

马齿苋中活性成分和药理作用研究进展

张志成, 王怡萌, 梁 啸

辽宁大学药学院, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2023年9月26日; 录用日期: 2023年10月31日; 发布日期: 2023年11月7日

摘 要

马齿苋 *Portulaca oleracea* L. 又名五行草, 长命草等。《本草纲目》中马齿苋是一种药食同源的野生植物, 广泛分布于温带和热带地区。《中国药典》记载马齿苋性酸、寒, 具有清热解毒、凉血止血功效, 用于热毒血痢、痈肿疔疮、湿疹、丹毒、蛇虫咬伤、便血、痔血, 崩漏下血等。现代研究证明马齿苋活性成分为黄酮类、生物碱类、萜类、有机酸类等, 在抗肿瘤、抗氧化、神经保护、降血糖、抗病毒等方面有显著作用。为更好地研究马齿苋的化学性质, 药理作用, 探究应用前景, 本文系统总结了马齿苋活性成分及其药理作用, 为后续马齿苋的研究提供帮助。

关键词

马齿苋, 活性成分, 药理作用, 研究进展

Research Progress on Active Ingredients and Pharmacological Effects of *Portulaca oleracea*

Zhicheng Zhang, Yimeng Wang, Xiao Liang

College of Pharmacy, Liaoning University, Shenyang Liaoning

Received: Sep. 26th, 2023; accepted: Oct. 31st, 2023; published: Nov. 7th, 2023

Abstract

Portulaca oleracea L. also known as Wuxing grass, long life grass, etc. In the "Compendium of Materia Medica" recorded, Purslane is a kind of wild plant that is homologous to food and medicine, widely distributed in temperate and tropical areas. "Chinese Pharmacopoeia" records the acid and cold of Purslane, which has the effect of clearing heat and detoxification, cooling blood and stopping bleeding. It is used for heat and poison blood dysentery, carbonosis and pustule, eczema, ery-

sipelas, snake and worm bite, blood in stool, hemorrhoid blood, caving and leaking blood. Modern studies have proved that the active ingredients of Purslane are flavonoids, alkaloids, terpenoids, organic acids, etc. which have significant effects on anti-tumor, anti-oxidation, neuroprotection, hypoglycemia, antiviral and so on. In order to better study the chemical properties and pharmacological effects of *Portulaca oleracea*, explore the application prospect, in this paper, the active ingredients of Purslane and their pharmacological effects were summarized systematically to provide help for the subsequent research of Purs-lane.

Keywords

Portulaca oleracea L., Active Ingredients, Pharmacological Action, Research Progress

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 马齿苋的活性成分研究

1.1. 黄酮类成分

黄酮类化合物是马齿苋的茎、叶和根中分离出来的山奈酚、杨梅素、芦丁、木樨草素、芹菜素、染料木苷, 染料木黄酮等。英锡亮等[1]采用水煎煮提取、硅胶柱层析、聚酰胺柱层析、ODS 中压柱纯化、Sephadex LH-20 及重结晶方法, 提取分离两种新的黄酮化合物, 命名分别为 3-(2-hydroxybenzyl)-6, 8-dimethoxy-4H-chrom-en-4-one、3-(2-hydroxybenzyl)-6, 8-dimethoxychroman-4-one。Yan 等[2]发现了四种全新的高异黄酮单体, 也是目前报道的第一组高异黄酮, 分别为 20-hydroxy-5, 7-dimethoxy-3-benzyl-chroman-4-one、20-hydroxy-5,6,7-trimethoxy-3-benzyl-chroman-4-one、5,20-dihydroxy-6,7-dimethoxy-3-benzyl-chroman-4-one、5,20-dihydroxy-7-methoxy-3-benzylidene-chroman-4-one。M-uhammad Yasir Naeem 等[3]通过对 25 份马齿苋材料测定, 试样中最高黄酮含量被发现在 A-ssya (0.569 mg/mL)中。

1.2. 生物碱类成分

马齿苋中有多种生物碱化合物, 以异喹啉类结构和吲哚类结构的母核为主, 包括去甲肾上腺素、多巴胺、少量多巴、尿嘧啶、腺嘌呤、腺苷、尿囊素、n, n-二环己基脒、n-反式-阿魏酰基酪胺; 还有环二肽生物碱和酰胺类等[4]。最早被分离的生物碱是甜菜红素, 后续发现马齿苋碱, 金莲花碱等[5] [6]。Penchala Latha 等[7]通过 TFAA 介导的分子内傅克酰化的方式, 首次实现了 5 种吡咯稠杂卓生物碱的全合成, 即 aspastipuline、5-hydroxy-aspastipuline、5,6,11,12-tetrahydropyrrolo-[1, 2:1, 2]-azepino-[4, 5-b]-indole-3-carbaldehyde、portulacatone 和 portulacatal。Xiujuan Lan 等[8]从马齿苋中得到一种新型骨架生物碱, 鉴定为 10,11-二羟基苯并[5', 6']五苯[1', 2':3, 4]吡咯并[2, 1-b]恶唑-7(11bH)-酮, 命名为奥莱拉松 M。

1.3. 有机酸成分

Gengsong Liu 等[9]采用 HPLC-MS 对马齿苋有机酸(OAPO)的化学成分进行分离鉴定, OAPO 中前 25 种有机酸占总含量的 5.78%, 包括 α -桐硬脂酸、棕榈酸、L-焦谷氨酸、亚油酸、硬脂酸、壬二酸、d-泛酸、6-羟基皮考尔酸和麟皮硫醇酸。根据细胞壁和细胞膜的完整性和通透性、扫描电子显微镜和可溶性蛋白质含量评估体外抗菌机制。采用小鼠皮肤伤口恢复模型验证马齿苋有机酸(OAPO)对体内金黄色葡萄

球菌的抗菌作用。结果表明仅在体外抑制耐甲氧西林金黄色葡萄球菌活性，而且在小鼠模型中抑制金黄色葡萄球菌诱导的皮肤损伤。此外，OAPO 治疗组的炎症细胞和细胞因子数量减少。

1.4. 萜类成分

马齿苋中已报道的萜类成分有马齿苋单帖、羽扇豆醇、胡萝卜苷、蒲公英萜醇、齐墩果酸、环阿屯醇等。Ehab S. Elkhayat 等[10]采用氯仿提取法对马齿苋分离，得到一个新的二萜类化合物，命名为马齿苋烯。盛同玲等[11]从马齿苋中提取了 5 个三萜类化合物，分别是 3-乙酰氧基油桐酸、 2α , 19α -二羟基熊果酸、 3α , 19α -二羟基熊果酸、 19α , 14 -二羟基熊果酸和熊果酸。

1.5. 其他成分

马齿苋中还含有反式 - 对香豆酸、伞形花内酯、佛手内酯、异茴香内酯，东莨菪亭等多种香豆素[12]。张少平等[13]利用高效液相色谱串联质谱，进行代谢组学分析马齿苋中 16 种香豆素与木脂素，木脂素含 10 种化合物，香豆素含 6 种化合物。其中秦皮甲素和七叶苷在茎和叶中含量均较高；松脂醇二葡萄糖苷在茎和根部含量显著低于叶部；丁香树脂酚 - 乙酰葡萄糖在茎部含量极低，丁香树脂酚 - 己糖在根部含量极低。

2. 马齿苋的药理作用研究概括

2.1. 护肝作用

Tahereh Farkhondeh 等[14]在体外和体内的研究，已经发现马齿苋的胃保护和肝保护作用。根据多项研究结果，马齿苋还可作为 CCl₄、C₁₈、APAP 和高脂诱导的肝毒性的解毒剂。此外，已经表明其对肝细胞癌和肝纤维化具有保护作用。

Gheflati 等[15]证明食用马齿苋籽并坚持低热量饮食对 NAFLD 患者的 FBS、HOMA-IR、QUICKI、血清总水平和 LDL-C 有益影响，但不影响其他血糖、血脂和氧化应激参数。在低热量饮食中摄入马齿苋种子导致空腹血糖(FBS; -3.52 ± 10.45 与 3.03 ± 9.01 mg/dl 相比, $P = 0.017$)，定量胰岛素敏感性检查指数(QUICKI; 0.13 ± 0.27 与 -0.002 ± 0.016 相比, $P = 0.017$)，总胆固醇(4.33 ± 34.04 与 23.48 ± 29.47 mg/dl 相比, $P = 0.032$)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C; -4.35 ± 22.65 与 11.82 ± 16.08 mg/dl 相比, $P = 0.004$)。

Zahra Moslemi 等[16]证明马齿苋显著降低转氨酶，碱性磷酸酶的血浆水平($P < 0.05$)、胆汁淤积肝脏中的羟脯氨酸含量、胆管增殖和炎症评分($P < 0.05$)和 TNF- α 和 TGF- β 促炎基因的表达的方式减轻肝损伤。Dar MA 等[17]证明马齿苋具有显著的 DPPH 自由基清除和保肝潜力。这些发现有助于对马齿苋的肝治疗作用提出假说，但是仍需通过临床试验来证实。

2.2. 抗炎作用

Kang E 等[18]通过 MTT 测定评估细胞活力，还分析了细胞内 ROS、超氧阴离子、脂质过氧化物、NO 和 PGE₂ 的产生以及抗氧化酶的活性，并使用蛋白质印迹分析评估 iNOS、COX-2、I kappa B、NF-kappa B、TNF-alpha, IL-1 beta 和 IL-6 的表达。证明 HM-色满酮通过下调炎症因子的表达来抑制 RAW 264.7 巨噬细胞中 LPS 诱导的炎症。

Ke Ning 等[19]探究了马齿苋大分子(POEM)和小分子提取物(POES)对右旋糖酐硫酸钠(DSS)诱导小鼠溃疡性结肠炎的治疗效果。研究结果表明 POEM 可通过调节抗氧化能力和肠道菌群来缓解溃疡性结肠炎，而 POES 的主要缓解作用主要与抗氧化能力的调节有关。Vahideh Ghorani 等[20]证明马齿苋作为抗氧化植物，可以清除自由基，平衡氧化剂和抗氧化参数。这种草药还可以通过改善 T 淋巴细胞和 NK 细

胞以及炎症标志物(IL-4, IL-10, IFN- γ 和 TNF- α)和 Th1/Th2 平衡来抑制炎症和调节免疫系统。Min-zheng Zhu 等[21]从食用马齿苋中分离并鉴定了马齿苋 L 衍生的外泌体样纳米颗粒(PERN), 证明 PELN 在胃肠道内表现出优异的稳定性和安全性, 并显示出对小鼠结肠中发炎部位的特异性靶向, 为治疗 UC 提供了一种有希望的治疗方法。

2.3. 神经保护作用

马齿苋对多种神经系统疾病有效, 因此它可能是一种有前途的治疗化合物, 用于管理和治疗一些神经系统疾病, 包括阿尔茨海默病、帕金森病、抑郁症、癫痫、缺氧和疼痛, 通过抗氧化、抗炎和抗凋亡作用等多种机制。

在一项研究中[22], 采用强制游泳试验来评估油马齿苋提取物在大鼠中的抗抑郁作用, 然后检查 ACTH 量, 提取物效果与地西洋相当, 可减少不动时间和 ACTH 水平。马齿苋富含矿物质, 包括锂, 叶酸, 钙, 钾和镁, 应具有抗抑郁特性, 在干重的基础上, 马齿苋含有高达 16%的抗抑郁成分。马齿苋水提取物通过涉及 miR-146a 和 miR-1et 7 表达上调的抗氧化和抗炎作用保护小鼠免受 LPS 诱导的神经炎症和记忆力下降[23]。Jalali J 等[24]用从马齿苋中提取的多糖处理 PC12 细胞, 可提高这些细胞的存活率并减弱活性氧(ROS)的产生。此外, 从马齿苋中提取的多糖被证明可以通过增加平台穿越时间、减少逃逸潜伏期和减少树突棘损失来改善铅诱导的学习和记忆障碍。

2.4. 降血糖作用

Park JE 等[25]采用生物测定引导的分级分离和高效液相色谱分离来自马齿苋的 3 种高异黄酮和 1 种二甲氧基查耳酮, 其中(E)-5-羟基-7-甲氧基-3-(2'-羟基苄基)-4-色满酮对脂肪细胞葡萄糖摄取的影响最大, 证明 HM-色满酮通过激活 3T1-L1 脂肪细胞中的 PI3K/AKT 和 AMPK 途径增加葡萄糖摄取, 并通过双信号通路诱导 GLUT4 易位。因此, HM-色满酮可以通过促进 GLUT4 易位来增强葡萄糖摄取和胰岛素敏感性, 这是 2 型糖尿病的一种有希望的治疗方法。Ha Jeong Lim 等[26]证明从马齿苋中分离的(E)-5-羟基-7-甲氧基-3-(2'-羟基苄基)-4-色满酮(HM-色满酮)显著降低胰岛素抵抗性 HepG2 细胞的葡萄糖产生, 并增加葡萄糖摄取。

2.5. 其他作用

张宏伟等[27]研究发现, 将适量的新鲜马齿苋洗净, 切碎, 捣烂如泥, 连汁敷于患处能够治疗带状疱疹, 说明马齿苋在带状疱疹的治疗中有着极高的临床价值。Yao-Hsuan Li 等[28]证明马齿苋水提取物抑制了病毒与细胞的结合, 表现出良好的杀病毒活性, 可有效缓解大流行性甲型流感病毒(IAV)感染的体征和症状。马齿苋具有一定的降脂作用, Qiang Fu 等[29]证明 POPs 通过促进 Coprococcus-2 (一种复杂的植物碳水化合物降解细菌)的生长, 并降低一些肥胖相关细菌的丰度, 包括乳酸杆菌和毛茛科。肠道微生物组的改善影响细菌来源代谢物的产生, 例如类固醇和类固醇衍生物中脂肪酰基中 5 β -胆甾烷-3 α , 7 α , 12 α , 25-四醇和牛痘酸水平的降低以及前烯醇脂质中大豆皂苷酚 E 水平的增加, 以及甘油脂中的 MG (24:0/0:0/0:0), 降低脂质水平。

S Caballero-Salazar 等[30]证明马齿苋含有与抗癌特性相关的植物化学物质和营养物质。诱变亚硝化混合物活性降低 12%, 可归因于马齿苋提取物的抗坏血酸(维生素 C), α 和 β -胡萝卜素, 叶绿素和多酚。有研究证明, 马齿苋在宫颈癌治疗方面有显著作用。Zhao R 等[31]采用 U14 小鼠宫颈癌细胞进行动物实验, 通过测定活细胞 MTT 染料吸光度测定 POL-P3b 对 HeLa 细胞的生长抑制作用。结果表明, POL-P3b 在体外和体内抑制宫颈癌细胞的生长, 显著抑制 U14 小鼠的肿瘤生长。该机制与亚 G1 细胞周期停滞、

DNA 损伤和细胞凋亡有关。而且, 硫酸化多糖也对抗颈肿瘤活性有很大贡献[32]。马齿苋对乳腺癌也有显著治疗作用, Guiyan Jia 等证明给予 POL-P3b 处理的抗原引发的 DC 通过诱导细胞凋亡和增强免疫应答实现了显著的肿瘤生长抑制。此外, POL-P3b 处理的 DC 疫苗能够抑制肺转移。Chen Sheng-ye 等[33]证明马齿苋酰胺 E 体外可有效抑制 786-O 细胞增殖、迁移与侵袭, 促进 786-O 细胞凋亡, 体内可有效降低荷瘤裸鼠肿瘤质量与体积。Yanfei He 等[34]证明马齿苋可有效降低腹泻率, 改善肠道组织, 降低血液中白细胞介素(IL)-6、IL-10、IL-12 p40 和 TNF- α 的细胞因子浓度。He Yanfei 等[35]证明马齿苋多糖在体内体外均表现出较强的免疫增强活性。

3. 结语

马齿苋作为一种药食同源的植物, 有多种药用价值。目前众多研究结果充分表明, 马齿苋活性成分具有护肝、抗炎、抗肿瘤、抗炎、抗病毒、降血糖等多种药理作用, 其不同提取物能发挥不同药理活性。马齿苋虽然在全世界分布广泛, 但是仍未被充分利用。现有的研究虽然对马齿苋活性成分进行药理学活性研究, 但临床实验相对较少, 多集中在临床前水平, 马齿苋活性成分与其药理活性之间量效、构效关系及作用机制研究有限。目前对马齿苋中活性成分提取鉴定, 并进行药理活性研究的趋势不断增大, 对马齿苋的研究不断深入, 马齿苋未来的临床实验会更加安全和高效, 必定增加马齿苋的市场价值。

基金项目

辽宁省科技厅面上项目(2022-MS-172); 沈阳市中青年科技人才支持计划项目(RC210464)。

参考文献

- [1] 辽宁中医药大学. 马齿苋中两种黄酮类化合物及其提取分离方法与用途[P]. 中国专利, CN110305094A. 2019-10-08.
- [2] Yan, J., Sun, L.R., Zhou, Z.Y., Chen, Y.C., Zhang, W.M., Dai, H.F. and Tan, J.W. (2021) Homoisoflavonoids from the Medicinal Plant *Portulaca oleracea*. *Phytochemistry*, **80**, 37-41. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.05.014>
- [3] Naeem, M.Y., Jabran, K., Özdenand, M., et al. (2022) Assessment of Morphological and Biochemical Characteristics of Common Purslane (*Portulaca oleracea* L.) Accessions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, **59**, 1017-1028.
- [4] 鲍守民, 贾红梅, 邹忠梅, 等. 马齿苋生物碱的研究进展[J]. 药物评价研究, 2020, 43(6): 1174-1182.
- [5] Tashbekov, I. (1977) Chemical Composition of Wild *Portulaca oleracea*. *Rastitelnye Resursy*, **13**, 361-364.
- [6] 刘佃雨. 马齿苋的化学成分、质量控制及多酚提取物制备工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2011.
- [7] Latha, P. and Nagarajan, R. (2023) Total Synthesis of Pyrrolo-Azepine Fused Alkaloids: Aspastipuline, Portulacatone and Related Alkaloids via TFAA Mediated Intramolecular Friedel-Crafts Acylation. *Tetrahedron*, **143**, Article ID: 133557. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2023.133557>
- [8] Lan, X., Guo, S., Zhao, Y., et al. (2023) A Novel Skeleton Alkaloid from *Portulaca oleracea* L. and Its Bioactivities. *Fitoterapia*, **169**, Article ID: 105608. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2023.105608>
- [9] Liu, G., Liu, A., Yang, C., et al. (2023) *Portulaca oleracea* L. Organic Acid Extract Inhibits Persistent Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in vitro and in vivo. *Frontiers in Microbiology*, **13**, Article 1076154. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1076154>
- [10] Elkhayat, E.S., Ibrahim, S.R.M. and Aziz, M.A. (2008) Portulene, a New Diterpene from *Portulaca oleracea* L. *Journal of Asian Natural Products Research*, **11**, 1039-1043. <https://doi.org/10.1080/10286020802320590>
- [11] 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.
- [12] 王天宁, 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.
- [13] 张少平, 李洲, 练冬梅, 姚运法, 赖正锋, 吴松海, 鞠玉栋, 洪建基. 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.

- [14] Farkhondeh, T. and Samarghandian, S. (2019) The Therapeutic Effects of *Portulaca oleracea* L. in Hepatogastric Disorders. *Gastroenterología y Hepatología*, **42**, 127-132. <https://doi.org/10.1016/j.gastrohep.2018.07.016>
- [15] Gheflati, A., Adelnia, E. and Nadjarzadeh, A. (2019) The Clinical Effects of Purslane (*Portulaca oleracea*) Seeds on Metabolic Profiles in Patients with Nonalcoholic Fatty Liver Disease: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Phytotherapy Research*, **33**, 1501-1509. <https://doi.org/10.1002/ptr.6342>
- [16] Moslemi, Z., Bahrami, M., Hosseini, E., et al. (2021) *Portulaca oleracea* Methanolic Extract Attenuate Bile Duct Ligation-Induced Acute Liver Injury through Hepatoprotective and Anti-Inflammatory Effects. *Heliyon*, **7**, e07604. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07604>
- [17] Dar, M.A., Mir, P.A., Masoodi, M.H., et al. (2022) Amelioration of Experimental Hepatotoxicity in Rats by *Portulaca oleracea* Linn. from Kashmir Himalaya. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, **25**, 1072-1081. <https://doi.org/10.2174/1386207324666210713104836>
- [18] Kang, E., Eun Park, J., Seo, Y. and Han, J.S. (2021) (E)-5-Hydroxy-7-Methoxy-3-(2'-Hydroxybenzyl)-4-Chromanone Isolated from *Portulaca oleracea* L. Suppresses LPS-Induced Inflammation in RAW 264.7 Macrophages by Downregulating Inflammatory Factors. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, **5**, 611-621. <https://doi.org/10.1080/08923973.2021.1963271>
- [19] Ning, K., Duan, Y., Tong, W., et al. (2023) Protective Effects of Different Molecular Weights of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) Aqueous Extract on DSS-Induced Ulcerative Colitis in Mice. *Antioxidants*, **12**, Article 1400. <https://doi.org/10.3390/antiox12071400>
- [20] Ghorani, V., Saadat, S., Khazdair, M.R., Gholamnezhad, Z., El-Seedi, H. and Boskabady, M.H. (2023) Phytochemical Characteristics and Anti-Inflammatory, Immunoregulatory, and Antioxidant Effects of *Portulaca oleracea* L.: A Comprehensive Review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2023**, Article ID: 2075444. <https://doi.org/10.1155/2023/2075444>
- [21] Zhu, M.Z., Xu, H.M., Liang, Y.J., et al. (2023) Edible Exosome-Like Nanoparticles from *Portulaca oleracea* L Mitigate DSS-Induced Colitis via Facilitating Double-Positive CD4⁺CD8⁺T Cells Expansion. *Journal of Nanobiotechnology*, **21**, Article No. 309. <https://doi.org/10.1186/s12951-023-02065-0>
- [22] Sassoui, D., Seridi, R., Azine, K. and Houmani, Z. (2017) Évaluation des teneurs en oméga-3 et effet antidépressif des extraits de *Portulaca oleracea* L. *Phytotherapie*, **17**, 23-30. <https://doi.org/10.3166/phyto-2019-0119>
- [23] Hussein, R.M., Youssef, A.M., Magharbeh, M.K., Al-Dalaen, S.M., Al-Jawabri, N.A., Al-Nawaiseh, T.N., Al-Jwanieh, A. and Al-Ani, F.S. (2022) 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. *Journal of Medicinal Food*, **25**, 807-817. <https://doi.org/10.1089/jmf.2021.0097>
- [24] Jalali, J. and Ghasemzadeh Rahbardar, M. (2023) Ameliorative Effects of *Portulaca oleracea* L. (Purslane) and Its Active Constituents on Nervous System Disorders: A Review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, **26**, 2-12.
- [25] Park, J.E., Park, J.Y., Seo, Y. and Han, J.S. (2019) A New Chromanone Isolated from *Portulaca oleracea* L. Increases Glucose Uptake by Stimulating GLUT4 Translocation to the Plasma Membrane in 3T3-L1 Adipocytes. *International Journal of Biological Macromolecules*, **123**, 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.206>
- [26] Lim, H.J., Park, J.E. and Han, J.S. (2023) HM-Chromanone from *Portulaca oleracea* L. Inhibits Protein Tyrosine Phosphatase 1B and Mitigates Glucose Production in Insulin-Resistant HepG2 Cells. *Fitoterapia*, **167**, Article ID: 105512. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2023.105512>
- [27] 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.
- [28] Li, Y.H., Lai, C.Y., Su, M.C., Cheng, J.C. and Chang, Y.S. (2019) Antiviral Activity of *Portulaca oleracea* L. against Influenza A Viruses. *Journal of Ethnopharmacology*, **241**, Article ID: 112013. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112013>
- [29] Fu, Q., Huang, H., et al. (2022) *Portulaca oleracea* Polysaccharides Reduce Serum Lipid Levels in Aging Rats by Modulating Intestinal Microbiota and Metabolites. *Frontiers in Nutrition*, **9**, Article 965653. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.965653>
- [30] Caballero-Salazar, S., Riveron-Negrete, L., Ordaz-Tellez, M.G., et al. (2002) Evaluation of the Antimutagenic Activity of Different Vegetable Extracts Using an *in Vitro* Screening Test. *Proceedings of the Western Pharmacology Society*, **45**, 101-103.
- [31] Zhao, R., Gao, X., Cai, Y., Shao, X., Jia, G., Huang, Y., Qin, X., Wang, J. and Zheng, X. (2013) Antitumor Activity of Purslane *oleracea* L. Polysaccharides against Cervical Carcinoma *in Vitro* and *in Vivo*. *Carbohydrate Polymers*, **96**, 376-383. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.04.023>
- [32] Xie, L., Shen, M., Hong, Y., Ye, H., Huang, L. and Xie, J. (2020) Chemical Modifications of Polysaccharides and Their Anti-Tumor Activities. *Carbohydrate Polymers*, **229**, Article ID: 115436.

<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115436>

- [33] 陈盛焯, 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.
- [34] He, Y.F., Xu, G.P., Jiang, P., *et al.* (2023) Antibacterial Diarrhea Effect and Action Mechanism of *Portulaca oleracea* L. Water Extract Based on the Regulation of Gut Microbiota and Fecal Metabolism. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **103**, 7260-7272. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12810>
- [35] He, Y.F., Huang, S.P., Xu, G.P., *et al.* (2023) Structural Characteristics and Immunomodulation Activity of a Polysaccharide from Purslane (*Portulaca oleracea*). *Journal of Functional Foods*, **109**, Article ID: 105781. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105781>