

• 综 述 •

构树叶化学成分及药理作用研究进展

郭婷婷¹, 王庆芳¹, 彭 陈¹, 张兴丽², 李明明^{2, 3*}, 何红平^{4*}

(1. 云南中医药大学中药学院, 云南 昆明 650500; 2. 云南中医药大学民族医药学院, 云南 昆明 650500;
3. 云南省傣医药与彝医药重点实验室, 云南 昆明 650500; 4. 云南中医药大学学报编辑部, 云南 昆明 650500)

摘要: 构树在我国资源分布范围广泛, 因用途多样而受到国内外广泛关注。构树叶中存在黄酮类、萜类、香豆素类、甾体、木脂素、氨基酸及挥发油等多种化学成分, 其提取物或化学成分具有抗炎、抗氧化、利尿、抗癌、减少脂肪聚集等多种药理作用。本文总结了构树叶的化学成分和药理活性研究进展, 以期为临床药用提供依据, 同时为合理应用及有效开发构树叶作为药用资源提供参考。

关键词: 构树叶; 化学成分; 药理活性; 研究进展

中图分类号: R284; R285.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2723(2025)03-00101-07

DOI: 10.19288/j.cnki.issn.1000-2723.2025.03.019

Research Progress on Chemical Constituents and Pharmacological Effects of *Broussonetia papyrifera* Leaves

GUO Tingting¹, WAN Qingfang¹, PENG Chen¹, ZHANG Xingli², LI Mingming^{2, 3}, HE Hongping⁴

(1. College of Traditional Chinese Medicine, Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650500, China;

2. College of Ethnic Medicine, Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650500, China;

3. Key Laboratory of Dai and Yi Medicines in Yunnan Province, Kunming 650500, China;

4. Editorial Department of Journal of Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650500, China)

ABSTRACT: *Broussonetia papyrifera* has a wide distribution of resources in China and has received extensive attention at home and abroad due to its diverse uses. There are various chemical components such as flavonoids, terpenoids, coumarins, steroids, lignans, amino acids and volatile oils in the leaves of *Broussonetia papyrifera*. Its extracts or chemical components have various pharmacological effects such as anti-inflammation, anti-oxidation, diuresis, anti-cancer, and reducing fat accumulation. This article summarizes for the first time the research progress of chemical components and pharmacological activities of *Broussonetia papyrifera* leaves, in order to provide a basis for clinical medicine and at the same time provide a reference for the rational application and effective development of *Broussonetia papyrifera* leaves as a medicinal resource.

KEY WORDS: leaves of *Broussonetia papyrifera*; chemical constituents; pharmacological activity; research progress

构树(*Broussonetia papyrifera*(L.) Vent)为桑科(Moraceae)构属(*Broussonetia*)的落叶乔木, 叶片称作“楮叶”“楮桃叶”, 在我国各省、马来西亚、泰国、越南等都有分布, 资源极为丰富^[1]。构树在造纸业、畜牧业、医疗健康及园艺绿化等多个领域具有重要应用价

值。在药用价值上, 其果实、叶片、茎枝、根皮、乳汁均可入药并具有不同功效, 其果实最为常用, 名为楮实子, 具有补肾清肝、明目、利尿的功效。然而构树叶性凉, 味甘、涩, 无毒, 归肝、脾经, 具有清热凉血、利湿杀虫的功效, 用于治疗癣疮、痢疾、吐血、衄血、外伤

基金项目: 云南省科技厅基础 Research 计划(202101AZ070001-035)

作者简介: 郭婷婷(1997-), 女, 在读硕士研究生, E-mail: 2867474401@qq.com

* **通信作者:** 李明明(1984-), 男, 博士, 高级工程师, 硕士生导师, 研究方向: 天然产物全合成与结构修饰, E-mail: 371305264@qq.com;
何红平(1972-), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 中药物质基础及活性研究, E-mail: 95431111@163.com

出血、血崩、水肿、疝气等^[2]。构树叶作为药用在我国古代医药典籍《名医别录》《和平圣惠方》以及《本草纲目》中均有记载,其药用主要用于治疗水肿、癰疮等^[3]。构树叶为少数民族用药,作为药用收录于《贵州省中药材民族药材质量标准》,夏季采摘,干燥后入药。

近年来,国内外学者为阐明其药效物质基础,对构树叶的化学成分及药理活性的研究不断深入,目前从中发现了多种类型的化合物包括黄酮类、萜类、香豆素类、木脂素类等,同时也发现了构树叶的多种药理活性^[4]。本文首次概述了近年来在构树叶中发现的化学成分及其药理活性,旨在为其药效物质研究及药用资源开发提供一定的参考依据。

1 化学成分

1.1 黄酮类化合物 黄酮类化合物具有促进植物生长发育,开花结果的功能,还可用作功能性食品添加剂,食用色素等^[5]。在植物中黄酮以羟基化、甲基化、酰化和糖基化等各种修饰形式存在,其中糖基化(C-糖苷和 O-糖苷)类黄酮为常见的天然化合物^[6]。在构树叶中所含的多种化合物中,黄酮类化合物为其主要

活性物质。

国内外学者从构树叶醇提取物或乙酸乙酯、正丁醇部位中分离鉴定出多种黄酮及其苷类化合物,见表 1。其中 Broussosides A-E 为含异戊二烯取代的黄烷苷类化合物(图 1)。李万仓^[7]经高效液相色谱法测定发现构树中含有异甘草素。

1.2 萜类化合物 萜类化合物是天然产物中数量最多的一类化合物,在自然界多种植物中广泛存在。国内外学者从构树叶中发现了多个萜类化合物,其中主要为倍半萜及其苷类以及二萜类(表 2),其中包含 3 个贝壳杉烷型二萜 Broussonetones A-C(图 2)。

1.3 木脂素类 木脂素是一类分布广泛,可供药用的植物次生代谢产物,在临床实践中发现木脂素类化合物具有抗病毒、抗肿瘤、抗菌和抗氧化等活性。

目前共从构树叶中分离鉴定出 5 个木脂素类化合物,分别为落叶松脂素-9-O-β-D-吡喃葡萄糖苷、左旋丁香树脂酚-4-O-β-D-吡喃葡萄糖苷、松脂素-4-O-β-D 吡喃葡萄糖苷、(+)-pinoresinol-4'-O-β-D-glucopyranosyl-4''-O-β-D-apiofuranoside 及丁香脂素二葡萄糖苷,见表 3。

表 1 构树叶中黄酮类化合物

编号	化合物名称	分子式	参考文献	编号	化合物名称	分子式	参考文献
1	芹菜素	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	[4]	13	木犀草素-8-C-β-D-葡萄糖碳苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	[8]
2	芹菜素-7-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (大波斯菊苷)	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	[4]	14	木犀草素-7-O-β-D-葡萄糖苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	[8]
3	芹菜素-7-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸苷	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₁	[4]	15	槲皮素	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	[9]
4	异牡荆素	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	[4]	16	山奈酚	C ₁₇ H ₁₀ O ₆	[10]
5	牡荆素-7-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₅	[4]	17	芫花素	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	[10]
6	5,7,4'-三羟基-6-C-[α-L-鼠李糖 (1→2)]-β-D-葡萄糖黄酮碳苷	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₄	[4]	18	二氢槲皮素	C ₁₅ H ₁₂ O ₇	[10]
7	5,7,4'-三羟基-8-C-[α-L-鼠李糖 (1→2)]-β-D-葡萄糖黄酮碳苷	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₄	[4]	19	高良姜素	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	[11]
8	柯伊利素-7-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₂₂ H ₂₂ O ₁₁	[4]	20	野黄芩苷	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₂	[11]
9	木犀草素	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	[4]	21	荭草苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	[11]
10	牡荆素	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	[4]	22	牡荆素鼠李糖苷	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₄	[11]
11	异甘草素	C ₁₅ H ₁₂ O ₄	[7]	23	Broussoside A	C ₃₂ H ₄₄ O ₁₃	[12]
12	木犀草素-6-C-β-D-葡萄糖碳苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	[8]	24	Broussoside B	C ₃₂ H ₄₄ O ₁₃	[12]
				25	Broussoside C	C ₃₃ H ₄₆ O ₁₃	[12]
				26	Broussoside D	C ₂₆ H ₃₄ O ₉	[12]
				27	Broussoside E	C ₃₂ H ₄₂ O ₁₃	[12]

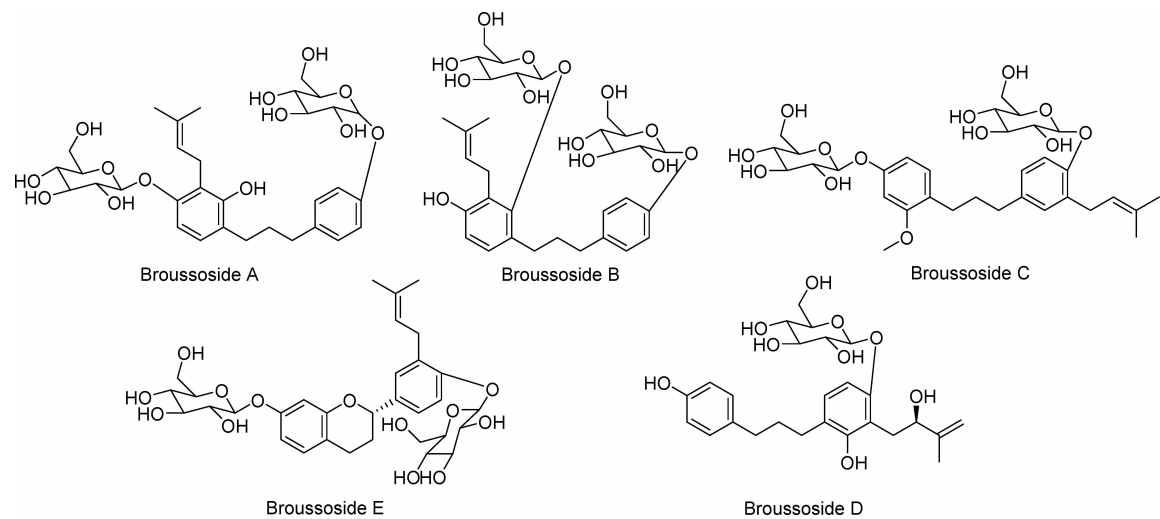


图 1 化合物 Broussosides A-E 结构图

表 2 构树叶中萜类化合物

编号	化合物名称	分子式	参考文献
1	3β-羟基-5α,6α-环氧-β-紫罗兰酮-2α-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₁₉ H ₃₀ O ₈	[4]
2	(6S,9S)-6-羟基-3-酮-α-紫罗兰醇-9-O-β-D-葡萄糖苷	C ₁₉ H ₃₀ O ₈	[4]
3	(2R,3R,5R,6S,9R)-3-羟基-5,6-环氧-乙酰基-β-紫罗兰醇-2-O-β-D-葡萄糖苷	C ₂₁ H ₃₄ O ₁₀	[4]
4	(2R,3R,5R,6S,9R)-3β-羟基-5,6-环氧-β-紫罗兰醇-2-O-β-D-葡萄糖苷	C ₁₉ H ₃₂ O ₉	[4]
5	ficustriol	C ₁₃ H ₂₂ O ₄	[4]
6	Icariside B1	C ₁₉ H ₃₀ O ₈	[4]
7	3-羟基-5α,6α-环氧-β-紫罗兰酮	C ₁₃ H ₂₀ O ₃	[4]
8	Broussonetone A	C ₂₀ H ₃₂ O ₄	[13]
9	Broussonetone B	C ₂₀ H ₃₂ O ₄	[13]
10	Broussonetone C	C ₂₃ H ₃₆ O ₄	[13]
11	(6S,9S)-玫瑰花苷	C ₁₉ H ₃₀ O ₈	[14]
12	sammangaoside A	C ₁₉ H ₃₂ O ₈	[14]

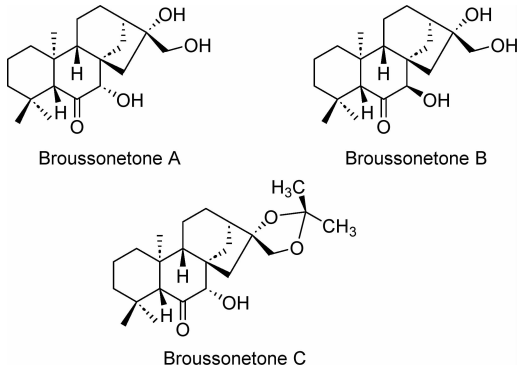


图 2 构树叶中三个新型的贝壳杉烷型二萜 Broussonetones A-C

表 3 构树叶中木脂素类化合物

编号	化合物名称	分子式	参考文献
1	落叶松脂素-9-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₂₆ H ₃₄ O ₁₁	[4]
2	左旋丁香树脂酚-4-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₂₈ H ₃₆ O ₁₃	[4]
3	松脂素-4-O-β-D 吡喃葡萄糖苷	C ₂₆ H ₃₂ O ₁₁	[12]
4	(+)-pinoresinol-4'-O-β-D-glucopyranosyl-4''-O-β-D-apiofuranoside	C ₃₁ H ₄₀ O ₁₅	[15]
5	丁香脂素二葡萄糖苷	C ₄₆ H ₆₆ O ₃₀	[15]

表 4 构树叶中香豆素类化合物

编号	化合物名称	分子式	参考文献
1	7-甲氧基香豆素	C ₂₁ H ₁₀ O ₅	[9]
2	东莨菪素	C ₁₀ H ₈ O ₄	[9]
3	伞形花内酯	C ₉ H ₆ O ₃	[10]
4	七叶内酯	C ₉ H ₆ O ₄	[10]

1.4 香豆素类 香豆素是一类含有苯骈 α-吡喃酮结构的化合物，香豆素广泛分布于高等植物的各个部位，具有抗凝血、抗炎、抗肿瘤、抗艾滋病毒、抗氧化、抗癌、抗糖尿病、抗高血糖和抗菌等较广谱的生物活性。目前仅从构树叶中分离鉴定出 4 种香豆素，见表 4。

1.5 含氮化合物 李红伟从构树叶中分离鉴定出 3 个含氮化合物,分别为:2'-脱氧腺苷、胸腺嘧啶脱氧核苷、2'-尿嘧啶脱氧核苷^[4]。

表 5 构树叶中含氮化合物

编号	化合物名称	分子式	参考文献
1	2'-脱氧腺苷	C ₁₀ H ₁₃ N ₅ O ₃	[4]
2	胸腺嘧啶脱氧核苷	C ₁₀ H ₁₄ N ₂ O ₅	[4]
3	2'-尿嘧啶脱氧核苷	C ₉ H ₁₂ N ₂ O ₅	[4]

1.6 氨基酸 构树叶中含有 16 种以上氨基酸,主要包括苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸和缬氨酸 8 种人体必需氨基酸,还包括天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、酪氨酸、脯氨酸、胱氨酸以及 γ -氨基丁酸等多种非必需氨基酸,总氨基酸含量达到 20%以上^[16]。

1.7 脂肪酸及挥发油 王庆福等^[17]从构树鲜叶中检测到 11 种脂肪酸,分别为:十一碳酸,十四碳酸,十五碳酸,十六碳酸,十八碳酸,顺-9-十八碳一烯酸,顺,顺-9,12-十八碳二烯酸,顺,顺,顺-9,12,15-十八碳三烯酸,二十二碳酸,顺-13-二十二碳一烯酸,二十四碳酸;十七烷酸,十九碳酸也在构树叶中被分离得到^[8,18]。王博佳等^[19]用水蒸气蒸馏法提取构树叶挥发油后,采用气相色谱-质谱联用技术,对构树叶挥发油成分进行结构鉴定,共鉴定出 37 种化学成分,其中主要成分为十八碳酸、十六碳酸、二十碳酸和 6,10-二甲基-2-十一酮,含量均超过 10%。

1.8 其他物质 构树叶中还含有一些其他物质,包括正十八碳酸甲酯、邻苯二甲酸二甲酯、正二十六烷醇、正二十八烷醇、正二十二烷、正二十八酸甘油单酯、 β -谷甾醇、 β -胡萝卜苷、butyrospermyl acetate、对羟基苯乙酮、4-羟基桂皮酸-9-O- β -D-吡喃葡萄糖苷、苯甲酸苯甲酯-2,6-二-O- β -D-吡喃葡萄糖苷、邻苯三酚、构树内酯 A、辅酶 Q10^[4,8-9,18,20-21];对羟基肉桂酸 (polithyrso-side)、flacourtin、二氢丁香苷 (dihydro-syringin)^[12];二氢藜芦醇^[15]。

2 药理作用研究

2.1 抗菌 黄涛等^[21]对构树叶不同提取部位进行了抑菌实验探索,结果表明构树叶乙酸乙酯部位和正丁

醇部位对金黄色葡萄球菌和大肠埃希菌的抑菌环直径都大于 15 mm,乙酸乙酯部位对金黄色葡萄球菌和大肠埃希菌的最低抑菌浓度 (MIC) 都是 25.0 mg/mL,正丁醇部位对金黄色葡萄球菌和大肠埃希菌的最低抑菌浓度 (MIC) 分别为 12.6、6.3 mg/mL。李万仓^[7]通过初步抑菌试验表明,构树叶 75% 乙醇提取物对红色毛癣菌 (*Thichophyton rubrum*),断发毛癣菌 (*Thichophyton mbrum*),絮状表皮癣菌 (*Epidermophyton floccosum*),白色念珠菌 (*Canidia albicans*) 4 种真菌抑菌效果明显,其总平均最低抑菌浓度 MIC (g/1 000 mL) 值范围在 1.04~1.70 (g/1 000 mL) 之间。刘晓军等^[22]研究发现构树叶提取物对金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、多杀性巴氏杆菌以及埃希氏大肠杆菌具有较强的抑菌活性,抑菌圈直径达到 16 mm~24.5 mm,而不同提取方法、不同溶剂对构树叶抑菌成分的提取效率不同,构树叶水提取物抑菌活性最强,水提取物经乙醚、乙酸乙酯和正丁醇萃取后,其抑菌杀菌成分主要存在于乙酸乙酯和正丁醇部位,其中正丁醇部位抑菌活性最强,乙酸乙酯部位对金黄色葡萄球菌、巴氏杆菌、大肠杆菌和沙门氏菌的 MIC 分别为 6.75,12.5,12.5,25 g/L。乙酸乙酯萃取部对各病原菌的 MIC 分别为 25,25,25 和 50 g/L。黄一平等^[23]研究发现楮叶的乙醇、石油醚、乙酸乙酯、正丁醇提取物及残留水液 5 种提取物对 4 属 6 种皮肤癣菌 (红色毛癣菌、须癣毛癣菌、断发毛癣菌、断发毛癣菌、断发毛癣菌、白色念珠菌) 均有较强的抑菌作用,其总平均最低抑菌浓度 MIC (g/100 mL) 值范围在 2.68~6.67 (g/100 mL) 之间,以 75% 乙醇提取物抗菌作用最强,其对 6 种皮肤癣菌的平均抑菌浓度 MIC (g/100 mL) 为 2.68。崔璨等^[24]研究了构树叶不同溶剂提取物对红色癣菌、克柔氏念珠菌、紧密着色霉菌、石膏样毛癣菌等 10 种致病真菌抑制作用,结果表明抑菌性最明显集中在乙酸乙酯部位和正丁醇部位,同时该部位的抑菌作用也最为广泛,构树叶提取物的 MIC 值范围为 50~400 mg/mL。

2.2 抗氧化 岑丽航等^[25]研究发现从构树叶提取的黄酮类物质可促进小鼠表皮干细胞增殖,具有抗氧化性。构树叶中含有丰富的蛋白质,研究发现水解蛋白

质得到的肽具有良好的抗氧化活性,对构树叶中蛋白质水解产物的抗氧化活性进行研究发现,用真菌 α -淀粉酶、纤维素酶、胃蛋白酶和木瓜蛋白酶4种酶组合水解后的溶液具有一定的DPPH自由基清除活性、羟自由基清除活性和还原力^[26]。杨雪莹等^[27]研究发现构树叶总黄酮能够降低醋酸铅和亚砷酸钠对人永生表皮细胞的活性损伤和氧化损伤,对细胞有防护功能。贾东辉等^[28]发现构树叶提取物具有一定的抗氧化性,且随着浓度的增加,抗氧化性增强,且随着时间的延长,抗氧化活性逐渐降低。武雪芬^[29]用 β -胡萝卜素漂白法检出楮叶具有抗氧活性,且醇提物的抗氧活性高于水提物。Horng-Huey Ko等^[13]的研究表明从楮叶中分离得到的三种新型的贝壳杉烷型二萜Broussonetone A、Broussonetone B、Broussonetone C能有效地抑制黄嘌呤氧化酶的活性。构树叶粗提物可抑制肝脏中丙二醛的产生,并通过影响过氧化物酶和超氧化物歧化酶的活性,从而提高机体抗氧化应激的能力^[30]。

2.3 利尿 吴世成等^[31]通过测定实验大鼠中 Na^+ 、 K^+ 的排出量,发现构树叶乙醇提物、水提物均有利尿作用。

2.4 抗病毒 杜柏槐等^[32]通过实验发现:构树叶提取物中的有效成分可能通过阻断病毒对宿主细胞的识别和粘附发挥其抗病毒活性。

2.5 抗炎 陈随清^[33]和黄显章等^[34]通过观察构树叶不同提取部位对前列腺炎模型大鼠白细胞数及病理切片的影响,发现构树叶的水煎煮部位、乙醇部位、乙醚部位治疗前列腺炎均有效,以乙醇部位的作用更好。

2.6 减少肝脏脂肪聚集 饲喂构树叶的肥胖小鼠血浆葡萄糖(GLU)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、游离脂肪酸(FFA)和丙二醛(MDA)水平显著降低,高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)显著升高;而且饲喂构树叶的肥胖小鼠肝脏细胞脂肪变性显著缓解。这说明构树叶能促进营养性肥胖小鼠脂肪分解代谢^[35]。王齐^[36]以非酒精性脂肪肝肝病(NAFLD)小鼠为研究对象探究了构树叶总黄酮对小鼠NAFLD的治疗作用,发现构树叶总黄酮通过激活抗氧化应激信号通路,有效缓解肝细胞内脂质积聚的情况。

2.7 抗感染 通过测定二甲苯致炎小鼠耳廓肿胀率,发现灌服及腹腔注射构树叶提取物(3.0 g/kg)后,小鼠耳廓肿胀率分别为 $(51.69 \pm 19.83)\%$ 、 $(45.23 \pm 15.01)\%$,显著低于空白对照组的 $(98.46 \pm 32.15)\%$ 。发现构树叶提取物有一定的抗感染作用^[37]。

2.8 抗癌作用 朱开梅等^[38]研究发现经高浓度的构树叶总黄酮(TFBP)处理后的HepG-2细胞有明显的细胞凋亡形态。经3,6,9,12 g/L不同质量浓度的TFBP作用72 h后,对HepG-2细胞的抑制率最高可达到64.72%。其诱导凋亡的机制可能与其下调Bcl-2蛋白和上调Bax蛋白的表达,下调Bcl-2/Bax以及增强caspase-3的活性有关。

2.9 抑制酪氨酸酶 Hwang JH等^[39]学者研究发现,一定浓度的楮叶提取物能够抑制酪氨酸酶和左旋多巴氧化酶的活性,并能够抑制黑色素原的生成。Horng-Huey ko等^[13]从楮叶中分离得到的3种新型的贝壳杉烷型二萜成分,研究发现其能够抑制酪氨酸酶的活性。

2.10 抗生育能力 学者Wang S等^[40]以长江田鼠(*Microtus fortis*)为研究对象,研究发现田鼠食用构树叶后,没有中毒,非生殖器官损伤可以忽略不计,但生殖器官的生长受到抑制。从而构树叶可以作为化学灭鼠剂的原料,可以通过延迟啮齿动物的繁殖期来减少啮齿动物对农作物和森林的破坏。

2.11 其他药理活性 早期还有学者研究发现构树叶具有止血^[41]、降压^[42]、止泻^[43]、抗喘^[44]及抑制心肌收缩和扩张血管的药理活性^[45]。

3 讨论

构树在我国各省和东南亚地区资源十分丰富,而构树叶可单独作为药用,用于治疗痢疾、癣疮等病。近年来,国内外学者对其化学成分及药理活性研究不断深入,在化学成分分离研究方面,分离鉴定出黄酮类、萜类、香豆素类、甾体、木脂素、氨基酸及挥发油等多种化学成分;在药理活性研究方面,发现其具有抗炎、抗氧化、利尿、抗癌、减少脂肪聚集等多种药理作用,并对其作用机制进行初步阐明,但药理活性研究主要集中在构树叶总黄酮及构树叶提取物上,就其中单一化合物的活性研究较少。

本文首次对构树叶化学成分及药理活性进行总结,以期对构树叶进行更为深入的研究提供研究基础,也为进一步丰富构属植物的化学成分和结构类型提供帮助,其次为更深入阐明药理活性的发挥机制提供科学依据,为构树叶进一步开发利用提供参考。

参考文献:

- [1] 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,1998:23
- [2] 秦路平,杨庆柱,辛海量. 构树的本草考证及其药用价值[J]. 药学实践杂志,1999(4):254-255.
- [3] 陈乃芝,沈世华. 无所不能的构树[J]. 生命世界,2018,341(3):10-13.
- [4] 李红伟. 构树叶化学成分研究[D]. 郑州:河南中医学院,2009.
- [5] GUO P, HUANG Z, LI X, et al. Transcriptome sequencing of *Broussonetia papyrifera* leaves reveals key genes involved in flavonoids biosynthesis[J]. Plants (Basel), 2023, 12(3):563.
- [6] WANG F, SU Y, CHEN N, et al. Genome-wide analysis of the UGT gene family and identification of flavonoids in *Broussonetia papyrifera*[J]. Molecules, 2021, 26(11):3449.
- [7] 李万仓. 构树叶活性成分分析及抑菌作用研究[D]. 武汉:华中科技大学,2008.
- [8] 李莹莹,窦德强,熊伟. 构树叶化学成分的研究[J]. 中国现代中药,2012,14(4):7-9.
- [9] 徐小花,钱士辉,卞美广,等. 构树叶的化学成分[J]. 中国天然药物,2007(3):190-192.
- [10] 杜彰礼,殷志琦,王磊,等. 楮叶中香豆素和黄酮类化学成分研究(英文)[J]. 天然产物研究与开发,2008(4):630-632.
- [11] 张兴荣,张学林,贺连智,等. 构树叶总黄酮提取工艺优化及成分分析[J]. 现代食品科技,2021,37(2):213-220.
- [12] YANG C, LI F, DU B, et al. Isolation and characterization of new phenolic compounds with estrogen biosynthesis-inhibiting and antioxidation activities from *Broussonetia papyrifera* leaves[J]. PLoS One, 2014, 9(4):e94198.
- [13] HORNEY H K, WEN L C, TZY M L. Antityrosinase and antioxidant effects of ent-kaurane diterpenes from leaves of *Broussonetia papyrifera*[J]. J Nat Prod, 2008, 71(11):1930-1933.
- [14] FENG W S, LI H W, ZHENG X K, et al. Chemical constituents from the leaves of *Broussonetia papyrifera*[J]. Yaoxue Xuebao, 2008, 43(2):173-180.
- [15] RAN X K, WANG X T, LIU P P, et al. Cytotoxic constituents from the leaves of *Broussonetia papyrifera*[J]. Chin J Nat Med, 2013, 11(3):269-273.
- [16] 周峰. 构树叶、花序及果实的氨基酸分析[J]. 药学实践杂志,2005,23(3):154-156.
- [17] 王庆福,黄清铎,吴兆鹏,等. 构树叶加工前后风味成分变化分析[J]. 南方农业学报,2022,53(9):2595-2602.
- [18] 李红伟,郑晓珂,冯卫生. 构树叶中一个新内酯[J]. 世界科学技术-中医药现代化,2016,18(1):82-87.
- [19] 王博佳,窦德强,熊伟. 构树叶中挥发油的化学成分研究[J]. 辽宁中医药大学学报,2009,11(5):184-185.
- [20] 杜彰礼,殷志琦,叶文才,等. 楮叶乙醇提取物石油醚部分的化学成分研究[J]. 海峡药学,2007,19(5):77-78.
- [21] 黄涛,王丽,程林,等. 构树叶提取物抑菌作用研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(33):18761-18762.
- [22] 刘晓军,刘铀,陈绍红,等. 构树叶提取物抑菌活性的初步观察[J]. 中国实验方剂学杂志,2013,19(19):283-286.
- [23] 黄一平,卞美广,朱黎明. 楮叶体外抗真菌作用的实验研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2006,12(1):49-50.
- [24] 崔璨,陈随清,魏雅磊. 构树叶体外抗真菌作用的研究[J]. 河南科学,2009,27(1):40-42.
- [25] 岑丽航,孙鸽云,王珍珍,等. 构树叶黄酮类物质提取工艺的优化及其对小鼠表皮干细胞的抗氧化作用[J]. 中国生物制品学杂志,2024,37(3):343-349,355.
- [26] 林梦,李梦琳,毕福广,等. 构树叶抗氧化活性研究[J]. 食品科技,2013,38(4):270-273.
- [27] 杨雪莹,何瑞,王亭,等. 构树叶总黄酮对人永生表皮细胞的防护效果[J]. 中国公共卫生,2004,20(7):30-31.
- [28] 贾东辉,杨雪莹. 构树叶中黄酮成分分析和抗氧化活性的测定[J]. 职业与健康,2006,22(17):1352-1353.
- [29] 武雪芬. 楮叶抗氧化活性初探[J]. 河南科学,1995,13(2):158-159.
- [30] 王齐,邓旭明,冯海华. 构树叶粗提物对小鼠高脂血症的保护作用[C]. 中国畜牧兽医学会兽医药理毒理学会. 中国畜牧兽医学会兽医药理毒理学会第十五次学术

- 讨论会论文集. 兰州:2019,93-94.
- [31] 吴世成,杨家林,万进军. 构树叶利尿活性研究[J]. 医学信息(中旬刊),2010,5(9):2307-2308.
- [32] 杜柏槐,刘晓军,陈绍红. 构树叶提取物体外抗病毒活性研究[J]. 安徽农业科学,2016,44(29):144-146.
- [33] 陈随清,黄显章,崔琰,等. 构树叶对大鼠前列腺炎模型的影响[J]. 中药药理与临床,2006(21):110-111.
- [34] 黄显章. 楮叶对大鼠前列腺炎模型的影响[J]. 光明中医,2009,24(1):17-18.
- [35] 威亚伟,李勇,赵云涛,等. 构树叶对营养性肥胖小鼠脂肪代谢与抗氧化机能的影响[J]. 动物医学进展,2014,35(4):49-53.
- [36] 王齐. 构树叶总黄酮对小鼠非酒精性脂肪肝病的治疗作用研究[D]. 长春:吉林大学,2022.
- [37] 杜丽君,高云峰,金国亮,等. 构树叶水提液对二甲苯致炎小鼠抗感染作用研究[J]. 社区医学杂志,2018,16(22):1642-1645.
- [38] 朱开梅,陈丹,李美波,等. 构树叶总黄酮调控 Bcl-2 与 Bax 蛋白表达及 caspase-3 活性诱导 HepG-2 细胞凋亡的研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2014,20(19):128-133.
- [39] HWANG J H,LEE B M. Inhibitory effects of plant extracts on tyrosinase,L-DOPA oxidation,and melanin synthesis[J]. J Toxicol Environ Health A,2007,70(5):393-407.
- [40] WANG S,CHEN J,ZHAO Y,et al. Paper mulberry leaves as a potential sterilant:evidence from *Microtus fortis*-a laboratory study[J]. Front Plant Sci,2023,9(14):1092792.
- [41] 李子荣,曲钧庆,高聆,等. 构叶制剂抗炎止血效应研究[J]. 泰山医学院学报,1989,10(1):19-22.
- [42] 刘培庆,曲钧庆. 构叶的降压作用及其机制初步分析[J]. 泰山医学院学报,1992,13(1):58-61.
- [43] 曲钧庆,李子荣. 构叶制剂对肠运动及排便反射的影响[J]. 泰山医学院学报,1987(3):9-12.
- [44] 聂恒环,邢国庆,曲钧庆. 构叶制剂抗喘作用和急性毒性研究[J]. 泰山医学院学报,1989,10(1):74-77.
- [45] 高允生,邱玉芳,高聆,等. 构叶醇提取物与总黄酮甙对离体心房的抑制作用 [J]. 中国药理学通报,1988(2):122-123.
- (收稿日期:2024-07-28)

(上接第 100 页)

- [8] 缪悦悦,金海平. 基于 CIPP 评价模型“BOPPPS + 虚实结合”教学模式在中医骨科技能实训课程中的实践[J]. 中医药管理杂志,2023,31(5):89-91.
- [9] 石丹妮,江胜强. “双一流”背景下医学研究生创新教育教学模式探索[J]. 创新创业理论与实践,2024,7(1):103-105.
- [10] 李珊珊,董静尹,李卫云,等. 本科医学教育标准结合成果导向教育理念的的组织学与胚胎学课程教学模式探索[J]. 解剖学杂志,2023,46(6):545-547.
- [11] 王可,孟奇龙,王璐. 以临床问题为导向的临床医学研究生循证医学课程教学模式探索[J]. 科教导刊,2023(35):48-51.
- [12] 韩士超,樊小艳,李云龙,等. 基于 BOPPPS 模型的临床基本操作实训课堂教案设计与应用[J]. 中国病案,2024,25(3):101-104.
- [13] YANG Y,YOU J,WU J,et al. The effect of microteaching combined with the BOPPPS model on dental materials education for predoctoral dental students[J]. Journal of Dental Education,2019,83(5):567-574.
- [14] LIU X Y, LU C, ZHU H, et al. Assessment of the effectiveness of BOPPPS-based hybrid teaching model in physiology education[J]. BMC Medical Education,2022,22(1):217.
- [15] 段连鸿,曾云,韩珩. BOPPPS 教学模式在骨科理论教学中的应用[J]. 中国当代医药,2021,28(28):186-189.
- [16] 牟作峰,陈文信,施晓平,等. BOPPPS 教学模式在中医临床实践教学中的应用研究[J]. 中国继续医学教育,2019,11(36):18-21.
- (收稿日期:2024-10-14)