

doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2021.20.013

藏药柳茶的化学成分研究*

闫志慧^{1,2}, 杨宗发^{1,2}, 赵娜^{1,2}, 杨永建³, 朱全飞^{1,2,Δ}

(1. 重庆医药高等专科学校, 重庆 401331; 2. 重庆市药物制剂工程技术研究中心, 重庆 401331;
3. 兰州大学, 甘肃 兰州 730000)

摘要:目的 探讨藏药柳茶的化学成分。方法 采用硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 柱色谱进行分离, 用制备型薄层色谱和制备型高效液相色谱对柳茶的乙酸乙酯提取物和正丁醇提取物进行分离纯化, 根据理化性质和波谱数据鉴定化合物结构。结果 从柳茶中分离得到 11 个化合物, 分别为二氢芥子醇(1)、二氢松柏醇(2)、咖啡酸甲酯(3)、5,7-二甲氧基香豆素(4)、4-甲氧基肉桂酸(5)、3,4-二羟基苯甲酸(6)、柚皮素(7)、山柰酚(8)、山柰酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖(9)、假升麻苷 A(10)、假升麻苷 B(11)。结论 以上 11 个化合物均为从柳茶中首次分离得到, 其中除 1,3,6 化合物外, 其余均为首次从鲜卑花属植物内分离得到。

关键词: 柳茶; 藏药; 化学成分; 山柰酚; 假升麻苷 A

中图分类号: R932; R29

文献标志码: A

文章编号: 1006-4931(2021)20-0044-04

Chemical Constituents of Tibetan Medicine *Sibiraea angustata*

YAN Zhihui^{1,2}, YANG Zongfa^{1,2}, ZHAO Na^{1,2}, YANG Yongjian³, ZHU Tongfei^{1,2}

(1. Chongqing Medical and Pharmaceutical College, Chongqing, China 401331; 2. Chongqing Engineering Research Center of Pharmaceutical Sciences, Chongqing, China 401331; 3. Pharmaceutical College of Lanzhou University, Lanzhou, Gansu, China 730000)

Abstract: Objective To investigate the chemical constituents in the Tibetan medicine *Sibiraea angustata*. **Methods** Silica gel column chromatography and Sephadex LH-20 column chromatography were used for separation, and the preparative thin-layer chromatography (PTLC) and preparative high-performance liquid chromatography (PHPLC) were used to separate and purify the ethyl acetate extract and *n*-butanol extract from *Sibiraea angustata*. The structure of the compound was identified according to its physicochemical properties and spectral data. **Results** Eleven compounds were isolated from the *Sibiraea angustata* and identified as dihydrosinapyl alcohol(1), dihydroconiferyl alcohol(2), caffeic acid methyl ester(3), 5,7-dimethoxy coumarin(4), 4-methoxycinnamic acid(5), 3,4-dihydroxybenzoic acid(6), naringenin(7), kaempferol(8), kaempferol-3-O-β-D-glucoside(9), sylvesteroside A(10), and sylvesteroside B(11). **Conclusion** The above 11 compounds are isolated from *Sibiraea angustata* for the first time. Except compounds 1, 3 and 6, the other compounds were isolated from the genus of *Sibiraea* for the first time.

Key words: *Sibiraea angustata*; Tibetan medicine; chemical constituents; kaempferol; sylvesteroside A

窄叶鲜卑花 *Sibiraea angustata*(Rehd.) Hand. - Mazz. 为蔷薇科(Rosaceae)鲜卑花属(*Sibiraea*)多年生落叶灌木植物, 主要分布于青海、甘肃、四川、云南、西藏等地, 生长于海拔 3 000~4 000 m 山坡灌木丛中或山谷砂石滩上。窄叶鲜卑花常被藏区牧民代茶饮, 因其叶片形似柳叶, 故名“柳茶”。现代药理研究表明, 柳茶具有调节血脂^[1]、降血糖^[2]、保肝^[3]、抗氧化^[4]等作用。化学成分研究表明, 柳茶中含有三萜类^[5-6]、单萜及其苷类^[7-8]、有机酸及有机酯类^[9-10]、黄酮及其苷类等化合物^[11]。本研究中通过硅胶柱色谱、凝胶柱色谱, 从柳茶叶的 90% 甲醇提取物中分离得到 11 个化合物。现报道如下。

1 仪器与试剂

1.1 仪器

Bruker AVANCE-500 型核磁共振光谱仪(瑞士

Bruker 公司); LCMS-IT-TOF 型离子阱飞行时间质谱仪(日本 Shimadzu 公司); Waters Pro150 型制备高效液相色谱仪(美国 Waters 公司); YMC ODS-A 型色谱柱(250 mm × 10 mm, 5 μm; 日本 YMC 公司); RV3 型旋转蒸发器(德国 IKA 公司); ZF-Z 型三用紫外检测仪(上海市安亭电子仪器厂); KQ3200DE 型超声波清洗仪(昆山市超声仪器有限公司)。

1.2 试剂

200~300 目柱色谱硅胶(青岛海洋化工厂); 制备型薄层色谱硅胶 F₂₅₄(德国 Merck 公司); Sephadex LH-20 (Amersham Pharmacia Biotech AB); 甲醇为色谱纯, 其余试剂均为分析纯, 试验用水为纯化水, 色谱用水为超纯水。柳茶药材采自甘肃省甘南藏族自治州合作市市郊, 经兰州大学药学院生药学研究所杨永建教授鉴定为正品, 药材样品标本(2018517)保存于重庆医药高等专科学校标本馆。

*基金项目: 重庆市教育委员会科学技术研究项目[KJQN201802804]。

第一作者: 闫志慧, 女, 硕士研究生, 副教授, 研究方向为天然产物化学, (电子信箱)chuanqichuanqi@163.com。

Δ通信作者: 朱全飞, 男, 硕士研究生, 副教授, 研究方向为天然产物化学, (电子信箱)396435070@qq.com。

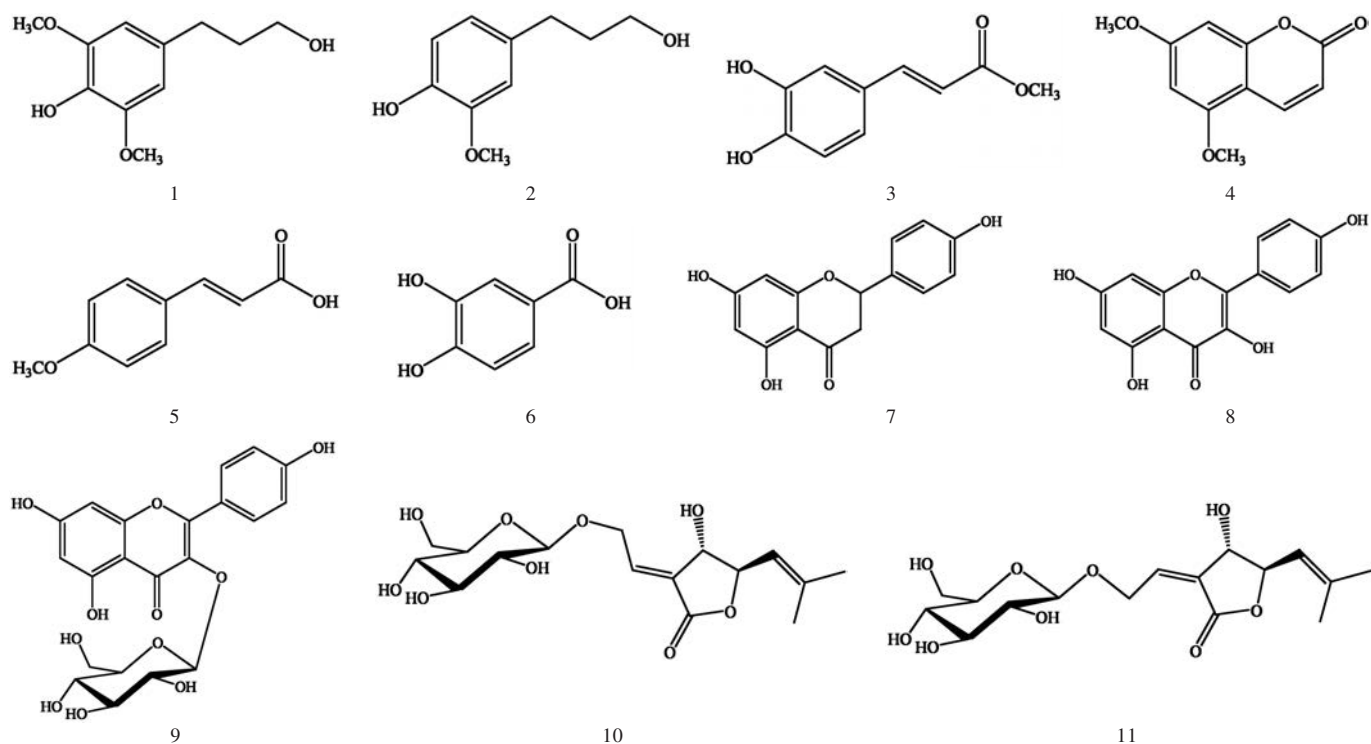


图 1 柳茶中化合物 1~11 的化学结构

Fig. 1 The chemical structures of compounds 1-11 extracted from *Sibiraea angustata*

2 方法

2.1 提取与分离

取柳茶干燥叶 2.5 kg, 粉碎, 用 10 L 90% 甲醇超声 (功率为 500 W, 频率为 8 kHz) 提取 3 次, 每次 2 h, 提取液减压浓缩, 回收溶剂, 得总浸膏 0.56 kg。将总浸膏用 1.5 L 水混悬, 分别以等体积石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取 3 次, 减压浓缩, 回收溶剂, 得乙酸乙酯层浸膏 73.8 g 和正丁醇层浸膏 95.4 g。

将乙酸乙酯层浸膏经硅胶柱色谱分离, 依次以二氯甲烷-丙酮 (80:1, 50:1, 30:1, 15:1, 8:1, 1:1, V/V) 梯度洗脱, 合并相同流分, 得 8 个组分 Fr. 1~8。Fr. 3 经硅胶柱色谱及制备薄层色谱分离, 得化合物 3 (7.9 mg)、化合物 4 (9.3 mg)、化合物 5 (15.1 mg)、化合物 6 (9.6 mg); Fr. 4 经凝胶柱色谱、制备薄层色谱, 得化合物 7 (15.4 mg)、化合物 8 (11.2 mg); Fr. 5 经硅胶柱色谱、凝胶柱色谱及制备液相色谱分离, 得化合物 1 (17.3 mg)、化合物 2 (13.2 mg); Fr. 6 经硅胶柱色谱、凝胶柱色谱及重结晶, 得化合物 9 (8.7 mg)。

正丁醇层浸膏经 D101 大孔树脂色谱, 依次以乙醇-水 (90%, 70%, 50%, 30% 及纯水) 梯度洗脱, 将 30% 洗脱部分经硅胶柱色谱分离, 依次以二氯甲烷-甲醇 (80:1, 50:1, 30:1, 15:1, 8:1, 1:1, V/V) 梯度洗脱, 合并相同流分, 得 13 个组分 Fr. 1~13。Fr. 9 经凝胶柱色谱得 8 个亚组分 Subfr. 1~8, 将 Subfr. 6 经制备液相色谱分离, 以 18% 甲醇等度洗脱, 得化合物 10 (18.7 mg)、

化合物 11 (24.6 mg)。化合物 1~11 的化学结构见图 1。

2.2 结构鉴定

2.2.1 化合物 1

黄色无定形粉末 (甲醇)。ESI-MS m/z 235 $[M+Na]^+$ 。

^1H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 6.41 (1H, s, H-2, 6), 3.71 (6H, s, 3, 5-OCH₃), 3.39 (2H, t, J = 8.5 Hz, H-9), 2.48 (2H, t, J = 10 Hz, H-7), 1.67 (2H, m, H-8)。 $^{13}C-NMR$ (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 134.0 (C-1), 106.3 (C-2, 6), 148.5 (C-3, 5), 132.8 (C-4), 32.3 (C-7), 35.2 (C-8), 60.8 (C-9), 56.5 (OCH₃)。以上分析结果与文献 [12] 报道基本一致, 故鉴定化合物 1 为二氢芥子醇。

2.2.2 化合物 2

白色粉末 (甲醇)。ESI-MS m/z 205 $[M+Na]^+$ 。

^1H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 6.73 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-2), 6.81 (1H, dd, J = 7.8, 1.2 Hz, H-6), 6.67 (1H, d, J = 7.8 Hz, H-5), 3.86 (3H, s, 3-OCH₃), 3.55 (1H, t, J = 6.6 Hz, H-9), 2.71 (2H, t, J = 6.6 Hz, H-7), 1.80 (2H, m, H-8)。 $^{13}C-NMR$ (125 MHz, CD₃OD) δ : 134.2 (C-1), 111.5 (C-2), 147.2 (C-3), 145.2 (C-4), 115.3 (C-5), 122.0 (C-6), 32.8 (C-7), 35.9 (C-8), 62.4 (C-9), 56.4 (OCH₃)。以上分析结果与文献 [13] 报道基本一致, 故化合物 2 鉴定为二氢松柏醇。

2.2.3 化合物 3

淡黄色粉末 (甲醇)。ESI-MS m/z 217 $[M+Na]^+$ 。

^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 7.51 (1H, d, $J=16.0$ Hz, H-7), 7.01 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-2), 6.91 (1H, dd, $J=8.4, 2.0$ Hz, H-6), 6.75 (1H, d, $J=8.4$ Hz, H-5), 6.23 (1H, d, $J=16.0$ Hz, H-8), 3.72 (3H, s, OCH_3)。 ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 127.5 (C-1), 114.6 (C-2), 146.8 (C-3), 149.4 (C-4), 115.1 (C-5), 122.7 (C-6), 146.5 (C-7), 116.4 (C-8), 169.6 (C-9), 51.7 (OCH_3)。以上分析结果与文献[14]报道基本一致,故鉴定化合物 **3** 为咖啡酸甲酯。

2.2.4 化合物 4

白色结晶(丙酮)。ESI-MS m/z 229 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 8.02 (1H, d, $J=7.8$ Hz, H-4), 6.71 (1H, d, $J=1.8$ Hz, H-8), 6.37 (1H, d, $J=1.8$ Hz, H-6), 6.24 (1H, d, $J=7.8$ Hz, H-3), 4.03 (3H, s, 7- OCH_3), 3.91 (3H, s, 5- OCH_3)。 ^{13}C -NMR (125 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 158.6 (C-2), 108.4 (C-3), 141.2 (C-4), 158.6 (C-4a), 152.4 (C-5), 95.1 (C-6), 159.2 (C-7), 89.1 (C-8), 106.7 (C-8a), 59.4 (7- OCH_3), 54.2 (5- OCH_3)。以上分析结果与文献[15]基本一致,故鉴定化合物 **4** 为 5,7-二甲氧基香豆素。

2.2.5 化合物 5

褐色结晶(甲醇)。ESI-MS m/z 201 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, MeOD) δ : 7.61 (1H, d, $J=16.0$ Hz, H-7), 7.45 (2H, d, $J=8.6$ Hz, H-2,6), 6.80 (2H, d, $J=8.7$ Hz, H-3,5), 6.32 (1H, d, $J=15.9$ Hz, H-8), 3.75 (3H, s, OCH_3)。 ^{13}C -NMR (125 MHz, MeOD) δ : 127.1 (C-1), 131.1 (C-2,6), 116.8 (C-3,5), 161.3 (C-4), 146.6 (C-7), 114.9 (C-8), 169.8 (C-9), 52.0 (OCH_3)。以上分析结果与文献[16]报道基本一致,故鉴定化合物 **5** 为 4-甲氧基肉桂酸。

2.2.6 化合物 6

白色粉末(甲醇)。ESI-MS m/z 177 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 7.32 (1H, d, $J=1.8$ Hz, H-2), 7.28 (1H, dd, $J=1.8, 8.2$ Hz, H-6), 6.77 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-5)。 ^{13}C -NMR (125 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 121.7 (C-1), 116.6 (C-2), 144.9 (C-3), 150.0 (C-4), 115.1 (C-5), 121.8 (C-6), 167.3 (C-7)。以上分析结果与文献[17]报道基本一致,故化合物 **6** 鉴定为 3,4-二羟基苯甲酸。

2.2.7 化合物 7

淡黄色粉末(甲醇)。ESI-MS m/z 295 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 12.14 (1H, s, 5-OH), 10.84 (1H, s, 7-OH), 9.60 (1H, s, 4'-OH), 7.31 (2H, d, $J=8.5$ Hz, H-2',6'), 6.79 (2H, d,

$J=8.5$ Hz, H-3',5'), 5.89 (2H, s, H-6,8), 5.43 (1H, dd, $J=3.0, 12.8$ Hz, H-2), 3.25 (1H, dd, $J=12.8, 17.1$ Hz, H-3b), 2.70 (1H, dd, $J=3.0, 17.1$ Hz, H-3a)。 ^{13}C -NMR (125 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 78.4 (C-2), 42.0 (C-3), 196.3 (C-4), 163.5 (C-5), 95.8 (C-6), 166.7 (C-7), 95.0 (C-8), 162.9 (C-9), 101.7 (C-10), 128.8 (C-1'), 128.2 (C-2'), 115.1 (C-3'), 157.7 (C-4'), 115.1 (C-5'), 128.2 (C-6')。以上分析结果与文献[18]报道基本一致,从而推断化合物 **7** 为柚皮素。

2.2.8 化合物 8

黄色粉末(甲醇)。ESI-MS m/z 309 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 ^1H -NMR (CD_3OD , 500 MHz) δ : 8.05 (2H, d, $J=9.2$ Hz, H-2',6'), 6.88 (2H, d, $J=9.2$ Hz, H-3',5'), 6.38 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-8), 6.19 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-6)。 ^{13}C -NMR (CD_3OD , 125 MHz) δ : 157.2 (C-2), 134.2 (C-3), 178.2 (C-4), 161.7 (C-5), 98.6 (C-6), 164.6 (C-7), 93.5 (C-8), 157.8 (C-9), 104.4 (C-10), 121.5 (C-1'), 131.0 (C-2',6'), 114.8 (C-3',5'), 160.2 (C-4')。以上分析结果与文献[19]报道基本一致,故化合物 **8** 鉴定为山柰酚。

2.2.9 化合物 9

黄色粉末(甲醇)。ESI-MS m/z 471 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 ^1H -NMR (CD_3OD , 500 MHz) δ : 8.05 (2H, d, $J=9.2$ Hz, H-2',6'), 6.88 (2H, d, $J=9.2$ Hz, H-3',5'), 6.38 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-8), 6.19 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-6), 5.24 (1H, d, $J=7.6$ Hz, $\text{gle}-\text{H}-1''$), 3.70~3.40 (6H, m, H-2''~6'')。 ^{13}C -NMR (CD_3OD , 125 MHz) δ : 157.2 (C-2), 134.2 (C-3), 178.2 (C-4), 161.7 (C-5), 98.6 (C-6), 164.6 (C-7), 93.5 (C-8), 157.7 (C-9), 104.4 (C-10), 121.5 (C-1'), 131.0 (C-2',6'), 114.8 (C-3',5'), 160.2 (C-4'), 102.9 ($\text{gle}-\text{C}-1''$), 74.4 (C-2''), 76.7 (C-3''), 70.0 (C-4''), 77.1 (C-5''), 61.3 (C-6'')。以上分析结果与文献[20]报道基本一致,故化合物 **9** 鉴定为山柰酚-3-O- β -D-吡喃葡萄糖苷。

2.2.10 化合物 10

白色粉末(甲醇)。ESI-MS m/z 383 $[\text{M} + \text{Na}]^+$ 。 ^1H -NMR (CD_3OD , 500 MHz) δ : 6.97 (1H, dt, $J=1.4, 5.3$ Hz, H-2), 5.15 (1H, brd, $J=9.2$ Hz, H-6), 5.01 (1H, dd, $J=3.0, 9.2$ Hz, H-5), 4.74 (1H, overlapped, H-4), 4.73 (1H, overlapped, H-1a), 4.61 (1H, dd, $J=5.1, 15.8$ Hz, H-1b), 4.37 (1H, d, $J=7.8$ Hz, H-1'), 1.81 (3H, brs, H-10), 1.80 (3H, brs, H-8), 3.23~3.87 (6H, m, H-2'~6')。 ^{13}C -NMR (CD_3OD ,

125 MHz) δ : 67.0(C-1), 141.7(C-2), 132.1(C-3), 73.1(C-4), 84.5(C-5), 122.2(C-6), 142.4(C-7), 25.8(C-8), 171.6(C-9), 18.5(C-10), 104.1(C-1'), 75.0(C-2'), 78.1(C-3'), 71.5(C-4'), 78.1(C-5'), 62.7(C-6')。以上分析结果与文献[21]报道基本一致,故化合物 **10** 鉴定为假升麻苷 A。

2.2.11 化合物 11

白色粉末(甲醇)。ESI-MS m/z 383[M+Na]⁺。¹H-NMR(CD₃OD, 500 MHz) δ : 6.66(1H, dt, J =1.9, 5.7 Hz, H-2), 5.23(1H, brd, J =9.1 Hz, H-6), 5.00(1H, ddd, J =1.8, 6.0, 16.0 Hz, H-1a), 4.92(1H, dd, J =5.0, 9.1 Hz, H-5), 4.84(1H, overlapped, H-1b), 4.61(1H, dd, J =5.1, 15.8 Hz, H-1b), 4.35(1H, d, J =7.8 Hz, H-1'), 1.83(3H, brs, H-8), 1.81(3H, brs, H-10), 3.24~3.89(6H, m, H-2'~6')。¹³C-NMR(CD₃OD, 125 MHz) δ : 67.0(C-1), 144.1(C-2), 131.2(C-3), 75.5(C-4), 84.5(C-5), 122.1(C-6), 142.3(C-7), 25.9(C-8), 170.1(C-9), 18.6(C-10), 104.6(C-1'), 75.0(C-2'), 78.1(C-3'), 71.6(C-4'), 78.1(C-5'), 62.8(C-6')。以上分析结果与文献[21]报道基本一致,故化合物 **11** 鉴定为假升麻苷 B。

3 讨论

本研究中主要分离纯化了藏药柳茶的乙酸乙酯层和正丁醇层浸膏的化学成分,从乙酸乙酯层中分离得到了6个游离的苯丙素类化学成分,分别为二氢芥子醇(**1**)、二氢松柏醇(**2**)、咖啡酸甲酯(**3**)、5,7-二甲氧基香豆素(**4**)、4-甲氧基肉桂酸(**5**)、3,4-二羟基苯甲酸(**6**),以及2个黄酮苷元[柚皮素(**7**)、山柰酚(**8**)]和1个黄酮苷[山柰酚-3-O- β -D-吡喃葡萄糖(**9**)]。从正丁醇中分离得到了2个单萜苷类化合物,分别为假升麻苷 A(**10**)和假升麻苷 B(**11**)。以上11个化合物均为从柳茶中首次分离得到,其中除化合物 **1, 3, 6** 外,其余均为首次从鲜卑花属植物中分离得到。

从乙酸乙酯层中分离得到的化合物 **1~9**,在大多数植物中较常见,极性较适中,因此以常规分离方法,如硅胶柱色谱、凝胶柱色谱或制备薄层色谱即可达到较好的分离效果。从正丁醇层中分离得到的化合物 **10** 和化合物 **11**,为该植物中比较有代表性的2个单萜苷类成分,其中,化合物 **10**、化合物 **11** 的2位分别为 *E* 和 *Z* 构型,两者互为同分异构体,导致两者的理化性质差异很小;同时,两者的极性大,通过常规的分离方法无法有效分离,因此,需以制备型高效液相色谱分离。经预试验得出制备型高效液相色谱的流动相为18%甲醇时,化合物 **10** 和化合物 **11** 的分离度最好。本研究得到的11个化合物进一步丰富了藏药柳茶的化学物质种类,

为该药材的质量评价及相关药理活性的研究奠定了物质基础。

参考文献

- [1] 王佳冰,柴成奎,陈平,等.藏药柳茶提取物对单纯性肥胖大鼠脂质代谢的影响[J].中药新药与临床药理,2010,21(2):148-149.
- [2] 卫阳飞,杨永建,李建银,等.藏药柳茶提取物对四氧嘧啶糖尿病小鼠降糖作用的研究[J].时珍国医国药,2011,22(10):2460-2461.
- [3] 汪晓立,杨兵勋.柳茶对CCl₄肝损伤的保护作用及机理初探[J].中国中药杂志,1995,20(12):746-748.
- [4] 武燕,何华,刘健.藏药柳茶挥发油的抗氧化及抑菌活性[J].中国医院药学杂志,2012,32(22):1819-1820.
- [5] 张承忠,封士兰,李冲,等.藏药柳茶中的三萜化学成分[J].中国中药杂志,1992,17(6):360-361.
- [6] 刘建祥,吴淑君,魏孝义,等.窄叶鲜卑花的化学成分研究[J].热带亚热带植物学报,1999,7(3):248-251.
- [7] WANG ZW, LI B, YU SS, et al. Eight new monoterpene acylglucosides from *Sibiraea angustata*[J]. Phytochemistry Letters, 2013, 6(3):461-466.
- [8] LI B, LEE JB, HAYASHI K, et al. Two new monoterpenes from *Sibiraea angustata*[J]. J Nat Med, 2010, 64(1):89-92.
- [9] 游元元,柏川,王天志.藏药柳茶的化学成分研究[J].华西药理学杂志,2004,19(2):113-114.
- [10] 陶婷婷,瀨井康雄,王天志,等.窄叶鲜卑花的化学成分[J].中国天然药物,2006,4(4):257-259.
- [11] 闫志慧,陈立书,朱全飞,等.藏药柳茶叶乙醇水提取物中化学成分的鉴定[J].应用化学,2014,31(2):237-241.
- [12] 毛晨梅,李杉杉,许琼明,等.枸骨茎的化学成分研究[J].中草药,2016,47(6):891-896.
- [13] 陈亚萍,何承刚,孙忠文,等.云南山牡荊化学成分研究[J].云南农业大学学报(自然科学),2018,33(4):768-771.
- [14] 柳庆龙,陈阿虹,唐进英,等.胆木枝叶的化学成分研究[J].中草药,2017,48(1):52-57.
- [15] 王治阳,叶同生,唐素勤,等.石草鞋化学成分的研究(II)[J].中成药,2019,41(11):2668-2671.
- [16] 巩升帅,刘艳丽,李艳,等.平卧菊三七的化学成分研究(I)[J].中草药,2016,47(11):1856-1860.
- [17] 秦汝兰,吕重宁,杨钊,等.兴安升麻根茎的化学成分研究[J].中草药,2018,49(8):1761-1766.
- [18] 牛峥,陈玲玲,贺文达,等.河朔蒺藜花化学成分的研究[J].中成药,2019,41(7):1586-1591.
- [19] 潘国吉,孙庆文,徐文芬,等.小花清风藤中黄酮类成分的研究[J].中成药,2020,42(3):662-665.
- [20] 韦迪,李倩,袁名睿,等.蜈蚣草化学成分的研究[J].中成药,2020,42(5):1219-1222.
- [21] 马雪娇,栗章彭,苏艳芳.假升麻中2个新的单萜苷类化合物[J].中草药,2018,49(2):274-277.

(收稿日期:2021-05-14)