

巫山淫羊藿资源、人工种植及 活性成分转化应用研究进展

陈芳^{1,2*}, 南延明¹, 宋伟¹, 仇鹏¹, 李心怡¹, 贺宁¹, 吕生波³

(1. 安康学院 陕西省富硒食品工程实验室, 陕西 安康 725000; 2. 安康学院 秦巴中药资源开发与利用陕西省高校工程研究中心, 陕西 安康 725000; 3. 安康康元医药科技有限公司, 陕西 安康 725000)

摘要: 巫山淫羊藿是《中华人民共和国药典》规定的淫羊藿属植物 5 个品种之一, 其用药历史悠久、药效显著、活性成分含量高、种植面积大, 是当前主流品种之一。但现代分析发现巫山淫羊藿的淫羊藿苷含量低, 达不到《中华人民共和国药典》规定量, 而被单列, 致使其开发应用受限、种植面积有所缩减。综述我国巫山淫羊藿资源状况、形态与生长特征、人工种植、主要活性物质种类与功效及其转化、加工制备等新近研究文献, 为促进巫山淫羊藿人工种植、加大其加工制备及其产品开发应用产业化提供参考。

关键词: 巫山淫羊藿; 总黄酮; 朝藿定 C; 人工种植; 生物转化

DOI: 10.11954/ytctyy.202405050

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

中图分类号: R282

文献标识码: A

文章编号: 1673-2197(2024)05-0248-08



Research Progress on the Resources, Artificial Cultivation and the Application of Active Ingredient Transformation of *Epimedium wushanense*

Chen Fang^{1,2*}, Nan Yanming¹, Song Wei¹, Qiu Peng¹, Li Xinyi¹, He Ning¹, Lyu Shengbo³

(1. Shaanxi Engineering Labs of Se-Enriched Food, Ankang University, Ankang 725000, China; 2. Shaanxi Province Engineering and Technology Research Center for Development & Utilization of Qinba Traditional Chinese Medicine Resources, Ankang University, Ankang 725000, China; 3. Ankang Health Element Pharmtech Co., Ltd., Ankang 725000, China)

Abstract: *Epimedium wushanense* is one of the five varieties of *Epimedium* plants specified in the *Chinese Pharmacopoeia*. It has a long history of medication, significant efficacy, high content of active ingredients, and a large planting area, making it one of the current mainstream varieties. However, modern analysis has found that the content of icariin in *Epimedium wushanense* is relatively low, which cannot meet the requirements of the *Chinese Pharmacopoeia* and has been listed separately, resulting in obstacles in its development and application, as well as a reduction in the planting area. Through a review of recent research literature on the resource status, morphology and growth characteristics, artificial cultivation, types and efficacy of main active substances and their transformation, as well as processing and preparation of *Epimedium wushanense*, to provide a theoretical basis for promoting artificial cultivation of *Epimedium wushanense* and increasing its processing and products industrialization development and application.

Keywords: *Epimedium wushanense*; Total Flavonoids; Epimedin C; Artificial Cultivation; Biotransformation

巫山淫羊藿(*Epimedium wushanense* T. S. Ying) 为小檗科淫羊藿属多年生草本药用植物, 具有强筋骨、补肾阳、祛风湿等药效, 其曾被《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》) 收录为淫羊藿药材的 5 个来源之一^[1-2]。自《中国药典》(2010 版) 以后淫羊

藿药材以总黄酮和淫羊藿苷含量为质量控制指标, 巫山淫羊藿黄酮类成分朝藿定 C 含量高, 淫羊藿苷含量低, 常达不到《中国药典》规定量 0.5%, 而被单列^[3]。鉴于巫山淫羊藿悠久的药用历史, 良好的临床疗效, 淫羊藿总黄酮和朝藿定 C 含量高、产量大,

收稿日期: 2023-12-12

基金项目: 陕西省科技厅科技创新特色产业链项目(2021QFY12-03; 2019ZDLSF04-02); 安康学院科技创新团队项目(2022AYKJTD07); 国家级大学生创新创业项目(202211397021)

作者简介: 陈芳(1979—), 女, 博士, 安康学院教授, 研究方向为天然产物分离与功能产品研发。E-mail: 57476117@qq.com

仍是目前淫羊藿属药用植物的主流品种之一。现代中医药研究表明,淫羊藿属植物及其药效成分,具有保护心血管、参与骨代谢、调节免疫、保护神经、延缓衰老、抗疲劳以及抗肿瘤等功效,且尚未发现其对机体正常细胞和组织有明显的药物毒害作用,故其在医药、功能食品和饲料等领域均具有重要用途^[4-9]。学界已对巫山淫羊藿资源分布、形态特征、生长特性与人工栽培及其活性成分种类、含量、转化和产品加工制备进行了大量系统性研究。

本研究综述近年来巫山淫羊藿资源分布、形态与生长特性、人工种植、活性成分分析检测、黄酮苷类活性成分转化以及产品开发应用文献,以期为解决现行《中国药典》标准下,巫山淫羊藿原药材达不到标准而被单列,使其种植面积有所缩减,产品应用受限,以及高效利用巫山淫羊藿有效成分、提高其活性成分药效及其功能产品开发应用产业化提供参考。

1 巫山淫羊藿资源分布与形态特征

1.1 巫山淫羊藿资源分布状况

巫山淫羊藿为多年生常绿草本植物,常生于海拔 500~2 000 m 的林下、灌木丛、阴湿山谷或河边杂木林地,主产于四川、重庆、贵州、陕西、湖北、广西等地,模式标本产地为重庆巫山县。2003 年,郭宝林等^[10]调查发现,巫山淫羊藿在我国主要分布于两个相对分离的狭窄区域,其一为四川东部、重庆北部、陕西南部以及湖北西部有少量分布;其二为贵州东南部,广西北部有少量分布,其中四川苍溪和南充,重庆巫山和万源,陕西安康镇坪和平利,贵州的雷山、独山、三都、从江、台江和凯里等地有明确的巫山淫羊藿分布记录,且大多生长于海拔 750~1 300 m 的山坡灌草丛中。石登红等^[11]研究表明,贵州省东南部黔东南苗族侗族自治州、东北部香纸沟喀斯特地貌区,有丰富的野生巫山淫羊藿资源分布;魏德生等^[12]报道雷山县及其周边地区是贵州省巫山淫羊藿的主产区,大多分布于海拔 800~2 000 m 的低、中山地的灌丛疏林下或林缘半阴湿的阴坡、沟谷、山坡地带。吕居娴等^[13]调查发现,陕西巫山淫羊藿主产于陕南巴山山系的安康镇坪、平利,以及汉中南郑、镇巴等地,海拔 500~1 400 m 林下、灌丛、阴湿山谷。唐琴等^[14]通过查阅巫山淫羊藿数字标本和实物标本,分析得出巫山淫羊藿狭域分布于重庆巫山县和巫溪县,湖北巴东县、兴山县和神农架林区,集中分布区仅为巫山县和巴东县。综上可知,巫山淫羊藿自然分布区域基本一致。

1.2 巫山淫羊藿形态特征与鉴别

尽管巫山淫羊藿被《中国药典》单列,但由于其

产量高,分布和种植面积大,仍规定其来源为同属植物巫山淫羊藿的干燥叶,是目前药用淫羊藿属植物的主流品种之一。有学者已对《中国药典》收录的不同品种的淫羊藿形态特征进行了系统的分析鉴别。王丹红^[15]认为巫山淫羊藿与《中国药典》记载的其他淫羊藿品种相比更易鉴别:其叶形狭长,长可达宽的 6 倍左右,叶中脉维管束为 7 个,叶片质地硬脆。唐琴等^[14]、康帅等^[16]通过标本或实地采样对巫山淫羊藿基原进行系统的显微观察,巫山淫羊藿植株高 20~116 cm,根状茎结节状,粗短,直径 4~11 mm,质地坚硬,表面褐色鳞片,须根多。一回三出复叶基生和茎生,带长柄;3 枚小叶,具柄,革质叶片,长 5.8~24.6 cm,宽 1.8~9.1 cm,先端叶渐尖或长渐尖,叶缘带刺锯齿,基部心形,顶生小叶基部有均等的圆形裂片,侧生小叶基部裂片偏斜,内部裂片小圆形,外部裂片大三角形渐尖,叶面无毛,背面秃净或被绵毛,花茎具 2 枚对生叶。顶生圆锥花序,长 6~34 cm,具花 6~118 朵,序轴无毛;花梗长 1~2 cm,无毛;花色淡黄,直径 3.0~3.5 cm;萼片 2 轮,外萼长圆形,长 4~6 mm,宽约 2 mm,内萼阔椭圆形,长 8~15 mm,宽 5~8 mm,花瓣呈角状距,呈黄色、浅黄色或乳白色,向内弯曲,长 15~22 mm,基部有明显瓣片,高约 7 mm;雄蕊长约 5 mm,花丝长 1 mm 左右,花药长约 4 mm,瓣裂,裂片外卷;雌蕊长约 5 mm,子房斜圆柱状,有长花柱,含胚珠 10~12 枚,蓇葖果长约 1.5 cm,宿存花柱喙状。由于巫山淫羊藿花形多变,郭宝林等^[17]将巫山淫羊藿及其相似的几种淫羊藿描述为叶形比较一致,花形态多样的一个物种。巫山淫羊藿与拟巫山淫羊藿(*E. pseudowushanense*)、青城山淫羊藿(*E. qingchengshanense*)和镇坪淫羊藿(*E. ilici folium*)这三种淫羊藿叶片形态相似,容易混淆,但各自花冠形态各异容易区分,并且各自分布于不同区域。因此,无论是学术专业的细微分类,还是产地、市场上一般鉴别,巫山淫羊藿叶、茎、花形态与《中国药典》规定的其他几个品种淫羊藿有明显差异。

2 巫山淫羊藿生长特性及其人工栽培研究进展

近年来,因市场需求量大,淫羊藿价格持续上升,野生资源遭到掠夺性采挖,人工种植是解决野生资源濒临枯竭的必由之路。巫山淫羊藿是较早开展人工种植实验研究的物种,大量研究集中于其生长繁殖特征、育种育苗、人工栽培等方面。

2.1 巫山淫羊藿生长繁殖特征

研究表明,巫山淫羊藿在自然适宜环境下,多数在 1 月下旬萌芽,3 月萌芽盛期,4 月下旬展叶,4 月下旬至 5 月中旬为花期,5 月初至 6 月中旬为种子成熟期,夏、秋季生长缓慢,进入叶与枝生长,叶变宽变

大,颜色由淡黄变为深绿,冬季地上部分生长停滞,地下活动芽膨大。在自然状态下,巫山淫羊藿繁殖可分为无性繁殖和有性繁殖两种。无性繁殖主要通过根茎繁殖、分株繁殖、组织繁殖等方式,无性繁殖具有成活率高、生长迅速等特点。有性繁殖主要通过异花授粉结实繁殖,种子繁殖存在休眠期长、发芽率低且生长缓慢等特性。

2.2 种子繁育与品种选育研究

针对巫山淫羊藿种子存在休眠期且发芽率低等问题,学界对巫山淫羊藿种子休眠特性和破眠进行了相关研究。樊家乙等^[18]发现,5℃低温层积90天是最佳的破眠方法,可促进种胚形态发育,提高发芽率。苏贺^[19]研究发现,巫山淫羊藿种子为非深度复杂型形态生理休眠种子,变温层积可解除生理休眠,低温层积解除形态休眠。此外,还发现一定浓度配比的氟啶酮、赤霉素混合溶液,能显著提高种子休眠解除率,增加种子发芽速度和成苗率。杜明凤等^[20]研究发现,淫羊藿属植物种内自交不亲和,结实率显著低于其种内杂交,种间有较好的杂交亲和性。巫山淫羊藿为异花授粉植物,属于广亲和的花粉受体,种间杂交中适合作母本,这种广亲和特性对该属植物种间杂交、品种遗传改良等均有重要意义^[21]。王怡等^[22]研究发现,野生巫山淫羊藿不同位置花蜜分泌和结实率不同,在育种或实验中应选择基部种子利于种子萌发成活和维持种群稳定。此外,周海琴等^[23]、王斌^[24]分别用巫山淫羊藿分蘖芽、萌发幼苗子叶、总叶柄顶端、茎为外植体,建立外植体消毒、诱导愈伤组织及生根培养基研究,为巫山淫羊藿组培快繁奠定基础。WANG等^[25]对全国主产区的7个种群巫山淫羊藿种质资源进行分析,认为湖北的两个种群HBXW和HBGK的栽培质量最高,可为标准化栽培提供优良的遗传资源。在优良品种选育方面,中国科学院利用系统选育法已筛选出“中科巫山1号”优良品种,该品种叶片朝藿定C和总黄酮含量均远高于《中国药典》标准,不仅产量高,且适用于人工大规模种植。

2.3 巫山淫羊藿人工栽培研究现状

2.3.1 引种仿生栽培研究 早期,巫山淫羊藿人工栽培研究主要通过引种、仿野生生境进行栽培技术研究。魏德生等^[26]通过无性分株繁殖栽培对巫山淫羊藿进行种植实验研究,结果表明,适宜巫山淫羊藿生长的气候条件为阴雨天多,空气湿度大,林下光照强度弱等自然条件,遮阴和湿度条件是人工种植成功的关键措施。孙超等^[27-29]研究了巫山淫羊藿引种栽培,以及人工栽培过程中淫羊藿苷含量动态分布规律,结果表明,通过分茎引种、育苗移栽,夏、秋、

冬季栽培等人工栽培方式的巫山淫羊藿均可完成萌芽、开花、结实等生活史,并能安全越冬,人工种植产生种子经休眠期萌发成实生苗,表明该物种人工栽培的可行性,还发现人工栽培的巫山淫羊藿活性成分淫羊藿苷在叶中含量最高,须根次之,二者均可入药,6月下旬为最适宜的收获期。

2.3.2 人工栽培技术研究 在引种栽培、种子繁殖和育苗研究基础上,学界对巫山淫羊藿种植技术进行了大量研究。高辉等^[30]研究不同栽培方式对巫山淫羊藿生长的影响,结果发现,栽培密度和根茎长度影响巫山淫羊藿营养生长,栽培深度对植株的营养和生殖生长均有较大影响。王雪飞等^[31]研究发现,气候和地理位置对巫山淫羊藿等药材品质有较大影响,土壤为非主要因子,适量磷肥、氮肥可提高淫羊藿药材的品质。王辉等^[32]研究表明,适宜的遮阴有利于巫山淫羊藿植株的生长。钱一凡等^[33]研究发现,合理使用有机肥或适宜比例的N、P、K有助于提高产量。陈建海等^[34]构建了巫山淫羊藿品质的施肥指标体系,结果表明,N、P和K单因子施肥量提高,巫山淫羊藿的产量和有效成分含量呈先升后降趋势,N、P和K肥间相互作用存在阈值,低于阈值均表现协同促进,高于阈值均表现拮抗作用。范曾丽^[35]研究了增温对盆栽淫羊藿属植物生长发育及生理特性的影响,结果表明,增温2℃较增温5℃更显著地增加巫山淫羊藿植株株高、叶长、叶宽及叶面积,但会导致巫山淫羊藿叶中淫羊藿苷、总黄酮含量下降。此外,还探索建立了巫山淫羊藿栽培的光响应曲线模型,为淫羊藿属植物栽培光照条件提供参考^[36]。于东悦等^[37]探讨了淫羊藿药材无公害种植体系的土壤复合改良、种苗繁育、病虫害综合防治、合理施肥和田间综合管理等相关种植技术。截至目前,许多研究者对巫山淫羊藿生长特性、种子繁育以及人工种植技术进行了系统研究,为巫山淫羊藿及其他种淫羊藿药材人工规模化栽培提供了可靠技术支持。

3 巫山淫羊藿活性成分及其功效研究进展

目前,已从不同种类淫羊藿属植物中分离出黄酮类化合物、多糖、有机酸、生物碱、木脂素等270多种化合物,其中,黄酮类化合物及其衍生物是其主要药效成分。巫山淫羊藿主要活性成分种类、含量、分布规律及其结构也有较全面和深入的研究。

3.1 黄酮类活性成分及其功效研究

3.1.1 黄酮类活性成分种类、含量及其分布规律 目前已分离鉴定出淫羊藿属植物黄酮类化合物有63种,不同品种淫羊藿黄酮类活性成分种类和含

量有所不同^[38]。淫羊藿黄酮类物质结构特点是黄酮、苯色酮环上 8 号碳上有异戊二烯基(见图 1),不同淫羊藿黄酮分子由 R_1 和 R_2 基团不同所致。JIANG J 等^[39]报道从两种或两种以上淫羊藿属植物中分离鉴定出 36 种主要黄酮类成分,其中,淫羊藿苷(Icariin)、朝藿定 A(Epimedin A)、朝藿定 B(Epimedin B)和朝藿定 C(Epimedin C)和宝藿苷 I(Icari-sideII)这 5 种异戊烯基类黄酮类化合物是巫山淫羊藿等物种的主要活性成分(见表 1)。现行《中国药典》规定,巫山淫羊藿药材朝藿定 C 含量不得少于 1.0%。研究表明,朝藿定 C 是巫山淫羊藿含量最高的黄酮类化合物,从化合物的结构上看,朝藿定 C 比淫羊藿苷在 3 位上多接了 1 个鼠李糖。除朝藿定 C 外,巫山淫羊藿还含有相当量的其他 4 种黄酮类化合物(见表 1)。因此,《中国药典》还规定巫山淫羊藿总黄酮含量也是其质量评价的指标。

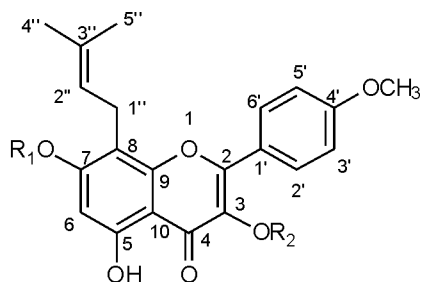


图 1 淫羊藿黄酮的结构式

表 1 常见的淫羊藿黄酮 R_1 和 R_2 基团

淫羊藿黄酮	R_1	R_2
淫羊藿苷	7-O- β -D-Glc-	3-O- α -L-Rha-
朝藿定 A	7-O- β -D-Glc-	3-O-[β -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 2)- α -L-Rha-]
朝藿定 B	7-O- β -D-Glc-	3-O-[β -D-Xyl-(1 $\rightarrow$ 2)- α -L-Rha-]
朝藿定 C	7-O- β -D-Glc-	3-O-[α -L-Rha-(1 $\rightarrow$ 2)- α -L-Rha-]
宝藿苷 I	7-H	3-O-Rha-Icariitin

分析结果显示,不同产地、不同季节巫山淫羊藿药材总黄酮含量存在一定差异。付亮等^[40]研究发现,四川南江县巫山淫羊藿总黄酮含量为 9.103%。QUAN Q 等^[41]检测四川金城山野生巫山淫羊藿叶、茎、根总黄酮含量分别为(6.067% $\pm$ 0.239%)、(1.260% $\pm$ 0.070%)和(4.529% $\pm$ 0.067%)。西华师范大学人工栽培两年的巫山淫羊藿叶、茎、根总黄酮含量分别为(6.303% $\pm$ 0.089%)、(1.989% $\pm$ 0.055%)、(5.341% $\pm$ 0.080%)。仲玲利等^[42]对贵州龙里、雷山、麻江和 2 个当地 GAP 种植基地的 5 批巫山淫羊藿叶总黄酮、朝藿定 C 含量检测,结果分别为 8.67%、9.00%、9.26%、10.41%、9.11% 和 2.62%、2.90%、4.97%、2.77%、3.82%。张全明等^[43]检测了安康平利 1—12 月的巫山淫羊藿叶中总黄酮含量,结果表明,6 月份含量最低为 6.91%,4 月

份含量最高为 8.97%。

在研究巫山淫羊藿总黄酮含量的同时,许多学者对巫山淫羊藿不同部位黄酮类物质种类、含量及其分布做了较深入的研究。谢娟平等^[44-46]检测了不同生长期巫山淫羊藿根、茎、叶中朝藿定 C、双藿苷 A、淫羊藿苷、淫羊藿属苷 A 和淫羊藿属苷 C 五种黄酮类物质含量,结果表明,巫山淫羊藿叶中朝藿定 C 含量最高平均为 1.586%;巫山淫羊藿根中双藿苷 A 的含量最高,平均含量为 2.763%。谢娟萍等^[47]测定了 24 批重庆巫山、陕西安康、陕西汉中巫山淫羊藿叶中朝藿定 C 含量,结果表明,各产地样品中朝藿定 C 含量均超过 1.2%,重庆巫山样朝藿定 C 含量较高,均 $>4.0\%$ 。周颖欣等^[48]分析安康平利巫山淫羊藿根黄酮类化学成分发现,除含淫羊藿次苷 I、淫羊藿苷外,还含有相当量的柔藿苷。分析重庆巫山、陕西安康、贵州凯里巫山淫羊藿根、茎、叶中朝藿定 C、淫羊藿次苷 I 和淫羊藿苷含量,结果表明,巫山淫羊藿根、叶中朝藿定 C 含量较高,均 $>1.0\%$,而茎中含量少, $<0.6\%$,重庆巫山样根、叶中朝藿定 C 含量高于陕西安康、贵州凯里样;不同产地不同样品各部分样品均含有超过淫羊藿苷量的淫羊藿次苷 I,其淫羊藿苷含量均 $<0.5\%$ ^[49]。王悦云等^[50]分析了贵州、重庆不同产地的 33 批巫山淫羊藿样品,共同标定了 7 个共同峰,其中,朝藿定 C 是主要成分峰,其余朝藿定 A、朝藿定 B、淫羊藿苷,以及一个未知成分共有峰可作为巫山淫羊藿质量评价指标成分。成丽媛等^[51]检测了 23 批不同基源淫羊藿 11 种有效成分含量,其中,4 批四川、贵州巫山淫羊藿药材中的朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C、淫羊藿苷、箭藿苷 A、箭藿苷 B、宝藿苷等黄酮类物质含量分别为(1.87 $\pm$ 1.24)、(3.36 $\pm$ 1.43)、(27.71 $\pm$ 7.86)、(9.77 $\pm$ 5.74)、(0.92 $\pm$ 0.60)、(2.17 $\pm$ 0.52)、(2.17 $\pm$ 0.15)mg/g。WANG C 等^[25]检测了 7 个全国主要分布区具有代表性种群巫山淫羊藿样品中朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C、淫羊藿苷和总黄酮含量,其变化范围分别为 0.40%~0.76%、0.51%~0.83%、1.70%~9.31%、0.40%~1.23% 和 3.05%~10.61%。以上研究结果表明,不同产地、不同季节、野生或种植的巫山淫羊藿叶、茎和根所含黄酮类活性成分种类和含量存在一定差异,但黄酮类活性物质含量总体呈现叶 $>$ 根 $>$ 茎;人工种植 $>$ 野生;叶中总黄酮、朝藿定 C 含量均超过《中国药典》规定的 1.5 倍以上;朝藿定 A、B、C、宝藿苷 I 和淫羊藿苷是巫山淫羊藿最主要的五种黄酮类活性成分,总量占巫山淫羊藿饮片 1.61%~2.78%^[52];其中,朝藿定 C 是巫山淫羊藿含量最高的黄酮类成分。

3.1.2 巫山淫羊藿黄酮类活性成分功效研究

黄酮类化合物是巫山淫羊藿主要药效成分,研究表明,淫羊藿总黄酮在促进骨细胞增殖分化、抗骨质疏松等方面具有显著功效。季晖等^[53]研究表明,淫羊藿总黄酮(TFE)对摘除卵巢大鼠骨质疏松症有防治作用。李勇等^[54]研究发现,淫羊藿 TFE 具有促进体外培养的大鼠成骨细胞增殖、分化成熟,以及矿化结节形成的作用。PENG S 等^[55]研究表明,淫羊藿黄酮类物质促进骨髓基质细胞成骨细胞生成和抑制脂肪生成,对骨质疏松骨细胞发挥合成代谢调节作用。蒋俊等^[9]总结归纳了淫羊藿饮片中朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C、宝藿苷 I、淫羊藿苷 5 种主要黄酮类化合物的体内代谢过程、体内代谢产物与代谢途径,以及抗骨质疏松药效物质基础及机制研究进展。MA D 等^[55]归纳了淫羊藿提取物在骨关节炎、骨质疏松症、神经与精神疾病、心血管疾病、哮喘与肺部疾病、炎症肠病、肾脏疾病、皮肤病、自身免疫性病以及癌症等多个与慢性炎症有关的疾病模型中显示出良好的抗炎作用。韩庆贤等^[56]研究表明,淫羊藿 TFE 能通过抑制小胶质细胞介导的炎症反应,通过降低 TLR4/NF- κ B 炎症信号通路发挥保护髓鞘作用。盖李乐等^[57]发现,淫羊藿 TFE 可通过抑制 TGF β 1/Smad3 信号通路传导改善自然衰老大鼠肾脏纤维化。谢娟平等^[58]发现,巫山淫羊藿主要成分朝藿定 C 和双藿苷 A 具有抗炎作用。侯云飞等^[59]发现,淫羊藿朝藿定 C、淫羊藿苷可以有效提高小鼠入睡率、延长睡眠时间、减少活动次数及站立次数,且朝藿定 C 效果优于淫羊藿苷。LI H 等^[60]利用 DPPH 自由基清除活性试验发现,巫山淫羊藿素具有与维生素 C 相当的抗氧化活性。JIN J 等^[61]研究表明,淫羊藿苷具有保护神经系统功效。闵捷等^[4]从调节细胞增殖凋亡、抗内皮损伤、抗氧化应激、抗炎和调节血流动力学五个方面归纳总结淫羊藿苷在心血管保护方面的作用和机制。华辞怡等^[62]总结淫羊藿有效成分淫羊藿苷、宝藿苷 I、淫羊藿素具有多途径、多靶点的抗肿瘤特性,阐述其抗乳腺癌作用机制。

3.2 多糖类成分及其功效研究进展

从中药材中提取的水溶性多糖,多数无细胞毒性,具有增强免疫力、抗氧化、抗病毒等特定生物活性。CHEN X 等^[63]研究发现,淫羊藿多糖—蜂胶黄酮口服液可增强鸡肠黏膜免疫作用,可作为口服免疫增强剂使用。杨艳君等^[64]研究发现,淫羊藿多糖可以提高巨噬细胞的吞噬能力,促进巨噬细胞分泌细胞因子发挥肿瘤免疫活性,对淫羊藿干燥叶中多糖进行组成分析和免疫调节研究表明,淫羊藿 EPS-1-1 和 EPS-2-1 多糖均具很好的免疫调节活性。罗

露等^[65]总结巫山淫羊藿多糖是由甘露糖、鼠李糖、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖等单糖结合而成。李秋莹等^[66]比较了 4 种淫羊藿叶的多糖抗氧化活性,体外实验发现巫山淫羊藿多糖的 DPPH 自由基清除率最高、金属离子螯合能力最高,具有较好的抗氧化活性。李晓兵等^[67]对巫山淫羊藿叶多糖进行了提取、含量测定及体内抗氧化研究,结果表明,巫山淫羊藿叶多糖、糖醛酸的含量分别为 23.0%、14.24%;并证明淫羊藿多糖在体内也具有良好的抗氧化活性。

3.3 有机酸、生物碱、挥发油、木脂素活性成分与功效研究

药用植物中酚酸类有机酸主要具有抗菌、抗病毒、抑炎抗氧化等功效。成丽媛等^[51]研究发现,不同种淫羊藿属植物叶中均含有一定量的酚酸类有机酸,检测 4 批不同产地巫山淫羊藿叶中新绿原酸、绿原酸和隐绿原酸平均含量分别为(0.33 $\pm$ 0.15)、(0.76 $\pm$ 0.93)、(1.84 $\pm$ 2.18)mg/g,与其他种淫羊藿含量存在差异。木兰花碱、淫羊藿碱是淫羊藿属植物主要的生物碱类活性物质,成丽媛等^[51]检测不同产地巫山淫羊藿叶中木兰花碱含量为(1.94 $\pm$ 1.26)mg/g。淫羊藿属植物除含有上述化学成分,还含有棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸等挥发油类物质,具有理气发汗、抑菌止痛等功效。王丹红等^[68]共鉴定出巫山淫羊藿叶中 34 种挥发油成分,占总挥发油成分的 90.36%,其挥发油主要由 33.36% 羧酸类、21.79% 酮类、19.03% 烷类、醇类 12.92% 及 1.20% 炔类等物质组成。文治瑞等^[69]将贵州雷山基地 10 个巫山淫羊藿干燥叶挥发油成分相似的聚为一类,共鉴定出 62 种化学成分,其中棕榈酸含量最高,肉豆蔻酸峰值特异,可作为淫羊藿属植物挥发油成分的参照物。此外,研究表明,淫羊藿提取物含有木脂素类成分,具有促进神经生长等功效。江芳等^[70]从朝鲜淫羊藿中分离到 5 种木脂素类化合物,对大鼠骨肉瘤细胞 UMR106 增殖及碱性磷酸酶的活性有促进作用。目前,对淫羊藿属植物木脂素研究集中于箭叶淫羊藿、心叶淫羊藿及朝鲜淫羊藿等品种上,对巫山淫羊藿所含木脂素物质种类、含量以及功效研究较少。

3.4 其他活性成分

巫山淫羊藿还含有色原酮、蒽醌、鞣质、倍半萜、糖苷、甾醇等成分。罗露等^[65]总结巫山淫羊藿含有淫羊藿色原酮 A~C 化合物。王丹红从巫山淫羊藿叶乙醇提取物氯仿萃取分离得到 β -谷甾醇、胡萝卜苷类物质^[15]。谢娟平^[71]从巫山淫羊藿根中分离纯化得到齐墩果酸、金丝桃苷等物质。孟宁归纳总结巫山淫羊藿还含有槲皮素、槲皮苷类活性物质^[72]。

4 巫山淫羊藿黄酮苷类成分转化及其加工研究进展

4.1 巫山淫羊藿黄酮苷类成分转化

巫山淫羊藿多糖苷黄酮类化合物朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C 及低糖苷类化合物淫羊藿苷或宝藿苷 I 是其活性成分。研究表明,淫羊藿低糖苷、苷元类化合物具有类雌激素、抑炎和抗氧化等多种药理功效,其活性较多糖苷类化合物强。因此,许多学者对巫山淫羊藿多糖基黄酮苷类化合物(朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C、淫羊藿苷、宝藿苷 I 等)生物转化为低糖苷、苷元进行了大量研究,以提高巫山淫羊藿黄酮苷类成分生物活性。富盈昕等^[73]从大曲中筛选到 A. sp. y39 菌酶能将淫羊藿提取物中朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C 转化为淫羊藿苷、淫羊藿次苷 I、II。贾东升等^[74-75]研究了用纤维素酶、蜗牛酶水解淫羊藿总黄酮、淫羊藿苷制备淫羊藿低糖苷、苷元条件、工艺及过程,为巫山淫羊藿总黄酮酶转化淫羊藿低糖苷、苷元工业化生产提供理论依据。游离酶容易失活,工业化转化受限,彭静等^[76-77]、李瑞云等^[78]用固定化蜗牛酶转化淫羊藿苷,表明固定化蜗牛酶可以重复用于淫羊藿黄酮苷工业化转化生产。DONG Y 等^[79]报道了从嗜热菌中筛选出耐热 β -葡萄糖苷酶及 α -鼠李糖苷酶进行固定化,成功地将淫羊藿总黄酮(朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C、淫羊藿苷、淫羊藿次苷 I、II 等)协同转化为淫羊藿素。SUN X 等^[80]用 β -葡萄糖苷酶水解巫山淫羊藿黄酮苷衍生出 6 种新型戊烯基类黄酮苷,其中两种具促进睾酮生成的作用。除了上述酶转化制备高活性巫山淫羊藿低糖基黄酮苷活性物质外,张宇航等^[81]总结归纳了微生物转化法、植物细胞转化法、酸水解法及合成转化法对淫羊藿黄酮苷类化合物转化研究现状。总之,随着淫羊藿低糖苷类化合物药理作用研究的不断深入和新药研发的不断进步,目前市场上销售的淫羊藿提取物主要为淫羊藿黄酮苷类化合物,除含 20% 淫羊藿苷外,还含有 13%~14% 的朝藿定 A、B、C 等黄酮类活性物质,工业化转化制备巫山淫羊藿低糖苷类化合物势在必行。

4.2 巫山淫羊藿炮制加工应用研究

淫羊藿不同炮制品中淫羊藿黄酮类活性成分分布、含量变化会直接影响其临床应用效果。王丹红^[15]对巫山淫羊藿酒制品(酒蒸品、酒炙品和酒油共制品)进行炮制比较研究发现,巫山淫羊藿酒制品较其他炮制品有优势,并且多个指标评价均优于其油炙品。魏升华等^[82]研究了巫山淫羊藿生品和不同炮制品中总黄酮、淫羊藿苷、绿原酸的含量,结果表明,不同巫山淫羊藿制品中总黄酮的含量依次为:生品

>酒炙品>盐蒸品>盐炙品>羊脂炙品;淫羊藿苷的含量依次为:羊脂炙品>盐蒸品>盐炙品>酒炙品>生品;绿原酸的含量依次为:盐蒸品>酒炙品>盐炙品>生品>羊脂炙品。贾魁荣^[83]发现巫山淫羊藿炮制前后朝藿定 C 的含量变化明显,炮制后朝藿定 C 有明显下降趋势。谢娟平等^[84]研究了不同炮制方法对巫山淫羊藿炮制品中朝藿定 C、淫羊藿苷含量的影响,结果表明,加热炮制可促使巫山淫羊藿其他成分分解或转化为淫羊藿苷,羊脂油炙巫山淫羊藿中朝藿定 C 含量下降明显。高希梅等^[85]发现,温度对油炙巫山淫羊藿总黄酮和淫羊藿苷含量影响较大,120℃油炙巫山淫羊藿的总黄酮、淫羊藿苷含量最高,分别为 9.36%、0.48%。苏菲菲等^[86]采用星点设计一效应面法优选巫山淫羊藿的炮制最佳工艺为炮制温度 115℃,炮制时间 10 min,占锅体积 25%。徐佳元等^[87]在 160℃下加热炮制 20 min 时,巫山淫羊藿炮制品中淫羊藿苷含量达 0.96%,比未炮制品含量提升 8.56 倍,高于《中国药典》标准 0.50%。谭鹏等^[88]研究了巫山淫羊藿饮片 HPLC 特征图谱,结果发现,油炙后巫山淫羊藿黄酮类成分的含量发生变化,变化似与生品黄酮类成分含量的高低有关。此外,还发现不同巫山淫羊藿炮制品中朝藿定 C、淫羊藿苷、淫羊藿次苷 II 3 个黄酮类成分的油水分配系数不同,可解释巫山淫羊藿油炙后增效作用机制^[89]。总之,目前《中国药典》规定巫山淫羊藿炮制饮片有两种,一种是巫山淫羊藿叶干燥生品;另一种为羊脂油炙品。由于巫山淫羊藿炮制方法不同使得生品和油炙品黄酮类活性成分含量、油水分配系数不同,导致饮片机体吸收、功效不同,研究表明,巫山淫羊藿生品祛风湿、坚筋骨能力强,羊油炙品能增强温肾助阳作用。

5 结论

巫山淫羊藿在我国用药历史悠久,尽管巫山淫羊藿的淫羊藿苷含量较低,常达不到《中国药典》规定量的 0.5%,而被单列。鉴于其药效显著、资源丰富、人工种植技术成熟、产量大以及淫羊藿总黄酮、朝藿定 C 含量高,活性成分转化及其加工技术成熟等优点,目前仍是淫羊藿属植物药用的主流品种之一。当前,巫山淫羊藿药材过度依赖野生资源致使野生资源急剧减少,国内相关标准尚未完善,存在优良品种少、种植无序、质量不达标等问题,严重影响巫山淫羊藿药材安全、药效和持续开发应用。归纳总结巫山淫羊藿药材适宜产区、生长特征、人工种植现状,以及巫山淫羊藿活性物质转化、产品加工等方面的研究成果,分析巫山淫羊藿药材资源与种植栽培、活性物质种类与功效,以及加工制备技术研发创

新现状,以更好促进巫山淫羊藿野生资源保护、人工种植及其加工应用产业化健康持续发展。

参考文献:

- [1] ZHANG Y, LI J, WANG Y, et al. Taxonomy of *Epimedium* (Berberidaceae) with special reference to Chinese species[J]. Chinese Herbal Medicines, 2022, 14: 20-35.
- [2] 何顺志. 中国淫羊藿属植物彩色图鉴[M]. 贵阳: 贵州科学技术出版社, 2014.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 327-328.
- [4] 闵捷, 李雅琴, 罗云梅, 等. 淫羊藿苷的心血管保护作用及机制研究进展[J]. 中国新药与临床杂志, 2021, 40(11): 741-745.
- [5] PENG S, ZHANG G, HE Y, et al. *Epimedium*-derived flavonoids promote osteoblastogenesis and suppress adipogenesis in bone marrow stromal cells while exerting an anabolic effect on osteoporotic bone[J]. Bone, 2009, 45(3): 534-544.
- [6] WANG S, REN B, QIAN F, et al. Radioprotective effect of *epimedium* on neurogenesis and cognition after acute radiation exposure[J]. Neuroscience Research, 2019, 145: 46-53.
- [7] 罗则华, 杜倩, 奚鑫, 等. 基于网络药理学的淫羊藿抗疲劳作用机制研究[J]. 中草药, 2020, 51(11): 2997-3004.
- [8] INDRANI, ZHANG S, ZHANG Z, et al. Selective estrogen receptor modulator effects of *epimedium* extracts on breast cancer and uterine growth in nude mice[J]. Planta Medica, 2014, 80(1): 22-28.
- [9] 蒋俊, 崔莉, 孙娥, 等. 基于淫羊藿黄酮类化合物的体内代谢阐述其抗骨质疏松药效物质基础[J]. 中草药, 2014, 45(5): 721-729.
- [10] 郭宝林, 肖培根. 中药淫羊藿主要种类评述[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(4): 303-307.
- [11] 石登红, 武孔云, 田茂权, 等. 巫山淫羊藿群落特征分析[J]. 南方农业学报, 2014, 45(5): 731-736.
- [12] 魏德生, 杨相波, 付小兵, 等. 贵州省雷山县巫山淫羊藿资源及群落调查[J]. 现代中药研究与实践, 2010, 24(1): 21-24.
- [13] 吕居娴, 李映丽, 焦文旭, 等. 陕西淫羊藿资源调查研究[J]. 西北药学杂志, 1996, 11(S1): 4-6.
- [14] 唐琴, 彭昕桁, 田淑云, 等. 巫山淫羊藿的资源分布及形态特征研究[J]. 中药材, 2023, 46(7): 1648-1654.
- [15] 王丹红. 巫山淫羊藿化学成分研究及酒制淫羊藿初探[D]. 北京: 北京中医药大学, 2007.
- [16] 康帅, 鲁静, 张继, 等. 淫羊藿药典品的基原调查及性状显微鉴别研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(4): 696-704.
- [17] 郭宝林, 何顺志, 钟国跃, 等. 中国淫羊藿属(小檗科)二新种[J]. 植物分类学报, 2007, 45(6): 813-821.
- [18] 樊家乙, 郭巧生, 刘作易, 等. 巫山淫羊藿种子休眠特性及破眠方法研究[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(24): 3242-3245.
- [19] 苏贺. 巫山淫羊藿种子休眠机制及解除方法研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2016.
- [20] 杜明凤, 陈庆富. 淫羊藿属植物种内杂交和自交亲和性研究[J]. 种子, 2012, 31(5): 72-74.
- [21] 杜明凤, 陈庆富. 淫羊藿属植物种间杂交亲和性研究[J]. 种子, 2012, 31(8): 62-66.
- [22] 王怡, 黎云祥, 高辉, 等. 位置效应对巫山淫羊藿花蜜分泌和结实的影响[J]. 广西植物, 2013, 33(6): 769-773.
- [23] 周海琴, 朱国胜, 郭巧生, 等. 巫山淫羊藿分蘖芽组织培养研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(24): 3723-3727.
- [24] 王斌. 巫山淫羊藿有性生殖及组织培养研究[D]. 汉中: 陕西理工大学, 2022.
- [25] WANG C, TIAN S, TANG Q, et al. Systematic quality evaluation of *Epimedium wushanense* T. S. Ying based on two quality control standards: total flavonoid glycosides and epimedin c[J]. Chemistry Biodiversity, 2023, 20: 3-15.
- [26] 魏德生, 胡宝成, 付小兵, 等. 巫山淫羊藿保护抚育种植试验初报[J]. 现代中药研究与实践, 2010, 24(5): 14-16.
- [27] 孙超, 林昌虎, 邹剑灵, 等. 淫羊藿试种初报[J]. 中药材, 2003, 26(8): 544-545.
- [28] 孙超, 邹剑灵, 钟雁, 等. 淫羊藿属 3 种植物引种栽培研究[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(3): 274-275.
- [29] 孙超, 张勇民, 邹剑灵, 等. 人工栽培巫山淫羊藿苷含量研究[J]. 中华中医药杂志, 2005, 20(11): 670-671.
- [30] 高辉, 王辉, 权秋梅, 等. 不同栽培方式对巫山淫羊藿生长的影响[J]. 广西植物, 2012, 32(5): 663-668.
- [31] 王雪飞, 徐文芬, 王悦云. 淫羊藿有效成分含量与环境因子的相关性分析[J]. 时珍国医国药, 2021, 32(10): 2496-2500.
- [32] 王辉, 黎云祥, 权秋梅, 等. 遮荫对巫山淫羊藿生长及光合特性的影响[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2010, 31(3): 235-238.
- [33] 钱一凡, 黎云祥, 陈兰英, 等. 施肥对巫山淫羊藿和柔毛淫羊藿产量的影响[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2014, 35(1): 57-62.
- [34] 陈建海, 冯彬彬. 影响巫山淫羊藿品质的施肥指标体系构建[J]. 中草药, 2015, 46(12): 1819-1824.
- [35] 范曾丽. 增温对两种淫羊藿属植物生长发育及生理特性的影响研究[D]. 重庆: 西南大学, 2015.
- [36] FAN Z, QUAN Q, LI Y. Exploring the best model for describing light-response curves in two *epimedium* species[J]. Technology and Health Care, 2015, 23(S1): S9-S13.
- [37] 于东悦, 王瑛, 孙伟, 等. 淫羊藿属药用植物无公害种植技术探讨[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2018, 20(11): 2058-2066.
- [38] CHEN X, TANG Z, LI C, et al. Chemical constituents, quality control and bioactivity of *epimedium folium*(yinyanghuo)[J]. The American Journal of Chinese medicines, 2015, 43(5): 1-52.
- [39] JIANG J, ZHAO B, SONG J, et al. Pharmacology and clinical application of plants in *Epimedium* L. [J]. Chinese Herbal Medicines, 2016, 8(1): 12-23.
- [40] 付亮, 袁璟亚, 丁春邦, 等. 四川不同产地淫羊藿总黄酮及淫羊藿苷含量的分析测定[J]. 现代中药研究与实践, 2015, 29(5): 27-31.
- [41] QUAN Q, FAN Z, WU W, et al. Comparative analysis of morphological characteristics and effective composition content of wild and cultivated *Epimedium pubescens* and *Epimedium wushanense* (berberidaceae) [J]. Journal of Medicinal Plants Research, 2011, 5(29): 6523-6327.
- [42] 仲玲利, 徐娟, 张鑫, 等. 炮制对巫山淫羊藿黄酮类成分的影响[J]. 中国医药导报, 2011, 8(30): 29-31.
- [43] 张全明, 张转平, 朱朝德, 等. 生长期巫山淫羊藿叶中总黄酮及淫羊藿苷含量变化[J]. 西北药学杂志, 2000, 15(6): 259-259.
- [44] XIE J, XIANG J, ZHU Z. Determination of five major 8-prenylflavones in leaves of *epimedium* by solid-phase extraction coupled with capillary electrophoresis[J]. Journal of Chromatographic Science, 2016, 54(4): 664-669.
- [45] 谢娟平, 孙文基. 生长期巫山淫羊藿不同部位 5 种黄酮类成

- 分的动态积累研究[J]. 中草药, 2009, 40(9): 1480-1483.
- [46] 谢娟平, 王忠东, 孙文基. 淫羊藿属 9 种淫羊藿叶中朝藿定 C 和淫羊藿苷量的考察[J]. 中草药, 2007, 38(4): 613-614.
- [47] 谢娟平, 孙文基, 王斌. 巫山淫羊藿中朝藿定 C 的含量测定及特征图谱初步研究[J]. 药物分析杂志, 2009, 29(8): 1316-1319.
- [48] 周颖欣, 贾敏鸽, 涂光忠, 等. 巫山淫羊藿根的化学成分研究[J]. 中草药, 2005, 36(6): 817-818.
- [49] 周颖欣, 张海荣, 范代娣. 不同产地不同部位巫山淫羊藿中黄酮的 HPLC 分析[J]. 化学工程, 2013, 41(2): 237-242.
- [50] 王悦云, 王雪飞, 刘娇, 等. 不同产地巫山淫羊藿指纹图谱的主成分、因子和聚类分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(7): 156-172.
- [51] 成丽媛, 霍香香, 杨莉, 等. UPLC 法测定不同基源淫羊藿中 11 种有效成分的含量[J]. 天津中医药大学学报, 2022, 41(2): 237-242.
- [52] 蔡垠, 陈彦, 贾晓斌, 等. 受热温度和时间对淫羊藿中黄酮成分含量的影响[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(22): 2441-2443.
- [53] 季晖, 刘康, 龚晓健, 等. 淫羊藿总黄酮对摘除卵巢大鼠骨质疏松症的防治作用[J]. 中国骨质疏松杂志, 2001, 7(1): 4-8.
- [54] 李勇, 季晖, 李萍, 等. 淫羊藿总黄酮对体外培养成骨细胞的影响[J]. 中国药科大学学报, 2002, 33(1): 48-50.
- [55] MA D, ZHANG L, LI L. Anti-inflammatory effects and underlying mechanisms of epimedium extracts[J]. Progress in Biochemistry and Biophysics, 2020, 47(8): 685-699.
- [56] 韩庆贤, 丁智斌, 李晓慧, 等. 基于抑制小胶质细胞介导的炎症反应探讨淫羊藿总黄酮保护髓鞘的机制[J]. 中国中医药杂志, 2022, 37(3): 1357-1361.
- [57] 盖李乐, 袁丁, 张长城, 等. 淫羊藿总黄酮通过 TGF- β 1/Smad3 信号通路改善自然衰老大鼠肾脏组织纤维化[J]. 天然产物研究与开发, 2021, 33(3): 373-379.
- [58] 谢娟平, 谢人明, 王小微. 巫山淫羊藿主要成分朝藿定 C 和双藿苷 A 抗炎作用研究[J]. 中国现代应用药学, 2012, 29(3): 198-201.
- [59] 侯云飞, 徐德平. 仙灵脾改善小鼠睡眠功效成分的分离鉴定[J]. 食品与机械, 2019, 35(12): 146-150.
- [60] LI H, GUAN X, YANG W, et al. Antioxidant flavonoids from Epimedium wushanense[J]. Fitoterapia, 2011, 83(1): 44-48.
- [61] JIN J, WANG H, HUA X, et al. An outline for the pharmacological effect of icariin in the nervous system[J]. European Journal of Pharmacology, 2019, 842: 20-32.
- [62] 华辞怡, 史有阳, 谢颖. 淫羊藿有效成分治疗乳腺癌作用机制的研究进展[J]. 中草药, 2022, 53(20): 6593-6600.
- [63] CHEN X, CHEN X, QIU S, et al. Effects of epimedium polysaccharide-propolis flavone oral liquid on mucosal immunity in chickens[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2014, 64: 6-10.
- [64] 杨艳君, 李畅, 陈菲菲, 等. 淫羊藿多糖组成分析及其免疫调节作用研究[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(16): 4358-4364.
- [65] 罗露, 袁志鹰, 黄慧勇, 等. 淫羊藿化学成分及药理研究进展[J]. 亚太传统医药, 2019, 15(6): 190-194.
- [66] 李秋莹, 陈守哲, 李波, 等. 淫羊藿多糖抗氧化性研究[J]. 亚太传统医药, 2016, 12(18): 24-26.
- [67] 李晓兵, 丁云录, 李驰坤, 等. 淫羊藿多糖的提取分离及体内抗氧化活性研究[J]. 长春中医药大学学报, 2020, 36(5): 190-194.
- [68] 王丹红, 陈玉婷, 李飞, 等. 巫山淫羊藿叶中挥发油成分的气相色谱-质谱分析[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(12): 3022-3023.
- [69] 文治瑞, 杨卫灵, 田红红, 等. 淫羊藿挥发油的指纹图谱[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(7): 39-42.
- [70] 江芳, 王新峦, 王乃利, 等. 朝鲜淫羊藿中的木脂素类化合物及其对大鼠骨肉瘤细胞 UMR106 增殖及分化的影响[J]. 中草药, 2008, 39(9): 1281-1285.
- [71] 谢娟平. 巫山淫羊藿根化学成分和生物活性研究[D]. 西安: 西北大学, 2007.
- [72] 孟宁, 孔凯, 李师瓮. 淫羊藿属植物化学成分及药理活性研究进展[J]. 西北植物学报, 2010, 30(5): 1063-1073.
- [73] 富盈昕, 刘春莹, 郭美娟, 等. 酶转化在淫羊藿苷提取中的应用[J]. 食品工业科技, 2017, 38(8): 167-171.
- [74] 贾东升, 贾晓斌, 薛璟, 等. 蜗牛酶转化淫羊藿苷制备淫羊藿苷元的研究[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(7): 857-860.
- [75] 贾东升, 贾晓斌, 赵江丽, 等. 纤维素转化淫羊藿苷制备宝藿苷的研究[J]. 中草药, 2010, 41(6): 888-892.
- [76] 彭静, 马益华, 陈彦, 等. 微乳化-凝胶法制备微球固定化蜗牛酶并生物转化淫羊藿苷研究[J]. 中草药, 2015, 46(22): 3326-3332.
- [77] 彭静, 马益华, 陈彦, 固定化 β -葡萄糖苷酶和蜗牛酶生物转化淫羊藿苷效率的比较研究[J]. 药学报, 2015, 50(12): 1652-1659.
- [78] 李瑞云, 刘聪燕, 许婷, 等. 交联纳米 SiO_2 固定化蜗牛酶的制备表征及转化淫羊藿苷研究[J]. 中草药, 2019, 50(20): 4904-4910.
- [79] DONG Y, ZHANG S, LU C, et al. Immobilization of thermostable β glucosidase and alrhamnosidase from dictyoglomus thermophilum DSM3960 and their cooperated biotransformation of total flavonoids extract from epimedium into icaritin[J]. Catalysis Letters, 2021, 151: 2950-2960.
- [80] SUN X, PANG X, LIANG H, et al. New prenylated flavonoid glycosides derived from Epimedium wushanense by β -glucosidase hydrolysis and their testosterone production-promoting effects[J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2022, 20(9): 712-720.
- [81] 张宇航, 陈旺, 冯自立, 等. 淫羊藿黄酮苷类化合物生物转化的研究进展[J]. 中国药房, 2022, 33(12): 1525-1529.
- [82] 魏升华, 高言明, 陈惠玲, 等. 巫山淫羊藿及其不同炮制品中总黄酮、淫羊藿苷、绿原酸的含量[J]. 贵州医学院学报, 2006, 31(3): 223-225.
- [83] 贾魁荣. 巫山淫羊藿药材及饮片朝藿定 C 含量测定[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(6): 707-708.
- [84] 谢娟平, 向纪明, 王浩东. 不同方法炮制对巫山淫羊藿中主要成分朝藿定 C 和淫羊藿苷的影响[J]. 药物分析杂志, 2011, 31(4): 674-677.
- [85] 高希梅, 李飞, 周玉新. 温度对油炙巫山淫羊藿总黄酮和淫羊藿苷含量的影响[J]. 北京中医药大学学报, 2005, 28(3): 62-64.
- [86] 苏菲菲, 杨珍, 窦志英, 等. 基于星点设计一效应面法的巫山淫羊藿油炙炮制工艺优化研究[J]. 中南药学, 2020, 18(12): 1962-1965.
- [87] 徐佳元, 袁洪超, 王翠萍, 等. 巫山淫羊藿炮制过程中黄酮类成分含量变化研究[J]. 当代化工研究, 2021(22): 24-26.
- [88] 谭鹏, 向红, 杨蕾, 等. 巫山淫羊藿饮片炮制前后 HPLC 指纹图谱研究[J]. 药物分析杂志, 2012, 32(4): 592-595.
- [89] 谭鹏, 仲铃利, 杨蕾, 等. 不同炮制方法巫山淫羊藿中 3 个黄酮类成分油水分分配系数的比较[J]. 药物分析杂志, 2013, 33(8): 1289-1292.

(编辑:赵 可)