

野生蔬菜功能性成分及其生物活性研究进展

李瑶晨¹, 范紫佩¹, 杨静¹, 刘庭付², 祝彪¹, 朱祝军¹, 陈小央³

(1. 浙江农林大学园艺科学学院 农业农村部亚热带果品蔬菜质量安全控制重点实验室/浙江省山区农业高效绿色生产协同创新中心, 浙江 杭州 311300; 2. 丽水市农林科学研究院, 浙江 丽水 323000; 3. 浙江省种子管理总站, 浙江 杭州 310020)

摘要: 野菜在中国有悠久的历史, 是栽培蔬菜的重要补充, 也是人类获取矿物质元素、氨基酸、维生素、多糖、黄酮类化合物等多种功能性成分的重要来源之一, 开展野菜的基本成分研究对全面了解其营养物质和生物活性具有重要的科学意义和应用价值。本研究综述了野菜的主要营养与功能性成分, 总结了当前野菜生物活性方面的主要研究成果, 内容包括: ①野菜基本营养成分; ②野菜功能成分; ③野菜活性成分分析及其功效性; ④常见检测分析方法与技术。主要结论为: 野菜含有丰富的基本营养成分和生物活性物质, 其中维生素、酚类和萜类等化合物在抗菌、抗氧化、抗肿瘤和抗炎等方面具有良好功效, 今后野生蔬菜的研究可聚焦于功能性成分及生物活性分离提取与功能鉴定, 为后续的开发应用提供参考。表 2 参 74

关键词: 野菜; 营养与功能性成分; 生物活性; 综述

中图分类号: S647 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2022)04-0913-10

Research progress on functional components and biological activities of wild edible vegetables

LI Yaochen¹, FAN Zipei¹, YANG Jing¹, LIU Tingfu², ZHU Biao¹, ZHU Zhujun¹, CHEN Xiaoyang³

(1. Key Laboratory of Quality and Safety Control for Subtropical Fruit and Vegetable, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Collaborative Innovation Center for Efficient and Green Production of Agriculture in Mountainous Areas of Zhejiang Province, College of Horticulture Science, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 2. Lishui Academy of Agricultural and Forestry Science, Lishui 323000, Zhejiang, China; 3. Seed Management Station of Zhejiang Province, Hangzhou 310020, Zhejiang, China)

Abstract: There is a long history of use of wild edible vegetables in China. They have abundant functional components, including mineral elements, amino acids, vitamins, polysaccharides, flavonoids and so on. It has important scientific significance and application value to study the basic components of wild edible vegetables for a comprehensive understanding of the nutrients and biological activities. We listed the main nutritional and functional components, summarized the current main research results in the biological activity, including: (1) the content of basic nutrients in wild edible vegetables; (2) the profiles of functional compounds in wild edible vegetables; (3) analysis of active components and efficacy of wild edible vegetables; (4) common methods and technologies to component analysis of wild edible vegetables. Wild edible vegetables are rich in basic nutrients and bioactive substances, including vitamins, phenols and terpenes, which have good activities in antibacterial,

收稿日期: 2021-08-10; 修回日期: 2021-12-13

基金项目: 浙江省重点研发计划项目 (2019C02014); 浙江省“三农六方”科技协作项目 (2019SNLF007); 浙江农林大学学生科研训练项目 (113-2013200136)

作者简介: 李瑶晨 (ORCID: 0000-0002-5123-4515), 从事蔬菜营养品质与安全研究。E-mail: 983484573@qq.com。

通信作者: 杨静 (ORCID: 0000-0003-3880-2618), 副教授, 从事园艺植物品质生理和次生代谢调控研究。E-mail: yangjing@zafu.edu.cn

antioxidant, antitumor and anti-inflammatory. Future research should focus on functional components and biological activities, and serves as a reference for subsequent development and application. [Ch, 2 tab. 74 ref.]

Key words: wild edible vegetables; nutritional and functional components; biological activity; review

野生蔬菜, 简称野菜, 是指自然生长、未经人工驯化栽培, 整株或部分可食的野生植物^[1], 也有把野生食用菌归入野菜中^[2], 本研究仅指野生植物。野菜在中国具有悠久的历史, 《诗经》《尔雅》等书中已有相关记载, 明清时期的《救荒本草》《野菜谱》《养生八笈》等对野菜种类和功能进行了介绍。野菜在中国分布广泛, 总体上呈南多北少的趋势, 据不完全统计, 约 213 科 1 822 种, 其中可食用的 400 余种^[3]。早期, 野菜多作为饮食补充; 随着研究的深入, 野菜中的特殊营养物质和药用成分被逐步发掘出来, 使其成为天然生物活性物质的重要来源, 被用于预防和治疗各种疾病^[4-5]。目前有关野菜资源分布、基本营养成分和生物活性物质测定等方面已有一些研究, 本研究因此对野菜的功能性成分及其生物活性进行了综述, 为进一步开展野菜活性成分研究以及食品工业原料、天然药物成分开发等提供理论基础。

1 野菜营养与功能成分研究现状

1.1 矿质元素

研究发现野菜中含有丰富的矿质元素, 如琉璃苣 *Borago officinalis*、野生菊苣 *Cichorium intybus* 和花叶滇苦菜 *Sonchus asper* 中含有丰富的钾、铁和锌元素^[6], 刺桐 *Erythrina variegata* 中也含有较高的钾、锌元素^[7]。部分野菜中的某些矿质元素含量更高, 如马齿苋 *Portulaca oleracea* 钙、镁含量是油菜 *Brassica napus* 的 3.6 和 14.0 倍、芥蓝 *Brassica oleracea* 的 4.5 和 8.8 倍^[8]。此外, KAUR 等^[9] 研究发现野生鹰嘴豆 *Cicer arietinum* 比栽培鹰嘴豆具有更高的钙、镁和锰含量; 徐亚莉^[10] 分别在培养箱和大田环境下对野生和栽培马齿苋主要矿质成分以及微量元素含量进行了对比, 发现野生型马齿苋的钙、镁和微量元素含量均高于栽培型马齿苋, 其中大田中野生型马齿苋钙、镁和微量元素含量分别比栽培型马齿苋钙、镁和微量元素含量高 2.3%、13.0% 和 10.5%。

1.2 氨基酸

目前, 有关野菜中氨基酸的组分和含量的研究已有不少报道, 如曹利民等^[11] 发现赣产 5 种野菜: 牛膝 *Achyranthes bidentata*、白花败酱 *Patrinia villosa*、鸭儿芹 *Cryptotaenia japonica*、马兰 *Kalimeris indica*、白花鬼针草 *Bidens pilosa* 均含有 16 种氨基酸, 其必需氨基酸质量分数为 36.2~74.5 g·kg⁻¹; HU-ANG 等^[12] 从不同品种的野生箭筈豌豆 *Vicia sativa* 中检测出 18 种氨基酸, 其中一半为必需氨基酸, 总氨基酸含量为 173.00~286.05 g·kg⁻¹; 黄元河等^[13] 也从右江流域 5 种野菜: 狗肝菜 *Dicliptera chinensis*、铜锤玉带草 *Lobelia angulata*、野芋 *Colocasia gigantea*、鸭儿芹和五指牛奶 *Ficus simplicissima* 中检测出 14~18 种游离氨基酸, 除野芋外其他 4 种野菜中均含 8 种必需氨基酸。

1973 年联合国粮农组织和世界卫生组织在 *Energy and Protein Requirement* 上发布了食物中氨基酸的配比标准, 建议以此作为优质蛋白质来源的评价标准^[14]。对照这个标准, 一些野菜中的氨基酸不仅种类丰富, 而且配比良好。黄元河等^[13] 研究发现狗肝菜、鸭儿芹和野芋叶柄的苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸和苯丙氨酸—酪氨酸的含量配比接近标准值; 包艳玲等^[15] 报道车前草 *Plantago major* 的必需氨基酸与总氨基酸的含量比值 (EAA/TAA) 为 38.584%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的含量比值 (EAA/NEAA) 为 61.416%, 与 WHO/FAO 提出的理想蛋白模式 EAA/TAA(40%) 和 EAA/NEAA(60%) 非常接近。此外, 特定的氨基酸组分与野菜的风味存在关联, 如野生马齿苋^[16] 等野菜中天冬氨酸、谷氨酸和丙氨酸含量远高于一些栽培蔬菜, 使这些野菜更有鲜味。

1.3 维生素

已有研究表明: 不少野菜含有抗坏血酸、胡萝卜素和生育酚等多种对人体健康特别重要的维生素^[10, 17-18]。马兰^[11]、蒲公英 *Taraxacum mongolicum*^[19] 等植株中检测出多种 B 族维生素。研究也发现部分野菜中的维生素单位含量高于栽培蔬菜, 如《中国野菜图谱》就记载了 88 种野菜的胡萝卜素含量高于胡萝卜 *Daucus carota*^[20]; 刺苋 *Amaranthus spinosus* 的维生素 C 含量比普通生菜 *Lactuca sativa* 高出几十倍^[8, 21]。此外, CECCANTI 等^[17] 和 MEDINA-LOZAND 等^[22] 报道野生菊苣和一些野生莴苣 *Lactuca*

sativa 品种的抗坏血酸含量高于栽培品种, 这种情况的出现被认为可能是维生素 C 等一些营养物质在长期的作物驯化过程中出现了流失。

1.4 脂肪酸

不少野菜具有良好的脂肪酸组成, 开发利用价值高。刘娜^[23]在齿果酸模 *Rumex dentatus* 叶子中检测出 9 种脂肪酸, 且主要都为不饱和脂肪酸; 陈军等^[24] 和吴永祥等^[25] 分别在猫爪草 *Ranunculus ternatus* 和豆腐柴 *Premna microphylla* 叶中检测出亚油酸、棕榈酸、8-十八碳烯酸等有益脂肪酸。美国农业部还曾在《特定食品中 omega-3 脂肪酸和其他脂肪成分含量暂定表》中表明野生马齿苋是所有被检测的绿叶蔬菜中 omega-3 脂肪酸最丰富的作物^[26]。可见野菜资源可以成为脂肪酸功能组分的重要来源, 为人们日常饮食和功能食品的开发做出贡献。

1.5 多糖

从植物中提取有益多糖是近年来的研究热点。不同种类和地区野菜中的多糖质量分数不同, 如郑奎玲等^[27] 对黔产 8 种野菜中的多糖质量分数进行了比较发现: 8 种野菜中蓝布正 *Geum japonicum* 的多糖质量分数最高 ($120.1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$); 周新华等^[28] 对 10 个地区的野生夏枯草 *Prunella vulgaris* 研究发现: 不同地区夏枯草多糖质量分数差异显著, 多糖的质量分数为 $70.45 \sim 120.39 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。多糖提取率不仅取决于野菜的生长环境, 还与多糖的提取方法有关。如刘珊珊等^[29] 尝试双酶法从干燥蒲公英根中提取多糖, 得率达 32.97%; 张志强等^[30] 和陈凌等^[31] 分别采用超声波辅助法和酶法提取马齿苋多糖, 前者得率为 13.55%, 而后者仅为 0.42%。

1.6 多酚类化合物

1.6.1 黄酮类化合物 黄酮类化合物是一类重要的植物次生代谢产物, 在野菜中分布广泛。如野生大豆 *Glycine max*^[32] 和野萝卜 *Raphanus raphanistrum*^[33] 中分别检测到了 17 和 12 种黄酮类化合物; AW-OUAFACK 等^[34] 从鸡头薯属 *Fabaceae eriosema* 的 5 个物种中总共分离出包括异黄酮、二氢黄酮醇、黄酮醇和黄烷酮等 52 种黄酮类化合物; MARENGO 等^[35] 从菊科 *Compositae* 飞廉 *Asteraceae carduus* 中提取出 18 种黄酮和 7 种黄酮醇, 主要成分为槲皮素、木犀草素、山奈酚和芹菜素-O-糖苷等。此外, 不同野菜及品种间的黄酮类化合物质量分数存在差异, 如 15 种野生鹰嘴豆中黄酮醇质量分数为 $79.4 \sim 242.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ^[9]; 苦苣菜 *Sonchus oleraceus*、紫背天葵 *Begonia fimbristipula*、紫苏 *Perilla frutescens* 和苦菊 *Cichorium endivia* 等 10 种野菜中总黄酮质量分数最高为苦苣菜 ($85.69 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$), 最低为苦菊 ($3.75 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)^[36]。

1.6.2 非黄酮类化合物 一些野菜含有丰富的酚酸类以及花色苷类等非黄酮类化合物。如野茭白 *Zizania latifolia* 中测出羟基苯甲酸、对香豆酸、香草醛、芥子酸等 10 种酚酸类物质^[37]; DATTA 等^[38] 研究发现蕹菜 *Ipomoea aquatica* 含有 6 种酚酸类物质, 质量分数为 $0.33 \sim 18.27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; GIAMBANELLI 等^[39] 在 13 种野生菊科蔬菜中发现了 7 种羟基肉桂酸和 3 种花色苷, 其中羟基肉桂酸的质量分数为 $1388 \sim 53076 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 占总酚质量分数的 69%~98%; 张瑞军等^[40] 对四川 9 种野生百合 *Lilium* 不同部位的花色苷质量分数进行比较, 从高到低分别为花 ($8.73 \sim 26.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)、叶 ($13.29 \sim 18.36 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)、茎秆 ($2.21 \sim 6.75 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)、鳞茎 ($1.33 \sim 4.26 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$), 器官间花色苷质量分数差异显著。

2 生物活性研究进展

许多野菜中存在多酚类化合物、萜类化合物等生物活性物质(表 1), 在抗炎、抗氧化、抗肿瘤、抗菌和抗病毒等方面表现出了良好功效^[41-42]。

2.1 抗炎活性

野菜含有丰富萜类和生物碱类等化合物, 这些物质具有抗炎活性。如马齿苋^[43] 中提取出的儿茶酚型四氢异喹啉类生物碱可抑制炎症介质 (TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 和 PGE₂) 的产生; WANG 等^[44] 在掌叶蜂斗菜 *Petasites tatewakianus* 中分离出的 13 种倍半萜烯对 LPS 诱导的小鼠胶质 BV-2 细胞中 NO 产生较强的抑制作用。HAN 等^[45] 首次报道了猴腿蹄盖蕨 *Athyrium multidentatum* 提取物的抗炎活性, 发现其主要机制是通过促使 I κ B 抗体高表达, 进而抑制 NO、前列腺素 E₂(PEG₂) 和促炎介质的产生, 从而达到预防急性肺损伤的功效, 并认为其抗炎活性可能与植物体中的高水平黄酮 ($36.09 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) 密切相关。

2.2 抗氧化活性

野菜中存在多种具有自由基清除能力的活性物质,如马齿苋的叶、茎和花中的抗坏血酸和 β -胡萝卜素能够中和自由基,在清除 DPPH 自由基方面具有显著效果^[46];KYUNG 等^[47]发现夏枯草、蜂斗菜 *Petasites japonicas* 等 5 种野菜的总酚提取物具有较高的铁离子还原能力和 DPPH 自由基清除活性,其中夏枯草提取物铁还原抗氧化能力 (FRAP) 值达 $166.85 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; 见霜黄 *Blumea lacera* 和刺桐的 DPPH 自由基清除活性分别达 75.11% 和 89.27%, 进一步研究后确认酚类化合物是这 2 种野菜中最主要的生物活性物质^[7]。

此外,野菜的抗氧化活性还受发育阶段和组织部位的影响。如野茭白在发芽期具有更好的抗氧化能力^[37]; 吊帚兰 *Corema album* 不同部位显示出不同的抗氧化活性,叶片的 DPPH 清除能力 ($38.9 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$) 最好,其次为果实、花朵和种子, ABTS 自由基清除和铁还原能力的试验结果与 DPPH 具有很强的正相关性,根据随后进行的核磁共振氢谱 ($^1\text{H NMR}$) 实验数据判断,研究者们认为大部分抗氧化能力可能与酚酸,尤其是羟基肉桂酸有关^[48]。

2.3 抗癌、抗肿瘤活性

已发现一些野菜的提取物具有良好的抗癌、抗肿瘤功效,如蒲公英中的黄酮、酚酸^[49-50]、萜醇^[51], 桔梗 *Platycodon grandiflorus* 中的皂苷^[52] 等均能较好地抑制肿瘤细胞的增殖; 桔梗多糖和蕨 *Pteridium aquilinum* 多糖等在促进如宫颈癌、肝癌、肠癌等肿瘤细胞凋亡方面具有良好的功效^[53-54]; BILUŠIĆ 等^[55] 研究发现: 野生芦笋 *Asparagus acutifolius* 中酚类化合物(槲皮素、异鼠李素-3-O-芸香糖苷)对膀胱癌细胞 (T24) 和肺癌细胞 (A549) 具有抗增殖和促凋亡能力; OLIVEIRA 等^[56] 报道了吊帚兰中总叶蛋白对结肠癌 (HT29) 细胞中 MMP-2 和 MMP-9 有抑制活性; ABU 等^[57] 发现野生蓟 *Gundelia tournefortii* 的甲醇和己烷提取物对 HCT-116 癌细胞具有显著的抗肿瘤活性,并通过气质谱联用技术 (GC-MS) 确定了提取物中谷甾醇、豆甾醇、羽扇豆醇、 α -香豆素和青蒿素等活性物质的存在; 野洋葱 *Allium cepa* 甲醇提取物也在抑制人肝癌 (HepG2) 和肺癌 (A549) 细胞的增殖方面有较好的能力,并能保护正常人成纤维细胞 (MRC-5) 免受阿霉素 (Dox) 细胞毒性的影响,其作用可能归因于槲皮素和异鼠李素^[58]。

2.4 抗菌活性

有研究发现苦苣菜提取物(总酚、类黄酮)对大肠埃希菌 *Escherichia coli*, 肠道沙门氏菌 *Salmonella enteritidis*、副溶血弧菌 *Vibrio parahaemolyticus* 和金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus* 等有较好的抑制作用,且其抗菌活性与黄酮含量呈正相关^[59]; JOSHI 等^[60] 报道了大叶火筒树 *Leea macrophylla* 乙醇提取物对金黄色葡萄球菌、弗氏志贺菌 *Shigella flexneri* 和铜绿假单胞菌 *Pseudomonas aeruginosa* 的抑菌效果突出,这种抗微生物活性可能与在植物化学物的积累有关,这些物质会对微生物细胞膜造成损害,从而导致其死亡; PETROPOULOS 等^[61] 研究发现: 9 种菊科 Asteraceae 野菜提取物对抗蜡样芽孢杆菌 *Bacillus cereus*、鼠伤寒沙门氏菌 *Salmonella typhimurium* 和青霉菌 *Penicillium* 有显著的抗菌活性; 高宁^[62] 研究发现: 老山芹 *Heracleum dissectum* 黄酮能够有效抑制多种菌的生长特别是革兰氏阳性菌(枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis* 和金黄色葡萄球菌),原因可能为革兰氏阳性菌的细胞壁结构简单,而黄酮类化合物对菌体的细胞壁及细胞膜的破坏更有效。

2.5 抗病毒活性

野菜中含有的酚类、萜类和生物碱类等多种化合物对抗病毒的研究具有重大意义。有报道金银花 *Lonicera japonica* 水提物在抑制小鼠感染登革热病毒 (DENV)^[63] 和预防石斑鱼虹膜病毒 (SGIV-Gx) 感染等方面具有良好的效果^[64]; 鱼腥草 *Houttuynia cordata* 多糖对肠道病毒 71 型 (EV71)、呼吸道合胞病毒 (RSV) 和柯萨奇病毒 B3(CV-B3) 等多种病毒具有一定的体外抗病毒活性,且抑制效果与多糖纯度呈正相关^[65]; SONG 等^[66] 发现甘草 *Glycyrrhiza uralensis* 根中的齐墩果烷型三萜皂苷类物质在浓度为 $100 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时对 H1N1 病毒有抑制活性,抑制率为 47.5%~82.5%,其中甘草次酸还表现为抑制艾滋病病毒 (HIV) 活性的能力; YOU 等^[67] 研究发现: 香椿叶水提物可以通过下调黏附分子和趋化因子 (VCAM-1, ICAM-1, E-selectin, IL-8 和 fractalkine) 抑制病毒附着在对 H1N1 病毒的替代治疗和预防上可能起到重要作用。

2.6 其他活性

野菜中的活性物质对降血糖、调节免疫等也具有良好的功效。如马齿苋水提取物可诱导血清肿瘤坏死因子 (TNF- α) 和多效性细胞因子 (IL-6) 水平降低, 从而促使小鼠血糖水平显著下降^[68]; ZHAO 等^[69] 报道桔梗多糖能够提高淋巴细胞增殖活性, 进而增强免疫功能。

表 1 野菜生物活性成分及其功效

Table 1 Bioactive components of wild edible vegetables and their efficacy

功效	物质成分		野菜种类	部位	参考文献
	化合物	主要物质			
抗炎	萜类化合物	倍半萜烯	掌叶蜂斗菜 <i>Petasites tatewakianus</i>	叶	[44]
	生物碱类物质	儿茶酚型四氢异喹啉类	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>	全株	[43]
	酚酸类物质	总黄酮	猴腿蹄盖蕨 <i>Athyrium multidentatum</i>		[45]
抗氧化	有机酸	抗坏血酸	马齿苋		[46]
	酚酸类物质	总酚、总黄酮	见霜黄 <i>Blumea lacera</i> 、刺桐、夏枯草等	叶	[7, 47]
		对香豆酸、香草酸、阿魏酸和芥子酸等	野茭白 <i>Zizania latifolia</i>	发芽种子	[37]
	其他	β -胡萝卜素	马齿苋		[46]
抗癌、抗肿瘤	总蛋白提取物		吊帚兰 <i>Corema album</i>	叶	[56]
	多糖		桔梗 <i>Platycodon grandiflorus</i> 、蕨 <i>Pteridium aquilinum</i>		[53-54]
	萜醇	萜醇	蒲公英		[51]
		谷甾醇、豆甾醇和羽扇豆醇等	薊 <i>Gundelia tournefortii</i>		[57]
酚酸类物质	槲皮素和异鼠李素-3-O-芸香糖苷等	野生芦笋 <i>Asparagus acutifolius</i>	整株	[55]	
抗菌	酚酸类物质	总酚	苦苣菜	叶	[59]
		单宁、绿原酸	大叶火筒树 <i>Leea macrophylla</i>	块根	[60]
抗病毒	多糖		鱼腥草 <i>Houttuynia cordata</i>	整株	[65]
	萜类化合物	甘草酸及其衍生物	甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i>	根	[66]
	酚酸类物质	没食子酸、槲皮素和芦丁等	香椿 <i>Toona sinensis</i>	叶	[67]
降血糖	酚酸类物质	儿茶素、绿原素、水杨酸和迷迭香酸等	马齿苋	地上部	[68]
调节免疫	多糖		桔梗		[69]

3 常见检测分析方法与技术

如表 2 所示: 目前野菜矿质元素测定的常见方法主要有原子吸收分光光度法、电感耦合等离子体光谱法 (ICP-OES) 和电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS), 其中 ICP-OES 和 ICP-MS 在微量元素或极低浓度元素的检测方面有较多应用^[70-72]; 脂肪酸一般通过 GC-MS 进行分析^[24]; 氨基酸组分分析和生育酚则多采用高效液相色谱法 (HPLC)^[11, 72]; 紫外-可见分光光度法是总酚、总黄酮、多糖和类胡萝卜素等化合物常用的定量方法, 但在涉及化合物结构鉴定或特定化合物分析时则一般采用高效液相色谱法 (HPLC) 和质谱法^[30, 73]; 抗坏血酸的测定方法较多, 其中国外发表的研究报道中以超高效液相色谱法 (UPLC) 和分光光度法较为多见^[7, 21, 22], 国内则更多使用国标中的分光光度法和 2, 6-二氯靛酚滴定法^[62]; 此外, 有机酸基本采用 UPLC 和 HPLC 法进行分析^[72, 74]。野菜中物质成分的分析 and 鉴定对其活性成分研究非常关键, 相关的检测分析方法与技术某种程度上限制了该领域研究的发展。总体上, 相关分析方法正在往快速、痕量和精准化发展, 色谱技术和光谱技术以及联用技术在未来或会得到更广泛的应用。

4 展望

野菜作为风味独特的野生或半野生植物, 由于其本身活性成分丰富, 具有食用、药用和工业等开发

表2 常见野菜营养及活性成分测定方法和技术

Table 2 Methods and techniques for determination of nutrition and active components in common wild edible vegetables

成分	方法和技术	野菜种类	参考文献
矿质元素	ICP-MS、ICP-OES	菊花脑 <i>Dendranthema indicum</i> 、香椿、蒲公英、马兰 <i>Kalimeris indica</i> 等	[70]
	原子吸收分光光度法	皱果莧 <i>Amaranthus viridis</i> 和马齿苋等	[71, 72]
脂肪酸	GC-MS	猫爪草 <i>Ranunculus ternatus</i>	[24]
氨基酸	HPLC	牛膝 <i>Achyranthes bidentata</i> 、白花败酱 <i>Patrinia villosa</i> 、鸭儿芹 <i>Cryptotaenia japonica</i> 、马兰、白花鬼针草 <i>Bidens pilosa</i> 和马齿苋等	[11, 72]
总酚, 类胡萝卜素, 总黄酮, 多糖	紫外分光光度法, HPLC	马齿苋	[30, 73]
	UPLC	野生莴苣 <i>Lactuca sativa</i>	[22]
抗坏血酸	分光光度法	见霜黄、印度田菁 <i>Sesbania sesban</i> 和刺苋 <i>Amaranthus spinosus</i> 等	[7, 21]
	2, 6-二氯酚测定法	老山芹 <i>Heracleum dissectum</i>	[62]
生育酚	HPLC	马齿苋和脐景天 <i>Umbilicus rupestris</i> 等	[72, 74]
有机酸	UPLC、HPLC	脐景天等	[72, 74]

利用价值, 已逐渐成为市场的热点。野菜不仅是人们日常饮食的重要补充, 亦是重要的种质资源, 其多样的形态、丰富的物质组分及含量是宝贵的资源库, 在蔬菜种质资源创新和育种等方面具有重要意义。中国具有丰富的野菜资源, 目前研究较多的科属仅限菊科、豆科 Leguminosae、禾本科 Gramineae 等少数, 存在研究对象少、研究领域深度不足等问题, 未来需要加大野菜开发范围, 尤其是深加工工艺和产品开发。野菜往往具有特殊的风味和口感, 其所含的氨基酸种类和脂类等与栽培蔬菜具有差异, 许多野菜含有多种酚类、萜类化合物等具有抗氧化、抗炎症及抗肿瘤等功能的生物活性物质, 在预防疾病、药物开发等方面具有较大潜力。但当前对野菜生物活性的研究局限在常见的代谢物质, 对于一些构成野菜特殊风味的萜烯类等挥发性成分的研究还有待深入, 未来需要进一步开展对野菜特殊风味形成、安全性评价和抗炎症等生物活性的研究。随着生物学研究技术和检测技术的快速发展, 如物质分离提取技术和代谢组等技术应用, 后续可加强对野菜中单一物质成分的分离、提取工艺和功能鉴定研究, 明确其活性功能机制, 筛选主要食药成分并进行产业化开发利用, 促进产业发展。

5 参考文献

- [1] SHAHEEN S, AHMAD M, HAROON N. *Edible Wild Plants: An Alternative Approach to Food Security*[M/OL]. Gewerbestrasse: Springer International Publishing AG, 2017. [2021-08-09]. <https://link.springer.com/content/pdf/bfm%3A978-3-319-63037-3%2F1.pdf>.
- [2] 罗丹娜, 金玉忠. 吉林省东部山区山野菜资源及利用价值[J]. *东北林业大学学报*, 2014, 42(12): 145–147.
LUO Danna, JIN Yuzhong. Wild vegetable resources and its utilization value in the eastern mountainous area of Jilin Province [J]. *Northeast For Univ*, 2014, 42(12): 145–147.
- [3] 敖特根白音, 李运起, 韩艳华, 等. 我国野菜资源的开发与利用现状[J]. *河北农业科学*, 2015, 19(6): 92–96.
Aotegenbaiyin, LI Yunqi, HAN Yanhua, et al. The status of development and utilization of wild vegetables in China [J]. *J Hebei Agric Sci*, 2015, 19(6): 92–96.
- [4] SHIN N, SHIN I, JEON C, et al. *Zingiber mioga* (Thunb.) Roscoe attenuates allergic asthma induced by ovalbumin challenge [J]. *Molec Med Rep*, 2015, 12(3): 4538–4545.
- [5] RAJIV C, ROY S S, TAMREIHAO K, et al. Anticarcinogenic and antioxidant action of an edible aquatic flora *Jussiaea repens* L. using in vitro bioassays and in vivo zebrafish model[J/OL]. *Molecules*, 2021, 26(8): 2291 [2021-08-09]. doi: 10.3390/molecules26082291.
- [6] VOLPE M G, NAZZARO M, DI S M, et al. Content of micronutrients, mineral and trace elements in some mediterranean spontaneous edible herbs [J]. *Chem Cent J*, 2015, 9(1): 1–9.
- [7] ALAM M K, RANA Z H, ISLAM S N, et al. Comparative assessment of nutritional composition, polyphenol profile, antidiabetic and antioxidative properties of selected edible wild plant species of Bangladesh[J/OL]. *Food Chem*, 2020, 320:

- 126646[2021-08-09]. doi: [10.1016/j.foodchem.2020.126646](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126646).
- [8] 刘胤璇. 滇南地区 13 种野生蔬菜营养价值及食品安全评估[D]. 昆明: 云南大学, 2016.
LIU Yinxuan. *The Evaluation of Nutritional Value and Food Safety of 13 Kinds of Wild Vegetables in Southern Yunnan*[D]. Kunming: Yunnan University, 2016.
- [9] KAUR K, GREWAL S K, GILL P S, *et al.* Comparison of cultivated and wild chickpea genotypes for nutritional quality and antioxidant potential [J]. *J Food Sci Technol*, 2019, **56**(4): 1864 – 1876.
- [10] 徐亚莉. 不同栽培条件对 2 种类型马齿苋生长和品质的影响[D]. 南京: 南京师范大学, 2015.
XU Yali. *Effects of Different Cultivation Conditions on the Growth and Quality of Two Types of Purslane*[D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2015.
- [11] 曹利民, 龙春林, 曹丽敏, 等. 赣南客家 5 种野菜氨基酸及维生素的含量分析[J]. *食品研究与开发*, 2015, **36**(22): 116 – 119.
CAO Limin, LONG Chunlin, CAO Limin, *et al.* Determination of the contents of amino acids and vitamins in five kinds of wild vegetables in Gannan Hakkas Area [J]. *Food Res Dev*, 2015, **36**(22): 116 – 119.
- [12] HUANG Y F, GAO X L, NAN Z B, *et al.* Potential value of the common vetch (*Vicia sativa* L.) as an animal feed stuff: a review [J]. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 2017, **101**(5): 807 – 823.
- [13] 黄元河, 潘乔丹, 赵秋华, 等. 右江流域 5 种野生蔬菜的氨基酸含量及营养价值评价[J]. *食品工业*, 2020, **41**(8): 345 – 348.
HUANG Yuanhe, PAN Qiaodan, ZHAO Qiuhua, *et al.* Amino acid composition and nutritional evaluation of the 5 kinds of wild vegetables used in the Youjiang River Basin [J]. *Food Ind*, 2020, **41**(8): 345 – 348.
- [14] Food and Agriculture Organization of the gaited Natimm/world Heal Organization. *Energy and Protein Requirement*[R]. Report of joint FAO/WHO, Gneve: WHO, 1973: 62 – 64.
- [15] 包艳玲, 高春燕, 卢跃红. 四种野生蔬菜营养成分分析[J]. *食品工业科技*, 2021, **42**(7): 337 – 341.
BAO Yanling, GAO Chunyan, LU Yuehong. Analysis of nutritional components in four wild vegetables [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2021, **42**(7): 337 – 341.
- [16] NEMZER B, AI T F, ABSHIRU N. Phytochemical composition and nutritional value of different plant parts in two cultivated and wild purslane (*Portulaca oleracea* L.) genotypes[J/OL]. *Food Chem*, 2020, **320**: 126621[2021-08-09]. doi: [10.1016/j.foodchem.2020.126621](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126621).
- [17] CECCANTI C, LANDI M, INCROCCI L, *et al.* Comparison of three domestications and wild-harvested plants for nutraceutical properties and sensory profiles in five wild edible herbs: is domestication possible?[J/OL]. *Foods*, 2020, **9**(8): 1065[2021-08-09]. doi: [10.3390/foods9081065](https://doi.org/10.3390/foods9081065).
- [18] JIN Y W, MATANJUNA P, OOIY, *et al.* Characterization of phenolic compounds, carotenoids, vitamins and antioxidant activities of selected Malaysian wild edible plants [J]. *Int J Food Sci Nutr*, 2013, **64**(5): 621 – 631.
- [19] 相峰. 蒲公英有效成分的提取及产品开发[D]. 石河子: 石河子大学, 2020.
XIANG Feng. *Extraction of Active Ingredients from Taraxacum mongolicum and Product Development*[D]. Shihezi: Shihezi University, 2020.
- [20] 陶桂全, 郭志成, 李新如, 等. 中国野菜图谱[M]. 北京: 解放军出版社, 1989.
TAO Guiquan, GUO Zhicheng, LI Xinru, *et al.* *Atlas of Chinese Wild Vegetables* [M]. Beijing: Chinese People's Liberation Army Publishing House, 1989.
- [21] SARKER U, OBA S. Nutraceuticals, antioxidant pigments, and phytochemicals in the leaves of *Amaranthus spinosus* and *Amaranthus viridis* weedy species[J/OL]. *Sci Rep*, 2019, **9**(1): 20413[2021-08-09]. doi: [10.1038/s41598-019-50977-5](https://doi.org/10.1038/s41598-019-50977-5).
- [22] MEDINA-LOZAND I, BERTOLIN J R, DIAZ A. Nutritional value of commercial and traditional lettuce (*Lactuca sativa* L.) and wild relatives: Vitamin C and anthocyanin content[J/OL]. *Food Chem*, 2021, **359**: 129864. doi: [10.1016/j.foodchem.2021.129864](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129864).
- [23] 刘娜. 齿果酸模主要营养成分分析及营养特性评价[D]. 郑州: 河南农业大学, 2011.
LIU Na. *Research on Nutrients and Nutritional Value Analysis in Rumex dentatua*[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2011.
- [24] 陈军, 姚成, 夏黎明, 等. 猫爪草中的脂肪酸及有机酸的 GC-MS 分析[J]. *光谱学与光谱分析*, 2006(8): 1550 – 1552.
CHEN Jun, YAO Cheng, XIA Liming, *et al.* Determination of fatty acids and organic acids in *Ranunculus ternatus* Thunb using GC-MS [J]. *Spectrosc Spectral Anal*, 2006(8): 1550 – 1552.

- [25] 吴永祥, 杨庆, 李林, 等. 豆腐柴叶挥发油化学成分及其抗氧化和抑菌作用研究[J]. 天然产物研究与开发, 2018, **30**(1): 45 – 51, 96.
WU Yongxiang, YANG Qing, LI Lin, *et al.* Chemical constituents, antioxidant and antimicrobial effects of volatile oil from *Premna microphylla* leaves [J]. *Nat Prod ResDev*, 2018, **30**(1): 45 – 51, 96.
- [26] HEPBURN F N, EXLER J, WERIHRAUCH J L. Provisional tables on the content of omega-3 fatty acids and other fat components of selected foods [J]. *J Am Diet Assoc*, 1986, **86**(6): 788 – 793.
- [27] 郑奎玲, 刘程程, 师仲, 等. 黔产 8 种野菜主要抗氧化成分比较分析[J]. 食品工业, 2013, **34**(8): 208 – 210.
ZHENG Kuiling, LIU Chengcheng, SHI Zhong, *et al.* Comparative analysis of antioxidants components of eight wild vegetables collected in Guizhou Province [J]. *Food Ind*, 2013, **34**(8): 208 – 210.
- [28] 周新华, 李军绍, 文昌午, 等. 夏枯草多糖和黄酮含量与主要环境因子的相关性及其优质种源筛选[J]. 华南农业大学学报, 2021, **42**(2): 96 – 101.
ZHOU Xinhua, LI Junshao, WEN Changwu, *et al.* Correlation of polysaccharide and flavonoids contents in *Prunella vulgaris*. L with main environmental factors and high-quality provenance screen [J]. *J South China Agric Univ*, 2021, **42**(2): 96 – 101.
- [29] 刘珊珊, 刘亚琼, 张琦, 等. 双酶提取蒲公英根多糖工艺优化及其抗氧化性研究[J]. 食品科学技术学报, 2019, **37**(6): 108 – 115.
LIU Shanshan, LIU Yaqiong, ZHANG Qi, *et al.* Optimization of synergistic enzymatic hydrolysis of polysaccharide extraction from dandelion root and study on its antioxidant activity [J]. *J Food Sci Technol*, 2019, **37**(6): 108 – 115.
- [30] 张志强, 梁魁景, 高小宽, 等. 超声波辅助法优化马齿苋多糖的提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2017, **38**(8): 41 – 45.
ZHANG Zhiqiang, LIANG Kuijing, GAO Xiaokuan, *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from *Portulaca oleracea* L. [J]. *Food Res Dev*, 2017, **38**(8): 41 – 45.
- [31] 陈凌, 贺伟强, 曹巧巧. 响应面法优化马齿苋多糖酶法提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2020, **41**(6): 79 – 84.
CHEN Ling, HE Weiqiang, CAO Qiaoqiao. Optimization of enzymatic extraction technology of polysaccharide from *Portulaca oleracea* by response surface methodology [J]. *Food Res Dev*, 2020, **41**(6): 79 – 84.
- [32] VEREMEICHIK G N, GRIGORCHUK V P, BUTOVETS E S, *et al.* Isoflavonoid biosynthesis in cultivated and wild soybeans grown in the field under adverse climate conditions[J/OL]. *Food Chem*, 2020, **342**(36): 128292 [2021-08-09]. doi: [10.1016/j.foodchem.2020.128292](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128292).
- [33] IYDA J H, FERNANDES, ÂNGELA, *et al.* Chemical composition and bioactive properties of the wild edible plant *Raphanus raphanistrum* L. [J]. *Food Res Int*, 2019, **121**: 714 – 722.
- [34] AWOUAFACK M D, TANE P, SPITELLER M, *et al.* Eriosema (Fabaceae) species represent a rich source of flavonoids with interesting pharmacological activities[J/OL]. *Nat Prod Commun*, 2015, **10**(7): 749 [2021-08-09]. doi: [10.3389/fphar.2021.64125.eCollection2021](https://doi.org/10.3389/fphar.2021.64125.eCollection2021).
- [35] MARENGO A, MAXIA A, SANNA C, *et al.* Characterization of four wild edible *Carduus* species from the mediterranean region via phytochemical and biomolecular analyses [J]. *Food Res Int*, 2017, **100**(1): 822 – 831.
- [36] 陈惠云, 花雪梅, 吴峰华, 等. 10 种野菜醇提取物活性成分及抗氧化活性研究[J]. 现代食品科技, 2017, **33**(6): 94 – 99.
CHEN Huiyun, HUA Xuemei, WU Fenghua, *et al.* Active components and antioxidant activity of the extracts of 10 wild vegetables [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2017, **33**(6): 94 – 99.
- [37] CHU Cheng, DU Yongmei, YU Xiuting, *et al.* Dynamics of antioxidant activities, metabolites, phenolic acids, flavonoids, and phenolic biosynthetic genes in germinating Chinese wild rice (*Zizania latifolia*) [J/OL]. *Food Chem*, 2020, **318**: 126483 [2021-08-09]. doi: [10.1016/j.foodchem.2020.126483](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126483).
- [38] DATTA S, SINHA B K, BHATTACHARJEE S, *et al.* Nutritional composition, mineral content, antioxidant activity and quantitative estimation of water soluble vitamins and phenolics by RP-HPLC in some lesser used wild edible plants [J/OL]. *Heliyon*, 2019, **5**(3): e01431 [2021-08-09]. doi: [10.1016/j.heliyon.2019.e01431](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01431).
- [39] GIAMBANELLI E, FILIPPO D L, ROMERO G R, *et al.* Identification and quantification of phenolic compounds in edible wild leafy vegetables by UHPLC-Orbitrap-MS [J]. *J Sci Food Agric*, 2017, **98**(3): 945 – 954.
- [40] 张瑞军, 张萍, 雅蓉, 等. 四川野生百合不同部位多酚与抗氧化活性的相关性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2021, **47**(2): 191 – 196.
ZHANG Ruijun, ZHANG Ping, YA Rong, *et al.* Correlation between polyphenols and antioxidant activity in different parts of wild *Lilium* in Sichuan [J]. *J Hunan Agric Univ Nat Sci*, 2021, **47**(2): 191 – 196.

- [41] MICELI N, CAVÒ E, RAGUSA M, *et al.* *Brassica incana* Ten. (Brassicaceae): phenolic constituents, antioxidant and cytotoxic properties of the leaf and flowering top extracts[J/OL]. *Molecules*, 2020, **25**(6): 1461[2021-08-09]. doi: [10.3390/molecules25061461](https://doi.org/10.3390/molecules25061461).
- [42] PEREIRA A G, FRAGA-CORRAL M, GARCIA-OLIVEIRAI P, *et al.* Culinary and nutritional value of edible wild plants from northern Spain rich in phenolic compounds with potential health benefits [J]. *Food Funct*, 2020, **11**(10): 8493 – 8515.
- [43] 杨二兰. 马齿苋中儿茶酚型四氢异喹啉类生物碱的合成及其抗哮喘和抗炎活性研究[D]. 济南: 山东大学, 2020.
YANG Erlan. *Research on Synthesis of Catecholic Tetrahydroisoquinolines from Protulaca oleracea and Their Anti-Asthmatic and Anti-Inflammatory Effects*[D]. Ji'nan: Shandong University, 2020.
- [44] WANG Meicheng, ZHANG Qiang, WANG Hao, *et al.* Characterization and NO inhibitory activities of chemical constituents from an edible plant *Petasites tatewakianus*[J/OL]. *J Agric Food Chem*, 2014, **62**(38): 9362[2021-08-09]. doi: [10.1021/jf5034224](https://doi.org/10.1021/jf5034224).
- [45] HAN Xiongze, MA Rui, CHEN Qi, *et al.* Anti-inflammatory action of *Athyrium multidentatum* extract suppresses the LPS-induced TLR4 signaling pathway [J]. *J Ethnopharm*, 2018, **217**: 220 – 227.
- [46] KAMAL U M, SHUKOR J A, SABIR H M, *et al.* Purslane weed (*Portulaca oleracea*): a prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes[J/OL]. *Sci World J*, 2014, **2014**: 951019[2021-08-09]. doi: [10.1155/2014/951019](https://doi.org/10.1155/2014/951019).
- [47] KYUNG A H, YU J H, DONG S P, *et al.* In vitro investigation of antioxidant and anti-apoptotic activities of Korean wild edible vegetable extracts and their correlation with apoptotic gene expression in HepG2 cells [J]. *Food Chem*, 2011, **125**(2): 483 – 487.
- [48] BRITO C, BERTOTI T, PRIMITIVO M J, *et al.* *Corema album* spp: edible wild crowberries with a high content in minerals and organic acids[J/OL]. *Food Chem*, 2020, **345**(4): 128732[2021-08-09]. doi: [10.1016/j.foodchem.2020.128732](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128732).
- [49] LI Xiaohong, HE Xiran, ZHOU Yanan, *et al.* *Taraxacum mongolicum* extract induced endoplasmic reticulum stress associated-apoptosis in triple-negative breast cancer cells [J]. *J Ethnopharm*, 2017, **206**: 55 – 64.
- [50] 孙玉敏. 蒲公英黄酮对人乳腺癌 MCF-7 细胞增殖和凋亡的影响[D]. 西宁: 青海大学, 2020.
SUN Yumin. *Effect of Dandelion Flavonoids on Proliferation and Apoptosis of Human Breast Cancer MCF-7 Cells and Related Mechanism*[D]. Xining: Qinghai University, 2020.
- [51] 朱坤, 丁米娜, 杨洋, 等. 蒲公英萜醇对人乳腺癌细胞 MCF-7 增殖及凋亡的影响[J]. *食品科学*, 2018, **39**(17): 140 – 144.
ZHU Kun, DING Mina, YANG Yang, *et al.* Effect of taraxerol on the proliferation and apoptosis of MCF-7 human breast cancer cells [J]. *Food Sci*, 2018, **39**(17): 140 – 144.
- [52] 司仙科, 杨佳华, 李炜, 等. 桔梗皂苷-D 对胃癌 BGC823 细胞增殖、侵袭及迁移能力的影响[J]. *中国临床药理学杂志*, 2019, **35**(12): 1275 – 1277.
SI Xianke, YANG Jiahua, LI Wei, *et al.* Effect of platycodin D on the proliferation, invasion and migration capacity of gastric cancer BGC823 cell [J]. *Chin J Clin Pharmacol*, 2019, **35**(12): 1275 – 1277.
- [53] 王成. 桔梗总多糖对 CCCP 诱导猪肺泡巨噬细胞凋亡的保护作用[D]. 泰安: 山东农业大学, 2019.
WANG Cheng. *Protective Effects of Total Platycodon Grandiflorum Polysaccharide against Apoptosis Induced by CCCP in Porcine Alveolar Macrophages Cells*[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2019.
- [54] 郝经文, 陈林霖, 司华阳, 等. 蕨菜多糖超声波辅助提取及其药理活性初步研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2019, **31**(6): 957 – 963,1000.
HAO Jingwen, CHEN Linlin, SHI Huayang, *et al.* Ultrasonic-assisted extraction and determination of polysaccharide in *Pteridium aquilinum* and preliminary study of pharmacological activities [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2019, **31**(6): 957 – 963,1000.
- [55] BILUSIC T, ŠOLA I, RUSAK G, *et al.* Antiproliferative and pro-apoptotic activities of wild asparagus (*Asparagus acutifolius* L.), black bryony (*Tamus communis* L.) and butcher's broom (*Ruscus aculeatus* L.) aqueous extracts against T24 and A549 cancer cell lines[J/OL]. *J Food Biochem*, 2019, **43**(4): 12781[2021-08-09]. doi: [10.1111/jfbc.12781](https://doi.org/10.1111/jfbc.12781).
- [56] OLIVEIRA I, NUNE A, LIMA A, *et al.* New lectins from mediterranean flora. activity against HT29 colon cancer cells[J/OL]. *Int J Mol Sci*, 2019, **20**(12): 3059[2021-08-09]. doi: [10.1016/j.foodchem.2020.128732](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128732).

- [57] ABU L S, RAYAN B, KADAN S, *et al.* Anticancer activity and phytochemical composition of wild *Gundelia tournefortii* [J]. *Oncol Lett*, 2019, **17**(1): 713 – 717.
- [58] ALEKSANDAR P, DRAGANA M Ć, NEBOJSA J, *et al.* Wild edible onions-*Allium flavum* and *Allium carinatum*-successfully prevent adverse effects of chemotherapeutic drug doxorubicin [J]. *Biomed Pharmacother*, 2019, **109**: 2482 – 2491.
- [59] XIA Daozong, YU Xinfen, ZHU Zhuoying, *et al.* Antioxidant and antibacterial activity of six edible wild plants (*Sonchus* spp.) in China [J]. *Nat Prod Res*, 2011, **25**(20): 1893 – 1901.
- [60] JOSHI A, PRASAD S K, JOSHI V K, *et al.* Phytochemical standardization, antioxidant, and antibacterial evaluations of *Leea macrophylla*: a wild edible plant [J]. *J Food Drug Anal*, 2016, **24**(2): 324 – 331.
- [61] PETROPOULOS S A, FERNANDES A, TZORTZAKIS N, *et al.* Bioactive compounds content and antimicrobial activities of wild edible Asteraceae species of the Mediterranean flora under commercial cultivation conditions [J]. *Food Res Int*, 2019, **119**: 859 – 868.
- [62] 高宁. 老山芹黄酮的提取、活性分析及调理馅料的研制[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
GAO Ning. *Extraction and Activity Analysis of Flavonoids from Heracleum dissectum and Developed of Prepared Fillings*[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2019.
- [63] LEE Y R, YEH S F, RUAN X M, *et al.* Honeysuckle aqueous extract and induced let-7a suppress dengue virus type 2 replication and pathogenesis [J]. *J Ethnopharm*, 2017, **198**: 109 – 121.
- [64] LIU Mingzhu, YU Qing, YI Yi , *et al.* Antiviral activities of *Lonicera japonica* Thunb. components against grouper iridovirus in vitro and in vivo[J/OL]. *Aquaculture*, 2019, **519**: 734882[2021-08-09]. doi: [10.1016/j.aquaculture.2019.734882](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734882).
- [65] 刘苗苗, 崔清华, 范路路, 等. 鱼腥草多糖的制备及其体外抗病毒活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2020, **32**(1): 110 – 117.
LIU Miaomiao, CUI Qinghua, FAN Lulu, *et al.* Preparation of *Houttuynia cordata* polysaccharide and its antiviral activity in vitro [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2020, **32**(1): 110 – 117.
- [66] SONG Wei, SI Longlong, JI Shuai, *et al.* Uralosaponins M-Y, antiviral triterpenoid aaponins from the roots of *Glycyrrhiza uralensis* [J]. *J Nat Prod*, 2014, **77**(7): 1632 – 1643.
- [67] YOU H L, CHEN C J, ENG H L, *et al.* The effectiveness and mechanism of *Toona sinensis* extract inhibit attachment of pandemic influenza A (H1N1) virus[J/OL]. *Evidence-Based Complementray Alternative Med*, 2013, **2013**(14): 479718[2021-08-09]. doi: [10.1155/2013/479718](https://doi.org/10.1155/2013/479718).
- [68] RAMADAN B K, SCHAALAN M F, TOLBA A M. Hypoglycemic and pancreatic protective effects of *Portulaca oleracea* extract in alloxan induced diabetic rats[J/OL]. *BMC Complementary Alternative Med*, 2017, **17**(1): 37[2021-08-09]. doi: [10.1186/s12906-016-1530-1](https://doi.org/10.1186/s12906-016-1530-1).
- [69] ZHAO Xiaona, WANG Yuge, YAN Peng, *et al.* Effects of polysaccharides from *Platycodon grandiflorum* on immunity-enhancing activity in vitro[J/OL]. *Molecules*, 2017, **22**(11): 1918[2021-08-09]. doi: [10.3390/molecules22111918](https://doi.org/10.3390/molecules22111918).
- [70] 张睿. 南京郊区 4 种野菜的营养成分及重金属分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2016.
ZHANG Rui. *Analysis of Compositions and Heavy Metals of Four Wild Vegetables in Nanjing Suburb*[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2016.
- [71] BORDOLO M, BORDOLOI P K, DUTTA P P, *et al.* Studies on some edible herbs: antioxidant activity, phenolic content, mineral content and antifungal properties [J]. *J Func Foods*, 2016, **23**: 220 – 229.
- [72] MATEOS M L, CHAVEZ S J L, VERA G A M, *et al.* Edible leafy plants from Mexico as sources of antioxidant compounds, and their nutritional, nutraceutical and antimicrobial potential: a review[J/OL]. *Antioxidants*, 2020, **9**(6): 541[2021-08-09]. doi: [10.3390/antiox9060541](https://doi.org/10.3390/antiox9060541).
- [73] SANTIAGO S Y O, HERNANDEZ F A D, REBECA M T, *et al.* Physicochemical, nutritional and antioxidant characterization of three vegetables (*Amaranthus hybridus* L. *Chenopodium berlandieri* L. *Portulaca oleracea* L.) as potential sources of phytochemicals and bioactive compounds [J]. *J Food Meas Charact*, 2018, **12**: 2855 – 2864.
- [74] IYDA J H, FERNANDES Â, CALHELHA RC, *et al.* Nutritional composition and bioactivity of *Umbilicus rupestris* (Salisb.) Dandy: an underexploited edible wild plant [J]. *Food Chem*, 2019, **295**: 341 – 349.