

# 云南栝楼属植物的化学成分及生物活性研究进展

王杨<sup>1</sup>, 汤俊瑜<sup>1</sup>, 李怡洁<sup>1</sup>, 张梁<sup>1</sup>, 周瑾荣<sup>1</sup>, 王娇娇<sup>1,2</sup>, 肖伟烈<sup>3\*</sup>

(1. 云南大学资源植物研究院, 云南昆明 650504; 2. 云南省农业科学院经济作物研究所, 云南昆明 650205; 3. 云南大学化学科学与工程学院教育部自然资源药物化学重点实验室, 云南省天然产物转化与应用重点实验室, 云南昆明 650021)

**摘要** 栝楼属是葫芦科中较大的一个属, 在我国以华南和西南地区分布最多。该属植物药用资源丰富, 其中多个品种均被作为民族药在云南民间广泛使用, 常用于治疗咽喉肿痛、痰热咳嗽、痈疮肿毒等。栝楼属植物中主要含有萜类、黄酮、甾体、有机酸等化学成分, 有抗肿瘤、抗氧化、降血糖等生物活性, 极具药用开发价值。以国内外相关文献为依据, 对在云南分布的栝楼属植物中的化学成分按照结构类型进行分类, 并对部分化学成分的生物活性进行整理归纳, 为深入研究和进一步开发利用云南栝楼属植物提供参考。

**关键词** 云南栝楼属植物; 萜类; 黄酮; 生物活性

中图分类号 R284.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)22-0001-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.22.001



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Research Progress on Chemical Constituents and Biological Activities of *Trichosanthes* L. Plants in Yunnan Province

WANG Yang, TANG Jun-yu, LI Yi-jie et al (Economic Plant Institute, Yunnan University, Kunming, Yunnan 650504)

**Abstract** *Trichosanthes* L. is one of the largest genera in Cucurbitaceae and is most widely distributed in southern and southwestern China. *Trichosanthes* L. plants have rich medicinal resources, many of which are widely used as ethnic medicines in Yunnan Province. It is often used to treat sore throat, phlegm and cough, grow lumps on the body. *Trichosanthes* L. plants mainly contain terpenes, flavones, steroids, organic acids and other chemical constituents, which have anti-tumor, anti-oxidation, hypoglycemic and other biological activities and have the value of medicinal exploitation. In this paper, the chemical constituents of *Trichosanthes* L. plants distributed in Yunnan Province were classified according to their structural types based on relevant literature at home and abroad, and the biological activities of some chemical constituents were summarized, providing reference for further research and development of *Trichosanthes* L. plants in Yunnan Province.

**Key words** *Trichosanthes* L. plants in Yunnan Province; Terpene; Flavone; Biological activity

栝楼属(*Trichosanthes* L.)是一年生或多年生藤本, 全世界分布有 80 余种。我国是栝楼属植物的主要分布中心, 有 41 个种和 8 个变种<sup>[1]</sup>, 以华南和西南地区分布最多。云南省栝楼属植物资源丰富, 全省分布该属植物品种 26 个, 其中特有品种 2 个<sup>[2]</sup>。在云南省栝楼属植物中, 记载具有药用价值的品种多达 17 种, 民间主要用于清热解毒, 散结润肠, 治疗咽喉肿痛、痰热咳嗽、痈疮肿毒等, 其中栝楼(*Trichosanthes kirilowii*)和双边栝楼(*Trichosanthes rosthornii*)作为常用中药, 对其化学成分和生物活性的报道较多。该研究以国内外相关文献为依据, 对在云南分布的栝楼属植物中的化学成分按照结构类型进行分类, 并对部分化学成分的生物活性进行整理归纳, 为深入研究和进一步开发利用云南栝楼属植物提供参考。

### 1 云南栝楼属植物的化学成分

**1.1 萜及其苷类** 栝楼属植物含有大量的四环三萜和五环三萜类化合物。

从栝楼种子中先后分离得到 10 $\alpha$ -葫芦二烯醇、栝楼仁二醇(1)、异栝楼仁二醇、7-氧代二氢栝楼仁二醇、6-羟基二氢栝楼仁二醇、环栝楼二醇、3, 29-二苯甲酰基栝楼仁三醇<sup>[3-5]</sup>(2); 其炮制品瓜蒌霜中含有(3 $\alpha$ )-3, 29-dihydroxy-7-oxomultiflor-8-ene-3, 29-diylidibenzoat 和 3, 29-二苯甲酰氧

栝楼二醇<sup>[6]</sup>。从双边栝楼种子中分离得到栝楼仁二醇、7-氧代二氢栝楼仁二醇和 10 $\alpha$ -葫芦二烯醇<sup>[7]</sup>。王瓜果实中含有葫芦素 B 及 23, 24-二氢葫芦素 B 和 D 等 10 种组分<sup>[8]</sup>; 从种子中分离得 3 个三萜类组分, 分别是 7-氧代二氢栝楼仁二醇、7-氧代二氢栝楼仁三醇(3)和 7, 11-二氧代二氢栝楼仁二醇<sup>[9]</sup>; 王瓜根中含有二氢葫芦素 B 以及 7 种新的葫芦素, 如 7 $\beta$ -hydroxy-3-epi-isocucurbitacin B(4)<sup>[10]</sup>。从三尖栝楼的根中分离得到葫芦素 J-2-O- $\beta$ -吡喃葡萄糖苷、葫芦素 B(5)、异葫芦素 B、3-表-异葫芦素 B、23, 24-二氢葫芦素 D, 还分离出 tricuspidatin 和 2-O-glucocucurbitacin<sup>[11-12]</sup>, 在其果实中发现 khekadaengoside K 和 khekadaengoside L<sup>[13]</sup>。云南省栝楼属植物中部分三萜及其苷类化合物的结构式和命名见表 1。

**1.2 黄酮及其苷类** 栝楼果实中含有柯伊利素 7-O- $\beta$ -D-葡萄糖苷<sup>[14]</sup>、香叶木素-7-O- $\beta$ -D-葡萄糖苷<sup>[15]</sup>、金圣草黄素、4'-羟基黄芩素<sup>[16]</sup>、香叶木素(6)、芹菜素和木犀草素(7)等<sup>[17]</sup>。双边栝楼果实中也含有金圣草黄素和金圣草黄素-7-O-葡萄糖苷(8)<sup>[18]</sup>。从王瓜叶中分离出山柰苷和山柰酚-3-葡萄糖-7-鼠李糖苷<sup>[19]</sup>。蛇瓜中含有 5, 6, 6'-trimethoxy-3', 4'-methylenedioxyisoflavone 7-O- $\beta$ -D-(2''-O-p-coumaroyl) glucopyranoside 等物质<sup>[20]</sup>。从五角栝楼果实的乙醇提取部位中分离得到黄酮类基团 ergost-7-en-3-ol, (3,  $\beta$ )<sup>[21]</sup>。云南省栝楼属植物中部分黄酮及其苷类化合物的结构式和命名见表 2。

**基金项目** 2018 年度云南省青年基金项目(2018FD004); 2021 年度云南大学专业学位研究生实践创新项目(2021Y254)。

**作者简介** 王杨(1988—), 女, 云南昆明人, 讲师, 博士, 从事天然产物化学研究。\* 通信作者, 研究员, 从事天然产物化学及生理活性研究。

**收稿日期** 2022-02-13

表1 云南栝楼属植物中部分甾萜及其苷类化合物

Table 1 Part of triterpenes and their glycosides from *Trichosanthes L.* plants in Yunnan Province

编号 No.	结构 Structure	化合物名称 Compound name	参考文献 References
1		栝楼仁二醇 karounidiol	[3]
2		3,29-二苯甲酰基栝 楼仁三醇 3,29- dibenzoyl rarounitriol	[5]
3		7-氧代二氢栝楼仁 三醇 7-oxodihydro- karounitriol	[9]
4		7β-hydroxy-3-epi- isocucurbitacin B	[10]
5		葫芦素 B cucurbita- cin B	[12]

表2 云南栝楼属植物中部分黄酮及其苷类化合物

Table 2 Part of flavonoids and their glycosides from *Trichosanthes L.* plants in Yunnan Province

编号 No.	结构 Structure	化合物名称 Compound name	参考文献 References
6		香叶木素 diosmetin	[17]
7		木犀草素 luteolin	[17]
8		金圣草黄素-7-O- 葡萄糖苷 chrysoeriol -7-O-glucoside	[18]

**1.3 甾体及其苷类** 在栝楼果皮的脂溶性成分中分离得到豆甾-3β,6α-二醇、多孔甾-3β,6α-二醇<sup>[22]</sup>,从种子的炮制品瓜蒌霜中得到了5α,8α-表二氧麦角甾-6,22E-二烯-3β-醇(9)、β-谷甾醇等<sup>[6]</sup>。双边栝楼种子中含有豆甾-7-烯-3β-醇、豆甾-7,22-二烯-3β-醇(10)和豆甾-7,22-二烯

-3-O-β-D-葡萄糖苷等<sup>[18]</sup>;该种植物果实中含有7,22-二烯豆甾醇、7,22-二烯豆甾醇-3-葡萄糖苷及菠菜甾醇-7-O-葡萄糖苷<sup>[23]</sup>。从王瓜果实中分离出豆甾烷醇(11)、豆甾-7,22-二烯-3β-醇<sup>[24]</sup>和α-菠菜甾醇等物质<sup>[19]</sup>。从三尖栝楼的根中分离得到2,16-二羟基-(22-27)-hexanorcucurbit-5-烯-11,20-二酮 16-O-β-吡喃葡萄糖苷<sup>[11]</sup>以及菠菜甾醇(12)、stigmast-7-en-3-β-ol、stigmast-7-en-3-β-ol-3-O-β-D-glucopyranoside等<sup>[12]</sup>。五角栝楼果实的乙醇提取部位中含有甾体类基团 chondrillastero<sup>[21]</sup>。从短序栝楼叶中分离得到9,26-epoxymultiflorenol、ergosta-6,22-dien-3β,5α,8α-triol、4α,14α-dimethyl-9,19-cyclo-5α,9β-ergost-24(24')-en-3β-ol、lup-20(29)-en-3β-ol和菠菜甾醇<sup>[25]</sup>。云南省栝楼属植物中部分甾体及其苷类化合物的结构式和命名见表3。

表3 云南栝楼属植物中部分甾体及其苷类化合物

Table 3 Part of steroids and their glycosides from *Trichosanthes L.* plants in Yunnan Province

编号 No.	结构 Structure	化合物名称 Compound name	参考文献 References
9		5α,8α-表二氧麦 角甾-6,22E-二烯- 3β-醇 5α,8α-epid- ioxystigmast-6,22E- dien-3β-ol	[6]
10		豆甾-7,22-二烯-3β- 醇 stigmast-7,22- dien-3β-ol	[18]
11		豆甾烷醇 stigmastanol	[24]
12		菠菜甾醇 spinasterol	[12]

**1.4 苯丙素类** 从栝楼种子中分离得到6-(3-hydroxy-4-methoxystyryl)-4-methoxy-2H-pyran-2-one<sup>[26]</sup>以及5个木脂素类化合物:(-)-secoisolariciresinol(13)、hanultarin、1,4-O-diferuloylsecoisolariciresinol、(-)-pinoresinol(14)和4-ke-topinoresinol<sup>[27]</sup>;从栝楼根中分离得到了1-C-(p-hydroxyphenyl)-glycerol(15)<sup>[28]</sup>。云南省栝楼属植物中部分苯丙素类化合物的结构式和命名见表4。

**1.5 生物碱类** 目前从栝楼属植物中分离得到的生物碱类化合物只有2个,分别为从栝楼根中分离得到的convicine(16)<sup>[29]</sup>和从双边栝楼果皮中分离得到的栝楼酯碱(17)<sup>[30]</sup>。云南省栝楼属植物中生物碱类化合物的结构式和命名见表5。

**1.6 氨基酸和蛋白质类** 从栝楼块根中提取分离得到中药

天花粉, 天花粉中的主要活性成分为天花粉蛋白 (trichosanthin, TCS)<sup>[31]</sup>, 它是一种单链核糖体失活蛋白; 栝楼果皮中含有苯丙氨酸、亮氨酸、精氨酸等酸类<sup>[32]</sup>。在双边栝楼果实各部位均发现含有一定量的精氨酸、瓜氨酸和丝氨酸, 此外还有腺嘌呤、腺苷等核苷类成分<sup>[33]</sup>。在蛇瓜子中发现了核糖体失活蛋白 trichoanguina 和 trichosanthin-S<sup>[34]</sup>, 还分离得到 II 类  $\alpha$ -甘露糖苷酶<sup>[35]</sup>。三尖栝楼叶的水提取物中富含 DNase (脱氧核糖核酸酶) 水解酶<sup>[36]</sup>。

表 4 云南栝楼属植物中部分苯丙素类化合物

Table 4 Part of phenylpropanoids from *Trichosanthes* L. plants in Yunnan Province

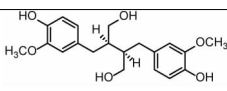
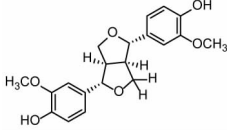
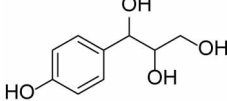
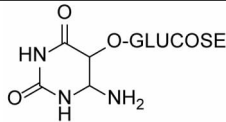
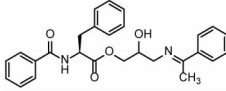
编号 No.	结构 Structure	化合物名称 Compound name	参考文献 References
13		(-)-secoisolariciresinol	[27]
14		(-)-pinoresinol	[27]
15		1-C-(p-hydroxyphenyl)-glycerol	[28]

表 5 云南栝楼属植物中生物碱类化合物

Table 5 Alkaloids from *Trichosanthes* L. plants in Yunnan Province

编号 No.	结构 Structure	化合物名称 Compound name	参考文献 References
16		convicine	[29]
17		栝楼酯碱 trichosana-tine	[30]

**1.7 油脂和有机酸类** 栝楼属植物果皮和种子中油脂、有机酸的含量较高。

栝楼种子油是一种优质食用植物油源, 其所含不饱和脂肪酸主要为油酸、亚油酸; 饱和脂肪酸主要为棕榈酸、硬脂酸<sup>[37]</sup>。双边栝楼果实中含有对羟基苯甲酸、异香草酸等成分<sup>[18]</sup>。从三尖栝楼的根及叶中分离得到甘油基 1-硬脂酸酯和苔藓果酸等<sup>[12,38]</sup>。截叶栝楼果皮精油中主要含棕榈酸 (44.27%)、亚油酸+亚麻酸 (29.06%) 以及挥发性有机酸<sup>[39]</sup>。

**1.8 其他类物质** 除上述成分外, 该属植物还含有大量的其他类物质, 如糖类、无机元素、含氮化合物。

从栝楼果皮多糖中分离得到鼠李糖、阿拉伯糖等<sup>[40]</sup>。王瓜果实中含有  $\beta$ -胡萝卜素、番茄红<sup>[19]</sup>。从三尖栝楼的叶和根中提取分离得新植二烯、1,2-苯二甲酸、角鲨烯等物质<sup>[12,38]</sup>。

## 2 云南栝楼属植物的生物活性研究

**2.1 抑菌活性** 三尖栝楼中含有形成银纳米颗粒 (AgNPs) 的还原剂, AgNPs 对临床常见病原菌具有显著的抑制活性<sup>[41]</sup>; Bhardwaj<sup>[12]</sup> 经琼脂扩散法测得其根的乙醇、50% 乙醇水溶液 (1:1) 和水提取物对 4 种病原菌都具有良好的抑菌活性。

**2.2 抗氧化活性** 蔡川等<sup>[42]</sup> 证实, 栝楼种子在一定浓度下具有较好的抗氧化作用, 其在过氧基异丙苯模型和四氯化碳/辅酶 II 模型中的丙二醛生成量与药物浓度有显著的量效关系; 骆丽如等<sup>[43]</sup> 通过测定瓜蒌 (栝楼、双边栝楼的果实统称) 叶中黄酮的抗氧化能力, 发现其对 DPPH 自由基溶液的清除率达到了 74.8%。瓜叶栝楼叶的抗氧化活性最高, 果实的抗氧化活性则较低<sup>[44-45]</sup>, 其热水提取物中含有的多酚类物质可能会诱导抗氧化特性<sup>[46]</sup>。Weng 等<sup>[47]</sup> 发现截叶栝楼根的甲醇和乙醇提取部位均具有相似的抗氧化活性。

**2.3 抗肿瘤活性** 从栝楼根中分离得到的天花粉蛋白具有广谱的抗肿瘤效应, 能抑制 HIV-1 复制<sup>[48]</sup>; 而栝楼根提取物比天花粉蛋白对宫颈癌 Hela 细胞的抑制作用更强<sup>[49]</sup>, 有更好的抗癌活性; Moon 等<sup>[27,50]</sup> 从栝楼种子中分离得到的物质对多种癌细胞具有细胞毒作用。蛇瓜叶中含有的苯丙素类化合物 trichoanguin A 和 trichoanguin B 具有抗肿瘤和抗 HIV-1 活性<sup>[51]</sup>。郝新才<sup>[8]</sup> 利用 MTS 法测定了从王瓜果实中分离得到的 3 $\beta$ -[(E)-caffeoyloxy]-D; C-friedooleana-7, 9 (11)-dien-29-oic acid 对 5 种人肿瘤细胞 (HL-60、SMMC-7721、A-549、MCF-7、SW480) 及人支气管上皮细胞 (BEAS-2B) 的生长均有抑制作用。Dakeng 等<sup>[52]</sup> 研究发现, 瓜叶栝楼中含有的葫芦素 B 对乳腺癌 SKBR-3 和 MCF-7 细胞具有细胞毒作用, 可诱导细胞凋亡, 并对 Wnt 信号通路产生抑制作用<sup>[53]</sup>, 葫芦素 B 对人结肠癌 HCT15 细胞、肾癌 A498 细胞等也有一定的抗增殖作用<sup>[54]</sup>。Mai 等<sup>[55]</sup> 证实三尖栝楼的果皮提取物对  $\kappa$ B 细胞系具有细胞毒性。

**2.4 抗炎活性** 林青华等<sup>[56]</sup> 从栝楼果皮中分离得到的齐墩果酸、菠菜甾醇和甘草宁 G 对小鼠巨噬细胞 RAW264.7 有显著的抗炎活性。Arawawala 等<sup>[57]</sup> 通过研究发现瓜叶栝楼的热水提取物具有明显的抗炎活性, 其抗炎作用可与消炎痛相媲美。三尖栝楼叶的甲醇提取部位通过抑制 NF- $\kappa$ B、AP-1 和 STAT3 转录因子的核转位表现出抗炎特性, 且对脂多糖 (LPS) 诱导的小鼠巨噬细胞 RAW264.7 也有一定抗炎作用<sup>[58]</sup>。

**2.5 抑制血小板聚集** 刘岱琳等<sup>[15]</sup> 利用体外抗血小板聚集活性测试体系测定栝楼果实中部分成分具有很强的抗血小板聚集作用。用截叶栝楼果皮配制得到的注射液能抑制二磷酸腺苷 (ADP) 或胶原诱导的动物血小板聚集<sup>[59]</sup>。

**2.6 抗溃疡和致泻作用** 秦林等<sup>[60]</sup> 经体外试验证明栝楼果实水煎液对 HeLa 细胞有直接抑制作用, 对巨噬细胞则有促进及损伤双向作用。瓜叶栝楼果实 50% 乙醇提取物对由乙醇和阿司匹林诱导的胃溃疡有显著的抗溃疡作用, 其热水提取物对由乙醇或消炎痛引起的胃损伤也具有保护作用<sup>[61-62]</sup>。

**2.7 对病原微生物及各类酶活性的作用** 叶肖粟等<sup>[63]</sup> 通过

酶活性试验证明了栝楼粗提物对 $\alpha$ -葡萄糖苷酶的抑制作用略强于阳性药(阿卡波糖)。瓜叶栝楼的甲醇提取部位能有效控制谷草转氨酶(AST)、谷丙转氨酶(ALT)等含量,并提高蛋白质含量;该种植物的地上部分提取物具有 $\alpha$ -淀粉酶抑制活性,但不显著<sup>[64]</sup>。Kulandaivel等<sup>[65]</sup>通过对大鼠的抗糖尿病活性研究得出,三尖栝楼的乙醇提取部位对四氧嘧啶中毒动物肝脏中血清谷草转氨酶(SGOT)、血清谷丙转氨酶(SGPT)的活性有调节作用,且显著降低了大鼠肝脏标志物酶的水平。三尖栝楼中富含的DNase能够减弱小鼠尾部组织坏死并使血清肌酸激酶(CK)和乳酸脱氢酶(LDH)水平正常化<sup>[36]</sup>。Weng等<sup>[47]</sup>测定了截叶栝楼的菌体酪氨酸酶抑制作用,结果表明(一)- $\beta$ -homoarginine anhydride、2-methyl-3-pyridinol等成分具有较强的酪氨酸酶抑制活性。Nhiem等<sup>[25]</sup>证实了短序栝楼叶具有酪氨酸酶抑制活性,其所含化学成分可能是酪氨酸酶抑制剂的潜在作用物。

**2.8 改善脂质代谢** Zhang等<sup>[10]</sup>经肝癌HepG2细胞试验证明王瓜根提取物中含有的hexanorisocucurbitacin D和isocucurbitacin D剂量依赖性地提高了低密度脂蛋白受体(LDLR)水平,降低了PCSK9蛋白水平,是治疗高血脂症的有效的PCSK9调节剂。

**2.9 对血糖的影响** Hikino等<sup>[66]</sup>从栝楼根中分离得到5个具有降血糖活性的聚糖,即trichosan A、B、C、D和E。瓜叶栝楼的水提物能显著降低糖尿病动物的餐后血糖<sup>[67]</sup>,Kirana等<sup>[68]</sup>通过与对照组相比发现,瓜叶栝楼水提物对胰岛素依赖型组织如肝脏和骨骼肌的糖原含量分别提高了62%和58.8%。三尖栝楼根的乙醇提取部位可降低受试糖尿病大鼠的血清胆固醇和甘油三酯(TG)水平的升高<sup>[65]</sup>。

**2.10 其他活性研究** Wang等<sup>[48]</sup>从栝楼种子中分离得到一种具有蛋白质生物合成抑制活性的多肽trichokirin-S1。蛇瓜叶提取物有杀灭致倦库蚊等蚊虫幼虫的活性<sup>[69]</sup>。瓜叶栝楼的全株提取物对雌性大鼠排卵有破坏作用,对卵泡发育和功能也有不利影响<sup>[70]</sup>。Smilin Bell Aseervatham等<sup>[38]</sup>发现三尖栝楼的甲醇提取部位对小鼠海马体氧化应激具有保护作用,还能清除癫痫时产生的含自由基的活性化合物,并对毛果芸香碱诱发的癫痫具有抗惊厥作用。Manivel等<sup>[71-72]</sup>经试验证实,三尖栝楼叶的提取物具有解热活性和较强的自由基清除能力。截叶栝楼能拮抗高去甲肾上腺素和高 $K^+$ 引起的离体主动脉肌条的收缩<sup>[59]</sup>;Weng等<sup>[47]</sup>从该种植物根中分离得到的3-methoxy-4-hydroxybenzoic acid和22-dihydro- $\alpha$ -spinasterol在0.2~20.0  $\mu\text{mol/L}$ 浓度范围内可显著抑制人皮肤角质形成细胞(HaCaT)活性氧(ROS)生成,且无细胞毒性。

### 3 结语

通过对近年来栝楼属植物化学成分相关研究的整理,发现在使用栝楼、双边栝楼2种植物的果实时存在混乱现象,文献常将试验材料依照其民间中药名统称为瓜蒌,这给科研工作者在查阅文献时带来一定困难,无法辨别瓜蒌具体是以上哪种植物的果实,易对试验选材造成影响。

云南省栝楼属植物资源丰富,且栝楼属植物各部位均有

较大的应用价值,发展潜力巨大。随着国内外对栝楼属植物的研究越来越广,近年来从该属的不同植物中分离到了多种新的化学成分,其中一些化学成分还具有显著的生物活性,如甾体类、黄酮类化合物等,但对于一些重要化学物质的结构研究尚未完善,如一些生物活性较强的苯丙素类和生物碱类化合物。

在今后的工作中,应更加关注云南省栝楼属中其他植物的研究,特别是在民间有丰富药用实践的栝楼属植物,从该属更多种植物及更多有效部位下手,将化学成分研究与生物活性研究紧密结合,寻找并发现更多生物活性,为云南省栝楼属植物的深入研究提供一定基础。

### 参考文献

- [1] 周涛,黄璐琦,江维克.栝楼属(葫芦科)植物的系统演化与地理分布[J].植物科学学报,2015,33(3):414-423.
- [2] 吴征镒.云南植物志[M].北京:科学出版社,2006.
- [3] 巢志茂,何波,张颖,等.栝楼种子中不皂化类脂的化学成分研究[J].中国药学杂志,2000,35(11):157-160.
- [4] 唐春风.瓜蒌子的化学成分和定性定量研究[D].北京:中国协和医科大学,2005.
- [5] 程雪梅,吴旻,俞桂新,等.RP-HPLC法测定瓜蒌子中3,29-二甲苯酰基栝楼仁三醇含量[J].药物分析杂志,2005,25(4):377-380.
- [6] 马跃平,高健,傅克玲,等.瓜蒌甾类化学成分的分离与鉴定[J].沈阳药科大学学报,2010,27(11):876-879.
- [7] 巢志茂,何波.双边栝楼种子中不皂化类脂的化学成分研究[C]//中国中医研究院中药研究所.2002中药研究论文集.北京:中医古籍出版社,2002:198-201.
- [8] 郝新才.三种药用植物的化学成分和生物活性研究[D].武汉:华中科技大学,2014.
- [9] CHAO Z M, SHIBUSAWA Y, YANAGIDA A, et al. Two new triterpenes from the seeds of *Trichosanthes cucumeroides* [J]. Nat Prod Res, 2005, 19(3):211-216.
- [10] ZHANG X J, LI H H, WANG W Q, et al. Lipid-lowering activities of cucurbitacins isolated from *Trichosanthes cucumeroides* and their synthetic derivatives [J]. J Nat Prod, 2020, 83(12):3536-3544.
- [11] 周咏梅,汤净,张思访.三尖栝楼的抗肿瘤活性成分[J].中国药科大学学报,2019,50(1):46-52.
- [12] BHARDWAJ S. Phytochemical evaluation and antibacterial potential of *Trichosanthes tricuspidata* root extracts against human pathogenic bacteria [J]. Int J Life Sci Pharm Res, 2015, 5(2):32-44.
- [13] KANCHANAPOOM T, KASAI R, YAMASAKI K. Cucurbitane, hexanorcucurbitane and octanorcucurbitane glycosides from fruits of *Trichosanthes tricuspidata* [J]. Phytochemistry, 2002, 59(2):215-228.
- [14] 范雪梅,陈刚,苏姗姗,等.瓜蒌化学成分分离与鉴定的分离与鉴定[J].沈阳药科大学学报,2011,28(12):947-948,954.
- [15] 刘岱琳,曲戈霞,王乃利,等.瓜蒌的抗血小板聚集活性成分研究[J].中草药,2004,35(12):1334-1336.
- [16] 孙晓业,吴红华,付爱珍,等.瓜蒌的化学成分研究[J].药科学报,2012,47(7):922-925.
- [17] 张荣超,张波,李新朋,等.瓜蒌果甾类化学成分研究[J].中草药,2019,50(14):3284-3290.
- [18] 安亮.双边栝楼果实化学成分及其对3T3-L1前脂肪细胞增值和分化影响的研究[D].长沙:湖南中医药大学,2015.
- [19] 国家中医药管理局《中华本草》编委会.中华本草[M].上海:上海科学技术出版社,1999:574-575.
- [20] YADAVA R N, SYEDA Y. An isoflavone glycoside from the seeds of *Trichosanthes anguina* [J]. Phytochemistry, 1994, 36(6):1519-1521.
- [21] LALATANG A. Identification of chemical compounds on halmahera red fruit (*Trichosanthes quinquangulata* A. Gray) using chromatography-mass spectroscopy (GC-MS) gas method [J]. Int J Health Med Current Res, 2021, 6(1):1962-1967.
- [22] KIMURA Y, AKIHISA T, YASUKAWA K, et al. Structures of five hydroxylated sterols from the seeds of *Trichosanthes kirilowii* Maxim [J]. Chem Pharm Bull, 1995, 43(10):1813-1817.
- [23] FURUYA T, ORIHARA Y, TSUDA Y. Caffeine and theanine from cultured cells of *Camellia sinensis* [J]. Phytochemistry, 1990, 29(8):2539-2543.

- [24] 马媛媛,蒋璐璐,李婕,等.王瓜养生价值浅谈[J].安徽农业科学,2013,41(10):4320-4321.
- [25] NHIEM N X, YEN H T, LUYEN B T T, et al. Chemical components from the leaves of *Trichosanthes baviensis* and their tyrosinase inhibitory activity [J]. Bull Korean Chem Soc, 2015, 36(2): 703-706.
- [26] DAT N T, JIN X J, HONG Y S, et al. An isoaurone and other constituents from *Trichosanthes kirilowii* seeds inhibit hypoxia-inducible factor-1 and nuclear factor- $\kappa$ B [J]. J Nat Prod, 2010, 73(6): 1167-1169.
- [27] MOON S S, RAHMAN A A, KIM J Y, et al. Hanulartin, a cytotoxic lignan as an inhibitor of actin cytoskeleton polymerization from the seeds of *Trichosanthes kirilowii* [J]. Bioorg Med Chem, 2008, 16(15): 7264-7269.
- [28] JANG K C, LEE J H, KIM S C, et al. Antibacterial and radical scavenging activities of 1-C-(p-hydroxyphenyl)-glycerol from *Trichosanthes kirilowii* [J]. J Appl Biol Chem, 2007, 50(1): 17-21.
- [29] NGUYEN M C, HOANG T G, NINH K B. Isolation and structural conformation of convicine from the roots of *Trichosanthes kirilowii* Maxim [J]. Tap Chi Duoc Hoc, 2008, 48(1): 25-27.
- [30] 巢志茂,刘静明.双边栝楼中栝楼甾醇碱的结构研究[J].药学报,1995,30(7):517-520.
- [31] 李堰忠.天花粉蛋白抗肿瘤活性研究[D].上海:华东理工大学,2014.
- [32] 贡瑞生,张黎明,郑建科.山东栝楼氨基酸及微量元素的分析[J].中国中药杂志,1989,14(6):43-44.
- [33] 张黄琴,刘培,朱振华,等.双边栝楼成熟果实不同部位游离氨基酸及核苷类资源性化学成分分析与评价[J].中国现代中药,2017,19(12):1683-1687.
- [34] WANG S H. Studies on trichosanthin-S, a ribosomal-inactivating protein, isolated from the seeds of *Trichosanthes anguina* [D]. Taipei, ROC: National Taiwan University, 1994.
- [35] RANGANATHA K S, VENUGOPAL A, KUMAR N S. Class II  $\alpha$ -mannosidase from *Trichosanthes anguina* (Snake Gourd) seeds; Purification and biochemical characterization [J]. Int J Bio Macro, 2019, 131: 734-743.
- [36] RUDRESHA G V, URS A P, MANJUPRASANNA V N, et al. Plant DNases are potent therapeutic agents against *Echis carinatus* venom-induced tissue necrosis in mice [J]. J Cell Biochem, 2019, 120(5): 8319-8332.
- [37] 闫永婷,何家庆,黄训端,等.栝楼籽油的理化性质及其脂肪酸组成分析[J].中国林副特产,2008(5):29-31.
- [38] SMILIN BELL ASEERVATHAM G, SIVASUDHA T, SUGANYA M, et al. *Trichosanthes tricuspidata* modulates oxidative toxicity in brain hippocampus against pilocarpine induced status epilepticus in mice [J]. Neurochem Res, 2013, 38(8): 1715-1725.
- [39] 王羽梅.中国芳香植物精油成分手册(上卷)[M].武汉:华中科技大学出版社,2015:746.
- [40] 屠婕红,余菁,盛静.瓜蒌多糖的提取及组分分析[J].中国现代应用药学,2005,22(3):239-241.
- [41] YUVARAJAN R, NATARAJAN D, RAGAVENDRAN C, et al. Photoscopic characterization of green synthesized silver nanoparticles from *Trichosanthes tricuspidata* and its antibacterial potential [J]. J Photochem Photobiol B, 2015, 149: 300-307.
- [42] 蔡川,周扬,刘卫辉,等.川芎、瓜蒌仁、桑叶提取物对肝微粒体脂质过氧化模型的影响[J].中国临床康复,2006,10(11):90-93.
- [43] 骆雨如,黄昭璇,谢文杰,等.瓜蒌叶黄酮的提取工艺优化及其生物活性研究[J].湖南生态科学学报,2020,7(2):24-30.
- [44] ARAWAWALA M, THABREW I, ARAMBOWELA L. *In vitro* and *in vivo* evaluation of antioxidant activity of *Trichosanthes cucumerina* aerial parts [J]. Acta Biol Hung, 2011, 62(3): 235-243.
- [45] ADEBOOYE O C. Phyto-constituents and anti-oxidant activity of the pulp of snake tomato (*Trichosanthes cucumerina* L.) [J]. Afr J Tradit Complement Altern Med, 2008, 5(2): 173-179.
- [46] ARAWAWALA M, THABREW I, ARAMBOWELA L. Antidiabetic activity of *Trichosanthes cucumerina* in normal and streptozotocin-induced diabetic rats [J]. Int J Biol Chem Sci, 2009, 3(2): 287-296.
- [47] WENG I T, LIN Y N, CHEN G Y, et al. (-)- $\beta$ -Homoarginine anhydride, a new antioxidant and tyrosinase inhibitor, and further active components from *Trichosanthes truncata* [J]. Nat Prod Res, 2020, 34(16): 2262-2268.
- [48] WANG J H, NIE H L, HUANG H, et al. Independence of anti-HIV-1 activity from ribosome-inactivating activity of trichosanthin [J]. Biochem Biophys Res Commun, 2003, 302(1): 89-94.
- [49] DOU C M, LI J C. Effect of extracts of *Trichosanthes* root tubers on HepA-H cells and HeLa cells [J]. World J Gastroenterol, 2004, 10(14): 2091-2094.
- [50] AKIHISA T, TOKUDA H, ICHIIISHI E, et al. Anti-tumor promoting effects of multiflorane-type triterpenoids and cytotoxic activity of karunidol against human cancer cell lines [J]. Cancer Lett, 2001, 173(1): 9-14.
- [51] 张铎,路丽明,陈斌,等.天花粉蛋白通过抑制核因子- $\kappa$ B 促进顺铂诱导喉癌细胞凋亡的研究[J].中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2013,48(4):322-328.
- [52] DAKENG S, DUANGMANO S, JIRATCHARIYAKUL W, et al. Inhibition of Wnt signaling by cucurbitacin B in breast cancer cells: Reduction of Wnt-associated proteins and reduced translocation of galectin-3-mediated  $\beta$ -catenin to the nucleus [J]. J Cell Biochem, 2012, 113(1): 49-60.
- [53] MINKE K S, STAIB P, PUETTER A, et al. Small molecule inhibitors of WNT signaling effectively induce apoptosis in acute myeloid leukemia cells [J]. Eur J Haematol, 2009, 82(3): 165-175.
- [54] KUMMALUE T, JIRATCHARIYAKUL W, SRISAPOOMI T, et al. Antiproliferative effect of cucurbitacin B extracted from *Trichosanthes cucumerina* L. on human cancer cell lines [J]. Siriraj Med J, 2009, 61(2): 75-77.
- [55] MAI L P, GUÉNARD D, FRANCK M, et al. New cytotoxic cucurbitacins from the pericarps of *Trichosanthes tricuspidata* fruits [J]. Nat Prod Lett, 2002, 16(1): 15-19.
- [56] 林青华,郭志勇,徐新房,等.基于抗炎活性导向的瓜蒌皮化学成分研究[J].广东化工,2020,47(18):52-54.
- [57] ARAWAWALA M, THABREW I, ARAMBOWELA L, et al. Anti-inflammatory activity of *Trichosanthes cucumerina* Linn. in rats [J]. J Ethnopharmacol, 2010, 131(3): 538-543.
- [58] AHUJA O A, JEONG D, KIM M Y, et al. *Trichosanthes tricuspidata* Lour. methanol extract exhibits anti-inflammatory activity by targeting Syk, Src, and IRAK1 kinase activity [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2019, 2019: 1-15.
- [59] 贝伟剑,宋黎絜,赵一.大子栝楼的药理作用[J].时珍国药研究,1995,6(2):20-22.
- [60] 秦林,高伟良.瓜蒌对子宫颈癌细胞和巨噬细胞的影响[J].山东中医药大学学报,1995,19(6):414-416.
- [61] ARAWAWALA L D A M, THABREW M I, ARAMBOWELA L S R. Gastroprotective activity of *Trichosanthes cucumerina* in rats [J]. J Ethnopharmacol, 2010, 127(3): 750-754.
- [62] GALANI V, GOSWAMI S S, SHAH M B. Antiulcer activity of *Trichosanthes cucumerina* Linn. against experimental gastro-duodenal ulcers in rats [J]. Adv Tradit Med, 2010, 10(3): 222-230.
- [63] 叶肖栗,汤海燕,任国飞,等.栝楼提取物的  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性研究[J].西北药学杂志,2008,23(5):306-307.
- [64] LIYANAGE R, NADEESHANI H, JAYATHILAKA C, et al. Comparative analysis of nutritional and bioactive properties of aerial parts of snake gourd (*Trichosanthes cucumerina* Linn.) [J]. Int J Food Sci, 2016, 16: 1-8.
- [65] KULANDAIVEL S, BAJPAI P, SIVAKUMAR T. Anti-hyperglycemic activity of *Trichosanthes tricuspidata* root extract [J]. Bangladesh J Pharm acol, 2013, 8(3): 305-310.
- [66] HIKINO H, YOSHIZAWA M, SUZUKI Y, et al. Isolation and hypoglycemic activity of trichosans A, B, C, D, and E: Glycans of *Trichosanthes kirilowii* roots [J]. Planta Med, 1989, 55(4): 349-350.
- [67] AJBOYE T O, AKINPELU S A, MURITALA H F, et al. *Trichosanthes cucumerina* fruit extenuates dyslipidemia, protein oxidation, lipid peroxidation and DNA fragmentation in the liver of high-fat diet-fed rats [J]. J Food Biochem, 2014, 38(5): 480-490.
- [68] KIRANA H, SRINIVASAN B P. *Trichosanthes cucumerina* Linn. improves glucose tolerance and tissue glycogen in non insulin dependent diabetes mellitus induced rats [J]. Indian J Pharm acol, 2008, 40(3): 103-106.
- [69] RAHUMAN A A, VENKATESAN P. Larvicidal efficacy of five cucurbitaceous plant leaf extracts against mosquito species [J]. Parasitol Res, 2008, 103(1): 133-139.
- [70] KAGE D N, MALASHETTY V B, SEETHARAM Y N, et al. Effect of ethanol extract of whole plant of *Trichosanthes cucumerina* var. *cucumerina* L. on gonadotropins, ovarian follicular kinetics and estrous cycle for screening of antifertility activity in albino rats [J]. Int J Morphol, 2009, 27(1): 173-182.
- [71] MANIVEL K, RAJANGAM P, MUTHUSAMY K, et al. Evaluation of anti-pyretic effect of *Trichosanthes tricuspidata* Linn on albino rats [J]. Int J Res Pharm Biomed Sci, 2011, 2(4): 1718-1720.
- [72] NITHIYA P, MOHAN K. Antioxidative effect of *Trichosanthes tricuspidata* root extract on sildenafil induced migraine in albino mice [J]. Pharmacogn Res, 2009, 1(6): 402-405.