

皇菊不同部位挥发油化学成分比较分析

胡文杰, 邱修明, 曾建军*, 李 晨, 邱道贇, 丁志伟

井冈山大学生命科学学院, 吉安 343009

摘要:通过气相色谱-质谱联用仪鉴定分析了皇菊不同部位挥发油的化学成分,以峰面积归一化法进行了定量分析。结果表明:从皇菊叶、茎、根和花4个不同部位挥发油中各检测出了45、32、29和39种成分,共检测出了90种物质,包括烃类、醇类、酮类、酯类、氧化物类及醛类化合物,其中烃类48种、醇类29种、酮类4种、酯类3种、氧化物类3种及醛类2种。他们共有成分仅有3种,此外,还检测到一些特有的成分,叶有18种、茎有7种、根有10种和花有20种。

关键词:皇菊;挥发油;成分;气相色谱-质谱联用仪

中图分类号:682.31;Q945.6+4

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2015.07.012

Comparative Analysis of the Components of Essential Oils from Different Parts of Imperial Chrysanthemum

HU Wen-jie, QIU Xiu-ming, ZENG Jian-jun*, LI Ceng, QIU Dao-bin, DING Zhi-wei

College of Life Sciences, Jinggangshan University, Ji'an 343009, China

Abstract:The chemical components of essential oils from different parts of Imperial Chrysanthemum were identified by GC-MS, and the relative content of each component was determined by peak area normalization methods. The results were as follows: 45, 32, 29 and 39 components were detected in leaf, stem, root and flower, respectively. In total, 90 components were identified from the essential oils of four parts including olefins (48), alcohols (29), ketones (4), esters (3), oxides cervidae (3) and aldehydes (2). Only three common components were detected in all four parts of Imperial Chrysanthemum. In addition, the numbers of special components among four parts were 18, 7, 10 and 20 components, respectively.

Key words: Imperial Chrysanthemum; essential oil; component; GC-MS

植物挥发油是植物体内的次生代谢物质,由分子量相对较小的简单化合物组成,具有一定芳香气味的,在常温下能挥发的油状液体物质^[1]。该物质所含化学成分比较复杂,按其化学结构的不同可分为脂肪族、芳香族和萜类三大类化合物以及它们的含氧衍生物如醇、醛、酮、酸、醚、酯等,此外还有含氮和含硫的化合物,这些化合物均有沸点低且易挥发的特点^[2]。

植物挥发油几乎没有毒副作用,因此被广泛的应用在医药、食品、化妆品等行业。近年来,国内外学者对植物挥发油的研究主要集中在医药保健、食品工业、抗菌、害虫防治及果蔬保鲜等^[3-6]方面。因此,随着医药、食品、化妆品等行业的飞速发展,研究

植物挥发油有着重要的现实意义。

菊花(*Chrysanthemum morifolium*)为菊科植物菊花的干状头状花序,是我国的传统名花^[7]。该植物集观赏、食用和保健等一身,具有巨大的开发利用价值。皇菊属菊科菊属多年生草本植物,是我国传统的常用中药材之一。据文献记载,皇菊味甘苦,性微寒,有散风清热、清肝明目和解毒消炎等作用,对口干、火旺、目涩,或由风、寒、湿引起的肢体疼痛、麻木的疾病均有一定的疗效^[8]。目前,有关皇菊的研究仅仅集中在化学成分^[8]和繁育^[9]方面,但现有化学成分的研究尚未从皇菊不同部位挥发油的化学成分方面进行系统的比较分析。为了能够更好地了解和研究皇菊挥发油成分,开发其实用价值,本实验以水蒸汽蒸馏法提取其不同部位挥发油,通过气相色谱-质谱联用技术进行分析鉴定其化学成分,以期找出皇菊不同部位挥发油化学组成及含量间的内在联系,为其资源开发利用提供科学依据。

收稿日期:2015-01-16 接受日期:2015-06-03

基金项目:江西省高等学校科技落地计划(KJLD14064);井冈山大学大学生创新创业计划(SMKX20140001)

* 通讯作者 Tel:86-013970639699; E-mail: jianjunzen@139.com

1 材料与方法

1.1 材料

研究材料采自井冈山大学生物园,随机选取3棵作为本试验样株,植株生长状态良好,无病虫害。

1.2 方法

1.2.1 样品采集及处理

于2014年10月下旬,将3株皇菊整株植株挖出,深度为根系分布所达范围。洗净泥沙并晾干植株表面水分后,将每棵样株分别分为叶、茎、根和花4个部位。将茎和根切碎。每样株分别各部位称取鲜重后,用封口袋分别装好,用于提取挥发油。

1.2.2 挥发油提取

精确称取上述样品各200g,采用水蒸汽蒸馏法提取其挥发油,收集挥发油,分别密封避光冷藏备用。

1.2.3 分析样品制备

把3棵样株同一部位提取的挥发油,用移液器等量吸取并充分混合后,作为皇菊该部位挥发油成分分析测定的试验样品,用于GC-MS检测。

1.2.4 GC-MS 分析

采用Perkin Elmer Clarus 680型气相色谱-质谱联用仪,色谱柱为Elite-5 MS石英毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);色谱条件:起始柱温50℃,保持5 min;以3℃/min速度升温至140℃,再以10℃/min升至260℃保持10 min。载气为氦气,流量为1.0 mL/min,分流比10:1,进样量:0.5 μL;质谱条件:EI源,离子源温度180℃,接口温度:260℃,扫描范围(*m/z*)50~620。

2 结果与分析

2.1 皇菊不同部位挥发油平均得率

皇菊叶、茎、根和花4个不同部位挥发油的得率(质量分数)有所差异,叶0.23%、茎0.17%、根0.31%和花0.53%。其中花的平均得油率最高,为0.53%,其次是根,最低的是茎,仅为0.17%。各部位平均得率的大小排序为:花、根、叶、茎。这一结果可为皇菊挥发油原料采集部位的选择和经营管理措施提供重要依据。

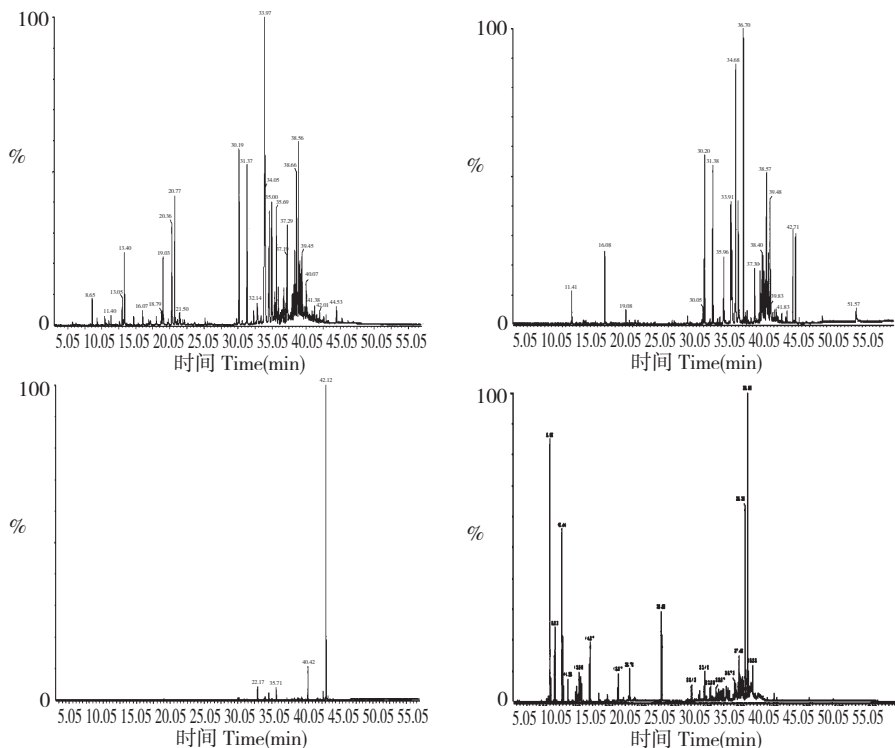


图1 皇菊叶(A)、茎(B)、根(C)及花(D)的挥发油总离子流图

Fig. 1 The total ion chromatogram of essential oils of leaf (A), stem (B), root (C) and flower (D) from Imperial Chrysanthemum

2.2 皇菊不同部位挥发油化学成分分析比较

皇菊叶、茎、根和花4个不同部位挥发油成分

检测的总离子流图见图1。经检索、解析和文献查对,本实验从皇菊4个不同部位挥发油中共鉴定出

90种化学成分(表1),包括烃类化合物48种、醇类化合物29种、酮类化合物4种、酯类化合物3种、氧化物类化合物3种及醛类化合物2种。通过分析比较,发现皇菊4个不同部位挥发油化学成分组成差异显著,4个不同部位挥发油中共同含有化学成分3种,这3种成分只集中在烃类化合物中,其他类化合物没有共同成分。此外,还检测到一些特有的化学成分,如叶特有化学成分18种,其中烃类7种[β -侧柏烯、邻伞花烃、 γ -松油烯、3-亚甲基-1,5,5-三甲基环己烯、水化梨松烯、可巴烯和(2)-氧化香橙烯];醇类5种[(-)-反式一松香芹醇、龙脑、(-)-异长叶醇、 α -毕橙茄醇和红没药醇];酮类2种(樟脑和长叶松香芹酮);酯类1种(新戊酸-6-酯);氧化物类1种[喇叭烯氧化物(II)];醛类2种(水芹醛和十六醛)。茎特有化学成分7种,其中烃类4种{(+)-4-萜烯、1,2,3,4,5,6,7,8-八氢-1,4-二甲基-7-(1-甲基乙基)-, [1s-(1 \acute{a} ,4 \acute{a} ,7 \acute{a})]-甘菊环、顺-Z- α -环氧

没药烯和 α -愈创烯};醇类3种(*T*-杜松醇、葎草烯-1,6-二烯醇和2-烯-十二醇)。根特有化学成分10种,其中烃类3种(环氧化蛇麻烯II、1,10-十一二烯和顺式- α -香柑油烯);醇类5种[β -桉叶油醇、1-(苯基乙炔基)-1-环己醇、甘桔环烯醇、反式-2-十一烯-1-醇和香叶基香叶醇];酮类1种(2-羟基-3-丁烯基-1,4-萘二酮);酯类1种(乙酸龙脑酯)。花特有化学成分20种,其中烃类14种[α -水芹烯、蒎烯、 α -蒎烯、 β -蒎烯、萜品油烯、(+)-柠檬烯、 γ -萜品烯、紫罗烯、*Di-epi- α* -柏木烯、环氧异香橙烯、愈创木烯、1,12-十三碳二烯、1,2,3,6-四甲基双环[2.2.2]-2-辛烯和1,E11,Z13十七碳三烯];醇类6种(喇叭茶醇、桉油烯醇、兰桉醇、表蓝桉醇、反式长松香芹醇和长松香芹醇)。此外,各部位已鉴定成分的挥发油含量分别占各部位挥发油总含量的86.49%、95.27%、84.4%、95.27%和85.39%。

表1 皇菊不同部位挥发油成分及其相对含量

Table 1 The components and their contents from essential oil of different parts of Imperial Chrysanthemum

类别 Types	化合物 Compounds	相对百分含量 Relative contents (%)			
		叶 Leaf	茎 Stem	根 Root	花 Flower
烃类	莰烯 (Camphene)	0.19	-	-	2.14
	β -侧柏烯 (β -Thujene)	0.20	-	-	-
	α -月桂烯 (α -Myrcene)	0.28	2.59	-	0.59
	邻伞花烃 (<i>O</i> -Cymene)	0.71	-	-	-
	γ -松油烯 (γ -Terpinene)	0.28	-	-	-
	3-亚甲基-1,5,5-三甲基环己烯 (3-Methylene-1,5,5-trimethylcyclohexene)	0.55	-	-	-
	水化梨松烯 (Sabinenehydrate)	0.19	-	-	-
	榄香烯 (Elemene)	6.23	9.91	0.52	-
	石竹烯 (Caryophyllene)	5.73	5.78	-	-
	β -倍半水芹烯 (β -Sesquiphellandrene)	0.44	8.93	2.97	-
	α -石竹烯 (α -Caryophyllene)	0.55	0.42	-	-
	4-bis(1-甲基乙基)-环己烷 (Cyclohexane,1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl))	0.24	-	0.10	-
	大香根叶烯 <i>D</i> (Germacrene <i>D</i>)	13.86	-	0.11	0.51
	α -姜黄烯 (α -Curcumene)	3.84	4.80	3.63	1.17
	姜烯 (Zingiberene)	7.38	9.28	3.68	1.24
	β -榄香烯 (β -Elemene)	6.71	6.51	0.22	16.33
	β -甜没药烯 (β -Bisabolene)	0.30	0.62	0.19	-
	δ -杜松烯 (δ -Cadinene)	0.67	0.13	-	0.38
	(<i>E</i>)- β -金合欢烯 ((<i>E</i>)- β -Farnesene)	2.15	0.20	6.90	-
	红没药烯 (Bisabolene)	0.28	-	0.07	-

	香树烯 (Alloaromadendren)	0.62	-	-	0.60
	雪松烯 (Cedrene)	0.57	3.45	-	-
	可巴烯 (Copaene)	0.49	-	-	-
	(2)-氧化香橙烯 (Aromadendrene oxide-(2))	0.10	-	-	-
	(+)-4-萜烯 ((+)-4-Carene)	-	2.41	-	-
	反式- α -香柑油烯 (Trans- α -Bergamotene)	-	5.78	-	0.63
	顺式- β -金合欢烯 (Cis- β -Farnesene)	-	2.96	-	0.49
	1,2,3,4,5,6,7,8-八氢-1,4-二甲基-7-(1-甲基乙烯基)-, [1s-(1 \acute{a} ,4 \acute{a} ,7 \acute{a})]-甘菊环 ((azulene,1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1s-(1 \acute{a} ,4 \acute{a} ,7 \acute{a})]))	-	0.52	-	-
	顺-Z- α -环氧没药烯 (Cis-Z- α -Bisabolene epoxide)	-	0.34	-	-
	α -愈创烯 (α -Guaiene)	-	0.28	-	-
	环氧化蛇麻烯 II(HumuleneepoxideII)	-	-	0.17	-
	(-)-异丁香烯 ((-)-Isocaryophyllene)	-	-	0.97	0.64
	1,10-十一二烯 (1,10-Undecadiene)	-	-	0.33	-
	顺式- α -香柑油烯 ((E)- α -Bergamotene)	-	-	1.03	-
	α -水芹烯 (α -Phellandrene)	-	-	-	0.07
	蒎烯 (Pinene)	-	-	-	12.84
	α -蒎烯 (α -Pinene)	-	-	-	3.87
	β -蒎烯 (β -Pinene)	-	-	-	0.37
	萜品油烯 (Terpinolene)	-	-	-	0.81
	(+)-柠檬烯 ((+)-Dipentene)	-	-	-	0.51
	γ -萜品烯 (γ -Terpinen)	-	-	-	2.25
	紫罗烯 (Ionene)	-	-	-	1.02
	Di-epi- α -柏木烯 (Di-epi- α -cedrene)	-	-	-	0.52
	环氧异香橙烯 (Isoaromadendrene epoxide)	-	-	-	1.38
	愈创木烯 (1(5)-Guaien-11-ol)	-	-	-	0.79
	1,12-十三碳二烯 (1,12-Tridecadiene)	-	-	-	1.07
	1,2,3,6-四甲基双环[2.2.2]-2-辛烯 (1,2,3,6-Tetramethylbicyclo[2.2.2]oct-2-ene)	-	-	-	0.95
	1,E 11,Z 13 十七碳三烯 (1,E-11,Z-13-heptadecatriene)	-	-	-	13.97
醇类	1,8-桉树脑 (Eucalyptol)	3.39	-	-	0.98
	(-)-反式-一松香芹醇 ((-)-Trans-pinocarveol)	0.57	-	-	-
	龙脑 (Borneol)	5.75	-	-	-
	4-萜烯醇 (Terpinen-4-ol)	5.69	0.21	-	2.37
	α -松油醇 (α -Terpineol)	0.83	-	-	0.53
	(-)-异长叶醇 ((-)-Isolongifolol)	0.90	-	-	-
	橙花叔醇 (Nerolidol)	0.24	0.60	-	1.08
	反式-橙花叔醇 (Trans-nerolidol)	0.25	0.04	0.12	-
	萆澄茄油烯醇 (Cubenol)	2.78	1.65	0.15	-
	α -毕澄茄醇 (α -Cadinol)	3.22	-	-	-
	红没药醇 (Bisabolol)	0.99	-	-	-
	α -红没药醇 (α -Bisabolol)	1.25	6.47	-	-
	内龙脑 (Endo-Borneol)	-	0.06	0.12	-
	匙叶桉油烯醇 ((-)-Spathulenol)	-	1.49	0.25	-

	<i>T</i> -杜松醇 (<i>Tau</i> -Cadinol)	-	1.55	-	-
	葎草烯-1,6-二烯醇 (Humulane-1,6-dien-3-ol)	-	6.89	-	-
	2-烯-十二醇 (<i>Z</i> -2-Dodecenol)	-	0.14	-	-
	芳樟醇 (Linalool)	-	-	0.07	-
	β -桉叶油醇 (β -Eudesmol)	-	-	0.16	-
	1-(苯基乙炔基)-1-环己醇 (1-(Phenylethynyl)-1-cyclohexanol)	-	-	0.12	-
	甘桔环烯醇 (Azulen-2-ol, 1,4-dimethyl-7-(1-methylethyl))	-	-	49.31	-
	反式-2-十一烯-1-醇 (Trans-2-Undecen-1-ol)	-	-	0.22	-
	香叶基香叶醇 (Geranylgeraniol)	-	-	0.08	-
	喇叭茶醇 (Ledol)	-	-	-	0.76
	桉油烯醇 ((-)-Spathulenol)	-	-	-	0.12
	兰桉醇 (Globulol)	-	-	-	0.75
	表蓝桉醇 (Epiglobulol)	-	-	-	1.82
	反式长松香芹醇 (Longipinocarveol, trans-)	-	-	-	3.17
	长松香芹醇 (Longipinocarvone)	-	-	-	0.48
酮类	樟脑 (Camphor)	5.01	-	-	-
	长叶松香芹酮 (Longipinocarvone)	0.24	-	-	-
	左旋樟脑 (L(-)-Camphor)	-	0.32	0.51	2.25
	6,10-二甲基-2-十一酮 (2-Undecanone, 6,10-dimethyl-)	-	0.36	0.05	-
	2-羟基-3-丁烯基-1,4-萘二酮 (1,4-Naphthalenedione, 2-hydroxy-3-(1-propenyl))	-	-	11.51	-
酯类	异戊酸异龙脑酯 (Isobornyl isovalerate)	0.24	-	-	0.83
	新戊酸-6-酯 (Limonen-6-ol, pivalate)	0.13	-	-	-
	乙酸龙脑酯 (BornylAcetate)	-	-	0.13	4.36
氧化物类	石竹烯氧化物 (Caryophyllene oxide)	0.25	1.88	-	0.75
	反- <i>Z</i> - α -甜没药烯环氧化物 (Trans- <i>Z</i> - α -bisabolene epoxide)	1.51	0.90	0.71	-
	喇叭烯氧化物 (II) (Ledene oxide-(II))	0.24	-	-	-
醛类	水芹醛 (Phellendral)	0.28	-	-	-
	十六醛 (Hexadecanal)	0.17	-	-	-
合计 90 种		45	32	29	39

注:“-”表示未检测,下同。

Note:“-” indicated not detected, same as below.

表 2 皇菊不同部位挥发油化学成分种类及其总相对含量

Table 2 Chemical components and their total contents from essential oil of different parts of Imperial Chrysanthemum

化学成分种类 Chemical components	各部位挥发油成分总类的总相对含量 Relative contents of essential oil of different parts (%)			
	叶 leaf	茎 stem	根 root	花 flower
烃类 Olefins	52.56	64.91	20.89	65.14
醇类 Alcohols	25.86	19.12	50.60	12.06
酮类 Ketones	5.25	0.68	12.07	2.25
酯类 Esters	0.37	-	0.13	5.19
氧化物类 Oxides cervidae	2.00	2.78	0.71	0.75
醛类 Aldehydes	0.45	-	-	-
合计 Total	86.49	87.49	84.4	85.39

2.2.1 烃类化合物

皇菊4个不同部位挥发油中烃类种类数和烃类物质总的相对含量差异较显著。从皇菊叶、茎、根和花4个不同部位挥发油中各鉴定出烃类化合物24、18、14和25种。可知,叶和花的烃类化合物种类数量只相差1种,与茎和根中烃类化合物种类数量相差较大。皇菊各部位挥发油中烃类物质总相对含量在20.89%~65.14%波动;花挥发油中的烃类化合物相对含量较高,为65.14%;茎次之,为64.91%;根最低,达20.89%,可见各部位间烃类化合物总相对含量差别较大。在烃类化合物中, β -榄香烯在皇菊4个不同部位挥发油中总百分含量最高,达29.77%,其次是姜烯(21.58%),最低的是 α -水芹烯(0.07%)。从这些化学成分的分类和结构上来看,皇菊4个不同部位挥发油中烃类化合物多属于 C_{10} ~ C_{17} 的烃类。

2.2.2 醇类化合物

皇菊叶、茎、根和花4个不同部位挥发油中的醇类化合物种类数量有差异。各部位挥发油中醇类化合物分别为12、10、10和10种。茎、根和花的醇类化合物种类数量相等,各为10种;叶中最多,为12种。皇菊不同部位挥发油中醇类化合物总相对含量差异较显著。各部位挥发油中醇类物质总相对含量在12.06%~50.60%波动;其中叶和根的总相对含量均达到了25%以上。在醇类化合物中,柑桔环烯醇为绝对主导成分(49.31%),这种成分只在根挥发油中含有,而其他部位挥发油中尚未检测到。

2.2.3 酮类化合物

从皇菊叶、茎、根和花4个不同部位挥发油中共鉴定出5种酮类物质。各部位间的酮类化合物种类数量分别为2、2、3和1种,其中叶和茎酮类物质种类数量相等。皇菊叶、茎、根和花4个不同部位挥发油中酮类化合物的含量分别为5.25%、0.68%、12.07%和2.25%。其中酮类化合物含量最高的部位是根(12.07%),其次是叶(5.25%),最低是在茎(0.68%)。根含有的酮类化合物含量是茎的17.75倍。

2.2.4 酯类化合物

从皇菊叶、茎、根和花4个不同部位挥发油中共鉴定出3种酯类物质,分别为异戊酸异龙脑酯、新戊酸-6-酯和乙酸龙脑酯。不同部位的酯类化合物种类数量略有差异。各部位的酯类化合物种类数量分别为2、0、1和2种,其中叶和花相等,各为2种,新戊酸-6-酯只在叶挥发油中检测到,而其他部位尚未

检测到。茎挥发油中均未检测到异戊酸异龙脑酯、新戊酸-6-酯和乙酸龙脑酯3种酯类物质。

2.2.5 氧化物类化合物

从皇菊叶、茎、根和花4个不同部位挥发油中鉴定出3种氧化物类化合物,分别为石竹烯氧化物、反- Z - α -甜没药烯环氧化物和喇叭烯氧化物(2)。各部位氧化物类化合物种类数量有所差异,分别为:3、2、1和1种,其中根和花的氧化物种类数量相等,各为1种。叶挥发油中均检测到石竹烯氧化物、反- Z - α -甜没药烯环氧化物和喇叭烯氧化物(2)3种化合物,但其含量有所差异,分别为0.25%、1.51%和0.24%。

2.2.6 醛类化合物

皇菊叶、茎、根和花4个不同部位挥发油中醛类物质种类数有所差异。不同部位挥发油中醛类物质分别为:2、0、0和0种;叶中醛类化合物种类数最多,为2种;茎、根和花中尚未检测到。皇菊不同部位挥发油中醛类化合物总百分含量差异显著。各部位挥发油中醛类物质总百分含量在0~0.45%波动。

3 讨论

按照花瓣颜色分类,皇菊属于黄菊的一种。本实验所检测到的皇菊花挥发油的化学成分与前人对产于浙江桐乡^[10]的小黄菊鲜花挥发油的化学成分分析的结果有较大差异,仅有11种共同成分,其中烃类6种,分别为 α -蒎烯、苾烯、 α -水芹烯、 γ -蒎烯、(+)-柠檬烯、 α -姜黄烯;醇类3种,分别为1,8-桉树脑、橙花叔醇、4-萜烯醇;酯类和氧化物类各有1种,即乙酸龙脑酯和石竹烯氧化物。除此之外,本实验新分离出的化合物有28种,其中烃类化合物有19种,分别为 α -月桂烯、大香根叶烯D、姜烯、 β -榄香烯、 δ -杜松烯、香树烯、反式- α -香柑油烯、顺式- β -金合欢烯、(-)-异丁香烯、蒎烯、 β -蒎烯、萜品油烯、紫罗烯、Di-epi- α -柏木烯、环氧异香橙烯、愈创木烯、1,12-十三碳二烯、1,2,3,6-四甲基双环[2.2.2]-2-辛烯和1,E-11,Z-13-十七碳三烯;醇类化合物有7种,分别为 α -松油醇、喇叭茶醇、桉油烯醇、兰桉醇、表蓝桉醇、反式长松香芹醇和长松香芹醇;酮类化合物1种,仅为左旋樟脑;酯类化合物1种,即异戊酸异龙脑酯。这些差异可能与皇菊的产地、气候、生长环境、采集时间以及提取条件有密切的关系,有待于进一步研究。

皇菊不同部位均含有挥发油,挥发油中的化学

成分基本为单萜烯类、倍半萜烯类及其含氧衍生物等。这些成分可用于香精香料、保健和医药等,具有重要的开发利用价值,尤其是皇菊挥发油中含量较高的樟脑、 β -榄香烯、姜烯和 α -红没药醇等化合物,其用途非常广。如樟脑是世界上最早被使用的天然有机化学成分之一,应用广泛,有兴奋、强心、消炎、镇痛、抗菌、止咳、促渗、杀螨等药理作用^[11,12]; β -榄香烯对肝癌 HePG₂ 细胞^[13]、胃癌^[14]、乳腺癌^[15]等有较好的抑制作用;姜烯具有抗病毒、杀虫剂等^[16]多种活性,广泛用于化妆品等多种行业^[17]; α -红没药醇具有消炎、灭菌、愈合溃疡、溶解胆石等药效,故红没药醇在医药行业中的用途较广^[18]。除此之外,皇菊挥发油中还有许多其他成分,这些成分的功效如何,有待于进一步研究。

4 结论

从皇菊叶、茎、根和花挥发油中分别鉴定出 45、32、29 和 39 种化合物,共鉴定出 90 种化学成分,包括烃类(48 种)、醇类(29 种)、酮类(4 种)、酯类(3 种)、氧化物类(3 种)及醛类(2 种)化合物,他们之间的共有成分有 3 种,这 3 种成分只集中在烃类化合物中,其他类化合物没有共同成分。此外,还检测到一些特有的化学成分,叶(18 种)、茎(7 种)、根(10 种)和花(20 种)。本研究可为皇菊的进一步开发利用提供了一定的参考依据。

参考文献

- Xu TN(徐娜婷). Researches on composition, antimicrobial-activity and-loquat's preservation of the volatile oil from *Liquidambar formosana* Hance leaves. Chongqing: Southwest University (西南大学), MSc. 2013.
- Zhang DF(张东峰). Mica powder in environmental protection anticorrosion coating application mechanism discussion. *Hebei Chem Eng* (河北化工), 2008, 31(2): 10-12.
- Saddi M, Sanna A, et al. Antitherpevirus activity of *Artemisia arborescens* essential oil and inhibition of lateral diffusion in Vero cells. *Ann Clin Microbiol Antimicrob*, 2007, 6: 113-119.
- Smith PA, Stewart J, Fyfe L, et al. The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. *Food Microbiol*, 2001, 18: 463-470.
- Aysun O, Ayse E, Munevver S, et al. Antitumoral and antioxidant effect of essential oils and *in vitro* antioxidant properties of essential oils and aqueous extracts from *Salvia pisdica*. *Biologia*, 2010, 65: 990-996.

- Cao SF, Zheng YH, et al. Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit. *Food Chem*, 2009, 115: 1458-1463.
- Zhang Y(张轶). Studies on the identification and classification of Chinese traditional chrysanthemum cultivars based on three types of markers. Beijing: Beijing Forestry University (北京林业大学), PhD. 2014.
- Liu YS(刘玉珊), Xu ZH(许震寰), Liu J(刘静), et al. Analysis of the beneficial components and edibility of the Imperial Chrysanthemum. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2014, 42: 10905-10906.
- Wang Q(王琪), Zhang XQ(张旭庆), Wang HL(王红莉), et al. Imperial chrysanthemum factory nursery technology. *Chin Horticult Abstr* (中国园艺文摘), 2013, 9: 161.
- Wang MX(王梦馨), Shen XG(沈学根), Zhou JS(周建松), et al. Analysis on chemical components of essential oils from fresh flowers and manufactured goods of *Chrysanthemum cultivar Dendratherem agrandiflorum* 'Xiao Huang' Ju in Tongxiang City of Zhejiang Province. *Acta Agric Zhejiangensis* (浙江农业学报), 2014, 26: 900-907.
- Smith AG, Margolis G. Camphor poisoning: anatomical and pharmacologic study; report of a fatal case; experimental investigation of protective action of barbiturate. *Am J Pathol*, 1954, 30: 857-868.
- Manoguera AS, Erdman AR, Wax PM, et al. A merican association of poison control centers. camphor poisoning: an evidence-based practice guideline for Out-of-Hospital management. *Clini Toxicol*, 2006, 44: 357-370.
- Zhang JL, Mao YQ, Li H, et al. The effect of beta-elemene on alpha-tubulin polymerization in human hepatoma HepG₂ cells. *Chin J Cancer Res*, 2013, 25: 770-776.
- Yan B, Zhou Y, Feng S, et al. Beta-elemene-attenuated tumor angiogenesis by targeting notch-1 in gastric cancer stem-like cells. *eCAM*, 2013, 2013: 1-12.
- Zhang X, Li Y, Zhang Y, et al. Beta-elemene blocks epithelial mesenchymal transition in human breast cancer cell line MCF-7 through Smad3-9 mediated down-regulation of nuclear transcription factors. *PLoS One*, 2013, 8(3): e58719.
- Jocelyn GM. Rapid and simple isolation of zingiberene from ginger essential oil. *J Nat Prod*, 1998, 61: 1025-1026.
- Carter CD, Sacalis JN, Gianfagna TJ. Zingiberene and resistance to Colorado potato beetle in *Lycopersicon hirsutum* f. *hirsutum*. *J Agric Food Chem*, 1989, 37: 206-210.
- Huang R(黄瑞), Zhang JS(张建水), et al. Progress in synthesis of bisabolol and iso-bisabolol. *J Shanghai Inst Tech* (上海应用技术大学学报), 2012, 12: 141-146.