

• 综 述 •

• 特邀稿件 •

姜花属植物的化学成分和生物活性研究进展

史路利, 乔温皓, 钱启超, 侯博, 陈兴龙, 张荣平*

(云南中医药大学中药学院暨云南省南药可持续利用研究重点实验室, 云南 昆明 650500)

摘要: 姜科姜花属共有 50 余种, 在我国南方地区广泛分布。姜花属植物花多艳丽, 故作为园艺植物, 园林多有栽培, 部分为药用植物。近年来国内外学者对姜花属植物研究不断加深, 发现姜花属植物含有挥发油、倍半萜、二萜、二苯基庚烷、甾体和黄酮等化学成分, 并具有抗炎、抗菌和抗氧化等作用。现对姜花属植物的化学成分及药理作用进行总结, 为后续研究提供参考。

关键词: 姜花属; 化学成分; 生物活性; 倍半萜; 二萜

中图分类号: R285.5; R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2723(2023)05-0088-16

DOI: 10.19288/j.cnki.issn.1000-2723.2023.05.017

Chemical Constituents and Bioactivities of *Hedychium* Koen. Plants

SHI Luli, QIAO Wenhao, QIAN Qichao, HOU Bo, CHEN Xinglong, ZHANG Rongping

(School of Chinese Materia Medica & Yunnan Key Laboratory of Southern Medicine Utilization,
Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650500, China)

ABSTRACT: The *Hedychium* Koen. genus, containing 50 plants, belongs to the Zingiberaceae family, which are widely distributed in southern China. The flowers of *Hedychium* genus are beautiful so that they are cultivated in the gardens as horticultural plants, and some of them are used as herbal medicines. In recent years, scholars have been deepening their research on the *Hedychium* genus. It has been found that plants of *Hedychium* genus contain volatile oils, sesquiterpenoids, diterpenoids, diphenylheptanes, steroids, and flavonoids, which present the bioactivities of anti-inflammatory, antibacterial, and antioxidant. Hence, we summarized the chemical constituents and bioactivities of *Hedychium* plants in this paper and aimed to lay the foundation of further study of *Hedychium* plants.

KEY WORDS: *Hedychium* Koen. (Zingiberaceae); chemical constituents; bioactivities; sesquiterpenoids; diterpenoids

姜花属 (*Hedychium* Koen.) 为姜科 (Zingiberaceae) 植物, 陆生或附生草本, 具根状茎, 花多艳丽。姜花属下植物约 50 种, 多产于亚洲热带地区; 我国野生姜花属植物有 32 种、2 变种和 2 变型, 包括姜花 (*H. coronarium* Koen.)、黄姜花 (*H. flavum* Roxb.)、无丝姜花 (*H. efilamentosum* Hand.-Mazz.)、圆瓣姜花 (*H. forrestii* Diels)、滇姜花 (*H. yunnanense* Gagnep.)、红姜花 (*H. coccineum* Buch.-Ham.) 和草果药

(*H. spicatum* Buch.-Ham. ex Smith) 等^[1]。主要分布于我国南部地区和西南部地区, 如云南、贵州、西藏等地, 除红姜花以外, 姜花属中的其他植物在云南均有分布^[2-3]。由于我国野生姜花属植物花多艳丽、具香气、形态奇特, 具有很高的观赏价值, 故园林多有栽培^[4-5]。姜花属部分植物可做药用, 具有解表散寒、温中止痛之功, 用于治疗感冒、疼痛和胃肠道疾病, 在民间有悠久的用药历史。黄姜花具有温中健胃的功效,

基金项目: 国家自然科学基金项目 (32160107); 云南省基础研究计划-青年项目 (202201AU070166); “云岭学者”支持计划; 云南省基础研究计划中医联合专项-面上项目 (202101AZ070001-222)

作者简介: 史路利 (1999-), 女, 在读硕士研究生, E-mail: 2590280906@qq.com

* **通信作者:** 张荣平 (1964-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向: 天然药物活性成分及中药药效物质基础, E-mail: zhrpkm@163.com

据《云南省志》和《傣医药》记载,可治疗咳嗽和腰酸疼痛。黄姜花根茎也可入药,民间称其根茎为夜寒苏,具有发汗解表、祛风散寒等功效,用于治疗感冒、头身疼痛、跌打损伤等病症^[3,6]。草果药以根茎入药,可治疗感冒和头身疼痛;姜花以根茎入药,可治疗头身疼痛、风湿等病症^[2-3]。同时,姜花属部分植物可作为食品原料,如以姜花为原料可制作花茶、雪糕等^[7-8]。此外,白姜花根茎提取物具有保鲜效果,在天然防腐剂的开发方面具有潜在的应用价值^[9]。

近年来,国内外学者对姜花属植物的研究逐渐加深,研究最多的植物为姜花、滇姜花、圆瓣姜花和草果药等。研究表明,姜花属植物中含有多种活性成分,如挥发油、倍半萜、二萜、二苯基庚烷、甾体和黄酮等,并具有抗炎、抗菌和抗氧化等多种药理作用。现对姜花属植物的化学成分及药理作用进行总结,以为后期研究提供参考。

1 化学成分

1.1 挥发油 姜花属植物多含有挥发油。Ray 等^[10]对从 *H. greenii* W.W. Sm. 和 *H. gracile* Roxb 的根茎中提取的精油进行 GC-FID 和 GC-MS 分析研究,从 *H. greenii* 和 *H. gracile* 的精油中分别鉴定出 30 个和 29 种成分,占总油的 99.62% 和 96.74%。Lima 等^[11]从姜花根茎挥发油中鉴定出 36 种成分,主要成分为 1,8-桉叶素(1,8-cineole)和 β -蒎烯(β -pinene)等。Arya 等^[12]运用 GC-MS 技术研究红姜花挥发油所含成分,分别在茎上部分及根茎中鉴定出 50 种和 32 种成分。其中,根茎挥发油的主要成分为(E)-橙花叔醇[(E)-nerolidol]和乙酸龙脑酯(bornyl acetate),而地上部分挥发油主要含有 α -法尼烯(α -farnesene)等。Tian 等^[13]运用 GC-MS 技术研究黄姜花挥发油所含成分,主要成分为 β -蒎烯(β -pinene)和 α -蒎烯(α -pinene)。

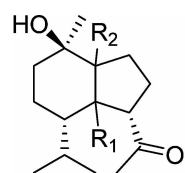
1.2 倍半萜 倍半萜是由 3 个异戊二烯单元构成的包含 15 个碳的一类化合物,是姜花属植物的一类活性成分。姜花属所含倍半萜骨架类型较多,包括 oplopanone 型、桉烷型、石竹烷型、金合欢烷型、杜松烷型、drimane 型和榄香烷型 7 种。本文共整理得 28 个倍半萜,主要来自于姜花、滇姜花和草果药。

1.2.1 oplopanone 型倍半萜 Carvalho 等^[14]从红丝姜花根茎中分离得 oplopanone(**1**),而 oplapanone(**2**)则

于 2013 年被国外学者 Suresh 等^[15]从草果药的根茎中分离得到。

表 1 姜花属植物中所含 oplopanone 型倍半萜的来源

编号	名称	来源	部位	参考文献
1	oplopanone	红丝姜花(<i>H. gardnerianum</i>)	根茎	[14]
2	oplapanone	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]



1 R₁= α -H R₂= β -H
2 R₁=H R₂=H

图 1 姜花属植物中所含 oplopanone 型倍半萜的结构

1.2.2 桉烷型倍半萜 桉烷型倍半萜是姜花属中较为常见的化合物类型,主要来自于姜花和草果药。Suresh 等从草果药的根茎中分离得到 5,6-去氢- α -桉叶醇(5,6-dehydro- α -eudesmal,**3**), γ -桉叶醇(γ -eudesmal,**4**),3-羟基- γ -桉叶醇(3-hydroxy- γ -eudesmal,**5**),anhuienosol(**6**),1,2-dehydrocarrissonol(**7**),4,15-epoxy eudesmol(**8**),4,15-epoxy-eudesmol(**9**),eudesma-4(15)-ene-1,11-diol(**10**), β -桉叶醇(β -eudesmal,**11**),3-羟基- β -桉叶醇(3-hydroxy- β -eudesmol,**12**),mucrolidin(**13**), Δ^7 - β -桉叶醇(Δ^7 - β -eudesmal,**14**),opladiol(**15**),hydroxycryptomeridiol(**16**)^[15],而后又从姜花中分离得柳杉二醇(cryptomeridiol,**17**)^[16]。Zhu 等^[17]于 2007 年从滇姜花中分离得 hedytriol(**18**)。

1.2.3 其它类型倍半萜 Suresh 等^[15]从草果药的根茎中分离得到石竹烷型倍半萜 β -氧化石竹烯(β -caryophyllene oxide,**19**)和榄香烷型倍半萜榄香醇(elemol,**20**)。Kiem 等^[18]从姜花中分离得到金合欢烷型倍半萜(E)-橙花叔醇[(E)-nerolidol,**21**]。赵映梅^[19]等首次从滇姜花中分离得到金合欢烷型倍半萜橙花叔醇(nerolidol,**22**)以及杜松烷型倍半萜 γ -杜松烯(γ -cadinene,**23**), δ -杜松烯(δ -cadinene,**24**), α -衣兰油烯(α -muurolene,**25**)和 epicubenol(**26**)。王朝训^[20]从滇姜花中分离得到 drimane 型倍半萜 hedyunnanins E 和 F(**27** 和 **28**)。

表 2 姜花属植物所含桉烷型倍半萜的来源

编号	名称	来源	部位	参考文献
3	5,6-去氢- α -桉叶醇(5,6-dehydro- α -eudesmal)	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
4	γ -桉叶醇(γ -eudesmal)	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
5	3-hydroxy- γ -eudesmal	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
6	anhuienosol	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
7	1,2-dehydrocarrissonol	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
8	dehydrocarissone	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
9	4,15-epoxy-eudesmol	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
10	eudesma-4(15)-ene-1,11-diol	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
11	β -桉叶醇(β -eudesmal)	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
12	3-羟基- β -桉叶醇(3-hydroxy- β -eudesmol)	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
13	mucrolidin	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
14	$\Delta^7 \beta$ -桉叶醇($\Delta^7 \beta$ -eudesmal)	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
15	opladiol	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
16	hydroxycryptomeridiol	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
17	柳杉二醇(cryptomeridiol)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[16]
18	hedytriol	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[17]

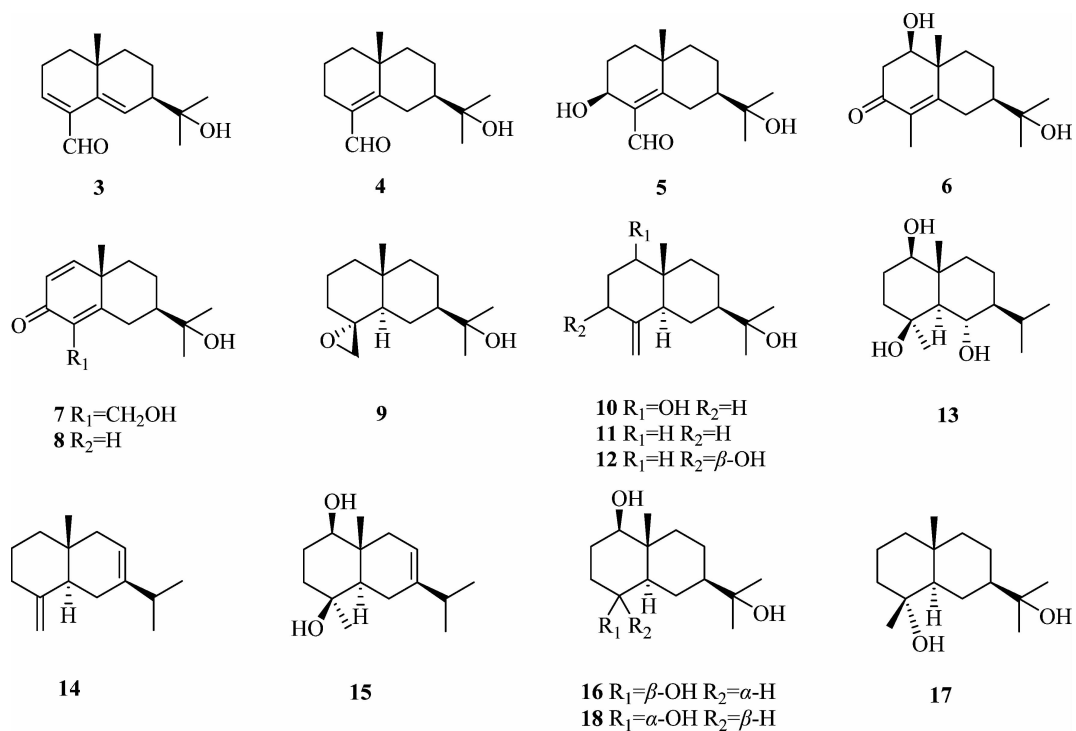


图 2 姜花属植物所含桉烷型倍半萜的结构

表3 姜花属植物所含其它类型倍半萜的来源

编号	名称	来源	部位	参考文献
19	β -氧化石竹烯(β -caryophyllene oxide)	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
20	榄香醇(elemol)	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[15]
21	(<i>E</i>)-橙花叔醇(<i>E</i>)-nerolidol	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[18]
22	橙花叔醇(nerolidol)	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[19]
23	γ -杜松烯(γ -cadinene)	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[19]
24	δ -杜松烯(δ -cadinene)	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[19]
25	α -衣兰油烯(α -muurolene)	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[19]
26	epicubenol	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[19]
27	hedyunnanin E	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[20]
28	hedyunnanin F	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[20]

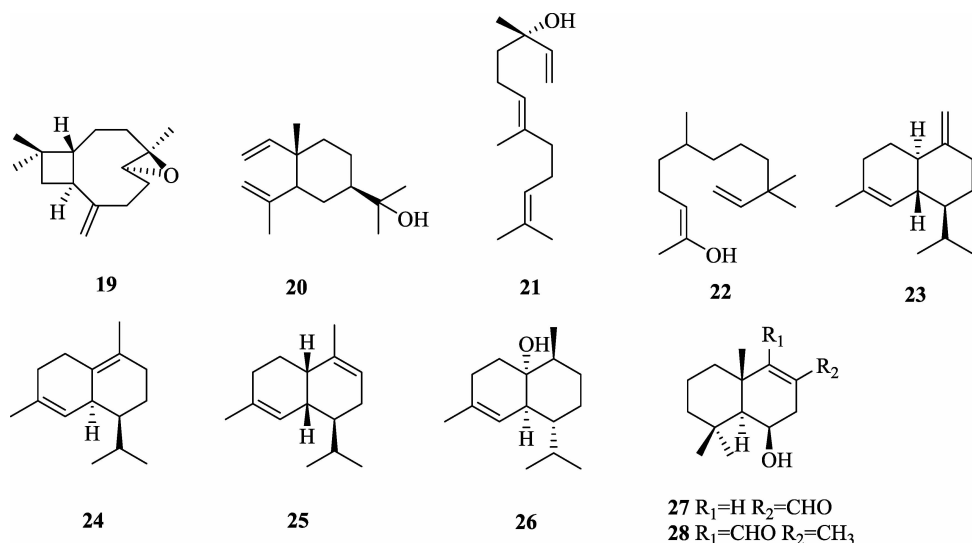


图3 姜花属植物所含其它类型倍半萜的结构

1.3 二萜 研究表明,姜花属植物富含二萜类化合物,其骨架类型多为半日花烷型。本文共整理得90个二萜。王朝训等^[20]从滇姜花中分离得(hedyunnanin D, **29**)。Itokawa^[21-22]等从姜花中分离得姜花素 A (coronarin A, **30**) 以及具有过氧结构的化合物姜花素 B (coronarin B, **31**)、姜花素 C (coronarin C, **32**)、姜花素 D (coronarin D, **33**)、(*E*)-labda-8(17),12-diene **15**、**16**-dial(**34**)、姜花素 E (coronarin E, **35**) 和姜花素 F (coronarin F, **36**)。Zou 等^[23]从滇姜花中分离得到滇姜花素 D (yunnancoronarin D, **37**)、圆瓣姜花素 A (forrestin A, **38**) 和姜花酮 (hedychenone, **39**)。Nakatani 等^[24]从姜花中分离得毛姜花素 (villosin, **40**), 而后 Xiao 等^[25]又从毛姜花中分离得毛姜花素 (villosin, **40**)。Zhao 等^[26]

首次从圆瓣姜花中分离得 (hedyforrestin D, **42**) 和 (15-ethoxy-hedyforrestin D, **43**)。Nakamura 等^[27]从姜花花朵中分离得姜花乳糖苷 I (coronalactoside I, **47**)、姜花乳糖苷 II (coronalactoside II, **48**) 和 coronadiene (**49**)。Chimnoi 等^[28]从姜花中分离得 (*E*)-labda-8(17),12-dien-15,16-olide (**52**)。Suresh 等^[16]从姜花中分离得 6-oxo-7,11,13-labdatrien-17-al-16,15-olide (**57**)、7,17-dihydroxy-6-oxo-7,11,13-labdatrien-16,15-olide (**58**)、6-oxo-7,11,13-labdatriene-16,15-olide (**59**)。Kiem^[18,29]等从姜花中分离得姜花素 G (coronarin G, **61**)、姜花素 H (coronarin H, **62**)、姜花素 I (coronarin I, **63**)、hedycoronin A (**66**) 和 hedycoronin B (**67**)。Kumrit 等^[30]从红丝姜花中分离得到

hedyforrestin B(**64**)和 hedyforrestin C(**65**)。Zhan 等^[31]从姜花中分离得 hedycoronal A(**68**)和 hedycoronal B(**69**)。Chen 等^[32]从姜花中分离得 hedychicoronarin(**72**)、peroxycoronarin D(**73**)、7 β -hydroxycalcaratarin A(**74**)和 (*E*)-7 β -hydroxy-6-oxo-labda-8(17),12-diene-15,16-dial(**75**)。Zhao 等^[33]从长瓣姜花中分离得 hedylongnoid A(**77**)、hedylongnoid B(**78**)和 hedy-longnoid C(**79**)。Songsri 等^[34]从随穗姜花中分离得 (*E*)-15,16-bisnorlabda-8(17),11-dien-13-one(**80**)和 (*E*)-14,15,16-trinorlabda-8(17),11-dien-13-oic acid(**81**)等。Li 等^[35]从滇姜花中分离得到 hedy-chenoid A(**84**)和 hedychenoid B(**85**)。Zhao^[36-37]等从圆瓣姜花中分离得 hedyforrestin D(**42**)、15-ethoxy-

hedyforrestin D(**43**)、yunnancoronarins A-C(**44-46**)、hedychin A(**87**)、hedychin B(**88**)、hedychin E(**91**)和 hedychin F(**92**)。Wang 等^[38]从圆瓣姜花中分离得 hedychin C(**89**)和 hedychin D(**90**)。Reddy^[39-41]等从草果药中分离得到 hedychilactone D(**93**)、9-hydroxy hedychenone (**94**)、spicatanol (**97**)、spicatanol methyl ether(**98**)、7-hydroxy hedichinal(**103**)和 spicatanic acid(**104**)。张静^[42]从圆瓣姜花中分离得到 hedyforrestins A 和 B(**105** 和 **106**)。王朝训^[20]从姜花中分离得到具有内酰胺环的半日花烷二萜 hedycoronarins G-I (**113-115**)，并从滇姜花中分离得 hedyunnanins A-C(**116-118**)。

表 4 姜花属植物所含二萜的来源

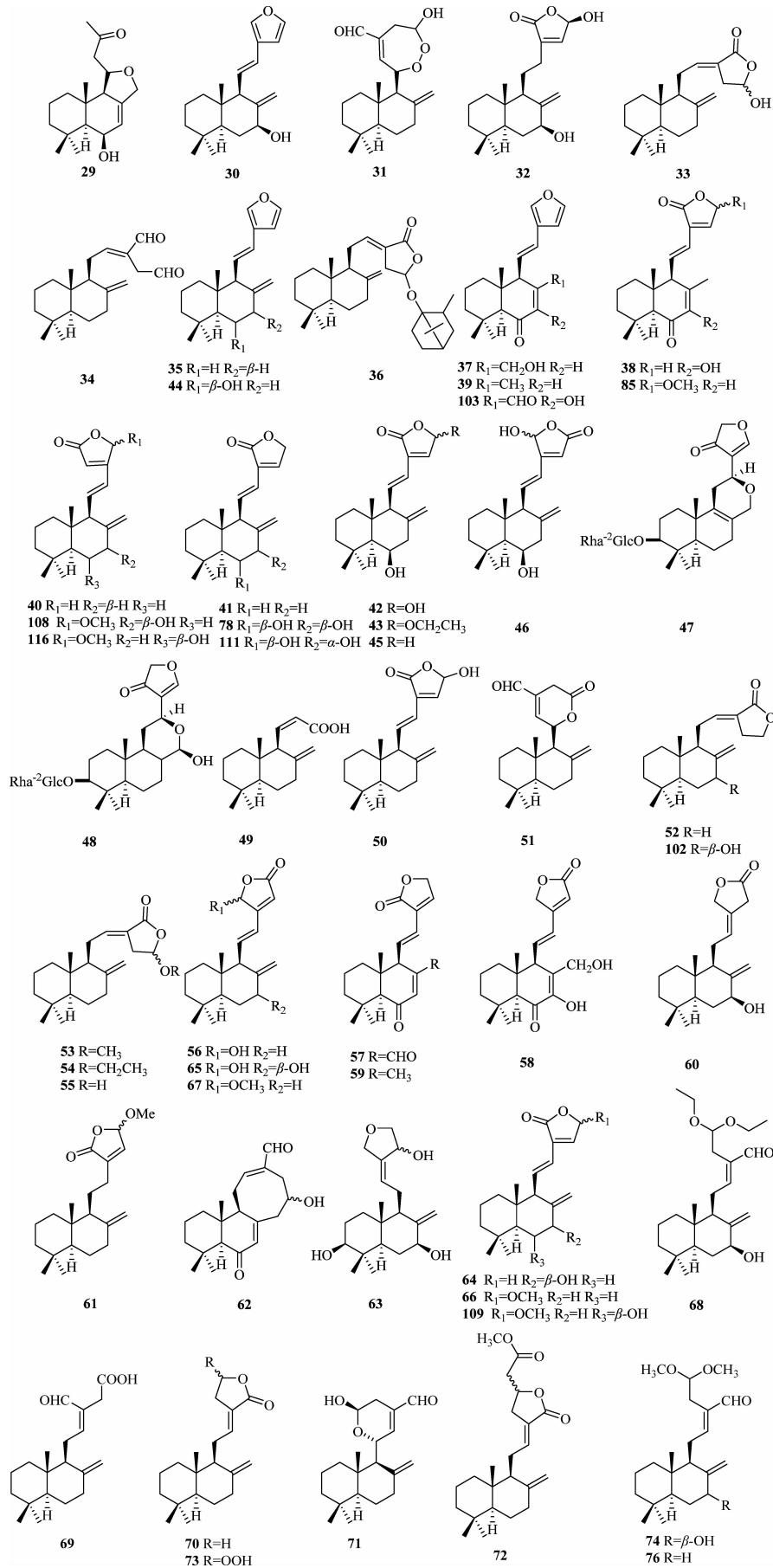
编号	名称	来源	部位	参考文献
29	hedyunnanin D	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[20]
30	姜花素 A(coronar in A)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[21]
31	姜花素 B(coronar in B)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[21]
32	姜花素 C(coronar in C)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[21]
33	姜花素 D(coronar in D)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[21]
34	(<i>E</i>)-labda-8(17),12-diene 15,16-dial	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[21]
35	姜花素 E(coronar in E)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[22]
36	姜花素 F(coronar in F)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[22]
37	滇姜花素 D(yunnancoronarin D)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[23]
38	圆瓣姜花素 A(forrestin A)	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[23]
39	姜花酮(hedychenone)	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[23]
40	毛姜花素(villosin)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[24]
41	labda-8(17),11,13-trien-16(15)-olide	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[24]
42	hedyforrestin D	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[26]
43	15-ethoxy-hedyforrestin D	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[26]
44	yunnancoronarin A	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[26]
45	yunnancoronarin B	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[26]
46	yunnancoronarin C	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[26]
47	姜花乳糖苷 I(coronalactoside I)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	花	[27]
48	姜花乳糖苷 II(coronalactoside II)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	花	[27]
49	coronadiene	姜花(<i>H. coronarium</i>)	花	[27]
50	15-hydroxylabda-8(17),11,13-trien-16,15-olide	姜花(<i>H. coronarium</i>)	花	[27]

续表 4

编号	名称	来源	部位	参考文献
51	15-formylabda-8(17),12-dien-15,11-olide	姜花(<i>H. coronarium</i>)	花	[27]
52	(<i>E</i>)-labda-8(17),12-dien-15,16-olide	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[28]
53	coronarins D methyl ether	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[28]
54	coronarins D ethyl ether	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[28]
55	异姜花素 D(isocoronarin D)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[28]
56	16-hydroxyabda-8(17),11,13-trien-15,16-olide	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[28]
57	6-oxo-7,11,13-labdatrien-17-al-16,15-olide	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[16]
58	7,17-dihydroxy-6-oxo-7,11,13-labdatrien-16,15-olide	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[16]
59	6-oxo-7,11,13-labdatriene-16,15-olide	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[16]
60	pacovatinin A	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[16]
61	姜花素 G(coronarins G)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[18]
62	姜花素 H(coronarins H)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[18]
63	姜花素 I(coronarins I)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[18]
64	hedyforrestin B	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[30]
65	hedyforrestin C	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[30]
66	hedycoronin A	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[29]
67	hedycoronin B	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[29]
68	hedycoronin A	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[31]
69	hedycoronin B	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[31]
70	(12 <i>E</i>)-labda-8(17),12-dien-15(16)-olide	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[31]
71	15-hydroxy-11,15-epoxyabda-8(17),12-dien-16-al	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[31]
72	hedychicoronarin	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[32]
73	peroxycoronarin D	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[32]
74	7 β -hydroxycalcaratarin A	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[32]
75	(<i>E</i>)-7 β -hydroxy-6-oxo-abda-8(17),12-diene-15,16-dial	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[32]
76	calcaratarin A	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[32]
77	hedylongnoid A	长瓣姜花(<i>H. longipetalum</i>)	根茎	[33]
78	hedylongnoid B	长瓣姜花(<i>H. longipetalum</i>)	根茎	[33]
79	hedylongnoid C	长瓣姜花(<i>H. longipetalum</i>)	根茎	[33]
80	(<i>E</i>)-15,16-bisnorlabda-8(17),11-dien-13-one	椭穗姜花(<i>H. ellipticum</i>)	根茎	[34]
81	(<i>E</i>)-14,15,16-trinorlabda-8(17),11-dien-13-oic acid	椭穗姜花(<i>H. ellipticum</i>)	根茎	[34]
82	zerumin A	椭穗姜花(<i>H. ellipticum</i>)	根茎	[34]
83	zerumin B	椭穗姜花(<i>H. ellipticum</i>)	根茎	[34]
84	hedychenoid A	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[35]

续表 4

编号	名称	来源	部位	参考文献
85	hedychenoid B	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[35]
86	calcaratarin C	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[35]
87	hedychin A	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[36]
88	hedychin B	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[36]
89	hedychin C	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[38]
90	hedychin D	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[38]
91	hedychin E	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[37]
92	hedychin F	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[37]
93	hedychilactone D	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[39]
94	9-hydroxy hedychenone	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[39]
95	hedychilactone B	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[39]
96	hedychilactone C	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[39]
97	spicatanol	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[40]
98	spicatanol methyl ether	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[40]
99	7-hydroxy hedychenone	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[40]
100	7-acetoxy hedychenone	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[40]
101	8(12)-drimene	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[40]
102	hedychia lactone B	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[40]
103	7-hydroxy hedichinal	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[41]
104	spicatanolic acid	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[41]
105	hedyforresin A	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[42]
106	hedyforresin B	圆瓣姜花(<i>H. forrestii</i>)	根茎	[42]
107	hedycoronarin A	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]
108	hedycoronarin B	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]
109	hedycoronarin C	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]
110	hedycoronarin D	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]
111	hedycoronarin E	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]
112	hedycoronarin F	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]
113	hedycoronarin G	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]
114	hedycoronarin H	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]
115	hedycoronarin I	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]
116	hedyunnanin A	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[20]
117	hedyunnanin B	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[20]
118	hedyunnanin C	滇姜花(<i>H. yunnanense</i>)	根茎	[20]



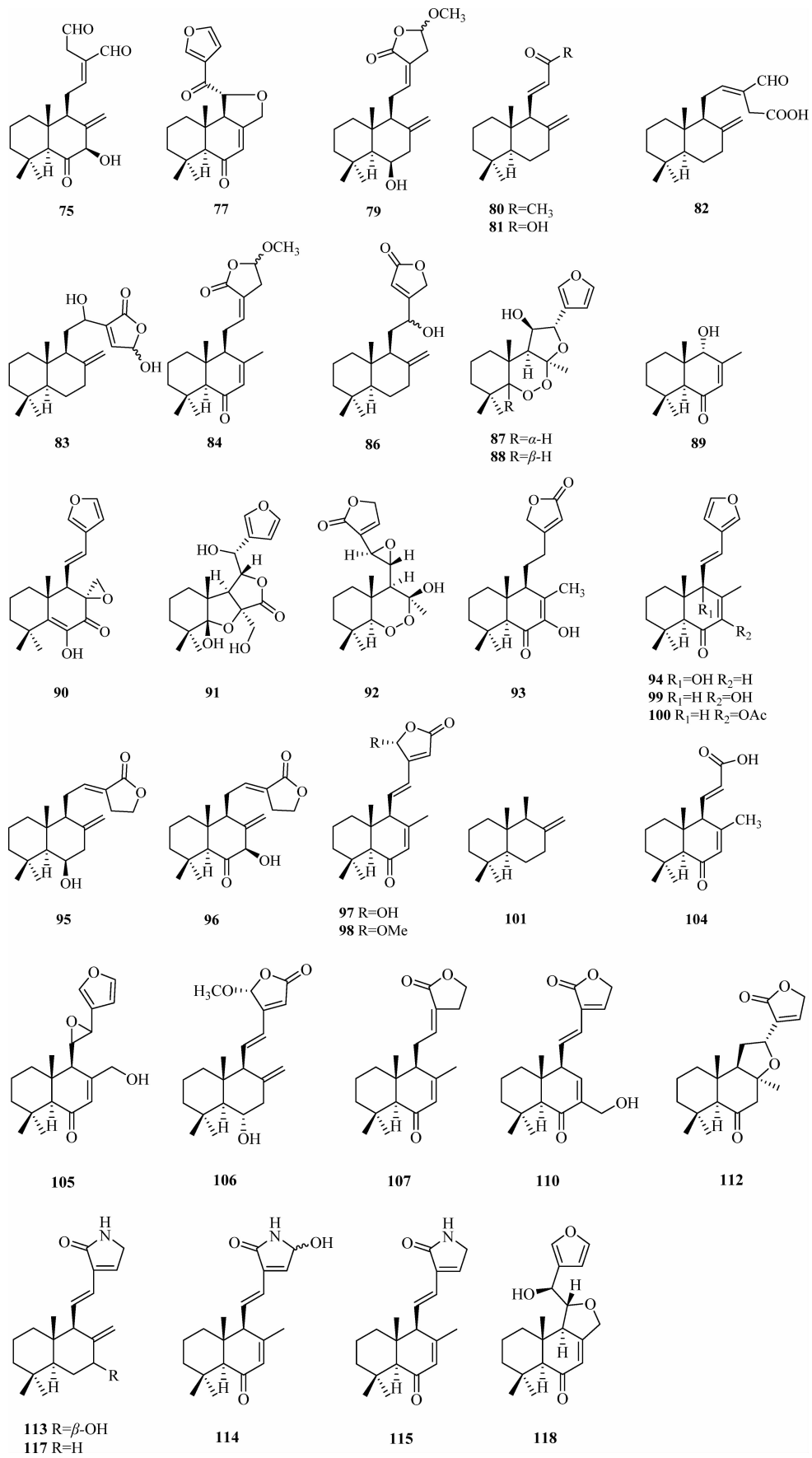


图 4 姜花属植物所含二萜的结构

1.4 二苯基庚烷 Zhan 等^[31]从姜花中分离到(4*E*,6*E*)-1,7-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)hepta-4,6-dien-3-one (**119**)。Lin 等^[43]从姜花中分离得到 hedycoropyrans A-C (**120-122**)和 hedycorofurans A-

D (**123-126**)。王朝训^[20]从姜花中分离得 gingerenone A (**127**)、hexahydrocurcumin (**128**)和 rel-(3*R*,5*S*)-3,5-dihydroxy-1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-7-(4-hydroxyphenyl)-heptane (**129**)。

表5 姜花属植物所含二苯基庚烷的来源

编号	名称	来源	部位	参考文献
119	(4 <i>E</i> ,6 <i>E</i>)-1,7-bis-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-hepta-4,6-dien-3-one	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[31]
120	hedycoropyran A	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[43]
121	hedycoropyran B	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[43]
122	hedycoropyran C	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[43]
123	hedycorofuran A	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[43]
124	hedycorofuran B	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[43]
125	hedycorofuran C	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[43]
126	hedycorofuran D	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[43]
127	gingerenone A	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]
128	hexahydrocurcumin	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]
129	rel-(3 <i>R</i> ,5 <i>S</i>)-3,5-dihydroxy-1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-7-(4-hydroxyphenyl)-heptane	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[20]

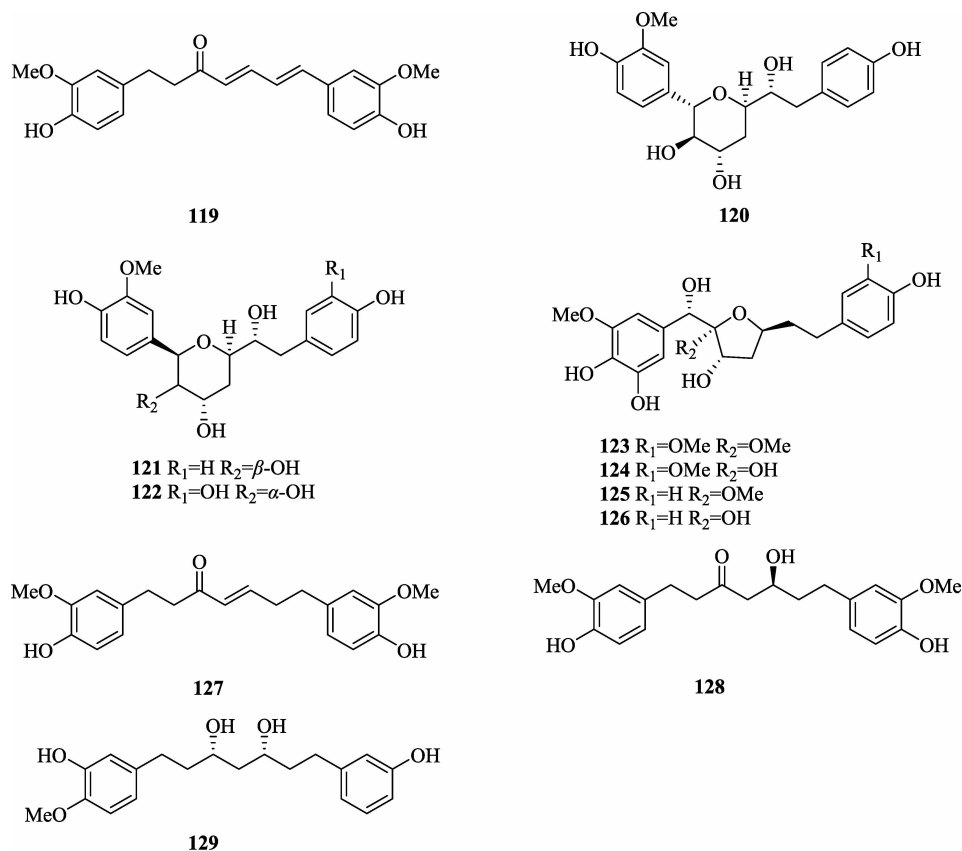


图5 姜花属植物中所含二苯基庚烷的结构

1.5 甾体 Xiao等^[25]从毛姜花中分离得 β -谷甾醇(β -sitosterol, **130**)。Kiem等^[18]从姜花中分离得胡萝卜苷(daucosterol, **131**)和豆甾醇(stigmasterol, **132**)。Chen等^[32]从姜花中分离得 ergosta-4,6,8(14),22-

tetraen-3-one(**133**)、 β -sitostenone(**134**)、 β -stigmast-4,22-dien-3-one(**135**)、6 β -hydroxystigmast-4-en-3-one(**136**)和6 β -hydroxystigmast-4,22-dien-3-one(**137**)。

表6 姜花属植物所含甾体的来源

编号	名称	来源	部位	参考文献
130	β -谷甾醇(β -sitosterol)	毛姜花(<i>H. villosum</i>)	根茎	[25]
131	胡萝卜苷(daucosterol)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[18]
132	豆甾醇(stigmasterol)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[18]
133	ergosta-4,6,8(14),22-tetraen-3-one	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[32]
134	β -sitostenone	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[32]
135	β -stigmast-4,22-dien-3-one	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[32]
136	6 β -hydroxystigmast-4-en-3-one	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[32]
137	6 β -hydroxystigmast-4,22-dien-3-one	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[32]

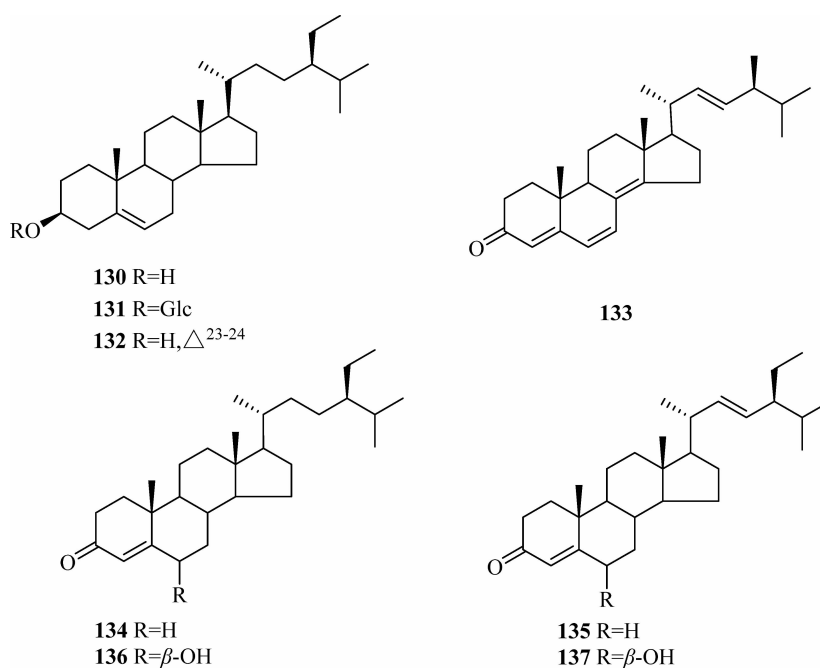


图6 姜花属植物所含甾体的结构

1.6 黄酮 Nakamura等^[27]从姜花花朵中分离得 kaempferol 3-O-(2- α -L-rhamnopyranosyl)- β -D-

glucuronopyranoside(**138**)。Reddy等^[39]从草果药中分离得到白杨素(chrysin, **139**)和 teptochrysin(**140**)。

表7 姜花属植物所含黄酮的来源

编号	名称	来源	部位	参考文献
138	kaempferol-3-O-(2- α -L-rhamnopyranosyl)- β -D-glucuronopyranoside	姜花(<i>H. coronarium</i>)	花	[27]
139	白杨素(chrysin)	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[39]
140	teptochrysin	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[39]

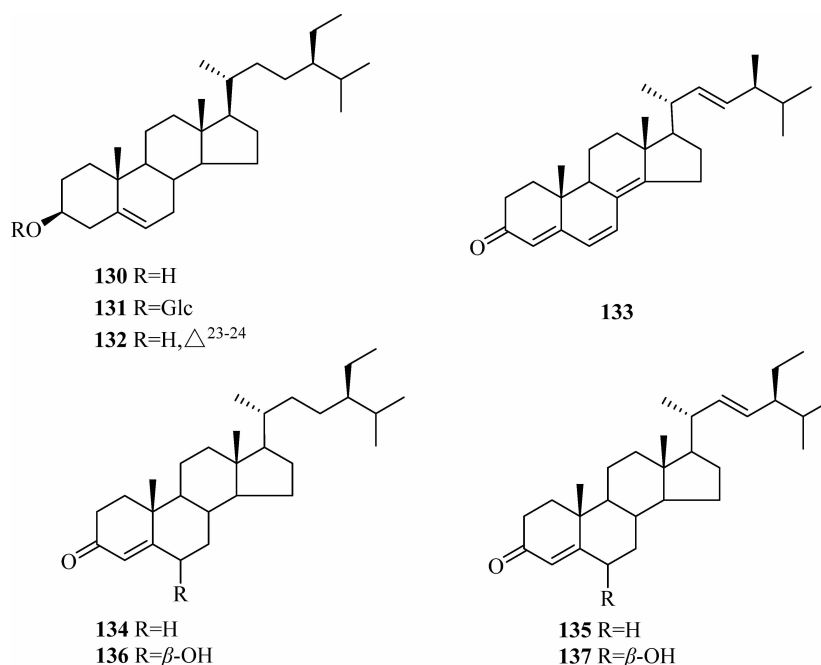


图 7 姜花属植物所含黄酮类化合物的结构

1.7 其它类 Nakamura 等^[27]从姜花花朵中分离得阿魏酸(ferulic acid, **141**)。Suresh 等^[16]从姜花中分离得到 4-hydroxy-3-methoxy cinnamaldehyde (**142**)和 4-hydroxy-3-methoxy ethyl cinnamate(**143**)。Reddy 等^[41]

从草果药中分离得 4-methoxy ethyl cinnamate (**144**)和 ethyl cinnamate(**145**)。Carvalho 等^[14]从红丝姜花中分离得水杨酸 (salicylic acid, **146**)、3-(2-hydroxyethoxy)xanthone(**147**)和 1-hydroxyxanthone(**148**)。

表 8 姜花属植物所含其它类化学成分的来源

编号	名称	来源	部位	参考文献
141	阿魏酸(ferulic acid)	姜花(<i>H. coronarium</i>)	花	[27]
142	4-hydroxy-3-methoxy cinnamaldehyde	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[16]
143	4-hydroxy-3-methoxy ethyl cinnamate	姜花(<i>H. coronarium</i>)	根茎	[16]
144	4-methoxy ethyl cinnamate	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[41]
145	ethyl cinnamate	草果药(<i>H. spicatum</i>)	根茎	[41]
146	水杨酸(salicylic acid)	红丝姜花(<i>H. gardnerianum</i>)	根茎	[14]
147	3-(2-hydroxyethoxy)xanthone	红丝姜花(<i>H. gardnerianum</i>)	根茎	[14]
148	1-hydroxyxanthone	红丝姜花(<i>H. gardnerianum</i>)	根茎	[14]

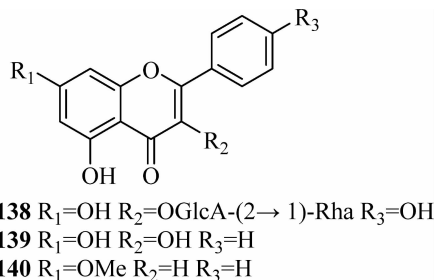


图 8 姜花属植物所含其它类型化学成分的结构

2 药理作用

2.1 抗炎作用 Rawat 等^[44]向小鼠右后爪注射角叉菜胶诱导水肿以研究草果药根茎挥发油的抗炎活性,结果表明,其可降低小鼠右后爪肿胀体积,在 100 mg/kg 剂量水平下,给药组最高炎症抑制率为 33.57%。Rawat A 等采用甲醛诱导小鼠关节炎法测定草果药根茎挥发油的亚急性活性,布洛芬组小鼠肿胀体积于第 8 天开始下降,而在 100 mg/kg 剂量水平

下,给药组小鼠肿胀体积则于第 6 天开始下降,结果表明,草果药根茎挥发油可减少肿胀时间。研究显示,黄姜花挥发油可抑制炎症因子一氧化氮(nitric oxide, NO)、前列腺素 E2(prostaglandin E2, PGE2)、白细胞介素(interleukin, IL)-1 β 、肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor, TNF)- α 和 IL-6 的产生而发挥抗炎作用,机制为降低 IL-6、TNF- α 和 IL-1 β 的 mRNA 水平,抑制核因子 κ B 抑制蛋白 α (inhibitor of NF- κ B α , I κ B α)的磷酸化和降解,阻断核转录因子- κ B(nuclear transcription factor- κ B, NF- κ B)核转移,抑制脂多糖(lipopolysaccharide, LPS)刺激的 RAW264.7 细胞中 MAPK(ERK, p38 和 JNK)的磷酸化^[13]。此外,长瓣姜花对 LPS 和干扰素- γ (interferon- γ , IFN- γ)诱导的 RAW264.7 鼠巨噬细胞中的 NO 产生具有抑制作用^[33]。Coronarin G(61)、coronarin H(62)和 hedyforrestin C(65)可抑制由 LPS 刺激导致的 TNF- α 、IL-6 和 IL-12 p40 水平升高^[18]。Hedycoronin A(66)和 hedycoronin B(67)对 IL-6、IL-12 p40 和 TNF- α 的产生表现出抑制活性^[29]。Chen 等^[32]研究表明姜花对甲酰基-L-甲氧基-L-亮氨酸-L-苯丙氨酸/细胞松弛素 B(fMLP/CB)引起人中性粒细胞产生超氧阴离子的反应表现出抑制作用。Zhao 等^[38]研究表明 hedychin F(92)对 LPS 诱导的巨噬细胞 RAW264.7 细胞中 NO 产生具有显著抑制作用,IC₅₀ 值为 21.1 μ M。

2.2 抗氧化作用 Arruda 等^[45]研究表明姜花叶挥发油具有中等抗 DPPH 自由基活性。*H. greenii* W. W. Sm. 的 DPPH 和 ABTS 清除能力分别为(16.73 \pm 0.19) μ g/mL 和(12.18 \pm 0.16) μ g/mL, *H. gracile* Roxb. 的 DPPH 和 ABTS 清除能力分别为(46.94 \pm 0.6) μ g/mL 和(31.13 \pm 0.29) μ g/mL^[10]。Rawat 等^[44]从印度奈尼塔尔和喜马拉雅邦采集新鲜草果药,并用比色法研究其挥发油的抗氧化活性。研究表明,两个产地的草果药根茎挥发油均具有良好的 DPPH 自由基和 OH 自由基抑制作用,以及 NO 清除能力和良好的亚铁离子螯合能力。

2.3 抗菌作用 研究表明红姜花挥发油对尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)和新月弯孢菌(*Curvularia lunata*)具有良好的抗真菌活性,并对金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)和伤寒沙门氏菌(*Salmonella typhi*)具有抑制作用^[12],其花和叶挥发油对金黄色葡萄球菌和表皮葡萄球菌(*S. epidermidis*)有抑制活性^[46]。

姜花对多种菌类有抑制作用,根茎挥发油可抑制木霉菌(*Trichoderma* sp.)和白色念珠菌(*Candida albicans*),而且新鲜样品的抗菌活性高于干燥样品^[47]。同时,姜花根茎挥发油对粪肠球菌(*Enterococcus faecalis*) ATCC 51299 和金黄色葡萄球菌 ATCC 25923 也具有抗菌活性,对粪肠球菌的 MIC 值为 3 mg/mL, MBC 为 24 mg/mL;对金黄色葡萄球菌的 MIC 值为 12 mg/mL, MBC 为 24 mg/mL^[48]。Rawat 等^[44]研究表明,草果药根茎挥发油可抑制核盘菌(*Sclerotinia sclerotiorum*)、立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)、齐整小核菌(*Sclerotium rolfsii*)和镰形刺盘孢(*Colletotrichum falcatum*)的生长。Songsri 等^[34]对椭圆姜花的化学成分和药理作用进行分离分析,结果表明 coronarin E(35)和 16-hydroxyabda-8(17), 11, 13-trien-15, 16-olide(56)对结核分枝杆菌(*Mycobacterium tuberculosis*)具有抑制作用。

2.4 解热镇痛作用 Rawat 等^[44]向小鼠注射啤酒酵母研究草果药挥发油的解热作用,实验显示挥发油从 1 h 开始降低直肠温度,并在 3 h 观察到最大抑制作用;并采用冰醋酸扭体试验和热板试验研究草果药挥发油的潜在镇痛作用。在冰醋酸扭体试验中,草果药镇痛作用呈剂量相关性,在 100 mg/kg 剂量水平下,两个产地草果药挥发油的镇痛率分别为 40.46% 和 42.39%,其镇痛作用接近于对照药布洛芬(镇痛率为 43.08%);热板试验中,草果药挥发油可延长小鼠的反应潜伏时间。

2.5 杀虫作用 Arruda 等^[45]对来自 4 个产地红丝姜花的叶挥发油进行盐卤虫 *Artemia salina* 抑制作用研究,结果表明红丝姜花叶挥发油对盐卤虫具有中度毒性,LC₅₀ 值为 300~500 μ g/mL。Teixeira 等^[49]研究表明红丝姜花叶挥发油对软体动物 *Radix peregra* 有抑制作用,且抑制强度与时间和剂量呈正相关;在 100 ppm 浓度时,红丝姜花叶挥发油的杀卵率为 4.9%。姜花根茎挥发油对秀丽隐杆线虫(*Caenorhabditis elegans*)和 IVR15 具有抑制作用,对秀丽隐杆线虫的 IC₅₀ 为 0.082 mg/mL,对 IVR15 的 IC₅₀ 为 0.82 mg/mL^[11]。Arya 等^[12]研究表明红姜花挥发油对南方根结线虫(*Meloidogyne incognita*)和斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)具有显著的抑制作用。

2.6 降血糖作用 Panigrahy 等^[50]用比色法研究姜花

根茎的降糖活性,结果表明,其乙酸乙酯提取物可通过抑制 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶发挥降糖作用。Tse等^[51]使用链脲佐菌素(STZ)诱导Wistar大鼠和C57BKSdb/db小鼠高糖模型对姜花进行降血糖活性研究。结果表明,姜花叶水提取物可改善动物模型的葡萄糖耐量,改善胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白水平,降低胰岛 β 细胞病变程度。Reddy等^[40]研究表明草果药具有降血糖作用,其机制为抑制肠道 α -葡萄糖苷酶。

2.7 抗凝血作用 Guzman等^[48]研究表明姜花叶挥发油对胶原蛋白诱导的凝血症状表现出抗凝活性,IC₅₀值为0.75 mg/mL。而姜花根茎挥发油对ADP和胶原蛋白均具抗凝活性,且呈现剂量依赖性,IC₅₀值分别为0.61 mg/mL和0.38 mg/mL。

2.8 抗肿瘤作用 草果药可以抑制多种肿瘤细胞株的生长,包括肺癌(A549)、结肠癌(DLD-1和SW620)、乳腺癌(MCF-7和MDA-MB-231)、头颈癌(FaDu)和宫颈癌(HeLa)等细胞株^[52]。Ray等^[53]采用MTT法和细胞集落形成实验评估姜花挥发油的细胞毒性,研究表明,挥发油对宫颈癌(HeLa)细胞表现出抑制作用。挥发油可上调p53和p21的水平并下调细胞周期蛋白D1、CDK-4和CDK-6的水平,从而促进HeLa细胞G1期的细胞周期停滞。同时,挥发油可促进Bax的表达并抑制Bcl-2的表达。此外,挥发油可通过增加Caspase-9、Caspase-8和Caspase-3的活性来激活半胱天冬酶反应并下调MMP-2和MMP-9表达水平,进而抑制宫颈癌(HeLa)细胞的迁移潜力。Zhao等^[26]用MTT法对圆瓣姜花部分化学成分的药理活性进行研究。结果表明,化合物yunnancoronarin B(45)对肺癌(A549)细胞株有显著毒性,IC₅₀值为0.92 μ M;化合物yunnancoronarin A(44)对人慢性髓原白血病(K562)细胞表现出抑制活性,IC₅₀值为2.20 μ M。姜花根茎氯仿提取物对中国仓鼠肺(V-79)细胞有抑制作用,姜花花朵80%丙酮/水提取物对原代培养的小鼠肝细胞中D-氨基半乳糖胺(D-GalN)诱导的细胞毒性具有保护作用^[21,27]。Zhao等^[36]研究表明hedychin B(88)对肺癌(HepG2)细胞和肺腺癌(XWLC-05)细胞系具有抑制作用,IC₅₀值分别为8.0 μ M和19.7 μ M。Wang等^[38]研究表明hedychin C(89)对肺腺癌(XWLC-05)细胞系具有中度细胞毒性,IC₅₀值为53.6 μ M。Reddy等^[39]研究表明草果药具有抗肿

瘤活性,可抑制结肠癌(Colo-205)细胞、皮肤癌(A-431)细胞、乳腺癌(MCF-7)细胞、肺癌(A-549)细胞和中国仓鼠卵巢(CHO)细胞。

2.9 神经保护作用 对红丝姜花进行神经保护作用研究,研究表明其叶挥发油可通过抑制乙酰胆碱酯酶发挥神经保护作用,IC₅₀值约为1 mg/mL^[45]。

2.10 其它 Arya等^[12]研究表明红姜花精油对萝卜属植物具有中等除草活性。

3 结语

姜花属植物在我国西南部及南部多有分布,具有悠久的历史。由于其花多色泽鲜艳,故姜花属植物在多地均有栽培。姜花属部分植物可作药用,如姜花“祛风散寒,温经止痛”,在我国为苗族、傣族常用药,草果药具有温胃燥湿、理气消食的功效。此外,部分植物可作为食品或者化妆品的原料。姜花属植物含有挥发油、倍半萜、二萜、二苯基庚烷、黄酮和甾体等成分,并具有抗氧化、抗菌、抗炎、解热镇痛、抗凝血和降血糖等多种药理作用。

近年来,国内外学者对姜花属植物的研究逐渐深入,研究内容涉及化学成分、活性作用及其机制和栽培等。在化学成分分离研究方面,主要研究的药用植物为圆瓣姜花、滇姜花、姜花和草果药,对其它种的研究较少;在药理活性研究方面,研究部位多为挥发油,对其它部位的活性研究较少。本文对姜花属各药用植物的化学成分及药理作用进行综述,以期阐明其药效物质基础提供科学依据,并为其进一步综合利用提供参考。

参考文献:

- [1] 胡秀,刘念. 中国姜花属 *Hedychium* 野生花卉资源特点[J]. 广东园林,2009,31(4):7-11.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1981,16(2):24.
- [3] 中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志[M]. 北京:科学出版社,1997,8:549-560.
- [4] 刘念. 姜科植物花卉资源[J]. 广东园林,1994(3):15-16.
- [5] 高江云,陈进,夏永梅. 国产姜科植物观赏特性评价及优良种类筛选[J]. 园艺学报,2002(2):158-162,198.
- [6] 贵州省中医研究所. 贵州草药:第二集[M]. 贵阳:贵州人民出版社,1970:671.
- [7] 谭火银,胡秀,董明明,等. 姜花纯花茶的加工工艺研究[J]. 食品研究与开发,2019,40(7):115-122.

- [8] 张倍宁,周文凯,赖健. 姜花酸奶加工工艺的研究[J]. 食品科技, 2011, 36(4):54-57.
- [9] 余倩,尹彩霞,谭丽欣,等. 白姜花根茎提取物抑菌效果及在冷鲜肉上的保鲜应用[J]. 基因组学与应用生物学, 2015, 34(7):1503-1509.
- [10] RAY A, JENA S, KAR B, et al. Chemical composition and antioxidant activities of essential oil of *Hedychium greenii* and *Hedychium gracile* from India[J]. Nat Prod Res, 2019, 33(10):1482-1485.
- [11] LIMA A S, COSTA-JUNIOR H N P, COSTA-JUNIOR L M, et al. Anthelmintic effect of essential rhizome oil from *Hedychium coronarium* Koenig (Zingiberaceae) introduced in Northeastern Brazil[J]. Acta Trop, 2021, 218:105912.
- [12] ARYA S, KUMAR R, PRAKASH O, et al. Chemical composition and biological activities of *Hedychium coccineum* Buch. -Ham. ex Sm. essential oils from Kumaun Hills of Uttarakhand[J]. Molecules, 2022, 27(15):4833.
- [13] TIAN M, XIE D, YANG Y, et al. *Hedychium flavum* flower essential oil: chemical composition, anti-inflammatory activities and related mechanisms in vitro and in vivo[J]. J Ethnopharmacol, 2023, 301:115846.
- [14] CARVALHO M J, CARVALHO L M, FERREIRA A M, et al. A new xanthone from *Hedychium gardnerianum*[J]. Nat Prod Res, 2003, 17(6):445-449.
- [15] SURESH G, POORNIMA B, BABU K S, et al. Cytotoxic sesquiterpenes from *Hedychium spicatum*: isolation, structure elucidation and structure-activity relationship studies[J]. Fitoterapia, 2013, 86:100-107.
- [16] SURESH G, REDDY P P, BABU K S, et al. Two new cytotoxic labdane diterpenes from the rhizomes of *Hedychium coronarium* [J]. Bioorg Med Chem Lett, 2010, 20(24):7544-7548.
- [17] ZHU W M, ZHAO Q, LI S L, et al. Sesquiterpenoids from *Hedychium yunnanense* and *Porana discifera*, and the structural revision of two sesquiterpenoids from *Laggera pterodonta*[J]. J Asian Nat Prod Res, 2007, 9(3-5):277-283.
- [18] KIEM P V, THUY N T, ANH HLE T, et al. Chemical constituents of the rhizomes of *Hedychium coronarium* and their inhibitory effect on the pro-inflammatory cytokines production LPS-stimulated in bone marrow-derived dendritic cells[J]. Bioorg Med Chem Lett, 2011, 21(24):7460-7465.
- [19] 赵映梅,邹海舰,朱培芳,等. 滇姜花中倍半萜成分的研究[J]. 云南中医学院学报, 2012, 35(6):7-9.
- [20] 王朝训. 两种姜花属植物的化学成分研究 [D]. 昆明: 云南师范大学, 2022.
- [21] ITOKAWA H, MORITA H, KATO I, et al. Cytotoxic diterpenes from the rhizomes of *Hedychium coronarium* [J]. Planta Med, 1988, 54(4):311-315.
- [22] ITOKAWA H, MORITA H, TAKEYA K, et al. Diterpenes from rhizomes of *Hedychium coronarium*[J]. Chem Pharm Bull(Tokyo), 1988, 36(7):2682-2684.
- [23] ZOU C, ZHAO Q, HAO X J, et al. Yunnancoronarin D, a new diterpenoid from *Hedychium yunnanense* [J]. Acta Botanica Yunnanica, 1999, 21(2):253-255.
- [24] NAKATANI N, KIKUZAKI H, YAMAJI H, et al. Labdane diterpenes from rhizomes of *Hedychium coronarium* [J]. Phytochemistry, 1994, 37(5):1383-1388.
- [25] XIAO P, SUN C, ZAHID M, et al. New diterpene from *Hedychium villosum*[J]. Fitoterapia, 2001, 72(7):837-838.
- [26] ZHAO Q, QING C, HAO X J, et al. Cytotoxicity of labdane-type diterpenoids from *Hedychium forrestii*[J]. Chem Pharm Bull(Tokyo), 2008, 56(2):210-212.
- [27] NAKAMURA S, OKAZAKI Y, NINOMIYA K, et al. Medicinal flowers. XXIV. chemical structures and hepatoprotective effects of constituents from flowers of *Hedychium coronarium* [J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 2008, 56(12):1704-1709.
- [28] CHIMNOI N, PISUTJAROENPONG S, NGIWSARA L, et al. Labdane diterpenes from the rhizomes of *Hedychium coronarium*[J]. Nat Prod Res, 2008, 22(14):1249-1256.
- [29] KIEM P V, ANH HLE T, NHIEM N X, et al. Labdane-type diterpenoids from the rhizomes of *Hedychium coronarium* inhibit lipopolysaccharide-stimulated production of pro-inflammatory cytokines in bone marrow-derived dendritic cells[J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 2012, 60(2):246-250.
- [30] KUMRIT I, SUKSAMRARN A, MEEPAPAN P, et al. Labdane-type diterpenes from *Hedychium gardnerianum* with potent cytotoxicity against human small cell lung cancer cells[J]. Phytother Res, 2010, 24(7):1009-1013.
- [31] ZHAN Z J, WEN Y T, REN F Y, et al. Diterpenoids and a diarylheptanoid from *Hedychium coronarium* with significant anti-angiogenic and cytotoxic activities[J]. Chem Biodivers, 2012, 9(12):2754-2760.
- [32] CHEN J J, TING C W, WU Y C, et al. New labdane-type

- diterpenoids and anti-inflammatory constituents from *Hedychium coronarium* [J]. *Int J Mol Sci*, 2013, 14(7): 13063–13077.
- [33] ZHAO H, ZENG G, ZHAO S, et al. Cytotoxic labdane-type diterpenes from *Hedychium longipetalum* inhibiting production of nitric oxide [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2015, 25(20): 4572–4575.
- [34] SONGSRI S, NUNTAWONG N. Cytotoxic labdane diterpenes from *Hedychium ellipticum* Buch. –Ham. ex Sm [J]. *Molecules*, 2016, 21(6): 749–756.
- [35] LI Y P, ZHAO S M, XU J J, et al. New labdane diterpenes from *Hedychium yunnanense* with cytotoxicity and inhibitory effects on nitric oxide production [J]. *Nat Prod Res*, 2016, 30(23): 2669–2674.
- [36] ZHAO Q, GAO J J, QIN X J, et al. Hedychins A and B, 6,7-dinorlabdane diterpenoids with a peroxide bridge from *Hedychium forrestii* [J]. *Org Lett*, 2018, 20(3): 704–707.
- [37] ZHAO Q, XIAO L G, BI L S, et al. Hedychins E and F: labdane-type norditerpenoids with anti-inflammatory activity from the rhizomes of *Hedychium forrestii* [J]. *Org Lett*, 2022, 24(38): 6936–6939.
- [38] WANG W H, GAO J J, ZUO X F, et al. New diterpenoids from the rhizomes of *Hedychium forrestii* [J]. *Nat Prod Res*, 2021, 35(15): 2463–2469.
- [39] REDDY P P, RAO R R, REKHA K, et al. Two new cytotoxic diterpenes from the rhizomes of *Hedychium spicatum* [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2009, 19(1): 192–195.
- [40] PRABHAKAR REDDY P, TIWARI A K, RANGA RAO R, et al. New labdane diterpenes as intestinal α -glucosidase inhibitor from antihyperglycemic extract of *Hedychium spicatum* (Ham. Ex Smith) rhizomes [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2009, 19(9): 2562–2565.
- [41] REDDY P P, RAO R R, SHASHIDHAR J, et al. Phytochemical investigation of labdane diterpenes from the rhizomes of *Hedychium spicatum* and their cytotoxic activity [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2009, 19(21): 6078–6081.
- [42] 张静. 光叶巴豆和圆瓣姜花两种植物化学成分的研究 [D]. 昆明: 云南师范大学, 2022.
- [43] LIN Y S, LIN J H, CHANG C C, et al. Tetrahydropyran- and tetrahydrofuran-containing diarylheptanoids from *Hedychium coronarium* rhizomes [J]. *J Nat Prod*, 2015, 78(2): 181–187.
- [44] RAWAT A, RAWAT M, PRAKASH O M, et al. Comparative study on eucalyptol and camphor rich essential oils from rhizomes of *Hedychium spicatum* Sm. and their pharmacological, antioxidant and antifungal activities [J]. *An Acad Bras Cienc*, 2022, 94(3): e20210932.
- [45] ARRUDA M, VIANA H, RAINHA N, et al. Anti-acetylcholinesterase and antioxidant activity of essential oils from *Hedychium gardnerianum* Sheppard ex Ker–Gawl [J]. *Molecules*, 2012, 17(3): 3082–3092.
- [46] MEDEIROS J R, CAMPOS L B, MENDONCA S C, et al. Composition and antimicrobial activity of the essential oils from invasive species of the Azores, *Hedychium gardnerianum* and *Pittosporum undulatum* [J]. *Phytochemistry*, 2003, 64(2): 561–565.
- [47] JOY B, RAJAN A, ABRAHAM E. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oil from *Hedychium coronarium* [J]. *Phytother Res*, 2007, 21(5): 439–443.
- [48] GUZMAN L, NERIO L S, VENTURINI W, et al. Antiplatelet and antibacterial activities of essential oils obtained from rhizomes and leaves of *Hedychium coronarium* J. Koenig [J]. *An Acad Bras Cienc*, 2020, 92(2): e20190615.
- [49] TEIXEIRA T, ROSA J S, RAINHA N, et al. Assessment of molluscicidal activity of essential oils from five Azorean plants against *Radix peregra* (Müller, 1774) [J]. *Chemosphere*, 2012, 87(1): 1–6.
- [50] PANIGRAHY S K, KUMAR A, BHATT R. *Hedychium coronarium* rhizomes: promising antidiabetic and natural inhibitor of α -amylase and α -glucosidase [J]. *J Diet Suppl*, 2020, 17(1): 81–87.
- [51] TSE L S, LIAO P L, TSAI C H, et al. Glycemia lowering effect of an aqueous extract of *Hedychium coronarium* leaves in diabetic rodent models [J]. *Nutrients*, 2019, 11(3): 629.
- [52] MISHRA T, PAL M, MEENA S, et al. Composition and in vitro cytotoxic activities of essential oil of *Hedychium spicatum* from different geographical regions of western Himalaya by principal components analysis [J]. *Nat Prod Res*, 2016, 30(10): 1224–1227.
- [53] RAY A, JENA S, DASH B, et al. *Hedychium coronarium* extract arrests cell cycle progression, induces apoptosis, and impairs migration and invasion in HeLa cervical cancer cells [J]. *Cancer Manag Res*, 2019, 11: 483–500.

(收稿日期: 2023-02-11)