

胡芦巴化学成分研究

李秀茹, 但小梅, 戴宇, 吴成丽, 李鸿翔, 邓赞*

(成都中医药大学药学院中药材标准化教育部重点实验室/中药资源系统研究与
开发利用省部共建国家重点实验室培育基地, 成都 611137)

[摘要] 目的: 研究胡芦巴的化学成分。方法: 利用硅胶柱、RP-8 柱、MCI 柱、Sephadex LH-20 等柱色谱进行分离、纯化, 通过理化性质和波谱特征鉴定结构。结果: 从胡芦巴乙醇提取物中分离并鉴定了 11 个化合物, 分别为十六烷酸(1)、宝藜苷-I(2)、甲基- α -D-吡喃葡萄糖苷(3)、2''-O-P-香豆酰牡荆素(4)、异牡荆素(5)、牡荆素(6)、8-C- β -D-吡喃葡萄糖基山奈酚(7)、异荭草素(8)、荭草素(9)、2''-O-P-香豆酰荭草苷(10)、L-色氨酸(11)。结论: 化合物 1~3, 7, 11 为首次从该植物中分离得到。

[关键词] 胡芦巴提取物; 化学成分; 黄酮苷类

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2013)24-0148-04

[doi] 10.11653/syfy2013240148

Chemical Constituents of *Trigonella foenum-graecum*

LI Xiu-ru, DAN Xiao-mei, DAI Yu, WU Cheng-li, LI Hong-xiang, DENG Yun*

(Pharmaceutical College, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Ministry of Education Key Laboratory of Standardization of Chinese Herbal Medicine, State Key Laboratory Breeding Base of Systematic research, Development and Utilization of Chinese Medicine Resources, Chengdu 611137, China)

[Abstract] **Objective:** To study the chemical constituents of *Trigonella foenum-graecum*. **Method:** The compounds were isolated by column chromatography with silica gel, RP-8, MCI, SephadexLH-20 and so on. The structures were identified by the basis of physicochemical properties and spectroscopic analysis. **Result:** 11 compounds were isolated and identified as palmitic acid (1), baohuoside I (2), methyl- α -D-glucoside (3), vitexin-2''-O-P-coumarate (4), Isovitexin (5), vitexin (6), 8-C- β -D-glucopyranosylkaempferol (7), isoorientin (8), orientin (9), orientin-2''-O-P-coumarate (10), L-Tryptophan (11). **Conclusion:** The compounds of 1-3, 7, 11 are isolated from *T. foenum-graecum* for the first time.

[Key words] extract of *Trigonella foenum-graecum*; chemical constituents; flavonoid glycoside

胡芦巴为豆科胡芦豆属植物胡芦巴的干燥成熟种子, 味苦, 性温, 归肾经, 具有温肾助阳、祛寒止痛之功效^[1]。国内外学者已从胡芦巴种子中分离到多种化学成分, 其中主要为甾体皂苷类、黄酮类、生

物碱类等成分^[2]。现代药理研究发现胡芦巴具有广泛的降血糖、降血脂、抗癌等作用^[3]; 胡芦巴药材经乙醇提取后, 通过大孔树脂处理得到的胡芦巴提取物具有防治糖尿病及糖尿病慢性并发症、调节血糖血脂等作用^[4]。为研究胡芦巴提取物的化学成分和活性之间的关系, 更好地利用这一丰富的药用资源, 作者对胡芦巴提取物进行了化学成分研究。从胡芦巴提取物中分离得到 11 个化合物, 分别鉴定为十六烷酸(1)、宝藜苷-I(2)、甲基- α -D-吡喃葡萄糖苷(3)、2''-O-P-香豆酰牡荆素(4)、异牡荆素(5)、牡荆素(6)、8-C- β -D-吡喃葡萄糖基山奈酚(7)、异荭草素(8)、荭草素(9)、2''-O-P-香豆酰荭草苷(10)、L-色氨酸(11)。化合物 1~3, 7, 11 为首次从该植物

[收稿日期] 20130708(004)

[基金项目] 四川省杰出青年学术技术带头人资助计划项目 (2010JQ0036)

[第一作者] 李秀茹, 在读硕士, 从事化学成分的分离鉴定研究, Tel: 13551827301, E-mail: lixiurutangshan@sina.com

[通讯作者] * 邓赞, 博士, 教授, 从事天然药物化学的教学和科研研究, Tel: 13208177492, E-mail: dengyun2000@hotmail.com

中分离得到。

1 材料

X-4 型显微熔点测定仪(上海精密科学仪器有限公司),BrukerAvance400 和 600 型核磁共振仪(德国 Bruker 公司),Finnigan LCQDECA 型电喷雾质谱仪(美国 Thermo-Finnigan 公司),SephadexLH-20 凝胶(美国 Pharmacia 公司),Daisogel SP-120-40/60-C8 反相填料(北京惠德易科技有限责任公司);Lichroprep RP-18 gel 反相填充材料(美国 Merck 公司),YMC Gel ODS-A(50 μm ,日本 YMC 公司),MCI GEL CHP-20P(75 ~ 150 μm ,日本三菱化学公司),柱色谱硅胶(200 ~ 300 目),薄层色谱硅胶(青岛海洋化工集团有限公司),试剂均为分析纯(成都科龙化工试剂厂)。

胡芦巴药材于 2012 年 9 月 1 日购自成都荷花池药材市场,由四川大学刘海峰博士鉴定为豆科植物胡芦巴 *Trigonella foenum-graecum* 的干燥成熟种子,标本存放于成都中医药大学药学院中药化学实验室,标本编号为 HLB-20120901-HHC。

2 提取与分离

胡芦巴药材(3 kg)粉碎后,用 80% 乙醇渗漉,渗漉液减压浓缩至无醇味,加水分散,过 D101 大孔吸附树脂,流出液和水洗液弃去,再用 70% 乙醇洗脱,洗脱液浓缩干燥得胡芦巴提取物 105 g。取胡芦巴提取物 100 g 经硅胶柱色谱,以三氯甲烷-甲醇-水(10:1:0 ~ 6:4:1)梯度洗脱,TLC 检测合并为 6 个部分(Fr. A-Fr. F)。Fr. A 经硅胶柱色谱,以石油醚-丙酮(30:1)洗脱,再经 SephadexLH-20 柱色谱,以三氯甲烷-甲醇(1:1)洗脱,得化合物 1(10 mg)。Fr. B 经 MCI 柱色谱,以甲醇-水(10% ~ 100%)梯度洗脱,再经 SephadexLH-20 柱色谱,以三氯甲烷-甲醇(1:1)洗脱,得化合物 2(100 mg)。Fr. C 经 RP-8 柱色谱,以甲醇-水(10% ~ 100%)梯度洗脱,得 Fr. C-1 和 Fr. C-2;Fr. C-1 甲醇重结晶,得化合物 3(500 mg);Fr. C-2 经薄层硅胶柱色谱,以三氯甲烷-甲醇-水(9:1:0.1)等度洗脱,得 Fr. C-2-1 和 Fr. C-2-2;Fr. C-2-1 经 ODS- C_{18} 柱色谱[甲醇-水(10% ~ 100%)]、SephadexLH-20 柱色谱[三氯甲烷-甲醇(1:1)],得化合物 4(60 mg);Fr. C-2-2 经 ODS- C_{18} 柱色谱[甲醇-水(5% ~ 100%)]、SephadexLH-20 柱色谱[甲醇-水(9:1)],得化合物 5(60 mg)。Fr. D 经 RP-8 柱色谱,以甲醇-水(10% ~ 100%)梯度洗脱,再经 MCI 柱色谱,以甲醇-水(10% ~ 100%)梯度洗脱,得化合物 6(90 mg)。Fr. E 经 RP-8 柱色谱,以甲醇-水

(10% ~ 100%)梯度洗脱,得 Fr. E-1,Fr. E-2,Fr. E-3,Fr. E-4;Fr. E-1 经 MCI 柱色谱,以甲醇-水(10% ~ 45%)梯度洗脱,得化合物 7(100 mg);Fr. E-2 经 MCI 柱色谱,以甲醇-水(10% ~ 50%)梯度洗脱,得化合物 8(32 mg);Fr. E-3 经 MCI 柱色谱,以甲醇-水(20% -70%)梯度洗脱,得化合物 9(21 mg);Fr. E-4 经 MCI 柱色谱,以甲醇-水(10% ~ 85%)梯度洗脱,得化合物 10(13 mg)。Fr. F 经 RP-8 柱色谱,以甲醇-水(10% ~ 100%)梯度洗脱,再经 MCI 柱色谱[甲醇-水(5% ~ 50%)]、SephadexLH-20 柱色谱[甲醇-水(9:1)],得化合物 11(6 mg)。

3 结构鉴定

化合物 1 白色粉末(氯仿),mp 62 ~ 63 $^{\circ}\text{C}$ 。ESI-MS m/z : 255 [M - H] $^{-}$; $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 400 MHz) δ : 2.35(2H, t, $J = 7.6$ Hz, H-2), 1.63(2H, m, H-3), 1.26(24H, brs, H-4 ~ H-15), 0.88(3H, t, $J = 6.8$ Hz, H-16); $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3 , 100 MHz) δ : 178.83 (C-1), 34.01 (C-2), 31.92 (C-3), 29.06 ~ 29.69 (C-4 ~ C-13), 24.68 (C-14), 22.68 (C-15), 14.09 (C-16)。以上数据与文献[5]报道基本一致,鉴定为十六烷酸(Palmitic acid)。

化合物 2 黄色无定形粉末(甲醇),mp 210 ~ 212 $^{\circ}\text{C}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ ($\text{DMSO-}d_6$, 600 MHz) δ : 12.50 (1H, s, 5-OH), 7.83 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-2', 6'), 7.10 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-3', 5'), 6.29 (1H, s, H-6), 5.25 (1H, s, Rha-1-H), 5.14 (1H, t, $J = 5.4$ Hz, H-2''), 3.84 (3H, s, 4'-OCH $_3$), 1.66 (3H, s, H-5''), 1.61 (3H, s, H-4''), 0.77 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, Rha-6-H); $^{13}\text{C-NMR}$ ($\text{DMSO-}d_6$, 150 MHz) δ : 154.28 (C-2), 134.91 (C-3), 178.42 (C-4), 161.75 (C-5), 98.89 (C-6), 162.43 (C-7), 106.44 (C-8), 157.14 (C-9), 104.56 (C-10), 122.92 (C-1'), 130.86 (C-2', 6'), 114.53 (C-3', 5'), 159.34 (C-4'), 21.65 (C-1''), 122.81 (C-2''), 131.43 (C-3''), 25.88 (C-4''), 18.25 (C-5''), 55.96 (OCH $_3$), 102.45 (Rha-C $_1$), 70.55 (Rha-C $_2$), 70.82 (Rha-C $_3$), 71.63 (Rha-C $_4$), 71.10 (Rha-C $_5$), 17.92 (Rha-C $_6$)。以上数据与文献[6]报道基本一致,鉴定为宝藜苷-I (baohuoside I)。

化合物 3 无色透明块状晶体(甲醇),mp 166 ~ 168 $^{\circ}\text{C}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ ($\text{DMSO-}d_6$, 600 MHz) δ : 4.51 (1H, d, $J = 3.6$ Hz, H-1), 3.50 ~ 3.70 (6H, m, sugar-protons), 3.24 (3H, s, -OCH $_3$); $^{13}\text{C-NMR}$

(DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 100.53 (C-1), 69.33 (C-2), 71.57 (C-3), 68.93 (C-4), 70.14 (C-5), 61.15 (C-6), 54.88 (C-7)。以上数据与文献[7]报道基本一致, 鉴定为甲基- α -D-吡喃葡萄糖苷 (methyl- α -D-glucoside)。

化合物 4 黄色粉末(甲醇), mp 221 ~ 223 °C。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 13.15 (1H, s, 5-OH), 10.39 (1H, s, 7-OH), 10.34 (1H, s, 4'-OH), 9.96 (1H, s, 4'''-OH), 8.11 (2H, d, J = 8.8 Hz, H-2', 6'), 7.45 (2H, d, J = 8.8 Hz, H-2'', 6''), 7.30 (1H, d, J = 16 Hz, H-7'''), 6.93 (2H, d, J = 8.8 Hz, H-3', 5'), 6.81 (1H, s, H-3), 6.75 (2H, d, J = 8.8 Hz, H-3'', 5''), 6.16 (1H, s, H-6), 6.11 (1H, d, J = 16 Hz, H-8'''), 5.44 (1H, t, J = 9.6 Hz, H-2''), 4.93 (1H, d, J = 10 Hz, H-1''); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 100 MHz) δ : 164.04 (C-2), 102.45 (C-3, 8), 182.01 (C-4), 160.65 (C-5), 97.72 (C-6), 162.06 (C-7), 156.46 (C-9), 103.91 (C-10), 121.63 (C-1'), 129.00 (C-2', 6'), 115.84 (C-3', 5'), 161.16 (C-4'), 124.99 (C-1'''), 130.16 (C-2''', 6'''), 115.69 (C-3''', 5'''), 159.07 (C-4'''), 144.28 (C-7'''), 113.94 (C-8'''), 165.46 (C-9'''), 71.06 (C-1''), 72.19 (C-2''), 75.83 (C-3''), 70.56 (C-4''), 82.01 (C-5''), 60.99 (C-6'')。以上数据与文献[8]报道基本一致, 鉴定为 2''-O-P-香豆酰牡荆素 (vitexin-2''-O-P-coumarate)。

化合物 5 黄色粉末(甲醇), mp 198 ~ 200 °C。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 13.53 (1H, s, 5-OH), 7.89 (2H, d, J = 8.8 Hz, H-2', 6'), 6.90 (2H, d, J = 8.8 Hz, H-3', 5'), 6.72 (1H, s, H-3), 6.45 (1H, s, H-8), 4.58 (1H, d, J = 9.6 Hz, H-1''); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 100 MHz) δ : 163.87 (C-2), 103.12 (C-3), 182.21 (C-4), 161.77 (C-5), 109.47 (C-6), 163.77 (C-7), 94.28 (C-8), 156.88 (C-9), 103.41 (C-10), 121.52 (C-1'), 128.86 (C-2', 6'), 116.49 (C-3', 5'), 161.13 (C-4'), 73.65 (C-1''), 71.08 (C-2''), 79.48 (C-3''), 70.68 (C-4''), 81.98 (C-5''), 61.93 (C-6'')。以上数据与文献[9]报道基本一致, 鉴定为异牡荆素 (isovitexin)。

化合物 6 黄色粉末(甲醇), mp 258 ~ 260 °C。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 13.12 (1H, s, 5-OH), 7.96 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-2', 6'), 6.86

(2H, d, J = 8.4 Hz, H-3', 5'), 6.63 (1H, s, H-3), 6.10 (1H, s, H-6), 4.76 (1H, d, J = 9.6 Hz, H-1''); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 163.70 (C-2), 102.50 (C-3), 181.84 (C-4), 160.88 (C-5), 99.82 (C-6), 163.66 (C-7), 102.81 (C-8), 156.70 (C-9), 105.35 (C-10), 121.99 (C-1'), 129.13 (C-2', 6'), 116.38 (C-3', 5'), 161.94 (C-4'), 79.36 (C-1''), 74.11 (C-2''), 71.46 (C-3''), 71.11 (C-4''), 82.15 (C-5''), 61.83 (C-6'')。以上数据与文献[10]报道基本一致, 鉴定为牡荆素 (vitexin)。

化合物 7 黄色粉末(甲醇), mp 243 ~ 245 °C。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 13.70 (1H, s, 5-OH), 7.85 (2H, d, J = 7.2 Hz, H-2', 6'), 6.83 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-3', 5'), 6.33 (1H, s, H-6), 4.53 (1H, d, J = 9.6 Hz, H-1''); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 100 MHz) δ : 161.28 (C-2), 135.35 (C-3), 179.39 (C-4), 160.08 (C-5), 97.89 (C-6), 161.28 (C-7), 109.46 (C-8), 155.94 (C-9), 101.09 (C-10), 121.83 (C-1'), 127.91 (C-2', 6'), 115.85 (C-3', 5'), 160.77 (C-4'), 75.55 (C-1''), 70.30 (C-2''), 79.32 (C-3''), 70.65 (C-4''), 79.52 (C-5''), 61.70 (C-6'')。以上数据与文献[11]报道基本一致, 鉴定为 8-C- β -D-吡喃葡萄糖基山奈酚 (8-C- β -D-glucopyranosyl kaempferol)。

化合物 8 黄色粉末(甲醇), mp 238 ~ 239 °C。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 13.55 (1H, s, 5-OH), 7.36 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-6'), 7.35 (1H, s, H-2'), 6.83 (1H, d, J = 7.8 Hz, H-5'), 6.58 (1H, s, H-3), 6.39 (1H, s, H-8), 4.58 (1H, d, J = 9.6 Hz, H-1''); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 163.93 (C-2), 102.83 (C-3), 181.99 (C-4), 161.13 (C-5), 109.45 (C-6), 163.96 (C-7), 94.25 (C-8), 156.83 (C-9), 103.17 (C-10), 121.24 (C-1'), 116.50 (C-2'), 146.54 (C-3'), 146.53 (C-4'), 113.34 (C-5'), 119.39 (C-6'), 73.73 (C-1''), 71.01 (C-2''), 79.52 (C-3''), 70.65 (C-4''), 81.93 (C-5''), 61.88 (C-6'')。以上数据与文献[12]报道基本一致, 鉴定为异荛苳素 (isoorientin)。

化合物 9 黄色粉末(甲醇), mp 241 ~ 242 °C。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 13.55 (1H, s, 5-OH), 7.49 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-6'), 7.35 (1H,

s, H-2'), 6.82 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-5'), 6.57 (1H, s, H-3), 6.27 (1H, s, H-6), 4.57 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-1''), 3.15 ~ 4.08 μm , glucosyl-H); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 165.25 (C-2), 102.84 (C-3), 182.00 (C-4), 161.13 (C-5), 98.95 (C-6), 163.96 (C-7), 103.73 (C-8), 156.83 (C-9), 103.17 (C-10), 121.24 (C-1'), 116.51 (C-2'), 146.53 (C-3',4'), 113.33 (C-5'), 119.39 (C-6'), 73.72 (C-1''), 71.01 (C-2''), 79.52 (C-3''), 70.65 (C-4''), 81.94 (C-5''), 61.88 (C-6''). 以上数据与文献[12]报道基本一致,鉴定为荭草素(orientin)。

化合物 10 黄色粉末(甲醇), mp 252 ~ 255 $^{\circ}\text{C}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 13.09 (1H, s, 5-OH), 7.52 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-6'), 7.46 (1H, s, H-2'), 7.37 (2H, d, $J = 7.8$ Hz, H-2''',6'''), 7.26 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-7'''), 6.78 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 6.71 (2H, d, $J = 7.8$ Hz, H-3''',5'''), 6.42 (1H, s, H-3), 6.05 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-8'''), 5.88 (1H, brs, H-6), 5.46 (1H, t, $J = 9.6$ Hz, H-2''), 5.02 (1H, d, $J = 10.2$ Hz, H-1''), 3.32 ~ 3.85 μm , glucosyl-H); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 165.99 (C-2,7), 101.73 (C-3), 181.30 (C-4), 157.32 (C-5), 98.97 (C-6), 103.16 (C-8), 153.01 (C-9), 103.25 (C-10), 125.07 (C-1'), 113.40 (C-2'), 141.90 (C-3'), 144.58 (C-4'), 116.14 (C-5'), 119.81 (C-6'), 125.07 (C-1'''), 130.53 (C-2''',6'''), 116.31 (C-3''',5'''), 144.58 (C-4'''), 71.86 (C-1''), 72.66 (C-2''), 76.72 (C-3''), 71.56 (C-4''), 82.52 (C-5''), 62.17 (C-6''). 以上数据与文献[13]报道基本一致,鉴定为 2''-O-P-香豆酰荭草苷(orientin-2''-O-P-coumarate)。

化合物 11 白色粉末(甲醇-水), mp 288 ~ 289 $^{\circ}\text{C}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 10.92 (1H, s, NH), 7.58 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-4), 7.35 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-7), 7.21 (1H, d, $J = 1.2$ Hz, H-2), 7.07 (1H, t, $J = 7.2$ Hz, H-6), 6.89 (1H, t, $J = 7.2$ Hz, H-5), 3.44 (1H, dd, $J = 3.6, 4.2$ Hz, H-2'), 3.31 (1H, dd, $J = 3.6, 3.6$ Hz, H-1'a), 2.96 (1H, dd, $J = 9.0, 9.0$ Hz, H-1b'); $^{13}\text{C-NMR}$

(DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 124.48 (C-2), 110.11 (C-3), 118.87 (C-4), 118.74 (C-5), 121.37 (C-6), 111.77 (C-7), 136.80 (C-8), 127.72 (C-9), 27.62 (C-1'), 55.25 (C-2'), 170.56 (C-3')。以上数据与文献[14]报道基本一致,鉴定为 L-色氨酸(L-tryptophan)。

[参考文献]

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 225.
- [2] 张仲, 刘亚静. 中药胡芦巴的化学成分研究进展[J]. 中国药业, 2011, 20(14): 77.
- [3] 荆宇, 赵余庆. 胡芦巴化学成分和药理作用研究进展[J]. 中草药, 2003, 34(12): 1146.
- [4] 新疆特丰药业股份有限公司. 胡芦巴提取物及其生产方法, 中国: 03144071.1[P]. 2004-03-10.
- [5] 王硕, 龚小妹, 周丹丹, 等. 西瓜藤的化学成分研究(I)[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(16): 131.
- [6] 孙朋悦, 赵吉福, 文晔, 等. 东北淫羊藿活性成分研究[J]. 沈阳药科大学学报, 1995, 12(4): 266.
- [7] M Sharaf. Chemical constituents from the seeds of *Trifolium alexandrinum* [J]. Nat Prod Res, 2008, 22(18): 1620.
- [8] 王国荣. 胡芦巴化学成分研究[D]. 济南: 山东省医学科学院, 2006.
- [9] Sang Min Kim, Kyungsu Kang, Eun Hye Jho, et al. Hepatoprotective effect of flavonoid glycosides from *lespedeza cuneata* against oxidative stress induced by tert-butyl hydroperoxide [J]. Phytother. Res, 2011, 25: 1011.
- [10] 黄钟碧, 张前军, 康文艺, 等. 假地豆的化学成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(17): 93.
- [11] B Irene Kamara, E Vincent Brandt, Daneel Ferreira, et al. Polyphenol from Honeybush Tea (*Cyclopia intermedia*) [J]. J Agric Food Chem, 2003, 51: 3874.
- [12] 雷宁, 杜树山, 欧阳捷, 等. 藏药甘肃虽缀的化学成分研究 III [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2010, 46(4): 510.
- [13] Guo R W. New flavonoids with 2BS cell proliferation promoting effect from the seeds of *Trigonella foenum-graecum* L. [J]. J Nat Med, 2010, 64(3): 358.
- [14] 李国强, 邓志伟, 李军, 等. 海星罗尔斯顿的化学成分研究[J]. 中国药业, 2004, 13(2): 81.

[责任编辑 邹晓翠]