

凤尾草化学成分及药理活性研究进展

高燕萍¹, 吴强², 张亚梅¹, 罗晶^{1*}

(1. 江西中医药大学, 中药资源与民族药研究中心, 江西南昌 330000; 2. 江西中医药大学科技学院, 江西南昌 330000)

摘要 通过查阅国内外文献, 对凤尾蕨属植物凤尾草的化学成分及药理活性研究进展进行综述, 为其合理开发利用提供科学依据。

关键词 凤尾草; 化学成分; 药理活性; 研究进展

中图分类号 S567 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)29-0126-05

Research Progress on Chemical Compositions and Pharmacological Activities of *Pteris multifida*

GAO Yan-ping¹, WU Qiang², ZHANG Ya-mei¹, LUO Jing^{1*} (1. Research Center of Natural Resources of Chinese Medicinal Materials and Ethnic Medicine, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang, Jiangxi 330000; 2. Science and Technology College, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang, Jiangxi 330000)

Abstract Through the review of domestic and foreign literature, the research progress on the chemical compositions and pharmacological activities of *Pteris multifida* was reviewed, which provides scientific basis for its development and utilization.

Key words *Pteris multifida*; Chemical compositions; Pharmacological activities; Research progress

凤尾草为凤尾蕨科(Pteridaceae)凤尾蕨属(*Pteris* L.)植物凤尾草(*Pteris multifida* Poir.)的全草或根, 又名井栏边草, 广泛分布于我国各省区, 作为一种中草药使用已经有很久的历史, 始载于唐朝陈藏品的《本草拾遗》。现代药理研究表明, 凤尾草具有清热利湿、抗菌消炎、消肿止痛的作用, 其根茎用于治疗糖尿病、抗肿瘤^[1]。为进一步研究和开发利用凤尾草, 现对其化学成分和药理作用研究进展进行综述。

1 化学成分

1.1 黄酮类 黄酮为凤尾草主要化学成分之一, 且具有多种生物活性。姜纪武等^[2]采用比色法对该植物黄酮类化合物的含量进行测定, 发现凤尾草总黄酮的含量约为3.2%。Lu等^[3]从该植物中分离得到5个成分, 包括2个黄酮类化合物(芹菜素和木犀草素)。胡浩斌等^[4-7]对凤尾草根茎的化学成分进行研究, 分离得到一系列成分, 包括4个黄酮类成分, 分别为槲皮素、dihydrochoidinin、木香素III和5,5'-dihydroxy-3-methoxy-6,8,3'',3''-tetramethylpyran-(3',4')flavone-7-O-[β-D-apiofuranosyl-(1→6)]-β-D-glucopyranoside。Qin等^[8]对凤尾草抑制大鼠前列腺上皮细胞生长的活性成分进行了研究, 从中分离得到22个化合物, 其中9个为黄酮类成分, 分别为芹菜素7-O-β-D-葡萄糖-4'-O-α-L-鼠李糖、芹菜素-7-O-β-D-葡萄糖苷、芹菜素-4'-O-α-L-鼠李糖、芹菜素、木犀草素-7-O-β-D-葡萄糖苷、木犀草素-3'-O-β-D-葡萄糖苷、木犀草素、柚皮素和圣草酚。Zheng等^[9-10]对凤尾草根茎的化学成分进行研究, 从中分离得到1个异黄酮类化合物6,7-dihydroxy-3'-methoxy-4',5'-methylenedioxyisoflavone-6-O-β-D-xylopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside。Harinantenaina等^[11]从凤尾草正丁醇部位分离得到芹菜素-7-O-β-D-葡萄糖苷、木犀草素-7-O-β-D-葡萄糖苷和(2S)-5,7,3',5'-tetrahydroxyfla-

vanone。欧阳丹薇等^[12]也从凤尾草70%乙醇提取物中分离得到11个化合物, 包括8个黄酮类成分, 分别为芹菜素7-O-β-D-葡萄糖-4'-O-α-L-鼠李糖、木犀草素7-O-β-D-葡萄糖苷、芹菜素7-O-β-D-葡萄糖苷、芹菜素、木犀草素、柚皮素7-O-β-D-新橙皮苷、芹菜素7-O-β-D-新橙皮苷和芹菜素4'-O-α-L-鼠李糖。王文蜀等^[13]从凤尾草甲醇提取物中分离得到7个化合物, 包括6个黄酮类成分, 分别为芹菜素、木犀草素、芹菜素-7-O-β-D-葡萄糖苷、芹菜素-7-O-β-D-葡萄糖4'-O-α-L-鼠李糖苷、芹菜素4'-O-α-L-鼠李糖苷和木犀草素-7-O-β-D-葡萄糖苷。欧阳丹薇等^[14]采用高速逆流色谱法分离纯化凤尾草中的芹菜素和木犀草素, 纯度分别为92%和96%。舒积成等^[15]从凤尾草乙醇总提物的乙酸乙酯部位及水部位分离得到9个黄酮类化合物, 分别为芹菜素、芹菜素7-O-β-D-葡萄糖苷、野漆树苷、芹菜素7-O-β-D-葡萄糖-4'-O-α-L-鼠李糖、新西兰牡荆苷、木犀草素、木犀草素7-O-β-D-葡萄糖苷、忍冬苷和木犀草素-6-C-β-D-葡萄糖-8-C-β-D-木糖苷。刘建群等^[16]采用HPLC方法对不同地区新西兰牡荆苷、忍冬苷、野漆树苷、木犀草素和芹菜素等5种黄酮类成分的含量进行测定, 发现这5种黄酮类成分总含量为0.5~2.2 mg/g。Son等^[17]从凤尾草叶的甲醇提取物中分离得到芦丁和芹菜素7-O-β-D-葡萄糖苷, 其中芹菜素7-O-β-D-葡萄糖苷对人乳腺癌细胞表现出很强的细胞毒活性。姚学军等^[18]对凤尾草抗糖尿病化学成分进行研究, 从该植物75%乙醇提取物中分离得到9个化合物, 包括4个黄酮类成分, 即芹菜素-4'-O-α-L-鼠李糖、芹菜素7-O-β-D-葡萄糖-4'-O-α-L-鼠李糖、柚皮素7-O-β-D-葡萄糖和木犀草素, 其中芹菜素7-O-β-D-葡萄糖-4'-O-α-L-鼠李糖具有很强的抗糖尿病活性。苗得足等^[19]通过柱色谱等手段从凤尾草95%乙醇提取物中分离鉴定了18个化合物, 包括6个黄酮类成分, 分别为芹菜素、木犀草素、5,7-二羟基-色原酮、芹菜素-7-O-β-葡萄糖苷、木

作者简介 高燕萍(1985—), 女, 江西东乡人, 讲师, 博士, 从事中药活性成分研究。*通讯作者, 讲师, 硕士, 从事药物分析工作。
收稿日期 2017-08-24

犀草素-7-O-β-葡萄糖苷和芦丁。刘建群等^[20]对凤尾草质量标准进行了研究,采用 HPLC 方法建立了野漆树苷的含量测定方法,野漆树苷含量不得少于 0.04%。Dai 等^[21]对凤尾草总黄酮部位进行了研究,通过 LC-MS 技术鉴定了木犀草素-7-O-己糖苷-O-戊糖苷、木犀草素-7-O-β-D-新橘皮糖苷、芹菜素-7-O-β-D-葡萄糖 4'-O-α-L-鼠李糖苷、木犀草素-7-O-β-D-葡萄糖苷等 10 个主要成分,研究还发现该植物总黄酮对良性前列腺癌具有很好的治疗作用。

1.2 倍半萜类 从凤尾草中分离得到的倍半萜主要为 C₁₄ 萜素降倍半萜,多数具有抗菌、细胞毒等活性。Qin 等^[8]从凤尾草 20% 乙醇和丙酮提取物中还分离得到 5 个倍半萜,分别为 Pteroside P'、pterosin C、pterosin P、pterosin N 和 pteroside P。Harinantenaina 等^[11]从凤尾草正丁醇部位还分离得到特征性萜素倍半萜 (2R,3R)-pterosin L-3-O-β-D-glucopyranoside、pterosin C-3-O-β-D-glucopyranoside、pteroside C、pteroside A 和 wallichoside。欧阳丹薇等^[12]从凤尾草 70% 乙醇提取物中还分离得到 (2S,3S)-萜素 C。王文蜀等^[13]从凤尾草甲醇提取物中分离得到 1 个倍半萜 (pterosin C-3-O-β-D-glucoside)。姚学军等^[18]从凤尾草 75% 乙醇提取物中还分离得到 pterosin B。苗得足等^[19]从凤尾草 95% 乙醇提取物中还分离鉴定了 (2S,3S)-萜素 Q 和 (2S,3S)-萜素 S。刘建群等^[20]以萜素 C-3-O-β-D-葡萄糖苷为对照,建立了凤尾草薄层鉴别方法。Murakami 等^[22]首次对凤尾草的化学成分进行研究,从中分离得到 3 个萜类化合物,包括 2 个倍半萜,即 pterosin S-3-O-β-D-glucose 和 pterosin S-3-O-β-D-(4'-caffeoyl)-glucose。Hu 等^[23-24]从凤尾草根茎中分离得到一些化合物,包括 2 个倍半萜苷,即 eudesm-4(15)-ene-1β,8α-diol 8-O-β-D-xylopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside 和 3β-caffeoyl-1β,8α-dihydroxyeudesm-4(15)-ene,其中 3β-caffeoyl-1β,8α-dihydroxyeudesm-4(15)-ene 对格兰氏阳性和阴性细菌表现出一定的抑制活性。Ge 等^[25]从凤尾草全草的 95% 乙醇提取物中分离鉴定了 6 个萜类化合物,其中 multifidoside A~C 为 3 个该属植物特征性 C₁₄ 倍半萜,其中 multifidoside A 和 B 对人肝癌细胞 HepG2 表现出很强的细胞毒活性。Ouyang 等^[26]从凤尾草地上部分分离得到 11 个萜类化合物,包括 8 个倍半萜,分别为 (2R)-pterosin P、(2S)-pterosin P、dehydropterosin B、(2S,3S)-pterosin C、(2S,3S)-pterosin C-3-O-β-D-glucopyranoside、(2R,3R)-pterosin L-3-O-β-D-glucopyranoside、(3R)-pteroside W 和 (2S,3S)-pterosin S-14-O-β-D-glucopyranoside,其中 dehydropterosin B、(2S,3S)-pterosin C-3-O-β-D-glucopyranoside、(2R,3R)-pterosin L-3-O-β-D-glucopyranoside 对人胰腺癌 (PANC-1) 和人肺小细胞癌 (NCI-H446) 表现出一定的细胞毒活性。Liu 等^[27]从凤尾草全草中分离得到 2 个倍半萜二聚体 bimutipterosins A 和 bimutipterosins B,这 2 个化合物对人白血病细胞 HL-60 表现

出一定的细胞毒活性。舒积成等^[28]从凤尾草乙醇总提物的乙酸乙酯部位及水部位还分离得到 6 个倍半萜类成分,分别为萜素 B、乙酰萜素 B、去羟基萜素 B、萜素 Z、萜素 C-3-O-β-D-葡萄糖苷和萜素 Q-3-O-β-D-葡萄糖苷。Shu 等^[29]从凤尾草全草中分离得到 3 个倍半萜,即 2R,3R-13-hydroxy-pterosin L-3-O-β-D-glucopyranoside、2R,3S-acetylpterosin C 和 2S,3S-acetylpterosin C,这 3 个化合物均对人白血病细胞 HL-60 表现出一定的细胞毒活性。Wang 等^[30]从凤尾草全草中分离得到 8 个萜类化合物,其中 (2R)-acetyl pterosin B、(2R,3S)-pterosin C、(2S,3S)-pterosin C 和 (2S,3S)-pterosin C-3-O-β-D-glucopyranoside 为 4 个萜素倍半萜。徐宏懿等^[31]从凤尾草全草中分离得到 6 个化合物,包括一个倍半萜类萜素 (2R,3S)-pterosin C。彭财英等^[32]从凤尾草水提取物中分离得到乙酰萜素、萜素和萜素 C-3-O-β-D-葡萄糖苷,这 3 个化合物均为 α-葡萄糖苷酶抑制活性物质。

1.3 二萜类 目前,从凤尾草中分离得到的二萜主要为贝壳杉烷型及其苷类。Murakami 等^[22]从凤尾草全草中还分离得到首个贝壳杉烷型二萜 12β-hydroxy-15-oxo-ent-kaur-16-en-19-oic acid β-D-glucopyranosyl ester。Qin 等^[8]从凤尾草 20% 乙醇和丙酮提取物中还分离得到 3 个二萜,即 2β,16β,18-trihydroxy-ent-kaurane、2β,16β-dihydroxy-ent-kaurane 和 2β,15β-dihydroxy-ent-kaur-16-ene。姚学军等^[18]从凤尾草 75% 乙醇提取物中还分离得到 2 个二萜,即 2β,5α-二羟基-()-16-贝壳杉烯和 cassipourol。苗得足等^[19]从凤尾草 95% 乙醇提取物中还分离鉴定了 2 个二萜,即 2β,15α-二羟基-对映-贝壳杉-16-烯和大叶凤尾苷 A。Hu 等^[23]从凤尾草根茎中还分离得到 ludongnin。Ge 等^[25]从凤尾草全草的 95% 乙醇提取物中还分离鉴定了 3 个二萜类化合物 (pterokaurane M₁~M₃)。Ouyang 等^[26]从凤尾草地上部分分离得到 3 个二萜类化合物,即 2β,15α-dihydroxy-ent-kaur-16-ene、2β,6β,16α-trihydroxy-ent-kaurane 和 2β,16α-dihydroxy-ent-kaurane。Wang 等^[30]从凤尾草全草中还分离得到 4 个贝壳杉烷型二萜,分别为 2,6,15-trihydroxy-ent-kaur-16-ene、2,15-dihydroxy-ent-kaur-16-ene、2,16-dihydroxy-ent-kaurane 和 creticoside A。Woerdenbag 等^[33]从凤尾草地上部分分离得到 2 个具有细胞毒活性的二萜 entkaurane-2β,16α-diol 和 ent-kaur-16-ene-2β,15α-diol。刘清飞等^[34]从凤尾草根茎中分离得到 4 个化合物,其中 3 个为贝壳杉烷型二萜,即 2β,15α-dihydroxy-()-kaur-16-ene、2β,6β,15α-trihydroxy-()-kaur-16-ene 和 16-hydroxy-kaurane-2-β-D-glucopyranoside。舒积成等^[35]从凤尾草 70% 乙醇总提物中分离得到 8 个化合物,包括 2 个二萜 2β,14β,15α-trihydroxy-ent-kaur-16-ene 和 2β,13β,14β,15α-trihydroxy-ent-kaur-16-ene。Ni 等^[36]从凤尾草全草中分离得到 6 个化合物,包括 5 个贝壳杉烷型二萜,分别为 multikauranes A 和 B、2β,16α-dihydroxy-ent-

kaurane、 $2\beta, 15\alpha$ -dihydroxy-ent-kaur-16-ene 和 $2\beta, 16\alpha$ -dihydroxy-ent-kaur-6-one)。Kim 等^[37]从凤尾草 80% 甲醇提取物中分离得到 12 个贝壳杉烷型二萜, 分别为 $2\beta, 15\alpha$ -dihydroxy-ent-kaur-16-ene、creticoside A、pterokaurane M1、pterokaurane M1 2-O- β -d-glucopyranoside、 $2\beta, 15\alpha, 19$ -trihydroxy-ent-kaur-16-ene 2-O- β -d-glucopyranoside、 $2\beta, 6\beta, 15\alpha$ -trihydroxy-ent-kaur-16-ene、pterokaurane P1、pterokaurane P1 2-O- β -d-glucopyranoside、 $2\beta, 16\alpha$ -dihydroxy-ent-kaurane、 $2\beta, 16\alpha$ -dihydroxy-ent-kaurane 2, 16-di-O- β -d-glucopyranoside、pterokaurane R 和 $2\beta, 16\alpha, 17$ -trihydroxy-ent-kaurane 2-O- β -d-glucopyranoside, 其中 $2\beta, 15\alpha$ -dihydroxy-ent-kaur-16-ene 和 pterokaurane P1 具有很强的抗炎活性。

1.4 苯丙素类 胡浩斌等^[4-7, 23]从凤尾草根茎提取物中还分离得到 licoagrochalcone D、5-(3"-甲基丁基)-8-甲氧基呋喃香豆素、7-甲氧基鬼灯素、1-acetoxyl-2-piperonyl-6-[6-methoxyl-piperonyl]-3, 7-dioxabicyclo-[3, 3, 0]-octane、saucerneol D、licoagrochalcone D 和 eusiderin。Zheng 等^[9-10]从凤尾草乙醇提取物分离得到 4 个苯丙素类, 分别为 multifidoside A、multifidoside B、scaphopetalone、(-)-isolariciresinol 3α -O- β -apiofuranosyl-(1→2)-O- β -D-glucopyranoside。Harinantenaina 等^[11]从凤尾草正丁醇部位还分离得到 4-caffeoyl quinic acid 5-O-Me ether、咖啡酸和 4, 5-dicaffeoyl quinic acid。欧阳丹薇等^[12]从凤尾草 70% 乙醇提取物中也分离得到阿魏酸。苗得足等^[19]从凤尾草 95% 乙醇提取物中还分离得到了 (+)-松脂素、(+)-松脂素-4-O- β -葡萄糖苷、Dihydrodehydrodicoumaroyl 和东莨菪素。徐宏懿等^[31]从凤尾草全草乙醇提取物中还分离得到阿魏酸。舒积成等^[35]从凤尾草 70% 乙醇总提取物中分离得到 8 个化合物, 其中肉苁蓉苷 F、洋丁香苷和 7-羟基香豆素为 3 个苯丙素类。Ni 等^[36]从凤尾草全草中还分离得到 1 个罕见的二氢异香豆素类化合物 multifidarin A。

1.5 挥发油类 Okuno 等^[38]和程存归等^[39]采用 GC-MS 等技术对凤尾草地上部位挥发油成分进行研究, 发现其挥发油主要成分为高级烷烃、烯烃、醇、酚及醛。Hu 等^[40]对凤尾草地上部分挥发性成分及抗菌活性进行研究, 结果发现, 挥发性成分主要为茨烯、己醛、 α -松油醇、 γ -杜松烯、丁香酚等, 该挥发油部位对 *Bacillus subtilis* ATCC 10907 和 *Mycobacterium smegmatis* CMM 2067 菌有很强的抑制活性。陈锋等^[41]采用超临界 CO_2 萃取法 (SFE- CO_2) 和水蒸气蒸馏法 (SD) 分别对凤尾草挥发油成分进行提取, 然后通过 GC-MS 对其挥发油成分进行鉴定, 结果发现, 2 种方法所得的挥发性成分的类型均以脂肪族为主, 但共有成分只有 11 种, 在 SFE- CO_2 法提取的挥发油中相对含量最高的 3 种成分分别为百秋李醇 (23.70%)、棕榈酸 (9.94%)、油酸 (4.57%), 而在 SD 法提取的挥发油中相对含量最高的 3 种成分为棕榈酸 (41.62%)、油酸 (6.13%) 和植物醇 (5.60%)。

1.6 其他类 胡浩斌等^[4-7, 23-24]从凤尾草根茎提取物中还

分离得到甾体、山酮、酚酸等其他类成分, 香草醛、 β -谷甾醇、扶桑甾醇、青蕨素 I 和青蕨素 II、saucerneol D、dehydrogoniohtalamin、1-hydroxy-4, 7-dimethoxy-8-(3-methyl-2-butenyl)-6-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1→2)-O- β -D-glucopyranosyl-(1→3)-O- β -D-glucopyranosylxanthone、1, 3-dihydroxy-7-methoxy-8-(3-methyl-2-butenyl)-6-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1→2)-O- β -D-glucopyranosyl-(1→3)-O- β -D-glucopyranosylxanthone、dehydrogoniohtalamin、vanillin、白花丹酸、1, 5, 8-trihydroxy-3-methoxyxanthone 8-O- β -D-glucopyranoside、neesiinose B 和 isoneorautenol。Qin 等^[8]从凤尾草 20% 乙醇和丙酮提取物中还分离得到棕榈酸、二十二烷酸、 β -谷甾醇、对羟基苯甲酸和二十六烷酸。此外, Zheng 等^[9-10]从凤尾草乙醇提取物还分离得到 1 个甾体 polyporusterone I。Harinantenaina 等^[11]从凤尾草正丁醇部位还分离得到胡萝卜苷和蔗糖。欧阳丹薇等^[12]从凤尾草 70% 乙醇提取物中还分离得到异香草酸。姚学军等^[18]从凤尾草 75% 乙醇提取物中还分离得到 2 个甾体 24 R-ethyl-cholest-4-en-3-one 和 cyclolaudenol。此外, 苗得足等^[19]从凤尾草 95% 乙醇提取物中还分离得到了正三十醇、碳三十八烷、 β -谷甾醇和胡萝卜苷。徐宏懿等^[31]从凤尾草全草中还分离得到 2 个简单酚酸类成分 (丁香酸和异香兰酸), 以及 2 个甾类化合物 (β -谷甾醇和胡萝卜苷)。刘清飞等^[34]从凤尾草根茎中还分离得到 β -谷甾醇。舒积成等^[35]从凤尾草 70% 乙醇总提取物中还分离得到去咖啡酰基洋丁香苷、 β -谷甾醇和胡萝卜苷。Okuno 等^[42]从凤尾草甲醇提取物中分离得到了蔗糖、 β -谷甾醇和胡萝卜苷。

2 药理活性

2.1 抗肿瘤 Son 等^[17]研究发现, 凤尾草叶的甲醇提取物对 HeLa、NCL-H460 和 MCF-7 肿瘤细胞有一定的抑制活性, 并且具有很强的抗氧化活性, 而乙醇提取物仅对 HeLa 和 NCL-H460 表现出一定的活性。王刚等^[43]采用小鼠腋下接种肿瘤细胞法测定凤尾草 95% 乙醇提取物的抗肿瘤活性、胸腺指数和脾指数, 并采用 MTT 法测定了凤尾草提取物对小鼠脾细胞的增殖活性, 结果发现, 凤尾草提取物对移植性肿瘤 (肉瘤 S180 和肝癌 H22) 具有显著的抑制作用, 可提高胸腺指数和脾指数, 对小鼠脾细胞的增殖具有促进作用, 并有较好的剂量依赖关系, 表明中药凤尾草有可能是通过增强机体的免疫能力来实现其抗肿瘤活性的。陈岩等^[44]采用 MTT 法及 Trypan Blue 拒染法研究凤尾草提取物对体外培养的人肝癌细胞株 BLE-7402、小鼠黑色素瘤细胞株 B16-BL6、人白血病细胞株 HL-60 细胞增殖的抑制作用, 发现凤尾草提取物在 5~80 $\mu\text{g/mL}$ 对上述 3 种细胞株均有明显的抑制作用。孔维鑫等^[45]研究发现, 凤尾草高浓度总黄酮能明显抑制骨肉瘤 MG-63 细胞的迁移能力, 其作用与抑制 MG-63 细胞内的 IL-6 蛋白表达水平有关。王文芳等^[46]采用 S180 细胞株接种昆明种小鼠, 建立实体瘤和腹水瘤模型, 研究凤尾草 95% 乙醇提取物的体内抗肿瘤作用, 结果发现, 凤尾草

提取物具有抑制肿瘤 S180 生长的作用,其作用与诱导肿瘤细胞凋亡相关。Yu 等^[47]研究发现,凤尾草总黄酮对小鼠 H22 肝癌移植瘤具有明显的抑制作用,其作用机制与免疫活性的增强和抗氧化活性的提高有关。刘银凤等^[48]研究发现,不同浓度凤尾草总黄酮均可抑制人脑胶质瘤 U251 细胞的体外迁移能力,其作用机制可能与其抑制 IL-16 蛋白的表达水平有关。

2.2 抗氧化 Wang 等^[49-50]研究发现,凤尾草水提物对 DP-PH 和羟基自由基等具有很强的清除活性和还原能力,具有很强的抗氧化活性以及清除超氧离子的活性,并且呈剂量依赖性。Lan 等^[51]也发现凤尾草水提物具有很好的抗氧化及自由基清除活性。

2.3 抗菌 余有贵等^[52-53]研究发现,凤尾草水提物对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、青霉、黑曲霉菌均有不同程度的抑菌效果。刘湘红等^[54]采用试管二倍稀释法分别测定水提物、乙醇提取物和丙酮提取物对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、沙门氏菌、嗜水气单胞菌、大肠杆菌 5 种细菌的影响,结果发现其丙酮提取物的抗菌效果最好。赵锦慧等^[55]对凤尾草水提物和醇提物的抗菌活性进行研究,结果表明,这 2 种提取物对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均有抑制作用,对金黄色葡萄球菌的抑制效果更明显,且醇提物抑菌效果优于水提物。

2.4 抗良性前列腺腺相关疾病 单玉喜等^[56]研究发现,凤尾草颗粒剂治疗慢性前列腺炎的愈显率为 29.27%,总有效率为 53.66%,均优于对照组前列康片组。薛波新等^[57]研究发现,凤尾草颗粒剂对良性前列腺增生症具有良好的治疗效果,且不良反应少。代光成等^[58]研究凤尾草总黄酮对去势大鼠前列腺增生的治疗作用发现,凤尾草总黄酮对丙酸睾酮诱导的去势大鼠前列腺增生具有明显治疗作用。代光成等^[59]还发现凤尾草总黄酮能明显改善模型大鼠前列腺组织结构破坏及间质水肿,降低炎症细胞浸润水平,其中凤尾草高剂量组改善最为明显。

2.5 其他活性 Lee 等^[60]研究发现,凤尾草水提物对苦酮酸诱导的突变具有很强的抗突变活性。Wang 等^[61]研究凤尾草冻干粉末的抗高血脂活性发现,凤尾草不仅可以降低血浆、肝脏胆固醇及甘油三酯的浓度,还可以通过肠道促进脂质及代谢产物的排泄,从而表现出抗高血脂活性。刘建群等^[62]研究发现,凤尾草 70% 乙醇总提取物、水部位以及大孔树脂 95% 乙醇洗脱部位均可以显著降低肝损伤小鼠血清 ALT、AST 水平,能对抗雷公藤甲素所致的小鼠急性肝损伤。杨亚雯等^[63]研究发现,凤尾草对四氧嘧啶致糖尿病小鼠有显著的降糖作用。李燕等^[64]研究发现,不同剂量的凤尾草水煎液均有明显的止血作用和升高血小板作用,提示凤尾草升高血小板作用是其止血机理之一,也是其治疗血小板减少性出血的药理基础。汪燕等^[65]研究发现,凤尾草可明显提高 D-半乳糖致衰老模型小鼠的胸腺系数和脾脏系数,对抗小鼠脑组织自由基 NO,抑制 NOS 活性,起抗衰老作用。张海涛等^[66]研究发现,凤尾草水提液可降低血液中的铅含量,

且能显著增加脾脏系数。

3 结语

现代研究表明,凤尾草的化学成分结构类型丰富,具有很好的抗肿瘤、抗氧化、抗糖尿病、抗诱变、抗菌等作用,然而,其药效物质基础和作用机制尚未完全明确,今后应加强相关研究,为合理开发该资源提供科学依据。

参考文献

- [1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草:第 7 卷[M]. 上海:上海科学技术出版社,1999:950.
- [2] 姜纪武,蒋建伟,金明. 比色法测定凤尾草中黄酮类化合物的含量[J]. 中国药学杂志,1996,31(10):618.
- [3] LU H, HU J, ZHANG L X, et al. Bioactive constituents from *Pteris multifida*[J]. Plant Med, 1999, 65(6):586-587.
- [4] 胡浩斌,郑旭东. 青蕨根化学成分的研究(英文)[J]. 天然产物研究与开发, 2004, 16(5):379-382.
- [5] 胡浩斌,郑旭东. 青蕨根化学成分的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(2):169-171.
- [6] 胡浩斌,郑旭东. 青蕨植物化学成分的研究(英文)[J]. 西北植物学报, 2005, 25(4):781-785.
- [7] HU H B, ZHENG X D, CAO H. Xanthone O-glycosides from the roots of *Pteris multifida*[J]. J Chinese Chem Soc, 2006, 53(2):459-464.
- [8] QIN B, ZHU D Y, JIANG S H, et al. Chemical constituents of *Pteris multifida* and their inhibitory effects on growth of rat prostatic epithelial cells *in vitro*[J]. Chinese J Nat Med, 2006, 4(6):428-431.
- [9] ZHENG X D, HU H B, HU H S. Two new neolignan glycosides from *Pteris multifida* Poir. [J]. Indian J Chem, 2008, 39(37):773-777.
- [10] ZHENG X D, HU H B, HU H S. A new neolignan glycoside from *Pteris multifida* Poir. [J]. Cheminform, 2008, 39(44):1250-1252.
- [11] HARINANTENAINA L, MATSUNAMI K, OTSUKA H. Chemical and biologically active constituents of *Pteris multifida*[J]. J Nat Med, 2008, 62(4):452-455.
- [12] 欧阳丹薇,杨培明,孔德云. 凤尾草化学成分的研究[J]. 中国医药工业杂志, 2008, 39(12):898-900.
- [13] 王文蜀,王志骞,周亚伟. 凤尾草化学成分研究[J]. 中药材, 2008, 31(8):1165-1167.
- [14] 欧阳丹薇,孔德云,许海燕,等. 高速逆流色谱法分离凤尾草中的芹菜素和木犀草素[J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(5):822-825, 839.
- [15] 舒积成,张锐,张维,等. 凤尾草中黄酮类化学成分研究[J]. 中成药, 2012, 34(6):1122-1126.
- [16] 刘建群,任晓静,舒积成,等. HPLC 法同时测定凤尾草中 5 种黄酮类化合物的含量[J]. 林产化学与工业, 2013, 33(1):117-120.
- [17] SON H L, THAO T H P. *In vitro* antioxidant and anticancer properties of active compounds from methanolic extract of *Pteris multifida* Poir. leaves [J]. European J Med Plants, 2014, 4(3):292-302.
- [18] 姚学军,孟蕊蕊,王喆. 凤尾草抗糖尿病活性成分的研究[J]. 中成药, 2014, 36(8):1782-1785.
- [19] 苗得足,高峰,鞠建刚. 凤尾草化学成分研究[J]. 今日健康, 2014, 13(3):208-209.
- [20] 刘建群,刘建,蒋伟,等. 凤尾草药材质量标准研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(10):1855-1859.
- [21] DAI G C, HU B, ZHANG W F, et al. Chemical characterization, anti-benign prostatic hyperplasia effect and subchronic toxicity study of total flavonoid extract of *Pteris multifida*[J]. Food Chem Toxicol, 2016, 97(11):1-8.
- [22] MURAKAMI T, MAEHASHI H, TANAKA N, et al. Chemical and chemotaxonomical studies on filices 55. Studies on the constituents of several species of pteris[J]. Yakugaku zasshi, 1985, 105(7):640-648.
- [23] HU H B, JIAN Y F, ZHENG X D, et al. A new sesquiterpene glycoside from the roots of *Pteris multifida* Poir. [J]. Cheminform, 2006, 37(39):1274-1277.
- [24] HU H B, ZHENG X D, HU H S, et al. Three antibacterial compounds from the roots of *Pteris multifida*[J]. Chem Nat Compd, 2009, 45(1):45-48.
- [25] GE X, YE G, LI P, et al. Cytotoxic diterpenoids and sesquiterpenoids from *Pteris multifida*[J]. J Nat Prod, 2008, 71(2):227-231.
- [26] OUYANG D W, NI X, XU H Y, et al. Pterins from *Pteris multifida*[J]. Plant Med, 2010, 76(16):1896-1900.
- [27] LIU J Q, SHU J C, ZHANG R, et al. Two new pterisin dimers from *Pteris multifida* Poir. [J]. Fitoterapia, 2011, 82(8):1181-1184.

- [28] 舒积成,潘景行,张锐,等. 凤尾草中倍半萜类成分研究[J]. 中成药, 2011,33(12):2104-2107.
- [29] SHU J C,LIU J Q,ZHONG Y Q,et al. Two new pterisin sesquiterpenes from *Pteris multifida* Poir. [J]. Phytochem Lett,2012,5(2):276-279.
- [30] WANG Y S,LI F Y,HUANG R,et al. Chemical constituents of *Pteris multifida*[J]. Chem Nat Compd,2013,49(4):629-631.
- [31] 徐宏懿,李凤亚,杨明明,等. 凤尾草化学成分研究(I)[J]. 云南民族大学学报(自然科学版),2013,22(5):317-319.
- [32] 彭财英,高映,崔航青,等. 凤尾草中 α -葡萄糖苷酶抑制剂的分离及结构鉴定[J]. 时珍国医国药,2017,28(1):31-33.
- [33] WOERDENBAG H J,LUTKE L R,BOS R,et al. Isolation of two cytotoxic diterpenes from the fern *Pteris multifida*[J]. Zeitschrift für naturforschung C,1996,51(9/10):635-638.
- [34] 刘清飞,秦明珠. 凤尾草根茎的化学成分研究[J]. 中草药,2002,33(2):113-114.
- [35] 舒积成,潘景行,张锐,等. 凤尾草化学成分研究[J]. 中国药房,2012,23(15):1383-1385.
- [36] NI G,FU NJ,ZHANG D,et al. An unusual dihydrobenzofuroisocoumarin and *ent*-kaurane diterpenoids from *Pteris multifida*[J]. J Asian Nat Prod Res,2015,17(5):423-429.
- [37] KIM J W,SEO J Y,OH W K,et al. Anti-neuroinflammatory *ent*-kaurane diterpenoids from *Pteris multifida* roots[J]. Molecules,2017,22(1):27.
- [38] OKUNO M,KAMEOKA H,YAMASHITA M,et al. Components of volatile oil from plants of Polypodiaceae[J]. Yukagaku,1993,42(1):44-48.
- [39] 程存归,毛姣艳. 三种蕨类植物挥发油的化学成分研究[J]. 林产化学与工业,2005,25(2):107-111.
- [40] HU H B,CAO H,JIANG Y F,et al. Chemical constituents and antimicrobial activities of extracts from *Pteris multifida*[J]. Chem Nat Compd,2008,44(1):106-108.
- [41] 陈锋,陈欢,李舒婕,等. 超临界 CO₂萃取法与水蒸气蒸馏法提取凤尾草挥发油化学成分的比较[J]. 中药材,2013,36(8):1270-1274.
- [42] OKUNO M,KAMEOKA H,YAMASHITA M,et al. Chemical components in plants of Polypodiaceae. Methanol extracts from Inomotosou(*Pteris multifida* Poiret)[J]. Yukagaku,1994,43(8):653-655.
- [43] 王刚,张利敏. 凤尾草提取物的抗肿瘤活性的研究[J]. 河北省科学院学报,2008,25(4):52-54.
- [44] 陈岩,杨丽杰,黄智坤,等. 凤尾草提取物对不同肿瘤细胞生长抑制作用研究[J]. 中华中医药学刊,2012(7):1610-1611.
- [45] 孔维鑫,杨永明,邵君,等. 凤尾草总黄酮抑制骨肉瘤 MG-63 细胞迁移及其机制的初步研究[J]. 辽宁中医药大学学报,2013,15(1):42-44.
- [46] 王文芳,陈岩,王智勇. 凤尾草提取物体内抗肿瘤作用的研究[J]. 中国中医药科技,2013,20(3):259-260.
- [47] YU C Q,CHEN J W,HUANG L. A study on the antitumor effect of total flavonoids from *Pteris multifida* Poir. in H22 tumor-bearing mice[J]. Afr J Tradit, Complem and Altern Med,2013,10(6):459-463.
- [48] 刘银凤,张龙,杨大为,等. 凤尾草总黄酮抑制 U251 细胞迁移的体外研究[J]. 承德医学院学报,2014,31(2):93-95.
- [49] WANG T C,TI M C,LO S C,et al. Free radical-scavenging activity of aqueous extract of *Pteris multifida* Poiret[J]. Fitoterapia,2007,78(3):248-249.
- [50] WANG T C,LEE H I,YANG C C. Evaluation of *in vitro* antioxidant and anti-lipid peroxidation activities of Ching-Pien-Tsao (*Pteris multifida* Poiret)[J]. Taiwan Nongye Yanjiu,2009,58(1):55-60.
- [51] LAN K P,SHEN Y P,LEE S H,et al. Antioxidant and free radical-scavenging activities of *Pteris multifida* Poiret aqueous extract[J]. J Food Quality,2011,34(4):252-258.
- [52] 余有贵,赵良忠,段林东,等. 凤尾草抗菌药物的提取与开发研究[J]. 邵阳高等专科学校学报,2001,14(3):199-203.
- [53] 余有贵,赵良忠,段林东,等. 凤尾草功能成分提取与抗菌效果研究[J]. 中国饲料,2004(23):23-24.
- [54] 刘湘红,刘远超,韩晓萍,等. 凤尾草不同溶剂提取功能成分的抗菌效果比较[J]. 中兽医学杂志,2013(3):9-11.
- [55] 赵锦慧,陈琛,刘中华,等. 中草药凤尾草两种提取物的抑菌活性研究[J]. 时珍国医国药,2013,24(5):1110-1111.
- [56] 单玉喜,薛波新,向贵,等. 单味中药凤尾草颗粒剂治疗慢性前列腺炎(ⅢA型)87例[J]. 中医杂志,2008,49(6):549.
- [57] 薛波新,单玉喜,向贵,等. 凤尾草颗粒剂治疗良性前列腺增生症的临床疗效评价[J]. 中国中西医结合杂志,2008,28(5):456-458.
- [58] 代光成,王瑞涛,唐维,等. 凤尾草总黄酮对大鼠前列腺增生的治疗作用及其机制[J]. 中华实验外科杂志,2013,30(12):2506-2508.
- [59] 代光成,杨金辉,王瑞涛,等. 凤尾草总黄酮治疗大鼠非细菌性前列腺炎[J]. 中华实验外科杂志,2015,32(5):1104-1106.
- [60] LEE H,LIN J Y. Antimutagenic activity of extracts from anticancer drugs in Chinese medicine[J]. Mutat Res,1988,204(2):229-234.
- [61] WANG T C,LIN C C,LEE H I,et al. Anti-hyperlipidemic activity of spider brake (*Pteris multifida*) with rats fed a high cholesterol diet[J]. Pharm Biol,2010,48(2):221-226.
- [62] 刘建群,张维,高书亮,等. 凤尾草对雷公藤甲素致小鼠肝损伤的保护作用研究[J]. 中国药房,2010,21(43):4033-4035.
- [63] 杨亚雯,杨坤,张梦如,等. 凤尾草对四氧嘧啶致糖尿病小鼠血糖的影响[J]. 徐州医学院学报,2011,31(2):109-110.
- [64] 李燕,吴皓东. 中药凤尾草止血作用的实验研究[J]. 新疆中医药,2012,30(5):50-51.
- [65] 汪燕,邵建兵,严小萍. 凤尾草抗衰老作用研究[J]. 河北医学,2012,18(9):1230-1233.
- [66] 张海涛,唐旗玲,臧芳,等. 凤尾草水提取液排铅效果的实验研究[J]. 广东药学院学报,2013,29(6):643-645.

(上接第 79 页)

- [19] 温叶杰,肖娟,董丽红,等. 荔枝果肉多酚不同极性分部的构成谱及其抗氧化活性比较[J]. 食品科学技术学报,2016,34(3):31-39.
- [20] BHOOPAT L,SRICHAIRATANAKOOL S,KANJANAPOTHI D,et al. Hepatoprotective effects of lychee(*Litchi chinensis* Sonn.). A combination of antioxidant and anti-apoptotic activities [J]. J Ethnopharmacol,2011,136(1):55-66.
- [21] 罗威,钟萍,胡杰. 超声波辅助提取荔枝核多酚工艺的响应面优化[J]. 轻工科技,2014(2):11-13.
- [22] WANG L J,LOU G D,MA Z J,et al. Chemical constituents with antioxidant activities from litchi(*Litchi chinensis* Sonn.) seeds[J]. Food Chem,2011,126(3):1081-1087.
- [23] 颜仁梁,刘志刚. 荔枝核多酚类物质的分离与鉴定[J]. 中药材,2009,32(4):522-523.
- [24] DUAN X W,WU G F,JIANG Y M,et al. Evaluation of the antioxidant properties of litchi fruit phenolics in relation to pericarp browning prevention[J]. Molecules,2007,12(4):759-771.
- [25] 黄晓兵,李积华,彭芍丹,等. 五个产地荔枝核中药饮片抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技,2014,35(22):91-94.
- [26] LI J R,JIANG Y M. Litchi flavonoids: Isolation, identification and biological activity [J]. Molecules,2007,12(4):745-758.
- [27] 马艳芳,刘敏,钟莉莉,等. 荔枝的活性功能及主要功能物质研究进展[J]. 现代生物医学进展,2016,16(3):586-588.
- [28] 刘新,余小平,游江舟,等. 荔枝皮中原花青素提取工艺优化及其黄烷-3-醇 HPLC 分析[J]. 食品与机械,2012,28(6):154-158.
- [29] 谢三都,陈惠卿. 响应面法优化荔枝壳粗多酚提取工艺条件的研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版),2012,28(4):99-103.
- [30] 赵文华,韩淑琴,王俊,等. 超声-微波协同萃取法提取荔枝壳中多酚[J]. 山东化工,2015,44(5):68-70,73.
- [31] JIANG G X,LIN S,WEN L R,et al. Identification of a novel phenolic compound in litchi(*Litchi chinensis* Soma.) pericarp and bioactivity evaluation [J]. Food Chem,2013,136(2):563-568.
- [32] 乔小瑞,烟利亚,刘兴岚,等. 荔枝壳多酚提取工艺的响应面法优化及自由基清除活性研究[J]. 中国食品学报,2010,10(5):22-30.
- [33] 李书艺,吴倩,汪荣,等. 膳食补充剂荔枝壳原花青素对大鼠排泄物的影响[J]. 食品科学,2013,34(15):267-271.
- [34] 张晓晖,孙智达,李书艺,等. 荔枝壳原花青素对腺病毒小鼠心肌细胞凋亡的作用及其机制研究[J]. 中国药理学通报,2015,31(7):931-935.
- [35] 李书艺,周玮婧,孙智达,等. 荔枝皮原花青素的体外抗氧化活性和对 DNA 损伤的保护作用[J]. 食品科学,2010,31(1):14-18.
- [36] 王庆华,邓志刚,刘山,等. 荔枝壳提取物对酪氨酸酶的抑制作用[J]. 日用化工工业,2010,40(1):31-34.
- [37] 李书艺,秦新光,程吉祥,等. 荔枝皮原花青素对模拟食品体系中糖基化终产物的抑制效果[J]. 农业工程学报,2016,32(8):299-305.