

水芹的化学成分、药理活性及其功能性食品研究进展

欧开翔, 谷荣辉

Research Progress of Chemical Compounds, Pharmacological Effects and Functional Food of *Oenanthe javanica*

OU Kaixiang and GU Ronghui

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020120108>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

刺五加的化学成分及药理活性研究进展

Research Progress on Chemical Constituents and Pharmacological Activities of *Acanthopanax senticosus*

食品工业科技. 2019, 40(23): 353-360

平菇化学成分及药理活性研究进展

Research Progress of Chemical Constituents and Pharmacological Activities of *Pleurotus ostreatus*

食品工业科技. 2019, 40(13): 304-309

两种蜡梅属药食兼用茶化学成分及药理活性研究进展

Research Advances on Chemical Constituents and Their Pharmacological Activities of Two Kinds of Medicinal and Edible Tea from *Chimonanthus* Lindl

食品工业科技. 2021, 42(16): 429-437

百香果化学成分及药理活性研究进展

Research Progress on Chemical Constituents and Pharmacological Effects of *Passiflora edulis* Sims

食品工业科技. 2018, 39(20): 343-347

紫花苜蓿化学成分及其生物活性研究进展

Research progress on chemical composition and biological activities of *Medicago sativa* L.

食品工业科技. 2018, 39(11): 344-352

燕麦化学成分及其生物活性研究进展

Research Progress on Chemical Constituents and Biological Activities of Oats

食品工业科技. 2020, 41(11): 353-362,368



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

欧开翔, 谷荣辉. 水芹的化学成分、药理活性及其功能性食品研究进展 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(1): 435-444. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120108

OU Kaixiang, GU Ronghui. Research Progress of Chemical Compounds, Pharmacological Effects and Functional Food of *Oenanthe javanica*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(1): 435-444. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120108

水芹的化学成分、药理活性及其功能性食品研究进展

欧开翔, 谷荣辉*

(贵州大学酿酒与食品工程学院, 贵州贵阳 550025)

摘要: 健康、自然、营养的饮食方式已成为现代人的生活追求之一。水芹作为一种既可食用又可药用的植物, 含有大量蛋白质、维生素、矿物质等营养成分, 其茎叶被作为传统蔬菜食用, 水芹还含有丰富的黄酮、酚酸、挥发油等活性成分, 其全草具有降血压、降血糖、抗炎等药用价值, 现今具有降血糖、降血压等功效的水芹保健食品也逐步得到开发, 这种重要的食药资源具有广阔的应用前景。基于此, 本文通过搜索中国知网及 Web of Science 中近年相关水芹的文献, 对水芹的化学成分、药理活性及其在食品应用方面的研究进行系统的综述和总结, 提出水芹食品应用存在的不足以及未来探索的方向, 以期加深人们对水芹食用和保健功效的认识、促进对其进一步的研究和开发利用、助推水芹在食品产业中的发展。

关键词: 水芹, 化学成分, 药理活性, 功能性食品应用

中图分类号: TS210.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)01-0435-10

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120108



本文网刊:

Research Progress of Chemical Compounds, Pharmacological Effects and Functional Food of *Oenanthe javanica*

OU Kaixiang, GU Ronghui*

(College of Liquor and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Nowadays, more and more people pursuing the life with health, nature and nutrition in diet. *Oenanthe javanica*, as a kind of vegetable and medicine, contains a lot of nutritional ingredients including protein, vitamins, and minerals. The aerial part of this plant was edible as traditional vegetables. Moreover, *O. javanica* has been reported to reduce blood press, hypoglycemic and other medicinal values, attributing to its rich content of flavonoids, phenolic acids, and volatile oil. Currently, some related functional food from this plant have been developed as well. To sum up, *O. javanica* is a prospect resource to food fields. Herein, the research on chemical components, pharmacological activity and functional food application of this species have been reviewed and summarized through searching the related literatures in recent years from CNKI and Web of Science. Furtherly, the shortcomings and future efforts of *O. javanica* utilization as food have also put forward. This paper expect to deepen the knowledge of edible and health effects, promote the further research and application, and boost the development of this plant resource in the food industry.

Key words: *Oenanthe javanica*; chemical compounds; pharmacological effects; functional food application

水芹(*Oenanthe javanica* (Blume) DC), 别名野芹、楚葵等, 是伞形科水芹属(*Oenanthe*)的多年生草本植物。其性辛、凉, 主治黄疸、脉溢、驱风、消渴^[1-2]。

随着生活水平的提高, 人们的消费理念已逐渐向健康、绿色的方向转变, 水芹作为一种药食两用的植物, 不仅富含蛋白质、氨基酸、维生素以及钙、磷、铁

收稿日期: 2020-12-14

基金项目: 国家大学生创新创业训练计划项目(202010657010); 贵州省科学技术基础研究计划项目(黔科合基础-ZK[2021]一般 085); 贵州大学培育项目(贵大培育[2019]39号)。

作者简介: 欧开翔(1998-), 男, 本科, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: 794184501@qq.com。

* 通信作者: 谷荣辉(1987-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 药食两用资源的评价与利用, E-mail: rhgu@gzu.edu.cn。

等营养成分,而且含有黄酮、酚酸、挥发油等生物活性成分,已经成为一种公认的保健蔬菜,深受消费者的喜爱^[1]。近年来,学者们不但在水芹化学成分和药理活性方面的研究日渐深入,而且在其功能性食品应用和开发利用方面也有深入研究。因此,本文将对水芹的化学成分、药理活性以及食品应用方面的研究进行系统的综述和展望,以期加深人们对水芹食用和药用价值的认识、促进对其进一步的研究和开发利用、助推水芹在食品产业中的发展。

1 化学成分

水芹以其茎叶食用,是我国传统特色水生蔬菜^[3],其化学成分已成为消费者和科研工作者关注的重点之一。据国内外近年对水芹化学成分研究的报道可知,该植物不仅含有丰富的营养成分,主要为蛋白质、维生素、矿物质等;而且还含有重要的功能性物质,主要包括挥发油、黄酮、苯丙素类等。

1.1 主要营养成分

1.1.1 蛋白质 水芹中含有大量的蛋白质,其作为蔬菜资源可为人体增加蛋白质来源。据报道,水芹的粗蛋白含量高达 1.91%^[4],其中野生水芹叶中含蛋白质 30.68 mg/g、叶柄中蛋白质稍低为 17.27 mg/g^[5]。水芹在贵州地区分布广泛,有学者研究发现采自毕节市城外的野生水芹含有的蛋白质(26 mg/g)高于市场所售旱芹的蛋白质(15 mg/g)^[6];采自贵阳市郊区的野生水芹中粗蛋白可占植株鲜重的 0.95%^[7]。以上研究表明,虽然采自不同地区水芹的蛋白质含量存在差异,但总体来看水芹含有的蛋白质丰富,大约可占到 1%~2%,含量约在 25~30 mg/g。此外,作为蛋白质基本组成单元的氨基酸,在水芹中含量也非常丰富。据报道,水芹叶中氨基酸含量达 69.39 mg/g,茎中含有 18.82 mg/g;并且氨基酸种类达 15 种,包括 6 种人体必需氨基酸(苏氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸和赖氨酸),必需氨基酸分别占叶和茎总氨基酸的 41.19% 和 25.65%^[8]。

1.1.2 维生素 水芹中除了含丰富的蛋白质和氨基酸外,其维生素含量也很丰富,特别是维生素 C(V_C),如有报道发现峨眉山的野生水芹中 V_C 含量可高达 180.00 mg/100 g^[9]。近年来,比较水芹与其他植物营养成分的研究较多,林春华等^[4]比较了包括水芹在内的 3 种野生蔬菜与常食菜心的营养成分,发现水芹的 V_C 含量达 81.00 mg/100 g。通过比较水芹和旱芹发现,野生水芹整株平均 V_C 含量比旱芹高,特别是叶片中 V_C 含量为 19.00 mg/100 g,比旱芹叶高 137.50%^[5]。在比较 4 种芹菜成分的研究中,发现水芹中 V_C 的含量(10.55 mg/100 g)均高于旱芹、西芹和白芹中 V_C 的含量^[3]。比较黔产的 9 种野菜营养成分发现采自贵阳市郊的野生水芹 V_C 含量为 7.90 mg/100 g^[7]。此外,水芹中还含有水溶性的 B 族维生素(VB_1 和 VB_2)、脂溶性维生素(V_A 和 V_E)、烟酸(维生素 PP)、以及可以转化为 V_A 的胡萝卜素。

据报道,水芹维生素中的 V_A (5.36 mg/100 g)和 V_C (5.00 mg/100 g)含量最高, VB_1 (0.36 mg/100 g)、 VB_2 (0.09 mg/100 g)、 V_E (0.32 mg/100 g)和胡萝卜素(0.38 mg/g)的含量均比旱芹分别高出 91.67%、55.56%、34.38%、76.32%,可见水芹也是一种优质的天然 VB_1 、 VB_2 、 V_E 和胡萝卜素来源^[6]。

1.1.3 矿质营养 到目前为止,水芹中已经报道的矿质营养有 10 种,分别为 Ca、P、Fe、Zn、Mg、K、Na、Mn、Se 和 Cu^[4,6]。Ca 是人体内含量最高的无机元素,对维持骨骼健康、神经与肌肉活动、体液平衡等均有极为重要的作用,但 Ca 是人体最易缺乏的营养物质之一。水芹中的 Ca 是其已报道矿物质中含量最高的元素,高达 152~215 mg/100 g,该含量高于很多常食蔬菜,因此水芹可作为一种天然钙源^[4,6,10]。Fe 是人体含量最高的一种必需微量元素,不仅参与组成血红蛋白、细胞色素 A、呼吸酶等,而且参与体内氧的转运和组织呼吸过程,但 Fe 也是人体最易缺乏的又一营养物质。水芹中 Fe 的含量也很丰富(5.48~6.90 mg/100 g)^[4,6,10],其比旱芹中的 Fe 含量高 70%^[6],超过常食蔬菜菜心中 Fe 的含量^[4]以及包括黄瓜、菠菜、青椒等在内的 10 种常见蔬菜中 Fe 的含量^[9]。此外,Zn、Se、Mg 等元素也是人体内必不可少的矿质营养,水芹中富含这些元素,可为人体重要矿质营养的天然来源。

1.2 主要功能性成分

1.2.1 挥发油 水芹气味独特,吸引了较多学者对其挥发性成分的关注。近年来,水芹挥发油成分的研究已成为该植物化学成分研究的热点。水芹挥发油的研究多以水蒸气蒸馏法提取干燥全草而获得挥发油,然后以 GC-MS 进行成分鉴定;也有研究分析不同部位新鲜样品中的挥发性成分,如新鲜叶、茎、叶柄等(见表 1)。研究表明,水芹中含有多种挥发油成分,通常是一些小分子萜烯类化合物和有机酸酯类化合物。从表 1 中主要挥发性成分可知,石竹烯、水芹烯、 β -蒎烯、大根香叶烯 D 在水芹挥发油中具有较高含量,是挥发油主要成分。表 1 对近年来水芹挥发油成分的研究做了大体概括,包括鉴定的挥发性成分数量、主要成分及其含量(>5%)、提取部位、提取方法、提取率、产地和文献来源等,可以了解水芹挥发油成分提供更直观的认识。

水芹的挥发油研究存在两个明显特点:(1)不同地区来源水芹中的挥发油成分组成及含量存在较大差异,比如王虹等^[17]研究湖南 8 个不同产地水芹的挥发油,郴州产水芹挥发油提取率最高(0.56%),从中鉴定 27 个挥发性成分,以 α -芹子烯(17.99%)、6,10-二甲基-2-十一烷酮(15.17%)和叔戊酸(11.52%)的含量居高;而怀化产水芹挥发油产率最低(0.39%),从中鉴定 23 个挥发性成分,以 α -芹子烯(12.01%)、1-十八烯(15.17%)、丙酸乙酯(7.28%)等的含量高。(2)相同地区样品不同部位挥发油成分也存

表 1 水芹挥发油中的主要成分

Table 1 Main chemical composition of the volatile oil from *Oenanthe javanica*

序号	鉴定数	主要成分(% ,含量>5%)	提取部位	提取方法	产率	产地	参考文献
1	23	芹菜脑(15.30);大根香叶烯D(8.81)	—	水蒸气蒸馏法	—	—	裴刚 ^[11]
2	16	苯氧乙酸烯丙酯(80.17);桉叶-4(14),11-二烯(6.83)	干燥全草	水蒸气蒸馏法	0.53%	云南大理	张兰胜 ^[12]
3	45	1-甲基-2-(1-甲基)苯(32.11); β -蒎烯(11.54);(E)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯(11.07);1-甲基-4-(1-甲基)-1,4-环己二烯(7.70)	鲜茎	水蒸气蒸馏法	—	湖南岳阳	徐中海 ^[13]
36		[1S-(1,2,4)]-1-甲基-1-乙炔基-2,4-双(1-甲基乙炔基)环己烷(10.18);吉玛烯D(大根香叶烯D,9.84);1-甲基-4-(1-甲基)苯(7.50);丁香烯(7.32);(E)-7,11-二甲基-3-亚甲基-1,6,10-十二碳三烯(7.00);(1,2,5)-2,6,6-三甲基二环[3.1.1]庚烷(5.80);(Z,E)-3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳四烯(5.59); α -金合欢烯(5.59)	鲜叶				
4	26	β -水芹烯(24.78); β -蒎烯(14.50); β -罗勒烯(9.89); γ -蒎品烯(7.85);4,11,11-三甲基-8-亚甲基双环[7.2.0]十一碳-4-烯(7.14);间-聚伞花素(5.24)	干燥根	水蒸气蒸馏法	0.85%	湖南长沙	刘朝晖 ^[14]
5	15	石竹烯(20.46);杜松烯(14.46);杜松烯(14.46); β -甜没药烯(11.77); α -异松油烯(7.05); γ -松油烯(6.85); β -法呢烯(6.21); α -Amorphene(5.38)	干燥全草	水蒸气蒸馏法	0.2%	韩国顺天	LEE等 ^[15]
6	18	α -芹子烯(15.00);2-(1-甲基)-1,2,3,4,4 α ,5,6,8 α -八氢萘(11.91);6,10-二甲基-2-十一烷酮(10.66);香橙烯(9.92);大根香叶烯D(8.39);2-正丁基-6-甲基-[1,3]二氢己环-4-硫酮(7.87);2-乙氧基异丙醚(6.65)	干燥全草	水蒸气蒸馏法	0.39%~0.56%之间	湖南常德	王虹 ^[16]
23		α -芹子烯(27.74);朱栾倍半萜(8.80);紫苏醇(6.20);大根香叶烯D(6.06)			0.39%~0.56%之间	湖南株洲	
23		α -芹子烯(12.01);1-十八炔(10.85);丙酸乙酯(7.24);里那醇(5.95);乙酸正丙酯(5.67);大根香叶烯D(5.32);6,10-二甲基-2-十一烷酮(5.05)			0.39%	湖南怀化	
24		新植二烯(25.80);6,10-二甲基-2-十一烷酮(7.48);叶绿醇(6.82);2,2-二甲基丙酸(6.58); α -芹子烯(6.01)			0.39%~0.56%之间	湖南长沙	
19		2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环(29.63);羟基丁酮(19.27);甲基丙烯酸甲酯(10.31); α -芹子烯(8.37);6,10-二甲基-2-十一烷酮(6.65);			0.39%~0.56%之间	湖南邵阳	
19		Dinopol(20.04);丙酸乙酯(13.72);叶绿醇(9.66);1-十八炔(6.79); α -芹子烯(7.57);6,10-二甲基-2-十一烷酮(10.36);			0.39%~0.56%之间	湖南永州	
23		丙醚(12.57);乙酸正丙酯(9.68);正辛醛(8.89);紫罗兰酮(5.83)			0.39%~0.56%之间	湖南张家界	
27		α -芹子烯(17.99);6,10-二甲基-2-十一烷酮(15.17);叔戊酸(11.52)			0.56%	湖南郴州	
7	20	γ -松油烯(18.43);石竹烯(14.80); α -水芹烯(14.06); β -蒎烯(12.92); γ -榄香烯(12.81);	鲜茎	固相微萃取	—	江苏扬州	李瑞 ^[17]
18		β -蒎烯(15.71);石竹烯(11.38); β -水芹烯(11.05); α -法呢烯(11.02); γ -松油烯(9.81);4-萜烯(5.97);	鲜叶片				
19		香柠檬烯(16.52); γ -松油烯(15.35); β -水芹烯(8.58); α -水芹烯(8.22); β -蒎烯(8.22);(E)- β -法呢烯(6.78);石竹烯(5.79)	鲜叶柄				

注:—:表示参考文献中未提及。

在差异,如李瑞等^[17]分析水芹鲜叶、叶柄和茎的挥发性成分,发现茎中鉴定的成分种类及含量均多于叶片和叶柄;茎中含量最高的成分为 γ -松油烯(18.43%),而叶和叶柄中含量最高的成分分别为 β -蒎烯(15.71%)和香柠檬烯(16.52%)(见表1)。

1.2.2 黄酮类 水芹中黄酮类化合物的含量较高,是其药用功能的重要活性物质^[18-19]。近年来对水芹黄酮类成分的分析研究表明,水芹黄酮类化合物主要有山柰酚、木犀草素、水蓼素、槲皮素及其糖苷、芹菜素及其糖苷^[20-22]。HYUN等^[23]从水芹水上部分的甲醇提取物中分离鉴定了异鼠李素和水蓼素(1)。陈况况等^[19]采用高效液相色谱法(HPLC)分析了水芹的黄酮成分,结果表明水芹黄酮主要含芦丁(2)、槲皮素-3-O-葡萄糖苷(3)、槲皮素(4)和山柰酚(5)。唐明明^[24]研究了水芹水提物的化学成分,利用

液相色谱-串联质谱法(LC-MS/MS)分析鉴定出槲皮素、芦丁、金丝桃苷(6)、山柰酚-3-O-芸香糖苷(7)、紫云英苷(8)、异鼠李素(9)、异鼠李素-3-O-新橙皮糖苷(10)、水仙苷(11)、木犀草苷(12)及芹菜素(13) 10个黄酮,这些黄酮类化合物的结构式见图1。

1.3 苯丙素类

此外,水芹中还报道了苯丙素类成分,该类物质具有多种生物活性,在临床中应用广泛。张俭等^[25]从水芹全草70%乙醇提取物中首次分离鉴定了6种苯丙素类化合物:异欧前胡素(14)、欧前胡素(15)、二氢欧山芹素(16)、东莨菪素(17)、8-甲氧基-5-羟基补骨脂素(18)、6,7-二羟基香豆素(19),这些苯丙素类化合物的结构式见图2。

2 药理作用

水芹作为一种药食兼用资源,口服无毒副反应,

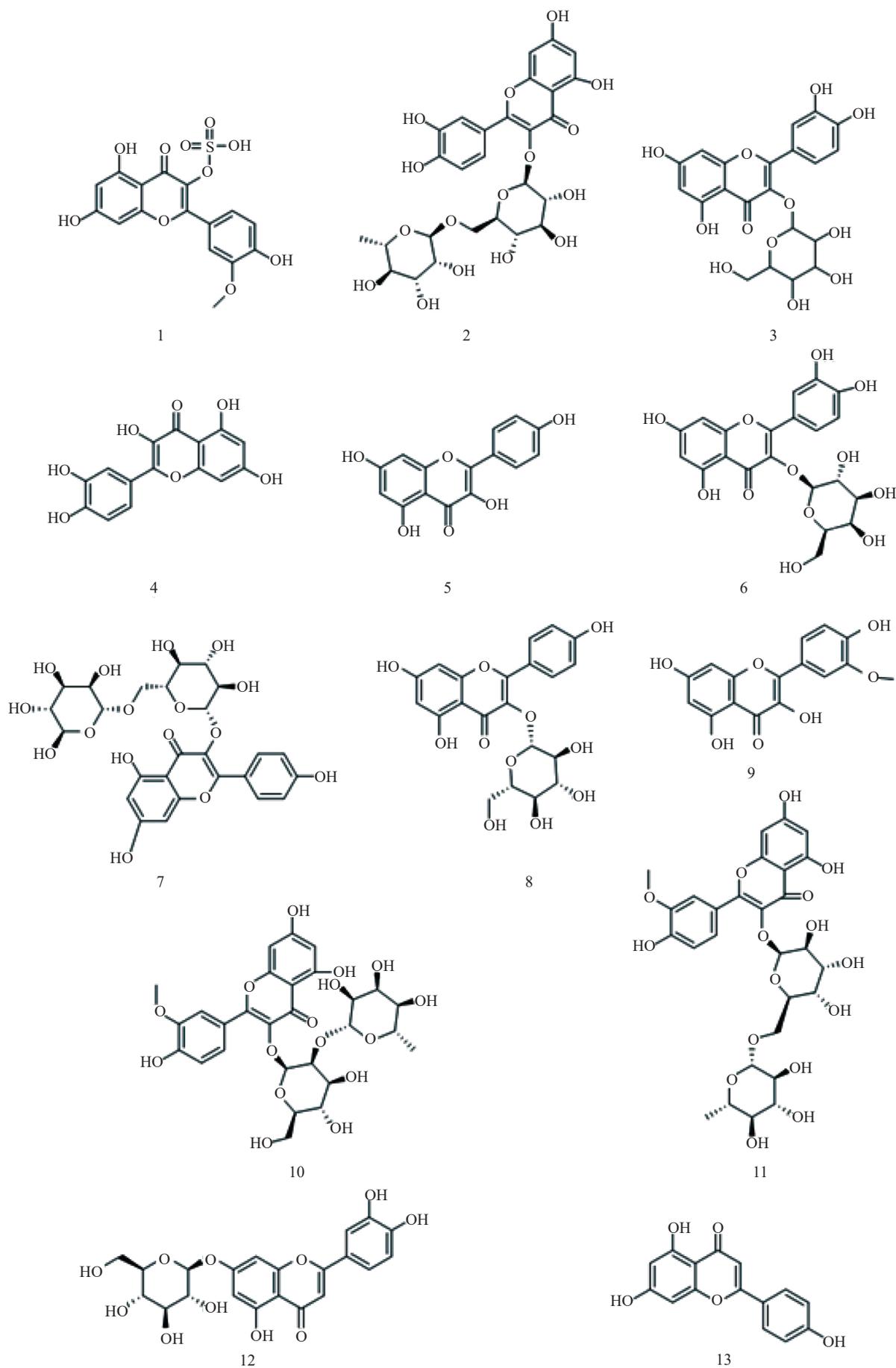


图1 水芹中主要的黄酮类化合物

Fig.1 The main flavonoids from *Oenanthe javanica*

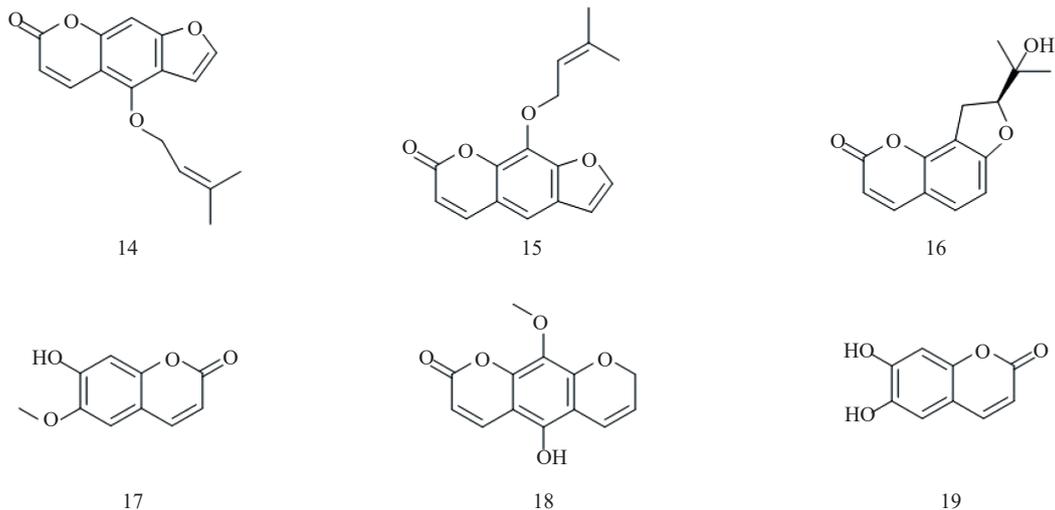


图 2 水芹中的苯丙素类化合物

Fig.2 The main phenylpropanoids from *Oenanthe javanica*

动物长毒实验未见中毒靶器官,长期服用较安全^[2]。经考证,历代本草文献中所载水芹正品为水芹 *O. javanica* (Blume) DC,其功效多、主治范围广^[26]。从 1996 年出现报道其具有降血糖作用,到 2009 年相继发现其具有抗病毒的药理作用,再到近几年的研究表明,水芹提取物和单体成分还具有抗疲劳、肝损伤保护、抗炎、抗氧化以及保护神经元、改善记忆力、镇静催眠、保护皮肤等药理作用。水芹不断表现出具有极高药用价值的潜能,值得更深入的研究和发掘。

2.1 降血糖

1996 年首次报道水芹水提物对小鼠具有降血糖作用^[27],但机制尚未清楚;时隔三年,该研究者发现水芹中的黄酮类物质能降低小鼠体内四氧嘧啶所致的高血糖,通过促进胰岛素的释放,从而达到降低血糖和甘油三酯的作用^[28]。还有研究发现水芹醇提物也具有一定的降血糖作用^[29],但具体降糖作用的物质未确定。LEE 等^[30]的研究表明水芹中的蓼黄素表现有降血糖的功效,在口服蓼黄素的情况下,小鼠体内的血糖水平会明显降低;同时在高血糖条件下,蓼黄素可通过减轻氧化应激和炎症反应来保护肝脏免受损伤,为研究糖尿病治疗药物提供了有力条件。几年来,国内外学者对水芹治疗糖尿病的热度和关注度逐渐升高。研究者再次证实了从水芹中分离得到的黄酮类化合物对治疗糖尿病有积极作用^[31]。此外,石芳芳^[32]的研究发现,水芹水提物对糖尿病小鼠具有降低血糖的功效,能够改善糖尿病小鼠的患病症状,但机制尚未清晰,还值得深入研究,以期能早日将水芹用于治疗糖尿病的临床研究。

2.2 抗病毒及增强免疫功能

水芹总酚酸对免疫功能有较好的调节作用,国内外研究对该作用进了较多报道。研究者利用雏鸭模型开展水芹总酚酸的体内抗乙型肝炎病毒(HBV)研究,结果发现水芹总酚酸能够显著抑制 HBV 的 DNA

复制,同时表现出较强的肝细胞保护功能^[33]。进一步的体外 Hep AD38 细胞毒性实验表明:水芹总酚酸在体外同样具有抗 HBV 作用,而且其作用机制在于该物质抑制了 HBV 的 DNA 聚合酶活性^[34]。除了抗 HBV 作用以外,水芹总酚酸的其他药理活性也相继被报道,包括促进 T 淋巴细胞增殖而增强机体免疫功能的活性^[35]、抑制人类免疫缺陷病毒(HIV)的逆转录酶活性^[36]、抗白血病病毒而改善机体免疫抑制的作用等^[37]。此外,刘哲慧等^[38]研究报道水芹黄酮也具有增强免疫功能的作用,但具体作用机制和免疫活性功效因子暂未明确。综上,水芹在抗病毒、增强免疫方面具有重要的开发潜力,值得继续深入研究,从而为开发水芹防治相关病毒以及增强机体免疫的药物和功能性食品奠定基础。

2.3 抗疲劳

慢性疲劳是 21 世纪人们普遍处于的一种亚健康状态,而水芹所具备的良好抗疲劳功效,使其成为了开发抗疲劳类保健食品的潜在来源。研究者通过对疲劳模型小鼠灌胃不同剂量的水芹提取物开展实验,发现该提取物能够明显延长小鼠的力竭时间,表现出抗疲劳作用,并且推测抗疲劳的机制在于增加乳酸脱氢酶活性、增加肝糖原储备及调节氧化应激反应^[39]。进一步研究水芹提取物对应激致小鼠慢性疲劳综合征的影响,结果发现经水芹提取物可以上调下丘脑-垂体-肾上腺轴的功能以及改善外周疲劳,同时下调中枢神经递质水平,进而明显地减缓小鼠疲劳^[40-41]。此外,还有研究表明水芹总酚酸具有较好的抗运动性疲劳作用^[42],水芹醇提物溶液灌胃后的小鼠负重游泳、爬杆及悬挂时间均显著增长^[43],这些研究均表明水芹具有显著的抗疲劳作用。可见,水芹表现出的良好抗疲劳作用,为其向抗运动性疲劳功能性食品方向发展提供了科学依据。

2.4 抗肝损伤

水芹在保肝方面研究报道较多^[41],国外有研究

表明水芹醇提取物对乙酰氨基酚所致的肝损伤具有保护作用^[44],国内也相继报道了水芹总酚酸的肝损伤保护作用^[45]。有学者利用80%乙醇的水芹提取物处理H₂O₂致氧化损伤的HepG2肝癌细胞,发现该细胞的存活率明显提高,指出水芹醇提取物强烈的保肝作用,且咖啡酸是主要活性物质^[20]。近年有研究表明水芹中的水蓼素可以通过减缓高血糖环境下的氧化应激和炎症反应,从而有效地保护糖尿病引发的肝损伤^[46]。LEE等^[47]对小鼠饲喂不同物质(包括水芹提取物),发现水芹提取物可以明显增加小鼠肝细胞中的SOD、CAT和GPX的表达,研究表明水芹提取物能够增强抗氧化能力而保护肝损伤。此外,GUO等^[48]通过研究指出水芹总酚对肝损伤具有较好的保护作用,徐璐等^[49]建立小鼠急性酒精性肝损伤模型进行实验,实验结果表明水芹黄酮也具有较好的肝保护作用。水芹抗肝损伤、保肝护肝的报道不断涌现,这些研究报告为开发水芹改善肝功能类的功能性食品提供了科学依据,为保肝类功能性食品的开发提供新的方向和见解。

2.5 抗炎

水芹的抗炎作用也常见报道。JANG等^[50]探讨了水芹醇提取物的抗炎作用,发现其能够有效地降低促炎症细胞因子的产生,从而显示出较强的抗炎药理活性。HA等^[51]的研究也证实了水芹的醇提取物具有抗炎作用。此外,水芹中发挥抗炎作用的具体化合物及作用机理也有相关报道,有研究发现从水芹中分离出的水蓼素可通过上调NADPH氧化酶来改变炎症因子的表达,从而产生抗炎作用^[46],水芹中的异鼠李素和金丝桃苷也能够有效地抑制促炎症细胞因子的表达,显示出其较好的抗炎活性^[52],近年来,更有研究发现,水芹中的异鼠李素能够治疗神经炎症方面的疾病^[53],水芹所具有的抗炎活性得到进一步证实,这为水芹用于生产抗炎功能性食品奠定了基础和方向^[54]。

2.6 其他

水芹还在保护神经元、促进细胞增殖、提高记忆力、调节代谢、降脂、降胆固醇以及镇静催眠和降尿酸方面等发挥作用。

据报道,利用水芹醇提取物饲喂的小鼠,其免疫活性明显增强、神经母细胞数量出现明显增多的现象^[55],进一步从水芹中分离出的水蓼素能够降低大鼠皮层细胞Ca²⁺,抑制NO和过氧化物的过度产生,从而保护神经元^[56];WON等^[57]以阿尔茨海默病小鼠模型研究水芹醇提取物对小鼠的影响,结果发现水芹醇提取物能有效抑制乙酰胆碱酯酶的活性,改善小鼠记忆,该研究为开发水芹防治老年痴呆类功能保健食品提供了可能性。此外,研究表明食用水芹能有效调节机体代谢、增强体质的作用^[58],如用水芹粉末对高脂、高胆固醇的小鼠进行实验,发现食用了水芹的小鼠体内脂肪和胆固醇能够显著降低^[59];饲喂水芹提取物可以明显延长注射河豚毒小鼠的存活时间^[60];水芹乙酸

乙酯提取物能显著提高小鼠脑内5-羟色胺(5-hydroxytryptamine, 5-HT)的水平,明显地增加小鼠的入睡率并延长了其睡眠时间^[61];水芹醇提取物能够明显降低高尿酸血症的大鼠模型的血清尿酸水平^[62]。YOUNG等^[63]研究了水芹提取物对户外紫外线(UVB)诱导的ICR小鼠皮肤损伤的保护作用,暴露于紫外线的小鼠经水芹提取物处理后,紫外线诱导的血管外膜损失得到明显改善。以上这些研究为水芹的多功效多用途功能性食品开发提供了研究依据,有利于促进改善神经、调节代谢、增强身体机能等水芹功能性食品的研发。

3 水芹功能性食品的加工应用

水芹是苏南地区传统食物“水八仙”中的一种,诗经“思乐泮水,薄采其芹”,《吕氏春秋》中称“云梦之芹”是菜中上品,不难看出,几千年前古人就对它情有独钟。如今,水芹的食用价值和药用价值不断被发掘,在功能性食品加工方面具有极大潜力。

3.1 降血糖类食品

水芹已被报道具有良好的降血糖作用,在功能性食品加工方面研究开发较广。利用水芹降血糖作用,将水芹添加入饼干中,再加入其他多味低糖营养物质所制备成一种低糖降血糖保健饼干^[64],可适合高血糖人群食用,不仅具有一定的降血糖作用,对糖尿病引起的一系列并发症也存在潜在的疗效。目前市面上的料酒多为姜葱料酒,口味较为单一、浓烈,以水芹叶为原料之一所制作成的料酒^[65],具有辅助降血糖的作用,在人们健康意识日益增强的今天,具有保健功能的料酒将受到越来越多消费者的青睐。水芹中水分含量占90%以上,不易保藏,将水芹全草微粉加入石斛组合物^[66],可以将水芹降血糖作用较好的发挥出来,不仅较好的解决了水芹不易储藏的问题,又达到了功能保健和提高其市场价值的目的。

如今,营养代餐逐渐成为餐饮消费的趋势,在食用营养代餐的同时辅以降血糖的保健功效,这类产品的开发具有广阔的消费市场。有数据显示,到2035年,全球将有近5.92亿人患糖尿病,将水芹水提取物添加入一定比例营养成分的代餐中,长期食用可改善糖尿病人营养状况,其辅助降血糖的天然活性物质能为糖尿病人提供更均衡合理的营养代餐^[67],以达到降血糖的目的,具有广泛的市场应用前景。目前,对于治疗糖尿病包括食疗和药物治疗,但药物治疗存在一定的潜在风险,而且时常也发生停药复发的现象。因此,除了合理用药,再采用食疗相配合,将水芹水提取物搭配其他营养物质制成配方食品^[68],该类食品口味较好,患者食疗依从性好,血糖生成值较小,治疗糖尿病效果明显,具有广泛的市场价值和应用前景,对促进糖尿病治疗以及特医食品的发展具有重要意义。

总的来说,水芹在降血糖方面的保健食品种类较多,但多停留在将水芹提取物作为活性物质添加入产品中这一层次上,以水芹为主要原料所制成的具有

保健功能的食品还较少,亟需深入研发。

3.2 降血压类食品

目前,以水芹为主要原料研究开发的保健类食品还较少。以水芹和黄豆为主要原料,将水芹切成小颗粒后加入黄豆粉以及按比例配成的复合营养粉,不仅来源天然,而且具有明显的降压、清热解毒等功效,长期食用可以提高人体免疫力^[69]。随着人们生活水平提高,三高人群越来越多,高血压已成为中老年人的常见病,长期服用降压药对身体健康存在风险。通过大量实验筛选,采用水芹、蚕豆、绞股蓝等为原料,制成的一种保健食品,其降血压功效良好、不良反应低、毒副作用小、安全性能高^[70],可用于高血压的辅助治疗。

3.3 其他

水芹在保健茶开发上也有一些产品,以水芹菜叶为主要原料所制成的一种健胃消食的水芹保健茶^[71],能预防和治疗感冒和肠胃道疾病,促进食欲和消化吸收能力,同时还能提高人体免疫力。现代人快节奏的工作和生活,饮食不规律导致的肠胃问题屡见不鲜,因此,采用水芹菜与其他中草药合理搭配运用在缓解肠胃不适和消化不良中具有一定的研究价值,类似的还有防治便秘的水芹中药保健茶^[72]。水芹还应用在一种提神养精的保健米酒中^[73],将水芹和其他中草药按照一定比例混合加水煎煮后取滤汁,与糯米混匀发酵所制得的米酒具有提神醒脑、减少疲劳、提高注意力等功效。

4 总结和展望

水芹中含有丰富的营养成分,包括蛋白质、维生素和矿物质,其所含的氨基酸总量及必需氨基酸所占比例均高于日常食用的生菜、黄瓜、香菇等蔬菜;此外,该植物还含有丰富的黄酮、酚酸、挥发油等活性成分。水芹提取物以及其中部分化合物具有降低血糖、增强免疫力、抗疲劳、肝损伤保护、抗炎等功效,并且水芹总黄酮可以提高免疫,对急性酒精性肝损伤也有一定的保护作用,水芹总酚酸对 HIV、HBV 等病毒具有一定的抑制作用。水芹以其丰富的化学成分以及药理作用,在食品开发,尤其是功能性食品(或特医食品)的开发应用上,具有很大的发展潜力^[74]。

水芹的食用历史悠久,早在《诗经》和《吕氏春秋》中就有记载。在我国很多地方仍然将其作为传统蔬菜食用,特别是在苏南地区,水芹是当地传统美食“水八仙”中的重要成员之一。现如今,水芹已在部分地区规模种植并形成产业,人们利用现代食品加工技术,对水芹的腌制食品、发酵食品、罐头食品、酸化饮料、茶饮、调制酒类等进行了研究探索和产品开发。然而,从目前市场来看,这些水芹食品还未推广开来,其原因可能有以下几点:一是消费者对水芹的食用和保健(药用)价值的认识不够;二是产品生产成本高,达不到规模生产的经济效益;三是产品特色功能或保健效果不突出,难以获得市场份额。

因此,综合水芹的食用和药用历史、丰富的化学成分、广泛的药理活性以及当前食品开发现状,笔者认为要充分释放出水芹食品的广阔市场前景、促进水芹产业的进一步发展,可以开展以下几方面的工作:一、系统性地开展水芹的化学成分研究,充分挖掘其潜在生物活性物质,为水芹产品的开发提供物质基础和新的方向;二、深入研究探讨水芹药理活性的作用机制,比如降血糖、抗肝损伤、提高免疫等,提升水芹在科学界和食品行业的影响力,继而让广大民众认识水芹的保健功效;三、探索和研发更多具有特色的功能保健食品,虽然当前已有降血糖类、降血压类、保健茶类等功能性水芹食品,但是水芹还具有保肝护肝、增强免疫、改善记忆等功效的相关特医食品研究较少;四、加速推进水芹保健食品研发专利的落地转化,让这些专利以产品的形式进入大众视野;五、以改进和优化现有相关水芹食品的生产工艺为目的,降低规模生产的成本。

参考文献

- [1] 李瑞,王燕,李良俊.水芹品质研究现状[J].长江蔬菜,2017(22):27-31. [LI Rui, WANG Yan, LI Liangjun. Quality research status of water celery[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2017(22): 27-31.]
- [2] 黄正明,杨新波,曹文斌,等.中药水芹的现代研究与应用[J].解放军药理学学报,2001(5):266-269. [HUANG Zhengming, YANG Xinbo, CAO Wenbin, et al. The modern research and application of *Oenanthe javanica*, a Traditional Chinese Medicine[J]. Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army, 2001(5): 266-269.]
- [3] 梁颖,李艺,师薇,等.芹菜不同品种类型间营养成分及抗氧化活性差异[J].食品工业科技,2018,39(18):60-63,92. [LIANG Ying, LI Yi, SHI Wei, et al. Differences of nutrients and antioxidant activities among different species of celery[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(18): 60-63,92.]
- [4] 林春华,谭雪,刘自珠,等.3种野菜硝酸盐及主要营养成分含量测定[J].广东农业科学,2006(2):27-28. [LIN Chunhua, TAN Xue, LIU Zizhu, et al. Content determination of nitrate and main nutrient components in 3 wild vegetables[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2006(2): 27-28.]
- [5] 刘恒蔚,高梦祥,饶贵珍.野生水芹与旱芹的营养成分比较分析[J].中国野生植物资源,2007(1):36-38. [LIU Hengwei, GAO Mengxiang, RAO Guizhen, et al. A comparison of nutritive components in *Oenanthe javanica* and wild *Oenanthe javanica* plants[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2007(1): 36-38.]
- [6] 蹇黎.水芹和旱芹的营养成分分析[J].北方园艺,2008(2):33-34. [JIAN Li. Analysis of the major nutritional components in *Oenanthe javanica* and *apiumgraveolens* celery[J]. Northern Horticulture, 2008(2): 33-34.]
- [7] 孙晓慧,廖莉玲.黔产8种野菜主要营养成分比较分析[J].安徽农业科学,2011,39(2):751-752,755. [SUN Xiaohui, LIAO Liling. Comparative analysis of nutritional compositions of eight-kinds of wild vegetables in Guizhou[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(2): 751-752,755.]

- [8] 易雪静,周石柔,邓兰青,等. 高效液相色谱法测定东洞庭湖区野生水芹茎叶中氨基酸[J]. 应用化工, 2015, 44(9): 1751-1753. [YI Jingxue, ZHOU Shirou, DENG Lanqing, et al. Study on amino acids from wild *Oenanthe javanica* in Dongting lake area[J]. Applied Chemical Industry, 2015, 44(9): 1751-1753.]
- [9] 吴三林,刘芳,李艳艳,等. 几种峨眉山野生蔬菜营养成分的测定[J]. 北方园艺, 2012(20): 26-28. [WU Sanlin, LIU Fang, LI Yanyan, et al. Detection of the main nutrient contents on several kinds of edible wild herbs from Mountain Emei[J]. Northern Horticulture, 2012(20): 26-28.]
- [10] 何功秀,王旭,刘兴锋,等. 湘西1年生和多年生森林蔬菜营养成分分析[J]. 经济林研究, 2012, 30(3): 71-74. [HE Gongxiu, WANG Xu, LIU Xingfeng, et al. Nutrient component analysis of annual and perennial forest vegetables in Xiangxi Autonomous Prefecture[J]. Non-Wood Forest Research, 2012, 30(3): 71-74.]
- [11] 裴刚,蒋道松,周朴华,等. 水芹精油化学成分的研究[J]. 中药材, 2001(6): 414. [PEI Gang, JIANG Daosong, ZHOU Puhua, et al. Study on chemical constituents of essential oil of *Oenanthe javanica*[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2001(6): 414.]
- [12] 张兰胜,董光平,刘光明. 水芹挥发油化学成分的研究[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(2): 350-351. [ZHANG Lansheng, DONG Guangping, LIU Guangming. Study on the chemical constituents of essential oil in *Oenanthe javanica* (BL.) DC[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2009, 20(2): 350-351.]
- [13] 徐中海,刘克清,周石柔,等. 气相色谱-质谱法测定水芹中挥发油化学成分[J]. 理化检验(化学分册), 2010, 46(1): 89-92. [XU Zhonghai, LIU Keqing, ZHOU Shirou, et al. Determination of chemical constituents of essential oil in *Oenanthe javanica* based on chromatography-mass spectrometry[J]. Physical Testing and Chemical Analysis Part B: Chemical analysis, 2010, 46(1): 89-92.]
- [14] 刘朝晖,龚力民,刘敏. 水芹根挥发油成分 GC-MS 分析[J]. 亚太传统医药, 2014, 10(22): 10-11. [LIU Chaohui, GONG Limin, LIU Min. To analyse the essential oils constituents from *Oenanthe javanica* with GC-MS[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2014, 10(22): 10-11.]
- [15] LEE E K, SHIN M C, JUNG S H. Volatile compound analysis and anti-oxidant and anti-inflammatory effects of *Oenanthe javanica*, *perilla frutescens*, and *zanthoxylum piperitum* essential oils[J]. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 2017, 15(3): 355-366.
- [16] 王虹,余金明,龚力民,等. 湖南异地水芹挥发油化学成分的气质联用比较分析[J]. 海峡药学, 2019, 31(8): 90-93. [WANG Hong, SHE Jinming, GONG Limin, et al. GC-MS analysis of essential oil components in *Oenanthe javaica* (BL.) DC. from different origin of Hunan[J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2019, 31(8): 90-93.]
- [17] 李瑞,吴鹏,王燕,等. GC-MS 法分析水芹挥发性成分[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2019, 40(2): 113-118. [LI Rui, WU Peng, WANG Yan, et al. Analysis of volatile compounds in different tissues of water dropwort by using GC-MS[J]. Journal of Yangzhou University(Agricultural and Life Science Edition), 2019, 40(2): 113-118.]
- [18] 千春录,侯顺超,殷健东,等. 响应面优化水芹黄酮超声辅助提取工艺及其抗氧化性[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 76-81. [QIAN Chunlu, HOU Shunchao, YIN Jiandong, et al. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from *Oenanthe javanica* and their antioxidant activity[J]. Food Science, 2016, 37(10): 76-81.]
- [19] 陈况况,帕塔尔·尼牙孜,章宏慧,等. 响应面法优化水芹黄酮提取工艺及其成分研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(11): 83-89. [CHEN Kuangkuang, Pataer Niyazi, ZHANG Honghui, et al. Optimization of flavonoids extraction from *Oenanthe javanica* by response surface methodology and the study on chemical compositions[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(11): 83-89.]
- [20] CHOI H, YOU Y, HWANG K, et al. Isolation and identification of compound from dropwort (*Oenanthe javanica*) with protective potential against oxidative stress in hepg2 cells[J]. *Food Science and Biotechnology*, 2011, 20(6): 1743-1746.
- [21] HWANG S J, PARK S J, KIM J D. Component analysis and antioxidant activity of *Oenanthe javanica* extracts[J]. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 2013, 45(2): 227-234.
- [22] HWANG C R, HWANG I G, KIM H Y, et al. Antioxidant component and activity of dropwort (*Oenanthe javanica*) ethanol extracts[J]. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 2011, 40(2): 316-320.
- [23] HYUN W J, SEUNG H L, DOO H N, et al. Antioxidant activity and phytochemical study on the aerial parts of *Oenanthe javanica*[J]. *Korean Journal of Pharmacognosy*, 2008, 39(2): 142-145.
- [24] 唐明明. 水芹的漂烫,超微粉碎及具有降血糖活性的固体饮料的工艺研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2019. [TANG Mingming. Study on blanching, superfine grinding of water dropwort and processing technology of solid beverage with hypoglycemic activity[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2019.]
- [25] 张俭,李胜华,谷荣辉. 水芹的化学成分研究[J]. 中草药, 2012, 43(7): 1289-1292. [ZHANG Jian, LI Shenghua, GU Ronghui. Chemical constituents in *Oenanthe javanica*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2012, 43(7): 1289-1292.]
- [26] 黄正明,杨新波,曹文斌. 水芹的本草考证[J]. 中草药, 2001(1): 61-64. [HUANG Zhengming, YANG Xinbo, CAO Wenbin. Textual study on *Oenanthe javanica* documented in ancient Chinese medicinal literatures.[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2001(1): 61-64.]
- [27] 黄正明,杨新波,曹文斌,等. 水芹的降血糖作用[J]. 中药药理与临床, 1996(5): 35-36. [HUANG Zhengming, YANG Xinbo, CAO Wenbin, et al. Effects of *Oenanthe javanica* (SQ) on blood glucose in normal and diabetes mice[J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 1996(5): 35-36.]
- [28] YANG Xinbo, HUANG Zhengming, CAO Wenbin, et al. Antidiabetic effect of *Oenanthe javanica* flavone[J]. *Acta Pharmacologica Sinica*, 2000, 21(3): 239-42.
- [29] 郭晓青,韦隆华,代甜甜,等. 水芹化学成分检测及降血糖

- 作用[J]. 食品与机械, 2017, 33(1): 155-157. [GUO Xiaoqin, WEI Longhua, DAI Tiantian, et al. The detection of the chemical components in *Oenanthe javanica* and its hypoglycemic activity[J]. Food & Machinery, 2017, 33(1): 155-157.]
- [30] LEE J, KIM M, SHIN S, et al. Persicarin isolated from *Oenanthe javanica* protects against diabetes-induced oxidative stress and inflammation in the liver of streptozotocin-induced type 1 diabetic mice[J]. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 2017, 13(4): 1194-1202.
- [31] JEONG G H, HOON K T. Characterization of anti-diabetic complication constituents from *Oenanthe javanica*[J]. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 2018, 47(9): 947-951.
- [32] 石芳芳. 水芹对 STZ-糖尿病小鼠的改善胰岛素抵抗和抗氧化应激作用[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2019. [SHI Fangfang. Effect of water celery on improving insulin resistance and antioxidant stress in STZ-induced diabetic mice[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2019.]
- [33] 王选举, 黄正明, 杨新波, 等. 水芹总酚酸对鸭乙型肝炎病毒 DNA 的抑制作用[J]. 解放军药理学学报, 2009, 25(6): 501-505. [WANG Xuanju, HUANG Zhengming, YANG Xinbo, et al. Effect of total phenolics acid of *Oenanthe javanica* on the duck hepatitis B[J]. *Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army*, 2009, 25(6): 501-505.]
- [34] 刘青川, 王盼丽, 杨新波, 等. 水芹总酚酸体外抗 HBV 作用及其机制探讨[J]. 中国医药导报, 2019, 16(28): 12-16. [LIU Qingchuan, WANG Panli, YANG Xinbo, et al. Study on anti-HBV effect of total phenolics acid from *Oenanthe Javanica* *in vitro* and its mechanism[J]. *China Medical Herald*, 2019, 16(28): 12-16.]
- [35] 张伟, 黄正明, 陈晓农. 水芹总酚酸对正常小鼠免疫功能的影响[J]. 解放军药理学学报, 2013, 29(1): 17-19. [ZHANG Wei, HUANG Zhengming, CHEN Xiaonong, et al. Effect of total phenolics acid extracted from *Oenanthe Javanica* on immune function in normal mice[J]. *Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army*, 2013, 29(1): 17-19.]
- [36] 王晨吟, 刘青川, 黄正明. 水芹总酚酸对 HIV 逆转录酶的抑制作用[J]. 中国医药导报, 2013, 10(12): 4-5. [WANG Chenyin, LIU Qingchuan, HUANG Zhengming. Inhibition effect of total phenolics acid extracted from *Oenanthe javanica* on HIV reverse transcriptase[J]. *China Medical Herald*, 2013, 10(12): 4-5.]
- [37] 刘青川, 王蒙蒙, 艾国, 等. 水芹总酚酸对 Fr. MuLV 感染小鼠的抗病毒作用[J]. 解放军药理学学报, 2018, 34(6): 484-486. [LIU Qingchuan, WANG Mengmeng, AI Guo, et al. Antiviral effects of total phenolics acid extracted from *Oenanthe javanica* on Fr. MuLV-infected mice[J]. *Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army*, 2018, 34(6): 484-486.]
- [38] 刘哲慧, 张琳. 水芹总黄酮对免疫抑制小鼠免疫功能的影响[J]. 中国中医药科技, 2016, 23(4): 423-425. [LIU Zhehui, ZHANG Lin. Effects of total flavone extract from *Shuiqin*(*Oenanthe Javanica*) on immune function of immunosuppression mice[J]. *Chinese Journal of Traditional Medical Science and Technology*, 2016, 23(4): 423-425.]
- [39] 苏成虎, 陈晓农, 杨新波, 等. 水芹提取物抗运动性疲劳作用及初步机制分析[J]. 解放军药理学学报, 2011, 27(2): 103-106. [SU Chenghu, CHEN Xiaonong, YANG Xinbo, et al. Study on the anti-fatigue effect of the extract of *Oenanthe javanica* and its probable mechanism in mice[J]. *Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army*, 2011, 27(2): 103-106.]
- [40] 苏成虎, 陈晓农, 杨新波, 等. 水芹提取物对应激致小鼠慢性疲劳综合征的对抗作用[J]. 中华中医药杂志, 2012, 27(12): 3100-3103. [SU Chenghu, CHEN Xiaonong, YANG Xinbo, et al. Therapeutic effect of extract of *Oenanthe Javanica* against the chronic fatigue syndrome in mice[J]. *China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy*, 2012, 27(12): 3100-3103.]
- [41] LU Chuanli, Li Xiufen. A review of *Oenanthe javanica* (Blume) DC. as traditional medicinal plant and its therapeutic potential[J]. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: ECAM*, 2019(2019): 6495819-6495819.
- [42] 苏成虎. 抗疲劳新药水芹总酚酸胶囊的研究开发[D]. 北京: 北京化工大学, 2011. [SU Chenghu. Research and development of novel anti-fatigue capsule containing total phenolic acid from *Oenanthe javanica*[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2011.]
- [43] 苏艳丽, 韦隆华, 何钰英, 等. 黔产野生水芹提取物对小鼠的抗疲劳作用[J]. 贵州医科大学学报, 2017, 42(3): 292-295. [SU Yanli, WEI Longhua, HE Yuying, et al. Study on the effect of wild *Oenanthe javanica* on anti-fatigue ability of mice[J]. *Journal of Guizhou Medical University*, 2017, 42(3): 292-295.]
- [44] PARK J C, KIM J Y, LEE Y J, et al. Protective effect of *Oenanthe javanica* extract on acetaminophen-induced hepatotoxicity in rats[J]. *Yakhak Hoeji*, 2008, 52(4): 316-321.
- [45] 田丹. 水芹总酚酸的药学研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2010. [TIAN Dan. The pharmaceutical study of *Oenanthe javanica* total phenolic acid[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2010.]
- [46] LEE J Y, KIM M Y, SHIN S H, et al. Persicarin isolated from the *Oenanthe javanica* attenuates diabetes-induced liver injury through the hyperglycemia-upregulated NADPH oxidase activation[J]. *Integrative Medicine Research*, 2015, 4(1): 75-75.
- [47] LEE C H, PARK J H, CHO J H, et al. Effect of *Oenanthe javanica* extract on antioxidant enzyme in the rat liver[J]. *Chinese Medical Journal*, 2015, 128(12): 1649-1654.
- [48] AI Guo, HUANG Zhengming, LIU Qingchuan, et al. The protective effect of total phenolics from *Oenanthe javanica* on acute liver failure induced by D-galactosamine[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2016, 186: 53-60.
- [49] 徐璐, 魏渊, 夏国华, 等. 水芹黄酮对小鼠急性酒精性肝损伤的保护作用[J]. 药学与临床研究, 2018, 26(2): 81-84. [XU Lu, WEI Yuan, XIA Guohua. Protective effects of flavonoids from *Oenanthe javanica* on acute alcohol-induced liver injury in mice[J]. *Pharmaceutical and Clinical Research*, 2018, 26(2): 81-84.]
- [50] JANG J H, CHO H W, LEE B Y, et al. Anti-inflammatory effects of *Oenanthe javanica* ethanol extract and its fraction on LPS-induced inflammation response[J]. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 2016, 45(11): 1595-1603.
- [51] HA P J, HYE K I, HYEON A J, et al. Pretreated *Oenanthe*

- javanica* extract increases anti-inflammatory cytokines, attenuates gliosis, and protects hippocampal neurons following transient global cerebral ischemia in gerbils[J]. *Neural Regeneration Research*, 2019, 14(9): 1536–1543.
- [52] AHN H, LEE G S. Isorhamnetin and hyperoside derived from water dropwort inhibits inflammasome activation[J]. *Phytomedicine*, 2017, 24: 77–86.
- [53] KIM S, JIN C Y, KIM C, et al. Isorhamnetin alleviates lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in BV2 microglia by inactivating NF- κ B, blocking the TLR4 pathway and reducing ROS generation[J]. *International Journal of Molecular Medicine*, 2019, 43(2): 682–692.
- [54] 김대원, 이의섭, 최윤표, et al. Effect of cytokine reduction and immune modulation from germanium *Oenanthe javanica* extracts in *in vitro/in vivo* [J]. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 2020, 49(1): 101–110.
- [55] MA C J, LEE K Y, JEONG E J, et al. Persicarin from water dropwort (*Oenanthe javanica*) protects primary cultured rat cortical cells from glutamate-induced neurotoxicity[J]. *Phytotherapy Research*, 2010, 24(6): 913–918.
- [56] CHEN B, PARK J, CHO J, et al. Ethanol extract of *Oenanthe javanica* increases cell proliferation and neuroblast differentiation in the adolescent rat dentate gyrus[J]. *Medknow Publications Pvt Ltd*, 2015, 10(2): 271–276.
- [57] WON B Y, SHIN K Y, HA H J, et al. Effect of dropwort (*Oenanthe javanica*) extracts on memory improvement in alzheimer's disease animal model, Tg2576 mice[J]. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 2015, 47(6): 779–784.
- [58] KYEOM K J, EUI-CHEOL S, GUN P G, et al. Root extract of water dropwort, *Oenanthe javanica* (Blume) DC, induces protein and gene expression of phase I carcinogen-metabolizing enzymes in HepG2 cells[J]. *Springer Plus*, 2016, 5(1): 1–6.
- [59] CHOI J H, YEONG S W. Effects of *Oenanthe javanica* and allium tuberosum on lipid content in rats fed a high-fat-high-cholesterol diet[J]. *Journal of Life Science*, 2016, 26(3): 302–308.
- [60] JANG A J, KIM C H, LEE J S. Free amino acid in dropwort (*Oenanthe javanica*) extract and its effect to the survival time of mice poisoned with puffer fish toxin[J]. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 2019, 31(4): 1114–1124.
- [61] 向熙. 水芹提取物镇静催眠作用及其代谢组学研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2019. [XIANG Xi. Master degree thesis sedative and hypnotic effects and metabolomics study of extract of water dropwort[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2019.]
- [62] 袁丽, 陈欣, 周龙甫, 等. 水芹提取物降低高尿酸血症大鼠尿酸水平及机制研究[J]. *中国新药杂志*, 2020, 29(22): 2597–2604. [YUAN Li, CHEN Xin, ZHOU Longpu, et al. Research on effect of *Oenanthe javanica* extract of reducing uric acid level in hyperuricemia rats and its mechanism[J]. *Chinese Journal of New Drugs*, 2020, 29(22): 2597–2604.]
- [63] YOUNG H, BICH-NA S, LYUL L Y, et al. *Oenanthe javanica* extract protects mouse skin from UVB radiation via attenuating collagen disruption and inflammation[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2019, 20(6): 1435–1435.
- [64] 不公告发明人. 一种低糖降血糖保健饼干及其制备方法: 安徽, CN104782723A[P]. 2015-07-22. [Unannounced Inventors. A health biscuit with low sugar and hypoglycemia and preparation method thereof: Anhui, CN104782723[P]. 2015-07-22.]
- [65] 徐尚英. 一种辅助降血糖料酒及其制作方法: 安徽, CN106136196A[P]. 2016-11-23. [XUE Shangying. An auxiliary hypoglycemic cooking wine and preparation method thereof: Anhui, CN106136196A[P]. 2016-11-23.]
- [66] 闫蔚, 闫玉森. 一种具有降三高功能的石斛组合物及其制备方法: 广东, CN109287986A[P]. 2019-02-01. [YAN Wei, YAN Yusen. A dendrobium compositions with the function of lowering hypertension, hyperglycemia and hyperlipidemia, and preparation method thereof: Guangdong, CN109287986A[P]. 2019-02-01.]
- [67] 刘海燕, 何述栋, 莫太刚. 一种具有降血糖功能的营养代餐及其制备方法: 四川, CN110326780A[P]. 2019-10-15. [LIU Haiyan, HE Shudong, MO Taigang. A nutrition substitute meal with hypoglycemic function and preparation method thereof: Sichuan, CN110326780A[P]. 2019-10-15.]
- [68] 安信生, 裘耀东, 唐治国. 一种糖尿病患者用特殊医学用途配方食品及其制备方法: 湖南, CN110973612A[P]. 2020-04-10. [AN Xincheng, QIU Yaodong, TANG Zhiguo. A formula food for special medical use for diabetic patients and preparation method thereof: Hunan, CN110973612A[P]. 2020-04-10.]
- [69] 孙仁贵. 一种水芹减压保健粉及其制备方法: 安徽, CN104095189A[P]. 2014-10-15. [SUN Rengui. A health care powder of *Oenanthe javanica* with antihypertensive effect and preparation method thereof: Anhui, CN104095189A[P]. 2014-10-15.]
- [70] 张广忠. 一种辅助降血压的保健品: 江苏, CN110898115A[P]. 2020-03-24. [ZHANG Guangzhong. A health care product with lowering blood pressure: Jiangsu, CN110898115A[P]. 2020-03-24.]
- [71] 孙岳. 一种健胃消食的水芹保健茶及其制备方法: 广西, CN106215076A[P]. 2016-12-14. [SUN Yue. A health tea of *Oenanthe javanica* with nourishing stomach and improving digestion, and preparation method thereof: Guangxi, CN106215076A[P]. 2016-12-14.]
- [72] 卢婷. 一种防治便秘的中药保健茶及其制备方法: 广西, CN107771987A[P]. 2018-03-09. [LU Ting. A traditional Chinese medicine health tea for preventing and treating constipation, and preparation method thereof: Guangxi, CN107771987A[P]. 2018-03-09.]
- [73] 崔桂堃. 一种提神养精保健米酒及其制备方法: 山东, CN109207304A[P]. 2019-01-15. [CUI Weikun. A health rice wine for refreshing and nourishing, and preparation method thereof: Shandong, CN109207304A[P]. 2019-01-15.]
- [74] HWANG S J, PARK S J, KIM J D. Component analysis and antioxidant activity of *Oenanthe javanica* extracts[J]. *Korean Journal of Food Science & Technology*, 2013, 45(2): 227–234.