

不同种质紫苏叶挥发性成分化学型研究[△]

陈家宝^{1*}, 郭 龙¹, 温春秀², 齐琳琳², 温赛群², 郑玉光^{1,3}, 王 蕾^{1#}(1.河北中医学院药学院/河北省中药炮制技术创新中心, 石家庄 050200; 2.河北省农林科学院经济作物研究所, 石家庄 050051; 3.河北化工医药职业技术学院, 石家庄 050026)

中图分类号 R282.6 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2021)08-0945-07

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2021.08.09

摘要 目的:分析不同种质紫苏叶挥发性成分的化学型,并探讨其种质、叶片颜色与化学型的关系。方法:采用气质联用技术(GC-MS),以P4峰为参照,绘制30批紫苏叶挥发性成分的指纹图谱,采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2004A版)》进行相似度评价,确定共有峰。采用同一GC-MS法测定紫苏叶挥发性成分;采用Qualitative Navigator(B.08.00)软件分析并与NIST 17标准质谱数据库进行检索对比,分析各色谱峰对应的化合物;采用Origin 2018软件进行聚类分析。结果:30批紫苏叶挥发性成分共有13个共有峰,相似度为0.13~1.00。从30批不同种质紫苏叶样品中共鉴定出54种成分;聚类分析结果显示,30批样品可聚为三大类,其中SCY-1、YNT-9、YNX-17、YN-28为一类,以榄香素(PP-e)为主要挥发性成分,为PP-e型;GS-4、GS-7、GS-11、GS-19、HBA-14、HBA-20、GZZ-8、LN-39、GSL-27、GSQ-32、GSQ-33、GST-31、YNW-12、LN-38为一类,除LN-38外均以紫苏酮(PK)含量最高,为PK型[LN-38中芹菜脑(PP-a)含量高于紫苏酮,为PP-a型];HBS-2、HBS-3、HBS-6、HBS-15、HBS-16、HBS-24、HBS-25、GX-26、SXS-30、SCC-36、RB-37、SC-29为一类,以紫苏醛(PA)含量较高,为PA型;不同种质紫苏叶颜色特征结果显示,叶片颜色两面绿的白苏均为PK型,而叶片单面或两面紫的紫苏大多为PA型,耳齿紫苏多为PP-e型。结论:紫苏叶挥发性成分化学型与其叶片颜色之间存在一定的对应关系,叶片单面或两面紫的紫苏叶大多为PA型;叶片颜色为两面绿的野生紫苏、耳齿紫苏、白苏均不属于PA型,其中白苏均为PK型;耳齿紫苏多为PP-e型。

关键词 紫苏叶;气质联用技术;挥发性成分;化学型;指纹图谱

Chemotype Study of Volatile Components from Perillae Folium of Different Germplasms

CHEN Jiabao¹, GUO Long¹, WEN Chunxiu², QI Linlin², WEN Saiqun², ZHENG Yuguang^{1,3}, WANG Lei¹ (1. College of Pharmacy/Traditional Chinese Medicine Processing Technology Innovation Center of Hebei Province, Hebei University of Chinese Medicine, Shijiazhuang 050200, China; 2. Institute of Cash Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China; 3. Hebei Chemical and Pharmaceutical College, Shijiazhuang 050026, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To analyze the chemotypes of volatile components from Perillae Folium of different germplasms, and to investigate the relationship of germplasm and leaf color with chemotype. METHODS: The fingerprints of volatile components from 30 batches of Perillae Folium were prepared by GC-MS with P4 peak as reference. *Similarity Evaluation System for TCM Chromatographic Fingerprint* (2004A edition) was applied to evaluate the similarity and confirm common peaks. The volatile components of Perillae Folium were determined by the same GC-MS method. Qualitative Navigator (B.08.00) software was used to analyze and compare with NIST 17.0 standard mass spectrum database. The compounds corresponding to the peak were analyzed; clustering analysis was carried out with Origin 2018 software. RESULTS: There were 13 common peaks in the fingerprints of volatile components from 30 batches of Perillae Folium. The similarities were 0.13-1.00. Totally 54 components were identified from 30 batches of Perillae Folium of different germplasm. Cluster analysis showed that 30 batches of Perillae Folium samples could be clustered into three categories; among them, SCY-1, YNT-9, YNX-17, YN-28 were clustered into one category, with phenylpropanoid-elemicin (PP-e) as the main volatile component, being PP-e type; GS-4, GS-7, GS-11, GS-19, HBA-14, HBA-20, GZZ-8, LN-39, GSL-27, GSQ-32, GSQ-33, GST-31, YNW-12, LN-38 were clustered into one category, and the content of perilla ketone (PK) in them was the highest except for LN-38, being PK type [the content of phenylpropanoid-apiol (PP-a) in LN-38 was higher than that of perilla ketone, being PP-a type]; HBS-2, HBS-3, HBS-6, HBS-15, HBS-16, HBS-24, HBS-25, GX-26, SXS-30, SCC-36, RB-37, SC-29 were clustered into one category, and the content of perillaldehyde (PA) was the highest, being PA type. The color characteristics of Perillae Folium of different germplasm showed that *Perilla frutescens* (L.) Britt. var.

[△] 基金项目:国家中药材产业技术体系项目(No.CARS-21);河北省自然科学基金资助项目(No.C2020423047);河北省中医药管理局科研计划项目(No.2019083);河北省引进留学人员资助项目(No.C201859);河北中医学院优秀青年教师基础研究计划项目;河北中医学院博士科研基金资助项目

* 硕士研究生。研究方向:中药药效物质分析。E-mail:18732-365265@163.com

通信作者:讲师,博士。研究方向:植物代谢产物分析及生物合成途径。电话:0311-89926437。E-mail:wanglei1031@126.com

frutescens with green leaves on both sides was PK type, while *P. frutescens* (L.) Britt. var. *arguta* with purple leaves on one or both sides was PA type, and *P. frutescens* (L.) Britt. var. *auriculato-dentata* C. Y. Wu et Hsuan ex H. W. Li was PP-e type. CONCLUSIONS: The chemotype of volatile components in *Perillae Folium* have a certain corresponding relationship with their leaf colors. Most of *P. frutescens* (L.) Britt. var. *arguta* with purple leaves on one side or both sides are PA type. *P. frutescens* (L.) Britt. var. *acuta* (Thunb.) Kudo, *P. frutescens* (L.) Britt. var. *auriculato-dentata* C. Y. Wu et Hsuan ex H. W. Li and *P. frutescens* (L.) Britt. var. *frutescens* with green leaves on both sides do not belong to PA type, among which *P. frutescens* (L.) Britt. var. *frutescens* is PK type, while *P. frutescens* (L.) Britt. var. *auriculato-dentata* C. Y. Wu et Hsuan ex H. W. Li is mostly PP-e type.

KEYWORDS *Perillae Folium*; GC-MS; Volatile components; Chemotypes; Fingerprint

紫苏 *Perilla frutescens* (L.) Britt. 为唇形科紫苏属一年生直立草本植物,在我国分布广泛,河北、甘肃、辽宁、山西、陕西、山东、江苏、湖南、湖北、云南、四川、广西、广东等省(区)均有广泛种植,可供药用和食用^[1]。紫苏始载于《名医别录》,列为中品,分“苏”和“荏”记载^[2]。紫苏叶为紫苏的干燥叶(或带嫩枝),其辛、温,归肺、脾经,具有解表散寒、行气和胃之功效,常用于治疗风寒感冒、咳嗽呕恶、妊娠呕吐、鱼虾中毒等症^[3]。现代药理研究发现,紫苏叶具有降血压、镇静、调节糖脂代谢、抗抑郁、抗氧化和抗肿瘤等药理活性^[4-10]。

《中国植物志(第66卷)》记载的紫苏属植物只包括紫苏(原变种) *P. frutescens* (L.) Britt. var. *frutescens* 这1个种及回回苏 *P. frutescens* (L.) Britt. var. *crispa* (Thunb.) Hand.-Mazz.、野生紫苏 *P. frutescens* (L.) Britt. var. *acuta* (Thunb.) Kudo 和耳齿紫苏 *P. frutescens* (L.) Britt. var. *auriculato-dentata* C. Y. Wu et Hsuan ex H. W. Li 等3个变种^[1]。但历代本草常将叶片颜色为两面绿者称为“白苏”,单面或者双面紫者称为紫苏^[11]。《本草经集注》曰,“叶下紫色,而气甚香,其无紫色不香似荏者,名野苏,不堪用”^[12]。可见,当时所称的“荏”就是现代所称的“白苏”^[11]。历代本草将二者分开,并明确指出“白苏”不能代替“紫苏”入药,可见古人用药时就将叶片颜色及气味不尽相同的“紫苏”和“白苏”分开使用。2020年版《中国药典》(一部)对紫苏叶的性状描述也为“两面紫色或者上表面绿色,下表面紫色”^[3]。紫苏外观形态差异较大,目前对紫苏属植物种系及变种的分类存在一定争议,国内有学者建议将“紫苏”定名为 *P. frutescens* (L.) Britt. var. *arguta*, “白苏”定名为 *P. frutescens* (L.) Britt. var. *frutescens*^[13-14]。现代分类学家 Merrill 认为,叶片颜色这一性状的变异是由栽培引起的,《中国植物志(第66卷)》中也将“紫苏”和“白苏”归并为一种^[1]。

挥发油是紫苏发挥药效的重要成分,具有抑菌、抗抑郁、抗炎、抗氧化、解热等药理活性^[15-19]。2020年版《中国药典》(一部)规定,紫苏叶总挥发油含量不得少于0.40% (mL/g)^[2]。日本学者研究了紫苏叶挥发性成分的构成,并根据紫苏叶所含挥发性成分的主要类型和含量差异,将其分为紫苏醛型(PA)、紫苏酮型(PK)、柠檬醛型(C)、芳香族化合物(PP)、胡椒烯酮型(PT)、香薷酮型(EK)等6种化学型^[20-21]。我国学者也对国内紫苏种质

资源的挥发性成分化学型进行了研究,结果表明,紫苏化学型与表型存在一定的相关性,从紫苏植物的外部形态可以初步判断其化学型及其主要化学成分,但这种相关性并不是绝对的^[22-24]。

气质联用技术(GC-MS)始于20世纪50年代后期,其兼具气相色谱的高分辨率和质谱的高灵敏度,特别适用于复杂挥发性组分的分离、分析,现已被广泛用于食品、医药、化工等领域的研究^[25-27]。为探讨紫苏叶片颜色、种质划分与其挥发性成分化学型的关系,本研究对30批不同品种的紫苏叶片颜色特征进行考察;采用GC-MS法分析紫苏叶挥发性成分构成,比较不同品种紫苏叶挥发性成分指纹图谱的差异;采用聚类分析并结合紫苏叶挥发性成分特征确定不同品种紫苏叶的化学型;同时,结合紫苏叶片颜色信息,探讨紫苏叶片颜色与化学型之间的关系,旨在为紫苏植物学分类及紫苏不同种质资源应用提供参考。

1 材料

1.1 主要仪器

本研究所用主要仪器有 Agilent 7890B/5977B 型 GC-MS 仪(美国 Agilent 公司)、FW100 型高速万能粉碎机(天津泰斯特仪器有限公司)、BSA224S-CW 型万分之一电子分析天平(赛多利斯科学仪器有限公司)、JP-060S 型洁盟牌超声波清洗机(深圳市洁盟清洗设备有限公司)、Eppendorf 5418 型高速台式离心机(艾本德中国有限公司)等。

1.2 主要药品与试剂

正己烷(上海阿拉丁生化科技股份有限公司,批号 M0102-21230,纯度≥98%,色谱纯)。

30批紫苏子于2019年5月播种于河北省农林科学院中草药种植园,于2019年8月31日采收新鲜叶片,阴干后作为紫苏叶样品。各样品经河北中医学院药学院郑玉光教授鉴定为紫苏及其变种的干燥叶(鉴定结果见表1),标本存放于河北中医学院中药炮制技术创新中心。30批紫苏叶样品信息来源见表1。

2 方法与结果

2.1 紫苏叶挥发性成分 GC-MS 指纹图谱的建立

2.1.1 紫苏叶挥发性成分的提取 取干燥的紫苏叶样品净选后粉碎,过60目筛。称取样品粉末0.10 g,置于1.5 mL 离心管中,加入正己烷1 mL,充分振摇,超声(功

表1 30批紫苏叶样品信息来源

Tab 1 Sample information of 30 batches of *Perillae Folium*

编号	种质	种质来源	叶片颜色
HBS-2	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	河北石家庄	正面中间绿周围紫
HBS-3	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	河北石家庄	正面中间绿周围紫
GZZ-8	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	贵州遵义	正面绿背面紫
HBS-15	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	河北石家庄	两面紫
HBS-16	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	河北石家庄	两面紫
SC-29	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	四川	正面紫绿色背面紫
SXS-30	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	陕西商洛	正面绿背面紫绿色
GSQ-32	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	甘肃庆阳	两面紫
RB-37	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	日本	两面紫
HBS-6	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	河北石家庄	正面绿背面微紫
HBS-24	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	河北石家庄	两面紫
HBS-25	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	河北石家庄	两面紫
LN-38	紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>arguta</i>	辽宁	两面绿叶脉紫色
HBA-14	白苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>frutescens</i>	河北安国	两面绿
GSQ-33	白苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>frutescens</i>	甘肃庆阳	两面绿
GS-4	白苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>frutescens</i>	甘肃	两面绿
GS-7	白苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>frutescens</i>	甘肃	两面绿
GS-11	白苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>frutescens</i>	甘肃	两面绿
GS-19	白苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>frutescens</i>	甘肃	两面绿
HBA-20	白苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>frutescens</i>	河北安国	两面绿
GSL-27	白苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>frutescens</i>	甘肃兰州	两面绿
GST-31	白苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>frutescens</i>	甘肃天水	两面绿
LN-39	白苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>frutescens</i>	辽宁	两面绿
YNT-9	耳齿紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>auriculato-dentata</i> C. Y. Wu et Hsuan ex H. W. Li	云南宣威田坝	两面绿
YNW-12	耳齿紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>auriculato-dentata</i> C. Y. Wu et Hsuan ex H. W. Li	云南文山	两面绿
YNX-17	耳齿紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>auriculato-dentata</i> C. Y. Wu et Hsuan ex H. W. Li	云南宣威文兴	两面绿
YN-28	耳齿紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>auriculato-dentata</i> C. Y. Wu et Hsuan ex H. W. Li	云南	两面绿
SCY-1	野生紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>acuta</i> (Thunb.) Kudo	四川仪陇	两面绿叶脉淡紫
SCC-36	野生紫苏 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>acuta</i> (Thunb.) Kudo	四川成都	正面绿背面紫
GX-26	回回紫 <i>P. frutescens</i> (L.) Britt. var. <i>crispa</i> (Thunb.) Hand-Mazz.	广西	正面绿背面紫

率 300 W, 频率 40 kHz) 提取 15 min, 以 13 000 r/min 离心 10 min, 取上清液, 即得。

2.1.2 试验条件 气相色谱条件——以 HP-5 石英毛细管柱 (0.32 mm×30.0 m, 0.25 μm) 为色谱柱, 载气为高纯氮气, 进样口温度为 250 °C, 程序升温 (初始温度从 45 °C 开始, 以 10 °C/min 升温到 100 °C; 再以 4 °C/min 升到 280 °C, 保持 10 min), 进样量为 1 μL, 分流比为 2:1。质谱条件——以电子轰击离子源为离子源, 离子能量为 70 eV, 接口温度为 250 °C, 扫描质量范围为 50~500 amu, 溶剂延迟时间为 3 min。

2.1.3 精密度试验 取“2.1.1”项下提取的紫苏叶挥发性成分 (编号 HBS-2) 适量, 按“2.1.2”项下试验条件连续进样 6 次, 记录色谱图。以 P4 峰 (因 P4 峰相对含量较高且稳定) 为参照, 计算各共有峰的相对保留时间和相对峰面积。结果, 13 个共有峰相对保留时间的 RSD 为 0.02%~0.21% (n=6), 相对峰面积的 RSD 为 0.21%~2.58% (n=6), 表明方法精密度良好。

2.1.4 稳定性试验 取“2.1.1”项下提取的紫苏叶挥发性成分 (编号 HBS-2) 适量, 分别于室温下放置 0、2、4、8、

12、24 h 时按“2.1.2”项下试验条件进样分析。以 P4 峰为参照, 计算各共有峰的相对保留时间和相对峰面积。结果, 13 个共有峰相对保留时间的 RSD 为 0.02%~0.16% (n=6), 相对峰面积的 RSD 为 0.27%~2.70% (n=6), 表明上述样品于室温下放置 24 h 内稳定性良好。

2.1.5 重复性试验 取紫苏叶样品 (编号 HBS-2) 粉末, 共 6 份, 每份 0.10 g, 按“2.1.1”项下方法提取紫苏叶挥发性成分, 再按“2.1.2”项下试验条件进样分析。以 P4 峰为参照, 计算各共有峰的相对保留时间和相对峰面积。结果, 13 个共有峰相对保留时间的 RSD 为 0.03%~0.61% (n=6), 相对峰面积的 RSD 为 0.20%~2.94% (n=6), 表明方法重复性良好。

2.1.6 指纹图谱的建立 按“2.1.1”项下方法提取 30 批紫苏叶样品的挥发性成分, 再按“2.1.2”项下试验条件进样分析。将所得 30 批样品的 GC-MS 图谱数据导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统 (2004A 版)》, 以 HBS-2 批样品为参照图谱, 设置时间窗口为 0.1 min, 经共有峰多点自动校正, 生成 30 批紫苏叶挥发性成分的叠加指纹图谱 (图 1), 采用中位数矢量法生成对照指纹图谱 (R)。结果, 30 批紫苏叶挥发性成分的叠加指纹图谱中共有 13 个共有峰 (P1~P13)。

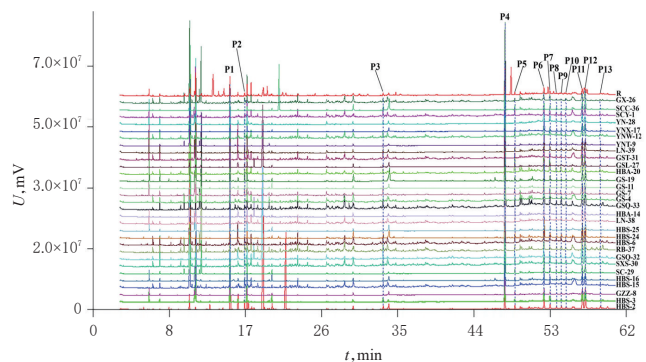


图1 30批紫苏叶样品挥发性成分的GC-MS叠加指纹图谱及对照指纹图谱

Fig 1 GC-MS superimposed fingerprints and control fingerprint of volatile components from 30 batches of *Perillae Folium* samples

2.1.7 相似度评价 将 30 批紫苏叶样品挥发性成分的色谱图导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统 (2004A 版)》, 进行相似度评价。结果, 各批样品的相似度为 0.13~1.00, 表明 30 批紫苏叶挥发性成分的相对含量存在明显差异, 详见表 2。

有研究认为, 各样品间相似度越接近 1, 其挥发性成分的组成和相对含量相似度越高^[28-30], 故本研究以相似度大于 0.75 为标准进行分组。结果, SCY-1、YNT-9、YNX-17、YN-28 为第一组; HBS-2、HBS-3、HBS-6、HBS-15、HBS-16、HBS-24、HBS-25、GX-26、SC-29、

表2 30批紫苏叶样品挥发性成分的相似度评价结果

Tab 2 Similarity evaluation results of volatile components from 30 batches of Perillae Folium samples

编号	HBS-2	HBS-3	GZZ-8	HBS-15	HBS-16	SC-29	SXS-30	GSQ-32	RB-37	HBS-6	HBS-24	HBS-25	LN-38	HBA-14	GSQ-33	GS-4	GS-7	GS-11	GS-19	HBA-20	GSL-27	GST-31	LN-39	YNT-9	YNW-12	YNX-17	YN-28	SCY-1	SCC-36	GX-26	R
HBS-2	1.00	0.97	0.32	1.00	0.93	0.91	0.99	0.31	0.89	0.99	0.97	0.99	0.50	0.37	0.27	0.33	0.45	0.45	0.50	0.44	0.33	0.38	0.44	0.44	0.35	0.41	0.38	0.27	0.99	0.95	0.72
HBS-3	0.97	1.00	0.31	0.97	0.93	0.87	0.96	0.30	0.91	0.97	0.94	0.96	0.52	0.41	0.29	0.32	0.46	0.42	0.50	0.45	0.34	0.39	0.43	0.41	0.35	0.38	0.35	0.24	0.96	0.96	0.70
GZZ-8	0.32	0.31	1.00	0.32	0.38	0.30	0.32	0.99	0.38	0.29	0.29	0.31	0.34	0.92	0.97	0.98	0.83	0.80	0.86	0.81	0.97	0.79	0.38	0.27	0.97	0.27	0.24	0.16	0.33	0.27	0.72
HBS-15	1.00	0.97	0.32	1.00	0.95	0.90	0.99	0.32	0.88	0.99	0.96	0.99	0.54	0.39	0.28	0.34	0.47	0.46	0.53	0.48	0.34	0.40	0.46	0.44	0.37	0.43	0.39	0.27	0.99	0.95	0.74
HBS-16	0.93	0.93	0.38	0.95	1.00	0.84	0.95	0.38	0.94	0.93	0.90	0.95	0.63	0.47	0.32	0.40	0.56	0.55	0.65	0.60	0.41	0.47	0.57	0.46	0.44	0.46	0.41	0.25	0.94	0.88	0.81
SC-29	0.91	0.87	0.30	0.90	0.84	1.00	0.88	0.29	0.80	0.89	0.90	0.88	0.41	0.31	0.23	0.32	0.36	0.40	0.43	0.38	0.27	0.32	0.36	0.45	0.35	0.39	0.39	0.31	0.91	0.88	0.65
SXS-30	0.99	0.96	0.32	0.99	0.95	0.88	1.00	0.31	0.89	0.99	0.97	0.99	0.51	0.38	0.27	0.34	0.46	0.47	0.53	0.47	0.33	0.38	0.46	0.42	0.35	0.41	0.37	0.24	0.99	0.94	0.72
GSQ-32	0.31	0.30	0.99	0.32	0.38	0.29	0.31	1.00	0.37	0.29	0.27	0.31	0.35	0.93	0.97	0.98	0.84	0.80	0.87	0.83	0.98	0.79	0.73	0.26	0.98	0.27	0.24	0.15	0.33	0.26	0.46
RB-37	0.89	0.91	0.38	0.88	0.94	0.80	0.89	0.37	1.00	0.87	0.86	0.88	0.58	0.48	0.34	0.38	0.54	0.53	0.60	0.55	0.40	0.46	0.55	0.48	0.43	0.42	0.39	0.25	0.89	0.84	0.79
HBS-6	0.99	0.97	0.29	0.99	0.93	0.89	0.99	0.29	0.87	1.00	0.97	0.99	0.49	0.36	0.25	0.32	0.43	0.43	0.49	0.44	0.31	0.36	0.42	0.40	0.33	0.39	0.36	0.24	0.98	0.96	0.68
HBS-24	0.97	0.94	0.29	0.96	0.90	0.90	0.97	0.27	0.86	0.97	1.00	0.96	0.38	0.29	0.22	0.30	0.35	0.41	0.42	0.35	0.27	0.29	0.37	0.40	0.29	0.37	0.32	0.25	0.97	0.92	0.63
HBS-25	0.99	0.96	0.31	0.99	0.95	0.88	0.99	0.31	0.88	0.99	0.96	1.00	0.54	0.39	0.27	0.33	0.47	0.46	0.53	0.49	0.33	0.40	0.47	0.41	0.36	0.41	0.38	0.24	0.98	0.95	0.72
LN-38	0.50	0.52	0.34	0.54	0.63	0.41	0.51	0.35	0.58	0.49	0.38	0.54	1.00	0.59	0.33	0.40	0.62	0.48	0.67	0.64	0.41	0.50	0.71	0.39	0.47	0.43	0.41	0.21	0.51	0.50	0.74
HBA-14	0.37	0.41	0.92	0.39	0.47	0.31	0.38	0.93	0.48	0.36	0.29	0.39	0.59	1.00	0.96	0.91	0.91	0.79	0.94	0.90	0.97	0.83	0.88	0.32	0.96	0.34	0.33	0.18	0.39	0.36	0.61
GSQ-33	0.27	0.29	0.97	0.28	0.32	0.23	0.27	0.97	0.34	0.25	0.22	0.27	0.33	0.96	1.00	0.94	0.83	0.75	0.85	0.80	0.23	0.81	0.81	0.23	0.96	0.23	0.22	0.13	0.28	0.25	0.41
GS-4	0.33	0.32	0.98	0.34	0.40	0.32	0.34	0.98	0.38	0.32	0.30	0.33	0.40	0.91	0.94	1.00	0.82	0.81	0.86	0.83	0.95	0.77	0.75	0.27	0.96	0.28	0.24	0.15	0.35	0.28	0.47
GS-7	0.45	0.46	0.83	0.47	0.56	0.36	0.46	0.84	0.54	0.43	0.35	0.47	0.62	0.91	0.83	0.82	1.00	0.93	0.92	0.97	0.88	0.98	0.97	0.35	0.87	0.39	0.36	0.18	0.47	0.39	0.68
GS-11	0.45	0.42	0.80	0.46	0.55	0.40	0.47	0.80	0.53	0.43	0.41	0.46	0.48	0.79	0.75	0.81	0.93	1.00	0.84	0.91	0.80	0.92	0.96	0.35	0.80	0.37	0.33	0.20	0.48	0.37	0.63
GS-19	0.50	0.50	0.86	0.53	0.65	0.43	0.53	0.87	0.60	0.49	0.42	0.53	0.67	0.94	0.85	0.86	0.92	0.84	1.00	0.95	0.91	0.84	0.92	0.39	0.91	0.43	0.40	0.20	0.53	0.45	0.74
HBA-20	0.44	0.45	0.81	0.48	0.60	0.38	0.47	0.83	0.55	0.44	0.35	0.49	0.64	0.90	0.80	0.83	0.97	0.91	0.95	1.00	0.86	0.93	0.97	0.35	0.88	0.40	0.37	0.17	0.47	0.40	0.70
GSL-27	0.33	0.34	0.97	0.34	0.41	0.27	0.33	0.98	0.40	0.31	0.27	0.33	0.41	0.97	0.23	0.95	0.88	0.80	0.91	0.86	1.00	0.33	0.36	0.28	0.98	0.29	0.27	0.15	0.34	0.28	0.51
GST-31	0.38	0.39	0.79	0.40	0.47	0.32	0.38	0.79	0.46	0.36	0.29	0.40	0.50	0.83	0.81	0.77	0.98	0.92	0.84	0.93	0.33	1.00	0.95	0.33	0.82	0.34	0.33	0.18	0.39	0.34	0.59
LN-39	0.44	0.43	0.38	0.46	0.57	0.36	0.46	0.73	0.55	0.42	0.37	0.47	0.71	0.88	0.81	0.75	0.97	0.96	0.92	0.97	0.36	0.95	1.00	0.35	0.79	0.38	0.34	0.17	0.46	0.38	0.65
YNT-9	0.44	0.41	0.27	0.44	0.46	0.45	0.42	0.26	0.48	0.40	0.40	0.41	0.39	0.32	0.23	0.27	0.35	0.35	0.39	0.35	0.28	0.33	0.35	1.00	0.31	0.97	0.98	0.83	0.45	0.36	0.59
YNW-12	0.35	0.35	0.97	0.37	0.44	0.35	0.35	0.98	0.43	0.33	0.29	0.36	0.47	0.96	0.96	0.96	0.87	0.80	0.91	0.88	0.98	0.82	0.79	0.31	1.00	0.30	0.29	0.17	0.37	0.31	0.52
YNX-17	0.41	0.38	0.27	0.43	0.46	0.39	0.41	0.27	0.42	0.39	0.37	0.41	0.43	0.34	0.23	0.28	0.39	0.37	0.43	0.40	0.29	0.34	0.38	0.97	0.30	1.00	0.98	0.82	0.43	0.34	0.59
YN-28	0.38	0.35	0.24	0.39	0.41	0.39	0.37	0.24	0.39	0.36	0.32	0.38	0.41	0.33	0.22	0.24	0.36	0.33	0.40	0.37	0.27	0.33	0.34	0.98	0.29	0.98	1.00	0.83	0.39	0.33	0.55
SCY-1	0.27	0.24	0.16	0.27	0.25	0.31	0.24	0.15	0.25	0.24	0.25	0.24	0.21	0.18	0.13	0.15	0.18	0.20	0.20	0.17	0.15	0.18	0.17	0.83	0.17	0.82	0.83	1.00	0.27	0.22	0.36
SCC-36	0.99	0.96	0.33	0.99	0.94	0.91	0.99	0.33	0.89	0.98	0.97	0.98	0.51	0.39	0.28	0.35	0.47	0.48	0.53	0.47	0.34	0.39	0.46	0.45	0.37	0.43	0.39	0.27	1.00	0.94	0.75
GX-26	0.95	0.96	0.27	0.95	0.88	0.88	0.94	0.26	0.84	0.96	0.92	0.95	0.50	0.36	0.25	0.28	0.39	0.37	0.45	0.40	0.28	0.34	0.38	0.36	0.31	0.34	0.33	0.22	0.94	1.00	0.63
R	0.72	0.70	0.72	0.74	0.81	0.65	0.72	0.46	0.79	0.68	0.63	0.72	0.74	0.61	0.41	0.47	0.68	0.63	0.74	0.70	0.51	0.59	0.65	0.59	0.52	0.59	0.55	0.36	0.75	0.63	1.00

SXS-30、SCC-36、RB-37为第二组；GS-4、GS-7、GZZ-8、GS-11、YNW-12、HBA-14、GS-19、HBA-20、GST-31、GSQ-32、GSQ-33为第三组；GSL-27及LN-39相似度较低，但二者均与第三组样品的相似度较高，可归为第三组，而LN-38与其他样品相似度在0.21~1.00之间，与样品GS-7、HBS-16、GS-19、HBA-20相似度大于0.6，提示LN-38为介于第二组和第三组之间的一个类型。

2.2 紫苏叶挥发性成分的鉴定

将30批紫苏叶样品适量混合后，按“2.1.1”项下方法提取紫苏叶挥发性成分，再按“2.1.2”项下试验条件进样分析，得到紫苏叶挥发性成分GC-MS总离子流图(图2)；采用Qualitative Navigator(B.08.00)软件对紫苏叶不同挥发性成分的总离子流图进行匹配。结果，共得到54个特征峰，约占总峰面积的90%。通过将各峰质谱图与NIST 17.0标准质谱数据库进行检索比对，鉴别得到54个特征峰所对应的挥发性成分，结果见表3。

2.3 紫苏叶挥发性成分化学型分析

采用Qualitative Workflows(B.08.00)软件及Quant Analysis(B.09.00)定量分析软件提取30批紫苏叶样品

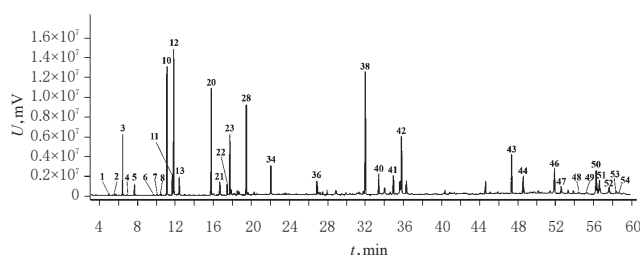


图2 紫苏叶挥发性成分GC-MS总离子流图

Fig 2 GC-MS total ion chromatogram of volatile components from Perillae Folium

中54个挥发性成分的峰面积进行相对定量分析(将峰面积进行归一化及对数转化后，计算相对含量)；采用Origin 2018软件以组间平均数连接法、Euclidean距离为度量标准进行聚类分析。结果，54个挥发性成分中相对含量较高的化合物为D-柠檬烯、紫苏酮、紫苏醛、石竹烯、榄香素、棕榈酸、角鲨烯等，且不同紫苏叶样品中挥发性成分的相对含量存在明显差异，详见图3。由图3可见，30批紫苏样品根据所含主要挥发性成分种类及含量的不同可分为三大类：SCY-1、YNT-9、YNX-17、YN-28为一类，以榄香素(PP-e)为主要挥发性成分，为PP-e型；

表3 紫苏叶挥发性成分分析结果

Tab 3 Analysis of volatile components from *Periuae Folium*

峰号	保留时间, min	化合物	定性离子	定量离子	分子量	分子式	
1	5.01	α -蒎烯	93	105	121	C ₁₀ H ₁₆	
2	5.66	伪柠檬烯	93	136	121	C ₁₀ H ₁₆	
3	6.45	D-柠檬烯	68	136	93	C ₁₀ H ₁₆	
4	7.52	松油烯	105	121	136	C ₁₀ H ₁₆	
5	7.69	芳樟醇	71	93	121	C ₁₀ H ₁₆ O	
6	9.71	α -松油醇	93	136	121	C ₁₀ H ₁₆ O	
7	10.01	紫苏醇	95	119	152	C ₁₀ H ₁₆ O	
8	10.10	白苏烯酮	81	85	166	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	
9	10.54	橙花醇	69	121	93	C ₁₀ H ₁₆ O	
10	11.21	紫苏酮	95	166	110	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	
11	11.71	Shisool	67	79	121	C ₁₀ H ₁₆ O	
12	11.87	紫苏醛	135	150	68	C ₁₀ H ₁₆ O	
13	12.45	异白苏烯酮	121	164	135	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	
14	13.28	紫苏酸甲酯	91	105	148	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	
15	13.43	γ -榄香烯	91	105	121	C ₁₀ H ₁₆	
16	13.94	丁香酚	103	149	164	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	
17	14.51	胡椒烯	105	119	161	C ₁₀ H ₁₆	
18	14.77	(-)- β -波旁烯	123	161	81	C ₁₀ H ₁₆	
19	14.94	β -榄香烯	68	81	147	C ₁₀ H ₁₆	
20	15.77	石竹烯	147	161	189	C ₁₀ H ₁₆	
21	17.16	紫苏酸	105	121	166	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	
22	17.44	β -胡椒烯	105	119	161	C ₁₀ H ₁₆	
23	17.74	顺式- α -香柠檬烯	69	79	119	C ₁₀ H ₁₆	
24	17.88	双环吉马烯	161	204	121	C ₁₀ H ₁₆	
25	18.09	α -法呢烯	79	107	119	C ₁₀ H ₁₆	
26	18.51	肉豆蔻醚	91	165	192	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	
27	18.59	δ -杜松烯	134	161	204	C ₁₀ H ₁₆	
28	19.43	榄香素	177	193	208	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	
29	19.64	橙花叔醇	136	161	69	222	C ₁₀ H ₁₆ O
30	20.12	桉油醇	159	202	205	220	C ₁₀ H ₁₆ O
31	20.27	氧化石竹烯	79	135	109	220	C ₁₀ H ₁₆ O
32	20.59	α -绿叶烯	107	135	204	204	C ₁₀ H ₁₆
33	21.35	芹菜脑	149	207	222	222	C ₁₀ H ₁₄ O ₂
34	22.16	异榄香脂素	165	193	208	208	C ₁₀ H ₁₆ O
35	22.62	异环氧香橙烯	119	137	162	220	C ₁₀ H ₁₆ O
36	26.89	植甾酸	68	82	123	338	C ₁₀ H ₁₄ O ₂
37	27.04	植酮	95	123	250	268	C ₁₀ H ₁₆ O
38	29.91	棕榈酸	129	256	149	256	C ₁₀ H ₁₆ O ₂
39	30.67	棕榈酸乙酯	101	157	241	284	C ₁₀ H ₁₆ O ₂
40	33.39	植物醇	57	81	123	296	C ₁₀ H ₁₆ O
41	34.01	亚麻酸	67	95	108	278	C ₁₀ H ₁₆ O ₂
42	37.32	棕榈酸缩水甘油酯	185	239	269	312	C ₁₀ H ₁₆ O ₂
43	47.41	角鲨烯	81	137	95	410	C ₁₀ H ₁₆
44	48.56	长链烷烃1	57	99	85	408	C ₁₀ H ₁₆
45	49.16	1-三十七烷醇	109	207	135	536	C ₁₀ H ₁₆ O
46	51.91	长链烷烃2	57	99	85	408	C ₁₀ H ₁₆
47	52.61	生育酚	165	205	430	430	C ₁₀ H ₁₆ O ₂
48	54.44	菜油甾醇	207	315	400	400	C ₁₀ H ₁₆ O
49	55.20	豆甾醇	207	255	412	412	C ₁₀ H ₁₆ O
50	56.33	长链烷烃3	99	113	85	450	C ₁₀ H ₁₆
51	56.68	γ -谷甾醇	213	329	414	414	C ₁₀ H ₁₆ O
52	57.42	β -香树脂醇	189	203	218	426	C ₁₀ H ₁₆ O
53	58.31	β -白檀醇	189	218	424	424	C ₁₀ H ₁₆ O
54	58.70	α -香树脂醇	189	207	218	426	C ₁₀ H ₁₆ O

GS-4、GS-7、GS-11、GS-19、HBA-14、HBA-20、GZZ-8、LN-39、GSL-27、GSQ-32、GSQ-33、GST-31、YNW-12、LN-38为一类,除LN-38外均以紫苏酮含量最高,为PK型[LN-38虽然紫苏酮含量也较高,但其芹菜脑含量最高,因此其为芹菜脑型(PP-a型)];HBS-2、HBS-3、HBS-6、HBS-15、HBS-16、HBS-24、HBS-25、GX-26、SXS-30、SCC-36、RB-37、SC-29为一类,以紫苏醛含量较高,为PA型。该结果与相似度分析结果较为一致(图中,菱形、三角形、矩形、圆形以及五角星分别表示野生紫苏、耳齿紫苏、白苏、紫苏和回回苏。绿色及紫色表示叶片颜色为绿色或紫色)。

2.4 紫苏种质、叶片颜色与化学型的关系分析

4批耳齿紫苏样品(YNT-9、YNW-12、YNX-17、YN-28)两面叶片颜色均为绿色,其中3批(YNT-9、YNX-17、YN-28)为PP-e型,1批(YNW-12)为PK型。2批野生紫苏叶样品(SCY-1、SCC-36)中,叶片颜色为两面绿色的(SCY-1)为PP-e型,而叶片颜色为正面绿背面紫(SCC-36)的为PA型。1批回回苏样品(GX-26)为PA型。13批紫苏样品中2批(GZZ-8、GSQ-32)为PK型,1批(LN-38)为PP-a型,10批紫苏(HBS-2、HBS-3、HBS-6、HBS-15、HBS-16、HBS-24、HBS-25、SC-29、SXS-30、RB-37)为PA型。10批白苏样品(GS-4、GS-7、GS-11、HBA-14、GS-19、HBA-20、GSL-27、GST-31、GSQ-33、LN-39)叶片颜色为两面绿的均为PK型。

3 讨论

本研究前期考察了不同溶剂(甲醇、正己烷)、不同料液比(1:5、1:10、1:15, g/mL)、不同提取时间(10、15、20 min)对挥发性成分提取率的影响。结果,当溶剂为正己烷、料液比为1:10、提取时间为15 min时,紫苏叶挥发性成分可提取完全。

紫苏作为一种药食同源的植物,应用范围极为广泛,其茎、叶、果实均可入药,具有较大的药用价值及经济价值^[31-32]。市售紫苏大多为栽培品,在种植过程中,不同种质紫苏间的自然杂交以及人工定向培育均可导致紫苏种质类型的复杂多样和表型多变。一方面,有学者认为,紫苏外观形态改变是由栽培环境变化引起的,不足以作为其种下分类的依据^[1];另一方面,从本草古籍到2020年版《中国药典》对于药用紫苏的外观形态特别是叶片颜色均有相关规定^[3, 12]。因此,对于紫苏外观形态是否可以作为其种质分类依据存在争议。

本研究中,30批紫苏叶样品的相似度为0.13~1.00,表明30批紫苏叶样品中有挥发性成分构成相似,也有存在明显差异的成分。从30批紫苏叶样品中共鉴别出54个挥发性成分,主要属于PA、PK和PP-e型,有1批紫苏样品为PP-a型。有10批叶片颜色为两面绿的“白苏”样品均属PK型,与大部分叶紫或者单面紫的紫苏挥发性成分差异较大。据相关文献报道,虽然PK型主要成分

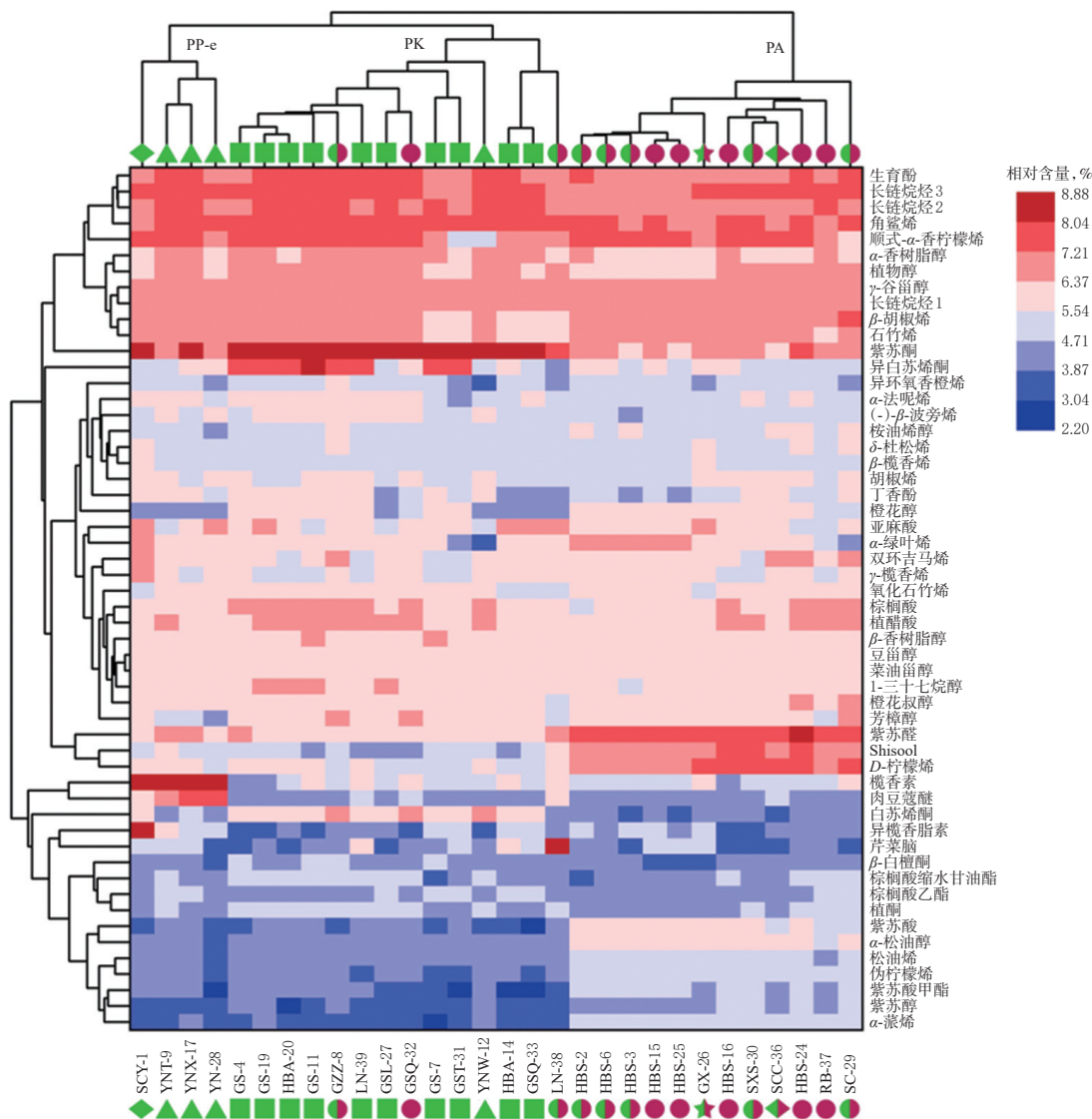


图3 30批紫苏叶样品挥发性成分聚类分析结果

Fig 3 Clustering analysis results of volatile components from 30 batches of *Perillae Folium* samples

紫苏酮具有一定的促进肠道推进作用,但也有心脏毒性和肺毒性,若摄入紫苏酮剂量过大,会引起急性心力衰竭和肺水肿等^[33-36]。鉴于目前PK型紫苏中紫苏酮对人的中毒剂量尚不明确,因此应尽量避免大量食用PK型紫苏。

具有较高含量紫苏醛的PA型紫苏香味更加浓郁,出口的栽培紫苏均为PA型^[37]。本研究发现,所有叶片颜色为两面绿的紫苏品种,不论是野生紫苏、耳齿紫苏还是白苏,都不属于PA型。所有PA型紫苏样品的叶片颜色均为紫色或单面紫色,但叶片紫色或单面紫色的紫苏并不一定属于PA型,如GSQ-32、GZZ-8虽然叶片颜色分别为紫色和单面紫色,但属于PK型。其他学者在研究紫苏叶片颜色与其化学型的关系中发现,虽然紫苏叶片颜色及其化学型存在一定的关系,但并不是绝对的:如魏长玲等^[37]在对全国43个野生以及栽培紫苏种质进行研究的过程中发现,“白苏”虽然大部分属于PK型,但也

有2份“白苏”样品为PA型。这提示单纯从叶片颜色来判断其化学型及是否可以入药不够全面,不能将叶片颜色作为判断其是否符合药用标准的唯一指标。目前,2020年版《中国药典》(一部)对紫苏叶总挥发油含量有一定的要求^[3],随着对紫苏叶挥发性成分药理活性及毒性研究的不断深入,有必要对紫苏叶特征性挥发性成分制定更具体的要求。

综上所述,紫苏叶挥发性成分化学型与其叶片颜色之间存在一定的对应关系,叶片单面或两面紫的紫苏大多为PA型;叶片颜色为两面绿的野生紫苏、耳齿紫苏、白苏均不属于PA型,其中白苏均为PK型,耳齿紫苏多为PP-e型。

参考文献

- [1] 吴征镒,李锡文.中国植物志:第66卷[M].北京:科学出版社,1977:282-287.
- [2] 陶弘景.名医别录:第2卷[M].尚志钧,辑校.昆明:云南人

- 民出版社,1997:371、374.
- [3] 国家药典委员会.中华人民共和国药典.一部[S].2020年版.北京:中国医药科技出版社,2020:354.
- [4] 何育佩,郝二伟,谢金玲,等.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.
- [5] OTA Y, ITO M. Sedative effects of inhaled *Perilla frutescens* essential oils on mice[J/OL]. *J Nat Med*, 2021[2021-03-17]. <http://doi.org/10.1007/s11418-021-01482-5>. DOI: 10.1007/S11418-021-01482-5.
- [6] 李项辉.紫苏叶提取物的降血糖活性研究[D].杭州:浙江大学,2017.
- [7] MAO Q Q, ZHONG X M, LI Z Y, et al. Herbal formula SYJN increases neurotrophin-3 and nerve growth factor expression in brain regions of rats exposed to chronic unpredictable stress[J]. *J Ethnopharmacol*, 2010, 131(1):182-186.
- [8] 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.
- [9] 任志清,李会珍,张志军,等.不同品种紫苏叶迷迭香酸的提取及其生物活性[J].现代食品科技,2021,37(1):92-100.
- [10] 袁芑,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.
- [11] 韩碧群,彭勇.“紫苏”和“白苏”的本草学研究[J].中药材,2012,35(5):818-821.
- [12] 陶弘景.本草经籍注[M].尚志钧,尚元胜,辑校.北京:人民卫生出版社,1994:484、490.
- [13] 林海伦,杨志芬.关于药用紫苏叶颜色规定的几点探讨[J].中药材,1993,16(6):41-42.
- [14] 王佛生,盖琼辉.紫苏属植物分类刍议[J].甘肃农业科技,2010(10):50-52.
- [15] 张运晖,赵瑛,欧巧明.紫苏叶化学成分及生物活性研究进展[J].甘肃农业科技,2020(12):69-76.
- [16] YI L T, LI J, GENG D, et al. Essential oil of *Perilla frutescens*-induced change in hippocampal expression of brain-derived neurotrophic factor in chronic unpredictable mild stress in mice[J]. *J Ethnopharmacol*, 2013, 147(1):245-253.
- [17] URUSHIMA H, NISHIMURA J, MIZUSHIMA T, et al. *Perilla frutescens* extract ameliorates DSS-induced colitis by suppressing proinflammatory cytokines and inducing anti-inflammatory cytokines[J]. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*, 2015, 308(1):G32-G41.
- [18] 薛山.不同提取方法下紫苏叶精油成分组成及抗氧化功效研究[J].食品工业科技,2016,37(19):67-74.
- [19] 林梦南.紫苏芳香物质的提取、成分及其解热作用的研究[D].杭州:浙江大学,2012.
- [20] ITO M, TOYODA M, KAMAKURA S, et al. A new type of essential oil from *Perilla frutescens* from Thailand[J]. *J Essent Oil Res*, 2002, 14(6):416-419.
- [21] MIYUKI N, HIDETAKA K, MAYUMI OK, et al. Essential oil variation of cultivated and wild *Perilla* analyzed by GC/MS[J]. *Biochem Syst Ecol*, 2006, 34(1):25-37.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 唐仁华,杨礼攀,张红霞,等.云南省15个居群的东紫苏叶挥发油化学型研究[J].中药材,2020,43(4):886-890.
- [25] 张文,吕航,金显言.食品分析中气相色谱-质谱联用技术应用概述[J].现代食品,2021(1):110-112.
- [26] 郑伟颖.气-质联用技术在植物花叶挥发性成分分析中的应用[D].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2016.
- [27] 吴玫涵,聂凌云.气相色谱-质谱联用技术在我国中药研究中的应用[J].解放军药学报,2002,18(2):95-97.
- [28] 吴晶,周萍,杨怀镜.云南不同产地红花挥发性成分气相指纹图谱研究[J].食品研究与开发,2020,41(6):43-47.
- [29] 青旺旺,施宇涛,杨林,等.基于挥发性组分的气相色谱指纹图谱评价沉香化气片质量[J].色谱,2019,37(11):1235-1240.
- [30] 唐英,陈欣,沈平孃,等.紫苏叶中挥发油类成分的气相指纹图谱研究[J].上海中医药杂志,2013,47(9):82-86.
- [31] 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.
- [32] 沈奇,商志伟,杨森,等.紫苏属植物的研究进展及发展潜力[J].贵州农业科学,2017,45(9):93-102.
- [33] KOEZUKA Y, HONDA G, TABATA M. An intestinal propulsion promoting substance from *Perilla frutescens* and its mechanism of action[J]. *Planta Medica*, 1985, 51(6):480-482.
- [34] 吴金节,张德群,谭为军,等.白苏提取物的毒性研究[J].动物医学进展,2001,22(1):66-68.
- [35] 文莉.湖北紫苏叶挥发油的小鼠急性毒性实验[J].中国药师,2006,9(11):1034-1035.
- [36] 胡晓彤,宋海程,赵新宇,等.吉林产新鲜紫苏叶中挥发油的提取及其急性毒性研究[J].沈阳药科大学学报,2020,37(9):833-840.
- [37] 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.

(收稿日期:2020-12-20 修回日期:2021-03-03)

(编辑:陈宏)