

6种食用芳香植物挥发性成分的GC-MS/GC-O分析

郭向阳

(安徽农业大学 茶树生物学与资源利用国家重点实验室, 合肥 230036)

摘要: 挥发性成分是芳香植物具有多样风味及香气性能的物质基础。为研究常见可食用芳香植物的挥发性成分及其风味特性的异同, 构建特色芳香植物风味数据库, 利用气相色谱-质谱联用技术分析经顶空法萃取的6种食用芳香植物(薄荷、藿香、罗勒、丁香罗勒、香薷及密花香薷)的挥发性成分, 经气相嗅辨仪对其挥发性成分进行香气描述分析, 对比研究6种芳香植物挥发性成分的异同及香气性能的差异。结果表明: 6种芳香植物香气主要由萜烯类、醇类、酮类、醛类成分组成, 含有少量的酯类、杂环类及芳香族类化合物, 多具有辛辣、刺激、樟脑样香气及清新的柠檬、柑橘风味。薄荷中以具花香和柠檬样香气的香叶醇、香茅醇及柠檬醛、香叶醛含量较多; 藿香中以左旋薄荷酮及草蒿脑为主, 具木香及大茴香似香气特征; 罗勒中丙烯酸酯和芳樟醇是其主体成分, 辛辣味突出, 花香显; 而丁香酚成就了丁香罗勒的主体风味, 似丁香花香, 具辛辣香气; 香薷中以具柠檬样香气的D-柠檬烯、柠檬醛、 γ -萜品烯为主, 柠檬醛和香叶醛为密花香薷的主体成分, 整体偏辛辣, 花香透, 伴柠檬样清新香气。不同的挥发性成分, 以一定的比例及含量组成呈现了芳香植物的特征香气。研究结果可为特色芳香植物的品种选育、香气品质提升及风味性能的研究提供科学数据参考。

关键词: 挥发性有机物; 风味; 萃取; 芳香植物; GC-MS; GC-O; 顶空萃取; 香气描述

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2019.18.036

中图分类号: S681

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2019)-18-0299-12

郭向阳. 6种食用芳香植物挥发性成分的GC-MS/GC-O分析[J]. 农业工程学报, 2019, 35(18): 299—307. doi:

10.11975/j.issn.1002-6819.2019.18.036 <http://www.tcsae.org>

Guo Xiangyang. Analysis of volatile compositions in six edible fragrant plants by GC-MS/GC-O technology[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(18): 299—307. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2019.18.036 <http://www.tcsae.org>

0 引言

芳香植物是指植株的部分器官或植株全体均能够散发香味的一类植物的总称, 其形态多样, 包括木本、灌木、藤本以及草本植物等^[1], 常见的薄荷、罗勒、藿香等均属于此类。

芳香植物除具有观赏, 药用及深加工的价值外, 还具有食用性能^[2], 多具有芳香、辛味、凉感, 以及或甜或刺激的风味, 在西餐中使用较多, 也多用于中餐凉菜的调制, 增加食物的风味及口感, 刺激食欲。日常饮食中, 常用的芳香植物有薄荷, 罗勒, 藿香, 丁香罗勒, 香薷以及密花香薷等, 多食用其叶及嫩茎, 其特殊的辛辣风味, 或如柠檬样清新气息, 佐以花香或淡果甜香为伴, 为菜肴的色、香、味增益不少。

薄荷、藿香、罗勒、丁香罗勒、香薷及密花香薷均可作为调料或芳香蔬菜使用, 而且生理活性突出, 具有抗炎、抑菌、抗氧化及抗病毒的功效, 对相关病症疗效显著, 是一类药食同源植物。薄荷(*Mentha haplocalyx* Briq.)能够疏风散热、发汗解表^[3-5]; 藿香(*Pogostemon*

cablin (Blanco) Bent.)对便秘、急性胃炎、功能性消化不良及脑卒中后遗症流涎等具有较好的临床疗效^[6]; 罗勒(*Ocimum basilicum*)对头痛、咳嗽、便秘、腹泻具有较好的疗效, 也多用于心血管疾病、肾脏故障等的治疗^[7-8]; 丁香罗勒(*Ocimum gratissimum* L.)能够调经补血、散瘀止痛、增强人体免疫力^[9-10]; 香薷(多为石香薷, *Mosla chinensis*)具化湿和中, 利水消肿的功效, 对于暑湿感冒, 腹痛, 泄泻, 呕吐和水肿等具有较好疗效^[11-12], 被称为“消暑之王”^[13]; 密花香薷(*Elsholtzia densa* Benth.)有发散风寒、祛暑化湿的功效, 对瘫痪、癆伤吐血、感冒及疫毒等症具有较好疗效^[14-16]。

芳香植物的药用性能及生理活性是建立在其理化成分的基础上, 尤其是挥发性成分的组成及含量, 决定了芳香植物的风味呈现、理化功能的输出, 也是芳香植物具有诱食、刺激食欲功效的物质基础^[17-18]。之前的研究中, 多聚集于芳香植物抑菌、抗病毒活性的研究, 关于薄荷、罗勒等单个芳香植物的挥发性成分组成及分析多见报道, 但对特色食用芳香植物类挥发性成分的综合分析研究鲜少涉及, 也缺乏挥发性成分的比较研究及香气性能的描述分析。

植物挥发性成分的提取多采用水蒸汽蒸馏法(steam distillation, SD)^[16], 固相微萃取法(solid-phase microextraction, SPME)及顶空法(headspace, HS)^[19-20]。SD法利用植株与水在共热条件下蒸馏, 以水汽将挥发性

收稿日期: 2019-04-16 修订日期: 2019-08-26

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-19)

作者简介: 郭向阳, 博士, 研究方向: 风味化学、分子感官科学, 天然产物提取及活性研究。Email: xiangyang.guo@ahau.edu.cn

物质带出植物介质后冷凝收集,对体香成分的富集提取效率较高,但蒸馏过程需在高温下进行,对热敏性成分有降解作用,并有人工效应物的产生^[16]。SPME 法依选取的纤维头种类不同对挥发性组分中的极性、非极性或弱极性组分有不同的萃取效用,对不同成分的选择性吸附及解吸会导致挥发性成分提取的不完全,影响样品挥发性成分的真实含量及后续分析研究。HS 法对植物中、低沸点的挥发性组分有较好的萃取作用,没有溶剂的干扰及热降解作用,能够真实地反映植物挥发性成分及组成。气相嗅辨仪(gas chromatography-olfactometry, GC-O)可以将挥发性组分经 GC 分离后,分路进入检测器及嗅探口,利用专业审评人员对单个挥发性成分进行嗅闻,并与检测器鉴定的化学成分一一对应,对挥发性成分进行描述分析^[21]。

本文拟采用顶空法(HS)对 6 种常见的食用芳香植物,薄荷、藿香、罗勒、丁香罗勒、香薷及密花香薷的挥发性组分进行萃取并经 GC-MS 技术对其香气组成成分进行分析,同时利用 GC-O 对其挥发性成分进行描述分析,综合评价及对比分析 6 种可食用芳香植物的香气组成及特性。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器

芳香植物:2015 年购于浙江健康农业开发有限公司(浙江金华)自有种植基地,薄荷(唇形科薄荷属)、藿香(广藿香,唇形科刺蕊草属)、罗勒(唇形科罗勒属)、丁香罗勒(唇形科罗勒属)、香薷(石香薷,唇形科植物石香薷属)及密花香薷(唇形科香薷属)植株的地上部分,2015 年 10 月份收割后经日晒干制完全,具芳香植物自身特征风味,无异味和杂气,粉碎,过筛(40 目),备用。

挥发性物质标准品(己醛,叶醇,苯甲醛,苯乙醛,反,反-2,4-己二烯醛,柠檬烯,苯甲醇, γ -萜品烯,芳樟醇氧化物(I, II, III, IV),芳樟醇,苯乙醇, α -萜品烯,吲哚, α - β -紫罗兰酮,法呢烯,薄荷脑),均购自美国 Sigma 公司。其他试剂为分析纯。

ME104E 分析天平,瑞士梅特勒仪器有限公司;Sniffer 9000 嗅辨仪,瑞士 Brechbühler 公司;气相色谱-质谱联用仪,Agilent 7890A-5975C,Agilent 7697A(顶空进样器),美国 Agilent 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 顶空法(HS)提取芳香植物香气

准确称取芳香植物粉末 5.0 g 置于 20 mL 顶空进样瓶中,为了吸附样品在装样或顶空进样器等待吸附过程中可能会吸潮的水分,保持样品干燥及样品间的均一性,加入 2.5 g 的无水硫酸钠,混匀,加盖拧紧密封。将顶空进样瓶置于顶空进样器的样品池中,设置加热箱温度 120 °C,定量环温度 140 °C,传输线温度 150 °C,样品瓶平衡 20 min,进行 GC-MS 检测,进样体积 1 mL,进样持续时间 1 min。芳香植物顶空萃取试验,重复 3 次^[20]。

1.2.2 气相嗅辨仪(Gas chromatography-Olfactometry, GC-O)描述分析

GC-O 分析依据 Lv^[22]的方法,挑选 4 名经过专业闻香训练及香气感官培训的感官评审员进行嗅闻描述。记录所嗅闻物质的保留时间及香气特征,每个评审员对每个样品嗅闻 2 次,综合多次的评价结果进行最终的香气描述分析。进样方式采用顶空进样,样品处理及相关参数同 1.2.1。

1.2.3 挥发性香气成分 GC-MS 测定条件

进样方式:顶空进样,进样量 1 mL。

色谱条件:HP-5 MS 毛细管色谱柱(30 m \times 250 μ m \times 0.25 μ m),载气为氦气,恒流模式,柱流速为 1.0 mL/min;采用程序升温模式,起始温度 65 °C,保持 1 min,以 5 °C/min 升到 90 °C,保持 1 min,再以 10 °C/min 升到 260 °C,保持 1 min。进样口温度 270 °C,不分流模式进样^[20]。

质谱条件:采用全扫描模式采集信号,电离源为 EI,电离能量 70 eV;接口温度 250 °C,离子源温度 230 °C,四极杆温度 150 °C,扫描质量范围 30~400 amu。

1.2.4 数据分析

所有试验均重复了 3 次,并对每一次重复进行数据分析。使用 SPSS statistics 22 统计分析软件进行单因素方差分析(ANOVA analysis)。试验结果的显著性基于统计分析中 P 值小于 0.05 (P -value<0.05),极显著性基于统计分析中 P 值小于 0.01 (P -value<0.01)。

2 结果与分析

2.1 芳香植物挥发性香气组成成分的 GC-MS 分析

芳香植物挥发性成分的总离子流图如图 1,经计算机质谱数据系统检索,采用 NIST 2017 数据库检索,峰面积归一法定量,部分化合物依据标准物质及自建数据库定性^[20,23],并参考有关文献对检出成分进行定性分析^[16],同时采用解卷积技术对共流峰进行数据解析,以更准确的匹配挥发性香气的化学成分。

6 种食用芳香植物(薄荷、藿香、罗勒、丁香罗勒、香薷及密花香薷)共检出挥发性成分 166 种,鉴定出其中的 158 种,挥发性物质主要从属于萜烯类、醇类、酮类、醛类成分,还含有少量的酯类、杂环类及芳香族类化合物,芳香植物挥发性成分分类及组成见图 2。纵观 6 种芳香植物挥发性成分组成,醇类、萜烯类、醛类及酮类是芳香植物挥发性成分的主要组成部分,其中薄荷含醇、醛类成分较多,分别占比 59.87%和 35.84%;藿香的主要成分为酮类及萜烯类化合物,分别有 52.23%及 42.95%;罗勒挥发性成分主要由酯类、醇类及萜烯类化合物组成,各自占挥发性成分总量的 53.39%、20.24%及 11.72%;相比之下,丁香罗勒的主要成分较为单一,醇类(73.45%)及萜烯类(22.80%)成分占整个挥发性成分总量的 96.25%;香薷主要由烯类(45.27%),醛类(25.06%)及酮、醇类成分组成,后者占比分别为 12.41%及 8.87%;密花香薷的挥发性成分中,醛类化合物的含量最高,超过总量的 85%,其次为萜烯类成分,只有 8.58%。

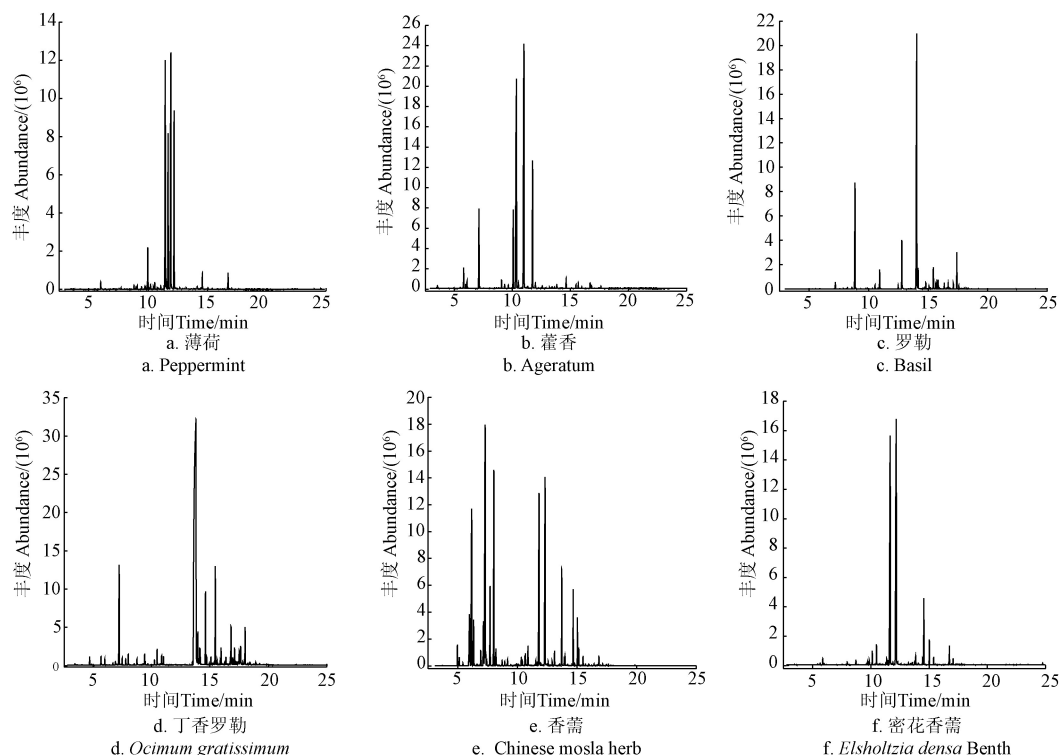


图 1 薄荷, 藿香, 罗勒, 丁香罗勒, 香蒿及密花香蒿挥发性香气成分的总离子流图

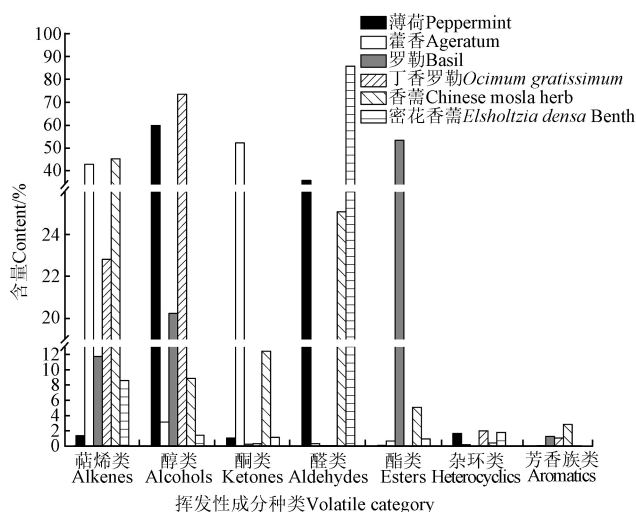
Fig.1 Total ion chromatography (obtained by GC-MS analysis) of volatile compounds from Peppermint, Ageratum, Basil, *Ocimum gratissimum*, Chinese mosla herb and *Elsholtzia densa* Benth

图 2 薄荷、藿香、罗勒、丁香罗勒、香蒿及密花香蒿挥发性香气成分类别

Fig.2 Volatile category of Peppermint, Ageratum, Basil, *Ocimum gratissimum*, Chinese mosla herb and *Elsholtzia densa* Benth

6 种食用芳香植物的挥发性成分数量不一, 丁香罗勒中检出挥发性成分数量最多, 达 68 种, 鉴定出其中的 66 种, 其次为香蒿的 52 种, 全部得到鉴定, 罗勒、藿香及密花香蒿的挥发性成分数量分别为 47、38 及 35 种, 鉴定出其中的 44、37 及 34 种, 薄荷中检出的挥发性成分数量最少, 只有 28 种, 全部得到鉴定。

2.2 芳香植物挥发性成分的 GC-O 描述分析

利用 GC-O 技术对薄荷、藿香、罗勒、丁香罗勒、香

蒿及密花香蒿的挥发性成分进行描述分析, 6 种芳香植物的主要挥发性成分组成、含量及香气描述, 如表 1 所示。

2.2.1 薄荷

醇类、醛类是薄荷挥发性成分的主体, 占比总和超过总量的 95%, 其中香叶醇、香茅醇是含量最高的两个挥发性成分, 两者多具有花香或具玫瑰的自然香气, 在天然具香植物中普遍存在, 并对植物花香的呈现有重要贡献^[24]。柠檬醛、橙花醛及香茅醛均具有柠檬样香气, 后两者另伴有花香、甜香, 对植物自然芬芳及清新刺激香气的呈现有益, 是柠檬、橙花香气的主要成分, 香茅醛的含量相对较少, 只有 4.05%, 但对薄荷刺激、清香或柠檬样自然香气的呈现不可或缺。反式玫瑰氧化物, 甲酸香叶酯及 β -紫罗兰酮的检出, 在一定程度上衬托了薄荷的花香及清香^[25]。

2.2.2 藿香

藿香的主体成分由酮和萜烯类成分组成。左旋薄荷酮的含量最高, 占总量的 40.39%, 具薄荷香气, 伴有木香韵, 其次为草蒿脑, 具有大茴香样香气, 含量达到 33.28%。藿香的天然植株呈现刺激、清香并伴有柑橘样香气, 附带有木香及土香, 左旋薄荷脑及草蒿脑很可能是藿香的致香成分, 同时具柑橘香气的 D-柠檬烯的检出, 对藿香风味的完整呈现有益。有少量的 (0.03%) 马鞭草烯醇及 D-香芹酮 (0.16%) 检出, 增加藿香整体香气中淡雅的花香及香芹样风味。反式-异丁香酚及甲基丁香酚占比较少, 只有 0.36% 和 0.09%, 具似丁香的特征香气, 后者弱而持久^[26-27]。

表 1 薄荷、藿香、罗勒、丁香罗勒、香薷及密花香薷的挥发性成分及香气描述

Table 1 Volatile compositions and aroma description of Peppermint, Ageratum, Basil, *Ocimum gratissimum*, Chinese mosla herb and *Elsholtzia densa* Benth.

芳香植物 Fragrant plants	化学成分 Chemical compounds	含量 Content/%	香气描述 Description (GC-O)	芳香植物 Fragrant plants	化学成分 Chemical compounds	含量 Content/%	香气描述 Description (GC-O)
薄荷	香叶醇 Geraniol	29.77	玫瑰香气, 花香 Rose, floral	藿香(续)	甲基丁香酚 Methyleugenol #	0.09	丁香花香 Clove-like
	香茅醇 (R)-3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol #	29.4	花香 Floral		α -蒎品醇 α -Terpineol*	0.07	丁香花香 Clove-like
	柠檬醛 Citral	16.11	柠檬样香气 Lemon-like		苯乙醛 Benzeneacetaldehyde*	0.04	花香, 伴淡淡的果香 Floral, fruity (faint)
	橙花醛 Neral	13.18	柠檬样香气, 甜香 Lemon-like, sweet		葎草烯 Humulene*	0.03	辛香, 木香, 柑橘样香气, 丁香花 香 Spicy, woody, citrus, clove-like
	香茅醛 Citronellal #	4.05	柠檬样, 玫瑰香气 Lemon-like, rose-like		反马鞭草烯醇 Trans-Verbenol #	0.03	淡雅花香 Floral (faint)
石竹烯氧化物 Caryophyllene oxide		1.39	—		α -蒎烯 α -Pinene*	0.02	松香 Pine-like
石竹烯 Caryophyllene		1.13	辛香, 木香, 柑橘风味, 丁香香气 Spicy, woody, citrus, clove-like		总量 Total	97.54	
异柠檬醛 Isoneral		0.38	Citrus-like 柑橘样香气	罗勒	甲基 反-3-戊基-2-丁酸酯 Methyl (E)-3-phenyl-2-propenoate #	52.99	—
芳樟醇 Linalool		0.35	玫瑰香气, 花香 Rose-like, floral		芳樟醇 Linalool	17.05	花香, 玫瑰样香气 Floral, rose-like
反式玫瑰氧化物 Trans-Rose oxide #		0.29	玫瑰样花香 Rose-like, floral		NI	6.24	—
柠檬醛 B Photocitral B #		0.21	柠檬样香气 Lemon-like		表二倍半水芹烯 (+)-epi-Bicyclosquiphellarene	4.08	—
柠檬醛 A Photocitral A		0.21	柠檬样香气 Lemon-like		大牛儿烯 Germacrene D	3.07	—
α -蒎品醇 α -Terpineol*		0.12	丁香花香 Clove-like		β -榄香烯 β -Elemene	2.97	茴香样香气, 辛香 Anise-like, spicy
甲酸香叶酯 Geranyl formate #		0.12	清香 Fragrance		草蒿脑 Estragole	2.51	茴香样香气 Anise-like
葎草烯 Humulene*		0.11	辛香, 木香, 柑橘样香气, 丁香花 香 Spicy, woody, citrus, clove-like		桉叶脑 Eucalyptol	0.99	土味, 木香, 凉感 Earthy, woody, minty
反式- β -紫罗兰酮 Trans- β -Ionone #		0.09	花香 Floral		愈创木烯 α -Guaiene #	0.67	—
总量 Total		96.91			桉油烯醇 Spathulenol	0.62	—
藿香	薄荷酮 l-Menthone #	40.39	薄荷样香气, 木香 Minty, woody		橙花叔醇 Nerolidol*	0.62	花香, 柑橘香伴木香 Floral, citrus-like, woody
	草蒿脑 Estragole	33.28	茴香样香气 Anise-like		4-蒎品醇 Terpinen-4-ol	0.51	—
5-甲基-2-(1-甲基亚乙基)环己酮 5-Methyl-2-(1-methylethylidene) cyclohexanone		10.79	—		顺-b-胡椒烯 cis-b-Copaene	0.42	辛辣感 Spicy
D-柠檬烯 D-Limonene		7.5	柑橘风味, 柠檬样香气 Citrus, lemon-like		葎草烯 Humulene*	0.32	辛香, 木香, 柑橘样香气, 丁香花 香 Spicy, woody, citrus, clove-like
1-辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol		1.62	蘑菇样香气, 干草香 Mushroom-like, hay		芳樟醇氧化物 II Linalool oxide II **	0.25	花香 Floral
石竹烯 Caryophyllene*		0.60	辛香, 木香, 柑橘样香气, 丁香样 香气 Spicy, woody, citrus, clove-like		芳樟醇氧化物 I Linalool oxide I **	0.22	花香 Floral
β -月桂烯 β -Myrcene		0.52	香脂样香气 Balsam fragrance odor		胡椒烯 Copaene	0.18	辛辣感 Spicy
反-异丁子香酚 trans-Isoeugenol #		0.36	丁香花香 Clove-like		樟脑 (+)-2-Bornanone #	0.17	土味 Earthy
3-辛酮 3-Octanone		0.32	淡淡的果香 Fruity (faint)		龙脑 endo-Borneol #	0.14	松香 Pine-like
γ -依兰油烯 γ -Muuroleone		0.28	清香伴花香 Floral, fragrance		橄榄烯 β -Maaliene #	0.14	—
反-2-己烯醛 (E)-2-Hexenal*		0.22	青味, 青草气 Green, grassy		柏木烯醇 8-Cedren-13-ol #	0.13	甜木香 Woody (sweet)
顺-b-胡椒烯 cis-b-Copaene		0.22	辛辣感 Spicy		α -蒎品醇 α -Terpineol*	0.13	丁香花香 Clove-like
桉油烯醇 Spathulenol		0.21	—		香橙烯 Aromandendrene #	0.10	柑橘样香气 Citrus-like
石竹烯氧化物 Caryophyllene oxide		0.21	—		苯甲醛 Benzaldehyde*	0.10	杏仁香 Almond-like
D-香芹酮 D-Carvone #		0.16	香芹样香气 Parsley-like		β -罗勒烯 β -Ocimene*	0.09	花香, 柑橘样风味, 草味 Floral, citrus, grassy
α -杜松醇 α -Cadinol		0.15	松香 Pine-like		二环倍半水芹烯 Bicyclosquiphellandrene #	0.08	—
丁子香酚 Eugenol*		0.12	茴香样香气 Anise-like		β -蒎烯 β -Pinene*	0.07	松香 Pine-like
杜松醇 τ -Muurolol		0.12	松香 Pine-like		D-柠檬烯 D-Limonene*	0.07	柑橘风味, 柠檬样香气 Citrus, lemon-like
苯甲醛 Benzaldehyde*		0.10	杏仁香 Almond-like		γ -榄香烯 γ -Elemene #	0.07	茴香样香气, 辛香 Anise-like, spicy
芳樟醇 Linalool*		0.09	花香, 玫瑰样香气 Floral, rose-like		γ -松油烯 γ -Terpinene*	0.06	柑橘风味, 柠檬样香气 Citrus, lemon-like

续表

芳香植物 Fragrant plants	化学成分 Chemical compounds	含量 Content/%	香气描述 Description (GC-O)	芳香植物 Fragrant plants	化学成分 Chemical compounds	含量 Content/%	香气描述 Description (GC-O)
罗勒(续)				香薷(续)			
	α -蒎烯 α -Pinene*	0.05	松香 Pine-like		伞花烃 o -Cymene	2.81	芳香感 Aromatic-like
	总量 Total	95.11			3-辛醇 3-Octanol #	2.12	蘑菇样香气, 奶酪样香气, 药香 Mushroom-like, cheese-like, medicine-like
丁香罗勒					金合欢烯(E)- β -Farnesene #	1.7	青味, 花香 Green, floral
	丁香香酚 Eugenol	69.08	茴香样香气 Anise-like		β -月桂烯 β -Myrcene	1.03	香脂样香气 Balsam fragrance odor
	反式- β -罗勒烯 $Trans$ - β -Ocimene	6.79	花香, 柑橘风味, 草味 Floral, citrus, grassy		葎草烯 Humulene*	0.67	辛香, 木香, 柑橘样香气, 丁香花 香 Spicy, woody, citrus, clove-like
	大牛儿烯 Germacrene D	4.61	—		石竹烯氧化物 Caryophyllene oxide	0.43	—
	石竹烯 Caryophyllene	3.48	辛香, 木香, 柑橘样香气, 丁香样 香气 Spicy, woody, citrus, clove-like		乙酸香叶酯 Geranyl acetate #	0.37	薰衣草样花香 Floral(lavender-like)
	石竹烯氧化物 Caryophyllene oxide	1.86	—		大牛儿烯 Germacrene D	0.36	—
	胡椒烯 Copaene	1.61	松香 Pine-like		香叶醇 Geraniol*	0.25	玫瑰香气, 花香 Rose, floral
	4-萜品醇 Terpinen-4-ol	0.75	—		橙花叔醇 Nerolidol*	0.08	花香, 柑橘香伴木香 Floral, citrus-like, woody
	香桉烯 D -Sabinene	0.45	辛辣感, 伴柑橘样香气 Spicy, citrus		γ -依兰油烯 γ -Murolene	0.07	清香伴花香 Floral, fragrance
	葎草烯 Humulene*	0.38	辛香, 木香, 柑橘样香气, 丁香花 香 Spicy, woody, citrus, clove-like		α -杜松醇 α -Cadinol	0.07	松香 Pine-like
	β -罗勒烯 β -Ocimene*	0.35	花香, 柑橘样风味, 草味 Floral, citrus, grassy		β -榄香烯 β -Elemene	0.06	茴香样香气, 辛香 Anise-like, spicy
	γ -松油烯 γ -Terpinene*	0.32	柑橘风味, 柠檬样香气 Citrus, lemon-like		反- α -香柑油烯 $trans$ - α -Bergamotene #	0.06	柑橘样香气 Citrus-like
	顺-b-胡椒烯 cis -b-Copaene	0.32	辛辣感 Spicy		百里香酚 Thymol *#	0.04	辛辣感, 伴柑橘样香气 Spicy, citrus
	β -月桂烯 β -Myrcene	0.30	香脂样香气 Balsam fragrance odor		桉油烯醇 Spathulenol	0.03	—
	芳樟醇 Linalool*	0.29	花香, 玫瑰样香气 Floral, rose-like		总量 Total	91.72	
	杜松烯 γ -Cadinene #	0.14	辛辣感, 伴柑橘样香气 Spicy, citrus	密花香薷			
	γ -依兰油烯 γ -Murolene	0.11	清香伴花香 Floral, fragrance		柠檬醛 Citral	45.71	柠檬样香气 Lemon-like
	反-2-己烯醛 (E)-2-Hexenal*	0.07	青味, 青草气 Green, grassy		橙花醛 Neral	36.23	柠檬样香气, 甜香 Lemon-like, sweet
	D-柠檬烯 D-Limonene*	0.06	柑橘风味, 柠檬样香气 Citrus, lemon-like		石竹烯 Caryophyllene	5.23	辛香, 木香, 柑橘样香气, 丁香花 香 Spicy, woody, citrus, clove-like
	α -萜品醇 α -Terpineol*	0.06	丁香花香 Clove-like		葎草烯 Humulene	1.88	辛香, 木香, 柑橘样香气, 丁香花 香 Spicy, woody, citrus, clove-like
	α -蒎烯 α -Pinene*	0.04	松香 Pine-like		3,7-二甲基-3,6-辛二醛 3,7-Dimethyl-3,6-octadienal	1.79	柠檬样香气 Lemon-like
	苯乙醛 Benzeneacetaldehyde*	0.02	花香, 伴淡淡的果香 Floral, fruity (faint)		石竹烯氧化物 Caryophyllene oxide	1.66	—
	β -蒎烯 β -Pinene*	0.02	松香 Pine-like		异柠檬醛 Isoneral	1.21	柑橘样香气 Citrus
	总量 Total	91.11			香叶醇 Geraniol*	0.62	玫瑰香气, 花香 Rose, floral
香薷					大牛儿烯 Germacrene D	0.59	—
	D-柠檬烯 D-Limonene	芳樟醇 Linalool*	0.43		花香, 玫瑰样香气 Floral, rose-like		
	柠檬醛 Citral	13.08	柠檬样香气 Lemon-like		苯乙酮 Acetophenone*	0.34	山楂样香气 Hawthorn-like
	γ -松油烯 γ -Terpinene	11.38	柑橘风味, 柠檬样香气 Citrus, lemon-like		香桉烯 D -Sabinene	0.16	辛辣感, 伴柑橘样香气 Spicy, citrus
	3-辛酮 3-Octanone	11.33	果香 Fruity		柠檬醛 A Photocitral A	0.08	柠檬样香气 Lemon-like
	橙花醛 Neral	10.97	柠檬样香气, 甜香 Lemon-like, sweet 蘑菇样香气, 薰衣草风味, 玫瑰样 香气及干草香		α -萜品醇 α -Terpineol*	0.08	丁香花香 Clove-like
	1-辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol	4.18	Mushroom-like, lavender-like, rose-like, hay		β -月桂烯 β -Myrcene	0.08	香脂样香气 Balsam fragrance odor
	β -罗勒烯 β -Ocimene	3.95	花香, 柑橘样风味, 草味 Floral, citrus, grassy		α -杜松醇 α -Cadinol	0.07	松香 Pine-like
	丁酸橙花酯 Neryl butyrate #	3.69	玫瑰样香气, 果香 Rose-like, fruity		苯甲醛 Benzaldehyde*	0.06	杏仁香 Almond-like
	石竹烯 Caryophyllene	2.86	辛香, 木香, 柑橘样香气, 丁香花 香 Spicy, woody, citrus, clove-like		总量 Total	96.22	

注: NI, 未鉴定出成分; “—”, 未嗅闻到香气; “*”, 利用标准物质鉴定; “#”, 特异挥发性成分。

Note: NI, not identified; “—”, not described, the compounds indicated with “*” were identified using authentic standard compounds, the compounds indicated with “#” were specially identified in fragrant plants.

2.2.3 罗 勒

罗勒的香气组成显著区别于其他五种食用芳香植物,酯类成分是所有芳香植物中最高的,占有 53.39%,其中甲基-反-3-苯基-丙烯酸酯占总量的 52.99%,是罗勒香气中含量最高的挥发性成分。除此之外,芳樟醇、大牛儿烯、 β -榄香烯及草蒿脑也是罗勒香气的重要组成部分。芳樟醇具有花香或具玫瑰样香气,是天然植物中普遍存在的醇系挥发性成分,也是玫瑰、兰花、香柠檬和茶叶香气的主要成分^[24], β -榄香烯具大茴香样香气及辛辣风味,或是罗勒具刺激或辛辣风味的物质基础^[8]。具淡雅花香及土味的芳樟醇氧化物 I 和 II 只在罗勒中检出,同时具松木香及樟脑风味的龙脑的鉴定,及少量 γ -榄香烯、愈创木烯、香橙烯、 β -橄榄烯的检出,一定程度上增加了罗勒香气的层次感^[10]。

2.2.4 丁香罗勒

丁子香酚是丁香罗勒香气的绝对主体成分,含量占到总量的 69.08%,具丁香的特征香气及大茴香样香气,对丁香罗勒头香中具丁香特异性花香、粉香的呈现有益,也是罗勒具镇痛作用的关键活性成分^[9]。反式- β -罗勒烯具花香、柑橘样香气,并伴有草香,附带具辛辣、木香、柑橘样香气的石竹烯的鉴定,贡献丁香罗勒整体的辛辣、柑橘样风味,同时,石竹烯具丁香的特征香气,可能是丁香罗勒中具丁香韵并区别于罗勒风味的部分原因。可巴烯在挥发性成分的中间段检出,含量相对较低,具有松木样香气和韵味,可能对整体风味的谐和呈现有帮助。酚类化合物及部分萜烯类化合物检出较多,但含量较少,如香桉烯、依兰油烯、杜松烯、瑟琳烯及瓦伦烯等。

2.2.5 香 蒿

香蒿中萜烯类成分较多,占有 45.27%,其次醛类、酮类、醇类及酯类成分均有一定数量的占比。D-柠檬烯含量最多,达 20.13%,柠檬醛及 γ -松油烯位列其次,各自占比均超过 11%,此三类化合物均具有柠檬样香气,或具柑橘风味,或对整体香气中清新、刺激及果甜香香气的呈现有贡献^[24]。3-辛酮、橙花醛的含量也相对较多,前者具有果香,后者具柠檬样香气,并伴有甜香。除此之外,其他挥发性成分的含量相对较少,均不超过总量的 5%,其中 1-辛烯-3-醇具有蘑菇样香气、薰衣草风味,或具玫瑰样香气,伴有干草香;同样具有蘑菇样香气的 3-辛醇也在香蒿香气成分中得到鉴定,特殊的奶酪、药草香对香蒿的特征风味呈现有益;丁酸橙花酯只在香蒿中有检出,具有玫瑰样香气及果甜香,或许对香蒿整体香气中花香及清新香气的烘托有帮助。具樟脑样香气的茨烯、黑胡椒样香气的 α -水芹烯、具强烈松木样香气的 3-萜烯、具清凉松木香气并伴有樟脑气的乙酸龙脑酯、具辛香、药香的百里香酚、具花香,青香及香脂气息的反式- β -金合欢烯均在香蒿中单独存在,同时香蒿中检出较多的酯类成分,如乙酸龙脑酯、香叶酸甲酯、丁酸橙花酯及乙酸香叶酯。

2.2.6 密花香蒿

相较于香蒿而言,密花香蒿中柠檬醛及橙花醛的含

量最高,含量占比超过了总量的 80%,两者都具有柠檬样风味,后者还伴有甜香,或许是密花香蒿的致香组分。 β -石竹烯及 α -石竹烯均在密花香蒿中得到鉴定,并是其含量第三和第四多的挥发性成分,两者均具有辛辣风味,木香韵^[28],柑橘香及丁香样香气,是密花香蒿能够呈现辛辣风味必不可少的组分。除了常见的挥发性成分的组成类别,挥发性成分中鉴定出了香叶酸,含量微小(0.19%),常见于烤烟烟叶及香料烟烟叶中,也是首次在密花香蒿中检出。

2.3 6 种芳香植物挥发性成分的比较分析

芳香植物的生理活性及功效突出,多源于其含量丰富且多样的挥发性成分。不同挥发性成分,以一定的组成和比例存在,在相应的条件下激发和释放,呈现出各自独特的生理功效及风味^[2]。薄荷、藿香、罗勒、丁香罗勒、香蒿及密花香蒿均具有辛辣、刺激的风味,也具有特定的或清香,或花香,或果甜香,或樟脑样的特性香气,与芳香植物中挥发性成分的组成及含量有关。

6 种芳香植物中共性挥发性成分只有三种,芳樟醇、 α -萜品烯及 α -石竹烯,并在芳香植物香气中的含量不同,除了芳樟醇在罗勒挥发性成分中占比较大以外,其余成分在不同芳香植物中的含量均较少,一般小于 0.5%。芳樟醇多具有紫丁香、铃兰香或玫瑰样香气,兼以浓青带甜的木香气息,伴有淡淡的果甜香,是薰衣草、兰花、茉莉花香气的主要挥发性成分,也是绿茶香气的主要成分^[24]。 α -萜品烯也具有部分的紫丁香花香,同时具有松木香,或桂叶的辛辣、刺激的甜香,伴有柠檬的清新柑橘风味及果香,辛辣味较突出,樟脑味较显^[29]。 α -石竹烯的风味多样,层次复杂,具辛香、木香、柑橘香、樟脑香,同时伴有温和的丁香香气,是丁香油、柠檬、园柚、肉豆蔻的主要风味成分,在胡椒、覆盆子香气中的含量也较高^[30]。6 种芳香植物中共性成分的组成及含量,如图 3 所示。

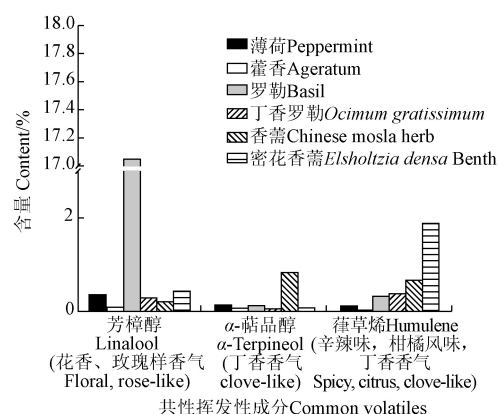


图3 薄荷、藿香、罗勒、丁香罗勒、香蒿及密花香蒿挥发性成分的共性成分

Fig.3 Common volatiles of Peppermint, Ageratum, Basil, Ocimum gratissimum, Chinese mosla herb and Elsholtzia densa Benth

6 种芳香植物的挥发性成分中,共有 113 种(鉴定出其中的 107 种)挥发性成分是独立存在于每种芳香植物

本身,除了香茅醇(薄荷),左旋薄荷酮(藿香),5-甲基-2-(1-甲基亚乙基)环己酮(藿香)及甲基-反-3-苯基-丙烯酸酯(罗勒)三种丰量化合物外,其余特异化合物均含量甚微,但对芳香植物特征香气的呈现不可或缺。

6 种芳香植物的丰量化合物组成及含量差异很大。薄荷中以香叶醇、香茅醇,及三种醛类(柠檬醛、橙花醛及香茅醛)为主,藿香的主要成分为左旋薄荷酮及草蒿脑,罗勒的主要成分为甲基-反-3-苯基-丙烯酸酯和芳樟醇,而丁香罗勒的主要成分为丁香油酚,占据了整个挥发性成分的近七成。香蒿的挥发性成分分布较为扩散,烯、醛、酮及醇类成分均有较大占比,多为柑橘香、柠檬样香气成分,如 D-柠檬烯,柠檬醛及 γ -萜品烯,密花香蒿虽与香蒿同科同属类植物,但其挥发性成分组成及含量与后者有显著差异,丰量化合物类别也有显著不同,含量最高的化合物为柠檬醛,其次为橙花醛。不同芳香植物中丰量化合物的存在,有极大可能性推测是各自芳香植物的致香成分。6 种芳香植物挥发性成分组成、含量及香气描述,如表 1 所示。

除了共性成分外,丰量化合物的存在及各自植物中检出和鉴定的特异挥发性成分,是芳香植物呈现特异香气及特征风味的物质基础。

3 讨 论

薄荷、藿香、罗勒、丁香罗勒、香蒿及密花香蒿是具有重要生理功效的芳香植物,其味辛辣,刺激,具辛香,柑橘风味,或具清香,或凉感,具有较佳的食用性能,加上其具有潜在的舒缓安神,调节情绪,除杂异气,改善环境的作用,能够应用于香精香料,化妆品,日化品、功能食品、药物及食品添加剂中,天然健康的自然属性也使其越来越受到消费者青睐^[33]。

不同的挥发性成分,以一定组成和比例呈现了芳香植物的香气特性及风味特征。芳香植物挥发性成分的分析及比较研究,相较于单一植物的挥发性成分的数据分析,更加全面的解析芳香植物具生理活性及香气特性的物质基础,对 6 种常见的芳香植物的风味特性进行了有效解构,为芳香植物的选择性育种、栽培及田间管理提供理论基础,对于特色食用芳香植物的优良品质及风味特性的形成提供数据的借鉴和参考,同时为芳香植物类精油的提取、制备,相关香精的生产、调配以及芳香植物中天然活性成分的萃取、制备及应用提供数据支撑。

4 结 论

本文对 6 种常见并广泛种植的可食用芳香植物的挥发性成分进行了 GC-MS 组成成分分析,同时利用 GC-O 技术对其香气性能进行描述研究,得到如下结论:

1) 6 种芳香植物共检出挥发性成分 166 种,鉴定出其中的 158 种。丁香罗勒中检出挥发性成分数量最多,达 68 种,鉴定 66 种,主要为醇、醛类成分;香蒿中检出 52 种挥发性成分,并全部得到鉴定,烯、醛类物质是其主要组成部分;罗勒、藿香及密花香蒿中检出的挥发性成分数量分别为 47、38 及 35 种,鉴定出其中的 44、

37 及 34 种,罗勒中酯类、醇类及萜烯类成分较多,藿香的主要成分为酮类及萜烯类化合物,而醛类成分是密花香蒿的主体;薄荷中检出的挥发性成分数量最少,只有 28 种,全部得到鉴定,主要为醇、醛类挥发性成分。

2) 芳樟醇、 α -萜品烯及 α -石竹烯为 6 种芳香植物的共性挥发性成分,除此之外,有 113 种特异挥发性成分独立存在于各个芳香植物中。

3) 薄荷中醇、醛类成分较多,与胡椒薄荷或日本薄荷精油不同^[31],香叶醇及香茅醇是其挥发性成分的主体部分;藿香中以左旋薄荷酮及草蒿脑为主;罗勒中丙烯酸酯和芳樟醇是其主体成分,而丁香油酚成就了丁香罗勒的主体风味,可能是品种及萃取方法的不同,在致香成分的判定上不尽相同^[32];香蒿中主体化合物较多,以具柠檬样香气的烯、醛类为主,密花香蒿中则完全以占比较高的柠檬醛和香叶醛为其主体成分。

4) 6 种食用芳香植物具有类似的香气属性,具辛辣味,柑橘风味,樟脑气息,清香及果甜香,但其挥发性成分组成及含量迥异,又使其呈现出不同的风味特征。

【参 考 文 献】

- [1] 刘洋,熊国富,闫殿海. 芳香植物的应用前景[J]. 青海农林科技, 2013(1): 30—33.
Liu Yang, Xiong Guofu, Yan Dianhai. Application prospect of aromatic plant[J]. Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry, 2013(1): 30—33. (in Chinese with English abstract)
- [2] 孙超男,朱源,徐希明,等. 常用辛香料的化学成分和药理活性研究进展[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(21): 4153—4158.
Sun Chaonan, Zhu Yuan, Xu Ximing, et al. Advances in research of chemical constituents and pharmacological activities of common used spices[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2014, 39(21): 4153—4158. (in Chinese with English abstract)
- [3] 徐佳馨,王继峰,颜妮妮,等. 薄荷的药理作用及临床应用[J]. 食品与药品, 2019, 21(1): 81—84.
Xu Jiaxin, Wang Jifeng, Yan Weiwei, et al. Pharmacological Action and Clinical Application of *Menthae Haplocalycis Herba*[J]. Food and Drug, 2019, 21(1): 81—84. (in Chinese with English abstract)
- [4] Chaemsanit S, Sukmas S, Matan N, et al. Controlled release of peppermint oil from paraffin-coated activated carbon contained in sachets to inhibit mold growth during long term storage of brown rice[J]. Journal of Food Science, 2019, 84(4): 832—841.
- [5] Ghodrati M, Farahpour M. Encapsulation of Peppermint essential oil in nanostructured lipid carriers: In-vitro antibacterial activity and accelerative effect on infected wound healing[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, 2019, 564: 161—169.
- [6] 薛琴,刘微英,张历元,等. 广藿香和土藿香入药史研究[J]. 吉林中医药, 2017, 38(7): 240—244.
Xue Qin, Liu Weiyang, Zhang Liyuan, et al. Medicinal History Research of *Pogostemon Cablin* and *Agastache*

- Rugosa*[J]. Jilin Journal of Chinese Medicine, 2017, 38(7): 240—244. (in Chinese with English abstract)
- [7] 艾薇, 刘经伦, 李晓娇. 罗勒精油的微波辅助提取工艺及其抑菌效果研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(7): 240—244.
Ai Wei, Liu Jinglun, Li Xiaojiao. Microwave-assisted extraction and antibacterial effect of essential oil from *Ocimum basilicum* Linn[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(7): 240—244. (in Chinese with English abstract)
- [8] Jamal J, Khalighi A, Kashi A, et al. Chemical characterization of Basil (*Ocimum basilicum* L.) found in local accessions and used in traditional medicines in Iran[J]. Food Chemistry, 2002, 50: 5878—5883.
- [9] Mith H, Yayi-Ladékan, Dosso Sika Kpoviessi S, et al. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Ocimum basilicum*, *Ocimum canum* and *Ocimum gratissimum* in function of harvesting time[J]. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 2016, 19(6): 1413—1425.
- [10] Chimnoi N, Reuk-ngam N, Chuysinuan P, et al. Characterization of essential oil from *Ocimum gratissimum* leaves: Antibacterial and mode of action against selected gastroenteritis pathogens [J]. Microbial Pathogenesis, 2018, 118: 290—300.
- [11] 刘香萍, 敬雪敏. 香薷精油化学成分及其生物活性研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2018, 30(3): 35—39.
Liu Xiangping, Jing Xuemin. Research of chemical composition and biological activity of the essential oil form *Elsholtziaciliata*[J]. Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural University, 2018, 30(3): 35—39. (in Chinese with English abstract)
- [12] Javad S R, Mehdi S R, SeyedehMahsan H A, et al. Composition, cytotoxic and antimicrobial activities of *Satureja intermedia* C. A. mey essential oil[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2015, 16(8): 17812—17825.
- [13] 孙冬月, 高慧, 王晓婷, 等. 产地加工炮制一体化香薷的解热抗炎作用研究[J]. 中草药, 2018, 49(20): 4737—4742.
Sun Dongyue, Gao Hui, Wang Xiaoting, et al. Antipyretic and anti-inflammatory effects of *Mosla chinensis* based on integration processing technology of origin[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2018, 49(20): 4737—4742. (in Chinese with English abstract)
- [14] 张彦, 郭增军, 张新新, 等. 密花香薷挥发油促进黄芩苷透皮吸收的研究[J]. 中国现代应用药学, 2018, 35(2): 222—224.
Zhang Yan, Guo Zengjun, Zhang Xinxin, et al. Study of *elsholtzia densa* oil on promoting the transdermal adsorption of baicalin[J]. China Journal of Modern Applied Pharmacy, 2018, 35(2): 222—224. (in Chinese with English abstract)
- [15] Zeng H Y, Zhou P H, Tang Y L. Studies on the volatile oils form *Molsa chinensis*[J]. Natural Products Research and Development, 2002, 15(2): 135—137.
- [16] 包锦渊, 李军乔, 肖远灿. 青海密花香薷挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 231—237.
Bao Jinyuan, Li Junqiao, Qiao Yuancan. Analysis of volatile components of *elsholtzia densa* grown in qinghai province[J]. Food Science, 2014, 35(2): 231—237. (in Chinese with English abstract)
- [17] Oke F, Aslim B, Ozturk S, et al. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* ten[J]. Food Chemistry, 2009, 112: 874—879.
- [18] Lu H N, Pan Y J, Zhao Y, et al. Antibacterial activity of eighteen edible spice extracts on five food-borne bacteria [J]. Natural Products Research and Development, 2010, 22: 883—889, 898.
- [19] 郭向阳, 宛晓春. 黄玫瑰乌龙茶挥发性香气成分的 GC-MS 分析[J]. 中国食品添加剂, 2019, 30(180): 152—161.
Guo Xiangyang, Wan Xiaochun. The analysis on volatile fragrance component of huang meigui oolong tea by GC-MS[J]. China Food Additives, 2019, 30(180): 152—161. (in Chinese with English abstract)
- [20] Guo X Y, Ho C T, Schwab W, et al. Aroma compositions of large-leaf yellow tea and potential effect of theanine on volatile formation in tea[J]. Food Chemistry, 2019, 280: 73—82.
- [21] Feng Y, Cai Y, Sun WD, et al. Approaches of aroma extraction dilution analysis (AEDA) for headspace solid phase microextraction and gas chromatography-olfactometry (HS-SPME-GC-O): Altering sample amount, diluting the sample or adjusting split ratio?[J]. Food Chemistry, 2015, 187: 44—52.
- [22] Lv H P, Zhong Q S, Lin Z, et al. Aroma characterisation of Pu-erh tea using headspace-solid phase microextraction combined with GC/MS and GC-olfactometry[J]. Food Chemistry, 2012, 130(4): 1074—1081.
- [23] Guo X Y, Song C K, Ho C T, et al. Contribution of L-theanine to the formation of 2,5-dimethylpyrazine, a key roasted peanutty flavor in Oolong tea during manufacturing processes[J]. Food Chemistry, 2018, 263: 18—28.
- [24] Ho C T, Zheng X, Li S. Tea aroma formation[J]. Food Science and Human Wellness, 2015, 4(1): 9—27.
- [25] Winterhalter P. Carotenoid-derived Aroma Compounds: An Overview[M]. ACS Symposium Series, Washington D C: American Chemical Society, 2000.
- [26] 徐雯, 吴艳清, 丁浩然, 等. 广藿香的药理作用及机制研究进展 [J]. 上海中医药杂志, 2017, 51(10): 103—106.
Xu Wen, Wu Yanqing, Ding Haoran, et al. Research progress on pharmacological effects and mechanism of *herba pogostemonis*[J]. Shanghai Journal of Traditional Chinese Medicine, 2017, 51(10): 103—106. (in Chinese with English abstract)
- [27] Mikuriya N, Kim Y, Fujimura K. The effect of the aroma of *Patchouli* essential oil on defecation and constipation[J]. Aroma Research, 2004, 5(4): 70—75.
- [28] Cai M, Guo X Y, Liang H H, et al. Microwave-assisted extraction and antioxidant activity of star anise oil from *Illicium verum* Hook. f.[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2013, 48: 2324—2330.
- [29] Yao S S, Guo W F, Lu Y, et al. Flavor characteristics of Lapsang Souchong and smoked Lapsang Souchong, a special Chinese black tea with pine smoking process[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53: 8688—8693.

- [30] Jiroveta L, Buchbauer G, Ngassoum MB, et al. Aroma compound analysis of *Piper nigrum* and *Piper guineense* essential oils from Cameroon using solid-phase microextraction-gas chromatography, solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry and olfactometry[J]. Journal of Chromatography A, 2002, 976: 265–267.
- [31] 李晓侠, 翟姣, 张效宝, 等. 8 种薄荷属植物在黄河三角洲地区精油含量及成分研究[J]. 山东林业科技, 2018(3): 32–34.
- Li Xiaoxia, Zhai Jiao, Zhang Xiaobao, et al. Study on essential oil content and composition of 8 species of *mentha* in the yellow river delta area[J]. Shandong Forestry Science and Technology, 2018(3): 32–34. (in Chinese with English abstract)
- [32] 孙浩然, 曹磊, 陈伟楠, 等. 4 种罗勒叶片挥发物比较分析[J]. 北京农学院学报, 2017, 32(1): 57–63.
- Sun Haoran, Cao Lei, Chen Weinan, et al. Comparative Analysis on the leaf volatiles of four *Ocimum* plants[J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 2017, 32(1): 57–63. (in Chinese with English abstract)
- [33] 吕世勇, 袁涓文, 俞筱押, 等. 贵州黔东南侗族食用香料植物资源利用调查[J]. 北方园艺, 2015(16): 82–86.
- Lü Shiyong, Yuan Juanwen, Yu Xiaoya, et al. Study on edible spice plant used by dong people in qiandongnan prefecture Guizhou province[J]. Northern Horticulture, 2015(16): 82–86. (in Chinese with English abstract)

Analysis of volatile compositions in six edible fragrant plants by GC-MS/GC-O technology

Guo Xiangyang

(State Key Laboratory of Tea Plant Biology and Utilization, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: Volatile constituents are the material basis of fragrant plants with diverse flavors and aroma properties, can present different flavor or aroma characteristics, and also shows outstanding physiological activity and health efficacy on reducing risk of certain chronic disorders, antioxidant effects and antimicrobial activity. In order to study on the differences and similarities of volatile compounds and aroma properties, and also to establish the database of common edible aromatic plants, the volatile compositions from six edible fragrant plants (Peppermint, Ageratum, Basil, *Ocimum gratissimum*, Chinese *mosla* herb, *Elsholtzia densa* Benth.) were investigated by using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) technology coupled with headspace extraction (HS) for their aroma components, at the same time, their aroma properties were analyzed and described by way of gas chromatography-olfactometry (GC-O) technology. The results showed that terpenes, alcohols, ketones and aldehydes compounds were the main volatiles of six edible fragrant plants, and there were also a small amount of esters, heterocyclic and aromatic compounds which were important for its flavor presentation. In summary, these fragrant plants were of spicy, pungent, camphor-like odors, fresh lemon and citrus flavors. The contents of geraniol, citronellol, citral and neral with floral or lemon-like odors were higher in peppermint; l-menthol and estragole which was of woody and anise-like flavor were the main aroma compounds in ageratum; acrylic ester and linalool were the main volatiles in basil, which had a prominent pungency and floral fragrance; the eugenol with clove-like flavor and spicy odor was the abundant volatile in *Ocimum gratissimum*. D-limonene, citral and γ -terpene with lemon-like odor were the main aroma compounds of Chinese *mosla* herb, citral and geraniol were the main volatiles in *Elsholtzia densa* Benth., which was of spicy, floral and fresh lemon-like flavor. Characteristic volatile components were of contribution for its special flavor. The volatile compounds in a certain composition and proportion constitute a complete aroma of fragrant plants. The results can provide scientific data for the breeding of characteristic aromatic plants, the improvement of aroma quality and the research of flavor properties.

Keywords: volatile organic compounds; flavors; extraction; fragrant plants; gas chromatography-mass spectrometer (GC-MS); gas chromatography- olfactometry (GC-O); headspace extraction (HS); aroma description