

黄皮果皮中的抗菌活性成分研究

邓会栋^{1,2}, 梅文莉^{2,3}, 左文健^{2,3}, 王辉^{2,3}, 李绍鹏^{1*}, 戴好富^{2,3*}

(1. 海南大学园艺园林学院, 热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室, 海口 570228; 2. 中国热带农业科学院热带生物技术研究所, 农业部热带作物生物学与遗传资源利用重点实验室, 海口 571101; 3. 海南省黎药资源天然产物研究与利用重点实验室, 海口 571101)

摘要: 为了解黄皮 [*Clausena lansium* (Lour.) Skeels] 果皮中的抗菌活性成分, 采用硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱等方法, 从黄皮果皮的乙醇提取物中分离得到 10 个化合物, 经波谱学分析鉴定为: lansine (1)、3-甲酰基咪唑 (2)、3-甲酰基-6-甲氧基咪唑 (3)、6-甲氧基咪唑-3-羧酸甲酯 (4)、(6*R*,7*E*,9*S*)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮 (5)、7-羟基香豆素 (6)、8-羟基呋喃香豆素 (7)、辛黄皮酰胺 (8)、对羟基肉桂酸甲酯 (9) 和胡萝卜苷 (10)。其中化合物 5 和 9 为首次从黄皮属植物中分离得到, 化合物 8 的碳谱数据是首次报道。用滤纸片琼脂扩散法测定化合物的抗菌活性, 结果表明, 化合物 1、2、3、6、7 和 9 对金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 有抑制作用。这有利于更好地开发利用黄皮这一药食两用的水果资源。

关键词: 芸香科; 黄皮; 化学成分; 抗菌活性

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2014.02.014

Antibacterial Components from Peels of *Clausena lansium* (Lour.) Skeels

DENG Hui-dong^{1,2}, MEI Wen-li^{2,3}, ZUO Wen-jian^{2,3}, WANG Hui^{2,3}, LI Shao-peng^{1*}, DAI Hao-fu^{2,3*}

(1. Key Laboratory of Protection and Development Utilization of Tropical Crop Germplasm Resources, Ministry of Education, Horticultural and Garden College, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Tropical Crops, Ministry of Agriculture, Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China; 3. Hainan Key Laboratory for Research and Development of Natural Products from Li Folk Medicine, Haikou 571101, China)

Abstract: In order to understand the chemical constituents of *Clausena lansium* (Lour.) Skeels, ten compounds were isolated from 95% EtOH extract of peels of *C. lansium* by silica gel and sephadex LH-20 column chromatography. On the basis of spectral data, their structures were identified as lansine (1), 3-formyl carbazole (2), 3-formyl-6-methoxy carbazole (3), 6-methoxycarbazole-3-carboxylate (4), (6*R*,7*E*,9*S*)-9-hydroxy-4,7-megastigmadien-3-one (5), umbelliferone (6), 8-hydroxyfurocoumarin (7), zeta-clausenamamide (8), methyl *p*-hydroxycinnamate (9), and daucosterol (10). Compounds 5 and 9 were isolated from the genus *Clausena* for the first time, and the ¹³C NMR spectral data of compound 8 was also reported for the first time. Compounds 1, 2, 3, 6, 7 and 9 showed antibacterial activity on *Staphylococcus aureus* in a bioactive assay by using paper disk diffusion method. These would be helpful for exploitation of *Clausena lansium*.

Key words: Rutaceae; *Clausena lansium*; Chemical constituent; Antibacterial activity

黄皮 [*Clausena lansium* (Lour.) Skeels] 又称油皮、油梅、鸡皮果、黄淡、黄批、黄弹子、王坛子, 为芸香科 (Rutaceae) 黄皮属植物。该属全世界约有 25 种,

主要分布在东半球的热带与亚热带地区; 我国约有 12 种, 主要分布于广东、广西、福建、海南、四川、云南和台湾等地区^[1]。黄皮是岭南佳果之一, 具有很

收稿日期: 2013-06-27 接受日期: 2013-08-21

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303117); 国家科技支撑计划项目(2013BAI11B04); 海南省国际科技合作项目(2012GH001)资助

作者简介: 邓会栋(1988~), 男, 硕士研究生, 研究方向为天然产物化学。E-mail: denghuidong2010@aliyun.com

* 通讯作者 Corresponding authors. E-mails: daihaofu@itbb.org.cn; lisp555@126.com

高的药食两用价值。民间有“饥食荔枝,饱食黄皮”之说。黄皮的果、叶、根及种子均能入药,黄皮果有行气、消食、化痰之功效,主治食积胀满、脘腹疼痛、疝痛、痰饮、咳喘^[2];果皮味苦,有利尿和消肿的功效^[3]。黄皮主要含有呋唑类生物碱,酰胺类生物碱和单萜基香豆素^[4]。呋唑类生物碱具有抗肿瘤、抗菌、抗组胺、抗氧化和抗炎等生理活性^[5],黄皮酰胺类化合物是黄皮中一种重要的特征化合物,具有保肝、促智和抗脂质过氧化作用^[6],黄皮香豆素具有抗菌、降血脂、降血糖作用^[7]。目前对黄皮化学成分的研究主要集中在根、茎和叶上^[8-17],对果实的化学成分研究较少^[18],而对果皮化学成分的研究尚未见报道。有研究报道,黄皮果皮浸提物的抑菌效果较其他部位浸提物好^[19]。为了寻找其中的生物活性成分,我们对黄皮果皮乙醇提取物的乙酸乙酯部分进行分离纯化,根据波谱数据和理化性质从中鉴定了10个化合物,并对所分离得到的化合物进行抗菌活性测试。

1 材料和方法

1.1 材料

黄皮 [*Clausena lansium* (Lour.) Skeels] 于 2011 年 5 月购于海南省儋州市,经海南大学园艺园林学院李绍鹏教授鉴定为黄皮。

金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) ATCC-51650 由海南省药品检验所提供。

1.2 仪器和试剂

化合物分离采用青岛海洋化工厂的薄层色谱硅胶板 (GF₂₅₄) 和柱色谱硅胶 (200 ~ 300 目, 60 ~ 80 目); Merck 公司的 Sephadex LH-20 和 RP-18 填料。熔点测定采用北京泰克 X-5 型显微熔点仪 (温度未校正); 旋光度测定采用 Autopol III 旋光仪; 质谱测定采用 Autospec-3000 质谱仪; 核磁共振采用瑞士 Bruker 公司的 Bruker AV-500 型超导核磁仪 (以 TMS 为内标); 活性分析采用上海博讯实业有限公司医疗设备厂的超净工作台; 硫酸卡那霉素购自上海生工有限公司。

1.3 提取和分离

黄皮果皮 (12.0 kg) 晒干后加工成粉末, 用 95%

乙醇浸提 3 次, 每次用 40 L 乙醇, 在室温下, 每次浸提 7 d。所得滤液经真空减压浓缩得粗浸膏, 将其分散于水中成悬浊液, 依次用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取, 得石油醚萃取物、乙酸乙酯萃取物、正丁醇萃取物、水溶液 4 部分。

乙酸乙酯萃取物 (90.0 g) 经减压硅胶柱色谱, 以氯仿-甲醇 (1 : 0 ~ 0 : 1) 梯度洗脱得到 10 个部分 (Fr.1 ~ Fr.10)。Fr.3 (4.2 g) 再经硅胶柱色谱, 以石油醚-乙酸乙酯 (1 : 0 ~ 0 : 1) 梯度洗脱得到 14 个部分 (Fr.3.1 ~ Fr.3.14)。Fr.3.5 (332.7 mg) 经 Sephadex LH-20 柱色谱 (乙醇) 得到 8 个亚组分 (Fr.3.5.1 ~ Fr.3.5.8), Fr.3.5.8 (15.4 mg) 经减压硅胶柱色谱, 以氯仿为洗脱剂洗脱得到化合物 **5** (1.9 mg)。Fr.3.4 (451.5 mg) 经 Sephadex LH-20 柱色谱 (氯仿-甲醇 1 : 1) 得到 7 个亚组分 (Fr.3.4.1 ~ Fr.3.4.7), Fr.3.4.5 (43.8 mg) 经 Sephadex LH-20 柱色谱 (乙醇) 得到化合物 **6** (6.5 mg)。Fr.1 (8.1 g) 经硅胶柱色谱, 以石油醚-乙酸乙酯 (1 : 0 ~ 0 : 1) 梯度洗脱得到 6 个组分 (Fr.1.1 ~ Fr.1.6)。Fr.1.3 (2.6 g) 析出黄色粉末, 经氯仿重结晶得到化合物 **1** (270.0 mg), 母液经 Sephadex LH-20 柱色谱 (甲醇) 得到 8 个亚组分 (Fr.1.3.1 ~ Fr.1.3.8)。Fr.1.3.3 (995.1 mg) 经硅胶柱色谱, 以氯仿为洗脱剂洗脱得到化合物 **8** (42.5 mg); Fr.1.3.5 (92.9 mg) 经硅胶柱色谱, 以石油醚-乙酸乙酯 (6 : 1) 洗脱得到化合物 **7** (9.5 mg); Fr.1.3.6 (32.1 mg) 经硅胶柱色谱, 以石油醚-乙酸乙酯 (10 : 1) 洗脱得到化合物 **2** (5.5 mg); Fr.1.3.7 (54.7 mg) 经硅胶柱色谱, 以石油醚-乙酸乙酯 (10 : 1) 洗脱得到化合物 **3** (14.5 mg); Fr.1.3.8 (72.9 mg) 经反复硅胶柱色谱, 以石油醚-乙酸乙酯 (10 : 1 ~ 12 : 1) 洗脱得到化合物 **4** (8.2 mg)。Fr.2 (17.3 g) 经硅胶柱色谱, 以石油醚-乙酸乙酯 (1 : 0 ~ 0 : 1) 梯度洗脱得到 12 个组分 (Fr.2.1 ~ Fr.2.12)。Fr.2.3 (470.9 mg) 经 Sephadex LH-20 柱色谱 (氯仿 : 甲醇) 得到 6 个亚组分 (Fr.2.3.1 ~ Fr.2.3.6)。Fr.2.3.5 (64.4 mg) 经硅胶柱色谱, 以石油醚-乙酸乙酯 (8 : 1) 洗脱得到化合物 **9** (22.4 mg)。Fr.6 (18.0 g) 有白色粉末析出, 经甲醇重结晶, 得到化合物 **10** (6.5 g)。

1.4 抗菌活性测试方法

化合物的抗菌活性采用滤纸片法^[20-21]测定, 以金黄色葡萄球菌为指示菌。供试无菌平板采用琼

脂培养基,将金黄色葡萄球菌制成一定浓度的菌悬液($1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^7$ cfu mL⁻¹),用棉签将其均匀涂布于供试无菌平板,制成含菌平板,待用。将化合物配成浓度为 20 mg mL⁻¹ 的样品溶液,并取 25 μ L 样品溶液于直径为 6 mm 的灭菌滤纸片上,待溶剂挥发后置于含菌平板上,以 10 μ L 浓度为 0.64 mg mL⁻¹ 硫酸卡那霉素为阳性对照,放置 20 min 后,再放入 37 $^{\circ}$ C 培养箱无光照恒温培养。24 h 后观察并测定抑菌圈直径,通过比较抑菌圈直径大小来测定化合物的抗菌活性。

1.5 结构鉴定

Lansine (1) 黄色粉末, EI-MS m/z : 241 [M]⁺; ¹H NMR (DMSO-*d*₆, 500 MHz): δ 3.66 (3H, s, OCH₃-2), 6.69 (1H, s, H-1), 6.81 (1H, dd, $J = 8.7, 2.5$ Hz, H-7), 7.18 (1H, d, $J = 8.7$ Hz, H-8), 7.51, (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-5), 8.29 (1H, s, H-4), 9.95 (1H, s, CHO-3), 10.85 (1H, s, OH-6), 11.20 (1H, s, H-N); ¹³C NMR (DMSO-*d*₆, 125 MHz): δ 55.7 (OCH₃-2), 96.2 (C-1), 103.5 (C-5), 111.8 (C-8), 114.2 (C-7), 115.7 (C-3), 117.1 (C-4a), 123.7 (C-5a), 125.1 (C-4), 135.3 (C-8a), 146.3 (C-1a), 154.1 (C-6), 159.9 (C-2), 192.7 (CHO-3)。上述波谱数据与文献[22]报道基本一致,鉴定为 lansine。

3-甲酰基咪唑 (2) 黄色粉末, EI-MS m/z : 195 [M]⁺; ¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ 7.36 (1H, m, H-5), 7.52 (2H, t, $J = 2.2$ Hz, H-2, 1), 7.54 (1H, s, H-8), 8.00 (1H, dd, $J = 8.4, 1.3$ Hz, H-7), 8.16 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-6), 8.63 (1H, brs, H-4), 10.13 (1H, s, CHO-3); ¹³C NMR (CDCl₃, 125 MHz): δ 111.1 (C-8), 111.3 (C-1), 120.8 (C-6), 120.9 (C-5), 123.3 (C-5a), 123.7 (C-4a), 124.3 (C-4), 127.1 (C-2), 127.5 (C-7), 129.2 (C-3), 140.1 (C-8a), 143.5 (C-1a), 192.2 (CHO-3)。上述波谱数据与文献[23]报道基本一致,鉴定为 3-甲酰基咪唑。

3-甲酰基-6-甲氧基咪唑 (3) 黄色粉末, EI-MS m/z : 225 [M]⁺; ¹H NMR (CD₃COCD₃, 500 MHz): δ 3.94 (3H, s, OCH₃-6), 7.13 (1H, dd, $J = 8.8, 2.5$ Hz, H-7), 7.52 (1H, d, $J = 8.8$ Hz, H-8), 7.63 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-1), 7.86 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-5), 7.95 (1H, dd, $J = 8.5, 1.6$ Hz, H-2), 8.70 (1H, brs, H-4), 10.09 (1H, s, CHO-3), 10.76 (1H, brs, H-N); ¹³C NMR

(CD₃COCD₃, 125 MHz): δ 56.1 (OCH₃-6), 103.9 (C-5), 112.2 (C-1), 113.1 (C-8), 116.9 (C-7), 124.1 (C-5a), 124.5 (C-4a), 125.1 (C-4), 127.0 (C-2), 129.6 (C-3), 136.2 (C-8a), 145.2 (C-1a), 155.4 (C-6), 191.9 (CHO-3)。上述波谱数据与文献[23]报道基本一致,鉴定为 3-甲酰基-6-甲氧基咪唑。

6-甲氧基咪唑-3-羧酸甲酯 (4) 黄色粉末, EI-MS m/z : 255 [M]⁺; ¹H NMR (CD₃COCD₃, 500 MHz): δ 3.93 (3H, s, COOCH₃), 3.95 (3H, s, OCH₃-6), 7.11 (1H, dd, $J = 8.8, 2.5$ Hz, H-7), 7.49 (1H, d, $J = 8.8$ Hz, H-8), 7.55 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-1), 7.86 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-5), 8.06 (1H, dd, $J = 8.6, 1.7$ Hz, H-2), 8.82 (1H, t, $J = 0.85$ Hz, H-4), 10.63 (1H, s, H-N); ¹³C NMR (CD₃COCD₃, 125 MHz): δ 51.9 (COOCH₃), 56.1 (C-8), 103.7 (C-5), 111.4 (C-1), 112.9 (C-8), 116.8 (C-7), 121.2 (C-3), 123.4 (C-4), 123.8 (C-5a), 124.4 (C-4a), 127.6 (C-2), 136.2 (C-8a), 144.3 (C-1a), 155.4 (C-6), 168.0 (C=O)。上述波谱数据与文献[23]报道基本一致,鉴定为 6-甲氧基咪唑-3-羧酸甲酯。

(6R,7E,9S)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮 (5) 无色油状, EI-MS m/z : 208 [M]⁺; ¹H NMR (CD₃OD, 500 MHz): δ 1.00 (3H, s, CH₃-12), 1.05 (3H, s, H-11), 1.26 (3H, d, $J = 9.5$ Hz, H-10), 1.97 (3H, m, H-13), 2.06 (1H, d, $J = 16.8$ Hz, H-2a), 2.43 (1H, d, $J = 16.8$ Hz, H-2b), 2.68 (1H, d, $J = 9.3$ Hz, H-6), 4.30 (1H, m, H-9), 5.60 (1H, dd, $J = 15.3, 9.3$ Hz, H-7), 5.72 (1H, dd, $J = 15.3, 6.0$ Hz, H-8), 5.90 (1H, s, H-4); ¹³C NMR (CD₃OD, 125 MHz): δ 23.7 (C-10), 23.8 (C-13), 27.3 (C-11), 28.1 (C-12), 37.1 (C-1), 48.3 (C-2), 56.7 (C-6), 68.8 (C-9), 126.1 (C-4), 127.3 (C-7), 140.2 (C-8), 166.1 (C-5), 202.1 (C-3)。上述波谱数据与文献[24]报道基本一致,鉴定为 (6R,7E,9S)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮。

7-羟基香豆素 (6) 黄色粉末, EI-MS m/z : 162 [M]⁺; ¹H NMR (DMSO-*d*₆, 500 MHz): δ 6.16 (1H, d, $J = 9.4$ Hz, H-3), 6.70 (1H, s, H-8), 6.77 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6), 7.50 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5), 7.92 (1H, d, $J = 9.4$ Hz, H-4); ¹³C NMR (DMSO-*d*₆, 125 MHz): δ 102.3 (C-8), 110.7 (C-3), 110.8 (C-4a), 113.7 (C-6), 129.7 (C-5), 144.7 (C-4), 155.8 (C-8a), 160.7 (C-7), 162.7 (C-2)。上述波谱数据与文献[25]报道基本一

致, 鉴定为 7-羟基香豆素。

8-羟基咪喃香豆素 (7) 黄色粉末, EI-MS m/z : 202 $[M]^+$; $^1\text{H NMR}$ (DMSO- d_6 , 500 MHz): δ 6.39 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-3), 7.03 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-2'), 7.45 (1H, s, H-5), 8.06 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-1'), 8.10 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-4), 10.72 (1H, brs, OH-8); $^{13}\text{C NMR}$ (DMSO- d_6 , 125 MHz): δ 107.2 (C-2'), 110.3 (C-5), 114.0 (C-3), 116.4 (C-4a), 125.4 (C-6), 130.2 (C-8), 139.9 (C-8a), 145.5 (C-7), 145.7 (C-4), 147.6 (C-1'), 160.3 (C-2)。上述波谱数据与文献[26]报道基本一致, 鉴定为 8-羟基咪喃香豆素。

辛黄皮酰胺 (8) 白色粉末, EI-MS m/z : 279 $[M]^+$; $^1\text{H NMR}$ (CDCl_3 , 500 MHz): δ 2.97 (3H, s, $\text{CH}_3\text{-N}$), 4.17 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-4), 5.13 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-3), 6.21 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-8), 6.86 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-7), 7.15 (2H, m, H-1'', 2''), 7.18 (2H, m, H-2', 6'), 7.19 (1H, s, H-4'), 7.20 (2H, m, H-3'', 4''), 7.27 (2H, m, H-3', 5'); $^{13}\text{C NMR}$ (CDCl_3 , 125 MHz): δ 33.6 ($\text{CH}_3\text{-N}$), 59.9 (C-4), 72.7 (C-3),

126.4 (C-3''), 126.9 (C-4''), 127.9 (C-2', 6'), 128.6 (C-2''), 128.7 (C-3', 5'), 128.8 (C-7), 128.9 (C-8), 129.4 (C-1''), 131.0 (C-6), 132.4 (C-4'), 139.6 (C-5), 144.2 (C-1'), 173.2 (C=O)。上述波谱数据与文献[27]报道基本一致, 鉴定为辛黄皮酰胺。

对羟基肉桂酸甲酯 (9) 白色粉末, EI-MS m/z : 178 $[M]^+$; $^1\text{H NMR}$ (CD_3COCD_3 , 500 MHz): δ 3.73 (3H, s, COOCH_3), 6.37 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-2'), 6.91 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-2, 6), 7.57 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-3, 5), 7.62 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-1'); $^{13}\text{C NMR}$ (CD_3COCD_3 , 125 MHz): δ 51.5 (COOCH_3), 115.3 (C-2'), 116.7 (C-2, 6), 126.9 (C-4), 131.0 (C-3, 5), 145.4 (C-1'), 160.6 (C-1), 167.9 (C=O)。上述波谱数据与文献[28]报道基本一致, 鉴定为对羟基肉桂酸甲酯。

胡萝卜苷 (10) 白色结晶(氯仿-甲醇), mp 292°C ~ 294°C, Libenann-Burchard 反应呈阳性。与胡萝卜苷对照品共薄层层析, 在 3 种溶剂系统下 R_f 值相同, 两者混合熔点不下降, 故鉴定为胡萝卜苷。

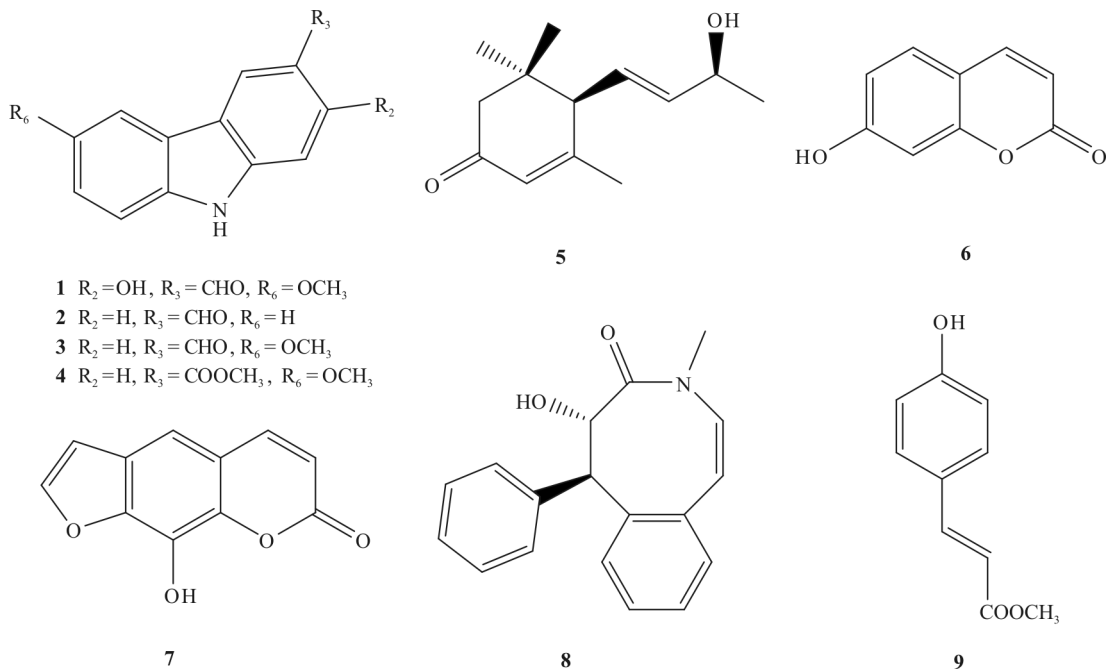


图 1 化合物 1~9 的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1-9

2 结果和讨论

本文采用多种色谱分离方法, 从黄皮果皮乙醇

提取物乙酸乙酯部分分离得到了 10 个化合物(图 1), 通过波谱解析及相关文献对照确定各化合物的结构, 分别鉴定为: lansine (1)、3-甲酰基咪唑 (2)、3-

甲酰基-6-甲氧基咪唑(3)、6-甲氧基咪唑-3-羧酸甲酯(4)、(6*R*,7*E*,9*S*)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮(5)、7-羟基香豆素(6)、8-羟基咪喃香豆素(7)、辛黄皮酰胺(8)、对羟基肉桂酸甲酯(9)和胡萝卜苷(10)。其中化合物5和9为首次从黄皮属植物中分离得到,本文首次报道了化合物8的碳谱数据。化合物1~4为咪唑类生物碱,据报道化合物4有神经保护作用^[17]。

据报道,黄皮属植物中的咪唑类生物碱和香豆素类化合物具有抗菌活性^[2,4,14,16,19]。本文以滤纸片法^[20-21]测定了化合物1~9的抗菌活性,结果表明化合物1、2、3、6、7和9对金黄色葡萄球菌有抑制作用,抑菌圈直径分别为12.8 mm、9.0 mm、12.0 mm、8.2 mm、13.0 mm和10.1 mm,活性均低于阳性对照硫酸卡那霉素(抑菌圈直径为26.0 mm)。化合物6和7为香豆素类化合物,均表现出了抑菌活性,这与张瑞明等^[2]的研究结果相吻合。本研究结果丰富了黄皮的化学成分和生物活性,为药食两用水果黄皮的开发利用提供了科学依据。

参考文献

- [1] Pan J P, Yuan P Y, Zeng Y, et al. Production status and development strategies of *Clausena lansium* in southern China [J]. *Guangdong Agri Sci*, 2007, 34(1): 103-105.
潘建平, 袁沛元, 曾杨, 等. 华南地区黄皮良种、生产现状与发展对策 [J]. *广东农业科学*, 2007, 34(1): 103-105.
- [2] Zhang R M, Wan S Q, Zhao D X. Advances in chemical constituents and biological activities of *Clausena lansium* [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2012, 24(1): 118-123.
张瑞明, 万树青, 赵冬香. 黄皮的化学成分及生物活性研究进展 [J]. *天然产物研究与开发*, 2012, 24(1): 118-123.
- [3] Weng D B, Lin Y T. Evaluation of the nutritional value of seed protein from *Causena lansium* (Lour.) Skeels [J]. *Chin Wild Plant Res*, 2010, 29(6): 14-17.
翁德宝, 林玉婷. 黄皮种子蛋白质营养价值的评价研究 [J]. *中国野生植物资源*, 2010, 29(6): 14-17.
- [4] Li F, Luo X Z, Xie C. Chemical composition of *Clausena lansium* [J]. *Sci Techn Rev*, 2009, 27(10): 82-84.
李芳, 罗秀珍, 谢忱. 黄皮化学成分研究 [J]. *科技导报*, 2009, 27(10): 82-84.
- [5] Zhang F F, Zhou C H, Yan J P. New progress of researches in carbazole compounds [J]. *Chin J Org Chem*, 2010, 30(6): 783-796.
张飞飞, 周成合, 颜建平. 咪唑类化合物研究新进展 [J]. *有机化学*, 2010, 30(6): 783-796.
- [6] Xue W, Zhang W, Chen N H. Advances in the study of chiral clausenamides [J]. *Chin J New Drugs*, 2008, 17(4): 268-271.
薛薇, 张威, 陈乃宏. 手性黄皮酰胺的研究进展 [J]. *中国新药杂志*, 2008, 17(4): 268-271.
- [7] Dai H F. *Li Folk Medicine*, Vol. 2 [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2008: 124-125.
戴好富. 黎族药志, 第2册 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2008: 124-125.
- [8] Cui S Y, Cheng D L, Tian J, et al. The studies of chemical components of *Clausena dunniana* [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2000, 13(2): 11-13.
崔书亚, 程东亮, 田军, 等. 齿叶黄皮的化学成分研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2000, 13(2): 11-13.
- [9] Zhao Q, Li C J, Yang J Z, et al. Chemical constituents of *Clausena lansium* [J]. *China J Chin Mat Med*, 2010, 35(8): 997-999.
赵青, 李剑军, 杨敬芝, 等. 黄皮叶的化学成分研究 [J]. *中国中药杂志*, 2010, 35(8): 997-999.
- [10] Maneerat W, Prawat U, Saewan N, et al. New coumarins from *Clausena lansium* twigs [J]. *J Braz Chem Soc*, 2010, 21(4): 665-668.
- [11] Sripisut T, Laphookhieo S. Carbazole alkaloids from the stems of *Clausena excavata* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2010, 12(7): 614-617.
- [12] Zhao Q, Yang J Z, Li C J, et al. A new megastigmane glucoside and a new amide alkaloid from the leaves of *Clausena lansium* (Lour.) Skeels [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2011, 13(4): 361-366.
- [13] Songsiang U, Thongthoom T, Boonyarat C, et al. Claurailas A - D, cytotoxic carbazole alkaloids from the roots of *Clausena harmandiana* [J]. *J Nat Prod*, 2011, 74(2): 208-212.
- [14] Shen D Y, Chao C H, Chan H H, et al. Bioactive constituents of *Clausena lansium* and a method for discrimination of aldose enantiomers [J]. *Phytochemistry*, 2012, 82(1): 110-117.
- [15] Maneerat W, Ritthiwigrom T, Cheenpracha S, et al. Carbazole alkaloids and coumarins from *Clausena lansium* roots [J]. *Phyto Lett*, 2012, 5(1): 26-28.
- [16] Songsiang U, Thongthoom T, Zeekpudsa P, et al. Antioxidant activity and cytotoxicity against cholangiocarcinoma of carbazoles and coumarins from *Clausena harmandiana* [J]. *Sci Asia*, 2012, 38(1): 75-81.
- [17] Liu H, Li C J, Yang J Z, et al. Carbazole alkaloids from the stems of *Clausena lansium* [J]. *J Nat Prod*, 2012, 75(4): 677-682.
- [18] Shen W W, Li W, Wang G C, et al. Chemical constituents of *Clausena lansium* [J]. *J Jinan Univ (Nat Sci Med)*, 2012, 33(5): 506-509.
申文伟, 李雯, 王国才, 等. 黄皮核的化学成分 [J]. *暨南大学学报: 自然科学与医学版*, 2012, 33(5): 506-509.
- [19] Xu S C, Zhou H L, Liao Y Y, et al. Extract active substances in different organ of *Clausena lansium* and the activity to *Colletotrchum musae* [J]. *Food Res Dev*, 2010, 31(11): 65-68.

- 徐绍成, 周汉林, 廖艳云, 等. 黄皮不同部位生理活性物质的提取与抗菌作用 [J]. 食品研究与开发, 2010, 31(11): 65–68.
- [20] Cui H B, Mei W L, Han Z, et al. Antibacterial metabolites from the fermentation broth of marine fungus 095407 [J]. *J Med Chem*, 2008, 18(2): 131–134.
崔海滨, 梅文莉, 韩壮, 等. 海洋真菌095407的抗菌活性代谢产物的研究 [J]. 中国药物化学杂志, 2008, 18(2): 131–134.
- [21] Chang D D. Isolation, identification and chemical constituents of endophytic fungi from *Dracaena cambodiana* [D]. Haikou: Hainan University, 2012: 1–22.
常东东. 海南龙血树内生真菌的分离鉴定及其化学成分研究 [D]. 海口: 海南大学, 2012: 1–22.
- [22] Ma C Y, Case R J, Wang Y H, et al. Anti-tuberculosis constituents from the stem bark of *Micromelum hirsutum* [J]. *Plant Med*, 2005, 71(3): 261–267.
- [23] Li W S, Mc Chesney J D, El-Feraly F S. Carbazole alkaloids from *Clausena lansium* [J]. *Phytochemistry*, 1991, 30(1): 343–346.
- [24] Cutillo F, Dellagrecia M, Previtera L, et al. C₁₃ Norisoprenoids from *Brassica Fruticulosa* [J]. *Nat Prod Res*, 2005, 19(2): 99–103.
- [25] Minhas F A, Aziz S, Habib-ur-Rehman, et al. Antiplasmodial activity of compounds isolated from *Elaeagnus umbellata* [J]. *J Med Plants Res*, 2013, 6(7): 277–283.
- [26] Harkar S, Razdan T K, Waight E S. Steroids, chromone and coumarins from angelica officinalis [J]. *Phytochemistry*, 1984, 23(2): 419–426.
- [27] Yang M H, Chen Y Y, Huang L. Studies on the chemical constituents of *Clausena lansium* (Lour.) Skeels: III. The structural elucidation of homo- and zeta-clausenamides [J]. *Chin Chem Lett*, 1991, 2(4): 291–292.
- [28] Ma D Y, Wang Y, Yan C, et al. Chemical constituents from *Uncaria scandens* Smith [J]. *Chin J Pharm*, 2008, 39(7): 507–509.
马大勇, 汪冶, 晏晨, 等. 攀茎钩藤化学成分的研究 [J]. 中国医药工业杂志, 2008, 39(7): 507–509.