



红光树枝叶中黄酮类化合物的研究

吴孟迪, 邝芳, 陈业高, 詹睿*

(云南师范大学 化学化工学院, 云南 昆明 650500)

摘要:利用硅胶柱色谱、凝胶柱色谱、MCI柱色谱对红光树属植物红光树枝叶的70%丙酮提取物进行分离纯化,并通过¹H NMR、¹³C NMR等波谱技术进行结构鉴定,共分离鉴定了14个黄酮类化合物。分别为pinocembrin (1)、eriodictyol (2)、naringenin (3)、dihydroquercetin (4)、dihydrokaempferol (5)、5,7,3',4'-tetrahydroxy-3-methoxyflavone (6)、quercetin (7)、luteolin (8)、(-)-epicatechin (9)、biochanin A (10)、tectorigenin (11)、2',5,7-trihydroxy-4'-methoxyisoflavone (12)、5,7-dihydroxychromone (13)、7-hydroxychromone (14)。除了化合物4和10,其余12个化合物均首次从红光树属植物中分离得到。

关键词:红光树;化学成分;黄酮类化合物

中图分类号:R284.1

文献标志码:A

文章编号:1674-4942(2022)02-0119-06

Flavonoids in the Twigs and Leaves of *Knema furfuracea*

WU Mengdi, KUANG Fang, CHEN Yegao, ZHAN Rui

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China)

Abstract:This research focused on the chemical constituents of *Knema furfuracea*. From the 70% acetone extract, fourteen flavonoids were separated and purified by the column chromatography. By means of spectroscopic analysis, the compounds were identified as pinocembrin (1), eriodictyol (2), naringenin (3), dihydroquercetin (4), dihydrokaempferol (5), 5,7,3',4'-tetrahydroxy-3-methoxyflavone (6), quercetin (7), luteolin (8), (-)-epicatechin (9), biochanin A (10), tectorigenin (11), 2',5,7-trihydroxy-4'-methoxyisoflavone (12), 5,7-dihydroxychromone (13), and 7-hydroxychromone (14). The 12 compounds were isolated from *Knema furfuracea* leaves for the first time, with compound (4) and (10) excluded.

Keywords:*Knema furfuracea*; chemical constituents; flavonoids

肉豆蔻科(Myristicaceae)植物多为常绿乔木或灌木,下分为肉豆蔻属(*Kyristica*),红光树属(*Knema*)和风吹楠属(*Horsfieldia*)。多个该科植物因其种子富含脂肪酸而具有重要的经济价值,因此前人对该科植物的研究主要集中于种子部分的研究,其枝叶的化学成分研究较少。课题组对风吹楠属植物枝叶的研究证实枝叶富含结构多样的黄酮类化合物,且活性多样。红光树(*Knema furfuracea*)为常绿乔木,分布于云南西双版纳的景洪、勐腊等地方,生长于海拔500~1 000 m的山坡和沟谷密林里^[1]。近年来,国内外研究者对于红光树属的研究较少,主要集中于研究该属植物的树皮和种子的药用价值。如红光树的皮和种子可用于缓解口腔和喉咙疼痛症状及皮肤疾病等^[2]。从红光树属的皮中发现有抗菌活性、细胞毒性等生理活性的化合物^[3]。为了进一步了解红光树属的化学成分,提高对植物资源的利用率,同时也为了进一步发现更多结构新颖的次生代谢成分,我们选用较少研究的云南勐腊县红光树枝叶作为研究对象。将风干红光树树枝的70%丙酮提

收稿日期:2021-12-01

基金项目:国家自然科学基金项目(NO.31460086)

第一作者:吴孟迪(1996—),云南昆明人,硕士研究生,研究方向为天然产物化学。E-mail:3044013715@qq.com

*通信作者:詹睿(1986—),四川泸州人,副教授,研究方向为天然产物化学。E-mail:sunnyzhanrui@126.com

取物用乙酸乙酯萃取多次,制成浸膏。采用硅胶柱层析等层析方法对浸膏进行分离,使用波谱分析对分离的化合物进行结构鉴定,为黄酮类型化合物。化合物结构见图1。

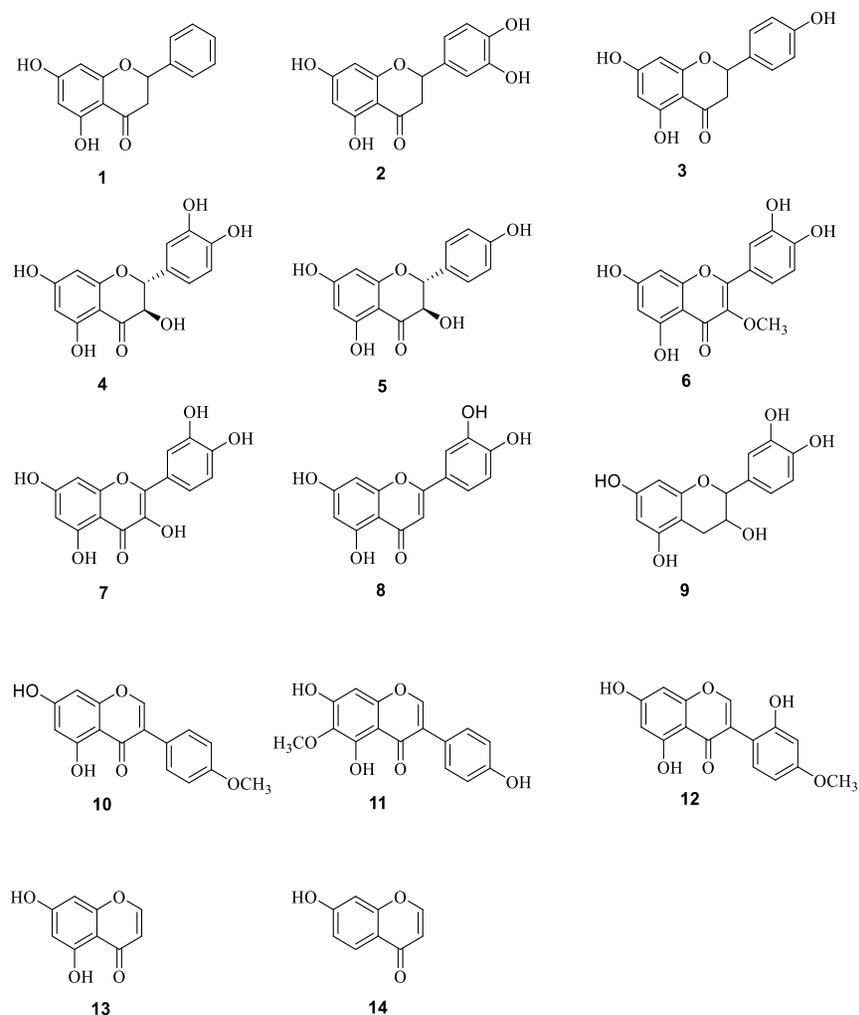


图1 化合物1~14的结构

Figure 1 Structures of compounds 1 ~ 14

1 仪器和材料

1.1 仪器

旋转蒸发仪,EYELA N-1001,东京理化器械株式会社;Bruker AM-500核磁共振,瑞士,布鲁克公司。

1.2 试剂

柱层析硅胶,100~200目,200~300目,青岛海洋化工厂;Sephadex LH-20,20~80 μm,瑞士,Pharmacia Fine Chemical Co Ltd;MCI CHP-20,日本,Mitsubishi Chemical Corporation。TLC检测用GF254硅胶板(中国,青岛海洋化工厂);所用溶剂为工业纯,其他试剂为工业级,包括石油醚、乙酸乙酯、甲醇、丙酮、氯仿;显色剂为10%硫酸乙醇溶液。

1.3 药材

实验所用植物样品采于云南省勐腊县,经中国科学院植物学家西双版纳热带植物园的周仕顺先生鉴定为红光树(*K. furfuracea*)。

2 提取与分离

将红光树枝叶进行自然风干,粉碎预处理后,称重为12.5 kg。室温下,使用70%的丙酮对样品进行浸泡提取,共提取4次,将浸出液减压蒸馏,除去有机溶剂丙酮,剩余的红光树水溶液约10 L。对该水溶液进行萃取提取,萃取剂为乙酸乙酯,萃取次数为10次,得到的乙酸乙酯浸膏共216 g。对浸膏进行大硅胶柱层析,石油醚-丙酮(50:1~0:1)梯度洗脱划段,用TLC检测合并,共得到5个部分(A~E)。

A部分(29.7 g)薄层层析,10%硫酸乙醇显色为紫色,结合样品性状,显示该部分主要为脂肪酸,未作进一步处理。

B部分(11.4 g),凝胶柱层析($V_{\text{氯仿}}:V_{\text{甲醇}}=3:2$)分为3个部分($B_1 \rightarrow B_3$)。B₁(260 mg)经薄层层析显示含有大量的色素,未做处理。

C部分(17.5 g)经过甲醇/水(7:3→10:0)梯度洗脱,得到6个不同部分($C_1 \rightarrow C_6$)。C₁(1.1 g)经凝胶柱层析,以氯仿/甲醇(3:2)梯度洗脱后,经过石油醚/丙酮(5:1)冲柱洗脱,分离得到一个化合物(13, 4.8 mg)。C₃(220 mg)用硅胶柱层析,经过石油醚/丙酮(3:1)洗脱后再经甲醇凝胶洗脱得到化合物(1, 18 mg)、(14, 11 mg)。其中C₄(76 mg)经过薄层层析显示,有大量的色素,所以未做处理。

D部分(27.3 g)通过硅胶柱层析,经过氯仿/甲醇(50:1→5:1)梯度洗脱,得到5个不同部分($D_1 \rightarrow D_5$),其中D₂(2.7 g)硅胶柱层析,经过氯仿/丙酮(10:1→2:1)梯度洗脱,分离得到化合物(10, 21 mg)、(11, 5.6 mg)。D₃(1.0 g)通过硅胶柱层析,石油醚/丙酮(2:1)洗脱后再用氯仿/丙酮(10:1)洗脱得到化合物(3, 9.8 mg)。

E部分(15.2 g)硅胶柱层析,经过氯仿/丙酮(10:1→5:1→2:1→1:1)梯度洗脱,分离得到4个部分($E_1 \rightarrow E_4$)。E₂(3 g)经凝胶柱层析(氯仿/甲醇3:2)得到化合物(2, 4.7 mg)、(4, 27 mg)、(7, 9.5 mg)和(8, 6.7 mg)。E₄(357 mg)经硅胶柱层析,通过氯仿/丙酮(5:1→1:1)梯度洗脱,再经甲醇凝胶洗脱分离得到化合物(5, 7.1 mg)、(6, 15 mg)、(9, 5.8 mg)和(12, 5 mg)。

3 结构鉴定

化合物1为淡黄色粉末,溶于丙酮。分子式为 $C_{15}H_{12}O_4$,分子量为256。¹H NMR (500 MHz, CD_3COCD_3): δ 7.57 (2H, d, $J=7.3$ Hz, H-2', H-6'), 7.45 (2H, t, $J=7.3$ Hz, H-3', H-5'), 7.39 (1H, t, $J=7.3$ Hz, H-4'), 6.01 (1H, br s, H-6), 5.98 (1H, br s, H-8), 5.57 (1H, dd, $J=12.8, 3.0$ Hz, H-2), 3.16 (1H, dd, $J=17.1, 12.8$ Hz, H-3a), 2.81 (1H, dd, $J=17.1, 3.0$ Hz, H-3b)。¹³C NMR (125 MHz, CD_3COCD_3): δ 195.8 (s, C-4), 166.5 (s, C-5), 164.4 (s, C-9), 163.3 (s, C-7), 139.2 (s, C-1'), 128.6 (d, C-3', C-5'), 128.5 (d, C-4'), 126.4 (d, C-2', C-6'), 102.3 (s, C-10), 96.1 (d, C-6), 95.1 (d, C-8), 79.1 (d, C-2), 42.8 (t, C-3)。以上数据与文献数据对照基本一致^[4],故化合物1为pinocembrin。

化合物2为黄色无定形晶体,溶于甲醇。分子式为 $C_{15}H_{12}O_6$,分子量为288。¹H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ 7.03 (1H, br s, H-2'), 6.86 (2H, m, H-5', H-6'), 5.95 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-8), 5.94 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-6), 5.38 (1H, dd, $J=12.7, 3.0$ Hz, H-2), 3.13 (1H, dd, $J=17.1, 12.7$ Hz, H-3a), 2.72 (1H, dd, $J=17.1, 3.0$ Hz, H-3b)。¹³C NMR (125 Hz, CD_3OD): δ 197.7 (s, C-4), 168.6 (s, C-7), 165.5 (s, C-9), 164.8 (s, C-5), 146.9 (d, C-4'), 146.5 (s, C-3'), 131.8 (s, C-1'), 119.3 (d, C-6'), 116.3 (d, C-5'), 114.7 (d, C-2'), 103.3 (s, C-10), 97.1 (d, C-6), 96.2 (d, C-8), 80.5 (d, C-2), 44.1 (t, C-3)。以上数据与文献数据对照基本一致^[5],故化合物2为eriodictyol。

化合物3为无色针状固体,溶于甲醇。分子式为 $C_{15}H_{12}O_5$,分子量为272。¹H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ 7.31 (2H, d, $J=8.5$ Hz, H-2', H-6'), 6.86 (2H, d, $J=8.5$ Hz, H-3', H-5'), 5.92 (2H, s, H-6, H-8), 5.32 (1H, dd, $J=12.8, 2.9$ Hz, H-2), 3.10 (1H, dd, $J=17.2, 12.8$ Hz, H-3a), 2.71 (1H, dd, $J=17.2, 2.9$

Hz, H-3b)。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3OD): δ 196.7 (s, C-4), 167.1 (s, C-7), 163.9 (s, C-5), 163.4 (s, C-9), 157.3 (s, C-4'), 129.7 (s, C-1'), 127.8 (d, C-2', C-6'), 115.1 (d, C-3', C-5'), 101.9 (s, C-10), 95.9 (d, C-8), 95.1 (d, C-6), 79.0 (d, C-2), 42.4 (t, C-3)。以上数据与文献数据对照基本一致^[6],故化合物3为 naringenin。

化合物4为白色粉末,溶于甲醇。分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}_7$,分子量为304。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ 6.99 (1H, d, $J = 1.7$ Hz, H-2'), 6.87 (1H, dd, $J = 8.1, 1.7$ Hz, H-6'), 6.82 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5'), 5.94 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 5.90 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 4.93 (1H, d, $J = 11.5$ Hz, H-2), 4.52 (1H, d, $J = 11.5$ Hz, H-3)。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3OD): δ 197.0 (s, C-4), 167.3 (s, C-7), 163.9 (s, C-5), 163.1 (s, C-9), 145.7 (s, C-4'), 144.9 (s, C-3'), 128.5 (s, C-1'), 119.5 (d, C-6'), 114.7 (d, C-2'), 114.5 (d, C-5'), 100.4 (s, C-10), 95.9 (d, C-6), 94.9 (d, C-8), 83.7 (d, C-2), 72.3 (d, C-3)。以上数据与文献数据对照基本一致^[7],故化合物4为 dihydroquercetin。

化合物5为无色针状固体,溶于甲醇。分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}_6$,分子量为272。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ 7.37 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2', H-6'), 6.86 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3', H-5'), 5.94 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 5.90 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 5.00 (1H, d, $J = 11.6$ Hz, H-2), 4.56 (1H, d, $J = 11.6$ Hz, H-3)。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3OD): δ 197.6 (s, C-4), 167.5 (s, C-7), 163.9 (s, C-9), 163.1 (s, C-5), 157.7 (s, C-4'), 128.9 (d, C-2', C-6'), 127.9 (s, C-1'), 114.8 (d, C-3', C-5'), 100.4 (s, C-10), 96.0 (d, C-6), 95.0 (d, C-8), 83.6 (d, C-2), 72.2 (d, C-3)。以上数据与文献数据对照基本一致^[7],故化合物5为 dihydrokaempferol。

化合物6为黄色粉末,溶于甲醇。分子式为 $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{O}_7$,分子量为316。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ 7.65 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-2'), 7.56 (1H, dd, $J = 8.5, 2.2$ Hz, H-6'), 6.93 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.32 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 6.23 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 3.85 (3H, s, 3-OCH₃)。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3OD): δ 178.6 (s, C-4), 164.6 (s, C-7), 161.7 (s, C-5), 157.0 (s, C-9), 155.6 (s, C-2), 148.6 (s, C-4'), 145.1 (s, C-3'), 138.2 (s, C-3), 121.5 (s, C-1'), 120.9 (d, C-6'), 115.1 (d, C-2'), 115.0 (d, C-5'), 104.5 (s, C-10), 98.4 (d, C-6), 93.3 (d, C-8), 59.1 (q, 3-OCH₃)。以上数据与文献数据对照基本一致^[8],故化合物6为 5,7,3',4'-tetrahydroxy-3-methoxyflavone。

化合物7为黄色粉末,溶于丙酮。分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$,分子量为302。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3COCD_3): δ 7.83 (1H, s, H-2'), 7.70 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-6'), 7.01 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.53 (1H, s, H-8), 6.27 (1H, s, H-6)。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3COCD_3): δ 175.7 (s, C-4), 164.2 (s, C-7), 161.4 (s, C-9), 156.9 (s, C-5), 147.5 (s, C-4'), 146.1 (s, C-2), 145.0 (s, C-3'), 135.8 (s, C-3), 122.8 (s, C-1'), 120.6 (d, C-6'), 115.3 (d, C-5'), 114.8 (d, C-2'), 103.2 (s, C-10), 98.3 (d, C-6), 93.6 (d, C-8)。以上数据与文献数据对照基本一致^[9],故化合物7为 quercetin。

化合物8为黄色无定形晶体,溶于甲醇。分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_6$,分子量为286。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ 7.40 (2H, m, H-2', H-6'), 6.92 (1H, d, $J = 8.8$ Hz, H-5'), 6.55 (1H, s, H-3), 6.45 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-8), 6.29 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6)。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3OD): δ 182.4 (s, C-4), 164.9 (s, C-2), 163.4 (s, C-7), 162.8 (s, C-5), 158.0 (s, C-9), 148.6 (s, C-4'), 144.8 (s, C-3'), 123.3 (s, C-1'), 118.9 (d, C-6'), 115.4 (d, C-5'), 112.8 (d, C-2'), 103.9 (s, C-10), 102.5 (d, C-3), 98.8 (d, C-6), 93.6 (d, C-8)。以上数据与文献数据对照基本一致^[10],故化合物8为 luteolin。

化合物9为灰白色无定形粉末,溶于甲醇。分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_6$,分子量为290。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ 7.00 (1H, d, $J = 1.7$ Hz, H-2'), 6.82 (1H, dd, $J = 8.2, 1.7$ Hz, H-6'), 6.78 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5'), 5.97 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-6), 5.94 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-8), 4.84 (1H, d, overlap, H-2), 4.20

(1H, s, H-3), 2.88 (1H, dd, $J = 16.7, 4.6$ Hz, H-4a), 2.75 (1H, dd, $J = 16.8, 2.8$ Hz, H-4b)。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3OD): δ 156.6 (s, C-7), 156.3 (s, C-5), 156.0 (s, C-9), 144.5 (s, C-4'), 144.4 (s, C-3'), 130.9 (s, C-1'), 118.0 (d, C-5'), 114.5 (d, C-6'), 113.9 (d, C-2'), 98.7 (s, C-10), 95.0 (d, C-6), 94.5 (d, C-8), 78.5 (d, C-2), 66.1 (d, C-3), 27.9 (t, C-4)。以上数据与文献数据对照基本一致^[11],故化合物9为(-)-epicatechin。

化合物10为白色无定形粉末,溶于丙酮。分子式为 $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{O}_5$,分子量为284。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3COCD_3): δ 8.10 (1H, s, H-2), 7.49 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-2', H-6'), 7.00 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-3', H-5'), 6.36 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-8), 6.24 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-6')。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3COCD_3): δ 180.7 (s, C-4), 164.7 (s, C-7), 162.5 (s, C-5), 159.8 (s, C-4'), 158.3 (s, C-9), 153.5 (d, C-2), 129.9 (d, C-2', C-6'), 123.2 (s, C-1'), 123.1 (s, C-3), 113.5 (d, C-3', C-5'), 104.9 (s, C-10), 98.8 (d, C-6), 93.4 (d, C-8), 54.4 (q, 4'- OCH_3)。以上数据与文献数据对照基本一致^[12],故化合物10为biochanin A。

化合物11为淡黄色粉末,溶于丙酮。分子式为 $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{O}_6$,分子量为300。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3COCD_3): δ 8.04 (1H, s, H-2), 7.35 (2H, d, $J = 8.2$ Hz, H-2', H-6'), 6.63 (2H, d, $J = 8.2$ Hz, H-3', H-5'), 6.63 (2H, d, $J = 8.2$ Hz, H-3', H-5'), 6.52 (1H, s, H-8), 3.85 (3H, s, 6- OCH_3)。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3COCD_3): δ 182.6 (s, C-4), 158.8 (s, C-4'), 158.8 (s, C-7), 155.1 (s, C-9), 155.0 (d, C-2), 154.6 (s, C-5), 132.8 (s, C-6), 131.4 (d, C-2', C-6'), 124.3 (s, C-1'), 123.3 (s, C-3), 116.3 (d, C-3', C-5'), 106.7 (s, C-10), 95.0 (d, C-8), 60.9 (q, 6- OCH_3)。以上数据与文献数据对照基本一致^[13],故化合物11为tectorigenin。

化合物12为淡黄色粉末,溶于丙酮。分子式为 $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{O}_6$,分子量为300。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3COCD_3): δ 12.77 (1H, s, 5-OH), 8.16 (1H, s, H-2), 7.42 (1H, d, $J = 8.3$ Hz, H-6'), 6.78 (2H, dt, $J = 8.3, 2.3$ Hz, H-3', H-5'), 6.37 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-6), 6.35 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-8), 3.78 (3H, s, 4'- OCH_3)。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3COCD_3): δ 182.1 (s, C-4), 165.3 (s, C-7), 162.9 (s, C-4'), 162.7 (s, C-5), 159.7 (s, C-9), 157 (s, C-2'), 156.9 (d, C-2), 131.8 (d, C-6'), 121.9 (s, C-3), 111.9 (s, C-1'), 106.5 (d, C-5), 105.9 (s, C-10), 103.2 (d, C-3'), 100 (d, C-6), 94.5 (d, C-8), 55.5 (q, 4'- OCH_3)。以上数据与文献数据对照基本一致^[14],故化合物12为2',5,7-trihydroxy-4'-methoxyisoflavone。

化合物13为白色晶体,溶于丙酮。分子式为 $\text{C}_9\text{H}_4\text{O}_4$,分子量为176。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3COCD_3): δ 8.04 (1H, d, $J = 5.9$ Hz, H-2), 6.40 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-8), 6.26 (1H, d, $J = 1.7$ Hz, H-3), 6.21 (1H, d, $J = 6.0$ Hz, H-6)。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3COCD_3) δ 181.6 (s, C-4), 164.3 (s, C-7), 162.1 (s, C-5), 158.4 (s, C-9), 156.6 (d, C-2), 110.7 (d, C-3), 104.4 (s, C-10), 98.9 (d, C-6), 93.9 (d, C-8)。以上数据与文献数据对照基本一致^[15],故化合物13为5,7-dihydroxychromone。

化合物14为黄色粉末,溶于丙酮。分子式为 $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_3$,分子量为162。在 ^1H NMR (500 MHz, CD_3COCD_3): δ 8.00 (1H, d, $J = 6.0$ Hz, H-2), 7.95 (1H, d, $J = 8.7$ Hz, H-5), 6.97 (1H, dd, $J = 8.7, 2.2$ Hz, H-6), 6.88 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-8), 6.16 (1H, d, $J = 6.0$ Hz, H-3)。 ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3COCD_3): δ 175.6 (s, C-4), 162.7 (s, C-7), 158.3 (s, C-9), 155.3 (d, C-2), 126.9 (d, C-5), 117.9 (s, C-10), 114.8 (d, C-6), 112.2 (d, C-3), 102.5 (d, C-8)。以上数据与文献数据对照基本一致^[16],故化合物14为7-hydroxychromone。

4 结论

对云南省勐腊县红光树枝叶开展了化学成分研究,从中分离得到了14个黄酮化合物。化合物分别为pinocembrin (1)、eriodictyol (2)、naringenin (3)、dihydroquercetin (4)、dihydrokaempferol (5)、5,7,3'4'-tetra-

hydroxy-3-methoxyflavone (6)、quercetin (7)、luteolin (8)、(-)-epicatechin (9)、biochanin A (10)、tectorigenin (11)、2',5,7-trihydroxy-4'-methoxyisoflavone (12)、5,7-dihydroxychromone (13)、7-hydroxychromone (14)。除了化合物 4 和 10,其余 12 个化合物均首次从红光树属植物中分离得到。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第 66 卷[M]. 北京:科学出版社,1977.
- [2] LIPP F J, PERRY L M, METZGER J. Medicinal plants of east and Southeast Asia: attributed properties and uses[J]. Brittonia, 1981,33(2):258.
- [3] ZAHIR A, JOSSANG A, BODO B, et al. Knerachelins A and B, antibacterial phenylacetylphenols from *Knema furfuracea*[J]. Journal of Natural Products, 1993,56(9):1634-1637.
- [4] ABOUSHOER M I, FATHY H M, ABDEL-KADER M S, et al. Terpenes and flavonoids from an Egyptian collection of *Cleome drosrifolia*[J]. Natural Product Research, 2010,24(7):687-696.
- [5] SAKUSHIMA A, COŞKUN M, HISADA S, et al. Flavonoids from *Rhamnus pallasii*[J]. Phytochemistry, 1983,22(7):1677-1678.
- [6] ZHANG S X, TANI T, YAMAJI S, et al. Glycosyl flavonoids from the roots and rhizomes of *Asarum longerhizomatosum*[J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2003,5(1):25-30.
- [7] WANG X W, MAO Y, WANG N L, et al. A new phloroglucinol diglycoside derivative from *Hypericum japonicum* Thunb[J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2008,13(11):2796-2803.
- [8] OZGEN U, SEVINDIK H, KAZAZ C, et al. A new sulfated alpha-ionone glycoside from *Sonchus erzincanicus* Matthews[J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2010,15(4):2593-2599.
- [9] 郭娜,陈宣钦,赵勤实. 岷江金丝桃中一个新的间苯三酚类化合物[J]. 云南植物研究, 2008,30(4):515-518.
- [10] LIN L C, PAI Y F, TSAI T H. Isolation of luteolin and luteolin-7-O-glucoside from *Dendranthema morifolium* Ramat tzvel and their pharmacokinetics in rats[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015,63(35):7700-7706.
- [11] 周志宏,杨崇仁. 云南普洱茶原料晒青毛茶的化学成分[J]. 云南植物研究, 2000,22(3):343-350.
- [12] 刘荣华,温新潮,张普照,等. 交趾黄檀异黄酮类化学成分研究[J]. 中草药, 2015,46(19):2851-2855.
- [13] 李榕涛,冯剑,陈德力,等. 苏木心材的抗炎化学成分研究[J]. 中国现代中药, 2016,18(6):753-757.
- [14] SANTOS S A D, DE CARVALHO M G, BRAZ-FILHO R. Unambiguous ¹H- and ¹³C-NMR assignments of isoflavones from *Virola caducifolia*[J]. Journal of the Brazilian Chemical Society, 1995,6(4):349-352.
- [15] 尚小雅,石建功,杨永春,等. 藏药五脉绿绒蒿中的生物碱[J]. 药学报, 2003,38(4):276-278.
- [16] 季霄,吴士龙,贾天柱,等. 肉豆蔻的化学成分研究[J]. 中草药, 2014,45(23):3367-3372.

(责任编辑:刘 红)