

马齿苋中活性成分及其药理作用的研究进展

吴晓红¹, 高生平² (1. 江苏经贸职业技术学院健康学院, 江苏南京 211168; 2. 南京工业大学浦江学院, 江苏南京 211222)

摘要 马齿苋具有悠久的药用食用历史, 能够清热利湿, 凉血解毒。马齿苋的药用价值广受关注, 在治疗皮肤病、心脑血管疾病、炎症性疾病、抗肿瘤等方面具有很好的疗效。马齿苋中富含生物碱类、萜类、黄酮类、有机酸类、多糖等成分, 具有抗氧化性、抗菌、抗病毒、抗肿瘤、神经保护、降血糖等多重药理活性。但目前马齿苋活性成分与其药理活性之间构效、量效关系及作用机制研究有限。对近年来马齿苋中活性成分和其提取物的药理作用研究进展进行综述, 为马齿苋的进一步开发利用提供理论基础。

关键词 马齿苋; 活性成分; 药理作用; 研究进展; 药食同源

中图分类号 R 284; R 285 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)10-0021-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.10.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research Progress on Active Components and Pharmacological Effects of Purslane

WU Xiao-hong¹, GAO Sheng-ping² (1. School of Health, Jiangsu Vocational Institute of Commerce, Nanjing, Jiangsu 211168; 2. Nanjing Tech University Pujiang Institute, Nanjing, Jiangsu 211222)

Abstract Purslane has a long history of medicinal consumption, which can clear away heat and dampness, cool blood and detoxify. The medicinal value of purslane has been widely concerned. It has a good effect in the treatment of skin diseases, cardiovascular and cerebrovascular diseases, inflammatory diseases, anti-tumor and so on. Purslane is rich in alkaloids, terpenoids, flavonoids, organic acids, polysaccharides and other components. It has multiple pharmacological activities, such as antioxidant, antibacterial, antiviral, antitumor, neuroprotective, hypoglycemic and so on. However, the studies on the structure-activity, dose-response relationship and mechanism of action between the active components of purslane and their pharmacological activities are limited. In this paper, the research progress on the active components in purslane and the pharmacological effects of its extracts in recent years were reviewed, which provided a theoretical basis for the further development and utilization of purslane.

Key words Purslane; Active ingredient; Pharmacological action; Research progress; Drug and food homology

马齿苋作为一种药食同源的野生植物, 广泛分布于世界各地。《中国药典》记载中药马齿苋具有清热解毒、凉血止血、止痢等功效。现代药理研究表明, 马齿苋具有抗氧化性、抗菌、抗病毒、抗肿瘤、神经保护、降血糖等多种药理作用^[1]。马齿苋主要含有生物碱、萜类、黄酮类、多糖、有机酸等化学成分, 其中黄酮和生物碱是马齿苋的主要活性成分^[2]。该研究查阅近年来有关马齿苋活性成分和药理作用研究的相关文献, 系统整理总结马齿苋有效化学成分研究现状, 并对马齿苋目前在体内、体外、临床水平的药理活性研究进展进行综述, 为马齿苋市场价值的进一步开发提供理论基础。

1 马齿苋中活性成分研究现状

1.1 黄酮类成分 黄酮类化合物是马齿苋的重要活性成分, 马齿苋不同品种或同一品种不同组织中所含黄酮类化合物种类及其含量存在差异。马齿苋中所含的黄酮类化合物有山柰酚、杨梅素、槲皮素、芦丁、木犀草素、芹菜素、染料木黄酮、染料木苷以及马齿苋黄酮醇 A、B、C、D 等^[3-4]。Yang 等^[5]发现了 3 种黄酮单体, 命名为 oleracone C、oleracone D、oleracone E。

1.2 生物碱类成分 马齿苋中富含生物碱成分, 目前已经报道的包括吡啶类、异喹啉类、阿魏酰胺类、脑苷类等。研究发现, 马齿苋中的生物碱以吡啶类和异喹啉类为主, 多以 5,6-二羟基-吡啶-2-甲酸结构为母核, 此类生物碱的 1-位氢易被有机酸取代而 6-位羟基易被葡萄糖取代, 取代后形成的

糖苷复合物是马齿苋中特有的成分, 又被称为马齿苋酰胺^[6]。最早从马齿苋中分离的生物碱是甜菜红色素, 后陆续发现了马齿苋碱、金莲花碱、尿囊素、 β -卡琳等。英哲铭等^[7]从马齿苋的水提取物中分离出了 oleraisoindole 和 7'-乙氧基-反式-阿魏酰基酪胺(ETFT)。蒋明月等^[8]从马齿苋中分离提取了 N-反式-阿魏酰酪胺和 N-反式-阿魏酰-3-甲氧基酪胺。

1.3 萜类成分 马齿苋中含有多种萜类化合物, 已经报道的包括齐墩果酸、马齿苋单帖、羽扇豆醇、蒲公英萜醇、胡萝卜苷、环阿屯醇、丁酰鲸鱼醇等。盛同玲等^[9]从马齿苋中提取了 5 个三萜类化合物, 分别是熊果酸、 $2\alpha, 19\alpha$ -二羟基熊果酸、 $3\alpha, 19\alpha$ -二羟基熊果酸、 $19\alpha, 14$ -二羟基熊果酸和 3-乙酰氧基油桐酸。马齿苋不同部位的萜类含量不同, 研究表明萜类成分更多的存在于马齿苋的叶部, 其次是茎和根部^[10]。

1.4 有机酸类成分 李冠文等^[11]从新鲜马齿苋全草油中检出了二十四碳酸、棕榈酸、亚油酸、 α -亚麻酸、山俞酸、油酸等 14 种脂肪酸成分, 其中单不饱和脂肪酸相对含量 4.97%, 多不饱和脂肪酸相对含量 27.61%, 主要有亚油酸和 α -亚麻酸, 饱和脂肪酸相对含量高达 67.42%。马齿苋中含有 5, 8, 11, 14, 17-二十碳五烯酸(EPA) 和 4, 7, 10, 13, 16, 19-二十二碳六烯酸(DHA)^[12], 这 2 种成分在植物中少见。也有研究^[13]建立了 HPLC 法快速测定马齿苋中柠檬酸、L-苹果酸和琥珀酸含量的方法, 为马齿苋质量控制提供参考。

1.5 其他成分 马齿苋还含有香豆素类化合物, 包括反式-对香豆酸, 佛手内酯, 伞形花内酯, 东莨菪亭, 异茴香内酯等^[14]。多糖也是马齿苋中的活性成分之一, 研究者通过超

基金项目 江苏省优秀科技创新团队项目(2021年)。

作者简介 吴晓红(1981—), 女, 山东沂水人, 副教授, 硕士, 从事分析化学教学及食品分析研究。

收稿日期 2022-07-13

声提取法、阴离子交换法和凝胶渗透色谱法分离纯化马齿苋多糖,得到分子量为 18.55 和 108 kDa 的 3 种多糖,分别为马齿苋多糖 POL1、POL2 和 POL3^[15]。后续在马齿苋中发现一种分子量为 57 kDa 的马齿苋多糖^[16]。除此之外,研究发现,马齿苋中还含有羧基二氢伏伏内酯、黑麦草内酯、异黑麦草内酯、脱氢地苾普内酯、紫罗兰酮、紫罗兰醇等化合物^[17]。有研究^[18]从马齿苋中分离纯化得到一种果胶,命名为 POPW-HG,这是一种线性非酯化高半乳糖醛酸,研究发现这种物质可能用于疫苗佐剂。

2 马齿苋提取物药理作用研究概况

2.1 抗肿瘤作用 近年来马齿苋及其提取物在抗肿瘤方面的作用不断被报道。Rahimi 等^[19]研究发现,马齿苋水醇提取物对人胶质母细胞瘤细胞有显著的抑制作用。熊祎虹等^[20-21]研究发现,马齿苋的醇提取物能够有效抑制结肠癌。马齿苋叶中提取的异喹啉类成分对白血病 U937 细胞也有很好的细胞毒作用,并能影响细胞的炎性因子,具有很大的临床开发价值^[22]。有报道发现,从马齿苋中提取的多糖能够有效抑制人胃癌细胞的生长^[23-24],水溶性马齿苋提取物可在体外和体内模型中对抗宫颈癌细胞^[25]。

马齿苋的活性成分在体内研究中也表现出强大的抗肿瘤活性。牛广财等^[26]研究发现,马齿苋多糖能够有效抑制小鼠肺癌肿瘤生长,缩小肿瘤体积,同时马齿苋多糖还能促进小鼠的胸腺指数,对免疫系统同样有一定的调节作用。杨华锋等^[27]研究发现,马齿苋生物碱能够抑制乳腺癌裸鼠的肿瘤生长,缩小肿瘤体积。陈盛焯等^[28]研究发现,马齿苋酰胺 E 对肾癌有较好的敏感性。

2.2 抗氧化作用 马齿苋提取物中多种化学成分具有抗氧化活性。马齿苋的叶子、茎和花等不同部位均具有一定的抗氧化能力^[29]。Lim 等^[30]研究表明,6 个马齿苋品种的甲醇提取物都显示出较强的抗氧化活性。研究发现,马齿苋花朵的抗氧化活性最高,这与花朵中含较高的总酚、抗坏血酸、 β -胡萝卜素和 ω -3 脂肪酸有关^[31]。已从马齿苋中分离出几种化合物,并证明其抗氧化活性。例如,酚性生物碱如马齿苋酰胺 A、B 和 E 均显示出抗氧化活性^[32]。鲜马齿苋多糖的抗氧化性强于干马齿苋多糖^[33]。马齿苋黄酮具有较强的体内和体外抗氧化活性,可作为一种天然的抗氧化剂^[34]。对生马齿苋和蒸马齿苋提取物的对比分析表明,蒸马齿苋后抗氧化活性降低^[35]。栽培型马齿苋抗氧化作用好于野生型马齿苋^[36]。

2.3 神经保护作用 马齿苋的多种提取物对神经系统有明显的调节作用,对多种神经系统的相关疾病有很好的治疗效果,有很大的新药开发潜力。张虹^[37]研究发现,马齿苋外敷能够改善带状疱疹后遗神经痛。Farag 等^[38]研究发现,从马齿苋种子中提取的有效成分能够改善丙烯酰胺中毒大鼠的神经系统症状。Hussein 等^[39]研究发现,马齿苋的水提取物具有很好的神经保护作用,能够减轻脂多糖造成的大鼠认知记忆、脑组织病理损伤,减轻神经炎症水平,具有很好的神经保护功能。唐洁^[40]研究发现,马齿苋多糖能够改善脑神

经的细胞代谢损伤,以原代培养的小鼠大脑神经细胞为研究对象,发现马齿苋多糖能够修复 β 淀粉样蛋白造成的脑部神经损伤。Truong 等^[41]研究发现,马齿苋提取物作为一种神经保护剂对抗帕金森病。

2.4 降血糖的作用 糖尿病是我国常见的慢性代谢疾病,目前尚无治愈方法,天然产物多元化的药效和良好的安全性使其成为降糖药物研究的热点。Tegege 等^[42]研究发现,马齿苋的茎尖提取物灌胃给药能够有效降低糖尿病模型小鼠的血糖水平,并能改善小鼠的体重水平,其作用效果呈现剂量依赖性。Lee 等^[43]指出,用糖尿病小鼠模型作为研究对象,发现马齿苋提取物能够有效降低小鼠血糖和糖化血红蛋白水平,改善小鼠的胰岛素抵抗,进一步研究发现,马齿苋的降糖作用可能与 PI3k/Akt 和 AMPK 信号通路有关。Park 等^[44]研究表明,马齿苋提取物能够抑制碳水化合物的分解,延缓葡萄糖进入血液从而发挥降低餐后血糖的作用,这种作用类似于糖苷酶抑制剂,但是具体的原理仍需进一步研究。Sicari 等^[45]也观察到马齿苋的降血糖作用。这些研究都为明确阐述马齿苋降糖的作用机制奠定了基础。

2.5 保肝作用 黄小强等^[46]以急性肝损伤小鼠为模型研究了马齿苋多糖的肝脏保护作用,结果显示马齿苋多糖能够有效降低肝损伤小鼠血清谷丙转氨酶(AST)、谷草转氨酶(ALT)水平,并且能够改善肝脏的病理损伤,并提高肝脏谷胱甘肽(GSH)和超氧化物歧化酶(SOD)水平,作用强度呈现剂量依赖性,机制研究发现马齿苋多糖的肝脏保护作用可能与 Nrf-2 和 HO-1 信号通路的激活有关。黄晓旭等^[47]研究发现,马齿苋能够有效降低高脂大鼠 AST、ALT、丙二醛(MDA)水平,提高 SOD 水平,对肝细胞有保护作用,能够预防和减轻肝细胞的变性,进而减少肝细胞的受损程度。此外也有研究发现,马齿苋的种子干粉、水煎液、醇提物、提取物冻干汁都具有肝脏保护作用^[48],马齿苋能够显著改善链脲佐菌素诱导的糖尿病小鼠的肝脏损伤^[49],马齿苋种子对非酒精性脂肪肝非常有效^[50]。进一步阐述其作用机制有利于开发保肝药物或保健食品,具有很大的市场开发潜力。

2.6 抗菌、抗病毒作用 金星文^[51]研究了马齿苋提取物对大肠杆菌的抑制作用,发现以 50%乙醇为溶剂提取的马齿苋有效成分比水提物抑菌好。同时发现马齿苋乙醇提取物与头孢噻唑、痢菌净的联合抑菌效果十分显著,具有临床应用价值。陈国妮等^[52]研究发现,马齿苋黄酮对多种细菌都有较好的抑制作用,对大肠埃希菌和酵母菌的最低抑菌浓度均为 0.313 g/L,对金黄色葡萄球菌的最低抑菌浓度为 0.156 g/L。马齿苋多糖也具有较好的抗菌作用,代月等^[53]研究指出,马齿苋多糖可以提高双歧杆菌和乳酸杆菌数量,提高肠黏膜型免疫球蛋白 SIgA 含量,调节肠道菌群,改善肠道微生态失调,对溃疡性结肠炎有一定的治疗作用。此外,马齿苋提取物中的脂肪酸成分能够破坏大肠埃希菌的细菌膜从而发挥强大而抑菌作用^[54]。Di Cagno 等^[55]研究发现,发酵马齿苋汁对 caco-2 细胞系的肠道炎症和上皮损伤有效。

马齿苋外用可治疗疔疮肿毒,马齿苋水煎液能够有效抑

制单纯疱疹病毒的活性,半数抑制浓度为 0.98 $\mu\text{g}/\text{mL}$;最小有效浓度(MIC)为 1.95 $\mu\text{g}/\text{mL}$,且对正常细胞毒性低,具有很大的开发潜力^[56]。张宏伟等^[57]研究发现,马齿苋外敷能够治疗带状疱疹,结合马齿苋能改善带状疱疹神经痛,说明马齿苋在带状疱疹的治疗中有着极高的临床价值。马齿苋的水提取物对甲型流感病毒(IAV)感染具有抗病毒活性^[58]。Dong 等^[59]研究表明,从马齿苋中分离出的果胶多糖具有抗 2 型单纯疱疹病毒(HSV-2)的活性。

2.7 对心脑血管的保护作用 研究发现,马齿苋保护心脑血管主要是通过清除氧自由基、改善血液流变学、降血脂、降胆固醇、预防动脉粥样硬化和血栓形成等方式发挥作用的。张远荣等^[60]研究发现,马齿苋多糖有效清除自由基,改善自由基对人体的伤害,并且这种作用呈现剂量依赖性。马齿苋醇提物能够通过影响胆固醇逆向转运的正反馈发挥抗动脉粥样硬化的作用,并且能够调节脂质在细胞内外代谢、保护弹性血管形态及心室结构、加强动脉粥样硬化斑块稳定性、改善心室重构^[61]。王辉敏等^[62]通过研究马齿苋提取物多不饱和脂肪酸对高脂血症大鼠脂质代谢的影响,发现马齿苋多不饱和脂肪酸能够有效降低大鼠血脂水平。

2.8 其他作用 马齿苋具有一定的肾脏保护作用,吕有等为^[63]研究发现,马齿苋能够明显改善小鼠肾脏的病理变化,发挥降尿酸和肾脏保护作用。一定浓度的马齿苋水溶液能够降低骨骼肌乳酸的蓄积,有效缓解肌肉酸痛和疲劳,是一种天然的抗疲劳药物^[64]。研究发现,马齿苋多糖具有明显的抗疲劳效果^[65]。除此之外,还有研究表明,马齿苋能够降低血铅、脑铅的含量,是有效的解毒剂;马齿苋能够舒张气管平滑肌,改善支气管痉挛,对哮喘有一定作用^[66]。马齿苋还具有其他药理特性,尹爱武等^[67]通过给药小鼠实验发现马齿苋黄酮有显著的抗衰老作用,马齿苋提取物对大鼠也有免疫调节作用^[68],马齿苋提取物对异常子宫出血有一定有效性^[69],马齿苋提取的多糖对铅诱导的大鼠记忆障碍具有保护作用^[70]。

3 结语

马齿苋是一种非常重要的营养蔬菜,有多种药用价值。马齿苋不同提取成分能够发挥不同的药理活性,研究结果充分表明马齿苋在治疗皮肤病、心脑血管疾病、炎症性疾病、抗肿瘤等方面具有很好的疗效,有很大的开发潜力。马齿苋是一种药食两用的植物,但它仍然是世界各地未充分利用的植物,马齿苋对盐碱条件具有高度耐受性,可以作为一种盐碱植物推广。目前多数研究集中在临床前水平,所用的研究材料多为混合提取物,马齿苋活性成分与其药理活性之间构效、量效关系及作用机制研究有限,有些尚不明确。随着马齿苋中相关活性有效单体的不断分离和鉴定,对马齿苋的研究会越来越深入,马齿苋各种药理作用的具体机制会进一步阐述明确,必将进一步提高马齿苋市场价值的开发。

参考文献

[1] 李海涛,葛翎,段国梅,等.马齿苋的化学成分及药理活性研究进展[J].中国野生植物资源,2020,39(6):43-47.
[2] 冯津津.马齿苋的化学成分及药理作用研究进展[J].云南中医中药杂志,2013,34(7):66-68.

[3] 张少平,邱珊莲,黄惠明,等.基于转录组和代谢组分析马齿苋根茎叶中类黄酮代谢[J].西北植物学报,2021,41(2):254-261.
[4] 欧燕香,冯时茵,黄思文,等.一测多评法测定马齿苋中 4 种黄酮类成分[J].食品安全质量检测学报,2021,12(3):990-996.
[5] YANG X,ZHANG W J,YING X X,et al.New flavonoids from *Portulaca oleracea* L.and their activities[J].Fitoterapia,2018,127:257-262.
[6] XIANG L,XING D M,WANG W,et al.Alkaloids from *Portulaca oleracea* L[J].Phytochemistry,2005,66(21):2595-2601.
[7] 英哲铭,张文洁.马齿苋水提取物中生物碱 oleraisindole 和 7'-乙氧基-反式-阿魏酰基酰胺及其抗氧化活性研究[J].辽宁中医药大学学报,2019,21(7):75-78.
[8] 蒋明月,英锡相.马齿苋中两种酰胺类生物碱分离及鉴定[J].辽宁中医药大学学报,2017,19(9):48-51.
[9] 盛同玲,李亚楠,李建鑫,等.快速提取和分析马齿苋中五个三萜类化合物[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2020,36(5):521-527,559.
[10] 张少平,李洲,练冬梅,等.基于代谢组学分析马齿苋根茎叶中 4 种重要次生代谢产物[J].福建农业学报,2021,36(12):1414-1421.
[11] 李冠文,杨金梅,王辉敏,等.响应曲面法优化马齿苋中脂肪酸提取工艺及其成分分析[J].中国食品添加剂,2022,33(7):97-104.
[12] 邹耀洪.2-氨基-2-甲基丙醇化学改良气相色谱-质谱法分析马齿苋脂肪酸[J].食品科学,2004,25(5):154-158.
[13] 扈本荃,申亚丽,李金娟,等.HPLC 法测定马齿苋中 3 种有机酸含量[J].中药材,2015,38(8):1677-1679.
[14] 王天宇,刘玉婷,肖凤琴,等.马齿苋化学成分及药理活性的现代研究整理[J].中国实验方剂学杂志,2018,24(6):224-234.
[15] GU C M,PAN S.Extraction, purification and antibacterial activity of polysaccharides from Purslane[J].Adv Cem Res,2017,129:734-740.
[16] 黄春红,杨品红,王文彬,等.马齿苋多糖的提取及其功能研究进展[J].广东农业科学,2013,40(17):94-97,107.
[17] 张晓辉,张义涛,毛子俊,等.马齿苋乙醚萃取物化学成分研究[J].齐齐哈尔大学学报(自然科学版),2022,38(3):63-66.
[18] AYIVI-TOSUH S M,YANG J L,YANG Y,et al.Structure analysis of a non-esterified homogalacturonan isolated from *Portulaca oleracea* L. and its adjuvant effect in OVA-immunized mice [J].Int J Biol Macromol, 2021,177:422-429.
[19] RAHIMI V B,MOUSAVI S H,HAGHIGHI S,et al.Cytotoxicity and apoptogenic properties of the standardized extract of *Portulaca oleracea* on glioblastoma multiforme cancer cell line(U-87):A mechanistic study[J].EXCLI J,2019,18:165-186.
[20] 熊祥虹,邓超,白文,等.马齿苋醇提取物对结肠癌细胞及其干细胞体外增殖作用的机理研究[J].北京中医药大学学报,2018,41(1):39-44.
[21] JIN H Y,CHEN L,WANG S M,et al.*Portulaca oleracea* extract can inhibit nodule formation of colon cancer stem cells by regulating gene expression of the Notch signal transduction pathway[J/OL].Tumour Biol, 2017,39(7)[2022-03-17].https://doi.org/10.1177/1010428317708699.
[22] IZUEGBUNA O,OTUNOLA A G A,BRADLEY G.GC-MS profiling and antineoplastic activity of *Pelargonium inquinans* ait leaves on acute leukaemia cell lines U937 and jurkat[J].Nutr Cancer,2022,74(5):1849-1871.
[23] 欧海玲,张秀玲,孙良良,等.马齿苋多糖对胃癌 SGC7901 细胞增殖和凋亡的影响[J].中国癌症防治杂志,2020,12(4):431-434.
[24] LI Y Q,HU Y K,SHI S J,et al.Evaluation of antioxidant and immuno-enhancing activities of Purslane polysaccharides in gastric cancer rats[J].Int J Biol Macromol,2014,68:113-116.
[25] ZHAO R,GAO X,CAI Y P,et al.Antitumor activity of *Portulaca oleracea* L.polysaccharides against cervical carcinoma *in vitro* and *in vivo*[J].Carbohydr Polym,2013,96(2):376-383.
[26] 牛广财,李世燕,朱丹,等.马齿苋多糖 POPII 和 POPIII 的抗肿瘤及提高免疫力作用[J].食品科学,2017,38(3):201-205.
[27] 杨华锋,纪木峰,李占文,等.马齿苋生物碱对乳腺癌裸鼠肿瘤抑制的实验研究[J].中国现代医生,2017,55(6):25-29,169.
[28] 陈盛烨,黄航,叶挺宇,等.马齿苋酰胺 E 干预肾癌的作用机制研究[J].中草药,2021,52(6):1672-1680.
[29] ALAM M A,NADIRAH T A,MOHSIN G M,et al.Antioxidant compounds,antioxidant activities, and mineral contents among underutilized vegetables[J].Int J Veg Sci,2021,27(2):157-166.
[30] LIM Y Y,QUAH E P L.Antioxidant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea* [J].Food Chem,2007,103(3):734-740.
[31] SIRIAMORNUN S,SUTTAJIT M.Microchemical components and antioxidant activity of different morphological parts of Thai wild purslane (*Portulaca oleracea*) [J].Weed Sci,2010,58(3):182-188.
[32] YANG Z J,LIU C J,XIANG L,et al.Phenolic alkaloids as a new class of

- antioxidants in *Portulaca oleracea* [J]. *Phytother Res*, 2009, 23(7): 1032-1035.
- [33] 陈凌, 贺伟强, 曹巧巧. 干与鲜马齿苋多糖抗氧化动力学研究 [J]. *粮食与油脂*, 2021, 34(9): 143-146, 162.
- [34] 王杰, 王瑞芳, 王园, 等. 响应面优化马齿苋黄酮水提工艺及其抗氧化活性评价 [J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(19): 197-204.
- [35] FERNÁNDEZ-POYATOS M D P, LLORENT-MARTÍNEZ E J, RUIZ-MEDINA A. Phytochemical composition and antioxidant activity of *Portulaca oleracea*: Influence of the steaming cooking process [J]. *Foods*, 2021, 10(1): 1-14.
- [36] 赵学志, 宋曙辉, 张俊倩, 等. 栽培型和野生型马齿苋茎叶功能成分分析及抗氧化作用 [J]. *安徽农业科学*, 2021, 49(20): 210-212.
- [37] 张虹. 神经阻滞配合中药马齿苋外敷治疗带状疱疹后神经痛的疗效观察 [J]. *内蒙古中医药*, 2017, 36(4): 64-65.
- [38] FARAG O M, ABD-ELSALAM R M, OGALY H A, et al. Metabolomic profiling and neuroprotective effects of purslane seeds extract against acrylamide toxicity in rat's brain [J]. *Neurochem Res*, 2021, 46(4): 819-842.
- [39] HUSSEIN R M, YOUSSEF A M, MAGHARBEH M K, et al. Protective effect of *Portulaca oleracea* extract against lipopolysaccharide-induced neuroinflammation, memory decline, and oxidative stress in mice: Potential role of miR-146a and miR-let 7 [J]. *J Med Food*, 2022, 25(8): 807-817.
- [40] 康洁. 马齿苋多糖对小鼠大脑神经细胞代谢损伤修复机制的研究 [J]. *湖北农业科学*, 2011, 50(2): 353-357.
- [41] TRUONG H K T, HUYNH M A, VUU M D, et al. Evaluating the potential of *Portulaca oleracea* L. for parkinson's disease treatment using a Drosophila model with DUCH-knockdown [J]. *Park Dis*, 2019, 2019: 1-13.
- [42] TEGEGNE B A, MEKURIA A B, BIRRU E M. Evaluation of anti-diabetic and anti-hyperlipidemic activities of hydro-alcoholic crude extract of the shoot tips of *Crinum abyssinicum* Hochst. ex A. Rich (Amaryllidaceae) in mice [J]. *J Exp Pharmacol*, 2022, 14: 27-41.
- [43] LEE J H, PARK J E, HAN J S. *Portulaca oleracea* L. extract reduces hyperglycemia via PI3k/Akt and AMPK pathways in the skeletal muscles of C57BL/KsJ-db/db mice [J/OL]. *J Ethnopharmacol*, 2020, 260 [2022-03-17]. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112973>.
- [44] PARK J E, HAN J S. *Portulaca oleracea* L. extract lowers postprandial hyperglycemia by inhibiting carbohydrate-digesting enzymes [J]. *J Life Sci*, 2018, 28(4): 421-428.
- [45] SICARI V, LOIZZO M R, TUNDIS R, et al. *Portulaca oleracea* L. (Purslane) extracts display antioxidant and hypoglycaemic effects [J]. *J Appl Bot Food Qual*, 2018, 91: 39-46.
- [46] 黄小强, 丁辉, 刘顺和, 等. 马齿苋多糖对四氯化碳诱导的小鼠急性肝损伤的保护作用 [J]. *食品工业科技*, 2020, 41(23): 315-319, 324.
- [47] 黄晓旭, 张荣超, 张亚伟, 等. 马齿苋对高脂膳食大鼠脂代谢的影响和肝脏保护作用的研究 [J]. *时珍国医国药*, 2012, 23(5): 1166-1167.
- [48] 陈维维, 张小莉, 桑晓林. 马齿苋保肝作用的研究进展 [J]. *中医临床研究*, 2017, 9(35): 142-144.
- [49] PARK J E, HAN J S. A *Portulaca oleracea* L. extract promotes insulin secretion via a K_{ATP}^+ channel dependent pathway in INS-1 pancreatic β -cells [J]. *Nutr Res Pract*, 2018, 12(3): 183-190.
- [50] MOHAMED D A, ESSA H A, MOHAMED R S. Purslane and garden cress seeds as source of unconventional edible oils for prevention of hyperlipidemia [J]. *Pak J Biol Sci*, 2019, 22(11): 537-544.
- [51] 金星文. 马齿苋提取物对大肠杆菌的体外抑菌作用探究 [J]. *南方农业*, 2020, 14(15): 148-150.
- [52] 陈国妮, 孙飞龙, 闫亚茹. 马齿苋类黄酮提取工艺及抑菌效果的研究 [J]. *包装与食品机械*, 2016, 34(1): 6-10.
- [53] 代月, 韩振忠, 杨春佳, 等. 马齿苋多糖对溃疡性结肠炎小鼠肠黏膜 sIgA 及病理表现的影响 [J]. *中国微生态学杂志*, 2016, 28(8): 903-905, 915.
- [54] OTHMAN A S. Bactericidal efficacy of Omega-3 fatty acids and esters present in *Moringa oleifera* and *Portulaca oleracea* fixed oils against oral and gastro enteric bacteria [J]. *Int J Pharmacol*, 2017, 13(1): 44-53.
- [55] DI CAGNO R, FILANNINO P, VINCENTINI O, et al. Fermented *Portulaca oleracea* L. juice: A novel functional beverage with potential ameliorating effects on the intestinal inflammation and epithelial injury [J]. *Nutrients*, 2019, 11(2): 1-18.
- [56] 王毅兵. 马齿苋水煎液抗单纯疱疹病毒的实验研究 [J]. *临床合理用药杂志*, 2011, 4(8): 52-53.
- [57] 张宏伟, 王小婷. 马齿苋治疗带状疱疹 [J]. *中国民间疗法*, 2017, 25(1): 78.
- [58] LI Y H, LAI C Y, SU M C, et al. Antiviral activity of *Portulaca oleracea* L. against influenza A viruses [J/OL]. *J Ethnopharmacol*, 2019, 241 [2022-03-17]. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112013>.
- [59] DONG C X, HAYASHI K, LEE J B, et al. Characterization of structures and antiviral effects of polysaccharides from *Portulaca oleracea* L. [J]. *Chem Pharm Bull*, 2010, 58(4): 507-510.
- [60] 张远荣, 蒋企洲. 马齿苋多糖清除羟自由基作用的研究 [J]. *首都医药*, 2009, 16(14): 48-49.
- [61] 葛翎. 马齿苋提取物调节胆固醇转运抗动脉粥样硬化机制研究及其生物学活性测定 [D]. 南京: 南京中医药大学, 2021.
- [62] 王辉敏, 李冠文, 杨金梅, 等. 马齿苋多不饱和脂肪酸对高脂血症大鼠的降脂作用 [J/OL]. *中国粮油学报*, 2022-06-10 [2022-06-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20220609.1805.027.html>.
- [63] 吕有为, 潘昱辰, 孙铭键, 等. 马齿苋降尿酸及肾脏保护作用的研究 [J]. *食品工业科技*, 2022, 43(2): 354-359.
- [64] 刘中革, 安玉香, 姜楠. 马齿苋提取物对力竭小鼠骨骼肌乳酸代谢干预特征研究 [J]. *广州体育学院学报*, 2010, 30(2): 80-84.
- [65] XU Z X, SHAN Y. Anti-fatigue effects of polysaccharides extracted from *Portulaca oleracea* L. in mice [J]. *Indian J Biochem Biophys*, 2014, 51(4): 321-325.
- [66] 权美平, 郝晓宁. 马齿苋药用价值及其保健制品的研究进展 [J]. *保鲜与加工*, 2012, 12(5): 44-47.
- [67] 尹爱武, 高鹏飞, 党丽敏. 马齿苋黄酮抗衰老作用研究 (英文) [J]. *天然产物研究与开发*, 2017, 29(6): 988-993.
- [68] KAVEH M, EIDI A, NEMATI A, et al. The extract of *Portulaca oleracea* and its constituent, alpha linolenic acid affects serum oxidant levels and inflammatory cells in sensitized rats [J]. *Iran J Allergy Asthma Immunol*, 2017, 16(3): 256-270.
- [69] KHANAM B, BEGUM W, TIPO F A, et al. Effect of *Tukhme khurfa* (Purslane seeds) in abnormal uterine bleeding: A prospective study [J]. *Adv Integr Med*, 2021, 8(3): 193-198.
- [70] HAN T, YE D L, WU Y L, et al. The protective effect of polysaccharide extracted from *Portulaca oleracea* L. against Pb-induced learning and memory impairments in rats [J]. *Int J Biol Macromol*, 2018, 119: 617-623.

(上接第 20 页)

- [83] 李利钊, 李萍, 陈华保, 等. 紫茎泽兰叶水提液对蛭螭的毒杀作用 [J]. *西北农业学报*, 2012, 21(12): 177-180.
- [84] 董强, 赵宝玉, 顾强, 等. 紫茎泽兰全草对小鼠毒性试验 [J]. *西北大学学报 (自然科学版)*, 2011, 41(3): 469-472.
- [85] 杜欣, 杨林美, 姜梦柯, 等. 内生细菌对 NaCl 胁迫下小麦幼苗的缓解作用 [J]. *安徽农学通报*, 2022, 28(1): 15-18.
- [86] 王静, 罗国玖, 蒙远涛, 等. 紫茎泽兰内生菌的分离及其代谢物的除草活性 [J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(5): 99-101.
- [87] FANG K, BAO Z S N, CHEN L, et al. Growth-promoting characteristics of potential nitrogen-fixing bacteria in the root of an invasive plant *Ageratina adenophora* [J]. *PeerJ*, 2019, 7: 1-21.