·综述·

马齿苋化学成分与药理作用研究进展

赵静雯[1]，曾海丹[1]，赵相轩[1,2]，徐　书[3]

1. 辽宁中医药大学实验动物医学院（沈阳 110847）
2. 辽宁中医药大学药学院（辽宁大连 116600）
3. 北京中医药大学深圳医院肿瘤科（广东深圳 518100）

【摘要】马齿苋（*Portulacae herba*）为马齿苋科植物马齿苋（*Portulaca oleracea* L.）的干燥地上部分，是《中国药典》2025年版收载的药食两用品种，具有清热解毒、凉血止血、止痢等功效，临床可用于热毒血痢、痈肿疔疮、湿疹、丹毒、蛇虫咬伤、便血、痔血、崩漏下血等症。现代研究表明，马齿苋化学成分丰富，涵盖糖类及多糖类、有机酸及酚酸类、黄酮及花色苷类、苯丙素及香豆素类、萜类及甾醇类、生物碱、酰胺及脑苷脂类、挥发油类及维生素、矿物质、蛋白质与氨基酸等多种营养成分。药理研究证实其具有心脑血管保护、神经保护、抗炎、免疫调节、抗过敏及抗菌、保肝、降血糖、肌肉调节、延缓衰老及抗肿瘤等多方面活性。本文系统梳理近年来国内外相关文献，对马齿苋的化学成分与药理作用研究进展进行综述，以期为该药食同源中药的新药创制、保健品开发与临床应用提供参考。

【关键词】马齿苋；化学成分；药理作用；多糖；有机酸；黄酮；生物碱；抗炎；抗肿瘤

【中图分类号】R282.71　　**【文献标识码】**A

Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of *Portulacae herba*

ZHAO Jingwen[1], ZENG Haidan[1], ZHAO Xiangxuan[1,2], XU Shu[3]

1. School of Laboratory Animal Medicine, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110847, China

2. School of Pharmacy, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, Liaoning Province, China

3. Department of Oncology, Shenzhen Hospital, Chinese Medicine Beijing University of Chinese Medicine, Shenzhen 518100, Guangdong Province, China

Corresponding author: ZHAO Xiangxuan, Email: xiangxuanzhao@163.com

【Abstract】*Portulacae herba* is the dried aerial part of *Portulaca oleracea* L., belonging to the family Portulacaceae. It is a dual-purpose medicinal and edible species recorded in the *Chinese Pharmacopoeia*, possessing properties of clearing heat, detoxifying, cooling blood, stopping bleeding, and relieving dysentery. Clinically, it is applied for the treatment of bloody dysentery due to toxic heat, carbuncles, sores, eczema, erysipelas, snake and insect bites, hematochezia,

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202606011
基金项目：国家自然科学基金面上项目（31371425）；辽宁省教育厅高校基本科研项目（LJ212510162011）
通信作者：赵相轩，博士，教授，博士研究生导师，Email：xiangxuanzhao@163.com

hemorrhoidal bleeding, and uterine bleeding. Modern research demonstrates that *Portulacae herba* is rich in chemical constituents, encompassing carbohydrates and polysaccharides, organic acids and phenolic acids, flavonoids and anthocyanins, phenylpropanoids and coumarins, terpenoids and sterols, alkaloids, amides and cerebrosides, volatile oils, as well as various nutritional components including vitamins, minerals, proteins, and amino acids. Pharmacological studies have confirmed its diverse biological activities, such as cardiovascular and cerebrovascular protection, neuroprotection, anti-inflammation, immunomodulation, anti-allergy, antibacterial effects, hepatoprotection, hypoglycemic activity, muscular regulation, anti-aging, and anti-tumor properties. This article systematically reviews recent domestic and international literature and summarizes the research progress on the chemical constituents and pharmacological effects of *Portulacae herba*, aiming to provide a comprehensive reference for the further development and clinical application of this medicine-food homologous traditional Chinese medicine.

【Keywords】 *Portulacae herba*; Chemical constituents; Pharmacological effects; Polysaccharides; Organic acids; Flavonoids; Alkaloids; Anti-inflammation; Anti-tumor

马齿苋属（*Portulaca*）植物全球约100种。中国常见野生或栽培的种类有马齿苋（*Portulaca oleracea* L.）、大花马齿苋（*Portulaca grandiflora* Hook.）及毛马齿苋（*Portulaca pilosa* L.）等，其中马齿苋（*Portulaca oleracea* L.）为马齿苋科马齿苋属一年生肉质草本植物，又名马齿菜、长寿菜、五行草等，广泛分布于我国各地，资源极为丰富，为《中国药典》2025年版[1]收载作为马齿苋（*Portulacae herba*）的法定来源。本文后续所涉及的化学成分与药理活性研究，均以马齿苋为研究对象。

马齿苋性味酸、寒，归肝、大肠经，具有清热解毒、凉血止血、止痢之功效，临床用于热毒血痢、痈肿疔疮、湿疹、丹毒、蛇虫咬伤及崩漏下血等症[1]。马齿苋化学成分多样，涵盖糖类及多糖类、有机酸及酚酸类、黄酮及花色苷类、苯丙素及香豆素类、萜类及甾醇类、生物碱、酰胺及脑苷脂类、挥发油类以及维生素、矿物质、蛋白质与氨基酸等多种营养成分。药理研究显示其具有心脑血管保护、神经保护、抗炎免疫调节及抗过敏抗菌、保肝、降血糖、肌肉调节、延缓衰老及抗肿瘤等多方面活性。近年来，随着现代分析技术与药理学研究的不断深入，在马齿苋中相继发现了一系列新骨架黄酮、新型酰胺生物碱及特征性酰化甜菜色苷等成分，其药理活性的分子机制研究亦取得显著进展。本文系统梳理近年来国内外相关文献，按化学成分类别与药理作用方向，对马齿苋的最新研究进展进行综述，以期为基于马齿苋的中药新药创制、保健品开发及临床转化应用提供有益思路。

1 马齿苋的化学成分

马齿苋的化学成分约可为以下几大类：糖类及多糖类、有机酸及酚酸类、黄酮及花色苷类、苯丙素及香豆素类、萜类及甾醇类、生物碱、酰胺及脑苷脂类、挥发油类以及维生素、矿物质、蛋白质与氨基酸等。这些物质构成了马齿苋复杂生理活性的基础。

1.1 糖类及多糖类成分

马齿苋多糖是马齿苋最具代表性的核心活性成分之一，其含量水平受采收季节以及提取制备工艺等多种因素影响。周晶等[2]发现9月初采收的马齿苋多糖含量为全年最高，这为马齿苋的最佳采收期确定提供了科学依据。在提取工艺方面，刘志勇等[3]首次将微波辅助提取技术应用于马齿苋多糖提取。刘万水[4]进一步对马齿苋粗多糖的提取与精制全流程进行了系统优化，通过不同浓度乙醇分级沉淀法去除煎煮液中的小分子杂质，并采用大孔吸附树脂联合超滤技术对活性多糖进行初步分离，在降低生产成本的同时显著提高了多糖产品质量；而杨金磊[5]则系统对比了2种最常用提取方法的差异，发现碱提法能有效破坏植物细胞壁的纤维素和半纤维素结构，释放更多结合态多糖，得率高达20%，约为传统水提法的4倍，展现出明显的工业化应用优势。从化学结构来看，马齿苋多糖主要为果胶类多糖，通常可分为酸性黏液质多糖和中性黏液质多糖两大类[6]；马齿苋水溶性黏液质的中性级分以阿拉伯糖（41%）和半乳糖（43%）为主、鼠李

糖仅含微量，而从地上部分纯化得到的RN型中性多糖则以葡萄糖、甘露糖和阿拉伯糖为主，被鉴定为阿拉伯葡甘露聚糖[7]。由此可见，提取方式不仅影响多糖得率，也改变其单糖组成特征，碱提酸性杂多糖POPAA-1的主链即由4-α-半乳糖醛酸与2,4-α-鼠李糖的重复单元构成，鼠李糖是碱提果胶中RG-Ⅰ型结构域的骨架组分[8]。马齿苋多糖是马齿苋发挥其药食两用功效的重要物质基础。马齿苋的主要糖类成分如表1所示。

表1 马齿苋根部/地上部分糖类及多糖类化学成分

Table 1. Chemical components of carbohydrates and polysaccharides in *Portulacae herba*

序号	类别	多糖名称	单糖组成	分子量	参考文献
1	天然粗多糖	9月采收粗多糖	葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖、鼠李糖	1.2×10^4 ~ 6.8×10^5	[2]
2	天然粗多糖	微波辅助粗多糖	葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖、木糖、鼠李糖	4.5×10^4	[3]
3	天然粗多糖	碱提粗多糖	葡萄糖、半乳糖、鼠李糖、半乳糖醛酸	8.2×10^4	[5]
4	均一纯化多糖	POLⅠb	葡萄糖、半乳糖	1.8×10^4	[6]
5	均一纯化多糖	POLⅡa	阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖	5.6×10^4	[6]
6	均一纯化多糖	POLⅢ′	葡萄糖、半乳糖	4.1×10^5	[6]
7	果胶酸性多糖	酸性黏液质多糖	半乳糖醛酸、鼠李糖、半乳糖、阿拉伯糖	2.3×10^5	[7]
8	中性多糖	中性黏液质多糖	阿拉伯糖、半乳糖、鼠李糖	5.6×10^4	[7]

1.2 有机酸及酚酸类成分

马齿苋中的有机酸及酚酸类成分十分丰富，涵盖低分子有机酸、酚酸和脂肪酸等类型，是其发挥降血脂、抗氧化等药理作用的重要物质基础。在低分子有机酸方面，通过HPLC法从马齿苋中分离鉴定出柠檬酸、*L*-苹果酸和琥珀酸等多种低分子羧酸[9]；酚酸类成分包括阿魏酸、对羟基苯甲酸等羟基肉桂酸类和羟基苯甲酸类衍生物[10]。此外，Liu等[11]从马齿苋中分离鉴定了2个新有机酸，分别命名为oleraceacid A与oleraceacid B，二者在20 μmol/L浓度条件下均能抑制脂多糖（lipopolysaccharide，LPS）诱导的RAW 264.7细胞IL-1β释放。脂肪酸类成分以多不饱和脂肪酸为主，可分为ω-3和ω-6两大系列：ω-3系列主要包括α-亚麻酸、二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸等，ω-6系列主要包括亚油酸和γ-亚麻酸等。邹耀洪[12]采用化学改良气相色谱-质谱联用技术鉴定出10种C16 ~ C22脂肪酸，多不饱和脂肪酸总相对含量为70.64%，其中亚麻酸相对含量达50.08%，并首次在植物中检出二十碳五烯酸和二十二碳五烯酸。辛海量等[13]发现低极性部位中棕榈酸、亚油酸乙酯、棕榈酸乙酯及亚麻酸含量较高，建议将亚麻酸和亚油酸作为提取物的质量控制指标。史仁玖等[14]揭示生长35 d的马齿苋中ω-3脂肪酸约占总脂肪酸的60%，且其中99%分布于叶片。刘圆圆等[15]采用索氏提取结合气相色谱-质谱联用技术对荷兰马齿苋种子脂肪酸进行分析，种子脂肪酸总提取率为（20.36 ± 0.12）%，其中亚油酸占64.00%、α-亚麻酸占17.00%、棕榈酸占11.00%、硬脂酸占5.00%，不饱和脂肪酸占比超过80%，证实马齿苋种子是亚油酸和α-亚麻酸等必需多不饱和脂肪酸的优质来源。由此可见，马齿苋中有机酸及酚酸种类多样，尤其是富含多不饱和脂肪酸和酚酸类抗氧化成分，为其营养保健与药用价值提供了科学依据。马齿苋的主要有机酸及酚酸类成分如表2所示。

1.3 黄酮及花色苷类成分

马齿苋中的黄酮及花色苷类成分是其抗氧化、抗炎与心血管保护等活性的重要物质基础。该类成分的积累与制备受提取工艺和采收期影响明显：伊长文等[16]发对马齿苋黄酮的提取工艺进行了系统研究，为黄酮类成分的富集提供了工艺参考；王仲英等[17]发现马齿苋中的黄酮类化合物在7 ~ 8月含量最高，9月最低，后续研究也证实黄酮含量与抗氧化活性呈显著正相关[18]。在化学结构上，该类成分涵盖黄酮醇类（槲皮素、山柰酚、杨梅素）、黄酮类（芹菜素、木犀草素）和黄酮苷类（橙皮苷、染料木苷、染料木素-7-*O*-β-*D*-葡萄糖苷）[19-20]，并含有oleracone G[21]、oleracone J与oleracone K[22]等新骨架黄酮。此外，Yang等[23]也从马齿苋中分离出一种具有抗氧化活性的新高异黄酮成分。这些成分可细分为异黄酮、黄酮醇、黄酮、黄烷酮、黄烷醇

表2 马齿苋中有机酸及酚酸类化学成分

Table 2. Chemical components of organic acids and phenolic acids in *Portulacae herba*

序号	类别	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	脂肪族小分子有机酸	丙二酸	$C_3H_4O_4$	104.06	[9]
2	脂肪族小分子有机酸	柠檬酸	$C_6H_8O_7$	192.12	[9]
3	脂肪族小分子有机酸	*L*-苹果酸	$C_4H_6O_5$	134.09	[9]
4	脂肪族小分子有机酸	抗坏血酸	$C_6H_8O_6$	176.12	[9]
5	脂肪族小分子有机酸	反丁烯二酸	$C_4H_4O_4$	116.07	[9]
6	脂肪族小分子有机酸	琥珀酸	$C_4H_6O_4$	118.09	[9]
7	脂肪族小分子有机酸	乙酸	$C_2H_4O_2$	60.05	[9]
8	酚酸（羟基肉桂酸类）	阿魏酸	$C_{10}H_{10}O_4$	194.18	[10]
9	酚酸（羟基苯甲酸类）	对羟基苯甲酸	$C_7H_6O_3$	138.12	[10]
10	马齿苋专属新型有机酸	oleraceacid A	$C_{15}H_{24}O_2$	236.35	[11]
11	马齿苋专属新型有机酸	oleraceacid B	$C_{19}H_{16}O_7$	356.33	[11]
12	饱和脂肪酸	棕榈酸	$C_{16}H_{32}O_2$	256.42	[12-13]
13	多不饱和脂肪酸 ω-3	α-亚麻酸	$C_{18}H_{30}O_2$	278.43	[12]
14	多不饱和脂肪酸 ω-3	二十碳五烯酸	$C_{20}H_{30}O_2$	302.45	[12]
15	多不饱和脂肪酸 ω-3	二十二碳五烯酸	$C_{22}H_{32}O_2$	328.49	[12]
16	多不饱和脂肪酸 ω-6	亚油酸	$C_{18}H_{32}O_2$	280.45	[12，15]
17	多不饱和脂肪酸 ω-6	γ-亚麻酸	$C_{18}H_{30}O_2$	278.43	[15]

以及花青素等亚类，其中黄酮醇和黄酮类是其抗氧化活性的主要贡献者。茎与叶中均有黄酮分布，欧燕香等[24]采用一测多评法测定了马齿苋中染料木苷、木犀草素、山柰酚、槲皮素的含量，徐晓等[25]进一步结合化学计量学及熵权逼近理想解排序法评价了不同产地马齿苋的质量，为保证其作为药材或食材来源的可靠性提供了科学依据。

花色苷类成分则属于甜菜色素家族，不同于普通花青素，以甜菜色苷为主要存在形式，赋予马齿苋特征性紫红色。碱性水解分析显示，其由阿魏酸为酰基供体，苷元为甜菜苷配基或异甜菜苷配基的5-*O*-β-纤维二糖苷[26-27]。这种酰化修饰显著提升了色素的耐光和耐热稳定性，同时赋予其显著的抗氧化和抗炎活性，是马齿苋发挥保健功效的重要组分之一。马齿苋主要黄酮及花色苷类成分如表3所示。

1.4 苯丙素及香豆素类成分

马齿苋中的苯丙素类成分以香豆素类衍生物为核心，同时包含简单苯丙酸类，是其抗炎、抗菌的重要物质基础。目前从马齿苋中提取物中鉴

表3 马齿苋中黄酮及花色苷类化学成分

Table 3. Chemical components of flavonoids and anthocyanins in *Portulacae herba*

序号	类别	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	黄酮醇	槲皮素	$C_{15}H_{10}O_7$	302.24	[19]
2	黄酮醇	山柰酚	$C_{15}H_{10}O_6$	286.24	[19]
3	黄酮醇	杨梅素	$C_{15}H_{10}O_8$	318.24	[19]
4	异黄酮	染料木素	$C_{15}H_{10}O_5$	270.24	[19]
5	黄酮	木犀草素	$C_{15}H_{10}O_6$	286.24	[19-20]
6	黄酮	芹菜素	$C_{15}H_{10}O_5$	270.24	[19-20]
7	黄酮苷	橙皮苷	$C_{28}H_{34}O_{15}$	610.56	[19-20]
8	黄酮苷	染料木苷	$C_{21}H_{20}O_{10}$	432.38	[19-20]
9	黄酮苷	染料木素-7-*O*-β-*D*-葡萄糖苷	$C_{21}H_{20}O_{10}$	432.38	[19-20]
10	新骨架黄酮	oleracone G	$C_{16}H_{12}O_5$	284.26	[21]
11	高异黄酮	oleracone J	$C_{18}H_{18}O_5$	312.32	[22]
12	高异黄酮	oleracone K	$C_{18}H_{18}O_5$	314.33	[22]
13	甜菜花色苷	马齿苋素Ⅰ	$C_{24}H_{26}N_2O_{13}$	550.47	[26-27]
14	甜菜花色苷	马齿苋素Ⅱ	$C_{30}H_{32}N_2O_{17}$	692.58	[26-27]

定出的香豆素类化合物涵盖简单香豆素、呋喃香豆素及苯丙酸类等多种结构类型[28]。这些成分普遍具有抗炎、抗氧化、抗菌及光保护活性，其中呋喃香豆素类如佛手柑内酯具有光化学活性，在紫外线照射下可增强抗菌和抗炎效果，与马齿苋外用治疗湿疹、疮疡的传统功效相契合；而东莨菪亭等简单香豆素则主要通过清除自由基、抑制炎症因子释放来发挥抗氧化和抗炎作用[29]。Xu 等[30]从马齿苋中分离出 6,7-二羟基香豆素与反式对香豆酸甲酯，二者均为首次从该植物中分离得到，并经核磁共振和高分辨电喷雾电离飞行时间质谱完成了结构确证。金妍等[31]亦从马齿苋中分离鉴定出 6,7-二羟基香豆素与反式对香豆酸。反式对香豆酸作为典型的苯丙酸类成分，是黄酮类和香豆素类等次生代谢产物的生物合成前体，其存在也反映了马齿苋苯丙烷代谢途径的完整性[30-31]。马齿苋主要苯丙素及香豆素类成分如表 4 所示。

表 4 马齿苋中苯丙素及香豆素类化学成分

Table 4. Chemical components of phenylpropanoids and coumarins in *Portulacae herba*

序号	类别	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	呋喃香豆素	佛手柑内酯	$C_{12}H_8O_4$	216.19	[28]
2	呋喃香豆素	异茴香内酯	$C_{13}H_{10}O_5$	246.22	[28]
3	简单香豆素	6,7-二羟基香豆素	$C_9H_6O_4$	178.14	[28]
4	简单香豆素	东莨菪亭	$C_{10}H_8O_4$	192.17	[28]
5	简单香豆素	伞形花内酯	$C_9H_6O_3$	162.14	[29]
6	苯丙酸类	反式-对香豆酸	$C_9H_8O_3$	164.16	[30-31]

1.5 萜类及甾醇类成分

马齿苋中的萜类及甾醇类成分种类丰富，涵盖三萜、单萜、甾醇及其苷类等多个亚类，是其发挥抗炎、抗肿瘤、抗氧化及调节胆固醇代谢等活性的重要物质基础。三萜类成分以五环三萜和四环三萜为主，五环三萜类主要包括 α-香树脂醇、β-香树脂醇、羽扇豆醇、丁香迷帕醇、帕克醇、4-α-甲基表木栓醇、4-α-甲基-3β-羟基木栓烷及木栓酮等；四环三萜类则以环阿屯醇、24-亚甲基-24-二氢帕克醇和亚甲基环木菠萝烷醇为代表[32]。盛同玲等[33]采用微波提取结合超高效液相色谱-串联质谱法，对马齿苋中熊果酸、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 3-乙酰氧基油桐酸等 5 个三萜类化合物进行了定量分析，发现不同产地样品中这些三萜的含量差异显著。甾醇类成分作为三萜衍生物，与上述萜类相互印证，包括 β-谷甾醇、胡萝卜苷（β-谷甾醇葡萄糖苷）、豆甾醇、Δ^7-豆甾醇及芸苔甾醇等。Nasser 等[34]对马齿苋地上部分脂质复合物进行了系统分析，确认其甾醇与三萜醇组分占总脂质的 0.7%（691.3 mg/100g），其中 β-谷甾醇（44.0%）、Δ^7-豆甾醇（13.2%）和环阿屯醇（7.7%）为主要成分。此外，针对马齿苋二氧化碳提取物的色谱分析也确认了二萜类和甾体类成分的整体存在[35]。马齿苋萜类及甾醇类成分如表 5 所示。

1.6 生物碱、酰胺及脑苷脂类成分

马齿苋中的生物碱、酰胺及脑苷脂类成分结构多样、活性显著，是其发挥神经保护、抗炎及心血管调节等药理作用的重要物质基础。生物碱类成分含量较为丰富[36]，目前已分离鉴定出百余种生物碱类化合物，涵盖吲哚类、异喹啉类、酰胺类及脑苷脂类等多种结构类型[37]。鲍守民等[37]发现从马齿苋中已分离得到的生物碱化合物共有 105 个，大多具有良好的生物活性。向兰等[27]分离鉴定了马齿苋酰胺 A~E 5 种酚性酰胺生物碱，为后续研究奠定了基础。近年来，马齿苋中新生物碱不断被发现，包括吲哚类生物碱 oleraindole A、oleraindole B[38]、oleraindole E 和 oleraindole F[39]，酰胺类生物碱 oleracrylimide A、oleracrylimide B、oleracrylimide C[40] 和 oleraciamide G[41]，哌嗪类生物碱 3-(4-羟基苄基)-6-苄基哌嗪-2,5-二酮、3-仲丁基-6-甲基哌嗪-2,5-二酮和 3-异丁基-6-甲基哌嗪-2,5-二酮[27]，以及其他类生物碱 oleradazine[42]。Tang 等[43]于 2023 年通过精细的色谱分离与波谱分析技术，首次从马齿苋中分离并鉴定出 2 个全新的四氢异喹啉类生物碱，随着对马齿苋生物碱微观物质基础研究的不断深入，其探索方向已从单纯的天然成分分离逐步延伸至化学全合成与结构修饰领域。王奥云[44]于 2025 年系统开展了马齿苋生物碱及其衍生物的定向合成与生物活性评价，通过构建多元化的生物碱衍生物分子库，深度阐明了其核心骨架的构效关系，为突破马齿苋天然生物碱微量提取的瓶颈、导向开发高效能的全新人工合成天然产物药物奠定了前沿的药物化学基础。上述新成分的不断涌现极大丰富了马齿苋生物碱的化学多样性。

表5 马齿苋中萜类及甾醇类化学成分

Table 5. Chemical components of terpenoids and sterols in *Portulacae herba*

序号	类别	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	五环三萜	α-香树脂醇	$C_{30}H_{50}O$	426.72	[32]
2	五环三萜	β-香树脂醇	$C_{30}H_{50}O$	426.72	[32]
3	五环三萜	羽扇豆醇	$C_{30}H_{50}O$	426.72	[32]
4	五环三萜	丁香迷帕醇	$C_{30}H_{52}O_4$	476.73	[32]
5	五环三萜	帕克醇	$C_{30}H_{50}O$	426.72	[32]
6	五环三萜衍生物	4-α-甲基表木栓醇	$C_{31}H_{54}O$	442.76	[32]
7	五环三萜衍生物	4-α-甲基-3β-羟基木栓烷	$C_{31}H_{54}O$	442.76	[32]
8	五环三萜酮	木栓酮	$C_{30}H_{50}O$	426.72	[32]
9	三萜酸类	3-乙酰氧基油桐酸	$C_{32}H_{50}O_4$	498.74	[32]
10	四环三萜	环阿屯醇	$C_{30}H_{50}O$	426.72	[32]
11	四环三萜	24-亚甲基-24-二氢帕克醇	$C_{31}H_{52}O$	440.74	[32]
12	四环三萜	亚甲基环木菠萝烷醇	$C_{31}H_{52}O$	440.74	[32]
13	单萜	马齿苋单萜A	$C_{10}H_{16}O_4$	200.23	[32]
14	单萜	马齿苋单萜B	$C_{10}H_{16}O_4$	200.23	[32]
15	单萜糖苷	portuloside A	$C_{16}H_{26}O_8$	346.37	[32]
16	甾醇糖苷	胡萝卜苷	$C_{35}H_{60}O_6$	576.85	[32]
17	植物甾醇	β-谷甾醇	$C_{29}H_{50}O$	414.71	[34]
18	植物甾醇	Δ^7-豆甾醇	$C_{29}H_{48}O$	412.69	[34]
19	植物甾醇	β-豆甾醇	$C_{29}H_{48}O$	412.69	[35]
20	植物甾醇	芸苔甾醇	$C_{28}H_{48}O$	400.68	[35]

在酰胺及脑苷脂类方面，杨子娟等[45]从70%乙醇提取物中同时分离得到马齿苋酰胺A、B、E及首次从该植物中获得的橙皮苷。杨琪等[46]在2026年的系统综述中进一步明确了不同提取方法对马齿苋各类活性组分富集规律的影响，为后续优化酰胺类特定化学成分的工业化制备工艺提供了关键的方法学参考。辛海量等[47]则发现1个新的神经酰胺糖苷化合物，鉴定为(2*S*,3*S*,4*R*)-2-[(2′*R*,4*E*)-2′-羟基-二十六碳烯酰胺]-3，4-二羟基-十六碳-1-*O*-β-*D*-葡萄糖苷，命名为马齿苋脑苷A，系首次从马齿苋中分离得该类神经酰胺糖苷。这些酰胺及脑苷脂类成分具有潜在的神经保护、抗炎及免疫调节活性，与上述生物碱类成分相互补充，共同构成了马齿苋在这一化学类型上的药效物质基础。马齿苋生物碱、酰胺及脑苷脂类成分如表6所示。

1.7 挥发油类成分

马齿苋挥发油主要含单萜醇类、脂肪族烷烃类及酯类等成分。扈本荃等[48]采用离子液体辅助超声水蒸气蒸馏与气相色谱-质谱联用技术，发现离子液体提取的挥发油成分数量多于水提取，为马齿苋挥发油的高效制备提供了新方法。在单萜醇类方面，主要成分为芳樟醇和牻牛儿醇，二者属于典型单萜醇类，既是马齿苋挥发油特征香气的主要来源，亦具有广谱抗菌、抗炎及镇静等生物活性[49]。脂肪族烷烃类以十七碳烷为代表，作为弱极性辅助组分，有助于提升活性成分的生物利用度。酯类成分主要为亚麻酸酯等[50]。马齿苋主要挥发油类成分如表7所示。

1.8 营养类成分

1.8.1 维生素

马齿苋富含多种水溶性与脂溶性维生素，是天然的抗氧化维生素来源。新鲜马齿苋叶鲜品中含维生素C、维生素E、β-胡萝卜素，同时含有硫胺素（维生素B_1）、核黄素（维生素B_2）和烟酸（烟酸/维生素B_3）等B族维生素[51]。赵学志等[52]研究证实，栽培型和野生型马齿苋均富含维生素C，且叶中营养成分总体高于茎。其中维生素C和维生素E分别作为水溶性与脂溶性抗氧化剂，可协同清除自由基、保护细胞膜免受氧化损伤；β-胡萝卜素作为维生素A前体，对维持上皮组织健康与视觉功能具有重要作用。上述维生素的丰富组成不仅赋予马齿苋较高的营养价值，也是其抗氧化、延缓衰老等保健功效的重要物质基础。

表6 马齿苋中生物碱、酰胺及脑苷脂类化学成分

Table 6. Chemical components of alkaloids, amides and cerebrosides in *Portulacae herba*

序号	类别	化合物名称	分子式	分子量	参考文献
1	酚性酰胺生物碱	马齿苋酰胺A	$C_{18}H_{17}NO_7$	359.33	[27]
2	酚性酰胺生物碱	马齿苋酰胺B	$C_{19}H_{19}NO_8$	389.36	[27]
3	酚性酰胺生物碱	马齿苋酰胺C	$C_{26}H_{25}NO_{10}$	511.48	[27]
4	酚性酰胺生物碱	马齿苋酰胺D	$C_{27}H_{27}NO_{11}$	541.5	[27]
5	酚性酰胺生物碱	马齿苋酰胺E	$C_{21}H_{21}NO_9$	431.39	[27]
6	哌嗪类生物碱	3-(4-羟基苄基)-6-苄基哌嗪-2，5-二酮	$C_{18}H_{18}N_2O_3$	310.35	[27]
7	哌嗪类生物碱	3-仲丁基-6-甲基哌嗪-2,5-二酮	$C_9H_{16}N_2O_2$	184.24	[27]
8	哌嗪类生物碱	3-异丁基-6-甲基哌嗪-2,5-二酮	$C_9H_{16}N_2O_2$	184.24	[27]
9	吲哚类生物碱	oleraindole A	$C_{11}H_{10}N_2O_3$	218.21	[38]
10	吲哚类生物碱	oleraindole B	$C_{12}H_{12}N_2O_4$	248.24	[38]
11	吲哚类生物碱	oleraindole E	$C_{13}H_{11}NO_3$	229.23	[39]
12	吲哚类生物碱	oleraindole F	$C_{13}H_{11}NO_4$	245.23	[39]
13	酰胺类生物碱	oleracrylimide A	$C_{16}H_{13}NO_4$	283.28	[40]
14	酰胺类生物碱	oleracrylimide B	$C_{17}H_{15}NO_5$	313.31	[40]
15	酰胺类生物碱	oleracrylimide C	$C_{16}H_{13}NO_5$	299.28	[40]
16	酰胺类生物碱	oleraciamide G	$C_{20}H_{23}NO_5$	357.4	[41]
17	杂环生物碱	oleradazine	$C_{13}H_{11}NO_2$	213.23	[42]
18	鞘糖脂类	马齿苋脑苷A	$C_{41}H_{79}NO_9$	729.08	[47]

表7 马齿苋中挥发油类化学成分

Table 7. Chemical components of volatile oils in *Portulacae herba*

序号	类别	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	单萜醇	芳樟醇	$C_{10}H_{18}O$	154.25	[49]
2	单萜醇	植物醇	$C_{20}H_{40}O$	296.53	[49]
3	单萜醇	牻牛儿醇	$C_{10}H_{18}O$	154.25	[49]
4	脂肪族烷烃	十七碳烷	$C_{17}H_{36}$	240.47	[50]
5	脂肪酸酯	亚麻酸甲酯	$C_{19}H_{32}O_2$	292.46	[50]

1.8.2 无机元素

马齿苋中矿物质元素种类丰富，涵盖钾、钙、镁、磷、钠等常量元素及铁、锌、锰、铜、钴、锂、硒等微量元素，其中钾元素含量尤为突出，是马齿苋的特征性高含量元素[53]。Ahmed等[54]对不同部位元素分布的研究发现，野生与栽培马齿苋各部位的大量和微量元素存在显著差异，各元素的分布存在明显的部位与生长期差异，钾、钙、镁、铁、铜等含量通常表现为叶高于茎。此类丰富的矿物质组成，既是马齿苋高营养价值的体现，也是其发挥利尿、调节电解质平衡等传统功效的物质基础之一。

1.8.3 蛋白质与氨基酸

马齿苋是一种优质的植物蛋白来源，其氨基酸组成丰富、均衡，绝大多数氨基酸含量优于普通蔬菜。马齿苋干品中含有亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、缬氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸和赖氨酸等全部人体必需氨基酸。Rayan等[55]发现种子蛋白中总必需氨基酸与总氨基酸的比值显著高于理想食用蛋白的参考标准。在非必需氨基酸方面，谷氨酸、天冬氨酸和精氨酸是马齿苋蛋白中的主要成分，同时含有甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、脯氨酸及酪氨酸；其中精氨酸在脱脂粉、浓缩蛋白和分离蛋白中的含量分别可达6.883、5.734、6.756 g/100 g蛋白。此外，马齿苋还含有特征性活性氨基酸3,4-二羟苯丙氨酸（*L*-多巴），毛细管电泳法测定了其含量，作为帕金森病治疗药物的前体物质，是其发挥神经保护作用的重要物质基础[56]。马齿苋主要营养类成分如表8所示。

2 马齿苋的药理作用

马齿苋化学成分复杂、生物活性广泛，可作用于机体多系统，具有心脑血管保护、神经保护、抗炎免疫、保肝、降血糖、平滑肌与骨骼肌调节、延缓衰老及抗肿瘤等多种药理作用。

2.1 心脑血管系统保护作用

2.1.1 抗心律失常作用

马齿苋水提物在多种实验性心律失常模型中表现出明确的保护活性。李光燮等[57]采用2种

表8 马齿苋中营养类成分

Table 8. Nutritional components in *Portulacae herba*

序号	类别	化合物名称	分子式	分子量	参考文献
1	水溶性维生素	维生素C	$C_6H_8O_6$	176.12	[51]
2	脂溶性维生素	维生素E	$C_{29}H_{50}O_2$	430.71	[51]
3	脂溶性维生素	β-胡萝卜素	$C_{40}H_{56}$	536.87	[51]
4	B族维生素	核黄素（维生素B_2）	$C_{17}H_{20}N_4O_6$	376.36	[51]
5	B族维生素	烟酸（维生素B_3）	$C_6H_5NO_2$	123.11	[51]
6	B族维生素	硫胺素（维生素$B_{1)}$	$C_{12}H_{17}N_4OS$	265.35	[51]
7	无机元素	钾	K	39.10	[53]
8	无机元素	钙	Ca	40.08	[53]
9	无机元素	镁	Mg	24.31	[53]
10	无机元素	磷	P	30.97	[53]
11	无机元素	钠	Na	22.99	[53]
12	无机元素	铁	Fe	55.85	[53]
13	无机元素	锌	Zn	65.38	[53]
14	无机元素	锰	Mn	54.94	[53]
15	无机元素	铜	Cu	63.55	[53]
16	无机元素	钴	Co	58.93	[53]
17	无机元素	锂	Li	6.94	[53]
18	无机元素	硒	Se	78.97	[53]
19	特征活性氨基酸	*L*-多巴	$C_9H_{11}NO_4$	197.19	[56]

经典心律失常大鼠模型验证了静脉注射马齿苋水提物可显著抑制乌头碱诱发的室性早搏、室性心动过速、心室颤动及心脏停搏，表明其能有效延缓恶性心律失常的发生。此外，Iranshahy等[58]的综述归纳得出结论，马齿苋抗心律失常的电生理机制可能与抑制钠、钙离子跨膜流动、降低心房传导组织及浦肯野纤维自律性并延长不应期有关，呈现多离子通道调节的特征。

2.1.2 降血脂与抗动脉粥样硬化作用

马齿苋具有明确的降血脂活性，并可能通过脂质代谢调节对动脉粥样硬化发挥干预作用。在血脂调节方面，马齿苋可显著降低高脂血症模型大鼠血清总胆固醇、甘油三酯及低密度脂蛋白胆固醇水平，升高高密度脂蛋白胆固醇，干品与鲜品马齿苋均能明显降低大鼠高血脂水平并抑制脂质过氧化物的形成[59]。在动脉粥样硬化斑块干预方面，马齿苋提取物及其生物碱oleracein E还能通过靶向信号转导与转录激活因子2、调控丝裂原活化蛋白激酶炎症信号通路，显著减轻小鼠心脏重构和心力衰竭[60]。张晶等[61]采用高脂饲料所致高血脂大鼠模型，观察到马齿苋提取物具有调节血脂的作用。基于6项随机对照试验（n = 386）的Meta分析证实，马齿苋补充可显著降低非酒精性脂肪肝病患者的甘油三酯（−0.18 mmol/L）、总胆固醇（−0.35 mmol/L）及低密度脂蛋白胆固醇（−0.15 mmol/L）[62]。在幼年糖尿病大鼠模型中，马齿苋多糖还可通过转化生长因子-β1（transforming growth factor-β1，TGF-β1）/Smad3信号通路改善糖脂代谢水平[63]。马齿苋多不饱和脂肪酸可减轻油酸诱导的HepG2细胞脂质堆积程度，提示其在细胞水平具有体外降脂活性[64]。

2.1.3 抗血小板聚集与改善血流变性作用

马齿苋可预防血小板聚集、冠状动脉痉挛和血栓形成，对冠心病防治具有潜在价值。马齿苋通过抗血小板聚集及保护红细胞膜等途径维护血液系统健康，其地上部分的乙酸乙酯提取部位对人血小板聚集具有显著的抑制作用，且该作用不依赖于诱导剂类型[65]。马齿苋提取物可降低邻苯三酚诱导的老化红细胞模型中脂质过氧化产物丙二醛的含量，有效保护氧自由基引发的红细胞膜氧化损伤[66]。上述改善血流变性的作用，与马齿苋中富含的维生素C、维生素E及胡萝卜素等抗氧化成分密切相关；这些成分通过清除氧自由基、减轻氧化应激，保护红细胞膜、维护红细胞功能，从而改善血液流变学稳态。

2.1.4 抗缺氧与心肌保护作用

马齿苋具有显著的抗缺氧活性，可通过改善线粒体能量代谢、保护线粒体功能及促进红细胞生成等多种机制改善机体对缺氧环境的耐受能力，并发挥心肌保护效应。Chen 等[67]通过缺氧小鼠模型研究发现，马齿苋乙醇提取物可剂量依赖性延长缺氧小鼠的存活时间，其作用机制可能在于抑制心肌线粒体磷脂的脂质过氧化、改善呼吸链酶活性，从而保护线粒体免受缺氧损伤。在促进红细胞生成方面，马齿苋总黄酮可显著上调肾脏和大脑皮质中促红细胞生成素信使核糖核酸（messenger RNA，mRNA）的表达水平，提高血浆促红细胞生成素含量、红细胞计数及血红蛋白水平，最终显著延长缺氧小鼠的生存时间[68]。此外，其富含的维生素C、维生素E及胡萝卜素等抗氧化成分亦可通过清除氧自由基减轻心肌氧化损伤，与前述的线粒体保护及促红细胞生成机制协同，共同构成多靶点的心肌保护效应。

2.2 神经系统保护作用

2.2.1 神经细胞保护与损伤修复

马齿苋对神经细胞具有保护与修复作用，其活性成分可干预神经退行性病变相关的关键分子事件。马齿苋多糖在小鼠脑原代培养细胞的β-淀粉样蛋白损伤模型中表现出明确的神经保护活性。其可能机制在于其可抑制糖原合酶激酶-3β对Tau蛋白的异常磷酸化，从而修复神经细胞代谢损伤、减轻β-淀粉样蛋白诱导的神经毒性[69]。这一作用机制涉及阿尔茨海默病等神经退行性疾病的关键病理环节，提示马齿苋多糖在防治神经损伤相关疾病中具有潜在开发价值。马齿苋种子提取物通过激活蛋白激酶B/环磷酸腺苷反应元件结合蛋白通路并促进脑源性神经营养因子合成，显著减轻丙烯酰胺诱导的大鼠大脑、小脑及海马的组织病理学损伤[70]。马齿苋甲醇提取物可显著降低氯化铝诱导的阿尔茨海默病模型大鼠的脂质过氧化水平，恢复抗氧化参数，并调节白细胞介素（interleukin，IL）-6、肿瘤坏死因子-α（tumor necrosis factor-alpha，TNF-α）及乙酰胆碱酯酶活性[71]。此外，在共病模型中，马齿苋提取物在非酒精性脂肪肝病合并抑郁的小鼠模型中表现出神经保护及抗抑郁的潜在活性[72]。临床研究显示，采用神经阻滞配合马齿苋外敷治疗带状疱疹后神经痛可提高治疗效果[73]，从临床症状改善角度提示了马齿苋对神经损伤相关病症的辅助治疗意义。

2.2.2 抗惊厥与抗癫痫

马齿苋叶水提物在多种实验性惊厥模型中表现出显著的抗惊厥与抗癫痫活性。Devi 等[74]发现在小鼠惊厥模型中，灌胃给予马齿苋叶水提物可显著减少小鼠后肢强直伸展期的持续时间与恢复时间。机制分析发现马齿苋的抗惊厥作用可能通过增强γ-氨基丁酸在中枢神经系统的抑制性传递而实现，为其传统用于惊厥相关病症的辅助治疗提供了现代药理学依据。

2.3 抗炎、免疫调节、抗过敏及抗菌作用

2.3.1 抗炎作用

马齿苋具有显著的抗炎活性，可通过多靶点、多途径调控炎症反应。马齿苋水提物可有效抑制二甲苯及巴豆油所致的小鼠耳廓肿胀，其机制可能与水提物所含去甲肾上腺素有关[75]。从马齿苋中分离出的15种水溶性生物碱在10 μmol/L浓度下即可显著降低LPS诱导的RAW 264.7巨噬细胞中IL-6和一氧化氮（nitric oxide，NO）水平，展现出良好的抗炎活性[76]。马齿苋多糖可改善LPS诱导的肠上皮细胞炎症反应及屏障功能障碍[77]。马齿苋可通过抑制核因子κB（nuclear factor kappa-B，NF-κB）等炎症通路的激活，降低TNF-α、IL-1β、IL-6等促炎因子水平[78]。花生四烯酸、β-胡萝卜素、β-谷甾醇以及生物碱类成分（oleracein C、P、H）等均为马齿苋抗炎活性的重要物质基础[79]。在小鼠扭体实验中，马齿苋可显著减少小鼠扭体反应次数，在热板实验中显著提高小鼠痛阈，提示马齿苋有明显的镇痛作用[80]。马齿苋乙醇提取物通过调控核因子E2相关因子2（nuclear factor erythroid 2-related factor 2，Nrf2）表达，显著改善酵母多糖诱导的小鼠关节机械性痛觉过敏、水肿及炎性细胞浸润[81]。综合而言，马齿苋的抗炎作用是抑制血管通透性、抗氧化应激、调控炎症信号通路及平衡炎症因子网络等多途径协同的结果。

2.3.2 免疫调节作用

马齿苋具有免疫调节活性，可通过促进免疫器官发育及调节免疫炎症反应等途径发挥作用，其活性物质基础涉及马齿苋多糖等成分。马齿苋提取液可促进家兔免疫器官发育，服用后脾小体和生发中心体积增大，胸腺皮质厚度显著高于对

照组，脾脏中巨噬细胞与自然杀伤细胞阳性数量明显增加[82]。马齿苋多糖可通过下调信号转导与转录激活因子3（signal transducer and activator of transcription 3，STAT3）或NF-κB信号通路的磷酸化水平，显著抑制皮肤组织中IL-17A、IL-23及TNF-α等促炎细胞因子的释放，有效阻断角质形成细胞的异常增殖与浸润，从而显著改善咪喹莫特诱导的小鼠银屑病样外周免疫炎症反应[83]。在免疫异常激活的病理状态下，马齿苋叶乙醇提取物可通过下调IL-1、IL-6、IL-17、TNF-α、干扰素-γ（interferon-γ，IFN-γ）及NF-κB水平，显著减轻结肠炎小鼠的免疫反应和结肠炎症[84]。除对辅助性T细胞（helper T cell，Th）17型皮肤免疫异常具有抑制作用外，马齿苋对Th2型介导的外周皮肤变态反应同样具有干预活性。马齿苋在治疗湿疹等过敏性皮肤病中可发挥“抗炎-屏障修复”双重效应，其可通过下调IL-4、IL-5及IL-13等Th2型核心炎性因子的表达以重建免疫平衡，同时促进皮肤角质形成细胞中丝聚蛋白的表达，从而修复受损的皮肤屏障[85]。整体而言，马齿苋可通过促进免疫器官发育、调节免疫炎症反应等途径发挥免疫调节作用。

2.3.3 抗过敏反应

马齿苋对多种过敏反应具有治疗作用。在动物局部过敏模型中，马齿苋可显著改善红、肿、热、痛等过敏症状，对蜂毒引起的局部过敏反应具有较好治疗效果[86]。在临床应用中，Ghazaleh等[87]发现马齿苋提取物可显著改善轻中度慢性手部湿疹患者的瘙痒、干燥和裂隙症状，降低相应评分，提示其抗过敏活性的临床价值。上述作用与马齿苋的抗炎、免疫调节活性密切相关，其抗过敏作用可能与调节过敏反应相关介质释放有关。

2.3.4 抗菌作用

马齿苋具有广谱抗菌、抗真菌及抗病毒活性。在抗菌方面，马齿苋水煎剂对志贺痢疾杆菌、宋内痢疾杆菌、斯氏痢疾杆菌及费氏痢疾杆菌均有抑制活性，且与鱼腥草配伍可发挥协同抗菌效果[88]。马齿苋黄酮类成分对大肠埃希菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌具有显著抑制作用，且热处理不影响其抗菌活性[89]。此外，从马齿苋中分离的4种新化合物具有抗菌活性[90]。在抗真菌方面，马齿苋中具有抑制马拉色菌作用的活性成分[91]；马齿苋水提取物对须癣毛癣菌和红色毛癣菌亦具有显著抑制作用[92]。在抗病毒方面，马齿苋多糖是主要物质基础，分离得到的果胶多糖具有抗单纯疱疹病毒2型（herpes simplex virus type 2，HSV-2）活性，其机制并非阻断病毒吸附而是抑制病毒渗透过程，高度甲基酯化和部分乙酰化的半乳糖醛酸残基是抗病毒活性的关键结构，去酯化后活性消失[93]。此外，马齿苋中高含量的维生素A、维生素C、α-生育酚、β-胡萝卜素、谷胱甘肽等抗氧化成分及ω-3脂肪酸，也可通过抗氧化作用间接增强机体抗病毒能力[94]。

2.4 保肝作用

马齿苋对多种肝损伤具有保护作用，其机制涉及抗氧化应激、抗炎及调节内源性信号通路等多个层面。多糖、总黄酮及整体提取物等不同组分均表现出保肝活性。王雨等[95]证实马齿苋水提物可显著改善四氯化碳致小鼠肝细胞坏死。从马齿苋中提取的吲哚酰胺通过激活Kelch样ECH相关蛋白1（Kelch-like ECH-associated protein 1，Keap1）/Nrf2通路，呈剂量依赖性减轻高脂饮食大鼠体重，降低空腹血糖和胰岛素水平以及血清和肝脏甘油三酯、胆固醇水平，并减轻肝脏氧化应激、炎症和凋亡[96]。马齿苋甲醇提取物可显著降低胆管结扎致肝损伤大鼠的血浆转氨酶和碱性磷酸酶水平，降低羟脯氨酸含量和炎症评分，减轻胆管增殖，并下调TNF-α和TGF-β的表达[97]。此外，马齿苋可减轻衰老小鼠肝脏和大脑的氧化损伤，表现为超氧化物歧化酶（superoxide dismutase，SOD）活性升高、丙二醛含量降低，从而维持机体自由基清除能力[98]。机制分析显示，马齿苋多糖可显著降低小鼠血清天冬氨酸氨基转移酶、丙氨酸氨基转移酶、及碱性磷酸酶水平，上调Nrf2核蛋白及血红素加氧酶-1蛋白表达，通过激活Nrf2/血红素加氧酶-1内源性抗氧化信号通路减轻肝损伤[99]。马齿苋可通过下调肝脏S100A8和S100A9的表达，减轻四氯化碳诱导的急性肝损伤[100]。马齿苋总黄酮可显著改善大鼠肝组织病理损伤，降低肝组织丙二醛含量，增强SOD和谷胱甘肽过氧化物酶活性，通过减轻脂质过氧化与增强抗氧化防御能力发挥保肝效应[101]。

2.5 降血糖

马齿苋对正常及糖尿病模型动物均具有显著

的降血糖活性。马齿苋粗制剂能改善2型糖尿病大鼠的胰岛素抵抗及脂代谢紊乱[102]。其机制与抑制胰岛细胞损伤、促进胰岛细胞修复及胰岛素分泌有关[103]。马齿苋提取物可通过降低厚壁菌门/拟杆菌门比值、增加阿克曼菌丰度、调节肠道菌群介导的支链氨基酸代谢，改善2型糖尿病小鼠的血糖和胰岛素水平[104]。此外，采用亲和超滤液相色谱-质谱联用与分子对接技术发现，马齿苋乙酸乙酯部位含有可与α-葡萄糖苷酶、胰脂肪酶及SOD结合的活性配体，提示马齿苋可作为具有抗氧化、降血糖和降血脂潜力的功能性食品[105]。

2.6 肌肉调节作用

2.6.1 平滑肌调节

马齿苋对肠道平滑肌具有直接的舒张与解痉活性，作用涉及抑制自发收缩、拮抗痉挛性收缩及钙拮抗等机制。在离体空肠水平，马齿苋水煎液对兔离体空肠平滑肌收缩振幅的抑制呈浓度依赖性（0.013 ~ 1.667 g/L），当浓度大于3.333 g/L时可完全抑制自发收缩；浓度为0.417 g/L时，其对乙酰胆碱（Ach）和氯化钡（$BaCl_2$）诱导的痉挛性收缩振幅抑制率分别达60.3%和57.3%，显著拮抗痉挛性收缩。机制研究提示，马齿苋水煎液的抑制作用可能与抑制胞外钙内流和胞内钙释放、兴奋β-肾上腺素受体及开放ATP敏感性钾通道有关[106]。马齿苋与乌梅复合水煎液亦能显著抑制兔离体小肠的自发收缩运动，并拮抗Ach和$BaCl_2$诱导的痉挛性收缩，使氯化钙（$CaCl_2$）量效曲线下降，提示其抑制离体小肠收缩的机制与抑制平滑肌细胞外Ca^{2+}内流有关[107]。在整体动物水平，马齿苋叶的乙醇、己烷和乙酸乙酯三种溶剂提取物均可降低小鼠肠道推进率，表现出解痉活性，其效果与阿托品治疗组相当，证实了马齿苋在体水平对肠道平滑肌痉挛的缓解作用[108]。

上述离体与在体证据共同表明，马齿苋对肠道平滑肌的调节以舒张、解痉为主，钙拮抗是其重要机制之一。

2.6.2 骨骼肌调节

马齿苋对骨骼肌具有调节作用，其提取物及活性成分可改善骨骼肌线粒体功能和胰岛素抵抗。Kim等[109]研究发现，马齿苋水提取物能显著激活肥胖大鼠骨骼肌中AMP依赖的蛋白激酶（AMP-activated protein kinase，AMPK）/沉默信息调节因子1（silent information regulator 1，SIRT1）信号轴，上调线粒体生物合成关键基因过氧化物酶体增殖物激活受体γ共激活因子1α（Pgc-1α）、Nrf-1、线粒体转录因子A（Tfam）及脂肪酸氧化相关基因过氧化物酶体增殖物激活受体δ（Pparδ）、肉碱棕榈酰转移酶1B（Cpt-1B）的表达，增加线粒体DNA含量并恢复线粒体超微结构。Park等[110]研究发现，马齿苋活性成分HM-色满酮通过激活AMPK通路、抑制哺乳动物雷帕霉素靶蛋白/核糖体蛋白S6激酶β-1（mammalian target of rapamycin/ribosomal protein S6 kinase beta-1，mTOR/S6K1），改善棕榈酸诱导的L6骨骼肌细胞胰岛素抵抗。这些结果表明，马齿苋可通过改善线粒体功能和能量代谢增强骨骼肌工作能力，并可直接改善骨骼肌胰岛素抵抗，对抗肥胖所致的骨骼肌功能障碍。

2.7 延缓衰老与抗肿瘤作用

2.7.1 延缓衰老作用

马齿苋具有延缓衰老活性，其作用主要通过增强抗氧化酶系统、抑制脂质过氧化及减少衰老色素沉积等途径实现，活性成分涉及多糖、黄酮及多酚类物质。给予*D*-半乳糖致衰老模型小鼠马齿苋水提液、多糖及总黄酮后，其心肌线粒体中SOD、Ca^{2+}-ATP酶及呼吸链复合体Ⅰ、Ⅱ + Ⅲ活性显著提高，丙二醛含量降低[111]。Dkhil等[112]发现，大鼠灌胃马齿苋汁后，肝、肾、睾丸中谷胱甘肽还原酶、谷胱甘肽过氧化物酶及谷胱甘肽S-转移酶活性均显著升高。陶星宇[113]通过多糖分析与功效评价证实，马齿苋精制多糖具有明显的体外1,1-二苯基-2-三硝基苯肼（DPPH）和2,2′-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸（ABTS）自由基清除能力，在紫外线诱导的细胞损伤模型中能显著提升皮肤成纤维细胞存活率，并通过下调基质金属蛋白酶表达，拮抗紫外线辐射导致的光老化损伤。马齿苋提取物可通过调控miR-138-5p/Sirt1介导的炎症和氧化应激，修复皮肤光老化损伤[114]。不同酶辅助提取的马齿苋多糖均表现出抑制黑色素生成和抗光老化活性[115]。在果蝇实验中，张温典等[116]通过在培养基中添加不同浓度马齿苋水提液或醇水提液，证实马齿苋具有明显的抗衰老效应，并可影响果蝇幼虫期长短及繁殖力。综合而言，马齿苋延缓衰老的核心机制包括提高SOD及谷胱甘肽过氧化

物酶等内源性抗氧化酶活性、抑制脂质过氧化保护细胞膜结构完整性，以及减少衰老色素沉积延缓组织器官衰老进程。

2.7.2 抗肿瘤作用

马齿苋具有抗肿瘤活性，其多糖、生物碱、黄酮、多酚等多种活性成分可通过直接抑制肿瘤细胞增殖、诱导凋亡及增强机体免疫功能等途径发挥抗肿瘤效应。马齿苋提取物可通过上调p53 mRNA表达、下调细胞周期蛋白依赖性激酶1 mRNA表达，显著诱导PANC-1胰腺癌细胞凋亡，表现出对胰腺癌的细胞毒性作用[117]。马齿苋水提液对荷S-180小鼠肉瘤具有显著抑制作用，并可明显增强小鼠淋巴细胞功能[118]。马齿苋多糖亦具有抗肿瘤活性[119]。马齿苋活性成分对多种肿瘤细胞系呈现选择性杀伤作用[120]。马齿苋多酚可抑制肝癌HepG-2细胞增殖并诱导细胞凋亡[121]。马齿苋籽油对乳腺癌MCF-7细胞的抗增殖作用显著强于HeLa和Eca-109细胞[122]。马齿苋提取物通过抑制Wnt/β-连环蛋白信号通路、下调c-Myc和细胞周期蛋白D1表达，抑制氧化偶氮甲烷/葡聚糖硫酸钠诱导的结直肠癌小鼠模型中的肿瘤进展，并改善肠道菌群失调[123]。马齿苋多糖与铂（Ⅱ）配位形成的金属-药物聚合物在体外对癌细胞表现出抗肿瘤活性[124]。马齿苋醇提取物可将结肠癌HT-29细胞周期阻滞于S期和G2/M期，抑制肿瘤细胞及其干细胞增殖[125]。近年来的研究发现，马齿苋多糖及黄酮类单体还能诱导肿瘤细胞发生自噬、焦亡及铁死亡等非凋亡依赖性死亡，并可通过下调P-糖蛋白表达逆转耐药肿瘤细胞的恶性表型[126]。马齿苋主要活性成分及其作用机制见图1。

3 结语与展望

马齿苋在中国作为一种药食两用草本植物，其化学成分与药理活性的现代研究在近年来取得了突破性进展。本文通过分析和总结近年来其化学成分和药理作用的最新进展，发现马齿苋的化学物质和生物活性非常复杂和丰富。随着研究的深入，新的活性成分不断被发现，其分离和纯化技术也日臻完善。本综述发现，已有研究共新分离鉴定了30余种化合物，包括马齿苋酰胺类、吲哚生物碱类（oleraindole A ~ F）、高度酰化的多糖片段（POL Ⅰb等）以及结构独特的单萜苷类成分。这些新成分的鉴定及活性分析，不仅打破

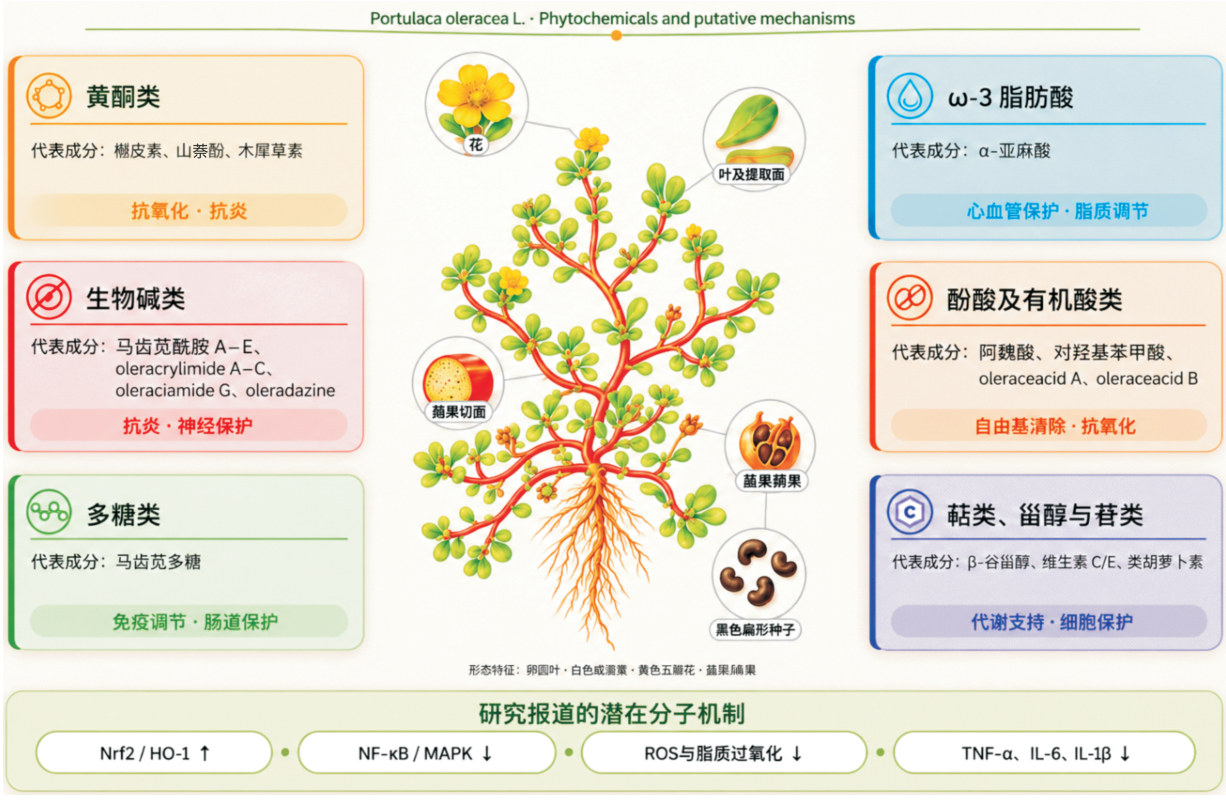


图1 马齿苋主要活性成分及其作用机制示意图

Figure 1. Schematic illustration of the main active components of *Portulacae herba* and their mechanisms of action

了过去将马齿苋活性简单归因于常规黄酮或低分子有机酸的局限，更是揭示出独特的新药效和药理作用机制。与此同时，本综述还对马齿苋的心脑血管保护、神经保护、抗炎、免疫调节、抗过敏及抗菌、保肝、降血糖、肌肉调节、延缓衰老及抗肿瘤等多种药理作用进行了更新和归纳。

2021 年以来，马齿苋的药理学研究已实现向分子生物学与微观系统组学层面的跨越。最新科学证据革新了对其传统“表观抗炎与抗菌”的认知，将其生理调节机制推进至表观遗传学调控（如靶向 miR-221/222 轴阻断代谢性炎症）、线粒体生物发生（通过激活 AMPK/SIRT1 信号通路调节能量代谢）以及“肠道菌群-器官轴”微生态重塑等多靶点、多维度的现代药理前沿。这一由“宏观清热解毒”向“微观精准网络靶点调节”转变的机制逐渐明晰，将有力推动马齿苋在现代生物医药、功能性食品及皮肤屏障修复领域的应用与产业化。

当前，马齿苋的研究与开发仍存在若干不足：多数药理研究局限于粗提取物或有效部位层面，单体成分的药效学、药动学及构效关系研究相对薄弱，作用机制的深入探讨亦显不足；相关已上市产品种类有限，有效成分的定性与定量标准化程度较低，从基础研究到产品转化的整体水平仍有待提升。未来应从以下方面重点推进：深入分离纯化微量单体成分并系统研究其生理活性，从整合生物学视角开展多靶点药效学与药动学研究；建立基于多指标成分群的质量控制标准；加强保健食品、功能性食品及新制剂的规模化开发；强化交叉学科研究，丰富基于马齿苋提取物或单体的制剂类型，提升人群服用依从性并延长产品保质期。

参考文献

1 中国药典 2025 年版 . 一部 [S]. 2025: 53.

2 周晶, 刘景文, 符敬伟, 等 . 马齿苋中多糖的提取与含量测定[J]. 中草药, 2001, 32(2): 30-31. [Zhou J, Liu JW, Fu JW, et al. Isolation and assaying of polysaccharides in *Portulaca oleracea*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2001, 32(2): 30-31.] DOI: 10.3321/j.issn:0253-2670.2001.02.013.

3 刘志勇, 王莉, 鲁建江顾, 等 . 马齿苋多糖的微波提取及含量测定[J]. 中国药师, 2002, 5(11): 667-668. [Liu ZY, Wang L, Lu JJG, et al. Microwave technique extraction and content determinations of polysaccharide of *Portulaca oleracea*[J]. China Pharmacist, 2002, 5(11): 667-668.] DOI: 10.3969/j.issn.1008-049X.2002.11.003.

4 刘万水 . 马齿苋多糖的提取与精制[J]. 天津中医学院学报, 2002, 21(4): 39. [Liu WS. Extraction and purification of polysaccharides from *Portulaca oleracea* [J]. Journal of Tianjin College of Traditional Chinese Medicine, 2002, 21(4): 39.] DOI: 10.3969/j.issn.1673-4297.2002.04.025.

5 杨金磊 . 马齿苋多糖的分离纯化及结构分析[D]. 长春: 东北师范大学, 2019. DOI: 10.27017/d.cnki.gdbnd.2019.001138.

6 段玉峰, 韩果萍 . 马齿苋多糖组分的分离纯化及抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2005, 26(3): 225-228. [Duan YF, Han GP. Study on separating and antioxidative activity of polysaccharides extrated from *Portulaca oleracea* L.[J]. Food Science, 2005, 26(3): 225-228.] DOI: 10.3321/j.issn:1002-6630.2005.03.053.

7 Wang M, Li C, Li J, et al. Extraction, purification, structural characteristics, biological activity and application of polysaccharides from *Portulaca oleracea* L. (Purslane): a review[J]. Molecules, 2023, 28(12): 4813. DOI: 10.3390/molecules28124813.

8 Li H, Wang F, Di Y, et al. An alkali-extracted acidic heteropolysaccharide from *Portulaca oleracea* L. ameliorates acute lung injury in septic mice by inhibiting macrophage pyroptosis[J]. Int J Biol Macromol, 2025, 318(Pt 2): 145139. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.145139.

9 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. [Hu BQ, Shen YL, Li JJ, et al. Determination of three organic acids in *Portulaca oleracea* by HPLC[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2015, 38(8): 1677-1679.] DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2015.08.029.

10 岳苏 . 马齿苋酚性成分的分离及马齿苋酰胺 E 的药代动力学研究[D]. 济南: 山东大学, 2016. DOI: 10.7666/d.Y3033282.

11 Liu P, Wang L, Li H, et al. Two new organic acids from *Portulaca oleracea* L. and their anti-inflammatory and anticholinesterase activities[J]. Nat Prod Res, 2022, 36(17): 4401-4409. DOI: 10.1080/14786419.2021.1999945.

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. [Zou YH. Analysis of fatty acids from purslane by gas chromatography-mass spectrometry with 2-amino-2-methylpropanol chemical modifying[J]. Food Science, 2004, 25(5): 154-158.] DOI: 10.3321/j.issn:1002-6630.2004.05.036.

13 辛海量, 徐燕丰, 岳小强, 等 . 气质联用方法分析马齿苋提取物的化学成分[J]. 解放军药学学报, 2008, 24(2): 133-136. [Xin HL, Xu YF, Yue XQ, et al. Analysis of chemical constituents in extract from *Portulaca oleracea* L. with GC-MS method[J]. Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army, 2008, 24(2): 133-136.] DOI: 10.3969/j.issn.1008-9926.2008.02.012.

14 史仁玖, 苗苗, 李艳玲, 等 . 不同生长期马齿苋 ω-3 脂肪酸及矿物质元素含量分析[J]. 营养学报, 2010, 32(4): 404-405, 408. [Shi RJ, Miao M, Li YL, et al. Analysis on the content of ω-3 fatty acid and mineral elements in *Portulaca oleracea* of different growth period[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2010, 32(4): 404-405, 408.] DOI: 10.13325/j.cnki.acta.nutr.sin.2010.04.023.

15 刘圆圆, 孙宇飞, 赵承晓, 等 . 荷兰马齿苋种子脂肪酸活性成分的分析[J]. 安徽医药, 2022, 26(11): 2223-2226. [Liu YY, Sun

YF, Zhao CX, et al. Analysis of the active components of fatty acids in seeds of Holland *Portulaca oleracea* L. [J]. Anhui Medical and Pharmaceutical Journal, 2022, 26(11): 2223-2226.] DOI: 10.3969/j.issn.1009-6469.2022.11.023.

16 伊长文, 楚凯宾. 马齿苋黄酮提取工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(2): 79-82. [Yi CW, Chu KB. Technology extraction of flavonoids from *Portulaca oleracea* L.[J]. Food Research and Development, 2008, 29(2): 79-82.] DOI: 10.3969/j. issn. 1005-6521.2008.02.026.

17 王仲英, 李香兰, 宣春生. 马齿苋中黄酮类化合物含量的测定[J]. 太原理工大学学报, 2004, 35(1): 95-96. [Wang ZY, Li XL, Xuan CS. Determination of alkaloids in *Portulaca oleracea* L.[J]. Journal of Taiyuan University of Technology, 2004, 35(1): 95-96.] DOI: 10.3969/j.issn.1007-9432.2004.01.029.

18 陈凌, 贺伟强, 陶昆, 等. 不同采收期马齿苋活性成分含量及抗氧化性的变化[J]. 北方园艺, 2015(8): 157-160. [Chen L, He WQ, Tao K, et al. Changes of antioxidant compounds and antioxidant activities in *Portulaca oleracea* L. during different harvest time[J]. Northern Horticulture, 2015(8): 157-160.] DOI: 10.11937/bfyy.201508041.

19 Chen WC, Wang SW, Li CW, et al. Comparison of various solvent extracts and major bioactive components from *Portulaca oleracea* for antioxidant, anti-tyrosinase, and anti-α-glucosidase activities[J]. Antioxidants, 2022, 11(2): 398. DOI: 10.3390/antiox11020398.

20 姚佳琪, 孟娜, 宋少江, 等. 马齿苋的化学成分[J]. 沈阳药科大学学报, 2007, 24(12): 751-753, 757. [Yao JQ, Meng N, Song SJ, et al. Chemical constituents from the *Portulaca oleracea* L. [J]. Journal of Shenyang Pharmaceutical University, 2007, 24(12): 751-753, 757.] DOI: 10.14066/j.cnki.cn21-1349/r.2007.12.004.

21 Duan Y, Ying Z, He F, et al. A new skeleton flavonoid and a new lignan from *Portulaca oleracea* L. and their activities[J]. Fitoterapia, 2021, 153: 104993. DOI: 10.1016/j.fitote.2021.104993.

22 Duan Y, Ying Z, Zhang M, et al. Two new homoisoflavones from *Portulaca oleracea* L. and their activities[J]. Nat Prod Res, 2022, 36(7): 1765-1773. DOI: 10.1080/14786419.2020.1802268.

23 Yang X, Ying Z, Liu H, et al. A new homoisoflavone from *Portulaca oleracea* L. and its antioxidant activity[J]. Nat Prod Res, 2019, 33(24): 3500-3506. DOI: 10.1080/14786419.2018.1484465.

24 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. [Ou YX, Feng SY, Huang SW, et al. Determination of 4 kinds of flavonoids in *Portulaca oleracea* by quantitative analysis of multi-components by single marker method[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(3): 990-996.] DOI: 10.19812/j. cnki. jfsq11-5956/ts.2021.03.032.

25 徐晓, 徐凯, 钟贞. HPLC联合化学计量学及EW-TOPSIS法评价不同产地马齿苋的质量[J]. 西北药学杂志, 2023, 38(6): 42-50. [Xu X, Xu K, Zhong Z. Quality evaluation of *Portulaca oleracea* L. herba from different areas by HPLC combined with chemometrics and EW-TOPSIS[J]. Northwest Pharmaceutical Journal, 2023, 38(6): 42-50.] DOI: 10.3969/j.issn.1004-2407.2023.06.006.

26 丁怀伟, 姚佳琪, 宋少江. 马齿苋的化学成分和药理活性研究进展[J]. 沈阳药科大学学报, 2008, 25(10): 831-838. [Ding HW, Yao JQ, Song SJ. Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Portulaca oleracea* L.[J]. Journal of Shenyang Pharmaceutical University, 2008, 25(10): 831-838.] DOI: 10.14066/j.cnki.cn21-1349/r.2008.10.012.

27 向兰, 郭东晓, 鞠瑞, 等. 马齿苋的化学成分研究[C]//第六届全国药用植物和植物药学术研讨会论文集, 北京: 中国林业出版社, 2006: 215.

28 El-Bayoumy NT, Zahran MK, El-Rafie HM, et al. UPLC-QTOF/MS profiling of *Portulaca oleracea* extract and green biosynthesis of gold nanoparticles with anticancer potential[J]. Egypt J Chem, 2024, 67(12): 347-363. DOI: 10.21608/ejchem. 2024.320054.10399.

29 Gowtham A, Mishra T, Gungha T, et al. Scopoletin mitigates DSS-induced ulcerative colitis by attenuating NF-kB/MMP-9 mediated inflammation and activating the Nrf2 pathway to preserve colonic barrier integrity[J]. Drug Dev Res, 2025, 86(7): e70165. DOI: 10.1002/ddr.70165.

30 Xu W, Wang J, Ju B, et al. Seven compounds from *Portulaca oleracea* L. and their anticholinesterase activities[J]. Nat Prod Res, 2022, 36(10): 2547-2553. DOI: 10.1080/14786419.2021.1916928.

31 金妍, 徐华影, 陈琛. 马齿苋抗糖尿病活性成分的研究[J]. 中成药, 2015, 37(1): 124-128. [Jin Y, Xu HY, Chen C. Anti-diabetic constituents of *Portulaca oleracea* L.[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2015, 37(1): 124-128.] DOI: 10.3969/j.issn.1001-1528.2015.01.025.

32 刘治廷, 王忠娟, 张秀娟, 等. 马齿苋抑菌活性成分研究进展[J]. 食品科学, 2023, 44(19): 359-371. [Liu ZT, Wang ZJ, Zhang XJ, et al. Recent advances in research on chemical components and antibacterial activities of *Portulaca oleracea* L.[J]. Food Science, 2023, 44(19): 359-371.] DOI: 10.7506/spkx1002-6630-20220826-321.

33 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. [Sheng TL, Li YN, Li JX, et al. Method for rapid extraction and analysis of five triterpenoids in *P. oleracea*[J]. Journal of Harbin University of Commerce (Natural Sciences Edition), 2020, 36(5): 521-527, 559.] DOI: 10.3969/j.issn.1672-0946.2020.05.002.

34 Nasser RAK, Hajjar F, Goryainov SV, et al. Study of lipid complex composition of *Portulaca oleracea* L. herbs[J]. Res J Pharm Technol, 2024, 17(11): 5399-5404. DOI: 10.52711/0974-360X.2024.00825.

35 Tleubayeva MI, Abdullabekova RM, Datkhayev UM, et al. Investigation of CO_2 extract of *Portulaca oleracea* for antioxidant activity from raw material cultivated in Kazakhstan[J]. Int J Biomater, 2022, 2022(1): 6478977. DOI: 10.1155/2022/6478977.

36 王仲英, 李香兰, 宣春生. 马齿苋总生物碱的测定[J]. 太原理工大学学报, 2001, 32(2): 197-198, 212. [Wang ZY, Li XL, Xuan CS. Determination of alkaloids in *Portulaca oleracea* L.[J]. Journal of Taiyuan University of Technology, 2001, 32(2): 197-198, 212.] DOI: 10.3969/j.issn.1007-9432.2001.02.028.

37 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. [Bao SM, Jia HM, Zou ZM, et al. Research progress on alkaloids from whole herb of *Portulaca oleracea* L.[J]. Drug Evaluation Research, 2020, 43(6): 1174-1182.] DOI: 10.7501/j.issn.1674-6376.2020.06.036.

38 Zhao CC, Zhang CG, He F, et al. Two new alkaloids from *Portulaca oleracea* L. and their bioactivities[J]. Fitoterapia, 2019, 136: 104166. DOI: 10.1016/j.fitote.2019.05.005.

39 Song M, Ying Z, Ying X, et al. Three novel alkaloids from *Portulaca oleracea* L. and their anti-inflammatory bioactivities[J]. Fitoterapia, 2022, 156: 105087. DOI: 10.1016/j.fitote.2021.105087.

40 Lan XJ, Ying ZY, Guo SN, et al. Two novel amide alkaloids from *Portulaca oleracea* L. and their anti-inflammatory activities[J]. Nat Prod Res, 2022, 36(21): 5567-5574. DOI: 10.1080/14786419.2021.2021519.

41 Xu W, Ying Z, Tao X, et al. Two new amide alkaloids from *Portulaca oleracea* L. and their anticholinesterase activities[J]. Nat Prod Res, 2021, 35(19/21): 3794-3800. DOI: 10.1080/14786419.2020.1739040.

42 Gu YY, Leng AJ, Zhang WJ, et al. A novel alkaloid from *Portulaca oleracea* L. and its anti-inflammatory activity[J]. Nat Prod Res, 2022, 36(2): 595-600. DOI: 10.1080/14786419.2020.1795855.

43 Tang KJ, Chen Y, Li J, et al. Two new tetrahydroisoquinoline alkaloids from *Portulaca oleracea*[J]. Phytochem Lett, 2023, 53: 155-160. DOI: 10.1016/j.phytol.2022.12.006.

44 王奥云. 马齿苋生物碱及其衍生物的合成和生物活性研究[D]. 济南: 山东大学, 2025. DOI: 10.27272/d.cnki.gshdu.2025.004046.

45 杨子娟, 郑毅男, 向兰. 马齿苋的化学成分研究[J]. 中药材, 2007, 30(10): 1248-1250. [Yang ZJ, Zheng YN, Xiang L. Study on chemical constituents of *Portulaca oleracea*[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2007, 30(10): 1248-1250.] DOI: 10.3321/j.issn:1001-4454.2007.10.018.

46 杨琪, 黄光伟, 叶晓仪, 等. 马齿苋的化学成分及提取方法的研究进展[J]. 口腔护理用品工业, 2026, 36(2): 36-39. [Yang Q, Huang GW, Ye XY, et al. Research progress on chemical constituents and extraction methods of *Portulaca oleracea* L.[J]. Oral Care Industry, 2026, 36(2): 36-39.] DOI: 10.3969/j. issn.2095-3607.2026.02.008.

47 辛海量, 侯银环, 徐燕丰, 等. 马齿苋中新的脑苷酯类化合物-马齿苋脑苷A[J]. 中国天然药物, 2008, 6(6): 401-403. [Xin HL, Hou YH, Xu YF, et al. Portulacerebroside A: a new cerebroside from *Portulaca oleracea* L.[J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2008, 6(6): 401-403.] DOI: 10.3724/SP.J.1009.2008.00401.

48 扈本荃, 唐一梅, 郑立昊, 等. 3种离子液体对超声辅助水蒸气蒸馏提取马齿苋挥发油的影响[J]. 中成药, 2023, 45(5): 1615-1619. [Hu BQ, Tang YM, Zheng LH, et al. Effect of three ionic liquids on ultrasonic-assisted steam distillation extraction of volatile oil from *Portulaca oleracea*[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2023, 45(5): 1615-1619.] DOI: 10.3969/j.issn.1001-1528.2023.05.037.

49 姜冬梅, 朱源, 余江南, 等. 芳樟醇药理作用及制剂研究进展[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(18): 3530-3533. [Jiang DM, Zhu Y, Yu JN, et al. Advances in research of pharmacological effects and formulation studies of linalool[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2015, 40(18): 3530-3533.] DOI: 10.4268/cjcmm20151803.

50 牛广财, 朱丹. 马齿苋化学成分及其药理作用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(6): 1090-1092. [Niu GC, Zhu D. Progress on chemical compositions and pharmacological function of *Portulaca oleracea* L.[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2005, 33(6): 1090-1092.] DOI: 10.3969/j.issn.0517-6611.2005.06.086.

51 Li Y , Xiao L , Yan H , et al. Nutritional values, bioactive compounds and health benefits of purslane (*Portulaca oleracea* L.): a comprehensive review[J]. Food Sci Hum Well, 2024, 13(5): 2480-2501. DOI: 10.26599/FSHW.2022.9250203.

52 赵学志, 徐惠, 张俊倩, 等. 栽培型和野生型马齿苋茎叶营养成分分析[J]. 农产品加工, 2021(4): 43-45. [Zhao XZ, Xu H, Zhang JQ, et al. Analysis of nutritional components in stems and leaves of cultivated and wild type purslane[J]. Farm Products Processing, 2021(4): 43-45.] DOI: 10.16693/j. cnki. 1671-9646(X).2021.04.044.

53 Kureshi AA, Tripathi SK, Kumari P. An updated review on phytochemical and pharmacological potential of *Portulaca oleracea* L.[J]. Med Chem Res, 2025, 34(10): 2008-2051. DOI: 10.1007/s00044-025-03467-5.

54 Ahmed MAI ,AlJuhaimi F ,Özcan MM, et al.Determination of the distribution of bioactive compounds, antioxidant activities, polyphenols and macro and microelement contents in different parts of wild and cultivated purslane (*Portulaca oleracea* L.) plants[J]. J Food Meas Charact, 2025, 19(5): 1-11. DOI: 10.1007/S11694-025-03221-W.

55 Rayan AM, Swailam HM, Hamed YS. Composition, structure, and techno-functional characteristics of the flour, protein concentrate, and protein isolate from purslane (*Portulaca oleracea* L.) Seeds[J]. Plant Foods Hum Nutr, 2023, 78(1): 117-123. DOI: 10.1007/s11130-022-01028-4.

56 张万明, 张利民, 刘朴. 毛细管电泳法测定马齿苋中二羟基苯丙氨酸的含量[J]. 张家口医学院学报, 2003, 20(6): 3-4. [Zhang WM, Zhang LM, Liu P. Determination of dopa in *Portulaca oleracea* by high performance capillary electrophoresis[J]. Journal of Zhangjiakou Medical College, 2003, 20(6): 3-4.] DOI: 10.3969/j.issn.2095-1396.2003.06.002.

57 李光燮, 张红英, 王文英. 马齿苋提取物抗大鼠实验性心律失常的作用[J]. 吉林大学学报(医学版), 2010, 36(4): 806. [Li GX, Zhang HY, Wang WY. Anti-arrhythmic effects of *Portulaca oleracea* L. extract on experimental arrhythmia in rats[J]. Journal of Jilin University(Medicine Edition), 2010, 36(4): 806.] DOI: 10.13481/j.1671-587x.2010.04.009.

58 Iranshahy M, Javadi B, Iranshahi M, et al. A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Portulaca oleracea* L.[J]. J Ethnopharmacol, 2017, 205: 158-172. DOI: 10.1016/j.jep.2017.05.004.

59 王晓波, 刘殿武, 王本华, 等. 马齿苋对高脂动物血脂及脂质过氧化作用的干预实验研究[J]. 河北医科大学学报, 2003, 24(5): 261-263. [Wang XB, Liu DW, Wang BH, et al.Intervention studies of purslane′s effect on blood lipid and lipid-hyperoxidation in

hyperlipidema rats[J]. Journal of Hebei Medical University, 2003, 24(5): 261-263.] DOI: 10.3969/j.issn.1007-3205.2003.05.002.

60 Zhao R, Zhang M, Yang G, et al. *Portulaca oleracea* L. extract and its alkaloid oleracein E alleviates cardiac remodeling and heart failure in mice by targeting STAT2 through the MAPK signaling inflammatory pathway[J]. Phytother Res, 2025, 39(6): 2790-2807. DOI: 10.1002/ptr.8501.

61 张晶, 田月洁. 马齿苋提取物对大鼠血脂调节作用的实验研究[J]. 山东医药工业, 2003, 5(4): 54-56. [Zhang J, Tian YJ. Experimental study on blood lipid-regulating effect of *Portulaca oleracea* L. extract in rats[J]. Shandong Medical Industry, 2003, 5(4): 54-56.] DOI: 10.3969/j.issn.1672-7738.2003.04.052.

62 Shahabi A, Yari Z, Behrouz V, et al. Effects of supplementation with purslane (*Portulaca oleracea*) on cardiovascular risk factors in patients with nonalcoholic fatty liver disease: a systematic review and Meta-analysis of randomised controlled trials[J]. J Herb Med, 2026, 55: 101082. DOI: 10.1016/J.HERMED.2025.101082.

63 王成祥, 刘玉霞, 常绍鸿, 等. 马齿苋多糖对幼年糖尿病大鼠糖脂代谢、肾功能的影响及其机制[J]. 中国医科大学学报, 2021, 50(1): 46-50, 56. [Wang CX, Liu YX, Chang SH, et al. Effect and mechanism of action of *Portulaca oleracea* L. polysaccharides on glycolipid metabolism and renal function in juvenile diabetic rats[J]. Journal of China Medical University, 2021, 50(1): 46-50, 56.] DOI: 10.12007/j.issn.0258-4646.2021.01.009.

64 李冠文, 王辉敏, 杨金梅, 等. 马齿苋多不饱和脂肪酸成分分析及对 HepG2 细胞脂质堆积的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(15): 352-358. [Li GW, Wang HM, Yang JM, et al. Composition analysis of polyunsaturated fatty acids in *Portulaca oleracea* and its effect on lipid accumulation in HepG2 cells[J].Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(15): 352-358.] DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021100232.

65 Van Anh NT, Luyen LH. Potential inhibitory effects on human platelet aggregation and blood coagulation of the aerial part of *Portulaca oleracea* L.[J]. Trop J Nat Prod Res, 2024, 8(1): 6001. DOI: 10.26538/tjnpr/v8i1.42.

66 卢新华, 关章顺, 何军山, 等. 马齿苋对氧自由基引发人红细胞膜损伤的保护作用[J]. 郴州医学高等专科学校学报, 2002, 4(2): 1-3. [Lu XH, Guan ZH, He JunS, et al. Protective effect of *Portulaca oleracea* extract on oxidative damage of human erythrocyte membrane induced by oxygen free radicals[J]. Journal of Chenzhou Medical College, 2002, 4(2): 1-3.] DOI: 10.16500/j.cnki.1673-498x.2002.02.001.

67 Chen CJ, Wang WY, Wang XL, et al. Anti-hypoxic activity of the ethanol extract from *Portulaca oleracea* in mice[J]. J Ethnopharmacol, 2009, 124(2): 246-250. DOI: 10.1016/j.jep.2009.04.028.

68 董立巍, 王万银, 岳义田, 等. 马齿苋总黄酮抗小鼠缺氧作用及其机制研究[J]. 中西医结合学报, 2005, 3(6): 450-454. [Dong LW, Wang WY, Yue YT, et al. Effects of flavones extracted from *Portulaca oleracea* on ability of hypoxia tolerance in mice and its mechanism[J]. Journal of Chinese Integrative Medicine, 2005, 3(6): 450-454.] DOI: 10.3736/jcim20050608.

69 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. [Kang J. The metobolism regenerating mechanism of *Portulaca oleracea* polysaccharide on mouse brain neurons[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2011, 50(2): 353-357.] DOI: 10.3969/j. issn. 0439-8114.2011.02.040.

70 Farag OM, Abd-Elsalam RM, Ogaly HA, 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. DOI: 10.1007/s11064-020-03209-6.

71 El Rabey HA, Rezk SM, Mahmoud SA, et al. *Portulaca oleracea* L. methanolic extract protects the brain of male rats against Alzheimer's disease[J]. Scientifica, 2025, 2025: 7701263. DOI: 10.1155/sci5/7701263.

72 Mitran SI, Muşat MI, Bejenaru C, et al. *Portulaca oleracea* extract modulates diet-dependent neuroplasticity in a murine model of MCD-induced NAFLD and depression[J]. Int J Mol Sci, 2025, 26(20): 10050. DOI: 10.3390/ijms262010050.

73 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. [Zhang H. Observation on the therapeutic effect of nerve block combined with external application of *Portulaca oleracea* in the treatment of postherpetic neuralgia[J]. Inner Mongolia Journal of Traditional Chinese Medicine, 2017, 36(4): 64-65.] DOI: 10.16040/j.cnki.cn15-1101.2017.04.063.

74 Devi M, Devi L, Devi N, et al. Anticonvulsant effect of *Portulaca oleracea* in experimental animal models[J]. J Med Soc, 2016, 30(2): 94-97. DOI: 10.4103/0972-4958.182908.

75 范红艳, 关丽萍, 张红英. 马齿苋水提取物对小鼠急性炎症的影响[J]. 延边大学医学学报, 2006, 29(3): 184-185. [Fan HY, Guan LP, Zhang HY. Effects of aqueous extract of *Portulaca oleracea* on acute inflammation in mice[J]. Journal of Medical Science Yanbian University, 2006, 29(3): 184-185.] DOI: 10.16068/j.1000-1824.2006.03.011.

76 Fu J, Wang H, Dong C, et al. Water-soluble alkaloids isolated from *Portulaca oleracea* L.[J]. Bioorg Chem, 2021, 113: 105023. DOI: 10.1016/j.bioorg.2021.105023.

77 Zhuang S, Ming K, Ma N, et al. *Portulaca oleracea* L. polysaccharide ameliorates lipopolysaccharide-induced inflammatory responses and barrier dysfunction in porcine intestinal epithelial monolayers[J]. J Funct Foods, 2022, 91: 104997. DOI: 10.1016/j.jff.2022.104997.

78 Rahimi VB, Rakhshandeh H, Raucci F, et al. Anti-inflammatory and anti-oxidant activity of *Portulaca oleracea* extract on LPS-induced rat lung injury[J]. Molecules, 2019, 24(1): 139. DOI: 10.3390/molecules24010139.

79 赵阳, 卢育新, 程晓晨, 等. 马齿苋中化学成分及其抗炎活性研究[J]. 国际药学研究杂志, 2020, 47(11): 995-1000. [Zhao Y, Lu YX, Cheng XC, et al. The chemical constituents of *Portulaca oleracea* L. and their anti-inflammation activity[J]. Journal of International Pharmaceutical Research, 2020, 47(11): 995-1000.] DOI: 10.13220/j.cnki.jipr.2020.11.016.

80 金英子, 张红英, 付柳静. 马齿苋提取物的抗炎消肿及镇痛作用研究[J]. 延边大学医学学报, 2008, 31(4): 258-260. [Jin YZ, Zhang HY, Fu LJ.Study on anti-inflammation and the analgesic effects of the purslane extract[J]. Journal of Medical Science of Yanbian University, 2008, 31(4): 258-260.] DOI: 10.16068/j.1000-1824.2008.04.009.

81 He YW, Long H, Zou C, et al. Anti-nociceptive effect of *Portulaca oleracea* L. ethanol extracts attenuated zymosan-induced mouse joint inflammation via inhibition of Nrf2 expression[J]. Innate Immun, 2021, 27(3): 230-239.DOI: 10.1177/1753425921994190.

82 卢选成. 马齿苋提取液对家兔免疫器官组织形态结构影响的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2003. DOI: 10.7666/d.y556818.

83 王嘉慧. 马齿苋多糖的纯化表征及其改善小鼠银屑病样皮损的效果评价和机制研究[D]. 江苏苏州: 苏州大学, 2024. DOI: 10.27351/d.cnki.gszhu.2024.001349.

84 Alfwuaires MA, Algefare AI, Afkar E, et al. Immunomodulatory assessment of *Portulaca oleracea* L. extract in a mouse model of colitis[J]. Biomed Pharmacother, 2021, 143: 112148. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.112148.

85 梁慧敏, 方崟骄, 蔡宏. 马齿苋在湿疹治疗中的药理机制研究进展[J]. 空军航空医学, 2023, 40(4): 347-350. [Liang HM, Fang YJ, Cai H. Research progress in pharmacological mechanism of *Portulaca oleracea* L. in the treatment of eczema[J]. Aviation Medicine of Air Force, 2023, 40(4): 347-350.] DOI: 10.3969/j.issn.2097-1753.2023.04.014.

86 李湘力, 黄鸣清, 李万瑶. 马齿苋治疗蜂毒过敏反应的实验研究[J]. 海峡药学, 2007, 19(6): 39-41. [Li XL, Huang MQ, Li WY. Study on treatment of *Portulaca oleracea* L. on anaphylaxis by bee venom[J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2007, 19(6): 39-41.] DOI: 10.3969/j.issn.1006-3765.2007.06.018.

87 Ghazaleh H, Sedigheh R, Habibbolah H, et al. Efficacy and safety of purslane (*Portulaca oleracea*) for mild to moderate chronic hand eczema; a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial[J]. Explore, 2023, 20(3): 401-410. DOI: 10.1016/J.EXPLORE.2023.10.005.

88 陆霄鹤, 李曦. 马齿苋及鱼腥草水提取液体外抑菌实验[J]. 抗感染药学, 2010, 7(1): 33-34. [Lu XH, Li X. Experiment of bacteriostatic activities *in vitro* in water-decocted liquid of *Portulaca oleracea* L. and *Houttuynia cordata* Thunb[J]. Anti-infection Pharmacy, 2010, 7(1): 33-34.] DOI: 10.3969/j. issn.1672-7878.2010.01.011.

89 朱丹, 牛广财, 孙希云, 等. 马齿苋黄酮类物质抑菌作用的研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(1): 7-8. [Zhu D, Niu GC, Sun XY, et al. Study on antibacterial effect of flavonoids from *Portulaca oleracea* L.[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2006, 34(1): 7-8.] DOI: 10.3969/j.issn.0517-6611.2006.01.005.

90 Lei X, Li J, Liu B, et al. Separation and identification of four new compounds with antibacterial activity from *Portulaca oleracea* L.[J]. Molecules, 2015, 20(9): 16375-16387. DOI: 10.3390/molecules200916375.

91 马啸宇, 刘学, 杨成. 马齿苋中抑制马拉色菌活性成分的提取工艺研究[J]. 日用化学工业, 2018, 48(1): 37-41. [Ma XY, Liu X, Yang C. Extraction of active ingredients that inhibit malassezia from *Portulaca oleracea* L.[J]. China Surfactant Detergent & Cosmetics, 2018, 48(1): 37-41.] DOI: 10.13218/j.cnki.csdc.2018.01.008.

92 张伊娜, 刘英超. 凤仙花和马齿苋水提取物对常见皮肤癣菌的体外抑菌试验[J]. 中外医学研究, 2018, 16(9): 8-9. [Zhang YN, Liu YC. Experiment of antifungal activities *in vitro* in water extraction of *Impatiens balsamina* L. and *Portulaca oleracea* L.[J]. Chinese and Foreign Medical Research, 2018, 16(9): 8-9.] DOI: 10.14033/j.cnki.cfmr.2018.9.004.

93 Dong CX, Hayashi K, Lee JB, et al. Characterization of structures and antiviral effects of polysaccharides from *Portulaca oleracea* L.[J]. Chem Pharm Bull, 2010, 58(4): 507-510. DOI: 10.1248/cpb.58.507.

94 Uddin KM, Juraimi SA, Hossain SM, et al. Purslane weed (*Portulaca oleracea*): a prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes[J]. Sci World J, 2014, 2014: 951019. DOI: 10.1155/2014/951019.

95 王雨, 俞红, 阮海星, 等. 马齿苋对化学性肝损伤的保护作用[J]. 贵州医药, 2009, 33(8): 742-744. [Wang Y, Yu H, Ruan HX, et al. Protective effect of *Portulaca oleracea* L. on chemical liver injury[J]. Guizhou Medical Journal, 2009, 33(8): 742-744.] DOI: 10.3969/j.issn.1000-744X.2009.08.035.

96 Alshamari ME, Al-Harbi LN, Alshammari GM, et al. *Portulaca oleracea*-derived indoline amide ameliorates obesity and NAFLD in rats through Nrf2-dependent antioxidant and anti-inflammatory mechanisms[J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 35160. DOI: 10.1038/s41598-025-19208-y.

97 Moslemi Z, Bahrami M, Hosseini E, et al. *Portulaca oleracea* methanolic extract attenuate bile duct ligation-induced acute liver injury through hepatoprotective and anti-inflammatory effects[J]. Heliyon, 2021, 7(7): e07604. DOI: DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07604.

98 余南才, 黄浩, 刘倩, 等. 马齿苋水提液对衰老小鼠生理机能和肝、脑形态学的影响[J]. 中国医院药学杂志, 2006, 26(12): 1510-1512. [Yu NC, Huang H, Liu Q, et al. Effect of water extract of purslane herb on physical functions, morphology of hepatic cells and brain neurons in senile mouse[J]. Chinese Journal of Hospital Pharmacy, 2006, 26(12): 1510-1512.] DOI: 10.3321/j.issn:1001-5213.2006.12.025.

99 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. [Huang XQ, Ding H, Liu SH, et al. Protective effect of purslane polysaccharide on CCl_4 induced acute liver injury in mice[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(23): 315-319, 324.] DOI: 10.13386/j. issn1002-0306.2020060181.

100 Qian A, Zhou L, Shi D, et al. *Portulaca oleracea* alleviates CCl_4-induced acute liver injury by regulating hepatic S100A8 and S100A9[J]. Chinese Herbal Medicines, 2023, 15(1): 110-116. DOI: 10.1016/j.chmed.2022.05.004.

101 乔靖怡, 李汉伟, 胡锴, 等. 马齿苋总黄酮对四氯化碳致大鼠急性肝损伤的保护作用[J]. 中药药理与临床, 2020, 36(5): 91-95. [Qiao JY, Li HW, Hu K, et al. Protective effect of total

flavonoids from *Portulaca oleracea* on acute liver injury induced by carbon tetrachloride in rats[J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2020, 36(5): 91-95.] DOI: 10.13412/j.cnki.zyyl.2020.05.006.

102 沈岚, 陆付耳. 马齿苋对2型糖尿病大鼠胰岛素抵抗的影响[J]. 中国医院药学杂志, 2005, 25(4): 293-295. [Shen L, Lu FE. Effects of *Portulaca oleracea* on insulin resistance in type 2 diabetic rats[J]. Chinese Journal of Hospital Pharmacy, 2005, 25(4): 293-295.] DOI: 10.3321/j.issn:1001-5213.2005.04.003.

103 任洁, 周俭. 马齿苋改善血糖作用的研究[J]. 科技导报, 2007, 25(5): 38-41. [Ren J, Zhou J. Effectiveness of pursplane in improving blood glucose[J]. Science & Technology Review, 2007, 25(5): 38-41.] DOI: 10.3321/j.issn:1000-7857.2007.05.009.

104 Bao ML, Hou KX, Xin C, et al. *Portulaca oleracea* L. extract alleviated type 2 diabetes via modulating the gut microbiota and serum branched-chain amino acid metabolism[J]. Mol Nutr Food Res, 2022, 66(11): e2101030. DOI: 10.1002/mnfr.202101030.

105 Zhang H, Chen GL, Yang JP, et al. Screening and characterisation of potential antioxidant, hypoglycemic and hypolipidemic components revealed in *Portulaca oleracea* via multi-target affinity ultrafiltration LC-MS and molecular docking[J]. Phytochem Anal, 2022, 33(2): 272-285. DOI: 10.1002/pca.3086.

106 朱州杭, 樊阔, 姚金辉, 等. 马齿苋水煎液对兔离体空肠运动的影响及其机制[J]. 饲料研究, 2026, 49(11): 83-87. [Zhu ZH, Fan K, Yao JH, et al. Effect of *Portulaca oleracea* water decoction on motility of isolated rabbit jejunum and its mechanism[J]. Feed Research, 2026, 49(11): 83-87.] DOI: 10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2026.11.013.

107 杨书洋, 李天, 樊阔. 马齿苋和乌梅复合物水煎液对兔离体小肠平滑肌运动的影响及其机制[J]. 当代畜禽养殖业, 2024, 44(2): 3-6. [Yang SY, Li T, Fan K. Effect of decoction of *Portulaca oleracea* L. and Fructus Mume complex on the movement of isolated rabbit small intestinal smooth muscle and its mechanism[J]. Modern Animal Husbandry, 2024, 44(2): 3-6.] DOI: 10.3969/j.issn.1005-5959.2024.02.001.

108 Catap SE , Kho LJM , Jimenez RRM. *In vivo* nonspecific immunomodulatory and antispasmodic effects of common purslane (*Portulaca oleracea* Linn.) leaf extracts in ICR mice[J]. J Ethnopharmacol, 2018, 215: 191-198. DOI: 10.1016/j.jep.2018.01.009.

109 Kim G, Kim J, Lee SM, et al. Purslane (*Portulaca oleracea* L.) extract attenuates obesity-induced inflammation and enhances mitochondrial biogenesis via the miR-221/222 and AMPK/SIRT1 axis in rats[J]. Prev Nutr Food Sci, 2026, 31(1). DOI: 10.3746/PNF.2025.231.

110 Park JE, Han JS. A bioactive component of *Portulaca oleracea* L., HM-chromanone, improves palmitate-induced insulin resistance by inhibiting mTOR/S6K1 through activation of the AMPK pathway in L6 skeletal muscle cells[J]. Toxicol Res, 2022, 11(5): 774-783. DOI: 10.1093/toxres/tfac055.

111 王丹, 欧芹, 魏晓东, 等. 马齿苋多糖对衰老模型小鼠心肌线粒体能量代谢的影响[J]. 中医药学报, 2005, 33(4): 23-24. [Wang D, Ou Q, Wei XD, et al. Effect on energy metabolism of the polysaccharide of *Portulaca oleracea* L. on the myocardial mitochondria of aging model mice[J]. Acta Chinese Medicine and Pharmacology, 2005, 33(4): 23-24.] DOI: 10.3969/j.issn.1002-2392.2005.04.013.

112 Dkhil MA, Abdel Moniem AE, Al-Quraishy S, et al. Antioxidant effect of purslane (*Portulaca oleracea*) and its mechanism of action[J]. J Med Plant Res, 2011, 5(9): 1589-1593. DOI: 10.5897/JMPR.9000222.

113 陶星宇. 马齿苋多糖分析与抗紫外、美白功效评价[D]. 长春: 长春中医药大学, 2023. DOI: 10.26980/d.cnki.gcczc.2023.000523.

114 Qu LP, Wang FF, Ma X. The extract from *Portulaca oleracea* L. rehabilitates skin photoaging via adjusting miR-138-5p/Sirt1-mediated inflammation and oxidative stress[J]. Heliyon, 2023, 9(11): e21955.DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e21955.

115 Tao XY, Hu X, Wu TC, et al. Characterization and screening of anti-melanogenesis and anti-photoaging activity of different enzyme-assisted polysaccharide extracts from *Portulaca oleracea* L.[J]. Phytomedicine, 2023, 116: 154879. DOI: 10.1016/j.phymed.2023.154879.

116 张温典, 姚钢乾, 张利平. 鲜马齿苋抗衰老效应的研究[J]. 河北师范大学学报(自然科学版), 2003, 27(2): 195-197, 216. [Zhang WD, Yao GQ, Zhang LP. Study on the anti-decrepit effects of purslane[J]. Journal of Hebei Normal University (Natural Science), 2003, 27(2): 195-197, 216.] DOI: 10.3969/j.issn.1000-5854.2003.02.023.

117 Alipour S, Pishkar L, Chaleshi V. Cytotoxic effect of *Portulaca oleracea* extract on the regulation of CDK1 and P53 gene expression in pancreatic cancer cell line[J]. Nutr Cancer, 2022, 74(5): 1792-1801. DOI: 10.1080/01635581.2021.1960386.

118 王晓波, 刘殿武, 郭丽莉. 马齿苋的抑瘤作用及对免疫功能的影响[J]. 中国公共卫生, 2004, 20(12): 1460-1461. [Wang XB, Liu DW, Guo LL. Effect of *portulaca oleracea* on immune function and inhibitory action to tumor in mice[J]. Chinese Journal of Public Health, 2004, 20(12): 1460-1461.] DOI: 10.3321/j.issn:1001-0580.2004.12.028.

119 崔旻, 尹苗, 安利国. 马齿苋多糖的抗肿瘤活性[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2002, 17(1): 73-76. [Cui M, Yin M, An LG. Antineoplastic activity of polysaccharide from *Portulaca oleracea*[J]. Journal of Shandong Normal University (Natural Sciences Edition), 2002, 17(1): 73-76.] DOI: 10.3969/j.issn.1001-4748.2002.01.021.

120 李玉萍, 曾宪伟, 叶军, 等. 马齿苋活性成分体内外抗癌作用的初步筛选[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(11): 2726-2728. [Li YP, Zeng XW, Ye J, et al. Screening antitumor effect of active constituents from *Portulaca oleracea* L. *in vitro* and *in vivo*[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2009, 20(11): 2726-2728.] DOI: 10.3969/j.issn.1008-0805.2009.11.034.

121 王浩毓, 赵惠玲, 李宏全. 马齿苋结合态多酚和自由态多酚抑制肝癌细胞HepG-2增殖及诱导细胞凋亡的研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2019, 39(4): 70-78. [Wang HY,

Zhao HL, Li HQ. The proliferation inhibition and apoptosis effects of bound polyphenol and free polyphenol from *Portulaca oleracea* L. on human hepatoma cell line HepG-2[J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2019, 39(4): 70-78.] DOI: 10.13842/j.cnki.issn1671-8151.201902008.

122 Guo G, Yue L, Fan SL, et al. Antioxidant and antiproliferative activities of purslane seed oil[J]. J Hypertens, 2016, 5(2): 218. DOI: 10.4172/2167-1095.1000218.

123 Yi SG, Jin XX, Liu B, et al. *Portulaca oleracea* extract reduces gut microbiota imbalance and inhibits colorectal cancer progression via inactivation of the Wnt/β-catenin signaling pathway[J]. Phytomedicine, 2022, 105: 154279. DOI: 10.1016/j.phymed.2022.154279.

124 Han QQ, Huang LR, Wang Y, et al. Platinum (Ⅱ)-coordinated *Portulaca oleracea* polysaccharides as metal-drug based polymers for anticancer study[J]. Colloids Surf B Biointerfaces, 2021, 201: 111628. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2021.111628.

125 熊祎虹, 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. [Xiong YH, Deng C, Bai W, et al. Effect of ethanol extract from Machixian on colon cancer cells and their stem cell proliferation *in vitro*: a mechanism study[J]. Journal of Beijing University of Traditional Chinese Medicine, 2018, 41(1): 39-44.] DOI: 10.3969/j.issn.1006-2157.2018.01.007.

126 黄梅, 肖娟, 张茂, 等. 马齿苋抗肿瘤作用机制研究进展[J]. 中草药, 2025, 56(14): 5248-5257. [Huang M, Xiao J, Zhang M, et al. Research progress on antitumor mechanism of Portulacae Herba [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2025, 56(14): 5248-5257.] DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.14.027.

收稿日期：2026 年 06 月 03 日 修回日期：2026 年 08 月 21 日
本文编辑：钟巧妮 冼静怡