

九里香化学成分和药理作用的研究进展

郭培¹, 柳航², 朱怀军², 葛卫红^{2*}

1. 南京中医药大学中西医结合鼓楼临床医学院, 江苏 南京 210029

2. 南京大学医学院附属鼓楼医院 药学部, 江苏 南京 210008

摘要: 九里香为芸香科九里香属植物, 广泛分布于我国的南部以及亚洲一些热带和亚热带地区。目前, 从中分离得到的化学成分主要有香豆素类、黄酮类、生物碱类以及挥发油等。现代药理研究表明, 九里香具有杀虫、消炎镇痛、抗菌及抗氧化等作用。综述了九里香化学成分和药理作用的研究进展, 为其药效物质基础、作用机制研究及开发利用提供理论依据。

关键词: 九里香; 化学成分; 药理作用

中图分类号: R284; R285 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-5515(2015)09-1172-07

DOI: 10.7501/j.issn.1674-5515.2015.09.029

Research progress on chemical constituents and biological activities of *Murraya exotica*

GUO Pei¹, LIU Hang², ZHU Huai-jun², GE Wei-hong²

1. Nanjing Drum Tower Hospital Clinical College of Traditional Chinese and Western Medicine, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210029, China

2. Department of Pharmacy, Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University, Nanjing 210008, China

Abstract: *Murraya exotica*, a kind of plant in genus *Murraya* Koenig ex L. of Rutaceae family, is widely distributed in southern China and some tropical and subtropical regions of Asia. At present, the bioactive chemical constituents from this plant are mainly composed of coumarins, flavonoids, alkaloids, volatile oil, etc. Modern pharmacological researches show that *M. exotica* has insecticidal, anti-inflammatory analgesic, antibacterial, antioxidant effects, etc. The research progress on chemical constituents of *M. exotica* and their pharmacological activities are reviewed in this paper, which could provide a theoretical basis for the material basis of efficacy, mechanism of action and exploitation.

Key words: *Murraya exotica* L.; chemical constituents; pharmacological activities

九里香 *Murraya exotica* L. 为芸香科九里香属植物, 主要分布在我国云南、贵州、湖南、广东、广西、福建、海南、台湾等省区, 以及亚洲一些热带及亚热带地区, 其气香, 味苦、辛, 有麻舌感, 具有行气止痛、活血散瘀之功效, 用于胃痛、风湿痹痛, 也用于治疗牙痛、跌扑肿痛、虫蛇咬伤。很早以前, 我国南方就将九里香作为一种民间用药, 用于治疗各种病症, 特别是炎症病变和镇痛^[1]。目前, 已从九里香中分离出香豆素类、黄酮类、挥发油类、生物碱类等化学成分^[2-4]。现代药理研究表明, 九里香具有抗菌、消炎镇痛、杀虫及抗氧化等作用^[5-6]。本文综述了九里香化学成分和药理作用的研究进

展, 为其药效物质基础、作用机制研究及开发利用提供了理论依据。

1 化学成分

近年来, 中外学者对九里香的化学成分进行了大量研究, 从其叶、根皮、果实等部位中分离得到了多种化合物, 主要包括香豆素类、黄酮类、生物碱类以及挥发油等。

1.1 香豆素类

九里香含有大量的香豆素类成分(1~36), 这类成分的常见特征为在 7-甲氧基或 5,7-二甲氧基香豆素骨架的 C₈ 位带有异戊二烯单位, 以氧化、酯化或骨架重排等多种形式存在。见表 1、图 1。

收稿日期: 2015-06-08

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助(20620140678); 江苏省卫生厅面上科研课题(H201339)

作者简介: 郭培(1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为天然药物化学。Tel: 18652937996 E-mail: smilevering@163.com

*通信作者 葛卫红, 女, 主任药师, 主要从事医院药学研究。Tel: (025)83105581 E-mail: 6221230@sina.com

表1 九里香香豆素类化学成分

Table 1 Coumarin constituents in *M. exotica*

编号	化合物名称	来源	文献	编号	化合物名称	来源	文献
1	7-甲氧基-8-异戊二烯基香豆素	叶	7	21	橙皮油内酯烯酸	叶	16
2	小叶九里香内酯	叶	8	22	7-methoxy-8-(1'-methoxy-2'-hydroxy-3'-methyl- Δ^3 -butenyl)coumarin	枝	17
3	海南九里香内酯	枝	9	23	7-methoxy-8-(2'-methoxy-3'-hydroxy-3'-methylbutyl)coumarin	枝	17
4	小芸木香豆精	枝	9	24	7-methoxy-8-(2',3'-dihydroxy-3'-methylbutyl)coumarin	枝	17
5	长叶九里香内酯二醇	枝	9	25	7-methoxy-8-(3-methyl-2-oxo-3-butenl)coumarin	叶	18
6	水合橙皮内酯	枝	9	26	脱水长叶九里香内酯	叶	2
7	(+)-erythromurangatin	叶	10	27	橙皮内酯	叶	2
8	(-)-小芸木九里香精	叶	10	28	九里香果素	叶	2
9	蛇床子素	叶	11	29	葡萄内酯	叶	11
10	过氧九里香醇	叶	12	30	小叶九里香双内酯	树皮	19
11	异九里香内酯酮醇异戊酸酯	叶	12	31	5,7-dimethoxy-8-(2,3-dihydroxyisopentyl) coumarin	树皮	20
12	长叶九里香内酯醇酮	叶	13	32	伞形花内酯	叶	2
13	异长叶九里香内酯醇酮干里光酸酯	叶	13	33	东莨菪素	叶	2
14	长叶九里香内酯二酸乙酸酯	叶	13	34	bismurangatin	枝	9
15	异长叶九里香醇乙酸酯	叶	13	35	murramarin A	枝	9
16	氯化小叶九里香内酯醇	叶	13	36	3-(1,1-二甲基烯丙基)花椒内酯	树皮	21
17	过氧橙皮油内酯烯醇	叶	14				
18	顺式脱氢蛇床子素	叶	14				
19	九里香醇	叶	14				
20	水合橙皮内酯异戊酸酯	叶	15				

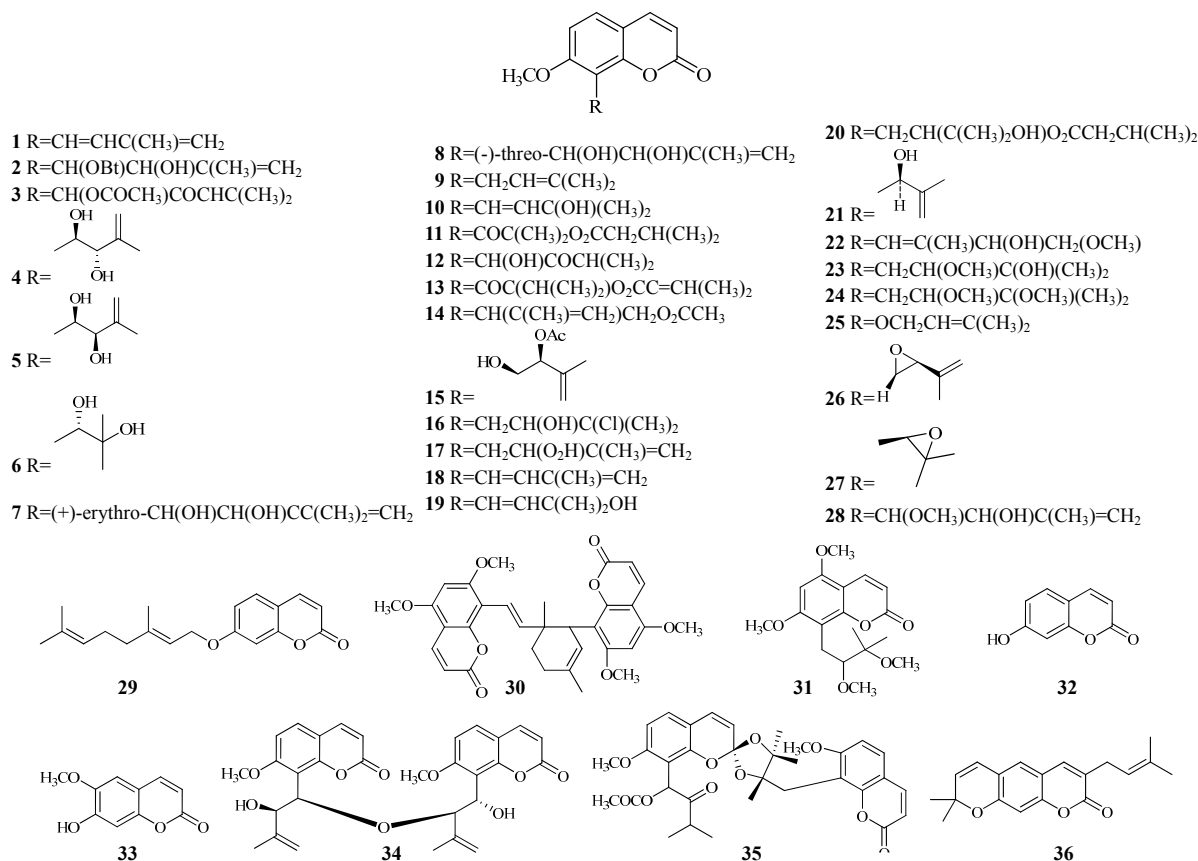


图1 九里香香豆素类化学成分的结构

Fig. 1 Structures of coumarin constituents in *M. exotica*

1.2 黄酮类

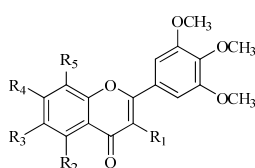
九里香含有多种黄酮类化合物(37~55),还含有5,3'-dihydroxy-6,4'-dimethoxyflavone-7-O-β-D-

glucopyranoside、5,3'-dihydroxy-6,7,4'-trimethoxyflavone-8-O-β-D-glucopyranoside 黄酮苷类成分^[22]。九里香中的黄酮类化学成分见表2、图2。

表2 九里香黄酮类化学成分

Table 2 Flavone constituents in *M. exotica*

编号	化合物名称	来源	文献	编号	化合物名称	来源	文献
37	5,7,8,3',4',5'-六甲氧基黄酮	叶	22	48	5-羟基-6,7,8,3',4'-五甲氧基黄酮	叶	22
38	5,7,3',4',5'-五甲氧基黄酮	叶	22	49	5,6,7,8,3',4'-六甲氧基黄酮	根皮	23
39	5,6,7,8,3',4',5'-七甲氧基黄酮	根皮	23	50	5,6,7,3',4'-五甲氧基黄酮	叶	24
40	5,6,8,3',4',5'-六甲氧基黄酮	根皮	23	51	5-羟基-6,7,3',4'-四甲氧基黄酮	叶	3
41	5,6,7,3',4',5'-六甲氧基黄酮	叶	24	52	6'-羟基-3,4,5,2',4',5'-六甲氧基黄酮	叶	22
42	3,5,7,3',4',5'-六甲氧基黄酮	叶	24	53	6'-羟基-3,4,5,2',5'-五甲氧基黄酮	叶	22
43	3,5,6,7,3',4',5'-七甲氧基黄酮	叶	16	54	5,3'-二羟基-6,4'-二甲氧基黄酮-7-O-β-D-葡萄糖苷	叶	22
44	3,5,6,8,3',4',5'-七甲氧基黄酮	叶	16	55	5,3'-二羟基-6,7,4'-三甲氧基黄酮-8-O-β-D-葡萄糖苷	叶	22
45	3,3',4',5,5',7,8-七甲氧基黄酮	叶	25				
46	3,3',4',5,5',6,7,8-八甲氧基黄酮	叶	26				
47	5-羟基-6,7,8,3',4',5'-六甲氧基黄酮	叶	3				



37 R₁=R₃=H, R₂=R₄=R₅=OCH₃

38 R₁=R₃=R₅=H, R₂=R₄=OCH₃

39 R₁=H, R₂=R₃=R₄=R₅=OCH₃

40 R₁=R₄=H, R₂=R₃=R₅=OCH₃

41 R₁=R₅=H, R₂=R₃=R₄=OCH₃

42 R₁=R₂=R₄=OCH₃, R₃=R₅=H

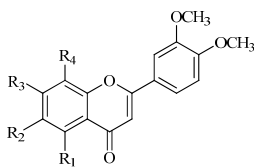
43 R₁=R₂=R₃=R₄=OCH₃, R₅=H

44 R₁=R₂=R₃=R₅=OCH₃, R₄=H

45 R₁=R₂=R₄=R₅=OCH₃, R₃=H

46 R₁=R₂=R₃=R₄=R₅=OCH₃

47 R₁=H, R₂=OH, R₃=R₄=R₅=OCH₃

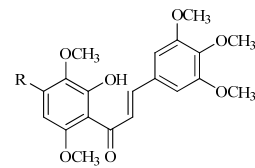


48 R₁=OH, R₂=R₃=R₄=OCH₃

49 R₁=R₂=R₃=R₄=OCH₃

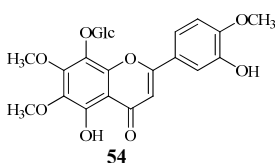
50 R₁=R₂=R₃=OCH₃, R₄=H

51 R₁=OH, R₂=R₃=OCH₃, R₄=H

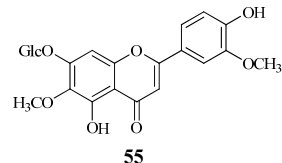


52 R=OCH₃

53 R=H



54



55

图2 九里香黄酮类化学成分的结构

Fig. 2 Structures of flavone constituents in *M. exotica*

1.3 生物碱类

九里香的叶中含有大量的黄酮类和香豆素类化合物,而九里香的根、皮中主要含有生物碱类成分。其生物碱类成分(56~64)见表3,结构见图3。

1.4 挥发油类

挥发油类是九里香的主要化学成分之一。其挥发油成分的含量因品种、采收季节、地区不同而存在差异,含量的影响九里香的药材质量及临床疗效。其挥发油类成分(65~95)见表4。

1.5 其他

Bishay 等^[11]还从九里香叶中分离得到了羽扇

表3 九里香生物碱类化学成分

Table 3 Alkaloid constituents of *M. exotica*

编号	化合物名称	来源	文献
56	九里香咪唑醇碱	根皮	27
57	双-7-甲氧基吉九里香碱	枝	28
58	O-甲基柯氏九里香酚碱	叶	29
59	吉九里香碱	树皮	30
60	小叶九里香咪唑碱	叶	31
61	九里香咪唑碱	组织	32
62	马汉九里香碱	组织	32
63	柯氏九里香卡任碱	叶	29
64	月橘稀碱	根	33

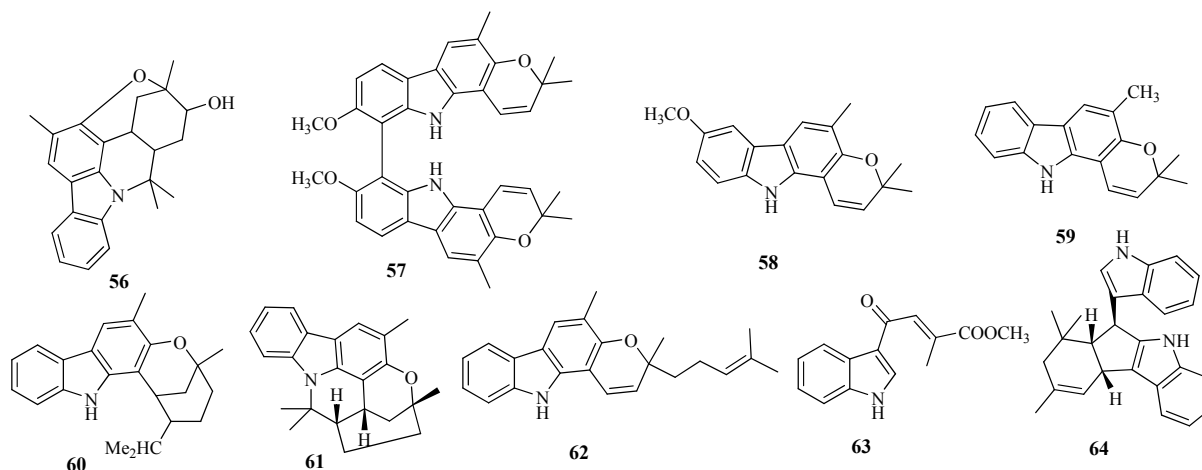


图3 九里香生物碱类化学成分的结构

Fig. 3 Structures of alkaloid constituents in *M. exotica*

表4 九里香挥发油类化学成分
Table 4 Volatile oil constituents in *M. exotica*

编号	化合物名称	来源	文献
65	<i>E</i> -石竹烯	叶、枝	1
66	匙叶桉油烯醇	叶、枝	1
67	δ -榄香烯	叶、枝	1
68	α -蒎烯	地上部分	34
69	(<i>E</i>)-橙花叔醇	叶	35
70	α -姜烯	叶	35
71	β -石竹烯	叶	35
72	(<i>E,E</i>)-金合欢醇	叶	35
73	(<i>E,E,E</i>)- α -springene	叶	35
74	(<i>E,E</i>)- α -金合欢醇	叶	35
75	mepalmitate	叶	35
76	大根香叶烯 B	叶	35
77	β -蒎烯	花	36
78	柠檬油精	花	36
79	异松油烯	花	36
80	柠檬醛	花	36
81	香茅醇	花	36
82	乙酸苄酯	花	36
83	苯乙醇	花	36
84	香叶醇	花	36
85	倍半萜醇	花	36
86	β -葑草烯	叶	37
87	苯甲酸苄酯	叶	37
88	α -松油烯	叶	37
89	石竹烯氧化物	地上部分	38
90	α -石竹烯	地上部分	38
91	双环大香叶稀	叶、枝	4
92	δ -杜松稀	叶、枝	4
93	反- α -香柠檬烯	叶、枝	4
94	β -红没药烯	叶、枝	4
95	芳香姜黄稀	叶、枝	4

豆醇; Ahmad 等^[39]从九里香叶中分离出了柯伦氏泪柏烯酮和柯伦氏泪柏酮; Kong 等^[40]、Das 等^[41]分别从九里香树皮中分离得到了金色酰胺醇酯。

2 药理作用

2.1 杀虫作用

Li 等^[34]研究发现九里香地上部分具有杀虫活性,能够杀死玉米象虫和赤拟谷盗虫。卢远倩等^[42]采用生物活性追踪和化学分离相结合的方法,发现九里香氯仿萃取物对家蝇成虫、斜纹夜蛾、萝卜蚜、椰心叶甲有杀灭作用。Tiwari 等^[43]在实验室条件下,研究保幼激素类似物对致倦库蚊幼虫死亡率的影响,将 3%九里香叶丙酮提取液局部作用于致倦库蚊三龄幼虫,会导致其 100%的死亡率,随着丙酮提取液浓度的降低,幼虫死亡率减小。Kishnamoorthy 等^[37]研究了九里香叶挥发油的化学组成及其对埃及斑蚊、斯氏按蚊、致倦库蚊的杀灭效果,分别在 12、24 h 后观察九里香叶挥发油的杀虫活性。实验结果显示九里香叶挥发油对埃及斑蚊、斯氏按蚊、致倦库蚊表现出不同程度的杀虫能力。12 h 后,其埃及斑蚊的半数致死浓度(LC₅₀)、LC₉₀分别为 74.7、152.7 mg/L,斯氏按蚊的 LC₅₀、LC₉₀分别为 56.3、107.8 mg/L,致倦库蚊的 LC₅₀、LC₉₀分别为 74.4、136.9 mg/L;而 24 h 后,埃及斑蚊的 LC₅₀、LC₉₀分别为 35.8、85.4 mg/L;斯氏按蚊的 LC₅₀、LC₉₀分别为 31.3、75.1 mg/L;致倦库蚊的 LC₅₀、LC₉₀分别为 43.2、103.2 mg/L。结果表明九里香叶挥发油有望成为杀灭埃及斑蚊、斯氏按蚊、致倦库蚊经济有效的天然杀虫药。Sharma 等^[8]在研

究臭节草中含有杀虫活性的香豆素时, 分离得到 murraxocin, 而这一结构也从九里香中分离得到过。经评估, 使用 1.0%~5.0% murraxicin 浓缩物能杀死大量森林害虫, 如 *Plecoptera reflexa*、周蛾和竹弯茎野螟。1% murraxocin 对这些害虫有 80% 的致死率, 并且其死亡率以剂量相关性的方式增大。

2.2 消炎镇痛作用

Wu 等^[44]、吴龙火等^[45-46]以小鼠醋酸扭体实验和二甲苯致小鼠耳肿胀实验, 对九里香的体内消炎镇痛活性进行了研究, 结果表明, 其 70% 乙醇提取物能明显降低醋酸导致的扭体反应, 延长热板反应潜伏期, 有效地抑制二甲苯致耳肿胀和角叉菜胶致脚肿胀。Wu 等^[47]还探究了九里香对骨关节炎的治疗效果, 建立了小鼠骨关节炎模型, 分为多个剂量 (50、100、200 mg/kg) 组给药, 然后分离出小鼠体内炎性软骨细胞、滑液及血清, 发现九里香能以剂量相关性的方式减少滑液及炎性软骨细胞中肿瘤坏死因子 (TNF- α) 和白细胞介素 (IL-1 β) 的量。为了探讨可能的机制, 他们采用定量实时酶聚合链反应和蛋白印迹法分别追踪基因和蛋白表达方式。实验结果表明, 九里香可以抑制 mRNA 和蛋白表达, 可能是通过抑制 β -连环蛋白信号而表现出抗软骨细胞凋亡的活性。Lv 等^[1]对比分析从千里香 *M. paniculata* 和 *M. exotica* 中分离得到的挥发油成分, 两者均含有 *E*-caryophyllene, 其对于治疗炎性病变和局部麻醉有重要作用。另有研究发现, 九里香中分离得到的 murracarpin 的消炎镇痛活性很强, 可能与其 C₇ 位上的甲氧基, C₈ 位上一个短的支链含有双键及醇羟基等结构有关^[2]。

2.3 抗菌作用

Huang 等^[5]对我国海南九里香挥发油的抗菌活性进行了研究, 发现九里香挥发油对除绿脓杆菌外的各种细菌均具有广泛的抗菌能力, 且具有一定的抗真菌作用。El-Sakhawy 等^[48]研究了九里香挥发油的组成及抗菌能力, 结果表明九里香挥发油对白色念珠菌表现出很强的抗菌活性, 对大肠杆菌、铜绿假单胞菌、金色葡萄球菌以及藤黄八叠球菌也有一定的抗菌作用。卢远倩等^[49]采用生长速率法发现不同浓度九里香萃取物和精油对各种病菌的抑制效果不同。

2.4 抗氧化作用

Huang 等^[5]对我国海南九里香挥发油进行研究, 九里香中含有 97.76% 的挥发油成分, 特别是

caryophyllene 的量达到了 45.51%。抗氧化活性测试表明, 九里香中挥发油具有清理自由基的能力 (IC₅₀ 为 151.1 mmol/L), 从而达到抗氧化效果。

3 结语

目前人们已从九里香中分离出香豆素类、黄酮类、生物碱类等活性成分。九里香不仅有杀虫、消炎镇痛、抗菌及抗氧化等作用, 此外也有活血散瘀、祛风除湿等药理作用。现今九里香已在临床用于局部麻醉及表面麻醉, 可以以九里香注射液进行局部麻醉, 并且九里香药物的镇痛时间长, 但仍存在局部刺激较大的缺点。九里香化学成分复杂, 药理作用广泛, 应加强对九里香的药理作用研究, 尝试其与其他中药的配伍, 以达到最优化治疗效果。

参考文献

- [1] Lv H N, Guo X Y, Tu P F, *et al.* Comparative analysis of the essential oil composition of *Murraya paniculata* and *M. exotica* [J]. *Nat Prod Commun*, 2013, 8(10): 1473-1475.
- [2] 吴龙火, 刘昭文, 曾 靖, 等. 九里香叶中香豆素类化合物的抗炎镇痛活性 [J]. *光谱实验室*, 2011, 28(6): 2999-3003.
- [3] 彭爱一, 曲学伟, 李 慧, 等. 高速逆流色谱分离纯化九里香中的黄酮类化合物 [J]. *色谱*, 2010, 28(4): 383-387.
- [4] 姜平川, 周 军, 曹 斌, 等. 九里香挥发油成分研究 [J]. *中药材*, 2009, 32(8): 1224-1227.
- [5] Huang Y S, Wang Y, Luo X P, *et al.* Composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of *Murraya exotica* from Hainan of China [J]. *Asian J Chem*, 2013, 25(9): 5055-5058.
- [6] 王三龙, 蔡 兵, 崔承彬, 等. 吉九里香碱诱导 K562 细胞凋亡的研究 [J]. *中草药*, 2007, 38(11): 1677-1681.
- [7] Kinoshita T. A new taxonomic system of the genus *Murraya* (Rutaceae) based on integration of morphology-based taxonomy and chemotaxonomy; and a philological survey on *M. exotica* in view of the relationship between Okinawa and China [J]. *Yakugaku Zasshi*, 2014, 134(12): 1265-1286.
- [8] Sharma R, Negi D S, ShiuW K, *et al.* Characterization of an insecticidal coumarin from *Boenninghausenia albiflora* [J]. *Phytother Res*, 2006, 20(7): 607-609.
- [9] Negi N, Ochi A, Kurosawa M, *et al.* Two new dimeric coumarins isolated from *Murraya exotica* [J]. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 2005, 53(9): 1180-1182.
- [10] Bishay D W, El-Sayyad S M, Abd El-Hafiz M A, *et al.* Phytochemical study of *Murraya exotica* L. cultivated in

- Egypt. II. coumarins of the leaves [J]. *Bull Pharm Sci*, 1988, 11(1): 88-104.
- [11] Bishay D W, El-Sayyad S M, Abdel-Hafiz M A, *et al.* Phytochemical study of *Murraya exotica* L. cultivated in Egypt. III. coumarins and cycloartenols of the leaves [J]. *Bull Pharm Sci*, 1988, 11(1): 105-121.
- [12] Ito C, Furukawa H. Two new coumarins from *Murraya* plants [J]. *Chem Pharm Bull*, 1989, 37(3): 819-820.
- [13] Ito C, Furukawa H. Constituents of *Murraya exotica* L. Structure elucidation of new coumarins [J]. *Chem Pharm Bull*, 1987, 35(10): 4277-4285.
- [14] Ito C, Furukawa H. Three new coumarins from *Murraya exotica* [J]. *Heterocycles*, 1987, 26(7): 1731-1734.
- [15] Barik B R, Dey A K, Chatterjee A. Murrayatin, a coumarin from *Murraya exotica* [J]. *Phytochemistry*, 1983, 22(10): 2273-2275.
- [16] Barik B R, Dey A K, Das P C, *et al.* Coumarins of *Murraya exotica*. absolute configuration of auraptanol [J]. *Phytochemistry*, 1983, 22(3): 792-794.
- [17] Manandhar M D. 8-Substituted 7-methoxycoumarins from *Murraya exotica* Linn [J]. *Indian J Chem*, 1980, 19B(11): 1006-1008.
- [18] Lakshmi M V, Ratnam C V, Rao N V S. 7-Methoxy-8-(3-butenyl-3-methyl-2-oxo)-coumarin, a new coumarin from *Murraya exotica* [J]. *Indian J Chem*, 1972, 10(5): 564-565.
- [19] Chakraborty D P, Roy S, Chakraborty A, *et al.* Structure and synthesis of mexolide, a new antibiotic dicoumarin from *Murraya exotica* Linn.[Syn. M. Paniculata (L.)Jack.] [J]. *Tetrahedron*, 1980, 36(24): 3563-3564.
- [20] Chakraborty D P, Chowdhury B K, Das B. Mexoticin, a new coumarin from *Murraya exotica* L. [J]. *Tetrahedron Lett*, 1967, 8(36): 3471-3473.
- [21] Ahmad Z A, Begum S. 3-(1,1-Dimethylallyl)xanthyletin from *Murraya exotica* [J]. *Indian Drugs*, 1986, 24(1): 64.
- [22] Zhang J Y, Lu J, Zhang Q, *et al.* Simultaneous screening and identifying four categories of particular flavonoids in the leaves of *Murraya exotica* L. by HPLC-DAD-ESI-MS-MS [J]. *J Chromatogr Sci*, 2014, 52(2): 103-114.
- [23] Desoky E K. Phytochemical study of *Murraya exotica* L. (Rutaceae) growing in Egypt: methoxylated flavones [J]. *Bull Fac Pharm*, 1992, 30(3): 287-292.
- [24] Bishay D W, El-Sayyad S M, Abd El-Hafiz M A, *et al.* Phytochemical study of *Murraya exotica* L. (Rutaceae). I-Methoxylated flavonoids of the leaves [J]. *Bull Pharm Sci*, 1987, 10(2): 55-70.
- [25] Joshi B S, Kamat V N. Isolation of 3,3',4',5,5',7,8-heptamethoxyflavone from *Murraya exotica* [J]. *Phytochemistry*, 1970, 9(4): 889.
- [26] Joshi B S, Kamat V N. Structure of exotycin, a flavone from the leaves of *Murraya exotica* [J]. *Indian J Chem*, 1969, 7(6): 636.
- [27] Ahmad Z A. Murrayazolinol from *Murraya exotica* [J]. *Indian Drugs*, 1994, 31(1): 32-33.
- [28] Desoky E K, Bishay D W. A new dimeric carbazole alkaloid from *Murraya exotica* L.(Rutaceae) cultivated in Egypt [J]. *Bull Fac Pharm*, 1992, 30(3): 231-233.
- [29] Desoky E K, Kanwl M S, Bishay D W. Alkaloids of *Murraya exotica* L. (Rutaceae) cultivated in Egypt [J]. *Bull Fac Pharm*, 1992, 30(3): 235-238.
- [30] Roy S, Bhattacharya L. Girinimbine and koenimbine from *Murraya exotica* Linn [J]. *J Indian Chem Soc*, 1981, 58(12): 1212.
- [31] Ganguly S N, Sarkar A. Exozoline, a new carbazole alkaloid from the leaves of *Murraya exotica* [J]. *Phytochemistry*, 1978, 17(10): 1816-1817.
- [32] Bhattacharyya P, Roy S, Biswas A, *et al.* Mahanimbine and murrayazoline from *Murraya exotica* Linn. (syn. *Murraya paniculata*) [J]. *J Chem Soc*, 1978, 55(3): 308.
- [33] Kong Y C, Cheng K F, Cambie R C, *et al.* Yuehchukene: a novel indole alkaloid with antiimplantation activity [J]. *J Chem Soc*, 1985(2): 47-48.
- [34] Li W Q, Jiang C H, Chu S S, *et al.* Chemical composition and toxicity against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* of the essential oil of *Murraya exotica* aerial parts [J]. *Molecules*, 2010, 15(8): 5831-5839.
- [35] Raina V K, Verma S C, Dhawan S, *et al.* Essential oil composition of *Murraya exotica* from the plains of northern India [J]. *Flavour Fragran J*, 2006, 21(1): 140-142.
- [36] Gupta U, Chandra G. Chemical constituents of the essential oil from the flowers of *Murraya exotica* [J]. *Soap Perfum Cosmet*, 1974, 47(2): 67-68.
- [37] Krishnamoorthy S, Chandrasekaran M, Raj G A, *et al.* Identification of chemical constituents and larvicidal activity of essential oil from *Murraya exotica* L. (Rutaceae) against *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) [J]. *Parasitol Res*, 2015, 114(5): 1839-1845.
- [38] Li W Q, Jiang C H, Chu S S, *et al.* Chemical composition and toxicity against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* of the essential oil of *Murraya exotica* aerial parts [J]. *Molecules*, 2010, 15(8): 5831-5839.
- [39] Ahmad Z A, Begum S. Colensenone and colensanone (non-diterpene oxide) from *Murraya exotica* Linn [J]. *Indian Drugs*, 1987, 24(6): 322.

- [40] Kong Y C, Ng K H, But P P, *et al.* Aurantiamide acetate in the stem bark of *Murraya exotica* [J]. *Planta Med*, 1987, 53(4): 393.
- [41] Das P C, Mandal S, Das A, *et al.* Aurantiamide acetate from *Murraya exotica* L. Application of two-dimensional NMR spectroscopy [J]. *Indian J Chem*, 1990, 29B(5): 495-497.
- [42] 卢远倩. 九里香农用活性研究及成分分析 [D]. 海口: 海南大学, 2012.
- [43] Tiwari O P, Saxena R C. Effect of a juvenile hormone analog on the larval mortality of *Culex fatigans* (Diptera: culicidae) [J]. *Comp Physiol Ecol*, 1984, 9(1): 54-55.
- [44] Wu L H, Li P, Wang X, *et al.* Evaluation of anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Murraya exotica* [J]. *Pharm Biol*, 2010, 48(12): 1344-1353.
- [45] 吴龙火, 温慧玲, 金 奇, 等. 九里香指纹图谱与其抗炎活性的灰关联度分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(4): 338-342.
- [46] 吴龙火, 刘昭文, 许瑞安. 九里香叶的抗炎镇痛作用研究 [J]. 湖北农业科学, 2011, 50(21): 4435-4437.
- [47] Wu L H, Liu H Q, Zhang R, *et al.* Chondroprotective activity of *Murraya exotica* through inhibiting β -catenin signaling pathway [J]. *Evid Based Complementary Alternat Med*, 2013, 2013: 752150.
- [48] El-Sakhawy F S, El-Tantawy M E, Ross S A, *et al.* Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Murraya exotica* L. [J]. *Flavour Frag J*, 1998, 13(1): 59-62.
- [49] 卢远倩, 王兰英, 骆焱平. 九里香精油的抑菌活性及成分分析 [J]. 农药, 2011, 50(6): 56-58.