

丰城鸡血藤化学成分、药理作用研究进展及其质量标志物预测

何小燕¹, 金晨², 张凌^{1*}

¹江西中医药大学药学院; ²江西中医药大学 现代中药制剂教育部重点实验室, 南昌 330004

摘要: 丰城鸡血藤作为一种藤茎类中药, 广泛应用于活血化瘀, 舒筋通络。其化学成分丰富多样, 主要包括黄酮类、三萜及甾体类、木脂素类、酚酸类等成分, 具有调节血液系统、抗肿瘤、抗氧化、抗炎等药理作用。通过对丰城鸡血藤化学成分和药理作用进行综述, 基于中药药性、化学成分可测性、入血成分、药效、网络药理学、植物亲缘学及化学成分特异性对丰城鸡血藤的质量标志物 (quality markers, Q-Marker) 进行预测。初步预测木犀草素、大豆黄素、染料木素、刺芒柄花素、异甘草素、美皂异黄酮、山柰素、丰城鸡血藤异黄酮苷 F 等可作为丰城鸡血藤的主要 Q-Marker, 为丰城鸡血藤的质量评价提供科学依据。

关键词: 丰城鸡血藤; 化学成分; 药理作用; 质量标志物; 木犀草素; 刺芒柄花素

中图分类号: R284.1; R285

文献标识码: A

Research progress on chemical composition and pharmacological action of *Millettia nitida* Benth. var. *hirsutissima* Z. Wei and prediction analysis of its quality markers

HE Xiao-yan¹, JIN Chen², ZHANG Ling^{1*}

¹ School of Pharmacy, Jiangxi University of Chinese Medicine; ² Key Laboratory of Modern Preparation of TCM, Ministry of Education, Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang 330004, China

Abstract: *Millettia nitida* Benth. var. *hirsutissima* Z. Wei, as a type of vine like traditional Chinese medicine, is widely used in promoting blood circulation and removing blood stasis, as well as relaxing tendons and unblocking collaterals. Its chemical composition is rich and diverse, mainly including flavonoids, triterpenes and steroids, lignans, phenolic acids and other components, which have pharmacological effects such as regulating the blood system, anti-tumor, antioxidant, anti-inflammatory, etc. By reviewing the chemical components and pharmacological effects of *M. nitida* var. *hirsutissima*, the quality markers (Q-Marker) of *M. nitida* var. *hirsutissima* were predicted based on the properties of traditional Chinese medicine, the measurability of chemical components, blood components, pharmacological effects, network pharmacology, plant genealogy and chemical ingredient endemism. Preliminary predictions indicated that luteolin, daidzein, genistein, formononetin,

isoliquiritigenin, biochanin A, kaempferol, and hirsutissimide F could be used as the main Q-Marker for the quality evaluation of *M. nitida* var. *hirsutissima*.

Keywords: *M. nitida* var. *hirsutissima*; chemical components; pharmacological effects; quality markers; luteolin; formononetin

丰城鸡血藤 (*Millettia nitida* Benth. var. *hirsutissima* Z. Wei) 豆科鸡血藤属植物, 为传统活血化瘀中药, 其性味甘, 微温, 归心、肝经, 具有活血补血功效^[1]。其可用于肢体麻木、瘫痪、腰膝酸痛、月经不调、贫血等症状, 主产地分布于江西、福建、湖南、广东、广西等, 已收载于《中华人民共和国卫生部药品标准中药成方制剂》(第十册)^[2], 《江西省中药材标准》(2014年版), 《湖南省中药材标准》(2009年版)^[3]。

丰城鸡血藤作为江西特色道地药材, 其疗效确切。现市面常有将大血藤、丰城鸡血藤混淆出售, 其混伪品层出不穷, 急需严格的质量标准管控。而其现行的质量标准评价方法中含量测定项的内容局限, 进而影响了其临床安全应用及质量。因此, 本文对丰城鸡血藤近年来相关研究报道, 归纳整理, 并对丰城鸡血藤的质量标志物 (quality markers, Q-Marker) 进行预测, 为完善丰城鸡血藤的质量标准奠定基础。

1 化学成分

丰城鸡血藤作为临床补血活血常用药, 含有丰富的成分, 主要包括有黄酮类、三萜类、木脂素、香豆素和酚酸类等^[4], 其入血成分主要为黄酮类化合物^[5]。

1.1 黄酮类

黄酮类化合物为丰城鸡血藤主要活性成分, 其具有良好的抗血栓、抗肿瘤、抗病毒、抗氧化等药理作用^[6]。目前已经分离鉴定了 80 个黄酮类结构, 包括 4 个黄酮, 6 个二氢黄酮, 3 个黄酮醇, 55 个异黄酮, 5 个黄烷, 2 个异黄烷, 3 个查尔酮, 2 个紫檀烷, 其名称及结构见表 1、图 1。

表 1 丰城鸡血藤中黄酮类化合物

Table 1 Flavonoids from *M. nitida* var. *hirsutissima*

编号 No.	化合物 Compound	参考文献 Ref.	编号 No.	化合物 Compound	参考文献 Ref.
1	木犀草素 Luteolin	4	41	4',7-二甲氧基异黄酮 4',7-Dimethoxyisoflavon	8

2	牡荆苷 Vitexin	7	42	Puerarin	9
3	山柰酚-3- <i>O</i> - <i>D</i> -吡喃 葡萄糖苷 Astragalin	8	43	Hirsutissimide C	9
4	异牡荆素 Isovitexin	9	44	Luteone	9
5	柚皮素 Naringenin	8	45	毛蕊异黄酮 Calycosin	11
6	7-羟基-6-甲氧基二氢 黄酮 7-Hydroxy-6-methoxy dihydroflavonol	8	46	Gliricidin	11
7	圣草酚 3',4',5,7-Tetrahydroxyf lavanon	8	47	染料木苷 Genistin	11
8	橙皮苷 Hesperiden	9	48	8-甲雷杜辛 8- <i>O</i> -Methylretusin	11
9	香橙素 Aromadendrin	9	49	阿夫罗摩辛-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -吡喃葡萄糖苷 Wistin	11
10	甘草素 Liquiritigenin	10	50	澳白檀苷 Lanceolarin	11
11	山柰素 Kaempferol	8	51	鹰嘴豆芽素 A-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -吡喃葡萄 糖苷 Sissotrin	12
12	3',7-Dimethoxy-3-hyd roxyflavon	8	52	芒柄花素-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -呋 喃芹糖基-(1 \rightarrow 6) - <i>O</i> - β - <i>D</i> -吡喃葡萄糖 Formononetin-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -apiofuranosyl-(1 \rightarrow 6)	12

13	3,7-Dihydroxy-3',4'-dimethoxyflavon	8	53	-O-β-D-glucopyranoside de 圆荚草双糖苷 Sphaerobioside	12
14	槐角苷 Genistein-4'-O-β-glucoside	4	54	8-Methylretusin-7-O-β-D-glucopyranoside	12
15	Saikoisoflavonoside A	4	55	β-Galactosyl 1-6β-galactosyl formononetin	12
16	鹰嘴豆芽素 A 7-O-β-D-呋喃芹菜糖基-(1→5)-β-D-呋喃芹菜糖基(1→6)-β-D-吡喃葡萄糖苷 Biochanin A 7-O-β-D-apiofuranosyl(1-1(1→5)-β-D-apiofuranosyl(1→6)-β-D-glucopyranoside	4	56	Retusin 8-methylether	12
17	刺芒柄花素-7-O-β-D-吡喃半乳糖苷 Formononetin-7-O-β-D-Galactopyranoside	4	57	7-Hydroxy-4',6-dimethoxyisoflavone	12
18	3'-O-甲基红车轴草素 5,7-Dihydroxy-3',4'-dimethoxyisoflavone	4	58	4'-甲氧基-7-羟基异黄酮 7-Hydroxy-4'-methoxyisoflavone	12

19	鹰嘴豆芽素 A 7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -呋喃芹菜糖 基-(1 \rightarrow 2)- β - <i>D</i> -吡喃 葡萄糖苷 Biochanin A 7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -apiofuranosy 1-(1 \rightarrow 2)- β - <i>D</i> -Glucopy ranoside	4	59	6-Methoxyisofomono netin	12
20	槐属双苷 Sophorabioside	4	60	丰城鸡血藤异黄酮苷 F Hirsutissimide F	13
21	4'-羟基-3'-甲氧基异 黄酮-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -呋喃芹 菜糖基-(1 \rightarrow 6)- β - <i>D</i> - 吡喃葡萄糖苷 4'-Hydroxy-3'-metho xy isoflavone-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -apiofuranosyl-(1 \rightarrow 6) - β - <i>D</i> -glucopyranoside	4	61	芒柄花素 Formononetin	13
22	樱黄素 Prunetin	4	62	奥刀拉亭 7- <i>O</i> - β - <i>D</i> - 吡喃葡萄糖苷 Odoratin 7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranoside	13
23	樱黄素 4'- <i>O</i> - β - <i>D</i> -吡喃 葡萄糖苷 Prunetin 4'- <i>O</i> - β - <i>D</i> -Glucopyran oside	4	63	阿夫罗摩辛 Afromosin	13
24	红车轴草素-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> - 吡喃葡萄糖苷	4	64	丰城鸡血藤异黄酮苷 B Hirsutissimide B	13

	Pratensein-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucoside				
25	黄甘草苷	4	65	3'- <i>O</i> -Methylorobol	14
	Formononetin-7- <i>O</i> - <i>D</i> -apio- β - <i>D</i> -furanosyl(1 \rightarrow 2)- β - <i>D</i> -glucopyranoside				
26	8-甲氧基异刺芒柄花素	4	66	5- <i>O</i> -Methylgenistein	15
	8-Methoxyisofomononetin				
27	染料木素 Genistein	4	67	7-Hydroxy-3',4'-dimethoxy isoflavone	15
28	红车轴草素	4	68	大豆苷 Daidzin	15
	3'-Hydroxybiochanin A				
29	鹰嘴豆芽素 A	4	69	(+)-Epicatechin	9
	Biochanin A				
30	5,7-二羟基-3',5'-二甲氧基异黄酮 5,7-Dihydroxy-3',5'-dimethoxyisoflavone	4	70	Afzelechin	9
31	芒柄花苷 Ononin	4	71	Symplocoside	11
32	异芒柄花素 Isoformononetin	4	72	儿茶素 Catechin	15
33	黄豆黄素 Glycitein	6	73	没食子儿茶素 (-)-Gallocatechin	15
34	Odoratin	6	74	Sativan	9
35	野靛黄素	6	75	3 <i>R</i> -牛角花酮	10

	Pseudobaptigenin			3 <i>R</i> -Vestitol	
36	4', 8-Dimethoxyl-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl isoflavone	7	76	Methylnissolin	9
37	Mncodianin F	7	77	马卡因 Maackiain	10
38	大豆黄素 Daidzein	8	78	紫柳花素 Butein	7
39	7-羟基-6,4'-二甲氧基 异黄酮-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -吡喃 葡萄糖苷 7-Hydroxy-6,4'- dimethoxyflavone 7- <i>O</i> - - β - <i>D</i> - Glucopyranoside	8	79	4-羟基-2',4',-二甲氧 基查耳酮 Glypallichalcone	9
40	5,7-Dihydroxy-3',4'-di methoxyisoflavone	8	80	异甘草素 Isoliquiritigenin	11

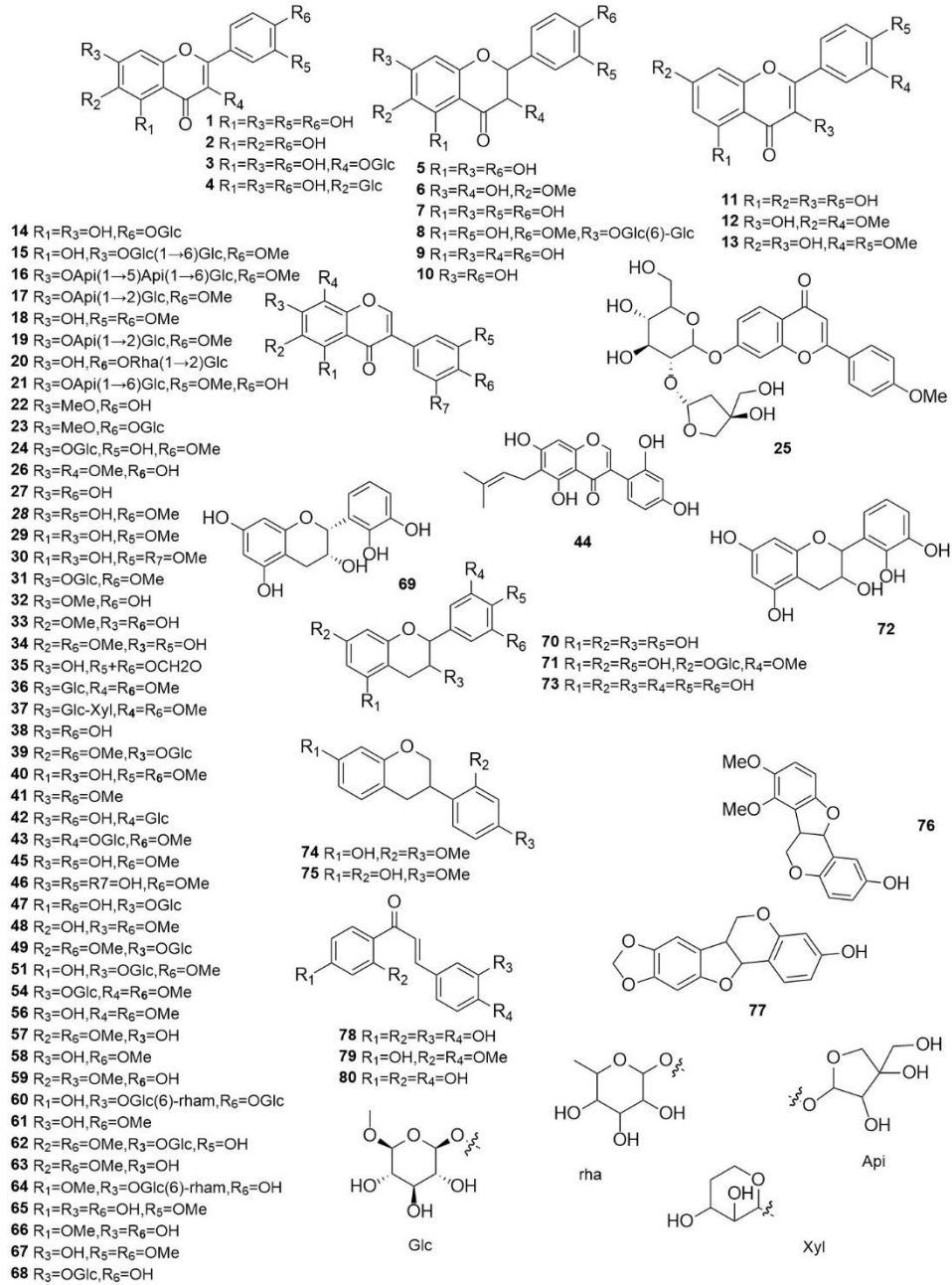


图 1 丰城鸡血藤中黄酮类化合物的化学结构

Fig.1 Chemical structures of flavonoids from *M. nitida* var. *hirsutissima*

1.2 三萜类及甾体

萜类化合物是有天然活性的一类化合物，目前从丰城鸡血藤分离鉴定得到有 7 个三萜类化合物及 2 个甾体化合物，其名称及结构见表 2、图 2。

表 2 丰城鸡血藤中三萜类及甾体化合物

Table 2 Triterpenes and steroids from *M. nitida* var. *hirsutissima*

编号 No.	化合物 Compound	参考文献 Ref.
--------	--------------	-----------

81	蒲公英赛酮 Taraxerone	4
82	羽扇豆酮 Lupeone	8
83	大豆皂苷 B Soyasaponin Bb	9
84	白桦脂酸 Betulinic acid	9
85	羽扇豆醇 Lupeol	11
86	无羁萜-3 β -醇 Friedelanol	11
87	Epilupeol	12
88	豆甾醇 Stigmasterin	8
89	7-O-Xostigmasterol	9

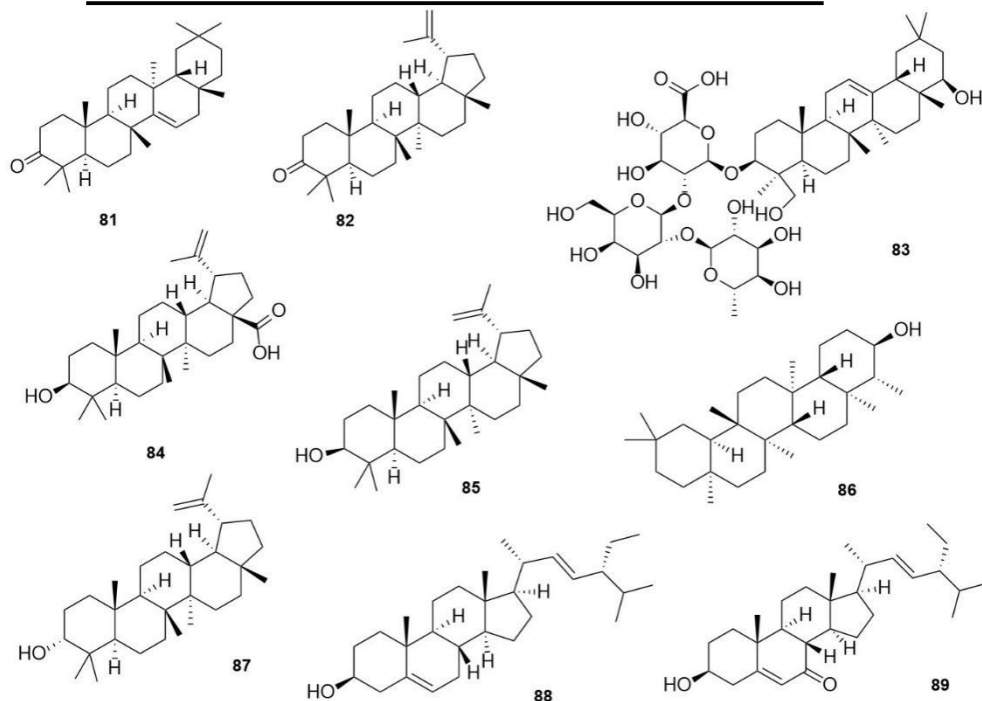


图2 丰城鸡血藤中三萜类及甾体化合物的化学结构

Fig.2 Chemical structures of triterpenes and steroids from *M. nitida* var. *hirsutissima*

1.3 木脂素和香豆素类

木脂素和香豆素类结构在丰城鸡血藤分布较少，He^[11]和 Chen^[8]从丰城鸡血藤中分别分离得到1个木脂素类结构和1个香豆素类结构，为(+)-Lyoniresinol-3 α -O-D-glucopyranoside (90)、白当归素 (91)。

1.4 酚酸类

丰城鸡血藤中还存在一些酚酸类化合物，目前分离鉴定了有4个结构，其名称及结构见表3、图3。

表 3 丰城鸡血藤中酚酸类化合物

Table 3 Phenolic acids from *M. nitida* var. *hirsutissima*

编号 No.	化合物 Compound	参考文献 Raf.
92	水杨酸 Salicylic acid	7
93	龙胆酸 Gentisic acid	8
94	4-羟基苯甲酸 4-Hydroxybenzoic acid	8
95	咖啡酸 Caffeic acid	8
96	Syringic acid	9
97	3,2',4',-Trihydroxy-4-methoxychalcone	9

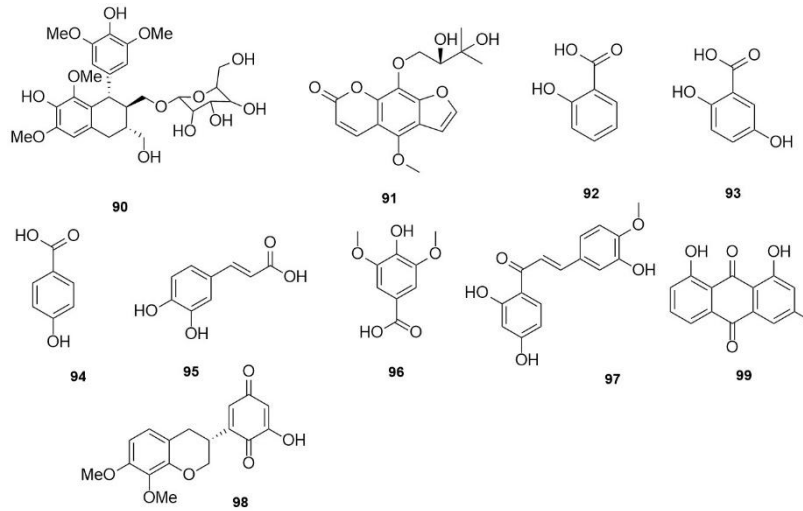


图 3 丰城鸡血藤中木脂素类、香豆素类、酚酸类和蒽醌类的化学结构

Fig.3 Chemical structures of lignan, coumarin, phenolic acid, and anthraquinone from *M. nitida* var.

hirsutissima

1.5 蒽醌类

丰城鸡血藤蒽醌类化合物见报道的仅有黄芪醌 (98) [7]和大黄酚[9] (99) (见图 3)。

1.6 其他类

除了以上类别的化合物, 目前从中分离到多糖类化学成分有麦芽糖 (100) [9], 其他类化学成分有(2*S*)-1-*O*-Heptatriacontanoyl glycerol (101) [7]、麦芽酚 (102)、对甲氧基肉桂酸辛酯 (103)、高紫檀素 (104)、Asperglaucide (105)、1-Monopsimitoylglycerol (106)、十六碳烯酸 (107)、硬脂酸 (108)、邻酞酸二异辛酯 (109)、苯丙氨酸 (110) [9] (见图 4)。

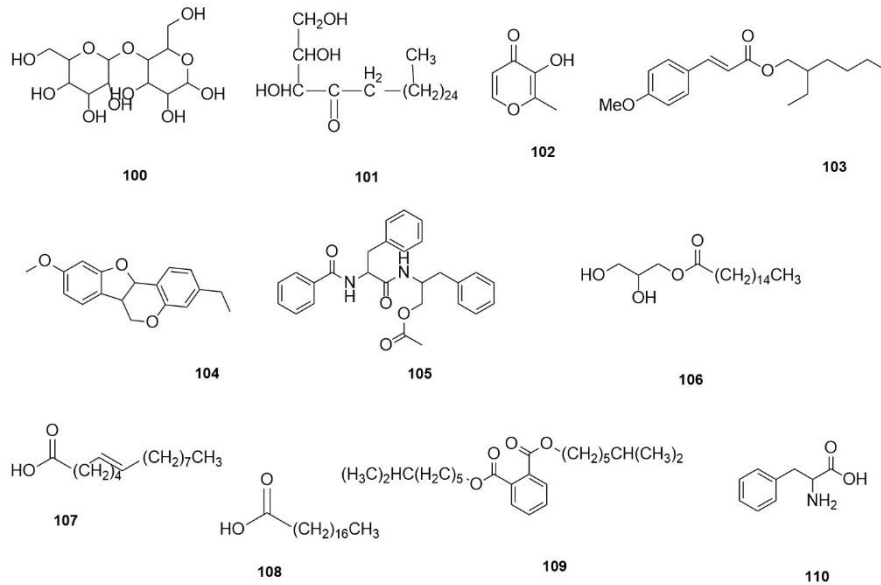


图 4 丰城鸡血藤中其他类化合物的化学结构式

Fig.4 Chemical structures of other compounds from *M. nitida* var. *hirsutissima*

2 药理作用

2.1 调节血液系统

现有文献研究报道，丰城鸡血藤具有抗血小板聚集及抗血栓形成的作用，此外，对辐射所致造血功能损伤有保护作用，从而达到改善造血系统生血功能^[16,17]。

血栓形成性疾病发病率高居各类疾病之首，全身或局部血流缓慢是血栓形成的由来。血小板具有黏附、变形、释放和聚集功能，而血小板与内皮的黏附及聚集、释放反应将会导致血栓形成^[18]。Li^[17]采取用不同剂量的丰城鸡血藤总黄酮对实验性大鼠灌胃给药，其结果表明不同给药剂量均能抑制血小板聚集，并能减少血栓形成。

Zhang 等^[16]研究发现丰城鸡血藤提取物一定程度上有恢复照射损伤小鼠的脾脏和胸腺指数能力，丰城鸡血藤提取物作用 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线照射小鼠外周血象，对其致小鼠血象中外周血白细胞、红细胞、血红蛋白、血小板的下降均有一定的促进恢复作用，明显表现出其调节造血系统，升高白细胞，刺激机体造血功能的能力。Liao 等^[19]采用血小板聚集和凝血酶时间法对丰城鸡血藤黄酮进行抗凝血活性研究，结果表明其具有抗凝血活性。Xiong^[20]建立小鼠复合性血虚模型，给予血虚小鼠丰城鸡血藤灌胃后，小鼠血清中造血细胞因子促红细胞生成素（erythropoietin, EPO）和 6-磷酸葡萄糖脱氢酶（glucose-6-phosphate dehydrogenase, G6PDH）的表达均有所提升，受损造血功能有缓解。Zhang^[5]通过建立血虚模型，提取模型下的小鼠骨髓造血细胞，进行体外药理实验研究，其结果表明丰城鸡血藤能较好的恢复骨髓的造血功能。

2.2 抗肿瘤

恶性肿瘤是一种由于细胞生长不可控、发生增殖失控情况而引起的疾病。活血化瘀法是中医治疗肿瘤的六大法则之一，丰城鸡血藤作为我国一味传统的活血化瘀中药，其治疗肿瘤研究前景不可估测，因此，研究其药效对治疗肿瘤有着重大意义。

Li^[21]通过网络药理学和分子对接预测了丰城鸡血藤中的木犀草素、白桦脂酸等有效活性成分有治疗三阴性乳腺癌的作用，通过蛋白免疫印迹（Western blot, WB）和实时荧光定量PCR（real-time quantitative PCR, qPCR）实验发现白桦脂酸能抑制磷脂酰肌醇三羟基激酶/蛋白激酶 B（phosphatidylinositol 3-kinase/protein kinase B, PI3K/AKT）信号通路的激活，以及能够降低影响细胞迁移的血管内皮生长因子，降低能够促进细胞增殖的周期蛋白表达，并且在分泌型糖蛋白（Wnt）/ β -连环蛋白（ β -catenin）信号通路中还能有效抑制转录因子 β -catenin 的表达且增加别藻蓝蛋白（allophycocyanin, APC）的表达，抑制其在胞质中累计向细胞核转移，影响 β -catenin 与转录因子的结合，从而下调细胞周期素 D1（cyclin D1, CCND1）表达进而抑制细胞的增殖、分化、成熟。Liu^[22]采用四甲基偶氮唑盐法检测不同浓度的丰城鸡血藤 H-103 树脂提纯物在体外抑制肿瘤细胞的增殖，其结果表明在一定的浓度范围内对人乳腺癌和人肺腺癌细胞的生长有抑制作用，且该实验中细胞形态学和生化改变结果均表明其能够诱导这两种肿瘤细胞凋亡。

2.3 抗氧化

抗氧化性研究是基于自由基理论。自由基是生物体生命活动中多种生化反应产生的正常代谢产物，是维持生命活动所必需的。正常情况下机体的氧化与抗氧化处于一种动态平衡，一旦机体内自由基动态平衡被破坏，自由基水平升高而导致机体疾病发生^[23]。维护机体氧化与抗氧化平衡是较为重要的，对自由基的把控是增进机体健康的一条重要途径。

Zhang^[6]和 Wang 等^[24]研究发现，丰城鸡血藤几种提取物对自由基清除活性均有不错的效果，各提取物的抗氧化性与其总黄酮含量密切相关。Yu 等^[25]分别采用紫外可见分光光度法、邻苯三酚自氧化法和 Fenton 反应-邻菲罗啉显色法对丰城鸡血藤不同提取物对自由基清除活性进行考察。实验结果表明丰城鸡血藤黄酮提取物对 DPPH 自由基和 O₂⁻自由基有较强的清除活性，而对羟基自由基清除活性较弱。

2.4 抗炎

Zhao^[26]对丰城鸡血藤中分离得到的部分单体化合物和丰城鸡血藤二氯甲烷部位进行抗类风湿性关节炎（rheumatoid arthritis, RA）活性，其中丰城鸡血藤二氯甲烷提取物、刺芒柄花素、染料木素、芒柄花苷显示对滑膜细胞增殖有显著的抑制效果，有较好的抗 RA 活性。

而单体化合物中,染料木素的抗 RA 效果最为理想。在此报道中,丰城鸡血藤二氯甲烷部位通过抑制胶原诱导性关节炎(collagen-induced arthritis, CIA)大鼠血清中促炎因子肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)和白细胞介素 1 β (interleukin-1 β , IL-1 β)的表达来发挥其作用。抑制炎症因子的分泌,是其发挥抗类风湿关节炎作用的机制之一。丰城鸡血藤三氯甲烷提取物和乙酸乙酯提取物也均能降低 CIA 大鼠足趾肿胀度、炎症因子 TNF- α 及 IL-6 和免疫球蛋白 A (immunoglobulin A, IgA)、IgG、IgM 水平,从而达到治疗类风湿性关节炎的作用^[8]。

3 丰城鸡血藤 Q-Marker 的预测分析

中药质量标志物是存在于中药材和中药产品中固有的或加工制备过程中形成的与中药的功能属性密切相关的化学物质,是反映中药安全性和有效性的标志性物质。丰城鸡血藤作为临床活血补血常用药,质量标准评价内容局限,这极大地影响了对丰城鸡血藤的质量控制。因此,本文通过对相关文献的整理归纳,从多方面预测分析丰城鸡血藤的 Q-Marker,为完善丰城鸡血藤的质量评价提供参考。

3.1 中药药性

中药的性味归经是对症下药及质量标志物确定的重要依据之一。四气五味是中药药性理论基本内容之一。

2014 年版《江西中药材标准》记载,丰城鸡血藤性味甘、微温,归心、肝经,能补血活血,舒筋通络。“甘”味药的基本功效是能缓、能补、能和,其化学成分与糖类、蛋白质、氨基酸类、苷类、有机酸、甾醇类、无机盐类等相关^[27,28]。丰城鸡血藤主要的化学成分是黄酮类化合物,其常以游离态或与糖结合为苷的形式存在。据此,可认为黄酮苷类化合物是丰城鸡血藤甘味来源之一。Li 等^[29]推测,高锰低铁是温热类中药的共同属性。丰城鸡血藤性微温,属于温热药,其富含钙、镁、钾、锰、锌、铁等元素,其中,锰元素含量是铁的 1~2 倍^[30]。研究结果与温热药属性相符,可作为质量标志物的参考依据。综上分析,黄酮苷类成分可作为丰城鸡血藤 Q-Marker 筛选的参考指标。

3.2 成分可测性

化学成分可测性是确定质量标志物的重要依据之一。

《江西省中药材标准》2014 年版中规定,含芒柄花素不得少于 0.0020%,总黄酮不得少于 0.7%。Zhong 等^[31,32]通过正交试验优化提取工艺,以总黄酮提取率、芒柄花素提取率、干膏得率为指标,最终得到丰城鸡血藤最优水提取工艺;此外,对该药材芒柄花素提取进行系统研究,发现芒柄花素的稀醇提取率大于水提取率,但其稀醇溶解度大于水溶解度,提取

液滤去沉淀后，其保留率小于纯化后的水提取物。Wang 等^[33]通过静态吸附实验筛选得到 AB-8 树脂对丰城鸡血藤总黄酮具有良好的吸附和解吸性能，对丰城鸡血藤中极性较弱的黄酮类化合物具有较好的分离富集效果。Yu 等^[34]采用紫外分光光度法测定丰城鸡血藤总黄酮，该法操作简单、灵敏度高、准确度较好、重现性好。

Zhang 等^[35]采用反相高效液相色谱法建立了丰城鸡血藤药材黄酮类化合物的高效液相色谱指纹图谱，大豆黄素、染料木素和刺芒柄花素等化学成分在相应位置均有色谱峰出现。Long 等^[36]通过高效液相色谱法测定丰城鸡血藤中大豆黄素、染料木黄酮、异甘草素、美皂异黄酮这 4 个黄酮类化合物的含量。Yu^[37]通过反相高效液相色谱-质谱联用法分离测定丰城鸡血藤中刺芒柄花素含量，测得刺芒柄花素平均含量（以丰城鸡血藤干基计）0.172 5 mg/g，为丰城鸡血藤质量标准提供依据。锶元素作为一种微量元素，是骨骼和牙齿的重要组成部分，Zhang 等^[38]通过空气-乙炔火焰原子吸收光谱法测定了丰城鸡血藤中锶元素的含量，为其他中药材中微量元素锶含量测定提供参考。综上，大豆黄素、染料木素、刺芒柄花素、异甘草素、美皂异黄酮等化学成分提取分离与测定技术较为成熟可靠，可作为丰城鸡血藤 Q-Marker 的参考依据。

3.3 入血成分

入血成分是中药发挥功效的物质基础，因此，基于入血成分分析可作为 Q-Marker 参考依据。这个过程涉及肠道菌群代谢、肝药酶代谢、跨膜转运吸收等生物过程。Liu 等^[39]应用超高压液相色谱串联四级杆飞行时间质谱技术研究刺芒柄花素在人工肠道菌液的代谢，发现刺芒柄花素易于在肠道菌群中发生葡萄糖醛酸化反应；刺芒柄花素在大鼠肠道内的吸收机制为被动扩散，其在全肠段的吸收较好，小肠作为主要吸收窗，且小肠内无明显的特定吸收部位^[40]。Zhang^[5]采用超高效液相色谱-四级杆-飞行时间质谱法，从灌胃丰城鸡血藤提取物大鼠血浆中鉴定出 102 个入血成分，包括 48 个原型成分（主要为黄酮类化合物）和 54 个代谢成分；54 个潜在化合物分析结果为甘草素、异甘草素、染料木素、大豆黄素、鹰嘴豆芽素 A、丰城鸡血藤异黄酮苷 F、咖啡酸、澳白檀苷、鹰嘴豆芽素 A-7-O-β-D-吡喃葡萄糖苷等。体外实验，发现异甘草素、木犀草素、鹰嘴豆芽素 A、大豆黄素有较好的抗血虚药效。综上，可将上述成分作为丰城鸡血藤 Q-Marker 重要参考依据。

3.4 成分与药效的关联性

药效反映了中药药理特征，有效化学成分是发挥药理作用的物质基础，故可作为中药 Q-Marker 的参考依据。黄酮类化合物是丰城鸡血藤主要的化学成分，具有抗炎、抗氧化、抗肿瘤、抗血栓等作用，其不同药效反映了丰城鸡血藤药理特征。目前，已有众多学者从丰

城鸡血藤分离鉴定得到木犀草素、刺芒柄花素、芒柄花苷、染料木素、鹰嘴豆芽素 A 等黄酮类物质^[4,7,11-15]。木犀草素在体外可抑制多种肿瘤细胞的增殖，在体内可有效抑制肿瘤生长^[41]，例如宫颈癌、肺癌、食管癌等^[42-44]。刺芒柄花素抑制胶质瘤细胞的增殖和迁移^[45]，也可通过抑制微小 RNA-182 (microRNA-182, miR-182) 并上调叉头框蛋白 O3 (forkhead box protein O3, FOXO3) 的表达来抑制子宫内膜癌细胞的迁移和侵袭^[46]，并被用于治疗几种疾病，主要是糖尿病、神经系统疾病和心血管疾病^[47]。染料木素具有很好的抗癌活性，包括乳腺癌、前列腺癌、胃癌、结肠癌和肝癌^[48-50]。鹰嘴豆芽素 A 可有效抑制人成骨肉瘤细胞的细胞活性^[51]，诱导肺癌细胞 S 期阻滞和凋亡^[52]，且通过调节 Toll 样受体 4 (Toll like receptor 4, TLR4) /核因子 κ B 和过氧化物酶体增殖物激活受体 γ (peroxisome proliferator-activated receptor γ , PPAR γ) 途径来保护小鼠免受脂多糖诱导的急性肺损伤^[53]。三萜类化合物具有抗炎、抗肿瘤、调节免疫作用，从丰城鸡血藤鉴定分离得到的有蒲公英赛酮、羽扇豆醇、无羁萜-3 β -醇等^[4,11,12]，其中蒲公英赛酮可通过诱导细胞凋亡来抑制癌细胞生长^[54]，同时可能是开发新的免疫调节剂来调节吞噬细胞的先天免疫反应的潜在先导分子^[55]。羽扇豆醇对餐后高血糖具有缓解作用^[56]，此外，还能诱导宫颈癌细胞 S 期停滞和细胞凋亡^[57]，抑制人鼻咽癌 CNE2 细胞和乳腺癌细胞增殖^[58,59]。无羁萜-3 β -醇具有抗菌、抗炎作用^[60,61]。综上，木犀草素、刺芒柄花素、芒柄花苷、染料木素、鹰嘴豆芽素 A、蒲公英赛酮、羽扇豆醇、无羁萜-3 β -醇等可作为丰城鸡血藤 Q-Marker 选择的基础。

3.5 网络药理学

网络药理学已成为中药活性成分筛选及机制研究的重要工具，为中药研究开辟了新的道路，是初步筛选中药活性成分的试金石。本文利用该方法预测了丰城鸡血藤的主要活性成分及其作用靶点。通过对 TCMSp 数据库 (<https://old.tcmsp-e.com/index.php>)、PubChem 数据库 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>) 和文献报道，收集丰城鸡血藤化学成分共 112 个。首先根据口服生物利用度 (oral bioavailability, OB) $\geq 30\%$ 和类药性 (drug-likeness, DL) ≥ 0.18 对化合物进行筛选 (见表 4)。

表 4 丰城鸡血藤活性成分化合物信息

Table 4 Information of active components from *M. nitida* var. *hirsutissima*

编号	化合物	OB (%)	血脑屏障	DL	肠上皮通透性
No.	Compound		Blood-brain barrier		Intestinal

					epithelial permeability
FC1	木犀草素 Luteolin	36.16	-0.84	0.25	0.19
FC2	异牡荆素 Isovitexin	31.29	-2.01	0.72	-1.24
FC3	柚皮素 Naringenin	59.29	-0.37	0.21	0.28
FC4	甘草素 Liquiritigenin	32.76	-0.29	0.18	0.51
FC5	山柰素 Kaempferol	41.88	-0.55	0.24	0.26
FC6	黄甘草苷 Formononetin-7- <i>O</i> - <i>D</i> -apio- β - <i>D</i> furanosyl(-1 \rightarrow 2)- β - <i>D</i> - -glucopyranoside	37.25	-2.56	0.79	-1.58
FC7	异芒柄花素 Isoformononetin	38.37	0.25	0.21	0.79
FC8	黄豆黄素 Glycitein	50.48	-0.29	0.24	0.56
FC9	Odoratin	49.95	-0.24	0.30	0.42
FC10	野靛黄素 Pseudobaptigenin	70.12	-0.27	0.31	0.57
FC11	毛蕊异黄酮 Calycosin	47.75	-0.43	0.24	0.52
FC12	芒柄花素 Formononetin	69.67	0.02	0.21	0.78
FC13	3'- <i>O</i> -Methylorobol	57.41	-0.38	0.27	0.45
FC14	马卡因 Maackiain	75.18	0.40	0.54	0.89

FC15	Methylnissolin	64.26	0.55	0.42	0.93
FC16	(+)-Epicatechin	48.96	-0.64	0.24	0.02
	4-羟基-2',4',-二甲氧基查				
FC17	耳酮	61.60	0.23	0.19	0.76
	Glypallichalcone				
	豆甾醇				
FC18	Stigmasterin	43.83	1.00	0.76	1.44
FC19	Asperglaucide	58.02	-0.22	0.52	0.28
	邻酞酸二异辛酯				
FC20	Corflex 880	43.59	0.26	0.39	0.79
	红车轴草素				
FC21	3'-Hydroxybiochanin A	39.06	-0.09	0.28	0.39
	圣草酚				
FC22	3',4',5,7-Tetrahydroxyflava	41.35	-0.66	0.24	0.05
	none				

借助网络药理学手段，预测其中可能对疾病有效化学成分，以及它们作用的蛋白靶点，见图 5。菱形为丰城鸡血藤化学成分、椭圆形为蛋白靶点，其中，马卡因和(+)-epicatechin 没有预测到靶点信息，故删除。综上，筛选出木犀草素、甘草素、山柰素、异芒柄花素、methylnissolin、asperglaucide、柚皮素、odoratin、红车轴草素、3'-O-methylorobol 等 10 个化合物，其中木犀草素、甘草素、山柰素作为入血原型成分，含量测定技术较为成熟，作用机制研究报道丰富，故可选择这 3 个化合物作为丰城鸡血藤 Q-Marker 选择的基础。

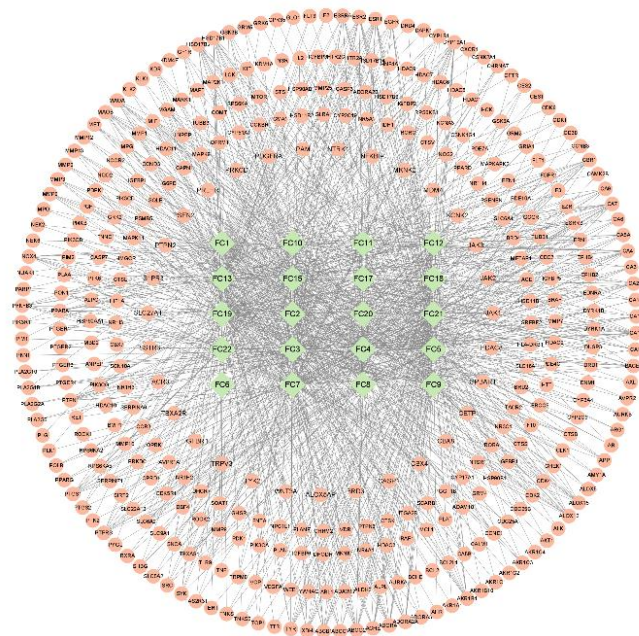


图 5 “成分-靶点”网络图

Fig. 5 Network diagram of “component-target”

3.6 植物亲缘学及化学成分特有性

丰城鸡血藤为豆科鸡血藤属植物的干燥藤茎。豆科有约 650 属，18 000 种；广布于全世界，仅次于菊科及兰科三个最大的科之一。我国有 172 属，1 485 种，13 亚种，153 变种；各省区均有分布。鸡血藤属 (*Callerya*) 为被子植物门 (Angiospermae) 木兰纲 (Magnoliopsida) 蔷薇亚纲 (Rosidae) 蔷薇超目 (Rosanae) 豆目 (Fabales) 豆科 (Fabaceae) 藤本植物、攀援灌木少为乔木，包括长梗鸡血藤、滇缅鸡血藤、灰毛鸡血藤、喙果鸡血藤、亮叶鸡血藤、密花鸡血藤、球子鸡血藤、松岗鸡血藤、香花鸡血藤等，集中于南方地区，其中，鸡血藤属与崖豆藤属药用植物基原关系较为复杂，多次合并于同一属，导致多种混用，现在已从崖豆藤分离出^[62,63]。鸡血藤属与崖豆藤属均是以黄酮类化合物成分为主，但化合物种类及比例不一样，鸡血藤属黄酮类化合物大部分以苷元形式存在，崖豆藤属含有多种二氢异黄酮衍生物紫檀素类化合物，且苷的活性强于苷元。在同属中，香花鸡血藤和丰城鸡血藤表现特征相似，核内转录间隔区 2 (internal transcribed spacer 2, ITS2) 和叶绿体基因间隔区 (*psbA-trnH*) 序列方法能将香花鸡血藤、丰城鸡血藤明显区分开^[64]。从化学成分特有性看，丰城鸡血藤异黄酮苷 F 为丰城鸡血藤特有成分。综上所述，可将丰城鸡血藤异黄酮苷 F 作为丰城鸡血藤 Q-Marker 的选择参考。

4 结语与展望

丰城鸡血藤含有多种活性成分，用药历史悠久，对其研究与开发利用具有广阔的前景。目前，对于丰城鸡血藤的研究主要集中于黄酮类成分，其药理机制研究较多，然而所含的三萜类、木脂素类、酚酸类等其他化学成分的提取分离及其药效学还未得到进一步研究，还需深入挖掘。此外，药效相关成分研究较少且不系统，可通过高效液相色谱建立指纹图谱，将指纹图谱中化学成分的变化与药效联系起来，为质量控制提供理论依据。同时，丰城鸡血藤化学成分在机体内的代谢过程、代谢产物及差异性相关研究也较为局限，仍需深入研究，为后续药理研究和质量评价提供基础。

基于丰城鸡血藤的化学成分及药理作用，本文综合考虑中药药性、成分可测性、入血成分、药效、网络药理学、植物亲缘学及化学成分特有性等方面，预测木犀草素、大豆黄素、染料木素、刺芒柄花素、异甘草素、美皂异黄酮、山柰素、丰城鸡血藤异黄酮苷 F 等为丰城鸡血藤的质量标志物，以便建立丰城鸡血藤质量控制体系，有助于丰城鸡血藤的合理开发与使用。今后需要更加深入地研究其各类化学成分及构效关系，寻找针对疾病有治疗作用的高活性先导化合物，阐明其药理作用机制，为后期临床开发新药奠定基础，从而充分挖掘和开发丰城鸡血藤的药用价值。

参考文献

- 1 Jiangxi Food and Drug Administration. Standard of Chinese Medicinal Materials in Jiangxi Province(江西省中药材标准)[M]. Nanchang: Shanghai Science and Technology Press, 2014: 46-48.
- 2 National Pharmacopoeia Commission. Ministry of Health of the People's Republic of China drug standard Traditional Chinese medicine formulations: Vol 10(中华人民共和国卫生部药品标准 中药成方制剂: 第十册)[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1995: 81.
- 3 Food and Drug Administration of Hunan Province. Standards for Traditional Chinese Medicines in Hunan Province(湖南省中药材标准)[M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 2010: 34-35.
- 4 Jin C, et al. Chemical constituents from the stem of *Callerya nitida* Benth. var. *hirsutissima* Z. Wei. [J]. J Chin Pharm Univ(中国药科大学学报), 2021, 529: 177-185.
- 5 Zhang QX. Serum pharmacochemical analysis of *Callerya nitida* var. *hirsutissima* Z. Wei. by UPLC-Q-TOF-MS and compatibility with *Astragalus licentianus* and monomer compounds study on the mechanism of blood tonifying effect[D]. Nanchang: Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine(江西中医药大学), 2022.
- 6 Zhang LH. Study on separation and antioxidant activity of active constituent flavonoids from *Millettia nitida* Benth. var. *hirsutissima* Z. Wei. [D]. Nanchang: Nanchang University(南昌大学), 2006.

- 7 Liao H,et al.Chemical Components from *Millettia nitida* var. *hirsutissima*[J].Chin J Exp Tradit Med Form(中国实验方剂学杂志),2017,23:62-67.
- 8 Cheng YY,et al.Research on screening of anti-inflammatory active fractions of *Millettia nitida* var. *hirsutissima*[J].Chin Tradit Pat Med(中成药),2019,45:1984-1989.
- 9 Chen Z.Based on gene sequencing and UPLC-Q-TOF/MS on four *Callerya* species Chloroplast genome characteristics analysis and chemical composition analysis were performed[D].Nanchang:Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine(江西中医药大学),2023.
- 10 Feng J,et al.Flavonoids from *Millettia nitida* var. *hirsutissima*[J].Chin Pharm J(中国药杂志),2006,41:178-181.
- 11 Cheng J,et al.Constituents of *Millettia nitida* var. *hirsutissima*[J].China J Chin Mater Med(中国中药杂志),2009,34:1921-1926.
- 12 He YQ,et al.Isolation and identification of chemical constituents from *Millettia nitida* var. *hirsutissima*[J].Chin J Exp Tradit Med Form(中国实验方剂学杂志),2018,24:51-56.
- 13 Xiang C,et al.Isoflavones from *Millettia nitida* var. *hirsutissima*[J].Acta Pharm Sin(药学报),2009,44:158-161.
- 14 Feng J,et al.Chemical constituents of isoflavones from vine stems of *Millettia nitida* var. *hirsutissima*[J].China J Chin Mater Med(中国中药杂志),2007,(04):321-322.
- 15 Yu WW,et al.Isoflavones and flavans from *Millettia nitida* var. *hirsutissima*[J].China J Chin Mater Med(中国中药杂志),2015,40:2363-2366.
- 16 Zhang L,et al.Protection effects of *Millettia Nitida* Benth.var. *hirsutissima* Z.Wei on hematopoietic system of mice[J].Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学),2009,26:349-353.
- 17 Li CT,et al.Studies on antiplatelet aggregation and antithrombosis action of total flavonoids of *Millettia nitida* var. *hirsutissima* Z.Wei[J].Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学),2015,32:1316-1318.
- 18 Ye RG.Internal Medicine(内科学)[M].Beijing:People's Medical Publishing House,2002:689-691.
- 19 Liao X L,et al.Flavonoids from *Millettia nitida* var. *hirsutissima* with their anticoagulative activities and inhibitory effects on NO production[J].J Nat Med,2013,67:856-861.
- 20 Xiong Y.Resource Investigation,identification of DNA barcode and comparison of anti-blood deficiency pharmacological effect of *Spatholobi Caulis* and its adulterants[D].Nanchang:Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine(江西中医药大学),2021.

- 21 Li XX.Study on the mechanism of inhibitory effect of extracts and active compounds of *Callerya nitida* var. *hirsutissima* Z.Weii on breast cancer based on cell metabonomics[D].Nanchang:Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine(江西中医药大学),2022.
- 22 Liu T,et al.The anti-tumor activity of H-103 resin extracts of *Milletlla nitida* var. *hirsutissima* Z.Weii to MCF-7 and A549 cell strains *in vitro*[J].Exp Lab Med(实验与检验医学),2008,26:11-12.
- 23 Zhang LQ,.Free radicals and diseases[J].J Tianjin Med Univ(天津医科大学学报),1997,3:87-90.
- 24 Wang TT.Research on the enrichment,separation and antioxidant activity of flavonoids from *Millettia nitida* Benth. var. *hirsutissima*[D].Nanchang:Nanchang University(南昌大学),2007.
- 25 Yu YY,et al.Investigation on free radical scavenging activity of flavonoid extracts from *Milletlla nitida* Benth. var. *hirsutissima* Z.Weii[J].Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2007,19:741-744.
- 26 Zhao YH.Study on the material basis and activity of anti-RA effect of the *Millettia Nitida* Benth var. *hirsutissima* Z.Weii[D].Nanchang:Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine(江西中医药大学),2019.
- 27 Yan YQ,et al.The relationship between sweet taste,channel transformation,action and chemical composition of drugs[J].Zhongyao Tongbao(中药通报),1988,13:52-55.
- 28 Zhang JY,et al.Expression of sweet-taste of Chinese materia medica and its application in clinical compatibility[J].Chin Tradit Herb Drugs(中草药),2016,47:533-539.
- 29 Li XM,et al.Study on the relationship between different properties of traditional Chinese medicine and inorganic elements[J].China J Chin Mater Med(中国中药杂志),1997,22:55-57.
- 30 Chen DF,et al.Analysis of trace elements in *Cauligoloba* herbs[J].Stud Trace Elements Health(微量元素与健康研究),1993,10:36-38.
- 31 Zhong XQ,et al.Study on optimal extraction technology of *Milletlla nitida* Benth.var. *hirsutissima* Z.Weii by orthogonal test[J].Chin Tradit Herb Drugs(中草药),2009,40:1066-1068.
- 32 Zhong XQ,et al.The extraction process study of Formononetin in *Milletlla nitida*.var. *hirsutissima* Z.Weii[J].J Jiangxi Tradit Chin Med Univ(江西中医学院学报),2009,21:77-78.
- 33 Wang TT,et al.Adsorption and separation of total flavones from *Milletlla nitida* var. *hirsutissima* by macroporous adsorption resin[J].Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2008,20:477-481.
- 34 Yu YY,et al.Determination of flavonoids in *Milletlla nitida*.var. *hirsutissima* Z.Weii by ultraviolet spectrophotometry[J].Chin Tradit Herb Drugs(中草药),2005,36:1650-1651.

- 35 Zhang L,et al.HPLC fingerprint spectrum of *Millettia nitida* Benth var. *hirsutissima* Z Wei[J].J Jiangxi Univ Tradit Chin Med(江西中医学院学报),2008,20:80-84.
- 36 Long ZX,et al.Determination of flavones in *Millettia dielsiana* Harms extract by high performance liquid chromatography[J].J Instrum Anal(分析测试学报),2006,25:104-107.
- 37 Yu YY,et al.Analysis of Formononetin in the *Millettia nitida* Benth.var. *hirsutissima* Z.Wei by HPLC-mass spectrometry[J].Food Sci(食品科学),2006,27:415-418.
- 38 Zhang L,et al.Investigation of determining strontium in *M. nitida* Benth. var. *hirsutissima*.Z.Wei.by flame atomic absorption spectra[J].Spectrosc Spect Anal(光谱学与光谱分析),2010,30:3421-3424.
- 39 Liu YL,et al.Metabolism of Formononetin in *Millettia nitida* Benth. var. *hirsutissima* Z.Wei extract co-incubated with rat intestinal flora by UPLC/Q-TOF-MS/MS[J].Chin J New Drugs(中国新药杂志),2015,24:2715-2723.
- 40 Liu YL,et al.Study on intestinal absorption of formononetin in *Millettia nitida* var. *hirsutissima* in rats[J].China J Chin Mater Med(中国中药杂志),2013,38:3571-3575.
- 41 Wruck CJ,et al.Luteolin protects rat PC12 and C6 cells against MPP⁺ induced toxicity via an ERK dependent Keap1-Nrf2-ARE pathway[J].J Neur Transm Suppl,2007,72:57-67.
- 42 Wang Y,et al.Luteolin on cervical cancer cell proliferation and migration mechanism[J].Chin J Cancer Prev Treat(中华肿瘤防治杂志),2020,27:1357-1362.
- 43 Miao CJ,et al.Effect of luteolin on TGF- β 1-induced epithelial-mesenchymal transition in lung cancer A549 cells[J].Chin J Pathophysiol(中国病理生理杂志),2019,35:1163-1168.
- 44 Wang S,et al.Influence of luteolin on the apoptosis of esophageal cancer Eca109 cells and its mechanism of action[J].Food Sci Hum Wellness,2019,8(2):189-194.
- 45 Wang W,et al.Formononetin suppresses the proliferation and migration of glioma cells[J].J Mod Oncol(现代肿瘤医学),2018,26:3735-3739.
- 46 Liang DX,et al.Effect of formononetin on the migration and invasion of endometrial cancer cells by regulating the miR-182/FOXO3 axis[J].J Cont Urol Rep Oncol(现代泌尿生殖肿瘤杂志),2023,15:50-57.
- 47 Du H,et al.Genetic and metabolic engineering of isoflavonoid biosynthesis[J].Appl Microbiol Biotechnol,2010,86:1293-1312.
- 48 Bhat SS,et al.Genistein:a potent anti-breast cancer agent[J].Curr Issues Mol Biol,2021,43:1502-1517.
- 49 Sharifi-Rad J,et al.Genistein:an integrative overview of its mode of action,pharmacological properties,and health benefits[J].Oxid Med Cell Longev,2021,2021:3268136.

- 50 Qiu Y,et al.Progress on the molecular mechanism of genistein against colorectal cancer[J].Chem Life(生命的化学),2023,43:1750-1757.
- 51 Huang Q,et al.Biochanin-A induced apoptosis of human osteosarcoma MG-63 cells by regulating MAPK/apoptosis pathway[J].Orth J Chin(中国矫形外科杂志),2021,29:915-919.
- 52 Li Y,et al.Biochanin A induces S phase arrest and apoptosis in lung cancer cells[J].Biomed Res Int,2018,Vol.2018(1):3545376.
- 53 Hu X,et al.Biochanin A protect against lipopolysaccharide-induced acute lung injury in mice by regulating TLR4/NF- κ B and PPAR- γ pathway[J].Microb Pathog,2020,Vol.138:103846.
- 54 Ma XC,et al.Taraxerone triterpene inhibits cancer cell growth by inducing apoptosis in non-small cell lung cancer cells[J].Bangla J Pharmacol,2016,11:342-347.
- 55 Mawa S,et al.Isolation of terpenoids from the stem of *Ficus aurantiaca* Griff and their effects on reactive oxygen species production and chemotactic activity of neutrophils[J].Molecules,2016,21:9.
- 56 Lee HA,et al.Alleviating effects of lupeol on postprandial hyperglycemia in diabetic mice[J].Toxicol Res,2021,1:495-500.
- 57 Prasad N,et al.Lupeol induces S-phase arrest and mitochondria-mediated apoptosis in cervical cancer cells[J].J Biosci,2018,43:249-261.
- 58 Wang AS,et al.Study on the effects of biological function and sensitivity to radiotherapy and chemotherapy of lupeol on nasopharyngeal carcinoma cells and its mechanism of apoptosis[J].J Mod Oncol(现代肿瘤医学),2023,31:618-625.
- 59 Cao WF,et al.Inhibitory effects and mechanisms of lupeol on proliferation,migration and invasion of human breast cancer MCF-7 cells[J].Chin Arch Tradit Chin Med(中华中医药学刊),2022,40:156-159.
- 60 Kemboi D,et al.*In vitro* antibacterial and cytotoxic effects of *Euphorbia grandicornis* Blanc chemical constituents[J].BMC Complement Med Ther,2022,22:90.
- 61 Duwiejua M,et al.The anti-inflammatory compounds of *Polygonum bistorta*:Isolation and characterisation[J].Planta Med,1999,65:371-374.
- 62 Zhang QX,et al.Research status and comparison on medicinal plants of *Callerya* and *Millettia* in China[J].Chin J Exp Tradit Med Form(中国实验方剂学杂志),2021,27:198-208.
- 63 Xia Q,et al.Pollen morphology of *Callerya* Endl. and *Millettia* Wight et Arn. (Leguminosae) from China and its systematic implications[J].J Trop Subtrop Bot(热带亚热带植物学报),2018,26:529-537.

64 Xing Y,et al.Molecular identification of Spatholobi Caulis and its adulterants based on DNA barcoding[J].Chin Tradit Herb Drugs(中草药),2020,51:3274-3283.

收稿日期: 2024-09-26 接受日期:

基金项目: 江西中医药大学博士启动基金(2022WBZR007); 国家自然科学基金(81960697)

*通信作者 Tel:0791-87118731; E-mail: dw64810@163.com