

# 紫苏叶化学成分及生物活性研究进展

张运晖, 赵 瑛, 欧巧明

(甘肃省农业科学院生物技术研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 引据相关文献, 概述了紫苏叶化学成分与生物活性的最新研究进展, 指出了进一步研究与开发中存在的问题及今后发展方向。

**关键词:** 紫苏叶; 化学成分; 生物活性; 种质资源; 研究进展

**中图分类号:** S565.8; S567.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)12-0069-08

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2020.12.018

## Research Progress on Chemical Constituents and Biological Activities of *Folium Perillae*

ZHANG Yunhui, ZHAO Ying, OU Qiaoming

(Institute of Biotechnology, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** The latest research progress on chemical composition and biological activity of *Folium Perillae* was summarized according to the relevant literature, and the problems existing in the further research and development and the future development direction was pointed out.

**Key words:** *Folium Perillae*; Chemical compositions; Biological activities; Germplasm resource; Research progress

紫苏(*Perilla frutescens* L. Britt.) 又称荏、赤苏、香苏等, 属唇形科一年生草本植物。

收稿日期: 2020-07-28

基金项目: 国家自然科学基金(31660391); 甘肃省科协学会助力精准扶贫项目(20190002-5)。

作者简介: 张运晖(1984—), 男, 甘肃兰州人, 助理研究员, 硕士, 主要从事天然产物开发利用及农业生物技术研究工作。Email: 714132000@qq.com。

通信作者: 赵 瑛(1967—), 女, 湖南益阳人, 副研究员, 博士, 主要从事微生物及循环农业研究工作。Email: zy8080@163.com。

- 谱法测定不同产地党参中苍术内酯Ⅲ的含量[J]. 中国药学杂志, 2005, 40(18): 1436-1437.
- [30] 杨 静, 苏 强, 刘恩荔. 不同产地党参苍术内酯Ⅲ和党参炔苷含量测定[J]. 山西医科大学学报, 2010, 41(8): 698-702.
- [31] 谢 君, 张义正, 顾永祚, 等. 中药党参挥发性成分分析[J]. 分析测试学报, 2000, 19(4): 54-56.
- [32] 李 艳, 鲁建江, 王 莉, 等. 微波法提取新疆党参根茎叶中的挥发油[J]. 药学实践杂志, 2001(3): 190.
- [33] 郭琼琼, 李 晶, 孙海峰, 等. 党参挥发性成分分析及其特殊香气研究[J]. 中药材, 2016, 39(9): 2005-2012.
- [34] 杨 鲜, 祝慧凤, 王 涛, 等. 重庆巫山等多地党参氨基酸及营养价值比较与分析[J]. 食品科学, 2014, 35(15): 251-257.
- [35] 邹元锋, 陈兴福, 杨文钰, 等. 不同生长年限党参氨基酸组分分析及营养价值评价[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(6): 146-150.
- (本文责编: 陈 珩)

原产于东亚地区<sup>[1-4]</sup>，因其经济效益显著，现美国、加拿大、俄罗斯也有大面积商业种植。中国是紫苏栽种面积和年出口量最大的国家<sup>[5]</sup>，有 2 000 多年的栽培历史，各省均有种植，常年出口日本、韩国等地。北方以油用为主，兼以药用；南方以药用为主，兼做香料和食用<sup>[6]</sup>。

紫苏在我国应用历史悠久，其叶、茎和果实均能入药，在医药领域有重要价值。紫苏是卫生部第一批规定的既是药品又是食品的 60 种作物之一<sup>[7]</sup>，其中紫苏叶(*Folium Perillae*)是最常用入药器官，始记于《名医别录》，称其“主下气，除寒中。”《本草汇言》认为紫苏“散寒气，清肺气，宽中气，安胎气，下结气，化痰气，乃治气之神药也<sup>[8]</sup>。”《中国药典》记载其可用于风寒感冒，咳嗽呕恶，妊娠呕吐，鱼蟹中毒等<sup>[9]</sup>。利用紫苏的药学特性，我国已研制出藿香正气口服液、儿童清肺片等多种含紫苏成分的中药制剂<sup>[10-12]</sup>。紫苏叶有多种生物活性成分，目前已报道的化学成分有挥发油类、黄酮类、酚酸类、花色苷类、多糖类、三萜类、甾体类化合物，其生物活性主要有抗炎、抗氧化、抑菌、抗抑郁、抗肿瘤、镇静作用等。紫苏叶食用价值也很高，含有丰富蛋白质与多种维生素，又兼具保健作用，在日本、韩国，民众有生食紫苏叶片的习惯，每年消费大量新鲜紫苏叶片。因其独特香味，烹饪中也常用来增香去腥。还可作为色素、香料、防腐剂等食品添加剂的基料，开发潜力巨大<sup>[13]</sup>。

随着人们保健意识的增强，既能作为食材又有保健功效的紫苏叶逐渐成为研究热点。为了对紫苏叶的开发利用提供理论基础，我们将学者们近年来关于紫苏种质资源、紫苏叶的化学成分分析、紫苏叶的生物活性成分等方面的研究成果进行了综述，以期对紫苏叶的深加工及综合利用提供支持。

## 1 紫苏种质资源及分布

根据 Nitta 等<sup>[14]</sup>的研究，紫苏主要分布

在中国、韩国、日本、尼泊尔、印度等亚洲国家。中国种植紫苏历史悠久，是紫苏发源地之一，拥有丰富的种质资源，是紫苏种质资源多样化中心<sup>[15-16]</sup>。《中国植物志》根据形态学特征将中国紫苏资源大致分为栽培型和野生型 2 个类型共 4 个变种<sup>[17]</sup>。栽培型的为紫苏 [*Perilla frutescens* var. *frutescens* (L.) Britt(原变种,包括白苏)]和回回苏 [*P. frutescens* var. *crispa* (Thunb.)Hand.-Mazz.]，野生型的为野生紫苏 [*P. frutescens* var. *acuta* (Thunb.)Kudo]和耳齿紫苏 [*P. frutescens* var. *auriculato-dentata* C.Y.Wu et Hsuan ex H.W. Li]。魏长玲等<sup>[18]</sup>对国内主要紫苏产地进行了调查，将我国的紫苏种质资源分为野生型和栽培型，栽培型又细分为栽培药用资源、栽培籽用资源、栽培出口资源。野生资源主产区有河南、四川、安徽、江西、广西、湖南、江苏及浙江；栽培药用资源产区有河北安国、安徽亳州、重庆涪陵、广西玉林和广东茂名；栽培籽用资源产区包括甘肃庆阳、黑龙江桦南、吉林、重庆彭水及云南；栽培出口资源产区有浙江湖州、江苏连云港和山东烟台。

## 2 紫苏叶化学成分

紫苏叶是紫苏的重要药用部位，国内外学者已从中分离鉴定出了百余种化学成分，可大致分为挥发油类、黄酮类、酚酸类、花色苷类、多糖类、三萜类、甾体类化合物等<sup>[8,13,18]</sup>。

### 2.1 挥发油成分及分类

挥发油(volatile oils)又称精油(essential oils)，是植物中一类具有芳香气味、在常温下能挥发的油状液体的总称<sup>[19]</sup>。挥发油在紫苏叶中的含量约为 0.03%~2.00%，是紫苏叶的主要成分和特殊香气来源。紫苏叶挥发油中含有单萜、倍半萜、二萜、芳香类和脂肪族类等多种化合物<sup>[20]</sup>，根据品种的不同，所含化合物种类和比例也有很大差异。日本最先提出以紫苏叶挥发油所含主要化合

物的类型分类紫苏的方法, 根据不同化合物组成共分为 7 个不同的化学型, 其中所含成分为以单萜为主的 6 个类型。PA 型, 主含紫苏醛(perillaldehyde)和不含紫苏酮; PK 型, 主含紫苏酮(perillaketone)、异白苏烯酮(isoegomaketone), 不含紫苏醛; PL 型, 主含紫苏烯(perillene); EK 型, 主含香薷酮(elsholtziaketone); C 型, 主含反式柠檬醛(transcitral); PT 型, 以薄荷烯酮(piperitenone)等单萜为主。以及以芳香类化合物为主的 PP 型, 细分为 3 类, 包括 PP-m 型, 主含肉豆蔻醚(myristicin); PP-dm 型, 主含蒈油脑(dillapiole)和肉豆蔻醚; PP-em 型, 主含榄香素(elemicin)和肉豆蔻醚<sup>[21]</sup>。

国内学者在沿用日本分类方法的基础上经分析检测找到了更多紫苏叶挥发油类型。郭佳琪<sup>[22]</sup>等将收集到的 800 份紫苏种质通过气味排除法得到 62 份非 PK 型种质资源, 在以单萜成分为主的挥发油材料中发现 1 份 D- 柠檬烯相对质量分数达到 39.51%, 而紫苏醛相对质量分数为 29.78% 的材料, 将其命名为 PA-II 型; 在以芳香类化合物为主的材料中新发现了 PP-a 型, 其主要成分芹菜脑, 相对质量分数 50% 以上; PP-s 型, 主要成分  $\beta$ - 细辛脑, 相对质量分数 40% 以上; 两种及以上成分兼有的 PP-am、PP-em、等 (e 代表榄香素, m 代表肉豆蔻醚)。发现了倍半萜含量很高的化学型, 命名为 PS 型, 并初步规定该化学型的特点为某倍半萜类成分质量分数高于 30%, 且其他特征性成分(单萜或芳香化合物)质量分数低于 15%。张旭<sup>[23]</sup>在不同产地收集到的 26 份紫苏材料的挥发油中检测出 49 种化合物, 按照所含主要化合物来命名的方法共分出 8 种不同的化学型, 分别为紫苏酮型(perillaketone, 简称 PK)、D- 柠檬烯-薄荷烯酮型(d-limonene and piperitone, 简称 DLP)、薄荷二烯酮型(piperitenone, 简称 PT)、肉豆蔻醚型(myristicin, 简称 MS)、芹菜脑型(apiol, 简称 AL)、

异榄香素型(isoelemicin, 简称 IEM)、脱氢香薷酮型(dehydroelsholtzia ketone, 简称 DEK) 及紫苏醛型(perilla aldehyde, 简称 PA), 其中 MS 型与日本报道 PP-m 型成分类似, 但命名方法不同。除 PA 型和 PK 型沿用日本报道命名方式外, 其他各型均为首次发现。

紫苏叶挥发油化学型的不同导致药效有很大差异。《中华人民共和国药典》规定的紫苏入药品种为 PA 型, 但我国紫苏种植资源丰富, 加上种子市场流通无序导致栽培型与野生型种质资源混乱, 因此对紫苏叶挥发油化学型的分析检测尤为重要。

## 2.2 黄酮类成分

黄酮类化合物具有很高的药用价值, 广泛存在于多种植物中, 具有抗氧化、抗癌、降血糖、抗炎、增强免疫力等生理功能<sup>[24-27]</sup>。紫苏叶中黄酮类成分现已发现并报道的主要是芹菜素、木犀草素、野黄芩苷和黄芩素-7-甲醚, 黄酮苷主要为芹菜素-7-二葡萄糖苷、芹菜素-7-葡萄糖苷、芹菜素-7-咖啡酰葡萄糖苷、木犀草素-7-二葡萄糖苷等<sup>[20, 28-30]</sup>, 黄酮醇(flavonol)类有槲皮素<sup>[30]</sup>, 黄烷酮(flavanone)类成分有 8-羟基-6, 7-二甲氧基黄烷酮和 5, 8-二羟基-7-甲氧基黄烷酮<sup>[31]</sup>。丰富的黄酮种类和高黄酮含量是紫苏叶抗氧化性, 抗炎等药用特性的基础。

## 2.3 酚酸类成分

酚酸类化合物是含有酚羟基和羧基的一类成分, 多数酚酸成分具有儿茶酚(邻二苯酚)结构, 因此有较多的活性作用包括抗氧化、抗菌和消炎等。酚酸类成分在药用植物中普遍存在, 紫苏叶中的酚酸成分丰富<sup>[20]</sup>, 目前报道的有迷迭香酸(rosmarinic acid)、迷迭香酸乙酯(ethyl rosmarinate)、迷迭香酸甲酯(methyl rosmarinate)、肉桂酸(cinnamic acid)、咖啡酸(caffeic acid)、咖啡酸甲酯(methyl caffeate)、(三甲氧基肉桂酸、阿魏酸

(ferulic acid)、阿魏酸甲酯(ferulic acid methyl ester)、(Z, E)-2-(3, 4-二羟苯基)乙烯咖啡酸酯[(Z, E)-2-(3, 4-dihydroxyphenyl)-ethenyl caffeate]、(Z, E)-2-(3, 5-二羟苯基)乙烯咖啡酸酯[(Z, E)-2-(3, 5-dihydroxyphenyl)-ethenyl caffeate]、咖啡酰奎尼酸(caffeoylquinic acid)、香豆酒石酸(coumaroyl tartaric acid)、原儿茶醛(protocatechualdehyde)和 3, 4-二羟基苯甲酸甲酯(methyl 3, 4-di-hydroxybenzoate)<sup>[29,31-34]</sup>。紫苏叶是紫苏酚酸种类最多的部位, 大部分酚酸酯类衍生物存在于叶中, 在紫苏酚酸成分中, 迷迭香酸是含量最高的, 也是目前研究较多的一类成分<sup>[35]</sup>。

#### 2.4 花色苷类成分

花色苷属于多酚类物质, 是植物的天然色素, 赋予植物各种颜色。紫苏花色苷大量存在于紫色紫苏叶中, 绿色紫苏叶几乎不含花色苷<sup>[36]</sup>。紫苏叶花色苷的主要成分是紫苏宁、顺式紫苏宁、丙二酰基紫苏宁、丙二酰基顺式紫苏宁, 以及以矢车菊素为苷元的葡萄糖苷类(如矢车菊素 3-O-咖啡酰葡萄糖-5-O-葡萄糖苷, 矢车菊素-3-O-咖啡酰葡萄糖-5-O-丙二酰葡萄糖苷等)、天竺葵苷、芍药素-3-(6"-乙酰)-O-葡萄糖苷、芍药素-3-O-葡萄糖苷、飞燕草素-3-O-阿拉伯糖苷、矮牵牛素-3, 5-O-二葡萄糖苷、矮牵牛素-3-(6"-乙酰)-O-葡萄糖苷、锦葵花素-3-(6"-乙酰)-O-葡萄糖苷等<sup>[37-40]</sup>。含量最高的是丙二酰基紫苏宁, 其次是紫苏宁<sup>[41]</sup>。

#### 2.5 多糖、三萜、甾体类化合物及其他

植物多糖又称多聚糖, 在植物中广泛存在, 具有调节免疫、抗癌、降血脂、控制血糖、降胆固醇、延缓衰老等生理功能<sup>[42-43]</sup>, 且多糖类没有细胞毒性, 可广泛应用于医药、保健品及功能食品的开发。多糖是紫苏叶重要的活性成分。Kwon 等<sup>[44]</sup>对紫苏多糖抗菌性的研究证明, 紫苏多糖具有吞噬大肠

杆菌、金黄色葡萄球菌和部分革兰氏阳性及阴性细菌的特性。YI 等<sup>[45]</sup>研究了佐药紫苏叶和使药生姜等配伍抗抑郁协同作用, 结果显示有一定抗抑郁效果。植物多糖是一个热门研究领域, 目前已有超过 300 种多糖类化合物提取出来<sup>[46]</sup>。紫苏多糖是研究紫苏生理活性的一个重要环节, 但关于紫苏多糖的研究较少, 只有紫苏多糖提取方法及药理药效的少量研究, 未见关于多糖结构分析的报道。

紫苏叶中还含有常见的三萜和甾体类化合物如齐墩果烷(oleanane)型三萜及熊果烷(ursane)型三萜及甾醇类化合物 20-异戊基-孕甾-3 $\beta$ 、14 $\alpha$ -二醇、 $\beta$ -谷甾醇、豆甾醇和菜油甾醇<sup>[20,41]</sup>。此外, 紫苏叶片中含有大量粗蛋白<sup>[47]</sup>、脂肪酸、类胡萝卜素及丰富的维生素等<sup>[48]</sup>, 营养成分高于一般蔬菜, 可以用来开发高蛋白保健食品。

### 3 紫苏叶生物活性

传统医学认为紫苏叶有降气化痰、止咳平喘、解表散寒、理气止痛、润肠通便、解毒之功效<sup>[49]</sup>。现代药理学研究认为其具有多种生物活性如抗炎、抗氧化、抑菌、抗抑郁、抗肿瘤、镇静等作用<sup>[21]</sup>。

#### 3.1 抗炎

紫苏叶中的黄酮类、酚酸类、挥发油有抗炎效果<sup>[20]</sup>。黄雅菊<sup>[50]</sup>研究发现, 木犀草素可通过对 p38MAPK、PPAR $\gamma$  信号通路的影响来抑制哮喘大鼠的气道炎症反应, 表明木犀草素可起到明显的抗炎及免疫调节作用。但是先抑制 p38MAPK 信号通路还是先激活 PPAR $\gamma$  信号通路仍需深入研究。周美玲<sup>[51]</sup>研究了紫苏叶挥发油中的主要成分紫苏醛和柠檬烯对小鼠免疫功能的影响, 结果表明紫苏挥发油能促进小鼠的生长, 提高小鼠免疫性能, 其中紫苏醛和柠檬烯均发挥了部分作用且紫苏醛的作用强于柠檬烯。紫苏醛显著能提高免疫器官指数和腹腔巨噬细胞 ACP 活性, 但显著降低 IgM 水平, 紫苏醛和

柠檬烯能降低大肠杆菌数。Rocha 等<sup>[52]</sup>发现,迷迭香酸可通过调节 NF- $\kappa$ B 和 MMP-9,减少促炎细胞因子的全身性释放,减轻肝肾肺等多器官功能障碍,25 mg/kg 的迷迭香酸可缓解超过 60%大鼠足爪肿胀,抑制中性粒细胞活性。

### 3.2 抗氧化

多酚类物质被认为是植物抗氧化活性的物质基础,能够显著抑制偶氮基自由基诱导或内皮细胞介导的低密度脂蛋白(LDL)氧化,增加内皮细胞中抗氧化酶 mRNA 和蛋白表达水平。紫苏叶含有多种多酚类物质,具有较高的抗氧化能力<sup>[49]</sup>。于海鑫等<sup>[39]</sup>研究了紫苏叶花色苷的抗氧化活性,结果表明紫苏叶花色苷对 DPPH 自由基、ABTS<sup>+</sup> 和超氧阴离子自由基的清除率分别达到 40.4%、52.7%和 43.7%,与 Vc 对照相比具有较好的抗氧化能力。黄红雨等<sup>[53]</sup>通过总抗氧化能力(ferric reducing antioxidant potential, FRAP)测定发现,紫苏叶花青素具有较强的铁离子还原氧化能力,此外紫苏叶花青素对 DPPH $\cdot$ 、 $\cdot$ OH、O<sub>2</sub><sup>-</sup>有特定的清除能力,具有一定的抗氧化能力。张玲<sup>[54]</sup>采用 HepG2 细胞评价了迷迭香酸含量为 92.941 mg/g 的紫苏叶粗提物的抗氧化性,表明有很强的抗氧化能力。

### 3.3 抑菌

紫苏挥发油是紫苏抗菌活性的主要成分,对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、化脓链球菌、假结核棒状杆菌有明显的抗菌作用<sup>[55]</sup>。Kang 等<sup>[56]</sup>发现,紫苏挥发油中的主要成分紫苏醛具有广谱的抗菌和抗真菌活性,与化合物 Polyodial 联合使用可发挥协同作用。黄红雨等<sup>[53]</sup>研究发现,不同浓度紫苏叶花青素对不同的菌株均有一定的抑制性能,尤其对大肠杆菌抑制效果较好,其最小抑菌浓度和最低杀菌浓度分别为 1.25 mg/mL 和 2.5 mg/mL,对腐败希瓦氏菌抑制作用不明显。林硕等<sup>[57]</sup>发现,紫苏醛

型挥发油对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌均有较好的抑制效果,对枯草芽孢杆菌作用稍强,其中紫苏醛含量 75.88%、柠檬烯含量 3.82%。

### 3.4 抗抑郁

紫苏叶中的紫苏醛与迷迭香酸是抗抑郁的主要活性成分<sup>[20,35]</sup>。Ji 等<sup>[58]</sup>给抑郁样行为的小鼠用紫苏醛灌胃或喂食 120 mg/kg,7d 后抑郁行为得到改善。Takeda 等<sup>[59]</sup>的小鼠强迫游泳实验证明,以迷迭香酸为主要成分的紫苏叶提取物能显著减少实验小鼠静止持续时间,产生抗抑郁作用。Takeda<sup>[60]</sup>的另一项研究发现,迷迭香酸可以促进小鼠大脑海马齿状回细胞的增殖,继而减轻抑郁模型小鼠的抑郁症状。

### 3.5 抗肿瘤

王晴等研究发现,紫苏原花青素在不影响正常细胞的情况下对 A549 癌细胞的抑制性较强,且抑制强度和花青素的浓度成正比,证明紫苏花青素是一种较好的抗癌活性物质。Gelb 等<sup>[61]</sup>人通过研究柠檬烯与紫苏醇对蛋白异戊烯化的抑制作用,证明柠檬烯与紫苏醇对大鼠晚期乳腺癌有治疗效果,作用途径可能为对蛋白异戊烯化。袁芃等<sup>[62]</sup>研究发现,紫苏挥发油能够明显抑制 LTP-a-2 细胞的生长,其最佳参考质量浓度为 20~30 mg/mL。

### 3.6 镇静作用

Honda 等<sup>[63]</sup>研究发现,给小鼠口服紫苏醛 100 mg/kg 与紫苏醛型紫苏叶水提物 4 g/kg 可以延长由环己巴比妥钠引起的睡眠。当紫苏醛 2.5 mg/kg 与植物甾醇 5 mg/kg 联合用药时,能显著延长小鼠睡眠,但单独给药时没有发现有延长睡眠的作用,说明二者的镇静作用是相互作用的,可能与植物甾醇增加细胞膜流动性从而增强紫苏醛对中枢神经系统的作用有关<sup>[64]</sup>。金建明等<sup>[65]</sup>发现紫苏水提取物对戊四氮致小鼠惊厥潜伏期有一定的延长作用。

#### 4 结束语

紫苏叶中含有多种生物活性成分,我国很早就有紫苏叶入药的记载,但我国对紫苏现代药理学研究起步较晚,目前研究多集中在几种较常见化合物如紫苏醛、花青素、木犀草素、花色苷等的生物活性,研究范围很小。紫苏叶中目前已鉴定出上百种化学物质,还有很多化学成分的生物活性还有待探讨。很多学者的研究常以紫苏叶的水提物或者醇提物的主要成分作为其生物活性的代表,对于提取物中其他化合物的协同作用机制研究较少,还有待加强。我国紫苏种质资源丰富,各品种之间紫苏叶化学成分差异巨大,药用效果也天差地别。在紫苏化学分类方面我国基本沿用日本学者的分类方法,有很多我国独有的紫苏品种无法命名,须尽快建立紫苏分类标准,为紫苏的合理利用奠定基础。

目前我国已利用紫苏叶的药理学特性开发出多种相关中药产品,如藿香正气系列、儿童清肺系列、感冒清热颗粒、参苏系列等中药制剂。日本也已开发出含有紫苏叶成分的化妆品、保健品、风味饮料等产品,开发前景广阔。对于紫苏叶的分析研究将助力紫苏产业的发展,为紫苏产品的开发提供理论支持。

#### 参考文献:

- [1] 赵 玮,党占海,张建平,等. 10 个苏子品种在兰州引种试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2016 (9): 46-48.
- [2] 李卫萍,魏长玲,张琛武,等. 紫苏栽培种质的形态分类及化学型关系研究[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(3): 454-459.
- [3] MAKINO T. Makino's new illustrated flora of Japan[M]. Tokyo: Hokuryu-kan, 1961.
- [4] NITTA M. Origin of perilla crops and their weedy type[M]. Kyoto: Kyoto University, Ph. D. Dissertation, 2001.
- [5] 张运晖,赵 瑛,欧巧明. 紫苏籽化学成分及生物活性研究进展[J]. 甘肃农业科技, 2020 (9): 63-71.
- [6] 谭美莲,严明芳,汪 磊,等. 国内外紫苏研究进展概述[J]. 中国油料作物学报, 2012, 34(2): 225-231.
- [7] 应艳杰,洪 台,何佳杰,等. 神经网络优化紫苏叶黄酮微波提取及抗氧化活性比较研究[J]. 中国食品学报, 2011, 11(3): 36-42.
- [8] 任永欣. 紫苏叶挥发油的抗炎作用及机理研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2002.
- [9] 中国药典委员会. 中华人民共和国药典: 第一部[M]. 北京: 中国医学科学出版社, 2015: 339-340.
- [10] 郭雪红. 重要紫苏药理及临床研究新进展[J]. 天津药学, 2016, 28(2): 70-73.
- [11] KIM M J, KIM H K. *Perilla* leaf extract ameliorates obesity and dyslipidemia induced by high-fat diet[J]. *Phytother Res.*, 2009, 23 (12): 1685-1690.
- [12] KIM E K, LEE S J, BEONG O L, et al. Antioxidative and neuroprotective effects of enzymatic extracts from leaves of *Perilla frutescens* var. japonica[J]. *Food Sci Biotechnol*, 2008, 17(2): 279-286.
- [13] 蒲海燕,李影球,李 梅. 紫苏的功能性成分及其产品开发[J]. 中国食品添加剂, 2009 (2): 133-137.
- [14] NITTA M, LEE J K, OHNISHI O. Asian *Perilla* crops and their weedy forms: their cultivation, utilization and genetic relationships[J]. *Econ. Bot*, 2003, 57(2): 245.
- [15] LI H L. The vegetables of ancient China[J]. *Society for Economic Botany*. 1969, 23: 253-260.
- [16] ZEVEN A C, WET J M J D E. Dictionary of cultivated plants and their regions of diversity. [M]. Holland: Wageningen University & Research: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1982.
- [17] 中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志: 第 66 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1977: 282.
- [18] 魏长玲,郭宝林,张琛武,等. 中国紫苏资源调查和紫苏叶挥发油化学型研究[J]. 中国

- 中药杂志, 2016, 41(10): 1823-1834.
- [19] 姚新生, 赵守训, 潘德济, 等. 天然药物化学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1995.
- [20] 杨慧, 马培, 林明宝, 等. 紫苏叶化学成分、抗炎作用及其作用机制研究进展[J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2017, 31(3): 279-286.
- [21] 魏长玲, 郭宝林. 紫苏叶挥发油的不同化学型及研究进展[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(15): 2937-2944.
- [22] 郭佳琪, 李卫萍, 沈奇, 等. 62 份非 PK 型紫苏种质的挥发油 GC-MS 分析和新化学型发现[J]. 中国现代中药, 2019, 21(8): 1068-1075.
- [23] 张旭. 紫苏属植物核型和叶片主要化学成分分析[D]. 雅安: 四川农业大学, 2009.
- [24] 刘一杰, 薛永常. 植物黄酮类化合物的研究进展[J]. 中国生物工程杂志, 2016, 36(9): 81-86.
- [25] 邹丽秋, 王彩霞, 匡雪君, 等. 黄酮类化合物合成途径及合成生物学研究进展[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(22): 4124-4128.
- [26] 闫超, 郭军, 张美莉, 等. 内蒙古荞麦总黄酮含量测定[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(2): 52-54.
- [27] 魏明. 麦冬提取物中总黄酮的含量测定[J]. 中国医药科学, 2015, 9(5): 58-59; 66.
- [28] 黄亮辉. 紫苏化学成分药材质量分析研究[D]. 西安: 西北大学, 2011.
- [29] HUO L N, WANG W, LIU Y, et al. Chemical constituents from leaves of *Perilla frutescens*[J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2016, 47(1): 26-31.
- [30] 代沙. 紫苏叶抗氧化物质提取、含量测定及抗氧化活性研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2013.
- [31] NAKAJIMA A, YAMAMOTO Y, YOSHINAKA N, et al. A new flavanone and other flavonoids from green *Perilla* leaf extract inhibit nitric oxide production in interleukin 1 $\beta$ -treated hepatocytes[J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2015, 79(1): 138-146.
- [32] TANG Y, CHEN X, SHEN P N. Research on the fingerprint of the volatile oil in *Folium Perillae*[J]. Shang J. Tradit Chin. Med., 2013, 47(9): 82-86.
- [33] 代沙, 吴卫, 李钰. HPLC 法测定不同品系紫苏酚类物质的含量[J]. 核农学报, 2014, 28(1): 108-115.
- [34] JUN H I, KIM B T, SONG G S, et al. Structural characterization of phenolic antioxidants from purple *Perilla* (*Perilla frutescens* var. *acuta*) leaves[J]. Food Chemistry, 2014, 148(4): 367-372.
- [35] 张琛武, 郭佳琪, 郭宝林. 紫苏中酚酸类成分研究进展[J]. 中国现代中药, 2017, 19(11): 1651-1658.
- [36] SAITO K, YAMAZAKI M. Biochemistry and molecular biology of the late-stage of biosynthesis of anthocyanin: lessons from *Perilla frutescens* as a model plant[J]. New Phytologist, 2002, 155: 9-23.
- [37] HE Y K, YAO Y Y, CHANG Y N. Characterization of anthocyanins in *Perilla frutescens* var. *acuta* extract by advanced UPLC-ESI-IT-TOF-MSn method and their anticancer bioactivity[J]. Molecules, 2015, 20(5): 9155-9169.
- [38] 崔丽霞. 紫苏花色苷提取纯化及其微胶囊化研究[D]. 太原: 中北大学, 2018.
- [39] 于海鑫, 张秀玲, 高诗涵, 等. 紫苏叶花色苷微波辅助提取工艺优化及其抗氧化活性[J]. 食品工业, 2019, 40(10): 51-55.
- [40] 蔡宁晨. 紫苏叶花色苷的提取分析及其功能的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [41] 郭佳琪. 紫苏种质中化学成分的评价[D]. 南昌: 江西中医药大学, 2019.
- [42] 欧丽兰, 余昕, 张椿, 等. 黄花菜多糖的提取工艺及抗肿瘤活性研究[J]. 四川农业大学学报, 2016, 34(2): 201-205.
- [43] 武永福. 黄花菜多糖的提取工艺及含量测定[J]. 中国食物与营养, 2015, 21(5): 54-57.
- [44] KWON K H, KIM K I, JUN W J, et al. In vitro and in vivo effects of macrophage-stimulatory polysaccharide from leaves of *Peril-*

- la frutescens* var. *crispa*[J]. Biological & pharmaceutical bulletin, 2002, 25(3): 121-130.
- [45] YI LI TAO, WANG XING, WANG YU, et al. Antidepressant-like effects of monarch drug compatibility in Banxia Houpu Decoction [J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2010, 8(5): 0362-0369.
- [46] 张丽红. 紫苏叶多糖提取与抗氧化活性的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- [47] 张卫明, 石雪萍. 紫苏全草营养成分测定[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(2): 132-134.
- [48] 张丽红, 谢三都, 徐芳, 等. 紫苏叶多糖活性炭脱色工艺优化[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 224-241.
- [49] 何育佩, 郝二伟, 谢金玲. 紫苏药理作用及其化学物质基础研究进展[J]. 中草药, 2018, 49(16): 3957-3968.
- [50] 黄雅菊. 木犀草素抑制哮喘大鼠气道炎症的机制研究[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2015, 16(6): 737-740.
- [51] 周美玲. 紫苏挥发油及其主要成分紫苏醛和柠檬烯对小鼠生长和免疫功能的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2014.
- [52] ROCHA J, EDUARDO - FIGUEIRA M, BARATEIRO A, et al. Anti-inflammatory effect of rosmarinic acid and an extract of *Rosmarinus officinalis* in rat models of local and systemic inflammation[J]. Basic Clin Pharmacol Toxicol, 2015, 116(5): 398-413.
- [53] 黄红雨, 赵虎, 金晓艳. 紫苏叶花青素提取工艺及其活性研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(14): 50-57.
- [54] 张玲. 紫苏多种活性成分测定及抗氧化活性初步研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2016.
- [55] 周勤梅, 朱德伟, 罗孟兰, 等. 紫苏属植物的化学成分及其生物活性研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2019, 37(8): 1826-1831.
- [56] KANG R, HELMS R, STOUT M J, et al. Antimicrobial activity of the volatile constituents of *Perilla frutescens* and its synergistic effects with polygodial[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 1992, 40(11): 2328-2330.
- [57] 林硕, 邵平, 马新, 等. 紫苏挥发油成分 GC/MS 分析及抑菌评价研究[J]. 核农学报, 2009, 23(3): 477.
- [58] JI W W, WANG S Y, MA Z Q, et al. Effects of perillaldehyde on alternations in serum cytokines and depressive-like behavior in mice after lipopolysaccharide administration [J]. Pharmacol. Biochem. Behav., 2014, 116: 1-8.
- [59] TAKEDA H, TSUJI M, INAZU M, et al. Rosmarinic acid and caffeic acid produce antidepressive-like effect in the forced swimming test in mice[J]. European Journal of Pharmacology, 2002, 449 (3): 261-267.
- [60] TAKEDA H, TSUJI M, MATSUMIYA T, et al. Identification of rosmarinic acid as a novel antidepressive substance in the leaves of *Perilla frutescens* Britton var. *acuta* Kudo (*Perillae Herba*) [J]. Nihon Shinkei Seishin Yakurigaku Zasshi, 2002, 22(1): 15-22.
- [61] GELB M H, TAMANOI F, YOKOYAMA K, et al. The inhibition of protein prenyltransferases by oxygenated metabolites of limonene and perillyl alcohol [J]. Cancer Lett, 1995, 91: 169.
- [62] 袁芃, 牛晓涛, 宋梦薇, 等. 紫苏挥发油对人肺癌细胞的体外抑制作用研究[J]. 食品科技, 2017, 42(2): 235-238.
- [63] HONDA G, KOEZUKA Y, KAMISAKO W, et al. Isolation of sedative principles from *Perilla frutescens* [J]. Pharmaceutical Soc Japan, 1986, 34(4): 1672.
- [64] YU H C, KOSUNA K, HAGA M. *Perilla*-the genus *Perilla* [M]. Boca Raton: The Chemical Rubber Company Press, 1997: 135.
- [65] 金建明, 王正山. 紫苏水提取物对小鼠镇静催眠作用的实验研究[J]. 泰州职业技术学院学报, 2012, 12(6): 102-104.

(本文责编: 杨杰)