

DOI: 10.13210/j.cnki.jhmu.20250306.004

网络出版地址: <https://link.cnki.net/urlid/46.1049.R.20250306.1812.008>

爪哇木棉的化学成分及其生物活性研究进展

朱虹¹, 陈旭阳², 王升志^{1,3}, 谢智任¹, 谢丽翠¹, 王一如¹, 张小坡¹✉, 陈德力^{1,4}✉

(1. 海南医科大学&海南省医学科学院 药学院(热带药物创新与转化教育部工程研究中心&人机智能协同肿瘤精准诊疗国际联合研究中心&海南省热带药用植物研究开发重点实验室), 海南海口 571199; 2. 海南医科大学&海南省医学科学院 基础医学与生命科学学院(热带转化医学教育部重点实验室), 海南海口 571199; 3. 哈尔滨商业大学 药学院, 黑龙江 哈尔滨 150000; 4. 道地药材品质保障与资源持续利用全国重点实验室, 北京 100700)

[摘要] 爪哇木棉隶属于木棉科, 是一种具有重要生态和观赏价值的药用植物, 主要分布于热带和亚热带地区。该植物被广泛用作传统药物, 近年来其化学成分及生物活性倍受关注。爪哇木棉的化学成分丰富多样, 主要包括萜类、黄酮类、酚类、甾体类化合物等。现代药理活性研究表明, 爪哇木棉具有抗氧化、抗菌、抗炎和抗肿瘤等丰富的生物活性。本文综述了近30年来, 国内外爪哇木棉的化学成分及其药理活性研究进展, 为热带特色药用资源爪哇木棉的研究与开发提供基础数据和理论依据。

[关键词] 爪哇木棉; 化学成分; 生物活性; 研究进展

[中图分类号] R284; R285 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-5953(2025)14-1111-10

Advances in research on chemical components and biological activities of *Ceiba pentandra* L.

ZHU Hong¹, CHEN Xuyang², WANG Shengzhi^{1,3}, XIE Zhiren¹, XIE Licui¹, WANG Yiru¹, ZHANG Xiaopo¹✉, CHEN Deli^{1,4}✉

(1. Engineering Research Center of Tropical Medicine Innovation and Transformation of Ministry of Education & International Joint Research Center of Human-machine Intelligent Collaborative for Tumor Precision Diagnosis and Treatment of Hainan Province & Hainan Provincial Key Laboratory of Research and Development on Tropical Herbs, School of Pharmacy, Hainan Medical University/Hainan Academy of Medical Sciences, Haikou 571199, China; 2. Key Laboratory of Tropical Translational Medicine of Ministry of Education, School of Basic Medicine and Life Sciences, Hainan Medical University/Hainan Academy of Medical Sciences, Haikou 571199, China; 3. School of Pharmaceutical Science, Harbin University of Commerce, Harbin 150000, China; 4. State Key Laboratory for Quality Ensurance and Sustainable Use of Dao-di Herbs, Beijing 100700, China.)

[Foundation Project]: This study was supported by General Program of the National Natural Science Foundation of China (82473803); National Key Project for the Construction of Sustainable Utilization Capacity for Precious Traditional Chinese Medicine Resources (2060302); the Key Research and Development Program of Hainan Province (ZDYF2022SHFZ037)

[Author]: ZHU Hong, E-mail: 1156432932@qq.com; CHEN Xuyang, Ph.D., E-mail: hy0206231@hainmc.edu.com.

[Correspondence to]: ZHANG Xiaopo, Ph.D., Professor, E-mail: z_xp1412@163.com; CHEN Deli, Ph.D., Associate Researcher, E-mail: chendeli9999@163.com.

Received: 2024-11-19 Revised: 2025-02-24

JHMU, 2025;31(14);1111-1120

View from specialist: It is creative, and of certain scientific and educational value.

[Abstract] *Ceiba pentandra* L. (Bombacaceae family), a medicinal plant with ecological and ornamental value, is primarily distributed in tropical and subtropical regions. Owing to its extensive use in traditional practices, the chemical constituents and biological activities of *C. pentandra* have attracted considerable attention in recent years. The chemical constituents of *C. pentandra* are characterized by their richness and diversity, including terpenoids, flavonoids, phenolics, steroidal compounds, etc. Pharmacological

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(82473803);中央本级重大增减支项目“名贵中药资源可持续利用能力建设项目”(2060302);海南省重点研发项目(ZDYF2022SHFZ037)

[作者简介] 朱虹, E-mail: 1156432932@qq.com;共同第一作者: 陈旭阳, 博士, E-mail: hy0206231@hainmc.edu.com。

[通讯作者] 张小坡, 博士, 教授, E-mail: z_xp1412@163.com;共同通讯作者: 陈德力, 博士, 副研究员, E-mail: chendeli9999@163.com。

[收稿日期] 2024-11-19 **[修回日期]** 2025-02-24 **[网络出版时间]** 2025-03-07 10:42:56

logical studies had demonstrated that *C. pentandra* exhibited antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, and antitumor activities. This article summarized the chemical and pharmacological research of *C. pentandra* over the past three decades, aiming to provide a fundamental data and a theoretical basis for the development of this tropical medicinal resource.

[Key words] *Ceiba pentandra*; Chemical component; Biological activity; Research progress

爪哇木棉(*Ceiba pentandra* L.)隶属于木棉科吉贝属(*Ceiba*)落叶大乔木^[1],是一种具有观赏和药用价值的优良绿化树种,原产于热带美洲和东印度群岛,现广泛引种于东南亚及非洲热带地区,为危地马拉国花^[2],我国广泛引种栽培于海南、广东、广西、云南等地区^[3]。爪哇木棉不同部位被全球多地区用作传统药物,用药历史悠久。该植物在印度草药和传统医学体系中具有重要的药用价值,印度南部地区用其树皮治疗恶性肿瘤;在尼日利亚部分地区,其树皮被用来治疗支气管炎、肺结核、肝炎、利尿剂和降压药;在东南亚地区,其叶子被广泛用来治疗发烧、咳嗽、声音嘶哑和性病,其树皮用于治疗发烧、哮喘、淋病和腹泻,其根具有利尿和退热的特性^[4-6]。现代化学及药理活性研究表明,爪哇木棉中富含萜类、黄酮类和多酚类等化学成分,具有抗肿瘤、抗菌、抗炎及抗氧化等广泛的药理活性,显示了

爪哇木棉的科学研究价值。因此,本文系统综述了近30年来(1993~2023)爪哇木棉的化学成分及药理活性,旨在为爪哇木棉药用价值的深度研究与开发提供科学依据。

1 爪哇木棉的化学成分研究

1.1 爪哇木棉不同部位的化学成分比较

生物体的次级代谢产物是其生存和适应环境的基础,不同部位的化学成分差异反映了生物体在进化过程中对环境的适应性变化,以及在生长发育过程中对资源分配的不同需求。在爪哇木棉中,其根、茎、叶和果实等部位的化学成分差异显著,这些差异不仅关系到植物的生长发育,还直接影响到其药用价值和食用安全性。根据Houghton and Raman (1998)的标准化和比色法,研究者们对各个部位进行化学成分鉴定,发现爪哇木棉中含有黄酮、皂苷、萜类及酚类等物质,见表1。

表1 茎皮、叶子、种子及心材中的主要成分差异

Tab 1 Differences in constituents of bark, leaves, seeds, and heartwood

部位	提取方法	化学成分	参考文献
茎皮	乙醇、乙酸乙酯提取	生物碱、黄酮类、皂苷、单宁、甾体、萜类、酚类、糖苷和强心苷等	[7]
叶子	乙酸乙酯提取	酚类	[8]
种子	水、甲醇、乙醇和丙酮提取	蒽醌、生物碱、皂苷、单宁、糖苷和酚类	[9]
心材	正己烷、甲醇、丙酮提取	萜类	[10]

1.2 主要化学成分分类

该综述归纳了近30年以来,爪哇木棉中分离出的42个化学成分,包括萜类9个,黄酮类8个,酚类18个,甾体类2个,有机酸类5个。

1.2.1 萜类 萜类化合物是一类数量大、种类多、结构复杂,且生物活性显著的天然产物家族,也是中药中的重要有效成分分类群。具有抗疟疾、抗肿瘤和改善心脑血管疾病(如动脉粥样硬化)等作用。其中单萜和倍半萜是构成中药挥发油的主要成分。研究者们从爪哇木棉中共分离出萜类化合物9个(表2、图1)。

1.2.2 黄酮类 黄酮类化合物在植物体内通过复杂的生物合成路径形成,这一过程涉及莽草酸途径和多酮化途径。黄酮类化合物不仅在植物中发挥作用,还具有保肝、抗炎、抗菌、解除平滑肌痉挛等药理活性。国内外学者从爪哇木棉中分离鉴定出黄酮类化合物8个(表3、图2)。

1.2.3 酚类 酚类化合物大多有特殊气味,并且因其吞噬自由基的能力,使酚类化合物具有抗氧化活性的潜力。本综述归纳从爪哇木棉中分离鉴定的18种酚类化合物(表4、图3)。

1.2.4 甾体和有机酸类 甾体类化合物是一类具有环戊烷骈多氢菲甾体母核的天然化合物,广泛存在于自然界中,且具有抗肿瘤、抗炎镇痛、抗癫痫等活性^[21]。近年来,学者们从爪哇木棉中分离鉴定出7种甾体和有机酸类化合物(表5、图4)。

2 爪哇木棉的生物活性研究

爪哇木棉不同部位可能含有不同的化学成分,这些成分的分布和组成差异导致了生物活性的不同。国内外学者对爪哇木棉不同部位进行了生物活性研究(表6)。

2.1 抗炎活性

炎症是机体对损伤和感染的一种自然反应,但过度或不适当的炎症反应可能导致多种疾病的发

表2 爪哇木棉中的萜类化合物
Tab 2 Terpenoid in plants from *Ceiba pentandra*

NO.	化合物名称	部位	参考文献
1	2,7-Dimethoxy-5-isopropyl-3-methyl-8,1-naphthalene carbolactone	根皮	[10]
2	2-Hydroxy-5-isopropyl-7-methoxy-3-methyl-8,1-naphthalene carbolactone	根皮	[10]
3	8-Formyl-7-hydroxy-5-isopropyl-2-methoxy-3-methyl-1,4-naphthoquinone	茎皮、心材	[11]
4	2,7-Dihydroxy-8-formyl-5-isopropyl-3-methyl-1,4-naphthoquinone	茎皮、心材	[11]
5	3β-Taraxerol	叶片、叶柄、嫩茎	[12]
6	3β-Taraxerol acetate	叶片、叶柄、嫩茎	[12]
7	β-Amyrin	叶片、叶柄、嫩茎	[12]
8	Lupenone	叶、树皮、根	[12]
9	Squalene	叶片、叶柄、嫩茎	[12]

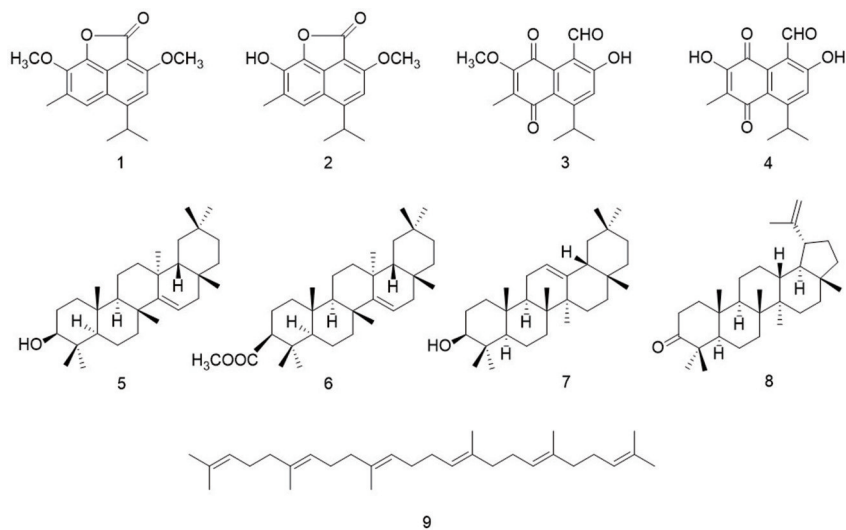


图1 爪哇木棉中萜类化合物结构
Fig 1 Structures of terpenoid from *Ceiba pentandra*

表3 爪哇木棉中的黄酮类化合物
Tab 3 Flavonoid in plants from *Ceiba pentandra*

NO.	化合物名称	部位	参考文献
10	Cyanidine-3-O-glucoside	叶、树皮、根	[13]
11	Luteoline-7-O-β-D-glucoside	叶、树皮、根	[13]
12	Tricine	叶、树皮、根	[13]
13	Pentandrin/Vavain	茎皮/树皮	[14][15]
14	Pentandrin glucoside	茎皮/树皮	[14][15]
15	Quercitrin	地上部位	[16]
16	Silibinin A	地上部位	[16]
17	Linarin	叶子	[17]

生。因此,在寻找新型抗炎药物的过程中,植物来源的化合物因其独特的化学结构和生物活性而备受关注。Kiran 等^[48]的研究采用气相色谱-质谱(GC-MS)技术对爪哇木棉种子油进行分析,揭示了其具有多种化合物和复杂混合物的特性,研究指出,种子油以棕榈酸和亚油酸为主要成分,其通过

抑制炎症细胞因子和介质的产生,能够有效控制炎症过程。Mercy 等^[49]进一步通过大鼠足肿胀和棉球肉芽肿模型验证爪哇木棉的抗炎特性,结果表明爪哇木棉提取物在伤口愈合和抗炎方面表现出显著活性,这些结果支持了其在传统医学中用于治疗伤口的用途。值得注意的是,Niladri 等^[50]研究发现,植物化合物在炎症细胞因子激活后可能通过活性氧参与诱导细胞凋亡或激活免疫反应,从而发挥免疫刺激活性。在此基础上,Zangueu 等^[36]的研究进一步探讨了爪哇木棉提取物的抗寄生虫效应,发现其抗感染性和抗炎作用可能与抗寄生虫活性密切相关,研究结果表明爪哇木棉中的化合物具有保护细胞膜稳定性的作用,且可能通过抑制炎症细胞因子和介质的产生功能,以及通过活性氧介导的细胞凋亡或免疫反应激活,来增强机体对寄生虫的防御能力。此外,研究者们对爪哇木棉茎皮的化学成分分析表明,其富含单宁、黄酮类、甾体及皂苷等,

表 4 爪哇木棉中的酚类化合物
Tab 4 Phenolic in plants from *Ceiba pentandra*

NO.	化合物名称	部位	参考文献
18	α -Tocopherol	叶、树皮、根	[13]
19	β -Tocopherol	叶、树皮、根	[13]
20	γ -Tocopherol	叶、树皮、根	[13]
21	δ -Tocopherol	叶、树皮、根	[13]
22	Verbascoside	叶、树皮、根	[13]
23	Cleomiscosine A	叶、树皮、根	[13]
24	<i>cis</i> -Clovamide	地上部位	[16]
25	<i>trans</i> -Clovamide	地上部位	[16]
26	Curcumin	地上部位	[16]
27	Glochidioboside	地上部位	[16]
28	Protocatechuic acid	叶子	[17]
29	<i>N-trans</i> -caffeoyl-DOPA-methyl ester	叶子	[17]
30	2,4,6-Trimethoxyphenol	叶子、茎皮和花	[18]
31	Cinchonain Ia	地上部位	[16][19]
32	Cinchonain Ib	地上部位	[16][19]
33	Ceibapentains A	地上部位	[19]
34	Ceibapentains B	地上部位	[19]
35	Secalonic acid A	树皮	[20]

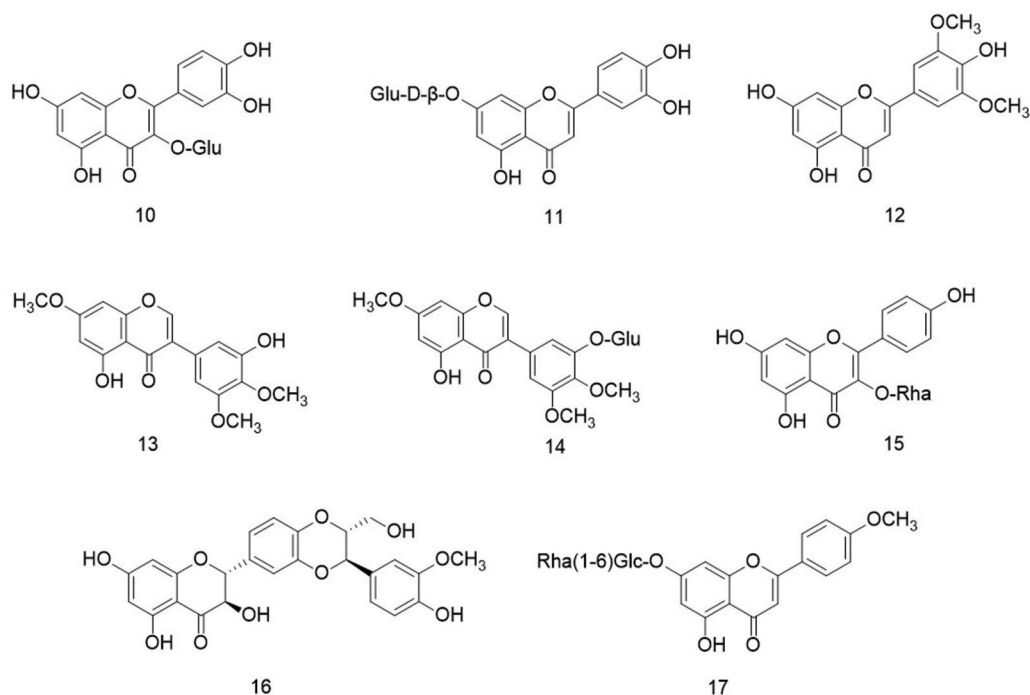


图 2 爪哇木棉中黄酮化合物结构
Fig 2 Structures of flavonoid from *Ceiba pentandra*

这些化合物可能通过多靶点机制协同发挥抗炎作用。其中,黄酮类化合物可通过抑制环氧化酶和脂氧合酶活性,减少前列腺素、白三烯等促炎介质的合成;单宁的特殊酚羟基结构不仅能清除自由基以缓解氧化应激引发的炎症损伤,还可通过螯合钙、铁等金属离子干扰炎症信号通路的激活^[51,52]。因

此,爪哇木棉不同部位的活性成分可能通过抑制炎症介质生成、调控氧化应激及免疫应答等多途径协同作用使其具有显著的抗炎活性。

2.2 抗氧化活性

氧化应激是因为体内自由基的产生与清除之间发生失衡所导致的,这种失衡与心血管疾病、癌

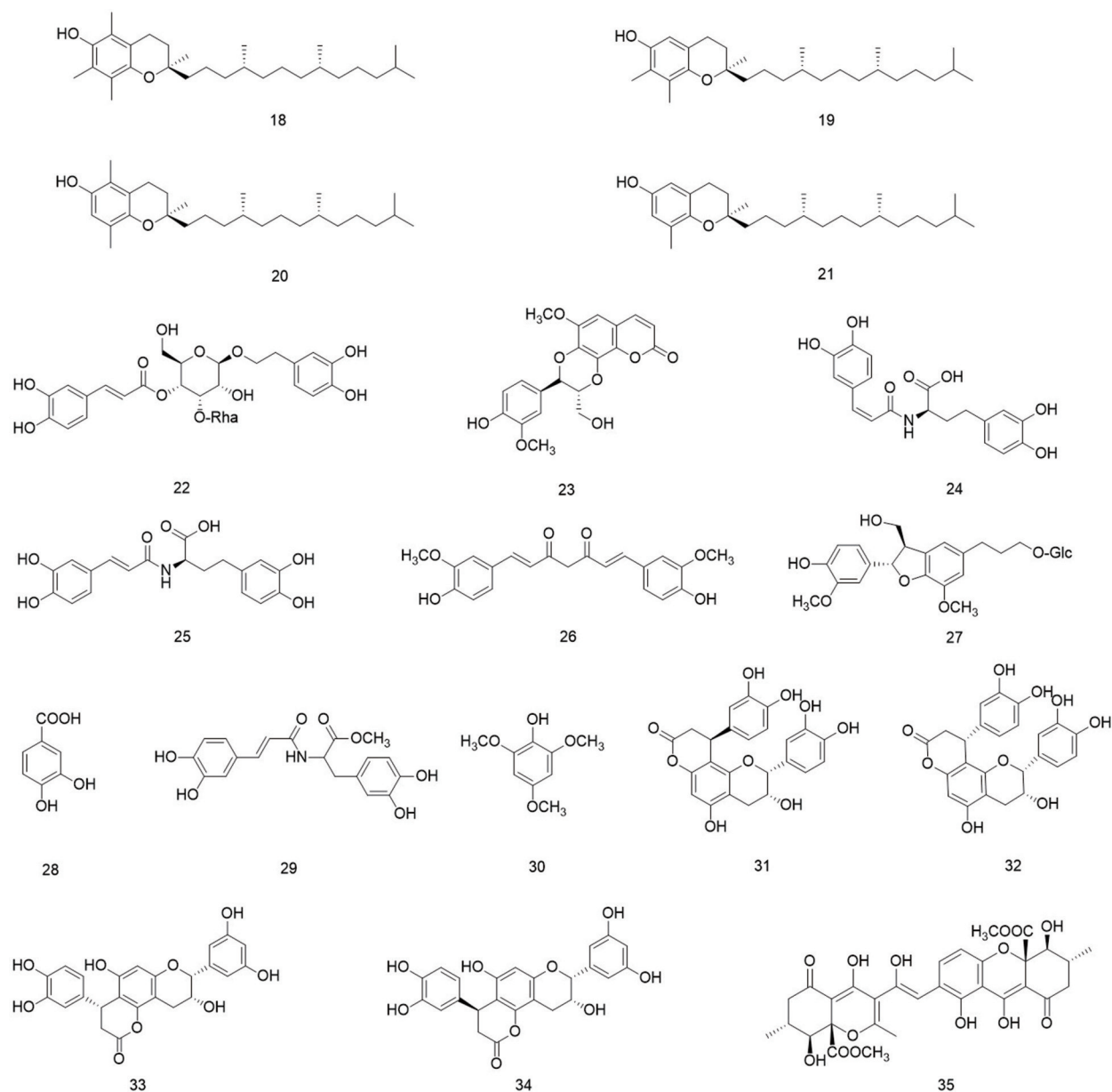


图3 爪哇木棉中酚类化合物结构
Fig 3 Structures of phenolic from *Ceiba pentandra*

表5 爪哇木棉中的甾体和有机酸类化合物
Tab 5 Steroid and organic acid in plants from *Ceiba pentandra*

NO.	化合物名称	部位	参考文献
36	β -Sitosterol-3-O- β -D-glucopyranoside	叶片、叶柄、嫩茎	[12]
37	β -Sitosterol	茎皮	[12]
38	Oleic acid	叶片、叶柄、嫩茎	[12]
39	Palmitic acid	叶、树皮、根	[13]
40	Palmitoleic acid	叶、树皮、根	[13]
41	Heptadecenoic acid	叶、树皮、根	[13]
42	8-(Formyloxy)-8a-hydroxy-4a-methyldecahydro-2-naphthalenecarboxylic acid	叶子、茎皮、花	[22]

症、神经退行性疾病等多种健康问题有关。抗氧化剂能够中和自由基,减少氧化损伤,因此在维护健康和治疗疾病中扮演着重要角色。Thilagam 等^[53]

的研究表明爪哇木棉提取物通过其抗氧化特性显著减轻了 CCl₄ 诱导的肝损伤,降低了氧化应激标志物丙二醛的水平,并提升了抗氧化酶的活

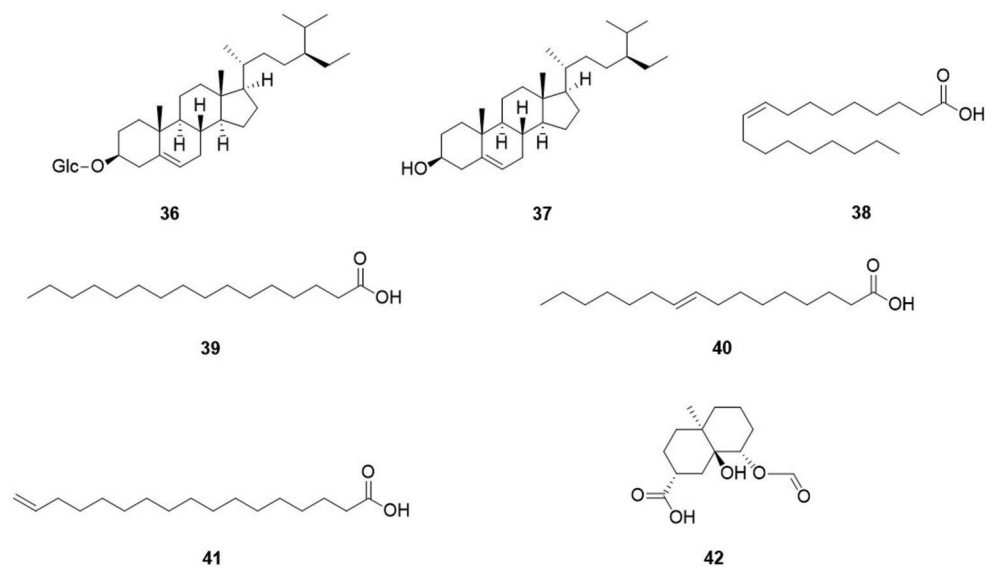


图4 爪哇木棉中甾体和有机酸类化合物结构

Fig 4 Structures of steroid and organic acid from *Ceiba pentandra*

表6 爪哇木棉不同部位的生物活性
Tab 6 Biological activities of different parts of *Ceiba pentandra*

药用部位	生物活性	参考文献
茎皮/树皮	降血糖	[23][24][25][26][27]
	抗癌、抗肿瘤	[28]
	抗炎	[29]
	镇痛	[29]
	保肝	[30]
	抗氧化	[24][30]
	抗菌	[7]
	抗血管生成	[31]
	抗氧化	[16][33]
	降血糖	[32][33][34][33]
叶子	抗溃疡	[35]
	抗炎、镇痛	[36]
	抗惊厥	[37]
	驱虫作用	[38][39]
根皮	降血糖	[40][41]
	抗溃疡	[42]
	抗菌	[9]
种子	抗氧化	[43][44][45][46][47]
	抗炎	[48]

性。Nataraj等^[43]对爪哇木棉的种子部位进行了体外抗氧化活性研究,发现其提取物具有呈剂量依赖性的还原力活性,与总酚类物质和黄酮类化合物的含量有很好的相关性。在生物系统中,最活跃和最有害的物种之一是羟基自由基,它是由各种氢过氧化物与过渡金属离子反应形成的高活性自由基,攻击膜上的蛋白质、DNA、多不饱和脂肪酸和大多数

生物分子。Kue^[24]发现爪哇木棉茎皮的提取物对DPPH自由基具有显著的清除作用,其自由基清除能力依赖于氢或给电子能力。Kiran等^[45]采用索氏提取法提取爪哇木棉种子油,通过对其化学成分进行鉴定,发现油中含有生物碱、单宁和酚类等生物活性物质,其体外抗氧化研究结果表明爪哇木棉种子油中,酚类物质具有较强的抗氧化活性。酚类化合物是一类抗氧化剂,作为自由基终止剂,也参与延缓脂质氧化降解;黄酮类化合物通过清除或整合过程进行抗氧化作用。因此,爪哇木棉提取物具有较好的抗氧化活性,可能与这些化合物相关。

2.3 抗菌活性

据报道,多耐药病原体的出现是世界范围内死亡的主要原因之一,许多传染性微生物对合成药物具有耐药性,耐药问题成为世界各地卫生机构、制药公司和政府的关注焦点。研究者们通过GC-MS分析,发现爪哇木棉的提取物中含有多种生物活性化合物,这些化合物对耐药性结核菌株和其他病原菌表现出显著的抗菌活性,包括萜类化合物、酚类化合物和脂肪酸^[54]。Parulekar等^[9]研究表明,爪哇木棉水提物对表皮葡萄球菌、金黄色葡萄球菌抑菌效果最强,甲醇和乙醇提取物对表皮葡萄球菌和金黄色葡萄球菌的抑菌效果较好,对普通变形杆菌、大肠杆菌、产气肠杆菌和伤寒沙门菌的抑菌效果中等,丙酮提取物对金黄色葡萄球菌、普通变形杆菌、表皮葡萄球菌、铜绿假单胞菌、伤寒沙门菌、鼠伤寒沙门菌的抑制效果最好,对大肠杆菌的抑制效果中

等。Julien等^[7]的抑菌实验结果表明,爪哇木棉的乙酸乙酯提取物及其活性部位对所研究的菌株具有抑菌作用,对其树皮分析结果表明其含有生物碱、单宁、黄酮、皂苷、类固醇、萜类化合物,因此推测这种抗菌活性可能归因于黄酮、单宁、萜烯或类固醇。不同的溶剂由于极性不同,因此对植物成分的提取能力不同,这些研究结果表明爪哇木棉含有具有广谱抗菌活性,其中黄酮类化合物、皂苷、萜烯和类固醇可能存在协同抗菌作用。

2.4 抗糖尿病活性

糖尿病作为一种全球性的慢性疾病,是一种损害心、肝、肾等器官功能的全身性代谢性疾病,由代谢紊乱导致^[55]。其发病率不断上升,对公共健康构成了重大挑战。在非洲,爪哇木棉被广泛用于治疗糖尿病,这与其在传统医学中的应用密切相关。糖尿病的特征之一是自由基产生增加,同时抗氧化防御功能显著降低。因此,抗氧化物质被认为可能有助于预防糖尿病及其相关并发症的发生。Kueete等^[24]研究表明,爪哇木棉具有显著的抗氧化活性,这为其在抗糖尿病治疗中的潜在应用提供了科学基础。在抗糖尿病活性方面,爪哇木棉提取物显示出了良好的效果,可能成为一个有前景的候选药物。这些提取物可能通过增加葡萄糖摄取、减少葡萄糖释放以及保护生物分子免受氧化应激的损害,从而发挥抗糖尿病作用。此外,爪哇木棉的抗糖尿病作用可能与其抑制膜过氧化或提高内源性过氧化氢酶活性,以防止红细胞溶血的能力有关。爪哇木棉中富含黄酮类化合物,已知黄酮类化合物具有降糖作用,用于治疗糖尿病,其生物活性之一是清除羟基自由基和超氧阴离子自由基,从而发挥降糖抗氧化的作用^[56]。

3 讨论

本文系统归纳了爪哇木棉中分离鉴定的化合物,包括萜类、黄酮类、酚类、甾体类以及长链脂肪酸等。同时对其生物活性进行了总结,发现爪哇木棉提取物具有抗炎、抗氧化、抗菌和降血糖等作用。杜松烷型倍半萜类主要分布在爪哇木棉的心材中,黄酮类化合物主要分布于其树皮中,酚类化合物主要分布于其地上部位,有机酸主要分布于其叶子中,表明爪哇木棉化学结构多样性且具有潜在的药理活性研究与开发价值。爪哇木棉作为传统药材代谢产物丰富,其中杜松烷型倍半萜,如青蒿素、棉酚等类似物在抗疟疾、抗菌及抗肿瘤领域展现显著

活性^[57-62],但杜松烷型倍半萜在爪哇木棉中系统性研究存在不足,该类型化合物尚未充分挖掘,未能揭示其物质基础及新药研发潜力;同时,已报道的药理研究限于粗提物筛选和体外实验,缺乏动物验证、机制探索与传统医学理论支撑。鉴于其资源丰富、化学结构新颖且药用价值高,系统挖掘其代谢产物并深化药理机制研究,可为新药开发提供关键科学依据与化学分子实体。因此,以传统医学应用为指导,可深入并系统的开展爪哇木棉相关的化学成分,药理活性以及作用机制的研究,以期为热带特色的药用植物资源爪哇木棉的研究与开发提供基础数据和理论依据。

作者贡献度说明:

朱虹、陈旭阳:收集文献并进行撰写论文;王升志、谢智任:核查化合物结构;谢丽翠、王一如:对药理部分进行核查;张小坡、陈德力:提供研究思路、负责指导论文撰写并对论文进行修改指正。

所有作者声明不存在利益冲突关系。

参考文献

- 高柱,王小玲,伍建榕,等. 吉贝扦插繁殖技术研究[J]. 江西农业大学学报, 2014, 36(4):816-822.
Gao Z, Wang XL, Wu JR, et al. A study on the cutting propagation of *Ceiba pentandra* [J]. Acta Agric Univ Jiangxiensis, 2014, 36(4):816-822.
- 林秀香. 青皮木棉引种试种初报[J]. 热带农业科学, 2007, 27(1):12-14.
Lin XX. Introduction and trial planting of *Ceiba pentandra* (Linnaeus) Gaertner [J]. Chin J Trop Agri, 2007, 27(1):12-14.
- 全吉文,罗建华,易观路,等. 爪哇木棉育苗技术[J]. 林业实用技术, 2005, 5:18.
Quan JW, Luo JH, Yi GL, et al. Seedling propagation techniques of *Ceiba pentandra* [J]. For Sci Technol, 2005, 5:18.
- Sahid M, Zeven AC. Plant resources of South-East Asia No. 17: Fiber plants [M]. Bogor: PROSEA Foundation, 2003:289-290.
- Lim TK. Edible medicinal and non-medicinal plants [M]. Dordrecht: Springer, 2012:285-292.
- Elumalai A, Mathangi N, Didala A, et al. A review on *Ceiba pentandra* and its medicinal features [J]. Asian J Pharm Technol, 2012, 2(3):83-86.
- Julien KG, Sorho S, Yaya S, et al. Phytochemical study and antimicrobial activity of bark extracts of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Bombacaceae) from Côte d'

- Ivoire on antibiotic resistant *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* [J]. Brit Microbiol Res J, 2015, 9(1):1-7.
- 8 Abouelela EM, Orabi AM, Abdelhamid AR, et al. Ethyl acetate extract of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. reduces methotrexate-induced renal damage in rats *via* antioxidant, anti-inflammatory, and antiapoptotic actions[J]. J Tradit Complement Med, 2020, 10(5):478-486.
- 9 Parulekar GT. Antibacterial and phytochemical analysis of *Ceiba pentandra* (L.) seed extracts[J]. J Pharmacogn Phytochem, 2017, 6(3):586-589.
- 10 Rao KV, Sreeramulu K, Gunasekar D, et al. Two new sesquiterpene lactones from *Ceiba pentandra* [J]. J Nat Prod, 1993, 56(12):2041-2045.
- 11 Kishore PH, Reddy MV, Gunasekar D, et al. A new naphthoquinone from *Ceiba pentandra* [J]. J Asian Nat Prod Res, 2003, 5(3):227-230.
- 12 Abouelela ME, Orabi MAA, Abdelhamid RA, et al. Chemical and cytotoxic investigation of non-polar extract from *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.: A study supported by computer based screening [J]. J Appl Pharm Sci, 2018, 8(7):57-64.
- 13 Nelly JN, Achille NB, Claude NJ, et al. Chemical constituents of the methanolic extracts of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn and the antioxidant activities of its aqueous, ethanolic and hydro-ethanolic extracts[J]. J Pharmacogn Phytochem, 2023, 12(2):103-118.
- 14 Ngounou FN, Meli AL, Lontsi D, et al. New isoflavones from *Ceiba pentandra* [J]. Phytochemistry, 2000, 54(1):107-110.
- 15 Ueda H, Kaneda N, Kawanishi K, et al. A new isoflavone glycoside from *Ceiba pentandra* (L.) Gaertner [J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 2002, 50(3):403-404.
- 16 Abouelela EM, Orabi AM, Abdelhamid AR, et al. Ethyl acetate extract of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. reduces methotrexate-induced renal damage in rats *via* antioxidant, anti-inflammatory, and antiapoptotic actions[J]. J Tradit Complement Med, 2020, 10(5):478-486.
- 17 Aderogba MA, Kapche GD, Mabusela WT. Isolation and characterization of antioxidative constituents of *Ceiba pentandra* (Kapok) leaves extract [J]. Niger J Nat Prod Med, 2013, 17(1):86-90.
- 18 Kuété CF, Pami EN, Nole T, et al. Hypoglycemic properties of the aqueous extract from the stem bark of *Ceiba pentandra* in dexamethasone-induced insulin resistant rats [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2018, 2018(1):4234981.
- 19 Abouelela EM, Orabi AM, Abdelhamid AR, et al. Anti-Alzheimer's flavanolignans from *Ceiba pentandra* aerial parts [J]. Fitoterapia, 2020, 143:104541.
- 20 Dominique S, Alex GP, Christiane YE, et al. Diversity of endophytic fungi isolated from the bark of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., (Bombacaceae) and antibacterial potential of secalonic acid produced by *Diaporthe searlei* EC 321 [J]. Chem Biodivers, 2023, 20(11):e202301010.
- 21 刘学铭,王思远,黄建伟,等. 药食同源中药材玉竹功能成分甾体皂苷的研究进展[J]. 食品与药品, 2023, 25(4):369-375.
- Liu XM, Wang SY, Huang JW, et al. Research progress on steroidal saponins in *Polygonati odorati rhizoma* served as food and herbal medicine [J]. Food Drug, 2023, 25(4):369-375.
- 22 Benoit TN, Kuete CF, Pami EN, et al. Multimodal α -glucosidase and α -amylase inhibition and antioxidant effect of the aqueous and methanol extracts from the trunk bark of *Ceiba pentandra* [J]. Biomed Res Int, 2020, 2020(1):3063674.
- 23 Satyaprakash RJ, Rajesh MS, Bhanumathy M, et al. Hypoglycemic and antihyperglycemic effect of *Ceiba pentandra* L. Gaertn in normal and streptozotocin-induced diabetic rats [J]. Ghana Med J, 2013, 47(3):121-127.
- 24 Kuete CF, Léa SW, Pami EN, et al. *In vitro* antihyperglycemic and antioxidant properties of extracts from the stem bark of *Ceiba pentandra* [J]. J Complement Integr Med, 2014, 11(3):185-193.
- 25 E.Odoh U. Evaluation of antidiabetic effect and hematological profile of methanol extract of *Ceiba pentandra* (Malvaceae) stem bark on alloxan-induced diabetic rats [J]. Afr J Pharm Pharmacol, 2016, 10(28):584-590.
- 26 Kuete CF, Shankar K, Swapnil B, et al. Antidiabetic properties of aqueous and methanol extracts from the trunk bark of *Ceiba pentandra* in type 2 diabetic rat [J]. J Cell Biochem, 2019, 120(7):11573-11581.
- 27 Wuyt AK, Nguelefack-Mbuyo EP, Fofie CK, et al. The methanol extract of *Ceiba pentandra* reverses monosodium glutamate-induced cardiometabolic syndrome in rats *via* the regulation of dyslipidemia, inflammation, oxidative stress, and insulin sensitization [J]. Heliyon, 2023, 9(2):e13689.
- 28 Kumar R, Kumar N, Ramalingayya GV, et al. Evaluation of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertner bark extracts for *in vitro* cytotoxicity on cancer cells and *in vivo* antitumor

- activity in solid and liquid tumor models[J]. Cytotechnol-
ogy, 2016, 68(5):1909-1923.
- 29 Elion Itou RDG, Sanogo R, Etou Ossibi AW, et al. Anti-inflammatory and analgesic effects of aqueous ex-
tract of stem bark of *Ceiba pentandra* Gaertn[J]. Phar-
macol Pharm, 2014, 5(12):1113-1118.
- 30 Bairwa NK, Sethiya NK, Mishra SH. Protective effect
of stem bark of *Ceiba pentandra* Linn. against
paracetamol-induced hepatotoxicity in rats[J]. Pharma-
cognosy Res, 2010, 2(1):26-30.
- 31 Nam NH, Kim HM, Bae KH, et al. Inhibitory effects of
vietnamese medicinal plants on tube-like formation of hu-
man umbilical venous cells[J]. Phytother Res, 2003, 17
(2):107-111.
- 32 Aloke C, Nwachukwu N, Idenyi JN, et al. Hypoglyce-
mic and hypolipidemic effects of feed formulated with
Ceiba pentandra leaves in alloxan induced diabetic rats
[J]. Aust J Basic Appl Sci, 2010, 4(9):4473-4477.
- 33 Muhammad LH, Busari BM, Okonkwo SU, et al. Bio-
chemical effects of *N*-hexane and chloroform fractions of
Ceiba pentandra leaf used in the folkloric treatment of di-
abetes[J]. Br J Pharm Res, 2015, 6(1):44-60.
- 34 Lami HM, Yusuf AK, Ndaman AS, et al. Ameliorative
properties of ethyl acetate fraction of *Ceiba pentandra* on
serum glucose, hematological and biochemical parame-
ters of diabetic rats[J]. Asian Pac J Trop Dis, 2015, 5
(9):737-742.
- 35 Anosike AC, Ugwu CJ, Ojeli CP, et al. Anti-ulcerogenic effects and anti-oxidative properties of
Ceiba pentandra leaves on alloxan-induced diabetic rats
[J]. Eur J Med Plants, 2014, 4(4):458-472.
- 36 Zangueu BC, Goue AG, Kedi EBP, et al. The
anti-parasitic effect of extract of *Ceiba pentandra* (L.)
Gaertn is related to its anti-inflammatory, analgesic and
anthelmintic activities on *Haemochus contortus*[J]. Clin
Complement Med Pharmacol, 2023, 3(2):100088.
- 37 Anthony S, Mensah KWA, Edmund E, et al. *Ceiba*
pentandra (L.) Gaertn hydroethanolic leaf extract exhib-
its anticonvulsant properties in mouse models [J].
Phytomed Plus, 2022, 2(2):100263.
- 38 Shehu S, Abubakar MAIS. Studies on antivenom activi-
ty of *Ceiba pentandra* leaves aqueous methanol extract
against *Echis ocellatus* snake venom[J]. Res J Appl Sci
Eng Technol, 2010, 2(7):687-694.
- 39 Nyi S, Dytha D. The antipyretic activity of leaf extract
of *Ceiba pentandra* better than *Gossypium arboreum*[J].
J Appl Pharm Sci, 2015, 5(7):118-121.
- 40 Asongalem E, Tedong L, Kamtchouing P, et al. Hypo-
glycaemic effect of methylene chloride/methanol root ex-
tract of *Ceiba pentandra* in normal and diabetic rats[J].
Indian J Pharmacol, 2006, 38(3):194-197.
- 41 Dzeufiet PDD, Ohandja DY, Léonard T, et al. Antidia-
betic effect of *Ceiba pentandra* extract on
streptozotocin-induced non-insulin-dependent diabetic
rats[J]. Afr J Tradit Complement Altern Med, 2006, 4
(1):47-54.
- 42 Anosike CA, Ofoegbu RE. Anti-ulcerogenic activity of
the methanol extract of *Ceiba pentandra* stem bark on in-
domethacin and ethanol-induced ulcers in rats[J]. Int J
Pharma Sci, 2013, 3:223-228.
- 43 Nataraj L, Perumal S, Sellamuthu M. Antioxidant activ-
ity and free radical scavenging capacity of phenolic ex-
tracts from *Helicteres isora*, and *Ceiba pentandra* L[J].
J Food Sci Technol, 2013, 50(4):687-695.
- 44 Anwar, Farooq, Rashid, et al. Physicochemical and an-
tioxidant characteristics of Kapok (*Ceiba pentandra*
Gaertn.) seed oil[J]. J Am Oil Chem Soc, 2014, 91
(6):1047-1054.
- 45 Kiran RC, Madhavi Y, Rao RT. Evaluation of phyto-
chemicals and antioxidant activities of *Ceiba pentandra*
(Kapok) seed oil[J]. J Bioanal Biomed, 2012, 4(4):
68-73.
- 46 Chekuboyina KR, Bhaskara DR, Nagala S, et al. As-
sessment of phytochemicals and antioxidant activities of
raw and germinating *Ceiba pentandra* (kapok) seeds[J].
J Biomed Res, 2015, 29(5):414-419.
- 47 Anigo KM, Dauda BMD, Sallau AB, et al. Chemical
composition of Kapok (*Ceiba pentandra*) seed and physi-
cochemical properties of its oil[J]. Nig J Basic Appl Sci,
2013, 21(2):105-108.
- 48 Kiran RC, Rao RT. Lipid profiling by GC-MS and
anti-inflammatory activities of *Ceiba pentandra* seed oil
[J]. J Biol Act Prod Nat, 2014, 4(1):62-70.
- 49 Mercy O, Amarachi SI, Njideka A, et al. Wound heal-
ing and anti-inflammatory activities of *Ceiba pentandra*
(L.) Gaertn[J]. Pharmacol Res Mod Chin Med, 2022,
3:100077.
- 50 Mukherjee N, Mukherjee S, Saini P, et al. Phenolics
and terpenoids; the promising new search for anthelmin-
tics: A critical review[J]. Mini Rev Med Chem, 2016,
16(17):1415 - 1441.
- 51 El-Shabrawy, Osama A. Biological properties of saponin
mixtures of *Fagonia cretica* and *Fagonia mollis*[J]. Fito-
terapia, 1997, 68(3):219-222.

- 52 Oyedapo OO, Akinpelu BA, Orefuwa SO. Anti-inflammatory effect of *Theobroma cacao*, root extract[J]. J Med Plants, 2004, 5(2):161-166.
- 53 Thilagam E, Mohankumar R, Rithuvaren M, et al. Protective effect of *Ceiba pentandra* (L) Gaertn on CCl₄-induced oxidative stress and liver damage in rats[J]. Pharmacol Res Mod Chin Med, 2022, 5:100196.
- 54 Devi VK, Bhargav E, Swaruparani G, et al. Comparative evaluation of phytochemical constituents by GC-MS and antitubercular & antimicrobial potential of *Ceiba pentandra* and *Parmotrema pelatum* against resistant strains[J]. J Pharm Res Int, 2021, 33(35A):197-203.
- 55 Wang X, Tang L, Ping W, et al. Progress in research on the alleviation of glucose metabolism disorders in type 2 diabetes using *Cyclocarya paliurus* [J]. Nutrients, 2022, 14(15):3169.
- 56 赵静,李玉琴,王芳乔,等. 6种黄酮类化合物清除超氧阴离子自由基能力及其构效关系[J]. 中国医药导报, 2014, 11(29):7-10,14.
- Zhao J, Li YQ, Wang QF, et al. Study of 6 flavonoids compounds for the scavenging superoxide anion free radical ability and the structure-activity relationships[J]. China Med Herald, 2014, 11(29):7-10,14.
- 57 Tu Y. The discovery of artemisinin (qinghaosu) and gifts from Chinese medicine [J]. Nat Med, 2011, 17(10):1217-1220.
- 58 Tu Y. Artemisinin-a gift from traditional Chinese medicine to the world (Nobel lecture) [J]. Angew Chem Int Ed Engl, 2016, 55(35):10210-10226.
- 59 Feachem RGA, Chen I, Akbari O, et al. Malaria eradication within a generation: Ambitious, achievable, and necessary[J]. Lancet, 2019, 394(10203):1056-1112.
- 60 Miller HL, Su X. Artemisinin: Discovery from the Chinese herbal garden[J]. Cell, 2011, 146(6):855-858.
- 61 Li Q, Yuan Q, Jiang N, et al. Dihydroartemisinin regulates immune cell heterogeneity by triggering a cascade reaction of CDK and MAPK phosphorylation[J]. Signal Transduct Target Ther, 2022, 7(1):222.
- 62 Lin JL, Fang X, Li JX, et al. Dirigent gene editing of gossypol enantiomers for toxicity-depleted cotton seeds [J]. Nat Plants, 2023, 9(4):605-615.

[本文编辑] 谭贝加 宋睿璞 朱金月