

气相色谱-质谱-嗅辨法辨析 7 种天竺葵油中关键香气成分

鲍辰卿¹, 顾文博¹, 金 盈², 张天童¹,
俞森文¹, 乔 枘¹, 杨 程², 李德国^{1*}, 张 乾¹

¹上海烟草集团有限责任公司技术中心, 上海 201315; ²上海牡丹香精香料有限公司技术中心, 上海 201210

摘要:最近的研究发现采用气相色谱-质谱-嗅辨法(gas chromatography-mass spectroscopy-olfactory detector, GC-MS/O)可以辨别天竺葵油的香气分路并研究其成因。这项研究旨在采用 GC-MS/O, 通过强度法结合质谱库检索确定 7 种天竺葵油的关键香气成分并描述香气轮廓评价各自香气风格。在 16 倍稀释因子浓度下嗅辨 7 种天竺葵油, 共嗅辨出 24 种关键香气成分, 它们分别是香叶醇、 β -香茅醇、香叶酸甲酯(天竺葵香); 芳樟醇、玫瑰醚、香叶基乙基醚、乙酸香叶酯、 γ -衣兰油烯(玫瑰花香); 三甲基环己烯醇、反式氧化芳樟醇(呋喃型)、苯乙醇、*L*-薄荷酮、异薄荷酮、*L*-薄荷脑(青香); 乙醛二乙缩醛、异戊醇、 α -蒎烯、1,1-二乙氧基-3-甲基丁烷、白柠檬环醚、 β -蒎烯、柠檬烯(果香); 顺式氧化芳樟醇(呋喃型)、甲酸香叶酯、 α -衣兰油烯(果脯香)。

关键词:天竺葵油; 气相色谱-质谱-嗅辨法; 关键香气成分; 香气轮廓

中图分类号: TQ654 + 2

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2024) Suppl-0028-09

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2024.S.004

Identification of key aroma components in seven kinds of geranium oil by gas chromatography-mass spectroscopy-olfactometry

BAO Chen-qing¹, GU Wen-bo¹, JIN Ying², ZHANG Tian-tong¹,
YU Sen-wen¹, QIAO Cong¹, YANG Chen², LI De-guo^{1*}, ZHANG Qian¹

¹Technology Center of Shanghai Tobacco Group Co., Ltd., Shanghai 201315, China;

²Technology Center of Shanghai Peony Flavors and Fragrances Co., Ltd., Shanghai 201210, China

Abstract: A recent study found that the aroma quality of geranium oil could be identified by gas chromatography-mass spectroscopy-olfactory (GC-MS/O). This study aimed to describe the aroma profiles and evaluate the aroma image. Twenty-four key aroma components of seven kinds of geranium oils were identified with intensity method and mass spectrometry library, which were geranium aroma including geraniol, β -citronellol, camphorin methyl ester; Rose aroma including linalool, rose ether, ethyl geranyl ether, geranyl acetate, γ -itranolene; Green aroma including trimethyl cyclohexenol, trans-oxide linalool (furan type), phenyl ethanol, *L*-menthone, isomenthone, *L*-menthole; Fruity aroma including acetaldehyde diethyl acetal, isoamyl alcohol, α -pinene, 1,1-diethoxy-3-methylbutane, limetol, β -pinene, limonene; Preserved fruit aroma including *cis*-oxide linalool (furan type), geranyl formate, α -itranolene.

Key words: geranium oil; gas chromatography-mass spectroscopy-olfactory; key aroma components; aroma profile

天然精油的使用与人类的生活质量息息相关, 比如在疾病预防与抗菌活性^[1,4]、包装材料^[4]、驱蚊杀虫^[5]、保护作物^[6]等方面。另外, 天然精油还有助于减压^[7,8], 这让研究者们热衷于发现其中所含有的挥发性成分。天竺葵油为牻牛儿苗科天竺葵

属, 主要成分有香叶醇、香茅醇、芳樟醇等, 具有清凉玫瑰和香叶的香气, 可用于调配玫瑰、草莓、覆盆子、葡萄、樱桃等食品用香精、也可用于烟用香精和酒用香精中^[9]。国内外研究者们^[10-14]从天竺葵油中分离出的主要成分有 β -香茅醇、甲酸香茅酯、薄荷酮、香叶醇、芳樟醇、异薄荷酮、丙酸香茅酯、 α -松油醇、 β -石竹烯。但是对于这些成分的香气没有说明, Wendin 等^[15]鉴定了天竺葵油的感官特征, 并对可能归属于感官图谱的化学成分提出了建议。它们分

收稿日期: 2023-09-28 接受日期: 2023-10-28

基金项目: 上海烟草集团有限责任公司科技项目(K2021-1-009P)

* 通信作者 E-mail: lidieguo@sh.tobacco.com.cn

别是柠檬烯(柑橘)、对伞花烃(柠檬草)、茨烯(留兰香、雪松)、玫瑰醚(玫瑰)、甲酸香茅酯(青香)、 α -愈创木烯(土壤)。但目前未见有对天竺葵油中关键香气成分确切描述的报道。

气相色谱-质谱-嗅辨法(gas chromatography-mass spectroscopy-olfactory detector, GC-MS/O)将气相色谱分析与感官检测相结合,用于研究复杂混合物并鉴定其中的气味活性化合物^[16]。GC-MS/O已被广泛应用于天然精油的香气评价^[17-22],从而使单纯的嗅觉评价转向对呈现香气的挥发性成分的特征。为了更直观地辨析天竺葵油中的关键香气成分,本研究应用GC-MS/O对7种天竺葵油进行感官评价,将化合物与香气关联起来,以期为辨识天竺葵油及其质量提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

7种市售的天竺葵油,S1、S3、S5、S7样品购自中国、S2样品购自阿尔及利亚、S4、S6样品购自埃及;无水乙醇(分析纯,国药集团化学试剂有限公司)

1.2 仪器与设备

7890B-7000C气相色谱-质谱联用仪、HP-5MS毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm,0.25 μ m)(美国Agilent公司);ODP3嗅觉检测器(德国Gerstel公司)。

1.3 仪器参数

色谱条件:载气:氦气,流速1 mL/min;进样口温度:250 $^{\circ}$ C;程序升温条件:初始温度40 $^{\circ}$ C,以5 $^{\circ}$ C/min升温至150 $^{\circ}$ C并停留2 min,再以20 $^{\circ}$ C/min

升温至230 $^{\circ}$ C并停留2 min,最后以10 $^{\circ}$ C/min升温至280 $^{\circ}$ C并停留2 min;不分流;溶剂延迟9.5 min,进样量:1 μ L。质谱条件:离子源为EI源;电子轰击能量:70 eV;离子源温度:230 $^{\circ}$ C;四级杆温度:150 $^{\circ}$ C;接口温度:280 $^{\circ}$ C;扫描范围(m/z):35~400;质谱检索图库:Nist14谱库。Olfactometry条件:加热传输线80 cm×25 mm,温度为150 $^{\circ}$ C,最大输出信号1 V,空气加湿器流速8.0 mL/min。载气为氮气,流速为1 mL/min。

1.4 实验方法

分别用无水乙醇将7种天竺葵油稀释16倍,摇匀后静置。嗅辨小组由3名具有调香背景的嗅辨员组成,

第一步,稀释样品经GC-O嗅探口嗅辨,利用强度法,即在嗅探口嗅辨到香气的同时记录起始时间和香气强度并描述香气。在感官状态良好的情况下采用相同方法分两天重复实验验证香气强度描述的准确性^[23]。

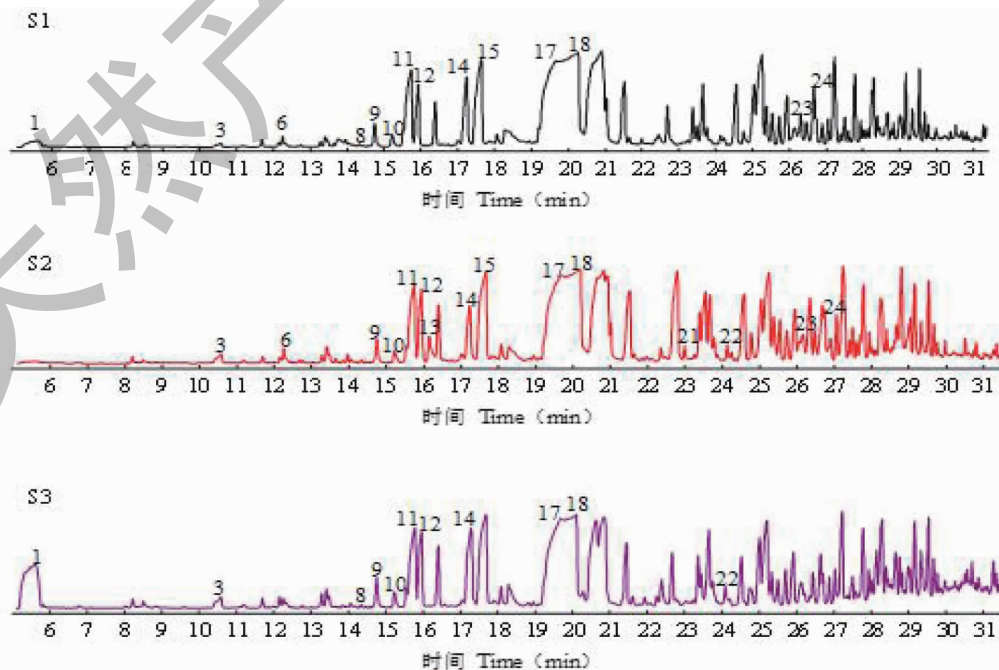
1.5 数据处理

各香气成分依据香韵归类并按香气强度排序。各路香韵的香气强度值按照表达该路香韵的香气成分香气强度值累加。7种天竺葵油中各路香韵的方差计算、制表、绘图均使用Microsoft Office Excel 2013软件。

2 结果与分析

2.1 天竺葵油中关键香气成分

各关键香气成分的嗅辨起始时间如图1标注。



续图1(Continued Fig.1)

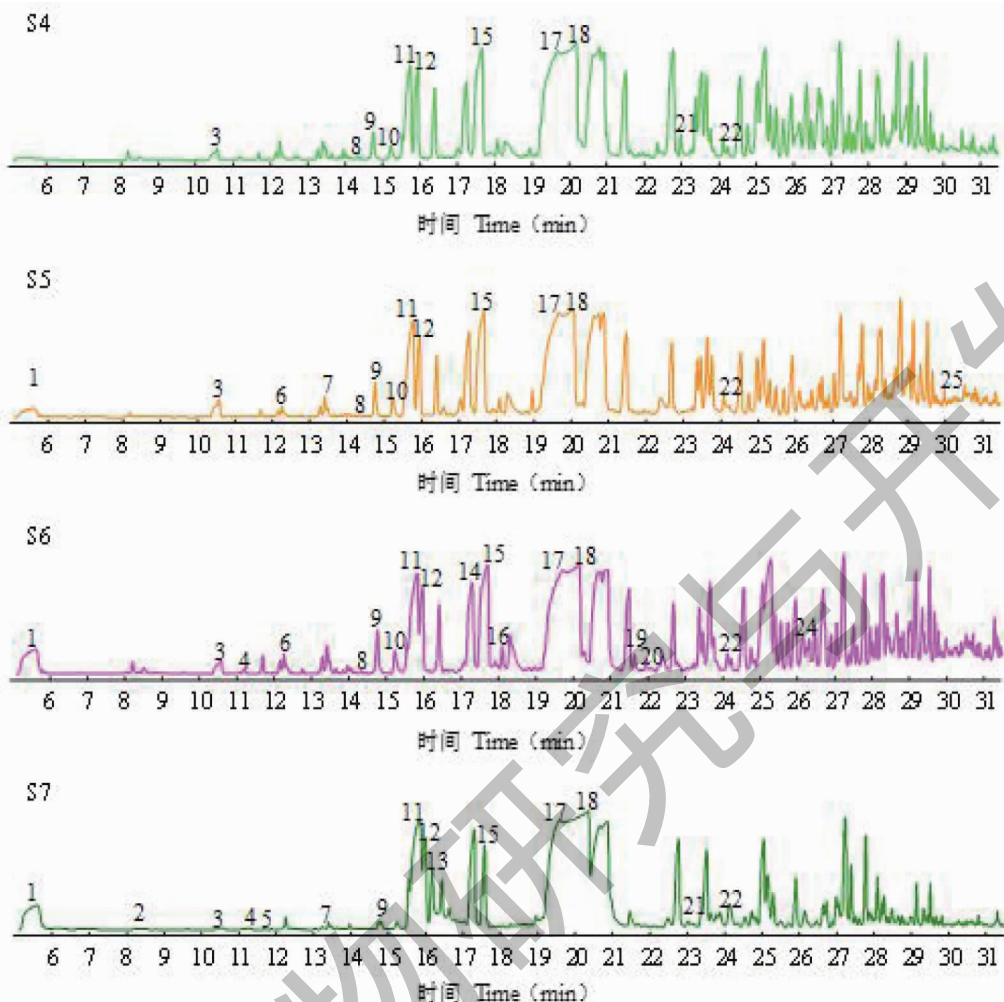


图1 7种天竺葵油总离子流图

Fig. 1 Total ion chromatograms of seven kinds of geranium oil

注:1. 乙醛二乙缩醛;2. 异戊醇;3. α -蒎烯;4. 1,1-二氧基-3-甲基丁烷;5. 白柠檬环醚;6. β -蒎烯;7. 柠檬烯;8. 三甲基环己烯醇;9. 顺式氧化芳樟醇(呋喃型);10. 反式氧化芳樟醇(呋喃型);11. 芳樟醇;12. 玫瑰醚;13. 苯乙醇;14. *L*-薄荷酮;15. 异薄荷酮;16. *L*-薄荷脑;17. β -香茅醇;18. 香叶醇;19. 甲酸香叶酯;20. 香叶酸甲酯;21. 乙酸香叶酯;22. 香叶基乙基醚;23. γ -衣兰油烯;24. α -衣兰油烯。Note:1. Acetaldehyde diethyl acetal;2. Isoamyl alcohol;3. α -Pinene;4. 1,1-Diethoxy-3-methylbutane;5. Limetol;6. β -Pinene;7. Limonene;8. Trimethylcyclohexenol;9. *cis*-O xide linalool (furan type);10. *trans*-Oxide linalool (furan type);11. Linalool;12. Rose oxide;13. Phenyl ethanol;14. *L*-Menthol;15. isomenthol;16. *L*-Menthol;17. β -Citronellol;18. Geraniol;19. Geranyl formate;20. Camphorin methyl ester;21. Geranyl acetate;22. Geranyl ethyl ether;23. γ -Itranolene; 24. α -Itranolene.

如表1所示,在16倍稀释因子浓度下嗅辨7种天竺葵油,嗅辨到的关键香气成分各有11~18种不等,其中S6嗅辨到18种,S3、S4各嗅辨到9种,按照嗅辨到的关键香气成分种类从多到少排序依次为S6 > S2 = S7 > S1 = S5 > S4 = S3;按照嗅辨到的关键香气成分香气强度值叠加从多到少排序依次为S6 > S1 > S2 > S7 > S5 > S3 > S4。共有的关键香气成分分别是香叶醇(萜烯醇)、芳樟醇(萜烯醇)、玫瑰醚(环氧化物)、 β -香茅醇(萜烯醇)、顺式氧化芳樟醇(呋喃型)(环氧化物)和 α -蒎烯(萜烯烃),其中

仅有一种天竺葵油中未被嗅辨到的关键香气成分分别是香叶基乙基醚(S1未被嗅辨到),反式氧化芳樟醇(呋喃型)(S7未被嗅辨到),异薄荷酮(S3未被嗅辨到);仅有两种天竺葵油中未被嗅辨到的关键香气成分是三甲基环己烯醇(S2、S7未被嗅辨到)和乙醛二乙缩醛(S2、S7未被嗅辨到)。

2.2.7 种天竺葵油的香气风格

使用闻香纸蘸取纯品天竺葵油的闻香结果见表2,7种天竺葵油以天竺葵香为主,辅以玫瑰花香、青香、果香、果脯香。

表1 7种天竺葵油中关键香气强度表

Table 1 Key aroma intensity of seven kinds of geranium oil

编号 No.	化合物 Compound	香气描述 Aroma description	嗅闻时间 Sniffing time(min)	香气强度值 Aroma intensity						
				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	乙醛二乙缩醛 Acetaldehyde diethyl acetal	果肉甜香香气	5.3	1.5	-	2	-	0.5	1.5	1
2	异戊醇 Isoamyl alcohol	果皮甜香香气	8.3	-	-	-	-	-	-	1.5
3	α -蒎烯 α -Pinene	果甜、发酵样气息	10.4	1.5	1	1	1	1	1	0.5
4	1,1-二乙氧基-3-甲基丁烷 1,1-Diethoxy-3-methylbutane	水果发酵样气息	11.3	-	-	-	-	-	1	1.5
5	白柠檬环醚 Limetol	柚子汁样甜香香气	11.5	-	-	-	-	-	-	0.5
6	β -蒎烯 β -Pinene	柚子香气	12.2	2	0.5	-	-	0.5	1.5	-
7	柠檬烯 Limonene	柚子果皮样香气	13.3	-	-	-	-	1	-	0.5
8	三甲环己烯醇 Trimethylcyclohexenol	吡嗪样青香香气	14.2	2	-	2.5	1	1	1	-
9	顺式氧化芳樟醇(呋喃型) <i>cis</i> -Oxide linalool (furan type)	浓重的浆果果酱香气	14.8	1.5	2	1	1	1.5	2	2
10	反式氧化芳樟醇(呋喃型) <i>trans</i> -Oxide linalool (furan type)	花生样青香香气	15.3	2	2	2.5	1	1.5	1.5	-
11	芳樟醇 Linalool	玫瑰木、墨汁样香气	15.5	2	2.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5
12	玫瑰醚 Rose oxide	玫瑰花饼样香气	15.9	2	2	1.5	2	2	2	1.5
13	苯乙醇 Phenylethanol	花萼青香香气	16.3	-	1.5	-	-	-	-	1.5
14	<i>L</i> -薄荷酮 <i>L</i> -Menthone	青瓜香气	17.3	1	1	0.5	-	-	0.5	-
15	异薄荷酮 Isomenthone	青果皮香气	17.6	2	1	-	1.5	1.5	1	1
16	<i>L</i> -薄荷脑 <i>L</i> -Menthol	淡淡的茶香香气	18.1	-	-	-	-	-	1	-
17	β -香茅醇 β -Citronellol	香茅香气	19.3	2	1.5	2	2	2	2	1.5
18	香叶醇 Geraniol	天竺葵香气	20.4	3	3	2.5	2.5	3	3	3
19	甲酸香叶酯 Geranyl formate	偏果甜的酸香香气	21.5	-	-	-	-	-	3	-
20	香叶酸甲酯 Camphorin methyl ester	似香茅香气	22	-	-	-	-	-	1	-
21	乙酸香叶酯 Geranyl acetate	玫瑰花蕊正甜香香气	23.2	-	2	-	2	-	-	2.5
22	香叶基乙基醚 Geranyl ethyl ether	玫瑰样酿甜香气	24.2	-	2	2.5	2	2	2.5	2
23	γ -衣兰油烯 γ -Itranolene	玫瑰木香气	26.2	2	1	-	-	-	-	-
24	α -衣兰油烯 α -Itranolene	桃肉、柿饼样香气	26.8	1	2	-	-	-	1.5	-
25	未检出 Not detected	青草香气	30	-	-	-	-	1	-	-

表 2 7 种天竺葵油的闻香描述

Table 2 Aroma description of each aroma in seven geranium oil

样品编号 No.	闻香描述 Aroma description
S1	清甜的天竺葵、玫瑰样花果香气
S2	头香酷似玫瑰花香的天竺葵香气
S3	头香酷似香蕉青果韵的天竺葵香气
S4	头香似玫瑰花饼样果脯香韵的天竺葵香气
S5	头香似香蕉皮样的天竺葵香气
S6	清花香香韵、天竺葵香气
S7	玫瑰样花果香气、天竺葵香气

如表 3~9 所示,采用 GC-MS/O 嗅辨并计算各路香韵的累计香气强度值,7 种天竺葵油的香气风格均由玫瑰花香、天竺葵香、青香为主,果香、果脯香

为辅构成。S2 的玫瑰花香最强、S6 的天竺葵香和果脯香最强、S1 的青香最强、S7 的果香最强。S3 和 S5 香气风格较接近。

表 3 天竺葵油 S1 中各路香韵香气强度排序

Table 3 Ranking of aroma intensity of each aroma in geranium oil S1

香韵 Aroma	关键香气成分 Key aroma compound	累计香气强度值 Cumulative aroma intensity value
青香 Green	三甲基环己烯醇、反式氧化芳樟醇(呋喃型)、异薄荷酮、L-薄荷酮	7.0
玫瑰花香 Rose	芳樟醇、玫瑰醚、 γ -衣兰油烯	6.0
天竺葵香 Geranium	香叶醇、 β -香茅醇	5.0
果香 Fruit	乙醛二乙缩醛、 α -蒎烯、 β -蒎烯	5.0
果脯香 Preserved fruit	顺式氧化芳樟醇(呋喃型)、 α -衣兰油烯	2.5

表 4 天竺葵油 S2 中各路香韵香气强度排序

Table 4 Ranking of aroma intensity of each aroma in geranium oil S2

香韵 Aroma	关键香气成分 Key aroma compounds	累计香气强度值 Cumulative aroma intensity value
玫瑰花香 Rose	芳樟醇、香叶基乙基醚、乙酸香叶酯、玫瑰醚、 γ -衣兰油烯	9.5
青香 Green	反式氧化芳樟醇(呋喃型)、苯乙醇、异薄荷酮、L-薄荷酮、L-薄荷酮	5.5
天竺葵香 Geranium	香叶醇、 β -香茅醇	4.5
果脯香 Preserved fruit	顺式氧化芳樟醇(呋喃型)、 α -衣兰油烯	4.0
果香 Fruit	α -蒎烯、 β -蒎烯	1.5

表 5 天竺葵油 S3 中各路香韵香气强度排序

Table 5 Ranking of aroma intensity of each aroma in geranium oil S3

香韵 Aroma	关键香气成分 Key aroma compound	累计香气强度值 Cumulative aroma intensity value
玫瑰花香 Rose	香叶基乙基醚、芳樟醇、玫瑰醚	6.0
青香 Green	三甲基环己烯醇、反式氧化芳樟醇(呋喃型)、L-薄荷酮	5.5
天竺葵香 Geranium	香叶醇、 β -香茅醇	4.5
果香 Fruit	乙醛二乙缩醛、 α -蒎烯	3.0
果脯香 Preserved fruit	顺式氧化芳樟醇(呋喃型)	1.0

表 6 天竺葵油 S4 中各路香韵香气强度排序

Table 6 Ranking of aroma intensity of each aroma ingeranium oil S4

香韵 Aroma	关键香气成分 Key aroma compound	累计香气强度值 Cumulative aroma intensity value
玫瑰花香 Rose	芳樟醇、香叶基乙基醚、玫瑰醚、乙酸香叶酯	8.5
天竺葵香 Geranium	香叶醇、 β -香茅醇	4.5
青香 Green	三甲基环己烯醇、反式氧化芳樟醇(呋喃型)、异薄荷酮	3.5
果脯香 Preserved fruit	顺式氧化芳樟醇(呋喃型)	1.0
果香 Fruit	α -蒎烯	1.0

表 7 天竺葵油 S5 中各路香韵香气强度排序

Table 7 Ranking of aroma intensity of each aroma ingeranium oil S5

香韵 Aroma	所含关键香气成分 Key aroma compound	累计香气强度值 Cumulative aroma intensity value
玫瑰花香 Rose	芳樟醇、香叶基乙基醚、玫瑰醚	6.5
天竺葵香 Geranium	香叶醇、 β -香茅醇	5.0
青香 Green	三甲基环己烯醇、反式氧化芳樟醇(呋喃型)、异薄荷酮、未检出	5.0
果香 Fruit	乙醛二乙缩醛、 α -蒎烯、柠檬烯、 β -蒎烯	3.0
果脯香 Preserved fruit	顺式氧化芳樟醇(呋喃型)	1.5

表 8 天竺葵油 S6 中各路香韵香气强度排序

Table 8 Ranking of aroma intensity of each aroma ingeranium oil S6

香韵 Aroma	所含关键香气成分 Key aroma compounds	累计香气强度值 Cumulative aroma intensity value
玫瑰花香 Rose	芳樟醇、香叶基乙基醚、玫瑰醚	7.0
果脯香 Preserved fruit	甲酸香叶酯、顺式氧化芳樟醇(呋喃型)、 α -衣兰油烯	6.5
天竺葵香 Geranium	香叶醇、 β -香茅醇、香叶酸甲酯	6.0
青香 Green	三甲基环己烯醇、反式氧化芳樟醇(呋喃型)、异薄荷酮、 <i>L</i> -薄荷脑、 <i>L</i> -薄荷酮	5.0
果香 Fruit	乙醛二乙缩醛、 α -蒎烯、1,1-二乙氧基-3-甲基丁烷、 β -蒎烯	5.0

表 9 天竺葵油 S7 中各路香韵香气强度排序

Table 9 Ranking of aroma intensity of each aroma ingeranium oil S7

香韵 Aroma	所含关键香气成分 Key aroma compounds	累计香气强度值 Cumulative aroma intensity value
玫瑰花香 Rose	芳樟醇、乙酸香叶酯、香叶基乙基醚、玫瑰醚	8.5
果香 Fruit	乙醛二乙缩醛、异戊醇、 α -蒎烯、1,1-二乙氧基-3-甲基丁烷、白柠檬环醚、柠檬烯	5.5
天竺葵香 Geranium	香叶醇、 β -香茅醇	4.5
青香 Green	苯乙醇、异薄荷酮	2.5
果脯香 Preserved fruit	顺式氧化芳樟醇(呋喃型)	2.0

其中,天竺葵香的感官描述介于玫瑰花香和青香之间,果脯香的感官描述介于果香和玫瑰花香之

间。使用 GC-MS/O 与闻香纸得到嗅辨结果相符,能更清楚地分辨出更多的香气分路。

2.3 天竺葵油的香气轮廓

如图2所示,7种天竺葵油的香气轮廓存在差异。其中S2和S7的玫瑰花香较突出,S1的青香较

突出,S6果脯香和天竺葵香较突出,S7的果香较突出。

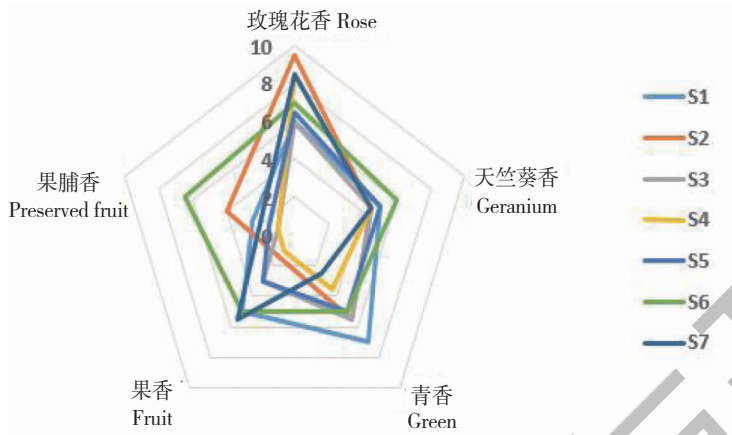


图2 7种天竺葵油的香气轮廓

Fig. 2 Seven kinds of aroma outline of geranium oil

基于各路香韵累计香气强度值计算样本方差(见表10),7种天竺葵油中各路香韵香气强度值的离散程度从小到大依次是天竺葵香、玫瑰花香、青

香、果香、果脯香。天竺葵香差异最小,而果脯香差异最大。

表10 7种天竺葵油中各路香韵香气强度值的离散程度

Table 10 Degree of dispersion of aroma intensity values of each fragrance in seven geranium oils

香韵 Aroma	各路香韵香气强度值 Aroma intensity value of each fragrance							样本方差 Sample variance
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	
天竺葵香 Geranium	5	4.5	4.5	4.5	5	6	4.5	0.309 523 81
玫瑰花香 Rose	6	9.5	6	8.5	6.5	7	8.5	1.952 380 952
青香 Green	7	5.5	5.5	3.5	5	5	2.5	2.142 857 143
果香 Fruit	5	1.5	3	1	3	5	5.5	3.202 380 952
果脯香 Preserved fruit	2.5	4	1	1	1.5	6.5	2	3.976 190 476

如表11所示,结合感官评价:7种天竺葵油的共同点是以玫瑰花香和天竺葵香为主体,辅以青香

加强天竺葵的叶青香气,辅以果脯香加强玫瑰花香,再辅以果香增强整体香气的丰富性。

表11 对天竺葵油的香气特征起作用的各组分

Table 11 Components that contribute to the aroma characteristics of geranium oil

香韵特征 Aroma feature	相关化合物 Related compound
玫瑰花香 Rose	芳樟醇、玫瑰醚、香叶基乙基醚、乙酸香叶酯、 γ -衣兰油烯
天竺葵香 Geranium	香叶醇、 β -香茅醇、香叶酸甲酯
青香 Green	三甲基环己烯醇、反式氧化芳樟醇(呋喃型)、苯乙醇、L-薄荷酮、异薄荷酮、L-薄荷脑
果脯香 Preserved fruit	顺式氧化芳樟醇(呋喃型)、甲酸香叶酯、 α -衣兰油烯
果香 Fruit	乙醛二乙缩醛、异戊醇、 α -蒎烯、1,1-二氧基-3-甲基丁烷、白柠檬环醚、 β -蒎烯、柠檬烯

3 结论

本研究利用 GC-MS/O 研究 7 种天竺葵油的香气质量,从中辨析出了 24 种关键香气成分,并归纳成五路香韵。代表各路香韵的化合物分别是 α -蒎烯、乙醛二乙缩醛(果香);三甲基环己烯醇、反式氧化芳樟醇(呋喃型)、异薄荷酮(青香);顺式氧化芳樟醇(呋喃型)(果脯香);芳樟醇、玫瑰醚、香叶基乙基醚(玫瑰花香);香叶醇、 β -香茅醇(天竺葵香),为天竺葵油的质量评价提供了新的见解。按各路香韵的离散程度升序依次为:天竺葵香、玫瑰花香、青香、果香、果脯香。天竺葵香作为主体香韵的排序高于玫瑰花香,可作为鉴别未知体系中是否含有天竺葵油的优先依据;而玫瑰花香作为一缕令人愉悦的香韵,则可以作为鉴别天竺葵油香气质量的优先依据。应用 GC-MS/O 分析天然精油分辨率高,对其中形成香气分路的关键香气成分量化指标明确,可作为进一步分析其他种类天然精油关键香气成分的有力工具。

参考文献

- 1 Soliman AF, Sarby MA, Abdelwahab G. *Araucaria heterophylla oleogum* resin essential oil is a novel aldose reductase and butyryl choline esterase enzymes inhibitor; *in vitro* and *in silico* evidence[J]. *Sci Rep-UK*, 2023, 13: 11446.
- 2 Becr E, Aatundag, Guran M, et al. Composition and antibacterial, anti-inflammatory, antioxidant, and anticancer activities of *Rosmarinus officinalis* essential oil[J]. *S Afr J Bot*, 2023, 160: 437-445.
- 3 Da silva LYS, Paulo CLR, Moura TF, et al. Antibacterial activity of the essential oil of *Piper tuberculatum* Jacq. fruits against multidrug-resistant strains: inhibition of efflux pumps and β -lactamase[J]. *Plants(Basel)*, 2023, 12: 2377.
- 4 Mouhoub A, Guendouz A, El Alaoui-Talibi E, et al. Evaluation of different characteristics and bioactivities of chitosan-based films incorporating *Eugenia caryophyllus* and *Cinnamomum zeylanicum* essential oils[J]. *Mater Chem Phys*, 2023, 307: 128201.
- 5 Sanei Da, Ghasemian A, Zarenezhad E, et al. *Nanoliposomes* containing three essential oils from the *Artemisia* genus as effective *larvicides* against *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi*[J]. *Sci Rep-UK*, 2023, 13: 11002.
- 6 Karapetsi L, Pratsinakis E, Xirakias F, et al. ITS metabarcoding reveals the effects of oregano essential oil on *Fusarium oxysporum* and other fungal species in soil samples[J]. *Plants-Basel*, 2022, 12: 62-62.

- 7 Cui JQ, Li HY, Duan JF, et al. Effect of essential oil of *Artemisia alba* on serum levels of brain-derived neurotrophic factor in orphan rats combined with chronic stress and depression[J]. *China J Tradit Chin Med Pharm(中华中医药杂志)*, 2022, 37: 7045-7049.
- 8 Qin TT, Huang RY, Xie HX, et al. To study the antidepressant effect and mechanism of essential oil of *Schizonepeta schizonepeta* based on NLRP3/cell pyroptosis pathway[J]. *Chin Tradit Herb Drugs(中草药)*, 2023, 54: 3878-3886.
- 9 Zhou YH, Xiao ZB. Preparation technology of edible essence(食用香精制备技术)[M]. Beijing: China Textile Press, 2007.
- 10 Yan J, Niu YF, Shi ZJ, et al. Antibacterial properties and composition analysis of 5 plant essential oils from Yunnan[J]. *J For Eng(林业工程学报)*, 2021, 6: 98-104.
- 11 Zhu HX, Dai QL, Lu M, et al. Comparative analysis on volatile terpenoids in five aromatic plants of *Pelargonium* [J/OL]. *Mol Plant Breeding(分子植物育种)*: 1-26 [2023-10-17]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220129.1459.008.html>.
- 12 Liu XS, Zhuang DH, Wu QH, et al. Analysis of essence components of two aromatic plants and comparison of essential oil components by solid phase microextraction[J]. *J Northwest Nor Univ: Nat Sci(西北师范大学学报: 自科版)*, 2015, 51: 58-65.
- 13 Rungqu P, Oyedeji O, Gondwe M, et al. Chemical composition, analgesic and anti-inflammatory activity of *Pelargonium peltatum* essential oils from Eastern Cape, South Africa[J]. *Molecules*, 2023, 28: 5294.
- 14 Fayoumi L, Khalil M, Ghareeb D, et al. Phytochemical constituents and therapeutic effects of the essential oil of rose geranium (*Pelargonium hybrid*) cultivated in Lebanon[J]. *S Afr J Bot*, 2022, 147: 894-902.
- 15 Wendin K, Palsdottir AM, Spendrup S, et al. Odor Perception and descriptions of rose-scented geranium *Pelargonium graveolens* 'Dr. Westerlund'-sensory and chemical analyses[J]. *Molecules*, 2023, 28: 4511.
- 16 Brattoli M, Cisternino E, Dambruoso PR, et al. Gas chromatography analysis with olfactometric detection (GC-O) as a useful methodology for chemical characterization of odorous compounds[J]. *Sensors-Basel*, 2013, 13: 16759-16800.
- 17 Mayra M, Manuel AP, Jorge R, et al. Chemical composition, enantiomeric distribution, and sensory evaluation of the essential oils distilled from the Ecuadorian species *Myrcianthes myrsinoides* (Kunth) Grifo and *Myrcia mollis* (Kunth) DC. (Myrtaceae) [J]. *Plants(Basel)*, 2019, 8: 511.