

鸡血藤化学成分、药理作用研究进展及其质量标志物（Q-Marker）预测

廖佳伟¹, 金晨², 陈志¹, 田晓丹¹, 曾艳丽¹, 何小燕¹, 张凌^{1*}

1. 江西中医药大学药学院, 江西 南昌 330004

2. 江西中医药大学 现代中药制剂教育部重点实验室, 江西 南昌 330004

摘要: 鸡血藤 *Spatholobi Caulis* 为藤茎类中药, 在我国南方地区及东南亚国家药用历史悠久。研究表明鸡血藤成分复杂, 主要包括黄酮类、苯丙素类、酚酸类等成分, 具有调节血液系统、抗氧化、抗肿瘤及抗病毒等活性。通过对鸡血藤化学成分和药理作用进行综述, 基于化学成分特有性、药性、药效、入血成分和成分可测性对鸡血藤的质量标志物 (quality marker, Q-Marker) 进行预测, 表明儿茶素、染料木素、芒柄花素等黄酮类成分及原儿茶酸和没食子酸等酚酸类、芦荟大黄素等蒽醌类、3-羟基豆甾-5-烯-7-酮等甾体类、白芷内酯和 spasuberol C 等香豆素类 可作为鸡血藤的主要 Q-Marker, 为鸡血藤的质量评价提供科学依据。

关键词: 鸡血藤; 质量标志物; 儿茶素; 染料木素; 芒柄花素; 原儿茶酸; 芦荟大黄素

中图分类号: R285 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2023)20-6866-12

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.20.030

Research progress on chemical composition and pharmacological effect of *Spatholobi Caulis* and prediction of its quality markers

LIAO Jia-wei¹, JIN Chen², CHEN Zhi¹, TIAN Xiao-dan¹, ZENG Yan-li¹, HE Xiao-yan¹, ZHANG Ling¹

1. School of Pharmacy, Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang 330004, China

2. Key Laboratory of Modern Preparations of Traditional Chinese Medicine, Ministry of Education, Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang 330004, China

Abstract: Jixueteng (*Spatholobi Caulis*) is a kind of vine traditional Chinese medicine, which has a long history of medicinal use in southern China and Southeast Asian countries. Studies show that *Spatholobi Caulis* has complex components, mainly including flavonoids, phenylpropanoids, phenolic acids and other components, which have the activities of regulating blood system, antioxidation, antitumor and anti-virus. The chemical constituents and pharmacological effects of *Spatholobi Caulis* were summarized, and the quality marker (Q-Marker) of *Spatholobi Caulis* was predicted based on the uniqueness of chemical constituents, medicinal properties, efficacy, blood components and component measurability. The results showed that flavonoids such as catechin, genistein and formononetin, phenolic acids such as protocatechuic acid and gallic acid, anthraquinones such as aloe-emodin and steroids such as 3-hydroxystigmasterol-5-ene-7-one, coumarins such as angelicin and spasuberol C could be used as the main Q-markers of *Spatholobi Caulis*, which provided scientific basis for the quality evaluation of *Spatholobi Caulis*.

Key words: *Spatholobi Caulis*; quality marker; catechin; genistein; formononetin; protocatechuic acid; aloe-emodin

鸡血藤为豆科 (Fabaceae) 植物密花豆 *Spatholobus suberectus* Dunn 的干燥藤茎, 始载于《本草备要》^[1-2], 主要分布于云南、广西等我国南方地区, 其性味苦、甘、温, 归肝、肾经, 为常用的活血中药。鸡血藤具有活血补血、调经止痛、舒筋活络的

功效, 可用于治疗月经不调、风湿痹痛、血虚萎黄等病证^[3]。

现代研究表明, 鸡血藤含黄酮类、苯丙素类、酚酸类、萜类、三萜类及甾体类等化学成分, 具有促进造血、镇痛、抗氧化、抗肿瘤及抗病毒等药理

收稿日期: 2023-03-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81460595); 国家自然科学基金资助项目 (81960697)

作者简介: 廖佳伟 (1997—), 硕士研究生, 研究方向为药物分析。E-mail: 1960812026@qq.com

*通信作者: 张凌, 教授, 博士生导师, 从事药物化学成分和质量标准研究。Tel: (0791)87118731 E-mail: dw64810@163.com

活性。但鸡血藤的基原混乱，且《中国药典》2020年版未收录鸡血藤含量测定项的内容，影响了其临床安全应用及质量。因此，本文以“鸡血藤”“成分”“药理作用”和“活性”等为关键词在中国知网、万方等数据库检索并下载与鸡血藤相关中文文献，以“*S. suberectus*”“*Spatholobi Caulis*”等为关键词通过 X-Mol 学术平台、PubMed、ScienceDirect、Sci-Hub、AMiner 等数据库检索近 20 年与鸡血藤相关英文文献，将文献按“化学成分”“药理作用”“综述”分类，归纳整理鸡血藤的化学成分和药理作用并对鸡血藤的质量标志物 (quality marker, Q-Marker) 进行预测，为完善鸡血藤的质量标准奠定基础。

1 化学成分

鸡血藤含有丰富的成分，主要包括黄酮类、苯

丙素类、酚酸类、萜类、三萜类、甾体类、蒽醌类及有机酸类等。

1.1 黄酮类成分

黄酮类成分为鸡血藤主要活性成分，具有调节血液系统、抗肿瘤、抗氧化、抗病毒等药理作用^[2]，目前已分离鉴定了 82 种黄酮类成分，包括 23 种异黄酮 (1~23)、1 种黄酮 (24)、12 种异黄烷 (25~36)、5 种查耳酮 (37~41)、1 种橙酮 (42)、2 种黄酮醇 (43、44)、12 种二氢黄酮 (45~56)、1 种二氢异黄酮 (57)、5 种二氢黄酮醇 (58~62)、8 种黄烷 (醇) (63~70)、9 种花青素 (71~79)、3 种紫檀烷 (80~82)，见图 1 和表 1。

1.2 苯丙素类成分

苯丙素类成分包括苯丙酸类、香豆素类和木脂素类 3 类化合物，其中木脂素还有许多构型，目前

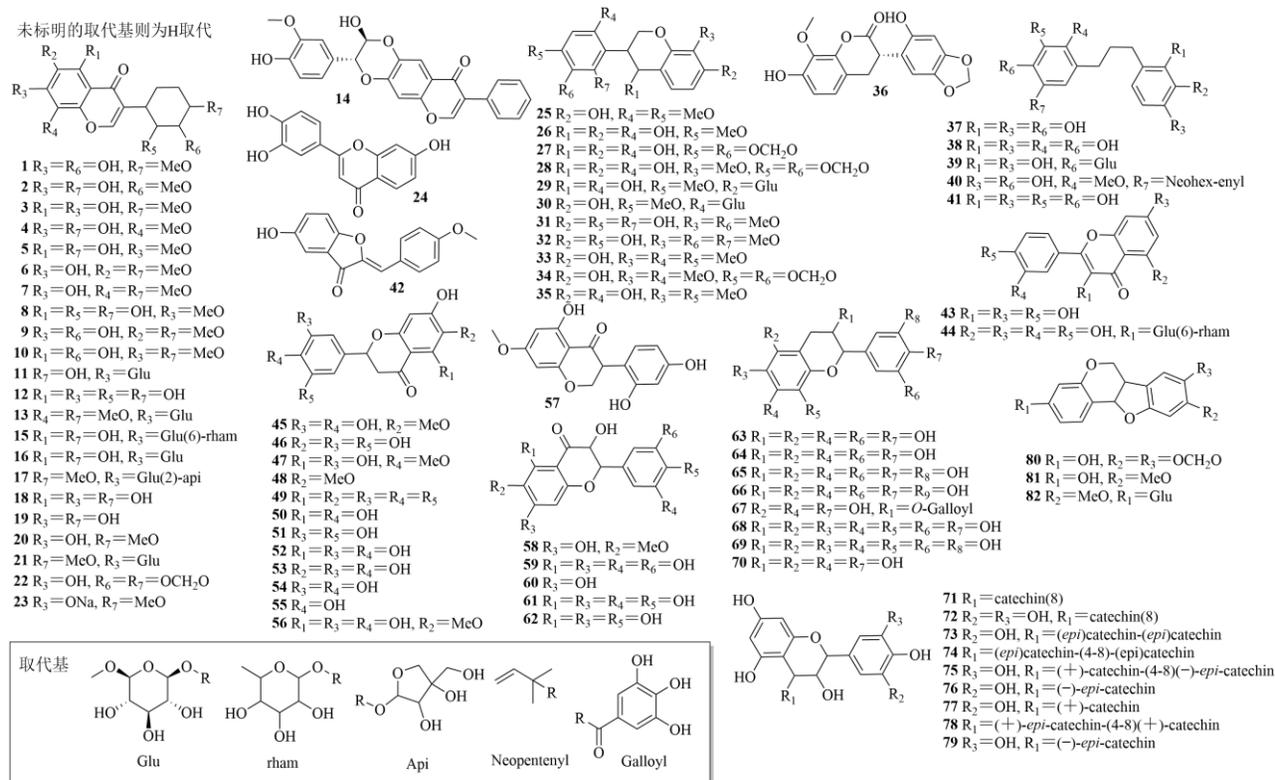


图 1 鸡血藤中黄酮类化合物的化学结构

Fig. 1 Chemical structures of flavonoids from *Spatholobi Caulis*

从鸡血藤发现了 1 个二苄基丁内酯类 (89)、4 个骈双四氢呋喃类 (90~93)、2 个尤普麦特苯骈呋喃类 (94~95)、1 个芳基萘类 (97)、1 个其他类木脂素 (96)，见图 2 和表 2。

1.3 简单酚酸类和苯乙醇类成分

鸡血藤含有较多的酚酸类成分，已分离了 30 个

酚酸类成分 (98~127) 和 1 个苯乙醇类成分 (128)，见图 2 和表 3。

1.4 萜类及甾体类成分

当前，已从鸡血藤中分离出 11 种萜类 (129~139) 及 7 种甾体类化合物 (140~146)，见图 3 和表 4。

表 1 鸡血藤中的黄酮类化合物
Table 1 Flavonoids from *Spatholobi Caulis*

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
1	毛蕊异黄酮	4	42	苯并呋喃-6-醇-3-酮	15
2	7,4'-dihydroxy-3'-methoxyisoflavone	5	43	3',4',7-trihydroxyflavone	11
3	鹰嘴豆芽素 A	6	44	芦丁	5
4	7,4'-dihydroxy-8-methoxyisoflavone	7	45	密花豆素	4
5	樱黄素	6	46	2-(S)-6,7,3',5'-tetrahydroxyflavanone	16
6	afromosin	8	47	橙皮素	14
7	8-甲雷杜辛	5	48	(2S)-7-hydroxy-6-methoxy-flavanone	9
8	cajinin	9	49	7-hydroxyflavone	17
9	odoratin	8	50	柚皮素	7
10	7,4'-dimethoxyisoflavone	5	51	2-(S)-7,3',5'-trihydroxyflavanone	16
11	daidzin	7	52	圣草酚	11
12	2'-羟基染料木素	5	53	黄苏木素	11
13	8-O-methylretusin-7-O-glucoside	5	54	紫柳素	11
14	艳紫柳素 A	5	55	甘草素	11
15	sphaerobioside	5	56	6-methoxyeriodictyol	11
16	染料木苷	5	57	二氢木豆异黄酮	5
17	黄甘草苷	6	58	6-methoxy-7-hydroxydihydroflavonol	8
18	染料木素	9	59	3,5,7,3',5'-pentahydroxyflavanone	7
19	大豆苷元	6	60	(2R,3R)-buteaspermanol	7
20	刺芒柄花素	6	61	二氢槲皮素	11
21	芒柄花苷	6	62	二氢山柰酚	11
22	伪赝靛苷元	9	63	儿茶素	6
23	formononetin sodium	10	64	表儿茶素	6
24	3',4',7-trihydroxyflavone	11	65	表没食子儿茶素	6
25	紫苜蓿异黄酮	9	66	没食子儿茶素	6
26	4,7,2'-trihydroxy-4'-methoxyisoflavanol	7	67	表阿夫儿茶精	5
27	spasuberol A	10	68	elephantorrhizol	7
28	spasuberoside A	10	69	dulcisflavan	7
29	spasuberol B	10	70	阿夫儿茶精	14
30	spasuberoside B	10	71	epi-afzelechin-epi-catechin	14
31	7,2',4'-trihydroxy-8,3'-dimethoxyisoflavan	12	72	epi-gallocatechin-epi-catechin	14
32	7,4'-dihydroxy-8,2',3'-trimethoxyisoflavan	12	73	epi-catechin-epi-catechin-epi-catechin	14
33	(3S)-7-hydroxy-8,2',4'-trimethoxyisoflavane	13	74	epi-afzelechin-epi-catechin-epi-catechin	14
34	(3S)-7-hydroxy-8,2'-dimethoxy-4',5'-methylenedioxyisoflavane	13	75	(+)-catechin-(4-8)(+)-catechin-(4-8)(-)-epi-catechin	14
35	(3S)-7,2'-dihydroxy-8,4'-dimethoxyisoflavane	13	76	proanthocyanidin B2	6
36	7,2'-dihydroxy-8-methoxy-4',5'-methylenedioxyisoflavan-3-en-2-one	13	77	procyanidin B1	18
37	异甘草素	10	78	procyanidin C1	18
38	2,4,2',4'-tetrahydroxychalcone	8	79	catechin-(4 α -8)-ent-epi-catechin	19
39	新异甘草素	11	80	高丽槐素	9
40	甘草查耳酮 A	8	81	美迪紫檀素	9
41	紫柳因	14	82	medicarpin-3-O-glucoside	5

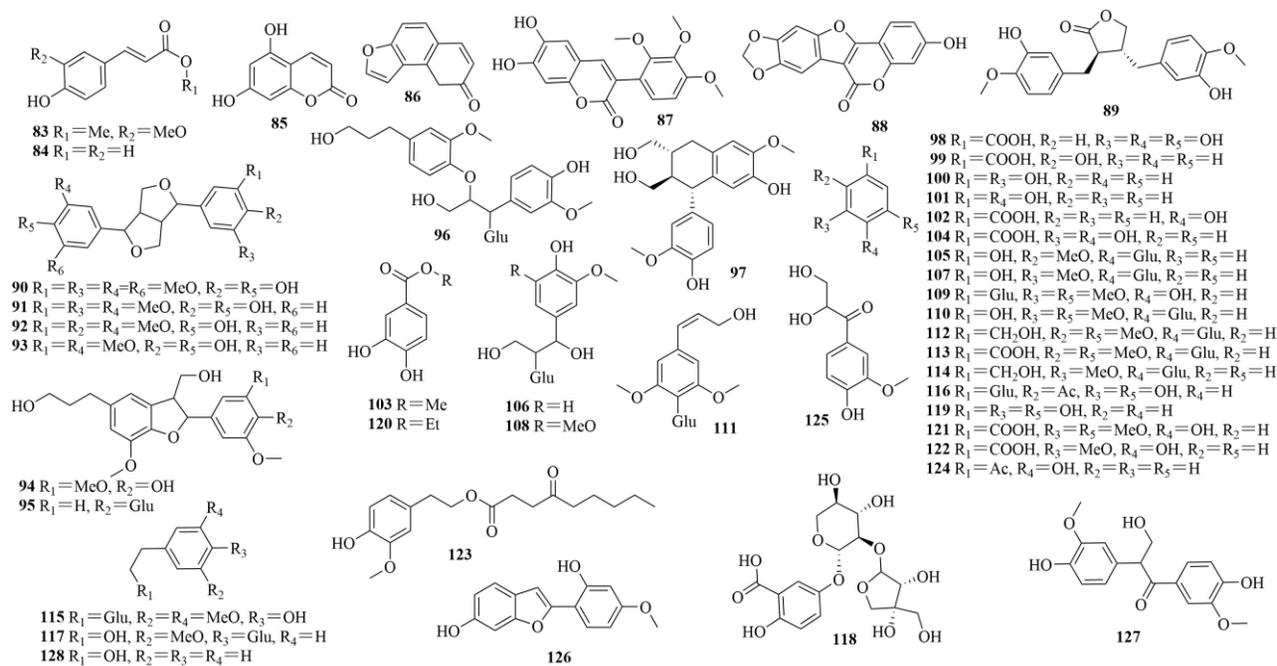


图 2 鸡血藤中苯丙素类、酚酸类、苯乙醇类成分的化学结构

Fig. 2 Chemical structures of phenylpropanoid, phenolic acids and phenylethanol compounds from *Spatholobi Caulis*

表 2 鸡血藤中苯丙素类化合物

Table 2 Phenylpropanoid compounds in *Spatholobi Caulis*

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
83	阿魏酸甲酯	20	92	(+)-表松脂醇	20
84	反式对羟基肉桂酸	20	93	(+)-松脂醇	20
85	5,7-二羟基香豆素	20	94	(7 <i>S</i> ,8 <i>R</i>)-3,3',5-trimethoxy-4',7-epoxy-8,5'-neolignan-4,9,9'-triol	22
86	白芷内酯	21	95	(7 <i>S</i> ,8 <i>R</i>)-dihydrodehydrodiconiferyl alcohol-4- <i>O</i> -(β- <i>D</i> -glucopyranoside)	22
87	spasubero C	10	96	(7 <i>S</i> ,8 <i>R</i>)- <i>erythro</i> -4,9,9'-trihydroxy-3,3'-dimethoxy-8- <i>O</i> -4'-neolignan-7- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranoside	22
88	苜蓿酚	20	97	异落叶松脂素	20
89	prestegane B	7			
90	丁香脂素	20			
91	(+)-杜仲树脂酚	20			

1.5 蒽醌类

当前已从鸡血藤中分离得到 6 种蒽醌类化合物：芦荟大黄素(147)、大黄素甲醚(148)、大黄酚(149)、大黄素(150)、大黄酸(151)、15-*O*-(α-rhamnopyranosyl)-aloe-emodin(152)^[21,25,27]，见图 3。

1.6 有机酸类成分

目前从鸡血藤中分离得到 8 种有机酸：焦性黏液酸、琥珀酸^[4]、正丁基-*O*-β-*D*-吡喃果糖苷、正二十六烷酸^[24]、正二十七烷酸^[28]、正十六酸、二十二烷酸、和十八烷二酸(153~160)^[15]，见图 4。

1.7 其他类成分

刘晓艳等^[20]从鸡血藤中分离了 3 种氮杂环类成

分：次黄苷(161)、尿囊素(162)和烟酸(163)，有学者还从鸡血藤中分离出了 7 种其他类成分：正丁基-*O*-β-*D*-吡喃果糖苷^[24]、松香^[23]、二十八烷^[15]、二十五烷酸-α-单甘油酯^[24]、2,6-dimethoxy-1,4-benzoquinone^[10]、羊红膻醇、7-羟基色原酮(164~170)^[20]，见图 4。鸡血藤中还含多糖及 Mg、Fe、Mn、Zn、Cu 等微量元素。

2 药理作用

2.1 调节血液系统

现代药理研究表明，鸡血藤可促进造血、改善血液系统及保护心脑血管，对不同类型的血虚、缺铁性贫血和白细胞减少症有一定的疗效，黄酮类成

表 3 鸡血藤中酚酸类和苯乙醇类化合物

Table 3 Phenolic acids and phenylethanol compounds from *Spatholobi Caulis*

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
98	没食子酸	23	114	3-甲氧基苯乙醇-4-O-β-D-葡吡喃糖苷	23
99	水杨酸	20	115	2-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)ethyl-β-D-glucopyranoside	23
100	间苯二酚	20	116	4,6-二羟基-2-O-(β-D-吡喃葡萄糖苷)苯乙酮	23
101	对苯二酚	20	117	2-methoxy-4-(2'-hydroxyethyl)-phenyl-1-O-β-D-glucopyranoside	24
102	对羟基苯甲酸	20	118	5-O-(β-aposyl-(1→2)-O-β-xylopyranosyl)gentisic acid	25
103	原儿茶酸甲酯	20	119	间苯三酚	4
104	原儿茶酸	20	120	3,4-二羟基苯甲酸乙酯	7
105	它乔糖苷	23	121	丁香酸	6
106	1-threo-guaiacylglycerol-8-O-β-glucopyranoside	23	122	香草酸	6
107	isotachioside	23	123	homovanillyl-4-oxo-nonanoate	10
108	(-)-(7R,8S)-guaiacylglycerol-8-O-β-D-glucopyranoside	23	124	对羟基苯乙酮	20
109	3,5-二甲氧基-4-羟基苯基-1-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	23	125	C-藜芦酰乙二醇	20
110	2,6-dimethoxy-4-hydroxyphenol-1-O-β-D-glucopyranoside	23	126	树脂藤素 IV	20
111	顺式紫丁香苷	23	127	棘叶吴萸素	20
112	4-hydroxymethyl-2,6-dimethoxyphenyl-β-D-glucopyranoside	23	128	苯乙醇	7
113	glucosyringic acid	23			

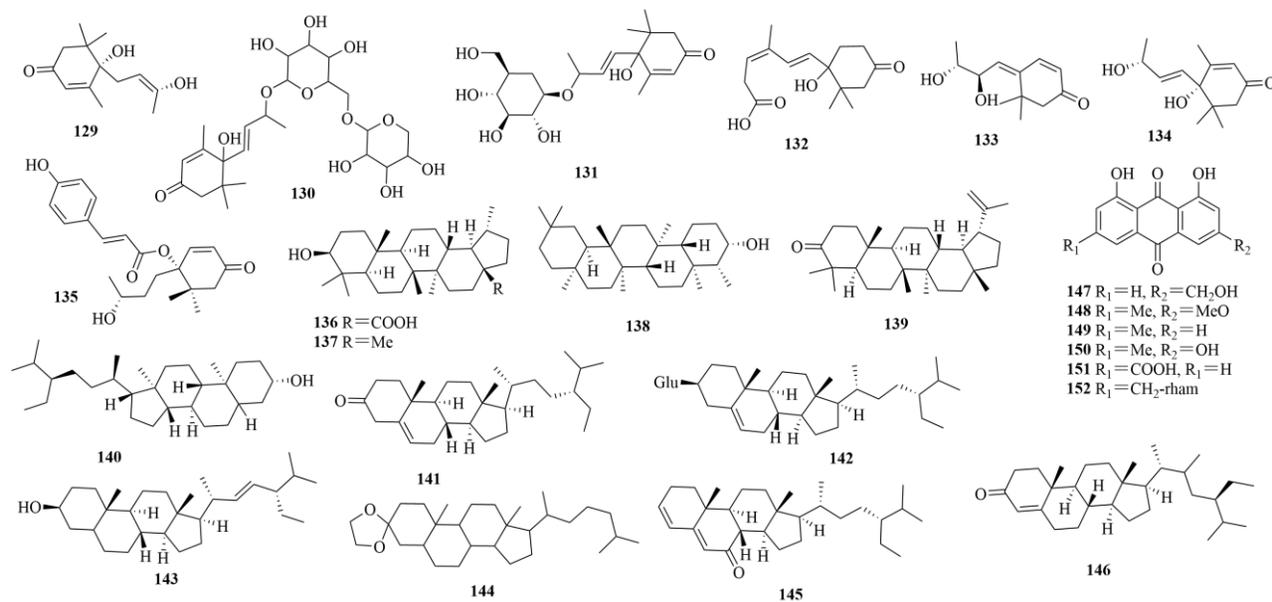


图 3 鸡血藤中萜类、甾体类、蒽醌类化合物的化学结构

Fig. 3 Chemical structures of terpenoids, steroids and anthraquinones compounds from *Spatholobi Caulis*

分为其主要活性成分，其中儿茶素有较好的补血活血活性。

目前，鸡血藤主要通过促进骨髓造血细胞增殖分化、改善造血微环境、促进造血因子的分泌及保护造血器官等发挥补血的作用。鸡血藤醇提物能够

升高造血因子促红细胞生成素和葡萄糖代谢酶 6-磷酸葡萄糖脱氢酶的含量，并且对骨髓造血组织和脾脏组织一定的恢复作用，从而对乙酰苯肼联合环磷酸酰胺诱导的血虚小鼠有疗效，增加其胸腺和脾脏的脏器指数、改善造血微环境（促进造血）；提高超氧

表 4 鸡血藤中萜类及甾体类化合物

Table 4 Terpenes and steroids compounds from *Spatholobi Caulis*

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
129	blumenol A	22	138	friedelan-3 β -ol	8
130	vomifoliol 9-[xylosyl-(1 \rightarrow 6)-glucoside]	22	139	羽扇豆酮	21
131	(6 <i>S</i> ,7 <i>E</i> ,9 <i>R</i>)-roseoside	22	140	β -谷甾醇	21
132	脱落酸	20	141	7-酮基- β -谷甾酮	27
133	8,9-dihydroxymegastigma-4,6-dien-3-one	20	142	胡萝卜苷	27
134	6,9-dihydroxy-4,7-megastigmadien-3-one	20	143	豆甾醇	8
135	布卢门醇 A-6- <i>O</i> -反式-对羟基肉桂酸酯	26	144	胆甾-3-酮,环 1,2-乙缩二醛	15
136	白桦脂酸	24	145	豆甾-3,5-二烯-7-酮	15
137	羽扇豆醇	21	146	豆甾-4-烯-3-酮	15

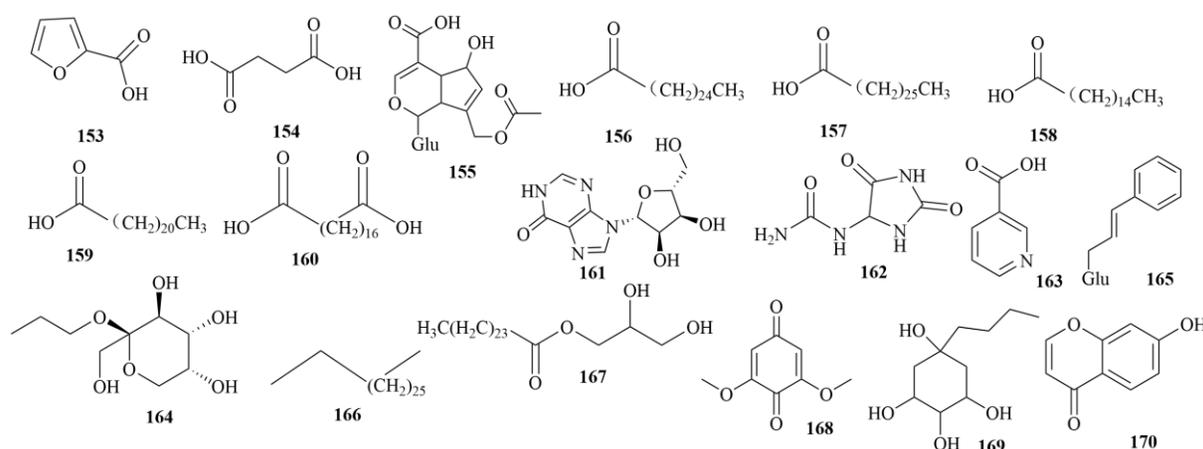


图 4 鸡血藤中有机酸类和其他类化合物的化学结构

Fig. 4 Chemical structures of organic acids and other compounds from *Spatholobi Caulis*

化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD) 和谷胱甘肽过氧化物酶 (glutathione peroxidase, GSH-Px) 活性、降低丙二醛含量 (抗氧化); 上调凋亡蛋白 B 淋巴瘤细胞瘤-2 (B-cell lymphoma-2, Bcl-2) 和下调剪切型半胱氨酸天冬氨酸蛋白酶-3 (cleaved cystein-asparate protease-3, cleaved Caspase-3) 和 Bcl-2 相关 X 蛋白 (Bcl-2-associated X, Bax) 的表达, 抑制骨髓细胞凋亡, 从而改善辐射对小鼠血液系统的影响^[29-30]。李小莹^[31]研究发现鸡血藤黄酮部位有较好的补血作用, 通过谱效关系分析表明与儿茶素、表儿茶素、大豆苷、芒柄花素 (苷)、8-甲雷杜辛-7 β -葡萄糖苷等多种成分共同作用有关。

鸡血藤有活血化瘀的功效, 其作用机制可能与抗血栓、促进血管生成和抗血小板聚集等有关。研究表明, 鸡血藤提取物 (水、乙醇、醋酸乙酯、二氯甲烷提取) 具有抗血栓药理活性, 且水提物较其他 3 种提取物活性要好, 说明鸡血藤抗血栓的活性

成分可能为水溶性成分。分子对接结果表明, 鸡血藤中的白芷内酯、3-羟基豆甾-5-烯-7-酮和黄酮类成分 (甘草查耳酮 A、毛蕊异黄酮与牛角花酮) 等能与凝血酶、凝血因子 VII、X 和 XI 相互作用且与原配体或阳性药有相同的结合位点, 其抗血栓的作用机制可能与抗凝血有关^[32]。人脐静脉血管内皮细胞体外模型实验和斑马鱼体内模型实验表明, 鸡血藤提取物可以上调血管内皮生长因子受体 (vascular endothelial growth factor receptor, VEGFR) 的 mRNA 表达和增加丝裂原激活蛋白激酶 (mitogen activates protein kinase, MAPK) 的磷酸化, 促进血管生成, 其主要活性成分可能为黄酮类成分^[33]。

心脑血管疾病多发于中老年人, 而我国老龄化水平逐渐升高, 极大危害了中老年人的健康。鸡血藤具有抗血栓等药理作用, 对心脑血管疾病也有一定的疗效且安全性较高。鸡血藤提取物能够降低血脂水平、改善血液流变学、减少脂质在血管内聚集

和调节脂质和氨基酸代谢紊乱,有预防动脉粥样硬化(atherosclerosis, AS)的药理作用。网络药理学和分子对接结果表明,鸡血藤中的木犀草素、芦荟大黄素、芒柄花素、牛角花酮、柚皮素等成分作用于 MAPK14、肿瘤蛋白 p53、Caspase-3、基质金属蛋白酶 9 和白细胞介素-6 等靶点,通过脂质-AS 信号通路等对 AS 起预防作用^[34]。鸡血藤总黄酮可以改善急性缺血性卒中引起大鼠肠道屏障功能的损伤,升高海马组织中的 SOD 水平和降低丙二醛水平(减轻氧化应激反应对脑的损伤),促进海马组织中的细胞外信号调节激酶(extracellular signal-regulated kinase, ERK)mRNA 表达和抑制 ERK DNA 甲基化水平(保护神经系统和脑)^[35]。

2.2 抗肿瘤

肿瘤严重威胁人的身体健康,目前治疗肿瘤的方法主要为化疗、放疗和手术切除等,但其具有耐药性、不良反应大和易复发等缺点,而中药具有多成分和低毒性等特点,其活性成分作用于多靶点通过多条通路来治疗肿瘤,还可与化学药联用达到减毒增效的效果,因此中药抗肿瘤活性备受关注。研究表明,鸡血藤可抑制三阴性乳腺癌细胞和结直肠癌的转移、预防或减少恶性肿瘤的肺转移及促进肿瘤细胞凋亡等来发挥抗肿瘤的活性,目前研究主要集中在鸡血藤对肺癌、肝癌、乳腺癌、宫颈癌的药理活性。

陈康等^[36]通过网络药理学和分子对接预测发现鸡血藤中的木犀草素、甘草查耳酮 A 等活性成分有治疗肺癌的作用,体外实验验证了木犀草素、甘草查耳酮 A、鸡血藤提取物可提高促凋亡因子 Caspase-3 和 Bax 的表达,诱导细胞凋亡,抑制人肺癌 A549 细胞的生长。鸡血藤提取物也能抑制肝癌 S180 荷瘤小鼠肿瘤的生长和癌细胞的转移,提高 Caspase-3 的表达,促进肿瘤细胞凋亡^[37]。

网络药理学分析和液质联用技术验证结果表明,鸡血藤中的芦荟大黄素、cajinin 和刺芒柄花素等 16 种潜在活性成分可作用多个抗乳腺癌相关靶点和调节多种信号通路,其作用机制可能与过氧化物酶体增殖物激活受体 γ (peroxisome proliferator-activated receptor γ , PPAR γ)等靶点和抑制乳腺癌细胞生长有关。体外细胞实验表明,鸡血藤提取物可以激活 PPAR γ 来抑制磷脂酰肌醇 3-激酶/蛋白激酶 B 通路,诱导乳腺癌细胞 G₂ 期阻滞和癌细胞凋亡^[38]。鸡血藤鞣质类成分可阻断 DNA 合成前期人宫颈癌 HeLa 细胞分裂,抑制环状 RNA 的表达,

进而抑制 HeLa 细胞的增殖并促进细胞凋亡^[39]。

2.3 抗氧化和抗炎

氧化应激和炎症常在糖尿病、癌症、阿尔茨海默病等疾病的发展过程中被发现,而通过天然抗氧化剂(特别是酚类和类黄酮)改善其带来的危害备受关注。鸡血藤中富含原花青素等黄酮类成分和没食子酸等多酚类成分,具有较好的抗氧化活性,而天然的抗氧化剂化合物同时还具有抗炎作用。研究表明,鸡血藤水提取物富含没食子酸,对 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼和 2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐自由基有较强的清除活性,且其活性强于维生素 C,可抑制脂多糖诱导巨噬细胞产生炎症因子一氧化氮、降低环氧合酶-2(cyclooxygenase-2, COX-2)和诱导型一氧化氮合酶(inducible nitric oxide synthase, iNOS)的表达来减少炎症介质的产生^[40]。鸡血藤总黄酮也可有效治疗和预防由脂多糖引起的氧化应激反应,且前者的效果较好与维生素 C 效果相当^[41]。

Liu 等^[10]通过观察从鸡血藤分离的 15 种化合物对脂多糖诱导的 RAW264.7 细胞中一氧化氮的生产量来评估这些化合物的抗炎活性,发现 2,6-dimethoxy-1,4-benzoquinone、spasuberol C、染料木素和异甘草素可以降低肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)、iNOS 和 COX-2 等的 mRNA 表达从而达到抗炎的作用。Song 等^[42]研究表明鸡血藤水提取物可改善粉尘螨提取物诱导的 NC/Nga 小鼠皮肤病变中的特异性皮炎症状、减少免疫细胞(肥大细胞和 T 细胞)的浸润及抑制 γ 干扰素联合 TNF- α 诱导人永生角质形成 HaCaT 细胞中的 MAPK/信号转导与转录激活因子 1/核因子- κ B(nuclear factor- κ B, NF- κ B)信号通路的活化来调节促炎性趋化因子的表达。

2.4 抗病毒

近年来,引起人类流行病的病毒种类不断增多,多来自动物且具有快速突变性,如新型冠状病毒、艾滋病毒等。病毒大多具有抗药性突变,加剧了病毒带来的危害,而中药治疗疾病具有多成分、多靶点、多通路的特点,可作为潜在抗病毒药物。鸡血藤对于多数病毒有抗病毒活性,黄酮类成分为其活性成分,其作用机制与免疫调节、抗氧化、抗炎、阻断病毒与宿主细胞受体结合(活性成分与靶细胞结合)有关。体外研究表明,鸡血藤提取物能够有效抑制严重急性呼吸综合征冠状病毒 2(severe acute

respiratory syndrome corona virus-2, SARS-CoV-2)、非典病毒、艾滋病毒 (HIV-1_{ADA}、HIV-1_{HXB2}) 及禽流感 H5N1 型病毒 5 种包膜病毒, 通过与靶细胞结合来阻断 SARS-CoV-2S-糖蛋白受体和宿主血管紧张素转化酶 2 受体结合^[43], 还对流感病毒、肠道病毒 (其中柯萨奇 B3 病毒研究较多)、猪圆环病毒 2 型、乙型肝炎病毒等具有抗病毒活性。柯萨奇 B3 和 B5 病毒是导致病毒性心肌炎的主要病原体, 网络药理学预测分析表明, 鸡血藤中的刺芒柄花素和毛蕊异黄酮等成分有抗病毒性心肌炎活性^[44], 因此鸡血藤可作为抗病毒性心肌炎潜在药物。

2.5 骨保护

鸡血藤作为活血中药, 其还对舒筋活络有一定的功效, 在《广西本草选编》《中华本草》等均有记载^[2]。网络药理学和分子对接结果表明, 鸡血藤中的樱黄素、甘草素等成分可作用于酪氨酸蛋白激酶和组织蛋白酶 K 等靶点, 调节与骨质疏松代谢相关的信号通路和骨吸收, 从而抑制破骨细胞起到治疗骨质疏松的作用^[45]。体外实验表明, 鸡血藤有效成分芒柄花素可呈剂量相关性抑制破骨细胞增殖分化和破骨细胞骨吸收相关的基因的表达^[46], 还可促进成骨细胞的形成, 从而改善骨结构。鸡血藤还有抗关节炎的活性, 其作用机制与抗氧化、免疫调节和抗炎有关。上述药理作用与中医对鸡血藤舒筋活络和强经健骨功效的描述一致。

2.6 神经保护

体外研究表明, 鸡血藤提取物通过抑制 c-Jun 氨基末端激酶 (c-Jun N-terminal kinase, JNK) 和 p38 MAPK 活化抑制神经细胞凋亡^[47], 改善缺血性中风和神经凋亡相关疾病带来的神经损伤。鸡血藤总黄酮具有减轻卒中和抑郁症引起的神经损伤的作用, 其作用机制与抑制孤束核延髓组织中的 Notch、发状分裂相关增强子-1、磷酸化 NF- κ B (phospho-NF- κ B, p-NF- κ B) p65/NF- κ Bp65、Bax 蛋白表达, 及海马组织中 cAMP 反应元件结合蛋白 (cyclic adenosine monophosphate response element binding protein, CREB)、p-CREB、脑源性神经营养因子蛋白的表达水平有关^[48-49]。

2.7 其他

2.7.1 免疫调节和抑菌 研究表明, 鸡血藤有抗氧化、抑菌、调节免疫等药理作用且无不良反应, 可作为一种天然添加剂与饲料混合提高鱼类和鸡的抗病力。鸡血藤醇提取物能够提高黄颡鱼抗氧化能力、

非特异性免疫力和抗病力^[50]。巨噬细胞和脾细胞在免疫调节中具有重要作用, 而鸡血藤多糖 MDP1 及其硫酸化修饰物可促进巨噬细胞增殖、吞噬及脾细胞的增殖来提高免疫^[51]。体内、外研究表明, 鸡血藤提取物和硫酸链霉素具有协同抗菌作用, 二者联用可以增强抗菌活性和扩大抗菌谱, 最佳比例为 42.5 : 1.0^[52]。

2.7.2 调脂保肝 鸡血藤醇提取物可以调节血清血脂水平, 提高 GSH-Px 和过氧化氢酶的活力, 减轻高脂血症对肝脏的损伤, 还可以抑制纤维化肝细胞的转化生长因子- β 1/p38 MAPK 信号通路、抑制 I 型胶原蛋白合成和纤维化肝细胞增殖起到抗肝纤维化的作用^[53-54]。

2.7.3 糖尿病 机体长期处于高血糖水平会引起代谢紊乱, 随后出现炎症和氧化应激损害神经和心血管出现一系列糖尿病并发症, 2 型糖尿病还会伴随血脂异常, 而鸡血藤在抗氧化、调脂、保护神经和心血管方面效果较好, 可作为一种治疗糖尿病及其并发症的潜在药物。现代药理研究表明, 鸡血藤提取物可抑制 VEGF-A、VEGFR-2 和肺腺癌转移相关转录本 1 的表达, 抑制细胞凋亡并修复糖尿病引起的血管损伤^[55]。Wong 等^[56]研究发现鸡血藤的水和乙醇提取物富含酚类、黄酮类和三萜类成分, 具有高抗氧化和抗糖化特性, 可以抑制 2 型糖尿病引起糖基化终末产物和氧化应激的形成, 从而起到防治糖尿病并发症的作用, 其活性成分可能为槲皮素、木犀草素、芹菜素和皂苷衍生物等。研究发现鸡血藤提取物还对 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶有抑制作用, 醇提物的活性远远高于水提物, 且用不同极性溶剂萃取醇提物并比较其活性发现水萃取相抑制活性最强, 说明鸡血藤的降血糖的主要活性物质在醇提物的水萃取相中^[57]。

2.7.4 抗衰老 Kwon 等^[58]研究发现鸡血藤提取物能阻断中波紫外诱导的 MAPK、NF- κ B 和 JNK 磷酸化, 同时鸡血藤中的丁香酸、表儿茶素和香草酸显示出对弹性蛋白酶抑制活性的强协同作用, 其中组合指数为 0.28, 表明鸡血藤提取物中的多酚类成分具有抗衰老潜力和抑制中波紫外诱导的光衰老的作用。

3 鸡血藤 Q-Marker 的预测分析

鸡血藤作为常用补血活血的中药, 广泛应用于临床, 但《中国药典》2020 年版未确定鸡血藤的 Q-Marker, 这极大地影响了鸡血藤的质量控制。针对中药现阶段质量控制体系不完善问题, 刘昌

孝院士^[59-61]提出了 Q-Marker 的新概念, 基于药用植物次生代谢物分析其功效和性质相关的成分, 密切中药有效性-物质基础-质量控制标志性成分的关联度, 构建中药质量评价和过程控制评价体系^[61-62]。因此, 本文通过对相关文献的整理归纳, 从多方面预测分析鸡血藤的 Q-Marker, 为完善鸡血藤的质量评价提供参考。

3.1 化学成分特异性

中药含有多种多样的化学成分, 而一种化学成分又存在于不同的中药中, 阻碍了中药 Q-Marker 的确定。因此, 对比鸡血藤基原的成分分析其特有成分, 从而反映出鸡血藤的特异性, 可作为预测鸡血藤 Q-Marker 的依据。郑立雄等^[63]统计了鸡血藤的基原植物有 26 种, 主要是豆科(密花豆属、崖豆藤属、鸡血藤属、油麻藤属、榼藤、巴豆藤、草红藤)和五味子科。豆科植物的主要活性成分为黄酮类和生物碱类, 其中密花豆属植物(主要研究鸡血藤)主要有异黄酮、二氢黄酮(醇)、黄烷醇、查耳酮、原花青素等, 而崖豆藤属、鸡血藤属主要有异黄酮、查耳酮、黄酮^[64-66], 而五味子科主要是木脂素类。油麻藤属、榼藤、巴豆藤、草红藤目前研究较少, 从油麻藤属植物中发现了黄酮类、挥发油类、甾体和高级脂肪酸甘油酯类等, 而从榼藤、巴豆藤和草红藤分别发现了皂苷类成分、酚类和一些黄酮类(二氢杨梅素、杨梅素和白藜素)。黄酮类成分为鸡血藤的主要活性成分, 其中异黄酮类成分占比较大且与崖豆藤属、鸡血藤属中的异黄酮类成分存在差异, 而蒽醌类成分已从鸡血藤中分离出 6 种且目前在上述其他植物中未发现。综上, 可考虑选择黄酮类(异黄酮类、二氢黄酮(醇)类、黄烷醇类、原花青素类)成分和蒽醌类成分作为鸡血藤的 Q-Marker。

3.2 药性-药效

中药药性理论是指导中医用药的重要依据, 体现了中药防治疾病的功效及性质, 可作为预测 Q-Marker 的依据。鸡血藤性味苦、甘、温, 归肝、肾经。苦味药能泄, 入心, 主要归肝、肺、胃经, 其相关化学成分主要有挥发油、苷类、醌类、黄酮类等, 而苦温药以挥发油为主要成分^[67]。甘味药能补、能缓、能和, 主要肝、肺、肾、胃经, 主要有糖类、甾体类等^[68]。据此可认为鸡血藤中的挥发油、苷类、醌类、黄酮类、糖类、甾体类等成分是其“苦、甘”的物质基础, 可作为鸡血藤 Q-Marker 的参考选项。

中药成分复杂使其具有不同的药效, 鸡血藤具

有补血活血、抗肿瘤、抗氧化、抗炎等功效, 其不同的药效成分可反映鸡血藤的特征作为预测 Q-Marker 的依据。现代药理研究表明, 儿茶素、表儿茶素、大豆苷、芒柄花素(苷)是鸡血藤发挥补血作用的活性成分^[31]; 毕艺鸣等^[32]通过分子对接比较原配体、阳性药(阿加曲班等 4 种)和鸡血藤中的白芷内酯、3-羟基豆甾-5-烯-7-酮和黄酮类成分(甘草查耳酮 A、毛蕊异的黄酮与牛角花酮)等活性成分与凝血因子 VII 等 4 个和抗血栓相关靶点的结合位点, 发现鸡血藤抗血栓作用机制可能与抗凝血有关; 木犀草素、芦荟大黄素、芒柄花素、牛角花酮、柚皮素是鸡血藤抗 AS 的药效成分^[34]。此外, 鸡血藤中的木犀草素、甘草查耳酮 A、异甘草素、染料木素、7-hydroxyflavone 有治疗抗肿瘤的作用^[17,35]; 2,6-dimethoxy-1,4-benzoquinone、spasuberol C、染料木素、异甘草素、甘草素有抗炎活性^[10,69], 鸡血藤酚酸类(没食子酸)具有抗氧化和抗炎活性^[40]; 紫柳素有美白的作用^[11], 鸡血藤多糖 MDP1 及其硫酸化修饰的多糖 S-MDP1 均具有抗氧化、免疫调节、抗凝血的活性^[51]。综上, 糖类(MDP1)、醌类(芦荟大黄素、2,6-dimethoxy-1,4-benzoquinone)、甾体(3-羟基豆甾-5-烯-7-酮)、香豆素类(白芷内酯、spasuberol C)、黄酮类(儿茶素、表儿茶素、芒柄花素、甘草查耳酮 A、毛蕊异黄酮、牛角花酮、木犀草素、柚皮素、异甘草素、染料木素、甘草素、紫柳素、7-hydroxyflavone)、酚酸类(没食子酸)可作为鸡血藤 Q-Marker 的参考。

3.3 入血成分

中药成分复杂, 入血成分是中药有药理作用的物质基础, 因此, 基于入血成分分析可作为 Q-Marker 的重要依据。Liu 等^[70]利用液质联用技术测定口服鸡血藤提取物在大鼠体内的吸收情况, 在血浆中发现原儿茶酸、烟酸、对羟基苯甲酸、水杨酸、芒柄花素钠、芒柄花素、鹰嘴豆芽素 A 等 25 种成分, 体外实验发现其中异黄酮(特别是芒柄花素钠、芒柄花素、鹰嘴豆芽素 A)是鸡血藤的主要抗炎活性成分。因此, 可将上述成分考虑作为鸡血藤的 Q-Marker。

3.4 化学成分可测性

成分可测性是中药 Q-Marker 的重要特征之一。陈军等^[71]通过高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)测定鸡血藤中原儿茶酸、儿茶素、表儿茶素、芒柄花素及染料木素的含

量,分析发现上述成分与鸡血藤树脂环纹数无明显的相关性,但建议使用3环以上的鸡血藤。赵梦利等^[72]测定鸡血藤中的儿茶素和表儿茶素的含量及鸡血藤抗氧化活性,通过统计学方法构建其谱效关系,可较好地划分不同产地鸡血藤的等级。李小莹等^[73]利用液质联用技术鉴定出鸡血藤木质部23种黄酮成分和韧皮部21种黄酮成分,采用HPLC测定鸡血藤中儿茶素、表儿茶素、大豆苷、芒柄花苷、芒柄花素的含量发现木质部中这5种成分的含量高于韧皮部。综上,原儿茶酸、儿茶素、表儿茶素、芒柄花素、染料木素、大豆苷、芒柄花苷、芒柄花素目前已具备较成熟的检测手段,可考虑作为鸡血藤的Q-Marker。

4 结语与展望

鸡血藤有“血分圣药”之称,其用药历史悠久,且具有广泛的药理作用。现阶段鸡血藤的药效研究主要集中在提取物和总黄酮层面,单体成分研究主要是儿茶素、染料木素、芒柄花素等黄酮类成分,而酚酸类、苯丙素类、蒽醌类、多糖类等其他类成分研究较少。鸡血藤中的单体成分研究缺乏可能是其单用药效不是很好,可通过化学修饰活性成分提高单体成分的药效,从而扩大单体成分的开发利用。现代药理研究表明,鸡血藤具有广泛的药理活性,目前鸡血藤被证实对乳腺癌、肺癌等多种肿瘤有效,但主要是体外研究,较少延申至体内及临床研究,还需深入研究完善其抗肿瘤作用机制。同时,鸡血藤还有抗病毒、抑菌、抗寄生虫、调脂等药理活性,现研究仅对其有效性进行评价,而作用机制研究相对不足,可结合液质联用等相关现代分析技术、网络药理学和分子对接技术及药理研究等对其机制进行深入系统地研究。此外,鸡血藤提取物不仅含有儿茶素等黄酮类成分,还有多糖等大分子物质和Fe、Mn等微量元素,这些物质的药理作用有待深入探讨。入血成分是中药发挥功效的物质基础,鸡血藤中的不同化学成分在体内吸收、分布、代谢、排泄情况及相互作用和疾病对其在体内药动学过程的影响研究相对缺乏仍需深入研究,为后续鸡血藤的药理研究和质量评价提供基础。鸡血藤的质量评价标准不够完善,需基于药效成分的发现进一步构建鸡血藤质量标准。

本文在整理归纳鸡血藤的化学成分、药理作用的基础上,以Q-Marker为指导,从鸡血藤的化学成分特有性、药效、药性、入血成分及化学成分可测

性多层次分析预测鸡血藤的Q-Marker,发现黄酮类、甾体、香豆素类、酚酸类和蒽醌类是鸡血藤活性较好的成分,而儿茶素、表儿茶素、芒柄花素、甘草查耳酮A、毛蕊异黄酮、牛角花酮、木犀草素、柚皮素、异甘草素、染料木素、甘草素、紫柳素、芦荟大黄素、3-羟基豆甾-5-烯-7-酮、白芷内酯、没食子酸等成分可作为鸡血藤的质量评价的参考选项,为保障鸡血藤的质量评价及其合理开发应用,后期可深入探讨上述化合物与鸡血藤药理作用关系,以期建立全面的质量评价体系。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 余弯弯, 双鹏程, 张凌. 鸡血藤化学成分及药理作用研究概况 [J]. 江西中医药大学学报, 2014, 26(4): 89-92.
- [2] 秦双双, 朱艳霞, 韦坤华, 等. 鸡血藤的本草沿革与黄酮类成分及其药理学研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(11): 2216-2223.
- [3] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 202.
- [4] 崔艳君, 刘屏, 陈若芸. 鸡血藤的化学成分研究 [J]. 药学报, 2002, 37(10): 784-787.
- [5] 刘晓艳, 徐崑, 杨秀伟, 等. 鸡血藤黄酮类化学成分的分离与鉴定 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(6): 1384-1392.
- [6] Mei Y Q, Wei L F, Tan M X, et al. Qualitative and quantitative analysis of the major constituents in *Spatholobi Caulis* by UFLC-Triple TOF-MS/MS and UFLC-QTRAP-MS/MS [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2021, 194: 113803.
- [7] 唐任能, 曲晓波, 关树宏, 等. 鸡血藤的化学成分 [J]. 中国天然药物, 2012, 10(1): 32-35.
- [8] 林茂, 李守珍, 海老塚豊, 等. 密花豆藤化学成分的研究 [J]. 中草药, 1989, 20(2): 5-8.
- [9] Yoon J S, Sung S H, Park J H, et al. Flavonoids from *Spatholobus suberectus* [J]. *Arch Pharm Res*, 2004, 27(6): 589-592.
- [10] Liu X Y, Zhang Y B, Yang X W, et al. Anti-inflammatory activity of some characteristic constituents from the vine stems of *Spatholobus suberectus* [J]. *Molecules*, 2019, 24(20): 3750.
- [11] Lee M H, Lin Y P, Hsu F L, et al. Bioactive constituents of *Spatholobus suberectus* in regulating tyrosinase-related proteins and mRNA in HEMn cells [J]. *Phytochemistry*, 2006, 67(12): 1262-1270.
- [12] Wang L X, Zheng H R, Ren F C, et al. Polysubstituted isoflavonoids from *Spatholobus suberectus*, *Flemingia macrophylla*, and *Cudrania cochinchinensis* [J]. *Nat Prod Bioprospect*, 2017, 7(2): 201-206.
- [13] Peng F, Zhu H, Meng C W, et al. New isoflavanes from *Spatholobus suberectus* and their cytotoxicity against

- human breast cancer cell lines [J]. *Molecules*, 2019, 24(18): 3218.
- [14] Cheng X L, Wan J Y, Li P, et al. Ultrasonic/microwave assisted extraction and diagnostic ion filtering strategy by liquid chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry for rapid characterization of flavonoids in *Spatholobus suberectus* [J]. *J Chromatogr A*, 2011, 1218(34): 5774-5786.
- [15] 王亚莉. 鸡血藤化学成分研究 [D]. 广州: 广东工业大学, 2004.
- [16] Liu R X, Xu Y L, Ma L F, et al. A new flavanone from *Spatholobus suberectus* Dunn [J]. *J Chem Res*, 2018, 42(10): 529-530.
- [17] Shim S H. 20S proteasome inhibitory activity of flavonoids isolated from *Spatholobus suberectus* [J]. *Phytother Res*, 2011, 25(4): 615-618.
- [18] Huang Y W, Chen L A, Feng L, et al. Characterization of total phenolic constituents from the stems of *Spatholobus suberectus* using LC-DAD-MSn and their inhibitory effect on human neutrophil elastase activity [J]. *Molecules*, 2013, 18(7): 7549-7556.
- [19] Han A R, Park H, Chen D F, et al. Topoisomerase-II-inhibitory principles from the stems of *Spatholobus suberectus* [J]. *Chem Biodivers*, 2007, 4(7): 1487-1491.
- [20] 刘晓艳, 徐崑, 杨秀伟, 等. 鸡血藤非黄酮类化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(5): 1120-1127.
- [21] 严启新, 李萍, 王迪. 鸡血藤脂溶性化学成分的研究 [J]. 中国药科大学学报, 2001, 32(5): 336-338.
- [22] 张祎, 邓岫, 李晓霞, 等. 鸡血藤化学成分的分离与结构鉴定 [J]. 沈阳药科大学学报, 2014, 31(3): 174-178.
- [23] 瞿璐, 李晓霞, 陈玥, 等. 鸡血藤中的酚酸类化合物 [J]. 热带亚热带植物学报, 2014, 22(3): 301-306.
- [24] 成军, 梁鸿, 王媛, 等. 中药鸡血藤化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2003, 28(12): 1153-1155.
- [25] Zhang S W, Xuan L J. New phenolic constituents from the stems of *Spatholobus suberectus* [J]. *Helv Chim Acta*, 2006, 89(6): 1241-1245.
- [26] 杨秀伟, 刘晓艳, 崔泽旭. NMR 确定鸡血藤中 1 个新的降倍半萜类化合物布卢门醇 A-6-O-反式-对羟基肉桂酸酯 [J]. 中国现代中药, 2021, 23(3): 432-436.
- [27] 严启新, 李萍, 胡安明. 鸡血藤化学成分的研究 [J]. 中草药, 2003, 34(10): 876-878.
- [28] 韩丽平. 鸡血藤的化学成分研究 [J]. 中国药房, 2006, 17(20): 1596-1598.
- [29] 熊瑶. 鸡血藤及其混伪品的资源调查、DNA 条形码鉴定及抗血虚药理作用比较 [D]. 南昌: 江西中医药大学, 2020.
- [30] 谭潇. 基于抗氧化和促进血双重调控作用研究鸡血藤及其活性单体儿茶素的抗辐射机制 [D]. 北京: 中国人民解放军医学院, 2017.
- [31] 李小莹. 基于谱效结合对鸡血藤不同部位药效成分的研究 [D]. 广州: 广州中医药大学, 2016.
- [32] 毕艺鸣, 殷贝, 范冠杰, 等. 基于分子对接的鸡血藤抗血栓活性成分的筛选研究 [J]. 中国现代应用药学, 2021, 38(15): 1803-1812.
- [33] Zhou Z Y, Huan L Y, Zhao W R, et al. *Spatholobi Caulis* extracts promote angiogenesis in HUVECs *in vitro* and in zebrafish embryos *in vivo* via up-regulation of VEGFRs [J]. *J Ethnopharmacol*, 2017, 200: 74-83.
- [34] 方晓燕, 李保生, 黎飏, 等. 基于网络药理学、分子对接和代谢组学研究鸡血藤抗 AS 药效与机制 [J]. 右江民族医学院学报, 2022, 44(6): 783-793.
- [35] 马敏儿, 黄浩华, 吴丽霞, 等. 鸡血藤总黄酮对急性缺血性脑卒中大鼠肠道屏障功能、氧化应激及 ERK 基因表达与 DNA 甲基化的影响 [J]. 广州中医药大学学报, 2023, 40(2): 437-443.
- [36] 陈康. 基于分子对接等新技术新方法研究鸡血藤单体化合物抗肺癌作用机制 [D]. 南昌: 江西中医药大学, 2022.
- [37] 苏华, 马雪莹, 罗茜怡, 等. 鸡血藤醇提物的提取及抗鼠肝癌 S₁₈₀ 活性研究 [J]. 中华中医药学刊, 2023, 41(9): 94-97.
- [38] Fang B, Yoo G, Lee P J, et al. Network pharmacology-based strategy to investigate the anti-breast cancer mechanisms of *Spatholobus suberectus* Dunn [J]. *Nat Prod Commun*, 2022, 17(2): 1934578X2210778.
- [39] Wang N J, Wang J Y, Meng X S, et al. 3D microfluidic *in vitro* model and bioinformatics integration to study the effects of *Spatholobi Caulis* tannin in cervical cancer [J]. *Sci Rep*, 2018, 8: 12285.
- [40] Mohibullah M, Lee Y J, Park H J, et al. The medicinal herb *Spatholobus suberectus* with promising *in vitro* antioxidant and anti-inflammatory potentials and its phytochemical characterization by RP-HPLC analysis [J]. *J Food Biochem*, 2018, 42(2): e12480.
- [41] 陈海兰, 蒙西南, 赵尉丹, 等. 鸡血藤总黄酮乙酸乙酯部位对大肠杆菌脂多糖 (LPS) 刺激 RAW264.7 免疫细胞氧化应激的调节作用 [J]. 江苏农业科学, 2017, 45(8): 154-156.
- [42] Song H K, Park S H, Kim H J, et al. *Spatholobus suberectus* Dunn water extract ameliorates atopic dermatitis-like symptoms by suppressing proinflammatory chemokine production *in vivo* and *in vitro* [J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13: 919230.
- [43] Liu Q Q, Kwan K Y, Cao T Y, et al. Broad-spectrum antiviral activity of *Spatholobus suberectus* Dunn against SARS-CoV-2, SARS-CoV-1, H5N1, and other enveloped viruses [J]. *Phytother Res*, 2022, 36(8): 3232-3247.
- [44] Cao Y, Liu Y, Zhang T A, et al. Comparison and analysis

- on the existing single-herbal strategies against viral myocarditis [J]. *Genet Res*, 2021, 2021: 1-12.
- [45] 吕经纬, 李春楠, 李光, 等. 基于网络药理学和分子对接研究鸡血藤抗骨质疏松的药效物质及作用机制 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(4): 350-357.
- [46] 洪一波, 姜宏, 王建伟, 等. 芒柄花素抑制 RANKL 诱导破骨细胞分化的实验研究 [J]. 中国骨伤, 2020, 33(1): 64-70.
- [47] Park H R, Lee H, Lee J J, *et al.* Protective effects of *Spatholobi Caulis* extract on neuronal damage and focal ischemic stroke/reperfusion injury [J]. *Mol Neurobiol*, 2018, 55(6): 4650-4666.
- [48] 张菁华, 刘胜贤, 李景丽, 等. 鸡血藤总黄酮对卒中大鼠 Notch/NF- κ B 通路及吞咽功能障碍的影响 [J]. 重庆医学, 2022, 51(10): 1631-1637.
- [49] 赖克道, 李冬梅, 韦桂宁, 等. 基于 CREB/BDNF 通路探讨鸡血藤总黄酮对抑郁大鼠海马神经可塑性的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(5): 55-61.
- [50] 刘晋崧, 周奇坤, 王洋, 等. 鸡血藤醇提物对黄颡鱼抗氧化能力、非特异性免疫力和抗病力的影响 [J]. 动物营养学报, 2018, 30(8): 3208-3218.
- [51] 王中华. 鸡血藤多糖的分离纯化、初步表征、硫酸化修饰及活性研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2018.
- [52] Guo W L, Wang W H, Hu W T, *et al.* Antibacterial synergisms of Ji Xue Teng, *Spatholobus suberectus*, extract and selected antibiotics against *Streptococcus agalactiae* from Nile *Tilapia*, *Oreochromis niloticus* (L.), *in vitro* and *in vivo* [J]. *J World Aquac Soc*, 2018, 49(6): 1002-1013.
- [53] 卢识礼, 吴柏毅, 肖宗崇, 等. 鸡血藤醇提物对高脂血症大鼠血脂及抗脂质过氧化作用的影响 [J]. 广州中医药大学学报, 2017, 34(3): 387-390.
- [54] 韩云雪, 李丽梅, 石洁琼. 鸡血藤提取物对大鼠纤维化肝细胞中胶原蛋白表达及 TGF- β 1/p38MAPK 信号通路的影响 [J]. 中国免疫学杂志, 2020, 36(21): 2608-2612.
- [55] Gu K B, He L L. *Spatholobus suberectus* extract suppresses proliferation and EMT, and promotes apoptosis in palmitic acid induced vascular endothelial cells by inhibiting lncRNA MALAT1 via VEGF signaling pathway [J]. *Trop J Pharm Res*, 2020, 19(5): 494-955.
- [56] Wong C Y, Leong K H, He X M, *et al.* Phytochemicals of six selected herbal plants and their inhibitory activities towards free radicals and glycation [J]. *Food Biosci*, 2022, 46: 101557.
- [57] 关媛, 王雪盈, 孙媛媛, 等. 鸡血藤提取物对 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶的抑制作用 [J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(7): 126-132.
- [58] Kwon K R, Alam M B, Park J H, *et al.* Attenuation of UVB-induced photo-aging by polyphenolic-rich *Spatholobus suberectus* stem extract via modulation of MAPK/AP-1/MMPs signaling in human keratinocytes [J]. *Nutrients*, 2019, 11(6): 1341.
- [59] 刘昌孝, 陈士林, 肖小河, 等. 中药质量标志物 (Q-Marker): 中药产品质量控制的新概念 [J]. 中草药, 2016, 47(9): 1443-1457.
- [60] 刘昌孝. 中药质量标志物 (Q-Marker) 研究发展的 5 年回顾 [J]. 中草药, 2021, 52(9): 2511-2518.
- [61] Liu C X, Cheng Y Y, Guo D A, *et al.* A new concept on quality marker for quality assessment and process control of Chinese medicines [J]. *Chin Herb Med*, 2017, 9(1): 3-13.
- [62] Wang Y L, Cui T, Li Y Z, *et al.* Prediction of quality markers of traditional Chinese medicines based on network pharmacology [J]. *Chin Herb Med*, 2019, 11(4): 349-356.
- [63] 郑立雄, 丁艳芬, 杨崇仁. 鸡血藤的品种与考证 [J]. 中国现代中药, 2012, 14(2): 22-30.
- [64] 龙丽, 戴云, 胡琳, 等. 密花豆属植物化学成分研究进展 [J]. 云南中医中药杂志, 2013, 34(4): 56-59.
- [65] 熊瑶, 金晨, 曹岚, 等. 我国崖豆藤属药用植物研究进展 [J]. 中药材, 2020, 43(4): 1012-1019.
- [66] 张庆熙, 金晨, 陈康, 等. 我国鸡血藤属和崖豆藤属药用植物的研究现状及比较 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(16): 198-208.
- [67] 张静雅, 曹煌, 许浚, 等. 中药苦味药性表达及在临证配伍中的应用 [J]. 中草药, 2016, 47(2): 187-193.
- [68] 张静雅, 曹煌, 龚苏晓, 等. 中药咸味药性表达及在临证配伍中的应用 [J]. 中草药, 2016, 47(16): 2797-2802.
- [69] Liu X Y, Zhang Y B, Yang X W, *et al.* Simultaneous determination of twenty-five compounds with anti-inflammatory activity in *Spatholobi Caulis* by using an optimized UFLC-MS/MS method: An application to pharmacokinetic study [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2021, 204: 114267.
- [70] Lee H S, Kim E N, Jeong G S. Oral administration of liquiritigenin confers protection from atopic dermatitis through the inhibition of T cell activation [J]. *Biomolecules*, 2020, 10(5): 786.
- [71] 陈军, 孟爽爽, 李苗苗, 等. 不同树脂环纹数鸡血藤药材质量的分析和评价 [J]. 中药新药与临床药理, 2021, 32(3): 392-399.
- [72] 赵梦利, 刘妍如, 宋忠兴, 等. 基于成分-抗氧化活性相关的鸡血藤饮片等级评价研究 [J]. 中草药, 2020, 51(4): 943-949.
- [73] 李小莹, 林裕英, 陈丰连. 鸡血藤木质部、韧皮部黄酮类成分比较及药效成分分布规律研究 [J]. 中药材, 2017, 40(5): 1137-1140.

[责任编辑 赵慧亮]