
- 12 Sun YW, Sun ZH, Yu PZ. A new xanthone from *Halenia elliptica* D. Don. *J Asian Nat Prod Res*, 2011, 13:88-92.
- 13 Stout GH, Balkenhol WJ. Xanthones of the Gentianaceae-I *Frasera Caroliniensis* Walt. *Tetrahedron*, 1969, 25:1947-1960.
- 14 Zhou JY (周金云), Ning BM (宁冰梅), Gao YL (高永莉), *et al.* Study on the chemical constituents from *Vladimiria denticulate*. *Chin Pharm J* (中国药学杂志), 2002, 37:574-577.
- 15 Deachathai S, Mahabusarakam W, Phongpaichit S, *et al.* Phenolic compounds from the flowers of *Garcinia dulcis*. *Phytochemistry*, 2006, 67:464-469.
- 16 Yang HP (杨红澎), Liu X (刘霞), Shi YP (师彦平). Xanthone constituents in *Gentiana panthaica*. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2007, 38:344-346.
- 17 Bashir A, Hamburger M, Gupta MP, *et al.* Biphenyls and a xanthone from *Monnina sylvatica*. *Phytochemistry*, 1992, 31:3203-3205.
- 18 Li ZR (李忠荣), Qiu MH (邱明华), Nie RL (聂瑞麟). Two xanthone glucosides from *Veratilla baillonii* franch. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 1999, 11:8-11.
- 19 Xiang CP (向彩朋), Wang Y (王莹), Wang Q (王倩), *et al.* Chemical constituents from *Lycesteria formosa*. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2017, 29:58-62.
- 20 Yan C (晏晨), Zhang YD (张云东), Wang XH (王星慧), *et al.* Chemical constituents and anti-tumor activity from the Fruits of *Phellodendron chinense* Schneid. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2007, 19:1-8.

(上接第 1872 页)

- 19 He XX (何细新), Chao XJ (巢晓娟), Yang L (杨璐), *et al.* The research on chemical ingredients of the heartwood of root of *Morus atropurpurea*. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2014, 26:193-196.
- 20 Bi SF (毕淑峰), Ren HF (任慧芳), Chen WJ (陈文静), *et al.* Chemical constituents of volatile oil from fruits of *Lonicera japonica* and its antioxidant activity *in vitro*. *Chin Tradit Pat Med* (中成药), 2015, 37:1021-1025.

(上接第 1904 页)

- 11 Li YY (李洋洋), Li ZB (李卓彬), Yu JH (俞继华), *et al.* Tissue-specific expression pattern and total anthraquinone content analysis of shikimate kinase from *Cassia obtusifolia*. *J Biol* (生物学杂志), 2016, 33:30-33.
- 12 Zhang HQ (张慧琴), Xie M (谢鸣), Zhang C (张琛), *et al.* Differences in starch accumulation and sugar metabolism during kiwifruit development. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2014, 47:3453-3464.