

doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2022.17.034

八角属植物萜类成分及其药理活性研究进展*

邓富声, 贾学恭, 黄园园, 陈兴广, 袁经权[△]

(广西中医药大学科学实验中心, 广西 南宁 530200)

摘要:目的 为深入研究八角属植物萜类成分和开发其药理活性提供参考。方法 总结 2011 年至 2021 年全球八角属植物中萜类成分的新化合物和药理活性研究进展。结果 八角属植物主要含有挥发油、萜类、黄酮类、木脂素、有机酸等化学成分。其中,萜类新化合物有 80 多个,以结构复杂、类型繁多的倍半萜类为主,具有抗柯萨奇病毒 B3 型、抗乙型肝炎病毒、抗菌、抗氧化、抗炎、营养神经、抑制细胞毒性等多种药理活性。结论 倍半萜类化合物为八角属植物萜类成分的主要成分,其抗病毒、营养神经、抗炎、抑制细胞毒性、抗菌、抗氧化等药理活性有待开发。

关键词:八角属;萜类成分;倍半萜内酯;药理活性;细胞毒性

中图分类号:R932;R285.1

文献标志码:A

文章编号:1006-4931(2022)17-0128-08

Research Progress of Terpenoids from Genus *Illicium* and Their Pharmacological Activities

DENG Fusheng, JIA Xuegong, HUANG Yuanyuan, CHEN Xingguang, YUAN Jingquan

(Science Experiment Center, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning, Guangxi, China 530200)

Abstract: Objective To provide a reference for the further study of the terpenoids from genus *Illicium* and the development of their pharmacological activities. **Methods** The research progresses of new terpenoids from genus *Illicium* in the world and their pharmacological activities from 2011 to 2021 were summarized. **Results** The genus *Illicium* mainly contained volatile oil, terpenoids, flavonoids, lignans, organic acids and other chemical components. Among them, there were more than 80 new terpenoids, mainly sesquiterpenoids with complex structures and various types. These sesquiterpenoids had anti-coxsackie B3 virus, anti-hepatitis B virus, antibacterial, anti-oxidation, anti-inflammatory, neurotrophic and cytotoxicity-inhibiting pharmacological activities. **Conclusion** Sesquiterpenoids are the main terpenoids from genus *Illicium*, and have antiviral, neurotrophic, anti-inflammatory, cytotoxicity-inhibiting, antibacterial and anti-oxidation pharmacological activities, which need to be developed.

Key words: genus *Illicium*; terpenoid; sesquiterpene lactone; pharmacological activity; cytotoxicity

八角属 *Illicium* Linn. 为木兰科八角属植物,该属植物在全球共有 34 种,大多数分布在亚洲的东部和东南部,少数分布在美洲东南部和中南美洲,我国有 28 种、2 变种,其中 19 种为中国特有^[1]。八角属植物为天然药

用植物,可用于治疗风湿关节炎及跌打损伤、外伤性出血等症^[1]。八角属植物主要含有挥发油、萜类、黄酮类等成分。其中,萜类成分为其主要成分,是该属化学成分的研究热点,以倍半萜类成分种类繁多、结构复杂,为

*基金项目:国家自然科学基金[82060700]。

第一作者:邓富声,男,在读硕士研究生,研究方向为中药活性成分,(电子信箱)dengfusheng9527@163.com。

[△]通信作者:袁经权,男,博士研究生,研究员,研究方向为中药及天然药物,(电子信箱)yjqgx@163.com。

- limus monotherapy in adult-onset nephrotic syndrome caused by idiopathic membranous nephropathy[J]. Ren Fail, 2017, 39(1):512-518.
- [5] 陈 巍,余学清. 中国成人肾病综合征免疫抑制治疗专家共识[J]. 中华肾脏病杂志,2014,30(6):467-474.
- [6] 杨 宁,陈吉林,刘顺芳,等. 单用他克莫司和联合五酯胶囊治疗免疫性肾小球疾病的单中心回顾性研究[J]. 医学与哲学,2017,38(5B):34-36.
- [7] 徐亚飞,董瑞华,马静洁,等. CYP3A 和 MDR1 基因多态性与他克莫司血药浓度的相关性[J]. 中国药物应用与监测, 2015,12(1):59-62.
- [8] DEININGER KM, VU A, PAGE RL 2nd, et al. CYP3A pharmacogenetics and tacrolimus disposition in adult heart transplant recipients[J]. Clinical Transplantation, 2016,30(9):1074-1081.
- [9] 舒向荣,谢 栋. CYP3A5 基因多态性指导肝移植术后他克莫司个体化治疗的研究进展[J]. 天津药学,2018,30(5):66-69.
- [10] 沈丛欢,夏 强,薛 峰,等. 肝移植受者 CYP3A5 基因多态性对他克莫司血药浓度与剂量比值的影响[J]. 中华移植杂志:电子版,2013,7(2):66-70.
- [11] 丁 晴,冯端浩. CYP3A5 基因多态性与临床合理用药[J]. 解放军药学报,2015,31(5):435-438.
- [12] 王志宏,刘 蕾. 他克莫司的药物相互作用研究进展[J]. 临床合理用药杂志,2011,4(25):117-121.
- [13] 史天陆,孙言才,沈爱宗,等. 他克莫司临床不良反应与防治[J]. 中国医院用药评价与分析,2009,9(1):67-69.

(收稿日期:2021-10-22;修回日期:2022-03-17)

八角属植物的特征成分。此外,还有二萜、三萜等成分^[2]。八角属植物的提取物及萜类成分具有多种活性,如抗菌、抗氧化、抗炎、营养神经等^[2]。在此,总结了2011年至2021年对八角属萜类成分及其药理活性的研究进展,以促进八角属植物的综合利用。

1 萜类成分

1.1 单萜(化合物 1-5)

八角属植物中发现的单萜为薄荷烷型单萜骨架,由1个异丙基和1个甲基环己烷组成,目前有5类。详见表1,其化学结构式见图1。

表1 八角属单萜类化合物

Tab. 1 Monoterpenoids from genus *Illicium*

化合物	化学成分	基原	部位	文献
1	p-mentha-1(7),8-dien-2-O-β-D-glucoside	<i>I. lanceolatum</i> (莽草)	fruit	[3]
2	trans-2,4-dihydroxy-2,4-dimethyl-trans-1-acetic acid γ-lactone	<i>I. lanceolatum</i> (莽草)	fruit	[3]
3	(1S,3R,5S)-1,3-dihydroxy-menth-8-ene	<i>I. lanceolatum</i> (莽草)	pericarps	[4]
4	wardicines A	<i>I. wardii</i> (贡山八角)	fruit	[5]
5	wardicines B	<i>I. wardii</i> (贡山八角)	fruit	[5]

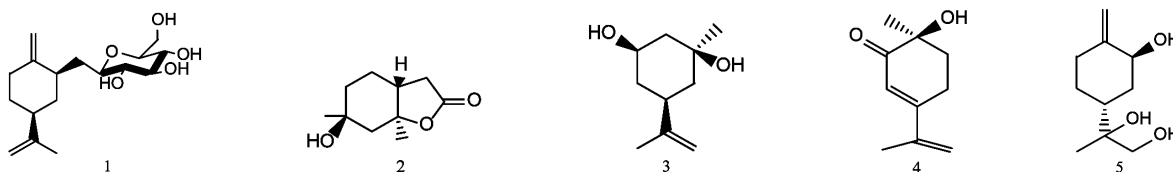


图1 八角属单萜类化合物化学结构式

Fig. 1 Chemical structures of monoterpenoids from genus *Illicium*

化合物9-11是首次从八角属植物中提取分离到的吉玛烷型倍半萜^[4];化合物57是首次从八角属植物中发现的seco-prezizaane型降倍半萜内酯^[21];化合物59具有5/5/6三环骨架,是一个新的seco-prezizaane型倍半萜类成分^[15];化合物66是一种新的具有6/6/5三碳环骨架的seco-prezizaane型倍半萜的生物合成前体;化合物67是首次从八角属植物中发现的由6/4/6三环系统组成的Chamipinene型倍半萜^[25]。

1.3 二萜(化合物 68-78)

八角属植物二萜成分主要为松香烷型二萜,C-4位存在一个偕二甲基,分别对应C-18(α),C-18(β);C-5位氢为α构型;C-8位氢为β构型;C-9位氢为α构型;C-10位为β甲基;C-13位同时有一个处于α构型的异丙基。二萜类化合物见表3,其化学结构式见图3。

1.2 倍半萜(化合物 6-67)

八角属植物中发现的倍半萜类化合物种类繁多、结构复杂,详见表2和图2。细分为9类不同结构,分别为单环金合欢烷型、吉玛烷型、花侧柏烷型、菖蒲烷型、倍半萜烷型、Azulene型、seco-prezizaane型、Allo-cedrane型、Chamipinene型。其中,单环金合欢烷型倍半萜通常由焦磷酸金合欢的C6-C11成键环合成1个六元环结构;吉玛烷型倍半萜的碳骨架母核中包含1个特有的十元大环结构,构型较复杂;花侧柏烷型倍半萜是1个五元环和六元环相连,2号位上连有2个甲基的双环连环倍半萜;菖蒲烷型倍半萜是1个五元环螺六元环的双环螺环倍半萜;倍半萜烷型倍半萜是1个三元环并六元环的双环倍半萜;Azulene型倍半萜属萘类化合物,是由五元环的环戊二烯负离子与七元环的环庚三烯正离子耦合而成,具有一定芳香性;seco-prezizaane型倍半萜结构变化多样,根据其结构骨架不同又分为以下亚型:Anisatin亚型、Majucin亚型、Floridanolide亚型、Pseudoanisatin亚型、Pseudomajucin亚型、Tashironin亚型、Cycloparvifloralane亚型、Anislactone亚型及其他亚型^[26]等;Allo-cedrane型倍半萜是5/6/6三环系统组成的三环倍半萜;Chamipinene型倍半萜是新的具有6/6/5三碳环骨架的seco-prezizaane型倍半萜的生物合成前体结构。

1.4 三萜(化合物 79-80)

八角属植物的三萜成分以环阿屯烷型三萜为主,是环角鲨烯经椅船-椅构象式环合而成,其13位、14位分别连有β-CH₃、α-CH₃,10位甲基(C-19)与9位脱氢形成三元环,C-20为R构型,A/B环、B/C环、C/D环均为反式,其中裂环环阿屯烷型三萜A环开裂。详见表4和图4。

2 药理活性

2.1 抗柯萨奇病毒 B3 型

化合物66对柯萨奇病毒B3型的选择性指数(SI)为7.0,半数抑制浓度(IC₅₀)为11.1 μmol/L^[24]。化合物36、化合物63和化合物64有中等抗柯萨奇病毒B3型的活性,IC₅₀分别为40.5,66.67,91.07 μmol/L^[8]。化合物68和化合物69的IC₅₀分别为17.4 μmol/L和12.8 μmol/L,C-19位上的羰基是抗柯萨奇病毒B3型

表 2 八角属倍半萜类化合物
Tab. 2 Sesquiterpenoids from genus *Illicium*

化合物	化学成分	类型	基原	部位	文献	化合物	化学成分	类型	基原	部位	文献
6	8' - oxo - 6 - hydroxy - dihydrophaseic acid	单环金合欢烷型	<i>I. dunnianum</i> (红花八角)	root	[6]	24	burmanicumolide B	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. burmanicum</i> (中緬八角)	stem bark	[13]
7	6 - hydroxy - dihydrophaseic acid	单环金合欢烷型	<i>I. dunnianum</i> (红花八角)	root	[6]	25	burmanicumolide C	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. burmanicum</i> (中緬八角)	stem bark	[13]
8	8' - oxo - 6 - hydroxy - dihydrophaseic acid methyl ester	单环金合欢烷型	<i>I. dunnianum</i> (红花八角)	root	[7]	26	burmanicumolide D	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. burmanicum</i> (中緬八角)	stem bark	[13]
9	(1 <i>R</i> ,5 <i>S</i> ,7 <i>R</i>) - 1,5 - dihydroxygermacra - 4(15),10(14),11(12) - triene	吉玛烷型	<i>I. lanceolatum</i> (莽草)	pericarp	[4]	27	burmanicumolide E	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. ternstroemioides</i> (厚皮香八角)	stem and branch	[14]
10	(1 <i>S</i> ,5 <i>S</i> ,7 <i>R</i>) - 1,5 - dihydroxygermacra - 4(15),10(14),11(12) - triene	吉玛烷型	<i>I. lanceolatum</i> (莽草)	pericarp	[4]	28	dunnianolide A	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. dunnianum</i> (红花八角)	root	[6]
11	(1 <i>S</i> ,5 <i>R</i> ,7 <i>R</i>) - 1,5 - dihydroxygermacra - 4(15),10(14),11(12) - triene	吉玛烷型	<i>I. lanceolatum</i> (莽草)	pericarp	[4]	29	dunnianolide B	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. dunnianum</i> (红花八角)	root	[6]
12	dunnianoside I	花侧柏烷型	<i>I. dunnianum</i> (红花八角)	root	[7]	30	2 - oxo - 6 - dehydroxyneoisatinic acid	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. lanceolatum</i> (莽草)	fruit	[15]
13	1 <i>S</i> - (2 <i>R</i> - hydroxymethyl)-toxy - 4 <i>R</i> ,8 <i>S</i> - dimethylspiro[4.5]dec - 7 - one	菖蒲烷型	<i>I. jiadifengpi</i> (假地枫皮)	root	[8]	31	3,4 - anhydro - 2 - oxo - 6 - dehydroxyneoisatinic acid	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. lanceolatum</i> (莽草)	fruit	[15]
14	sesquicaranic acid C	倍半菖烷型	<i>I. difengpi</i> (地枫皮)	pericarp	[9]	32	majusanols E	seco - prezizaane 型 (Pseudoanisatin 亚型)	<i>I. majus</i> (大八角)	root	[16]
15	illihenazulene A	Azulene 型	<i>I. henryi</i> (红茴香)	root	[10]	33	majusanol E - 13 - <i>O</i> - β - <i>D</i> - glucopyranoside	seco - prezizaane 型 (Pseudoanisatin 亚型)	<i>I. majus</i> (大八角)	root	[16]
16	3 β - OH - veranisatins D	seco - prezizaane 型 (Anisatin 亚型)	<i>I. simonsii</i> (野八角)	fruit	[11]	34	8 - <i>O</i> - β - <i>D</i> - glucopyranosyl - 8 α - hydroxy - 6,10 - dideoxycycloparylflorolide	seco - prezizaane 型 (Pseudoanisatin 亚型)	<i>I. jiadifengpi</i> (假地枫皮)	root	[8]
17	3,4 - dehydroneomajucin	seco - prezizaane 型 (Majucin 亚型)	<i>I. jiadifengpi</i> (假地枫皮)	fruit	[12]	35	2 β - benzyloxy - 6 α - hydroxypseudomajucin	seco - prezizaane 型 (Pseudomajucin 亚型)	<i>I. jiadifengpi</i> (假地枫皮)	root	[8]
18	1,2,3,4 - tetrahydroneomajucin	seco - prezizaane 型 (Majucin 亚型)	<i>I. jiadifengpi</i> (假地枫皮)	fruit	[12]	36	14 - <i>O</i> - β - <i>D</i> - glucopyranosyl pseudomajucinone	seco - prezizaane 型 (Pseudomajucin 亚型)	<i>I. jiadifengpi</i> (假地枫皮)	root	[8]
19	illihenlactoneoside D	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. henryi</i> (红茴香)	root	[10]	37	dunnianolide C	seco - prezizaane 型 (Pseudomajucin 亚型)	<i>I. dunnianum</i> (红花八角)	root	[6]
20	illihenlactoneoside E	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. henryi</i> (红茴香)	root	[10]	38	dunnianolide D	seco - prezizaane 型 (Pseudomajucin 亚型)	<i>I. dunnianum</i> (红花八角)	root	[6]
21	illihenlactoneoside F	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. henryi</i> (红茴香)	root	[10]						
22	illihenlactoneoside G	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. henryi</i> (红茴香)	root	[10]						
23	burmanicumolide A	seco - prezizaane 型 (Floridanolide 亚型)	<i>I. burmanicum</i> (中緬八角)	stem bark	[13]						

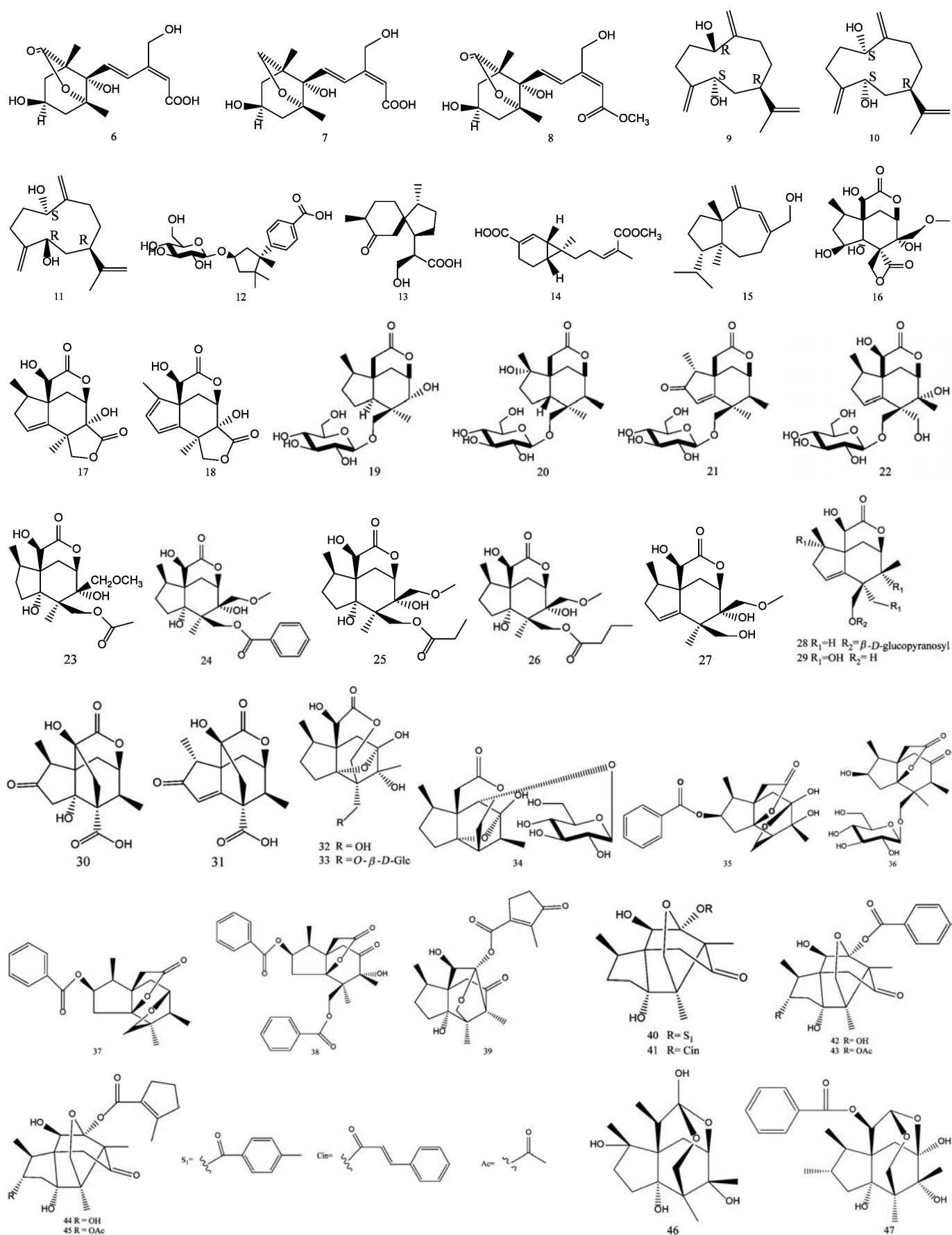
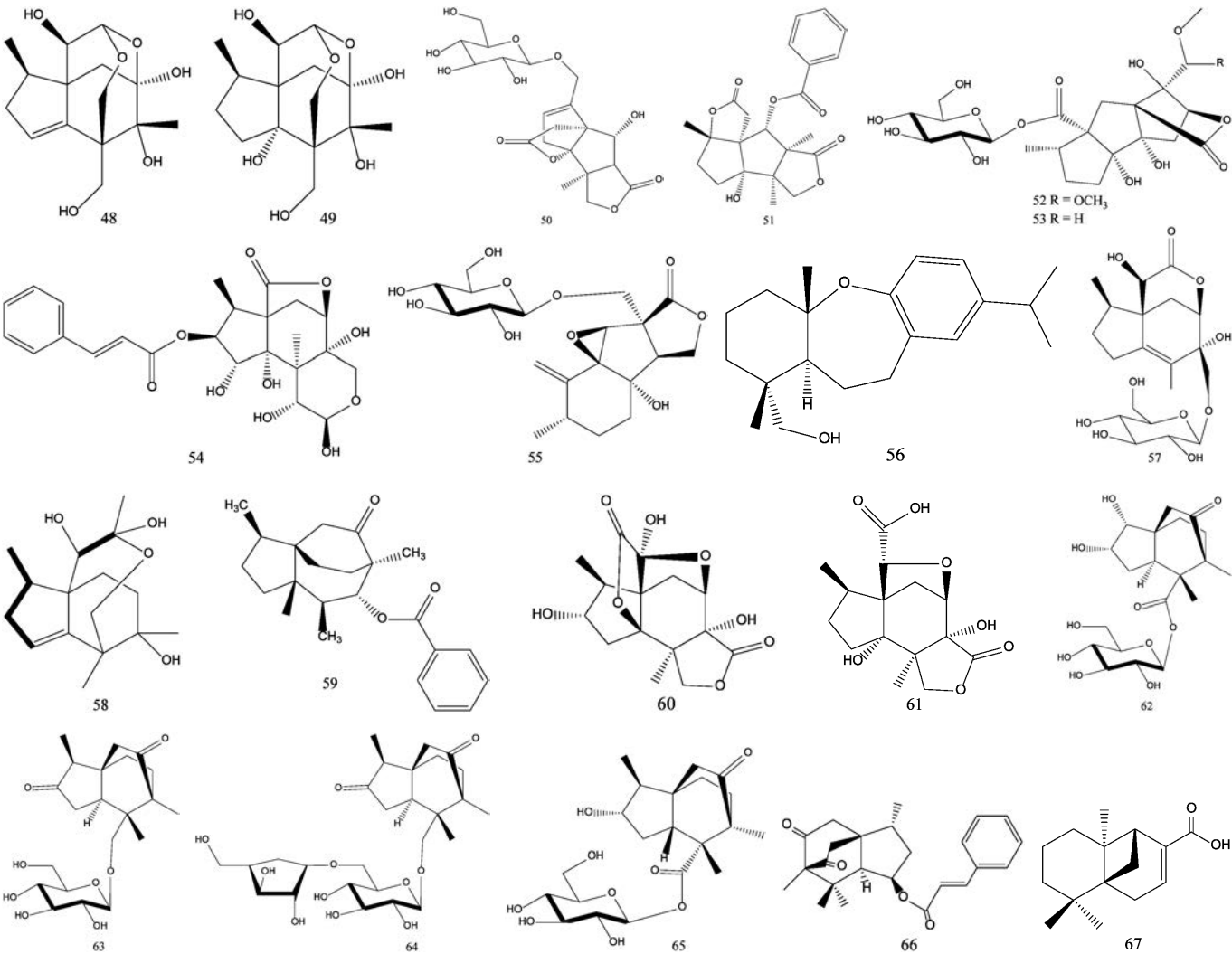


图2 八角属倍半萜类化合物化学结构式

Fig. 2 Chemical structures of sesquiterpenoids from genus *Illicium*



续图2 八角属倍半萜类化合物化学结构式

Continued Fig. 2 Chemical structures of sesquiterpenoids from genus *Illicium*

表3 八角属二萜类化合物

Tab. 3 Diterpenoids from genus *Illicium*

化合物	化学成分	基原	部位	文献
68	majusanic acid E	<i>I. majus</i> (大八角)	root	[16]
69	majusanic acid F	<i>I. majus</i> (大八角)	root	[16]
70	majusanins A	<i>I. majus</i> (大八角)	root	[16]
71	majusanins B	<i>I. majus</i> (大八角)	root	[16]
72	majusanins C	<i>I. majus</i> (大八角)	root	[16]
73	wardinols A	<i>I. wardii</i> (贡山八角)	fruit	[27]
74	wardinols B	<i>I. wardii</i> (贡山八角)	fruit	[27]
75	majusanic acid A	<i>I. majus</i> (大八角)	twig and leaf	[18]
76	majusanic acid B	<i>I. majus</i> (大八角)	twig and leaf	[18]
77	majusanic acid C	<i>I. majus</i> (大八角)	twig and leaf	[18]
78	majusanic acid D	<i>I. majus</i> (大八角)	twig and leaf	[18]

HBeAg的抑制率分别为(30.08±3.09)%与(11.43±1.92)%和(7.88±1.21)%与(16.96±4.24)%^[12]。

2.3 营养神经

对化合物9和化合物11人神经母细胞瘤细胞系SH-SY5Y细胞的增殖活性进行评价,化合物9(62.5 μmol/L)和化合物11(15.6 μmol/L)干预培养SH-SY5Y细胞48 h,分别增殖了36.2%和45.8%。结果表明化合物9和化合物11均对SH-SY5Y细胞的增殖活性,其具有较弱的营养神经活性^[4]。假地枫皮根皮提取液对经神经生长因子诱导的嗜铬细胞瘤细胞(PC12)的增殖及未分化PC12细胞凸起的生长均有促进作用^[29]。

2.4 抗炎

化合物6影响血小板活化因子刺激的大鼠中性粒细胞β-葡萄糖醛酸酶的释放,通过MTT比色法计算得IC₅₀为(2.10±0.40)μmol/L^[6]。化合物79和化合物80对脂多糖(LPS)诱导的炎症RAW264.7细胞肿瘤坏死因子-α(TNF-α)分泌的影响,化合物79和化合物80对TNF-α的抑制率分别为90%和85%;对LPS诱导的

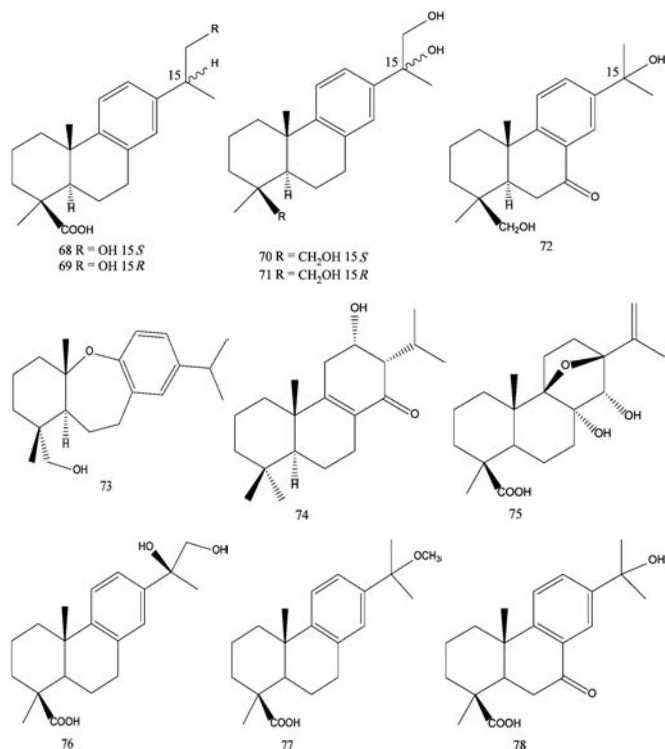


图3 八角属二萜类化合物化学结构式

Fig. 3 Chemical structures of diterpenoids from genus *Illicium*

表4 八角属三萜类化合物

Tab. 4 Triterpenoids from genus *Illicium*

化合物	化学成分	基原	部位	文献
79	illiciumolide A	<i>I. difengpi</i> (地枫皮)	stem bark	[28]
80	illiciumolide B	<i>I. difengpi</i> (地枫皮)	stem bark	[28]

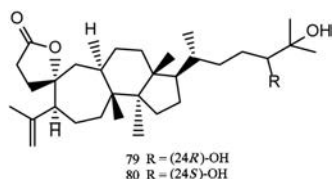


图4 八角属三萜类化合物化学结构式

Fig. 4 Chemical structures of triterpenoids from genus *Illicium*

炎症 RAW264.7 细胞核因子激活的 B 细胞的 κ -轻链增强(NF- κ B)分泌的影响,化合物 79 和化合物 80 在质量浓度分别为 10 μ g/mL 和 20 μ g/mL 时能大幅减少 NF- κ B 分泌^[28]。化合物 65 的 IC_{50} 为 26.9 μ mol/L。化合物 24、化合物 25 和化合物 26 有抗炎活性, IC_{50} 分别为 8.49、9.80、10.7 μ mol/L。化合物 76 有抗炎活性, IC_{50} 为 (0.26 $\pm$ 0.03) μ mol/L^[24]。对莽草根 80% 乙醇提取物,石油醚、乙酸乙酯、正丁醇提取物和水部位进行抗炎镇痛活性跟踪筛选,石油醚组、水组均能显著抑制二甲苯致小鼠的耳肿胀程度,抑制率分别为 39.92% 和 53.11% ($P < 0.05$),表明石油醚部位和水部位为莽草中抗炎活性组部位^[30]。

2.5 抑制细胞毒性

用 MTT 比色法测量化合物 55 对 PC12 的细胞活力,结果为 (68.30 $\pm$ 2.42)% ($P = 0.001$),对 PC12 有较弱的细胞毒性^[10]。化合物 16 对去血清和谷氨酸损伤的 PC12 有一定毒性作用,细胞存活率分别为 (34.3 $\pm$ 0.7)% 和 (44.2 $\pm$ 1.6)%^[11]。采用 MTT 比色法对其进行细胞毒活性评价,结果表明,化合物 58 对人结肠癌细胞 HCT-8、人肝癌细胞 Bel-7402、人胃癌细胞 BGC-823 及人肺癌细胞 A549 的 IC_{50} 分别为 42.3、48.5、51.1、39.9 μ mol/L^[22]。

2.6 抗菌

采用纸片法对八角属植物果实与叶子的 35 种粗提取物进行抗菌活性研究,阳性对照药庆大霉素对枯草芽孢杆菌的抑菌圈直径为 29.91 mm,而八角茴香果实和披针叶茴香果实的总提取物、乙酸乙酯部位和正丁醇部位,以及野八角果实和叶的乙酸乙酯部位对枯草芽孢杆菌的抑菌圈直径均在 11.40 mm 以上,具有显著抑制枯草芽孢杆菌生长的作用^[31]。

2.7 抗氧化

从八角茴香 95% 乙醇提取物中萃取的乙酸乙酯部位和乙醚部位具有清除二苯基苦基苯肼(DPPH)自由基的活性, IC_{50} 分别为 38.60 μ mol/L 和 57.43 μ mol/L,其中乙酸乙酯部位中的总酚(4.5 g 没食子酸/100 g)和总黄酮(6.9 g 槲皮素/100 g)的水平比其他部位高^[32]。

3 结语

八角属植物中的主要成分为挥发油、萜类、黄酮、木脂素、有机酸等,其中萜类成分为该属植物的特征成分,而在萜类成分中,又以倍半萜类为主,其具有较好的抗病毒、营养神经、抗炎、抑制细胞毒性、抗菌、抗氧化等药理活性。

八角属植物中,除了药食两用药材八角茴香没有毒性外,其他植物或大或小均有毒性,尤其莽草、红茴香、野八角等有剧毒。八角茴香与其他同属植物的成分差异主要体现在萜类成分,尤其是倍半萜类。毒性成分是开发肿瘤细胞毒药物的潜在药源之一,亟待业界对八角属有毒植物给予关注和深入研究。

参考文献

- [1] 林 祁. 八角属药用植物资源[J]. 中草药, 2002, 33(7): 81-84.
- [2] 郭志荣, 林 祁. 八角目(*Illiciales*)植物花被片表皮比较形态[J]. 植物研究, 2008, 28(2): 155-167.
- [3] LIU JF, LI HJ, WANG LX, et al. Two new monoterpenes from the fruits of *Illicium lanceolatum*[J]. Molecules, 2013, 18(10): 11866-11872.
- [4] ZHAO M, ZHANG XM, WANG Y, et al. Germacranes and menthane from *Illicium lanceolatum*[J]. Molecules, 2014, 19(4):

- 4326 – 4337.
- [5] GAO YP, WU Q, SHEN YH, et al. Two new menthane monoterpenes from *Illicium wardii*[J]. Asian Nat Prod Res, 2016, 18(5): 450 – 455.
- [6] BAI J, CHEN H, FANG ZF, et al. Sesquiterpenes from the roots of *Illicium dunnianum*[J]. Phytochemistry, 2012, 80: 137 – 147.
- [7] BAI J, CHEN H, FANG ZF, et al. Sesquiterpenes and neolignans from the roots of *Illicium dunnianum*[J]. Asian Nat Prod Res, 2012, 14(10): 940 – 949.
- [8] ZHANG GJ, ZHUANG PY, WANG XJ, et al. Sesquiterpenes from the roots of *Illicium jiadifengpi* [J]. Planta Med, 2013, 79(12): 1056 – 1062.
- [9] NING DS, FU YX, PENG LY, et al. Phytochemical constituents of the pericarps of *Illicium difengpi* and their anti – inflammatory activity[J]. Nat Prod Res, 2020, 34(12): 1756 – 1762.
- [10] ZHUANG PY, ZHANG GJ, WANG XJ, et al. Novel sesquiterpenoid glycosides and sesquiterpenes from the roots of *Illicium henryi*[J]. Planta Med, 2013, 79(15): 1453 – 1460.
- [11] 冯亚静. 野八角化学成分的研究及其神经保护活性的初步评价[D]. 唐山: 华北理工大学, 2017.
- [12] LIU JF, LIU FY, ZHANG NL, et al. Two new sesquiterpene lactones from the fruits of *Illicium jiadifengpi* [J]. Nat Prod Res, 2016, 30(3): 322 – 326.
- [13] HUANG DD, DENG HP, CHEN WS, et al. Four new sesquiterpene lactones from the stem bark of *Illicium burmanicum*[J]. Fitoterapia, 2014, 92: 194 – 199.
- [14] 张建培, 李文睿, 雍锦瑶, 等. 厚皮香八角茎枝中 1 个新的 *seco* – *prezizaane* 型倍半萜内酯[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(22): 5848 – 5852.
- [15] NIE W, DING LF, LEI T, et al. Illilanceolide A, a unique *seco* – *prezizaane* sesquiterpenoid with 5 / 5 / 6 tricyclic scaffold from the fruits of *Illicium lanceolatum* A. C. Smith[J]. Tetrahedron Letters, 2021, 70: 153022.
- [16] WANG YD, ZHANG GJ, QU J, et al. Diterpenoids and sesquiterpenoids from the roots of *Illicium majus* [J]. Nat Prod, 2013, 76(10): 1976 – 1983.
- [17] LIU JF, LI HJ, ZHANG JM, et al. A new sesquiterpene lactone from the fruits of *Illicium henryi*[J]. Chin J Nat Med, 2014, 12(6): 477 – 480.
- [18] FANG ZF, ZHANG GJ, CHEN H, et al. Diterpenoids and sesquiterpenoids from the twigs and leaves of *Illicium majus*[J]. Planta Med, 2013, 79(2): 142 – 149.
- [19] LIU TT, WU HB, WANG WS, et al. A new illicinolide from leaves of *Illicium micranthum* Dunn[J]. Nat Prod Res, 2014, 28(19): 1598 – 1601.
- [20] YONG JY, LI WR, WANG XJ, et al. Illihenin A: An Antiviral Sesquiterpenoid with a Cage – like Tricyclo [6. 2. 2. 0^{1,5}] dodecane Skeleton from *Illicium henryi*[J]. J Org Chem, 2021, 86(2): 2017 – 2022.
- [21] 董旭俊, 罗仕德. 小花八角化学成分研究[J]. 中草药, 2012, 43(6): 1041 – 1044.
- [22] 方振峰, 张丽, 刘欣, 等. 大八角枝叶中 1 个新的 *seco* – *prezizaane* 型倍半萜化合物[J]. 中草药, 2016, 47(16): 2803 – 2805.
- [23] LIU JF, WANG L, WANG YF, et al. Sesquiterpenes from the fruits of *Illicium jiadifengpi* and their anti – hepatitis B virus activities[J]. Fitoterapia, 2015, 104: 41 – 44.
- [24] LIU H, CHEN MH, LANG YJ, et al. Sesquiterpenes from the fruits of *Illicium Simonsii* maxim [J]. Nat Prod Res, 2020, 34(7): 903 – 908.
- [25] LÜ HN, MA SG, LIU YB, et al. Sesquiterpenes from the roots of *Illicium oligandrum*[J]. Asian Nat Prod Res, 2015, 17(5): 430 – 438.
- [26] 刘阳澜. 披针叶茴香果实化学成分及其生物活性研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2019.
- [27] WANG YD, ZHANG GJ, QU J, et al. Diterpenoids and sesquiterpenoids from the roots of *Illicium majus*[J]. Journal of Natural Products, 2013, 76(10): 1976 – 1983.
- [28] LI CT, XI FM, MI JL, et al. Two New 3, 4; 9, 10 – *seco* – Cycloartane Type Triterpenoids from *Illicium difengpi* and Their Anti – Inflammatory Activities [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2013, 2013: 942541.
- [29] 赵 飏, 何 玲. 假地枫皮根皮提取液对神经细胞生长的影响[J]. 海军医学杂志, 2016, 37(3): 218 – 219.
- [30] 梁 婕. 莽草的化学成分和生物活性研究[D]. 福州: 福建中医药大学, 2011.
- [31] 李慧娟, 李惠茹, 王晓琳, 等. 八角属植物的抗菌活性研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(23): 178 – 180.
- [32] YANG CH, CHANG FR, CHANG HW, et al. Investigation of the antioxidant activity of *Illicium verum* extracts [J]. Journal of Medicinal Plant Research, 2012, 6(2): 314 – 324.

(收稿日期: 2021 – 10 – 19; 修回日期: 2022 – 03 – 29)

中国科技核心期刊 中国科技论文统计源期刊

《中国药业》杂志 欢迎投稿! 欢迎订阅!

邮发代号: 78 – 130, 各地邮局均可订阅; 补订、破月订可向本刊办理。电话兼传真: (023) 86592565

网上投稿: <http://www.zhongguoyaoye023.com> 或 中国药业在线投稿系统