

- 云南科技出版社, 2004, 884.
- [9] 杨秀伟, 严钟铠, 刘大有. 四种长白山产当归药用植物的香豆精成分研究 [J]. 中药材, 1994, 17(4): 30-32.
- [10] Saner A, Allgeie H, Deoxy S. Struktur der marsectobiose [J]. *Helv Chim Acta*, 1969, 52(6): 1655-1661.
- [11] Allgeie H, Deoxy S. Structure of drebyssobiose, Lilacinobiose, and viminose [J]. *Helvetica Chimica Acta*, 1968, 51(4): 668-682.
- [12] 周燕生, 倪慕云. 鲜地黄叶化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 1994, 19(3): 162-163.

黄连木食用部位化学成分研究

柳建军^{1,2}, 刘锡葵^{1*}

(1. 中国科学院昆明植物研究所植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室, 云南 昆明 650204;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:目的 研究黄连木食用部位的化学成分。方法 采用乙醇提取, 硅胶以及 RP-18 和 Sephadex LH-20 柱色谱分离纯化, 通过理化性质和光谱分析鉴定结构。结果 从黄连木食用部位醋酸乙酯提取物中分离得到 16 个化合物, 经理化性质和光谱分析鉴定为 β -谷甾醇()、对羟基苯乙酸()、没食子酸乙酯()、赤杨二醇()、穗花杉双黄酮()、对羟基苯甲酸()、原儿茶素()、没食子酸()、槲皮素-3-O- β -D-木糖苷()、芦丁()、胡萝卜苷()、槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷()、槲皮素()、山奈酚-3,7-O- α -L-二鼠李糖苷()、柚皮素()和 4-羟基肉桂酸()。结论 除化合物 、 、 和 外, 其他均为首次从该植物中分离得到。

关键词: 黄连木; 黄酮类化合物; 酚性成分

中图分类号: R284.1

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2009)02-0186-04

Chemical constituents from edible part of *Pistacia chinensis*

LIU Jian-jun^{1,2}, LIU Xi-kui¹

(1. State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in West China; Kunming Institute of Botany,

Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China; 2. Graduate School,

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract : Objective To study the chemical constituents in the edible part of *Pistacia chinensis*.

Methods The alcohol extract was isolated by silica gel, RP-18 and Sephadex LH-20, and the compound structures were identified by physicochemical methods and spectroscopic analyses. **Results** Sixteen compounds were isolated from EtOAc extract of the edible part of *P. chinensis*. Their structures were identified as β -sitosterol (), 4-hydroxyphenylacetic acid (), ethyl gallate (), alnusidiol (), amentoflavone (), *p*-hydroxybenzoic acid (), protocatechuic acid (), gallic acid (), quercetin-3-O- β -D-xylopyranoside (), rutin (), daucostenol (), quercetin-3-O- β -D-glucopyranoside (), quercetin (), kaempferol-3,7-O- α -L-dirhamnoside (), naringenin (), and 4-hydroxycinnamic acid ().

Conclusion Compounds, except , , , and , are isolated from this plant for the first time.

Key words : *Pistacia chinensis* Bunge; flavonoids; phenolic components

黄连木 *Pistacia chinensis* Bunge 属漆树科 (Anacardiaceae) 植物, 中国黄连木, 又称黄楝、楷木、鸡冠木、烂心木、崖楝等, 广泛分布于我国华北、华南及华中地区, 其种子是重要的油料植物资源, 树

皮及叶民间入药, 味苦性寒, 可清热解毒、消暑止渴, 用于治疗痧症、痢疾、咽喉肿痛、口舌糜烂、风湿疮、漆疮等症。嫩芽叶清香, 民间用来制成茶叶, 俗称“黄连茶”; 嫩芽叶和花序部分用作野生食用蔬菜, 炒

* 收稿日期: 2008-04-10

基金项目: 云南省自然科学基金资助项目 (2005B0049M)

作者简介: 柳建军 (1982—), 男, 湖南沅江人, 硕士研究生, 研究方向为野生蔬菜化学。 E-mail: liujianjun@mail.kib.ac.cn

* 通讯作者 刘锡葵 Tel: (0871) 5215967 E-mail: liuxikui@mail.kib.ac.cn

食、煮汤或制作腌菜食用^[1,2]。有关黄连木化学成分研究报道较多^[3~7],但关于其食用部位的化学成分未见报道。为探索其食用部位的保健作用,对其化学成分进行了研究,从其醋酸乙酯提取物部分中分离得到了 16 个化合物,分别鉴定为 β -谷甾醇()、对羟基苯乙酸()、没食子酸乙酯()、赤杨二醇()、穗花杉双黄酮()、对羟基苯甲酸()、原儿茶素()、没食子酸()、槲皮素-3-O- β -D-木糖苷()、芦丁()、胡萝卜苷()、槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷()、槲皮素()、山柰酚-3,7-O- α -L-二鼠李糖苷()、柚皮素()和 4-羟基肉桂酸()。除化合物 、 、 和 外均为首次从该植物中分离得到。

1 仪器与材料

Bruker DRX-500 和 AM-400 型核磁共振仪, TMS 为内标。VG AutoSpec-3000 质谱仪。Sephadex LH-20 为 Pharmacia 公司产品, RP-18 为日本 Nacalai Tesque 公司产品。薄层色谱硅胶板和柱色谱硅胶均为青岛海洋化工厂产品。

黄连木鲜嫩芽叶及花序于 2005 年 4 月采自云南省元江县,标本保存于中国科学院昆明植物研究所植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室。

2 提取和分离

黄连木鲜嫩芽叶及花序(食用部位) 10 kg 切碎后用 80%乙醇提取 5 次,减压回收至无醇味得浸膏 743 g。浸膏用水混悬后依次用石油醚、醋酸乙酯和正丁醇各萃取 6 次,得醋酸乙酯提取物 374 g,经硅胶柱色谱,氯仿-甲醇梯度洗脱,洗脱液经 TLC 薄层检测后合并,得 A~F 共 6 个部分,分别经硅胶柱、RP-18 柱及凝胶 LH-20 柱等反复色谱、重结晶等, B 部分得到化合物 , D 部分中分离得到化合物 ~ , E 部分中分离得到化合物 ~ 。

3 结构鉴定

化合物 (300 mg): 无色针晶(甲醇), mp 183~185。经 TLC 与标准品 β -谷甾醇对照,其 R_f 值完全一致,混合熔点不下降,故确认该化合物为 β -谷甾醇。

化合物 (5 mg): 无色针晶(甲醇), C₈H₈O₃, mp 148~150。E⁺MS m/z: 152[M]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.12 (2H, br d, J = 8.4 Hz, H-2, 6), 6.82 (2H, br d, J = 8.4 Hz, H-3, 5), 3.56 (2H, s, H-7)。¹³C-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 174.8 (s, C-8), 155.5 (s, C-4), 130.1 (d, C-2, 6),

125.1 (s, C-1), 115.1 (d, C-3, 5), 40.1 (t, C-7)。与文献报道对羟基苯乙酸的数据一致^[8]。

化合物 (5.5 g): 白色针晶(氯仿-甲醇), mp 157~158。FeCl₃ 显蓝黑色,易溶于丙酮和甲醇,微溶于氯仿和水。分子式 C₉H₁₀O₅, E⁺MS m/z: 198[M]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.10 (2H, s, H-2, 6), 4.28 (2H, q, J = 7.0 Hz, O-CH₂CH₃), 1.36 (3H, t, J = 7.0 Hz, O-CH₂CH₃)。¹³C-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 167.3 (s, C=O), 144.4 (s, C-3, 5), 137 (s, C-4), 120.5 (s, C-1), 108.9 (d, C-2, 6), 60.5 (t, O-CH₂-), 13.8 (q, CH₃)。与文献报道的没食子酸乙酯数据一致^[9]。

化合物 (16 mg): 无色针晶(醋酸乙酯), mp > 300。E⁺MS m/z: 314[M]⁺, 255, 211, 181, 165。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 1.74~1.80 (2H, m), 1.92 (2H, dd, J = 7.6, 4.3 Hz), 2.38 (2H, ddd, J = 16.2, 11.6, 5.0 Hz), 2.85~2.95 (4H, m), 3.97~4.02 (2H, m), 6.80 (2H, d, J = 8.6 Hz), 7.04~7.06 (4H, m)。¹³C-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 127.3 (s, C-1, 2), 152.4 (s, C-3, 17), 117.0 (d, C-4, 16), 130.5 (d, C-5, 15), 131.9 (s, C-6, 14), 27.5 (t, C-7, 13), 35.8 (t, C-8, 12), 67.3 (d, C-9, 11), 51.9 (t, C-10), 134.9 (d, C-18, 19)。与文献报道的赤杨二醇(alnusdiol)一致^[10]。

化合物 (30 mg): 黄色无定形粉末(甲醇), mp 298~300。分子式为 C₃₀H₁₈O₁₀, FAB⁺-MS m/z: 539[M + H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.24 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-6'), 6.44 (1H, s, H-6), 6.48 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-8'), 6.69 (1H, s, H-3), 6.71 (1H, s, H-3'), 6.79 (2H, d, J = 11.6 Hz, H-3', 5'), 7.19 (1H, d, J = 8.6 Hz, H-5''), 7.59 (1H, dd, J = 2.3, 8.7 Hz, H-6''), 7.98 (1H, d, J = 2.3 Hz, H-2'')。¹³C-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 165.8 (s, C-2), 103.5 (d, C-3), 184.0 (s, C-4), 162.4 (s, C-5), 99.9 (d, C-6), 163.1 (s, C-7), 105.4 (s, C-8), 156.4 (s, C-9), 105.3 (s, C-10), 123.2 (s, C-1), 129.4 (d, C-2', 6'), 116.9 (d, C-3', 5'), 162.5 (s, C-4'), 165.9 (s, C-2''), 104.2 (d, C-3''), 183.6 (s, C-4''), 163.2 (s, C-5''), 100.1 (d, C-6''), 165.8 (s, C-7''), 95.2 (d, C-8''), 159.3 (s, C-9''), 105.3 (s, C-10''), 123.1 (s, C-1'''), 132.8 (d, C-2'''), 121.5 (s, C-3'''), 160.8 (s, C-4'''), 117.4 (d, C-5'''), 129.0 (d, C-6''')。与文献报道的穗花杉双黄酮(amentoflavone)数据一致^[11]。

化合物 (10 mg): 白色结晶(氯仿-甲醇), 分子

式为 $C_7H_6O_3$, EIMS m/z : 138 (70) $[M]^+$, 121 (100), 93 (22), 65 (13), 55 (4)。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 7.87 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2, 6), 6.80 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3, 5)。 ^{13}C -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 170.6 (s, COOH), 123.2 (s, C-1), 133.5 (d, C-2, 6), 116.5 (d, C-3, 5), 163.8 (s, C-4)。与文献报道的对羟基苯甲酸数据一致^[12]。

化合物 (15 mg): 无色针晶(氯仿-甲醇), mp 195~196, 分子式为 $C_7H_6O_4$ 。EIMS m/z : 154 (100) $[M]^+$, 137 (94.5) $[H-OH]^+$, 109 (25), 81 (13), 63 (12)。 1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 6.82 (1H, d, $J = 7.9$ Hz, H-5), 7.44 (2H, m, H-2, 6)。 ^{13}C -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 169.4 (s, C=O), 122.4 (s, C-1), 117.5 (d, C-2), 145.3 (s, C-3), 150.8 (s, C-4), 115.7 (d, C-5), 123.9 (d, C-6)。以上数据与文献报道的原儿茶素数据一致^[13]。

化合物 (3.8 g): 白色针晶, mp 236~238。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 7.05 (2H, s, H-2, 6); ^{13}C -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 170.4 (COOH), 146.4 (s, C-3, 5), 139.5 (s, C-4), 122.1 (s, C-1), 110.3 (d, C-2, 6)。上述波谱数据与文献报道的没食子酸数据一致^[14], TLC 检验 Rf 值与没食子酸标准品一致, 混合熔点不变。

化合物 (42 mg): 黄色针晶, FAB-MS m/z : 433 $[M-H]^+$; 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 7.60 (1H, s, H-2), 7.57 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-6), 6.86 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5), 6.38 (1H, d, $J = 3.7$ Hz, H-8), 6.18 (1H, d, $J = 3.7$ Hz, H-6), 5.17 (1H, d, $J = 7.3$ Hz, H-1), 3.78~3.08 (5H, H-2''~5'')。 ^{13}C -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 179.4 (s, C-4), 165.9 (s, C-7), 163.0 (s, C-9), 158.9 (s, C-5), 158.4 (s, C-2), 149.9 (s, C-4), 146.0 (s, C-3), 135.4 (s, C-3), 123.3 (d, C-6), 122.9 (s, C-1), 117.2 (d, C-5), 116.0 (d, C-2), 105.6 (s, C-10), 104.6 (d, C-1), 99.8 (d, C-6), 94.7 (d, C-8), 77.5 (d, C-3), 75.3 (d, C-2), 70.9 (d, C-4), 67.2 (t, C-5)。以上数据与文献报道的槲皮素-3-O- β -D-木糖苷数据基本一致^[15]。

化合物 (200 mg): 黄色颗粒状结晶(甲醇)。FeCl₃ 反应阳性。mp 194~196。FAB-MS: 609 $[M-H]^+$ 。 1H -NMR (500 MHz, D_2O) δ : 1.11 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, -CH₃), 3.27~3.81 (16H, m, sugar protons), 4.51 (1H, s, H-1), 5.10 (1H, d, $J = 7.0$ Hz, H-1), 6.18 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-6),

6.36 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 6.86 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5), 7.62 (2H, m, H-6', 2)。 ^{13}C -NMR (500 MHz, D_2O) δ : 179.4 (s, C-4), 165.9 (s, C-7), 162.9 (s, C-5), 159.3 (s, C-9), 158.5 (s, C-2), 149.8 (s, C-4), 145.8 (s, C-3), 135.6 (s, C-3), 123.6 (d, C-6), 123.2 (s, C-1), 117.7 (d, C-5), 116.1 (d, C-2), 105.6 (s, C-10), 104.7 (d, C-1), 102.4 (d, C-1''), 99.9 (d, C-6), 94.9 (d, C-8), 78.2 (d, C-3), 77.2 (d, C-5), 75.7 (d, C-2), 73.9 (d, C-4'), 72.3 (d, C-3'), 72.1 (d, C-2'), 71.4 (d, C-4), 69.7 (d, C-5'), 68.6 (t, C-6), 17.9 (q, C-6'')。其 1H -NMR、 ^{13}C -NMR 数据与文献报道的芦丁一致^[16]。

化合物 (1.3 g): 白色无定形粉末(甲醇), 经 TLC 与标准品胡萝卜苷对照, 其 Rf 值完全一致, 混合熔点不下降。故确认该化合物为胡萝卜苷。

化合物 (123 mg): 黄色粉末, FAB-MS m/z : 463 $[M-H]^+$, 分子式为 $C_{21}H_{20}O_{12}$, mp 244~246。 1H -NMR (500 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 12.60 (1H, s, OH-5), 7.55 (2H, m, H-2', 6), 6.84 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5), 6.40 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 6.18 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 5.44 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-1), ^{13}C -NMR (500 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 145.0 (s, C-2), 133.5 (s, C-3), 177.6 (s, C-4), 161.4 (s, C-5), 98.8 (d, C-6), 164.3 (s, C-7), 93.7 (d, C-8), 156.5 (s, C-9), 104.2 (s, C-10), 121.4 (s, C-1), 115.4 (d, C-2), 145.0 (s, C-3), 148.7 (s, C-4), 116.4 (d, C-5), 121.8 (d, C-6), 101.0 (d, C-1), 74.3 (d, C-2), 76.7 (d, C-3), 70.1 (d, C-4), 77.7 (d, C-5), 61.1 (t, C-6)。以上数据与文献报道的槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷一致^[17]。

化合物 (93 mg): 淡黄色粉末(甲醇), mp 310~312。 1H -NMR (500 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 7.65 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-2), 7.52 (1H, dd, $J = 2.5, 8.5$ Hz, H-6), 6.87 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5), 6.39 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-8), 6.17 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-6), ^{13}C -NMR (500 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 176.0 (s, C-4), 164.1 (s, C-7), 160.9 (s, C-9), 156.3 (s, C-5), 147.9 (s, C-4), 147.0 (s, C-2), 145.3 (s, C-3), 135.9 (s, C-3), 122.2 (s, C-1), 120.2 (d, C-6), 115.8 (d, C-5), 115.2 (d, C-2), 103.2 (s, C-10), 98.4 (d, C-8), 93.6 (d, C-6)。以上数据与文献报道的槲皮素一致^[18]。

化合物 (12 mg): 黄白色结晶, mp 188~189。FAB-MS m/z : 577 ($M^+ - 1$, 100%), 431

($M^+ -146 -1$, 74%)。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 7.78 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-2', 6'), 6.92 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-3', 5'), 6.70 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-8), 6.44 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-6), 5.54 (1H, s, H-1'''), 5.38 (1H, s, H-1''), 4.22 ~ 3.28 (8H, m, H-2'' ~ 5'', 2''' ~ 5'''), 1.25 (3H, d, $J = 6.1$ Hz, H-6''), 0.92 (3H, d, $J = 5.5$ Hz, H-6'''). ^{13}C -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 158.0 (s, C-2), 136.5 (s, C-3), 179.7 (s, C-4), 162.9 (s, C-5), 99.8 (d, C-6), 163.5 (s, C-7), 95.6 (d, C-8), 161.8 (s, C-9), 107.5 (s, C-10), 122.4 (s, C-1'), 132.0 (d, C-2', 6'), 116.6 (d, C-3', 5'), 159.8 (s, C-4'), 103.5 (d, C-1''), 100.5 (d, C-1'''), 73.6 ~ 71.3 (d, C-2'' ~ 5'', 2''' ~ 5'''), 18.0 (q, C-6''), 17.7 (q, C-6'''). 以上光谱数据均与文献报道山柰酚-3,7- O - α -L-二鼠李糖苷的数据基本一致^[19]。

化合物 (14 mg): 黄色无定形粉末。

1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 5.30 (1H, dd, $J = 12.5, 3.0$ Hz, H-2), 3.10 (1H, dd, $J = 17.1, 12.5$ Hz, H-3a), 2.66 (1H, dd, $J = 17.1, 3.2$ Hz, H-3b), 5.87 (2H, s, H-6, 8), 7.29 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2', 6'), 6.81 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3', 5')。 ^{13}C -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 80.4 (d, C-2), 44.0 (t, C-3), 197.8 (s, C-4), 165.5 (s, C-5), 97.0 (d, C-6), 168.3 (s, C-7), 96.1 (d, C-8), 164.9 (s, C-9), 103.3 (s, C-10), 131.0 (s, C-1'), 129.0 (d, C-2', 6'), 116.3 (d, C-3', 5'), 159.0 (s, C-4')。以上数据与文献报道的柚皮素(Naringenin)一致^[20]。

化合物 (15 mg): 白色针晶, mp 213 ~ 215。

1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 6.27 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8), 6.78 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-2, 6), 7.42 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-3, 5), 7.58 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-7)。 ^{13}C -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 115.8 (d, C-8), 116.8 (d, C-2, 6), 127.2 (s, C-4), 131.0 (d, C-3, 5), 146.5 (d, C-7), 161.1 (s, C-1), 171.2 (s, C-9)。其 1H -NMR、 ^{13}C -NMR数据与文献报道的4-羟基肉桂酸一致^[21]。

参考文献:

[1] 牛正田, 李涛, 张玉洁, 等. 黄连木资源概况、栽培技术及

综合利用前景[J]. 经济林研究, 2005, 23(3): 68-71.

- [2] 侯新村, 牟洪香, 杨士春, 等. 木本能源植物黄连木研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(12): 3524-3525.
- [3] Zhu B, Wang Q B, Roge E F, et al. Chemical variation in oils of *Pistacia chinensis* from five locations in China [J]. *Chem Nat Comp*, 2006, 42(4): 422-425.
- [4] 袁冬梅, 杨玲娟, 闫世才. 黄连木叶挥发油化学成分研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(12): 2539-2542.
- [5] 史清文, 左旭春. 黄连木叶化学成分[J]. 中国中药杂志, 1992, 17(7): 422-423.
- [6] Hiroi T, Takahashi T, Imamura H. Constituents of *Pistacia chinensis* wood [J]. *Nipp Moku Gakk*, 1966, 12(6): 324-326.
- [7] Kawashty S A, Mosharrafa S A M, Saleh N A M, et al. The flavonoids of four *Pistacia* species in Egypt [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2000, 28(6): 915-917.
- [8] 李国友, 李伯刚, 刘光晔, 等. 根霉 3078 的代谢产物研究[J]. 天然产物研究与开发, 2004, 19(4): 277-280.
- [9] 邱林刚, 陈金瑞, 蒋思平, 等. 喜马拉雅天化学成分[J]. 云南植物研究, 1989, 11(2): 219-222.
- [10] Fuchino H, Satoh T, Tanaka N. Chemical evaluation of *Betula* species in Japan. Constituents of *Betula maximowicziana* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1996, 44(9): 1748-1753.
- [11] 张玉梅, 谭宁华, 黄火强, 等. 墨西哥落羽松中三个活性双黄酮[J]. 云南植物研究, 2005, 27(1): 107-110.
- [12] 谭俊杰, 蒋山好, 朱大元. 天山梭子芹化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(3): 267-271.
- [13] Scott K N. Carbon-13 nuclear magnetic resonance of biologically important aromatic acids. Chemical shifts of benzoic acid and derivatives [J]. *J Am Chem Soc*, 1972, 94(24): 8564-8568.
- [14] 黄文强, 施敏峰, 宋晓平, 等. 使君子化学成分研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(4): 79-82.
- [15] Kim M Y, Kim Y C, Chung S K. Identification and *in vitro* biological activities of flavonols in Garlic leaf and shoot: Inhibition of soybean lipoxygenase and hyaluronidase activities and scavenging of free radicals [J]. *J Sci Food Agric*, 2005, 85(4): 633-640.
- [16] 丁丽, 王敏, 赵俊, 等. 荔枝核化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18(Suppl): 45-47.
- [17] 杨丽娟, 羊晓东, 李良. 藏药云南兔耳草化学成分研究[J]. 中药材, 2005, 28(9): 767-768.
- [18] 陈龙, 杜力军, 丁怡, 等. 罗布麻化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(17): 1340-1342.
- [19] 魏峰, 阎文枚. 山野豌豆黄酮类化学成分的研究[J]. 药学学报, 1997, 32(10): 765-768.
- [20] Shen C C, Chang Y S, Ho L K. Nuclear magnetic resonance studies of 5, 7-dihydroxyflavonoids [J]. *Phytochemistry*, 1993, 34(3): 843-845.
- [21] Kumar N S S, Varghese S, Das S, et al. Hierarchical self-assembly of donor-acceptor-substituted butadiene amphiphiles into photoresponsive vesicles and gels [J]. *Angew Chem Int Ed*, 2006, 45(6): 6317-6321.