

文章编号: 1004-4353(2021)01-0088-07

锦鸡儿化学成分及其药理作用研究进展

柳慧哲¹, 王龄鹤², 闫姿安², 许唱¹, 朴光春¹, 元海丹^{1*}

(1. 延边大学 药学院, 吉林 延吉 133002; 2. 延边大学 融合学院, 吉林 延吉 133002)

摘要: 对药材锦鸡儿(*Caragana sinica*)化学成分(黄酮类、二苯乙烯类、萜类、脂肪酸类、苷类、挥发成分等)和药理作用(抗炎、预防骨质疏松、保护神经系统、抗氧化、抗肿瘤、改善阿尔茨海默症、抗血栓、抗疲劳、抑制葡萄糖苷酶、抗菌、抗凝血)进行了综述,为锦鸡儿的进一步研究和开发利用提供参考。

关键词: 锦鸡儿; 化学成分; 药理作用

中图分类号: R282.71

文献标识码: A

The research progress on the chemical constituents and pharmacological activities of *Caragana sinica*

LIU Huizhe¹, WANG Linghe², YAN Zian², XU Chang¹, PIAO Guangchun¹, YUAN Haidan^{1*}

(1. College of Pharmaceutical Science, Yanbian University, Yanji 133002, China;

2. College of Integration Science, Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: This article reviewed the chemical constituents (flavonoids, stilbenes, terpenes, fatty acids, glycosides, volatile oils, and so on) and pharmacological effects (anti-inflammatory, prevention of osteoporosis, protection of the nervous system, anti-oxidation, anti-tumor, improvement of Alzheimer's disease, anti-thrombosis, anti-fatigue, inhibition of glucosidase, antibacterial, anti-coagulation) of *Caragana sinica*, so as to provide the theory for its further research and application.

Keywords: *Caragana sinica*; chemical composition; pharmacological action

锦鸡儿属为豆科灌木,在我国约有 60 多种分布^[1]. 研究显示,大多锦鸡儿属植物的根和皮具有较强的药理作用^[2]. 锦鸡儿(*Caragana sinica*)为锦鸡儿属植物中的一种,又名阳雀花、金雀花、白心皮,其产地主要位于河北、陕西、江苏等地^[3]. 《新华本草纲要》^[4]中记载:锦鸡儿根部具有补血、活血、祛风、清肺益脾的功能,可用于治疗虚损、劳热咳嗽、高血压、跌打损伤、关节炎、黄疸型肝炎等症;锦鸡儿的花具有滋阴活血、健脾、祛风止咳的功能,可用于治疗头晕耳鸣、肺虚咳嗽、小儿消化不良等症. 研究表明,锦鸡儿含有多种活性成分,在抗炎、保护神经、抗氧化等方面具有良好的药理

作用. 为此,本文对锦鸡儿的化学成分和药理作用的相关研究进行综述,以为进一步研究和利用锦鸡儿提供参考.

1 化学成分

在锦鸡儿中分离鉴定得到的化学成分目前主要包括黄酮类、二苯乙烯类、萜类、脂肪酸类等.

1.1 黄酮类化合物

黄酮类化合物是锦鸡儿的主要化学成分^[5]. C.W.Ma 等^[6]从锦鸡儿的叶中分离出了香清兰苷(tilianine)(1)和芦丁(rutin)(2). 张礼萍等^[7-8]在锦鸡儿的根部中分离得到了 pseudobaptigenin

收稿日期: 2020-11-16

* 通信作者: 元海丹(1975—),女,副教授,研究方向为中药药理.

基金项目: 国家自然科学基金(82060674);吉林省教育厅科学技术研究项目(JJKH20210587KJ)

(3)、刺芒柄花素(formononetin)(4)、flemichaparin B(5)、5-hydroxy-7-methoxy-3',4'-dioxymethylene isoflavone(6)和 5-hydroxy-7,4'-dimethoxyisoflavone(7). 亓建斌等^[9]在乙酸乙酯萃取的锦鸡儿根部的浸膏中分离得到了 6,3'-dimethoxy-7,5'-dihydroxyisoflavone(8)、(-)-高丽槐素((-)-maackiain)(9)、黄檀醌素(dalbergioidin)(10)、红车轴草根甙(trifolirhizin)(11). 王曙光等^[10-11]在锦鸡儿的地上部分中分离得到了 carasinaurone(12)、槲皮素(queracetin)(13)和金合欢素(acacetin)(14). 舒娜^[12]从锦鸡儿的根部中分离出了异甘草素(isoliquiritigenin)(15)、头花杜鹃素(capitatin)(16)、甘草素(liquiritigenin)(17)、5-hydroxy-4'-(O-isopropyl)-flavonoid(18)、5,6-dihydroxy-7-methoxy-3',4'-dioxymethylene-flavonoid(19)、5,7,4'-trimethyl-3,3'-dimethoxyflavonol(20). 化合物 1—20 的结构见图 1.

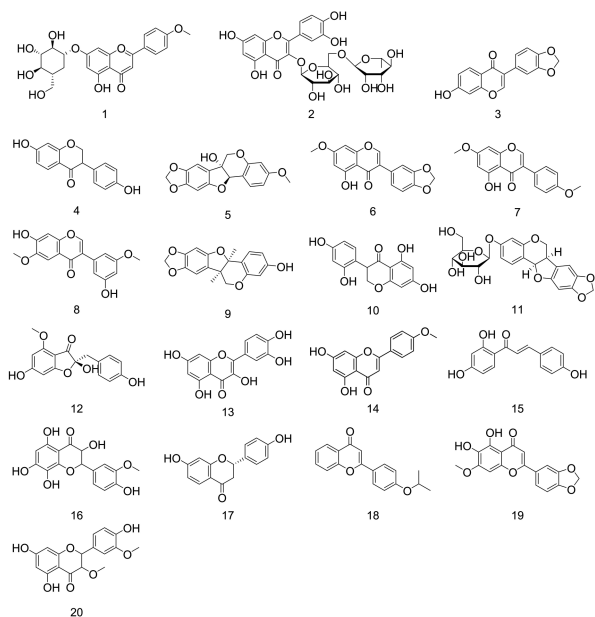


图 1 化合物 1—20 的化学结构

1.2 二苯乙烯类化合物

二苯乙烯类低聚物是锦鸡儿的一种特征成分^[13],其中 α -viniferin 和 kobophenol A 含量较高,是锦鸡儿的标志性成分^[14]. S.G.Wang 等^[10]在锦鸡儿的地上部分中分离出了 carasiphenol C(21)和 carasiphenol D(22). Q.H.Jin 等^[15]在锦鸡儿的根部乙酸乙酯提取物中分离得到了 caragasinin A(23)和 caragasinin B(24). W.Jeong 等^[16]在锦鸡儿中分离得到了卡拉胶 C(caragasinin C)

(25)和宫本醇 C(miyabenol C)(26). D.Y.Ma 等^[17]在锦鸡儿的根部提取物中洗脱分离出了 carasinol A(27)、carasinol B(28)、carasinol C(29). K.J.Cheng 等^[18]在锦鸡儿的正丁醇萃取液中分离出了 carasinol D(30). H.F.Luo 等^[19]在锦鸡儿的乙酸乙酯提取物中分离出了 caraphenol A(31)、caraphenol B(32)、caraphenol C(33)、(-)-蛇葡萄素 F((-)-ampelopsin F)(34)、(+)-异蛇葡萄素 F((+)-isoampelopsin F)(35),并通过 HMBC 和 NOE 等实验给出了它们的结构和立体化学. S.Kitanaka 等^[20]在锦鸡儿的根部中分离出了柠条酚 A(caraganaphenol A)(36)、 α -葡萄糖素(α -viniferin)(37)和蒿草酚 A(kobophenol A)(38),其中 kobophenol A 占乙酸乙酯提取物的 20% (质量分数). H.F.Luo 等^[21]在锦鸡儿的根部中分离出了 pallidol(39). 马大友等^[22]在锦鸡儿的根部中分离得到了香蒜酚 A(cararosinol A)(40)、勒奇黄烷醇 C(leachianol C)(41). 黄宏卿^[14]在锦鸡儿的根部中分离得到了甾醇 B(stenophyllol B)(42). 舒娜^[12]在锦鸡儿的根部中分离出了银松素(pinosylvin)(43). S.J.Park 等^[23]在锦鸡儿的根部中分离出了 caragasinins D(44)和 caragasinins E(45). 化合物 21—45 的结构见图 2.

1.3 萜类化合物

W.Jeong 等^[16]在锦鸡儿中分离出了白桦脂酸(betulinic acid)(46). 郭秀春等^[24]利用高效液相色谱法在锦鸡儿的乙酸乙酯提取物中分离得到了齐墩果酸(oleanic acid)(47)、熊果酸(ursolic acid)(48)和羽扇豆醇(lupeol)(49). 亓建斌^[25]利用硅胶柱层析和氯仿甲醇梯度洗脱的方法在锦鸡儿根部的乙酸乙酯提取物中得到了齐墩果烷型三萜苷乙三甙 D(sigmoside D)(50)、乌苏烷型的三萜苷野蔷薇苷(rosamultin)(51)、刺梨苷(kajiichigoside F-1)(52). 陈龙^[26]在锦鸡儿的石油醚部位和乙酸乙酯部位的提取物中分离出了 β -谷甾醇(β -sitosterol)(53)、 α -香树素(α -amyrin)(54)、 β -香树素(β -amyrin)(55). 舒娜^[12]从锦鸡儿中分离得到了 7 α -羟基- β -谷甾醇(7 α -hydroxyl- β -sitosterol)(56)、7 β -羟基- β -谷甾醇(7 β -hydroxyl- β -sitosterol)(57)、5 α -豆甾烷-3 β ,6 α -二醇(5 α -stigmastane-3 β ,6 α -diol)(58). 化合物

46—58 的结构见图 3。

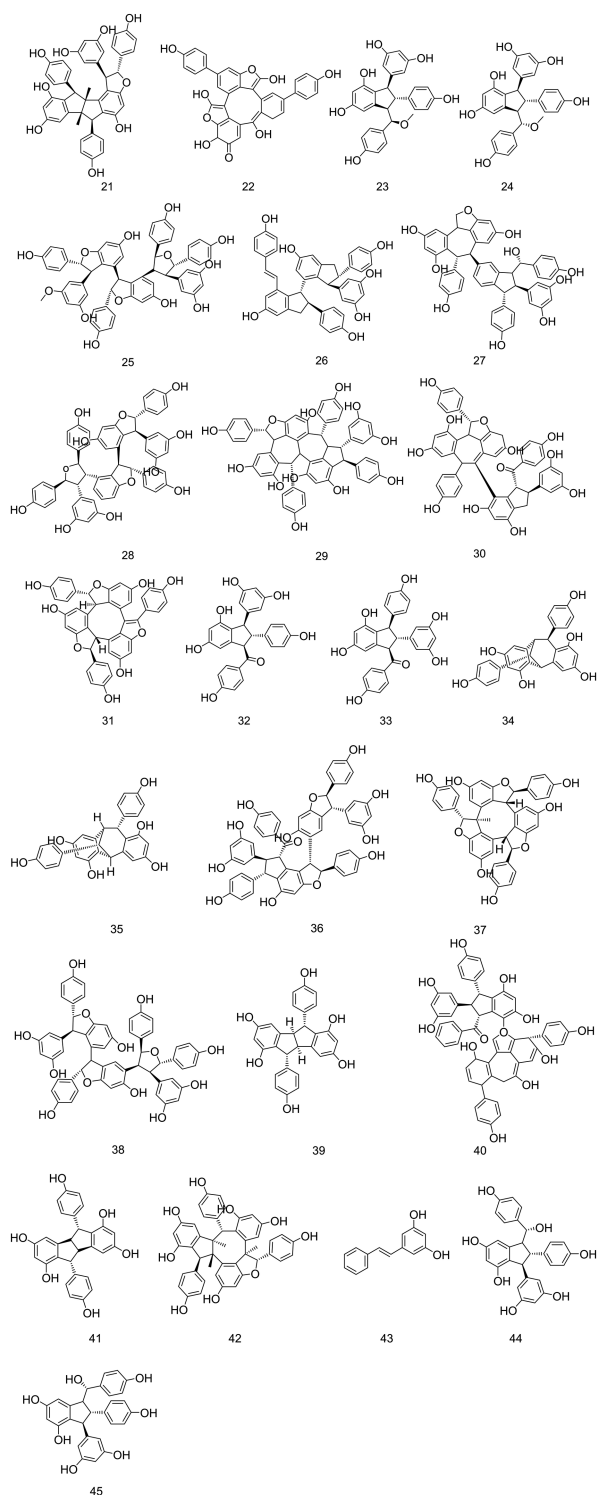


图 2 化合物 21—45 的化学结构

1.4 脂肪酸类化合物

陈龙等^[27]利用冷浸法提取了锦鸡儿中的脂溶性成分,该成分中脂肪酸类占色谱总馏分出峰面积的 63.31%,其中硬脂酸(stearic acid)和棕榈酸(palmitic acid)为主要成分,分别占色谱总馏分

出峰面积的 29.48% 和 22.29% (采用气相色谱-质谱法(GC-MS)). 舒娜等^[28]采用 GC-MS 在锦鸡儿的石油醚提取物中分析鉴定出了 18 种脂肪酸,其中在锦鸡儿根部的石油醚萃取部位中亚油酸的相对含量为 34.61%. 舒娜^[12]在锦鸡儿根部的乙酸乙酯提取物中分离得到了腊酸(cerotic acid).

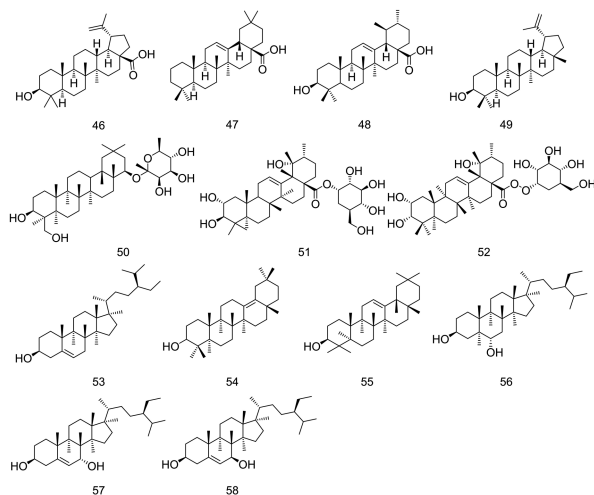


图 3 化合物 46—58 的化学结构

1.5 苷类化合物

B.L.Yong 等^[29]在锦鸡儿的根部提取物中分离得到了 3 个皂苷,分别为常春藤苷 F(kalopanax saponin F)(59)、竹节参皂苷 IV(chikusetsu saponin IV)(60)、雪胆苷 Ma3(hemsloside Ma3)(61). C.W.Ma 等^[6]在锦鸡儿中分离得到了山萘酚-3-O- α -L-鼠李吡喃糖基-(1 \rightarrow 6)- β -D-吡喃半乳糖苷(kaempferol-3-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-galactopyranoside)(62). 周红^[30]在锦鸡儿的根部浸膏中分离得到了萘醌的糖苷 7-甲基氢吗啡酮-5-O- β 糖苷(7-methylhydromorphone-5-O- β -glycoside)(63)、白藜芦醇的葡萄糖苷 5-O-甲基-(E)-白藜芦醇-3-O- β -D-吡喃葡萄糖苷(5-O-methyl-(E)-resveratrol-3-O- β -D-glucopyranoside)(64). 张礼萍等^[31]在锦鸡儿的根部中分离得到了胡萝卜苷(carrot glycoside)(65). 化合物 59—65 的结构见图 4。

1.6 挥发油成分

孙慧玲等^[32]利用顶空固相微萃取/气相色谱/质谱法(HS-SPME-GC-MS)对锦鸡儿茎中的挥发油成分进行了分析,并在其中分离、鉴定出乙酸(acetic acid)、甲氧基苯基酚(methoxy-phenyl-

oxime)、癸醛(decanal)、十六烷(hexadecane)、6,9-十七碳二烯(6,9-heptadecadiene)、8-十七烷烯(8-heptadecene)、十七烷(heptadecane)、(*E*)-5-十八碳烯((*E*)-5-octadecene)、十八烷(octadecane)、6,10,14-三甲基-2-十五烷酮(6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone)、Z-5-十九碳烯(Z-5-nonadecene)、十九烷(nonadecane)、棕榈酸甲酯(hexadecanoic acid methyl ester)、棕榈酸(palmitic acid)、二十烷(eicosane)、10-二十碳烯(10-heneicosene)、二十一烷(heneicosane)、二十二烷(docosane)和二十八烷(octacosane) 19个挥发化学成分,其中主要成分为烯烃(占总挥发油成分峰面积的55.79%)和饱和烷烃类化合物(占总挥发油成分峰面积的22.99%)。

1.7 其他成分

马大友^[22,33]等在锦鸡儿中分离得到了对羟基苯甲酸(4-hydroxybenzoic acid)(66)、白藜芦醇(resveratrol)(67)、W.Jeong等^[16]在锦鸡儿中分离得到了对羟基苯甲醛(4-hydroxybenzaldehyde)(68)、(2*E*,4*S*)-4-羟基-2-壬烯酸((2*E*,4*S*)-4-hydroxy-2-nonenoic acid)(69)、舒娜^[12]在锦鸡儿的根部中分离出了下箴刺桐碱(hypaphorine)(68)、丙醛(1-propanone)(71)、鼠李糖(L-Rhamnose monohydrate)(72)、阿拉伯糖(DL-Arabinose)(73)、呋喃(2,3-f)-1,3-苯并二唑(furo(2,3-f)-1,3-benzodioxole)(74)、S.J.Park等^[23]从锦鸡儿的根部中提取出了5-羟基-2-[2-(4-羟基苯基)乙酰基]-3-甲氧基苯甲酸(5-hydroxy-2-[2-(4-hydroxyphenyl)acetyl]-3-methoxybenzoic acid)(75)。化合物66—75的结构见图4。

2 药理作用

2.1 抗炎

H.Cho等^[34]研究发现,锦鸡儿乙醇提取物中的kobophenol A可通过下调核因子- κ B(NF- κ B)的表达抑制由脂多糖(LPS)在小鼠单核巨噬细胞(J774 A.1)中诱导的炎症反应。王士民^[35]研究发现,锦鸡儿根部的乙酸乙酯部位的提取物对弗氏完全佐剂(complete Freund's adjuvant, CFA)诱导的关节炎模型大鼠具有显著的治疗作用,并能够抑制NF- κ B炎症通路的表达。任建梅等^[36]研

究发现,锦鸡儿根部的水煎剂对大鼠复合型肾炎具有良好的治疗作用,可显著降低大鼠血清中白介素-6(IL-6)和尿蛋白的含量,进而改善大鼠肾脏功能。乔丽君等^[37]研究发现,锦鸡儿的根部浸膏提取物(其中80%(质量分数)为锦鸡儿的活性成分)对佐剂性关节炎模型小鼠具有很好的效果。以上研究表明,锦鸡儿对多种炎症具有良好的治疗功效,可作为潜在的抗炎药物进行开发利用。

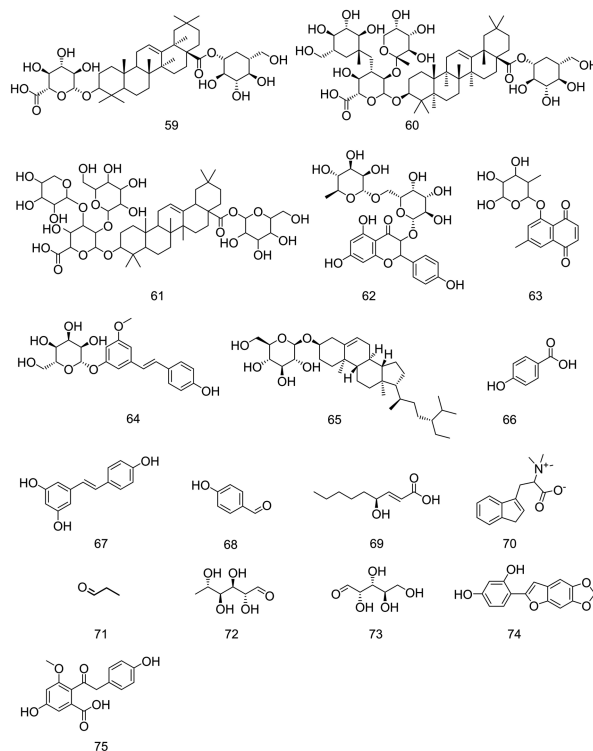


图4 化合物59—75的化学结构

2.2 抗骨质疏松

田春艳^[38]研究发现:锦鸡儿具有选择性调节雌激素受体(estrogen receptor, ER)的功能,对防治更年期综合征和绝经后由于雌性激素水平下降所致的骨质疏松具有一定的疗效;锦鸡儿的活性成分miyabenol C(1.0 μ mol/L)和kobophenol A(100.0 μ mol/L)在雌激素受体阳性的人乳腺癌细胞株(MCF-7)中可明显降低IL-6的mRNA水平,进而可降低骨细胞的分化。陈步云等^[39]在新生大鼠头盖骨细胞的MTT实验中发现,kobophenol A能够刺激成骨细胞的增殖(增殖率为25.60%)。金慰芳等^[40]研究发现,锦鸡儿的有效成分(HUE)在卵巢摘除后引发的骨质疏松大鼠模型中,具有增强骨量、改善骨小梁微结构、加强

抗骨折作用,且该效果与雌激素药尼儿雌醇相似. D.Y.Ma 等^[17]研究发现,carasinol A、carasinol B、carasinol C、leachianol C、cararasinol 能够刺激成骨细胞增殖. 黄宏卿^[14]以锦鸡儿的根为原料药,研制开发了一种对治疗原发性骨质疏松具有良好治疗效果的胶(caraphenols 胶囊). 综上,锦鸡儿可作为抗骨质疏松药物的药物资源.

2.3 保护神经功能

Q.S.He 等^[41]研究发现,锦鸡儿中的总黄酮(TFC)包括槲皮素、6,3'-二甲氧基-7,5'-二羟基异黄酮、呋喃 C 和(一)-两性霉素 F,其可改善大鼠大脑中动脉闭塞(MCAO)后的神经功能缺损,减少脑梗塞体积,增加脑内血流量并促进血管生成. 何前松等^[42]研究发现,锦鸡儿根部中的 TFC 可通过抑制胶质纤维酸性蛋白(GFAP)基因的表达来促进损伤脑组织的修复和神经功能的恢复. 樊梓媛等^[43]研究发现,锦鸡儿中的 TFC 能减少脑缺血再灌注大鼠脑梗死的体积,进而改善大鼠的神经功能. 张亚洲等^[44]研究发现,利用锦鸡儿中的 TFC 对大鼠局灶性脑缺血再灌注损伤模型进行预处理,可显著降低大鼠血脑屏障的通透性,进而保护大鼠的神经功能. 以上研究表明,锦鸡儿中的 TFC 具有良好的保护神经的作用,应加强其在分子层面的研究,以将其作为防治神经类药物的开发提供理论依据.

2.4 抗氧化作用

王金梅等^[45]利用 1,1-二苯基-3-硝基苯肼(DPPH)方法、2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸(ABTS)方法和铁离子还原/抗氧化能力法(FRAP)方法测定了锦鸡儿不同溶剂提取物的抗氧化活性,其中乙酸乙酯提取物的抗氧化活性相对最高. Q.H.Jin 等^[15]研究发现,caragasin A、caraphenol B 和 caragasin B 具有中等强度的 DPPH 清除活性和脂质过氧化抑制活性,其 DPPH 实验的 IC_{50} 值分别为 (66.7 ± 2.1) 、 (73.9 ± 1.5) 、 $(89.1 \pm 2.3) \mu\text{mol/L}$. 目前,对锦鸡儿抗氧化作用的研究相对较少,因此有必要加强对锦鸡儿抗氧化作用的相关研究,以更加安全有效地利用锦鸡儿的抗氧化能力.

2.5 抗肿瘤作用

盛智等^[46]研究发现,锦鸡儿根部中的二苯乙

烯类化合物能够显著抑制人肺腺癌细胞(A549)的生长,且该作用对浓度和时间表现出良好的依赖性;此外,盛智等使用荧光染色及 DNA 凝胶电泳技术研究发现,该类化合物可诱导肺癌细胞产生凋亡现象. 徐光等^[47]研究发现,锦鸡儿根部中的二苯乙炔类化合物(α -viniferin、kobophenol A 和 miyabenol C)对蛋白激酶 C(PKC)具有抑制作用,其 IC_{50} 值分别为 62.5 、 52.0 、 $27.5 \mu\text{mol/L}$. 舒娜等^[28]研究发现,锦鸡儿根部的石油醚提取物具有一定的诱导细胞凋亡的药理作用. 以上研究表明,锦鸡儿根部中的化合物可作为潜在的抗肿瘤药物进行研究和利用.

2.6 改善阿尔茨海默症

研究表明,一些神经系统疾病与 5-HT₆ 受体密切相关,如阿尔茨海默氏病、抑郁症和认知障碍等. D.H.Kim 等^[48]研究发现,锦鸡儿乙酸乙酯提取物中的 miyabenol C、 α -viniferin 和 pallidol,在宫颈癌(HeLa)和胚胎肾(HEK293)细胞中对 5-HT₆ 受体具有抑制作用,其 IC_{50} 值分别为 (6.4 ± 0.2) 、 (2.3 ± 0.5) 、 $(16.6 \pm 2.6) \mu\text{mol/L}$. F.Schuck 等^[49]研究发现,在小鼠中 α -viniferin 能通过增加外周组织中的 ADAM10 基因表达来改善阿尔茨海默症. 综上,锦鸡儿在改善阿尔茨海默症方面具有较大的发展空间.

2.7 抗血栓

张红英等^[50]利用仿 Wright(旋转法)、家兔颈动静脉旁路法对家兔给予锦鸡儿的根茎提取物(100 mg/kg 和 200 mg/kg)表明,该提取物能够剂量依赖性地抑制家兔的血小板黏附性及在颈动静脉旁路中血栓的形成. 陈薇薇等^[51]研究发现,锦鸡儿根部的提取物具有祛风活血、清热凉血、活血化瘀的功效.

2.8 抑制葡萄糖苷酶

陈龙^[26]研究发现,锦鸡儿的乙酸乙酯提取物对抑制葡萄糖苷酶活性的作用高于锦鸡儿的石油醚提取物和锦鸡儿的正丁醇提取物,其 IC_{50} 值为 $70.7 \mu\text{g/mL}$. 郭秀春等^[24]从锦鸡儿中分离出了齐墩果酸、熊果酸和羽扇豆醇,这 3 种成分的 IC_{50} 值分别为 6.31 、 7.23 、 $59.55 \mu\text{mol/L}$,且这 3 种成分在体外均对 α -葡萄糖苷酶具有抑制活性,且强于阿卡波糖($IC_{50} = 1\ 678.84 \mu\text{mol/L}$). 以上表明,锦

鸡儿可作为 α -葡萄糖苷酶抑制剂的潜在开发药物。

2.9 其他活性

S.G.Wang等^[10]研究发现,carasiphenol D能够抑制稻瘟病菌的菌丝体生长,最小抑菌浓度(MIC)为0.017.王金梅等^[45]通过检测锦鸡儿石油醚和正丁醇提取物对体外血浆复钙时间的长短发现,锦鸡儿正丁醇提取物的体外止血时间($t=(120.2\pm 1.9)$ min)远远小于维生素 K_1 ($t=(157.5\pm 4.7)$ min),这表明锦鸡儿的正丁醇提取物具有良好的促凝血作用.何前松等^[52]研究发现,锦鸡儿根部的提取物可减少小鼠疲劳运动后其尿素氮和乳酸的生成,并能够增加小鼠肝糖原的含量.S.J.Park等^[23]研究发现,caragasinin D和5-hydroxy-2-[2-(4-hydroxyphenyl)acetyl]-3-methoxybenzoic acid对产气荚膜梭菌中的神经氨酸酶具有较强的抑制作用,且其作用与阳性对照物芒果苷和奥司他韦相当,由此表明锦鸡儿具有抗病毒的潜力。

3 研究展望

锦鸡儿作为中药材,虽然其在民间被广泛应用,但未被收录在《中国药典》中.现有研究表明,锦鸡儿含有多种活性成分,如黄酮类、二苯乙烯类、萜类、脂肪酸类等,这些成分在抗炎、保护神经、抗氧化等方面表现出良好的药用价值;但目前这些研究仅集中在动物实验方面,所得结果也较为初浅.因此,在今后的研究中应深入研究锦鸡儿活性成分在分子层面的作用机理和其在机体内的生物学功效,以为药材锦鸡儿进一步的开发和利用提供科学依据。

参考文献:

- [1] 关林婧,马成仓. 21世纪锦鸡儿属植物研究进展[J]. 草地学报, 2014, 22(4): 697-705.
- [2] 杨中锋,李涛,杨明俊,等. 锦鸡儿属植物化学成分及生物活性研究进展[J]. 中成药, 2008, 30(11): 1678-1681.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第42卷: 第1册[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 18.
- [4] 吴征镒. 新华本草纲要: 第2册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1991: 109.
- [5] 杜庆波,蔡红. 锦鸡儿属植物化学成分及药理活性研究新进展[J]. 宿州学院学报, 2012, 27(11): 26-30.
- [6] MA C W, HAM I H, WHANG W K. The flavonoids from *Caragana chamlagu* leaves[J]. Yakhak Hoeji, 1999, 43(2): 143-149.
- [7] ZHANG L P, JU M H, HU C Q. Five isoflavonoid compounds from the roots of *Caragana sinica* [J]. Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences, 1997, 6(3): 10-12.
- [8] 张礼萍,鞠美华,胡昌奇. 金雀根中的异黄酮类成分[J]. 中草药, 1996, 27(3): 134-136.
- [9] 亓建斌,舒娜,马大友,等. 金雀根中的异黄酮成分[J]. 中国天然药物, 2007(2): 101-104.
- [10] WANG S G, MA D Y, HU C Q. Three new compounds from the aerial parts of *Caragana sinica* [J]. Helvetica Chimica Acta, 2005, 88(8): 2315-2321.
- [11] 王曙光. 锦鸡儿化学成分及质量标准研究[D]. 上海: 复旦大学, 2004.
- [12] 舒娜. 锦鸡儿化学成分、含量及其变化研究[D]. 上海: 复旦大学, 2006.
- [13] 潘兰,贾新岳,郑承剑,等. 锦鸡儿属植物二苯乙烯类化合物研究进展[J]. 新疆医科大学学报, 2016, 39(8): 1070-1074.
- [14] 黄宏卿. 金雀根化学成分研究及大花红天素的合成[D]. 上海: 复旦大学, 2005.
- [15] JIN Q H, HAN X H, HONG S S, et al. Antioxidative oligostilbenes from *Caragana sinica* [J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 2012, 22(2): 973-976.
- [16] JEONG W, AHN E K, OH J S, et al. Caragasinin C: a new oligostilbene from the roots of *Caragana sinica* [J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2017, 19(11): 1-5.
- [17] MA D Y, LUO H F, HU C Q. Three stilbene tetramers from the roots of *Caragana sinica* [J]. Chinese Journal of Chemistry, 2010, 22(2): 207-211.
- [18] CHENG K J, MA D Y, YANG G X, et al. A new tetrastilbene from *Caragana sinica* [J]. Chinese Chemical Letters, 2008, 39(46): 711-715.
- [19] LUO H F, ZHANG L P, HU C Q. Five novel oligostilbenes from the roots of *Caragana sinica* [J]. Tetrahedron, 2001, 57(23): 4849-4854.
- [20] KITANAKA S, TAKIDO M, MIZOUE K, et al. Oligomeric stilbenes from *Caragana chamlagu* LAMARK root [J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 1996, 44(3): 565-567.
- [21] LUO H F, ZHANG L P, HU C Q. Four stilbene oligomers from the roots of *Caragana sinica* [J]. Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences, 2000, 9(3): 162-166.
- [22] 马大友,胡昌奇. 金雀根化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(5): 517-521.
- [23] PARK S J, KIM N, NHIEM N X, et al. Neuro-

- minidase inhibitors from *Caragana sinica* (Buc'hoz) Rehder roots[J]. *Chemistry & Biodiversity*, 2020, 17(11):1-18.
- [24] 郭秀春,张志娟,夏照洋,等. 锦鸡儿中 4 种三萜类化合物的含量测定及其对糖苷酶的抑制活性[J]. *中国药理学杂志*, 2017, 52(6):488-493.
- [25] 亓建斌. 金雀根化学成分研究与含量分析[D]. 上海:复旦大学, 2007.
- [26] 陈龙. 锦鸡儿活性成分研究[D]. 开封:河南大学, 2014.
- [27] 陈龙,张一冰,顾海鹏,等. 锦鸡儿脂溶性成分 GC-MS 分析[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2012, 18(7):123-125.
- [28] 舒娜,亓建斌,胡昌奇. 气相色谱-质谱法分析金雀根中脂肪酸的组成[C]//乌鲁木齐:中国物理学会质谱分会, 2006:111-113.
- [29] YONG B L, YOO S J, JU S K, et al. Triterpenoid saponins from the roots of *Caragana sinica* [J]. *Archives of Pharmacal Research*, 1992, 15(1):62-68.
- [30] 周红. 金雀根化学成分研究[D]. 上海:复旦大学, 2006.
- [31] 张礼萍,胡昌奇. 金雀根化学成分的研究[J]. *中国药理学杂志*, 1994(10):600-602.
- [32] 孙慧玲,张倩,李东,等. 固相微萃取/气相色谱/质谱法分析锦鸡儿茎挥发性成分[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2010, 16(10):63-64.
- [33] 马大友. 金雀根二苯乙烯类化学成分研究[D]. 上海:复旦大学, 2003.
- [34] CHO H, PARK J H, AHN E K, et al. Kobopphenol A isolated from roots of *Caragana sinica* (Buc'hoz) Rehder exhibits anti-inflammatory activity by regulating NF- κ B nuclear translocation in J774A.1 cells [J]. *Toxicology Reports*, 2018, 5:647-653.
- [35] 王士民. 金雀根治疗类风湿关节炎有效部位及作用机制研究[D]. 合肥:安徽医科大学, 2019.
- [36] 任建梅,胡荫,李婧,等. 锦鸡儿治疗大鼠复合型肾小球肾炎机理的实验研究[J]. *中外健康文摘*, 2009, 6(18):25-26.
- [37] 乔丽君,汪悦,陈华尧,等. 金雀根对类风湿性关节炎动物模型抗炎作用的研究[J]. *中成药*, 2009, 31(10):1508-1511.
- [38] 田春艳. 金雀根中类雌激素成分的筛选与作用机理的研究[D]. 上海:复旦大学, 2002.
- [39] 陈步云,梁高林,梅其春. 金雀根中两种有效成分的分离鉴定及其生理活性测定[J]. *复旦学报(医学版)*, 2005, 32(6):721-724.
- [40] 金慰芳,王洪复,高建军,等. 锦鸡儿有效成分对卵巢摘除大鼠骨质疏松的防治作用[J]. *复旦学报(医学版)*, 2005, 32(3):305-308.
- [41] HE Q S, LI S R, LI L A, et al. Total flavonoids in *Caragana* (TFC) promotes angiogenesis and enhances cerebral perfusion in a rat model of ischemic stroke[J]. *Front Neurosci*, 2018, 12:635.
- [42] 何前松,张亚洲,翁柠,等. 锦鸡儿总黄酮对大鼠脑缺血再灌注损伤后半暗带区 GFAP 表达的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2018, 38(15):3733-3736.
- [43] 樊梓媛,胡斐然,何前松. 锦鸡儿总黄酮对局灶性脑缺血再灌注损伤大鼠脑组织 NF- κ B、TNF- α 、ICAM-1 表达的影响[J]. *辽宁中医杂志*, 2020, 510(3):190-193.
- [44] 张亚洲,何前松,胡斐然,等. 锦鸡儿总黄酮预处理对局灶性脑缺血再灌注损伤模型大鼠血脑屏障通透性的影响及机制研究[J]. *中国药房*, 2018, 29(13):1793-1797.
- [45] 王金梅,陈龙,朱晓娣,等. 锦鸡儿生物活性研究[J]. *河南大学学报(医学版)*, 2015(2):91-93.
- [46] 盛智,徐光. 二苯乙烯类化合物对肺癌细胞株生长的抑制作用[J]. *上海医科大学学报*, 1998, 25(5):327-330.
- [47] 徐光,张礼萍,陈力芳,等. 二苯乙烯类化合物对蛋白激酶 C 的抑制作用[J]. *药理学学报*, 1994, 29(11):818-822.
- [48] KIM D H, KIM S H, KIM H J, et al. Stilbene derivatives as human 5-HT₆ receptor antagonists from the root of *Caragana sinica* [J]. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 2010, 33(12):2024-2030.
- [49] SCHUCK F, SCHMITT U, REINHARDT S, et al. Extract of *Caragana sinica* as a potential therapeutic option for increasing alpha-secretase gene expression[J]. *Phytomedicine*, 2015, 22(11):1027-1036.
- [50] 张红英,金松哲,戴蕴威,等. 锦鸡儿提取物对家兔血小板黏附功能和血栓形成的影响[J]. *中草药*, 1998, 29(6):393-395.
- [51] 陈薇薇,沈丕安,苏晓. 沈丕安从痹辨治系统性红斑狼疮学术经验[J]. *上海中医药杂志*, 2018, 52(4):2-5.
- [52] 何前松,何峰,冯泳. 阳雀花根提取物对小鼠抗运动疲劳能力的影响[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2012, 18(2):177-180.