

十二种金华佛手挥发油成分的比较研究

赵 磊, 籍保平*, 周 峰, 赵兴杰, 李 博
(中国农业大学食品科学与营养工程学院 北京 100083)

摘 要: 本研究比较了从金华采集的 12 种有代表性的佛手样品的挥发油含量和化学成分。应用水蒸气蒸馏法提取佛手挥发油, 所得佛手油通过 GC/MS 分析, 并和 Nist2.0 标准图谱对照确定成分结构, 定性定量地分析了这 12 种佛手挥发油的化学成分。鉴定出佛手挥发油中 27 种化学成分, 主要成分是柠檬烯和 γ -松油烯。12 种佛手中 X 号佛手含油量最高, 达到了 1.49%。它们所含成分相同, 主要成分均为柠檬烯和 γ -松油烯, 只是含量略有不同。
关键词: 佛手; 挥发油; GC/MS; 成分分析

Study on Chemical Compositions of 12 Volatile Oils from Bergamots

ZHAO Lei, JI Bao-ping*, ZHOU Feng, ZHAO Xing-jie, LI Bo
(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Volatile oils of 12 representative oil samples of *Citrus medica* L. var. *Sarcodactylis* (Noot) Swingle were systematically studied. The bergamots slurries were extracted by steam distillation to get volatile oils, which were analyzed on GC/MS and elucidated by the Nist2.0 MS data. Constituents of oils were analyzed qualitatively and quantitatively. Twenty-seven kinds of chemical compositions were obtained. Among them the majority were limonene and γ -terpinene. Of all the bergamots studied, number X gives the highest volatile oil content (1.49%). They all have the same constituents with limonene and γ -terpinene as the main component. But the contents of constituents were different.

Key words: bergamot; volatile oils; GC/MS; components analysis

中图分类号: 0657.63

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)06-0179-06

佛手(Bergamot), 学名 *Citrus medica* L. var. *Sarcodactylis* (Noot) Swingle, 又名佛手香橼、蜜柑、密罗柑、福寿柑、五指柑等, 属芸香科(Rutaceae)柑橘属香橼的变种, 为常绿小乔木或灌木^[1]。佛手在我国已经有 400 多年的种植和应用的历史, 主要产于广东、广西、福建、四川、云南、浙江等省地。其中浙江金华是著名的佛手产地, 产于金华的称为金佛手。有研究证实^[2], 佛手的染色体数为 18 条, 和柑桔一致, 说明它们为同属。佛手一年四季开花, 其花、叶和果实均可入药。佛手果型奇特, 状如人手, 握拳或伸指, 千姿百态。佛手不仅是闻香赏果的花卉珍品, 还是一种药食同源的植物; 其性温, 味辛、苦、酸, 具理气止呕、和胃健脾、化痰止咳等功效。主治肝胃气痛, 胸腹胀满, 痰气咳嗽, 食欲不振及呕吐等症^[3]。

佛手油具有独特的香气和重要的生理功能, 在食品、化妆品和药品中有潜在的应用价值。评价佛手的

品质, 其挥发油组成成分是重要的因素之一。对佛手油的组分分析已有较多文献报道^[4-9]。但随着品种、栽培地点等的不同, 其果皮中挥发油成分、含量有所不同。目前, 仅金晓玲等对 4 种佛手挥发油的化学成分进行了研究^[10]。因此, 弄清不同品种佛手油的组成成分对资源综合利用均有十分重要的意义。本文应用水蒸气蒸馏法获得金华佛手挥发油, 并用 GC/MS 分析研究了 12 种金华佛手挥发油的成分。为佛手资源的进一步开发利用提供实验的理论依据。

1 材料与方法

- 1.1 原料 12 种佛手鲜果样品分别采自浙江金华市。
- 1.2 试剂 无水硫酸钠(分析纯)、无水乙醇(色谱纯)。
- 1.3 仪器
挥发油提取装置、气相色谱质谱联用仪(Agilent Technologies 6890 GC/5973 MSD)。
- 1.4 方法

收稿日期: 2006-03-24

*通讯作者

作者简介: 赵磊(1982-), 女, 在读硕士, 研究方向为功能性食品。

1.4.1 佛手挥发油含量的测定

佛手挥发油含量的测定采用水蒸气蒸馏法, 参照《中华人民共和国药典》2000年版一部(附录XD)^[11]。

1.4.2 挥发油的制备与保存

将收集的挥发油(含少量水)进行离心处理, 离心力 $3000 \times g$ 。随后加入适量的无水硫酸钠进行脱水。将制备的挥发油置于棕色密封瓶中, 于 4°C 下保存备用。

1.4.3 佛手挥发油的成分分析

色谱条件: DB-5($0.25\text{mm} \times 30\text{m} \times 0.25\mu\text{m}$)毛细管柱, 分流比 20:1, 进样量 $1.0\mu\text{l}$, 进样温度 250°C , 四极杆温度 150°C , 载气 He, 流量 1.0ml/min 。程序升温: 50°C (1 min) $\xrightarrow{8^{\circ}\text{C/min}}$ 180°C (0.5 min) $\xrightarrow{20^{\circ}\text{C/min}}$ 250°C (10 min)。

质谱条件: EI-MS, 离子源温度 230°C , 电子能量 70eV , 质量范围 $50 \sim 500\text{u}$, 用 NIST2.0 谱库检索加以确认, 定量采用面积归一化法。

2 结果与分析

2.1 12种佛手样品的挥发油含量的比较

表1 12种佛手鲜果样品的挥发油含量
Table 1 The volatile oil content of 12 bergamots

编号	平均果重(g)	挥发油含量(%)
I	1000.50	0.59
II	515.82	0.66
III	521.12	0.50
IV	182.99	1.00
V	296.03	0.60
VI	184.15	0.64
VII	161.71	1.21
VIII	379.28	0.85
IX	661.45	0.70
X	19.75	1.49
XI	168.40	1.27
XII	187.17	0.87

注: 12种佛手样品采自金华不同地区, 有代表性。其中, V号开红花; 其余11种开白花。

表1列出了12种佛手鲜果样品的挥发油含量及平均果重。

佛手属于辛味药, 有柑橘属特殊的芳香味。辛味药多含挥发油, 且挥发油是其药用有效成分之一, 有人曾统计了85种辛味中药, 发现含有挥发油的占63种(47.1%)^[12]。挥发油含量是衡量中药质量和疗效的指标之一, 中国药典1990年版规定了11种中药挥发油的最低含量, 如薄荷含挥发油不得少于0.8%。中药挥发油含量与栽培条件有关, 同一品种, 栽培条件不同其挥发油含量不尽相同。由表1可知, I、IV、X和XI号这四种佛手挥发油含量均超过1%, 其中X号佛手挥发油

含量最高, 达到了1.49%。其它几种佛手挥发油含量均在0.5%~0.9%之间。

佛手的挥发油主要存在于果皮中, 如表2所示。佛手平均果重越大, 果皮部分所占的相对含量就越低。因此, 在品种相同的情况下, 佛手的平均果重越大, 挥发油含量越低。除去果肉后, 佛手果皮的挥发油含量有所提高, 其中III号佛手果皮挥发油含量可达0.87%, 仍未超过1%; IX号佛手果皮挥发油含量可达1.33%, 也未能超过X号佛手挥发油含量。这说明品种和栽培条件是影响佛手挥发油含量的主要因素。

表2 佛手鲜果样品的全果、果皮和果肉的挥发油含量
Table 2 The volatile oil contents of the whole fruit, epicarp and flesh of bergamot

样品	挥发油含量(%)	
	III	IX
全果	0.50	0.80
果肉	无	无
果皮	0.87*	1.33*

注: * 佛手挥发油占果皮部分的百分含量。

2.2 佛手挥发油成分分析

对佛手挥发油进行GC/MS分析, 佛手挥发油的质谱总离子流图及主要成分质谱图见图1~5。

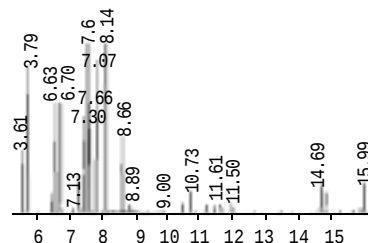


图1 佛手挥发油的GC/MS总离子流图
Fig.1 GC/MS total-ion chromatogram of bergamot volatile oil

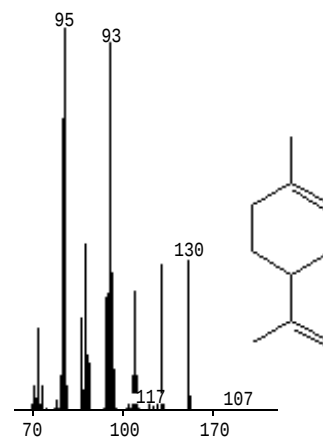


图2 柠檬烯质谱图和结构式
Fig.2 Mass spectrum of chromatogram and structural formula (limonene)

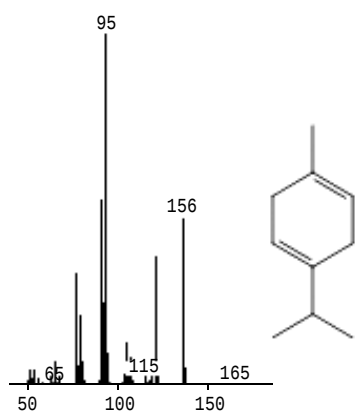
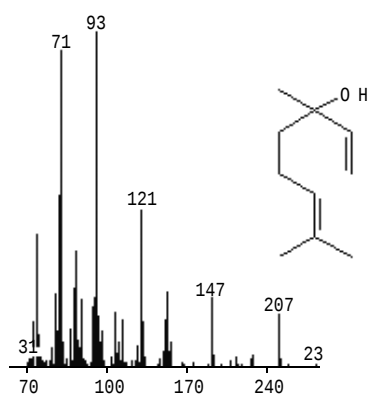
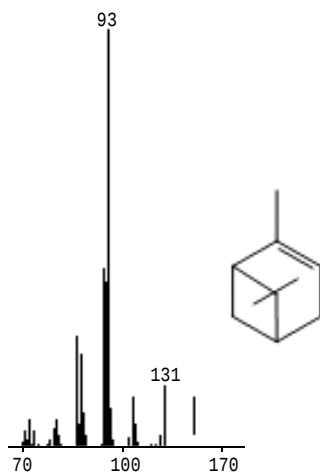
图3 γ -松油烯质谱图和结构式Fig.3 Mass spectrum of chromatogram and structural formula (γ -terpinene)

图4 芳樟醇质谱图和结构式

Fig.4 Mass spectrum of chromatogram and structural formula (linalool)

图5 α -蒎烯质谱图和结构式Fig.5 Mass spectrum of chromatogram and structural formula (α -pinene)

根据 GC/MS 联用所得的质谱信息、相对保留时间和相关参考文献^[4~9], 经计算机用 NIST2.0 标准质谱库检

索与标准图谱对照分析, 确认了从佛手挥发油中分离出的 27 种主要成分。结果见表 3。

表3 金华佛手挥发油化学成分分析结果

Table 3 The chemical composition of volatile oil from bergamot

编号	保留时间 (min)	分子式	化学成分
1	5.64	C ₁₀ H ₁₈	2-甲基-5-(1-甲基)-二环[3.1.0]己-2-烯
2	5.79	C ₁₀ H ₁₆	α -蒎烯
3	6.52	C ₁₀ H ₁₆	β -水芹烯
4	6.63	C ₁₀ H ₁₆	β -蒎烯
5	6.78	C ₁₀ H ₁₆	α -月桂烯
6	7.15	C ₁₀ H ₁₆	α -水芹烯
7	7.35	C ₁₀ H ₁₆	α -松油烯
8	7.50	C ₁₀ H ₁₄	邻-伞花烃
9	7.61	C ₁₀ H ₁₆	柠檬烯
10	7.66	C ₁₀ H ₁₆	(E)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯
11	7.87	C ₁₀ H ₁₆	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯
12	8.14	C ₁₀ H ₁₆	γ -松油烯
13	8.66	C ₁₀ H ₁₆	异松油烯
14	8.89	C ₁₀ H ₁₈ O	芳樟醇
15	9.88	C ₁₀ H ₁₈ O	香茅醛
16	10.48	C ₁₀ H ₁₈ O	4-甲基-1-(1-甲基)-3-环己烯-1-醇
17	10.73	C ₁₀ H ₁₈ O	α -松油醇
18	11.21	C ₁₀ H ₁₈ O	橙花醇
19	11.46	C ₁₀ H ₁₈ O	香叶醛
20	11.64	C ₁₀ H ₁₈ O	香叶醇
21	11.98	C ₁₀ H ₁₈ O	橙花醛
22	14.69	C ₁₅ H ₂₄	β -石竹烯
23	14.83	C ₁₅ H ₂₄	2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基)-双环[3.1.1]庚-2-烯
24	15.26	C ₁₅ H ₂₄	α -石竹烯
25	15.65	C ₁₅ H ₂₄	八氢-7-甲基-3-亚甲基-4-(1-甲基)-1H-环戊[1,3]环丙[1,2]苯
26	15.87	C ₁₅ H ₂₄	榄香烯
27	15.99	C ₁₅ H ₂₄	红没药烯

2.3 品种对佛手挥发油成分的影响

经 GC/MS 分析, 定性定量地鉴定了 12 种佛手挥发油成分。12 种佛手挥发油的主要成份相同, 仅在含量配比上有一定的差异(表 4)。

采用 GC/MS 方法, 经鉴定检测出佛手挥发油中的主要香气成分 27 种, 其中烯烃类 19 种, 醇类 5 种, 醛类 3 种。其中烯烃类成分占有绝对优势, 占佛手油含量的 95% 以上。佛手油成分集中分布在 C₁₀~C₁₅ 这个范围。以分子量 136 和 204 的同分异构体居多。这两大类同分异构体占佛手挥发性成分的绝对优势, 与其它成分一起形成了佛手特有的香气。香气成分中主要成分为柠檬烯和 γ -松油烯。其余 25 种化合物中相对含量大于 1% 的为: α -蒎烯、 β -蒎烯、 α -月桂烯、邻-伞花烃、(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯。以上这些萜烯类化合物占佛手挥发油的绝大部分。其中柠檬烯、 α -蒎烯、 β -蒎烯等几种物质用途很广。 α -蒎烯、 β -蒎烯是重要

表4 12种佛手挥发油成分含量的比较
Table 4 The chemical compositions of volatile oils from 12 bergamots

序号	峰面积(%)											
	I	I	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0.92	1.44	0.96	1.14	1.23	0.89	1.06	1.11	1.00	0.73	1.14	1.10
2	2.30	3.48	2.38	2.83	2.96	2.25	2.59	2.76	2.49	1.94	2.78	2.68
3	0.29	0.30	0.39	0.32	0.28	0.30	0.27	0.33	0.32	0.27	0.35	0.33
4	2.02	2.00	2.03	2.34	1.85	1.67	2.29	2.04	2.19	1.38	2.36	2.31
5	1.70	1.73	1.71	1.74	1.75	1.76	1.73	1.73	1.73	1.78	1.68	1.70
6	0.07	0.09	0.07	0.07	0.08	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07
7	0.51	0.78	0.55	0.60	0.71	0.48	0.56	0.58	0.56	0.38	0.58	0.57
8	1.26	1.18	1.22	1.21	1.19	1.37	1.22	1.23	1.23	1.27	1.20	1.22
9	60.29	45.35	58.58	56.10	50.14	63.01	57.90	58.08	58.66	67.12	55.25	57.06
10	0.89	0.71	1.21	1.26	0.83	1.75	1.17	1.11	0.99	1.21	1.28	1.36
11	1.24	1.02	1.78	1.87	1.16	2.54	1.69	1.60	1.43	1.81	1.85	1.96
12	24.53	35.00	25.12	26.51	31.43	20.39	25.52	25.06	25.50	18.05	27.03	25.89
13	1.06	1.58	1.10	1.18	1.39	0.96	1.09	1.12	1.11	0.77	1.18	1.09
14	0.08	0.10	0.07	0.07	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.10	0.11	0.07
15	0.07	0.08	0.05	0.07	0.07	0.02	0.05	0.05	0.09	0.04	0.05	0.06
16	0.13	0.23	0.14	0.17	0.20	0.11	0.16	0.16	0.11	0.14	0.18	0.12
17	0.20	0.31	0.19	0.23	0.29	0.15	0.25	0.23	0.15	0.24	0.32	0.17
18	0.22	0.33	0.22	0.18	0.74	0.21	0.19	0.20	0.19	0.26	0.23	0.25
19	0.20	0.61	0.14	0.22	0.38	0.09	0.24	0.20	0.18	0.15	0.24	0.13
20	0.26	0.39	0.26	0.18	0.83	0.22	0.21	0.22	0.21	0.27	0.24	0.22
21	0.26	0.80	0.18	0.28	0.56	0.12	0.31	0.24	0.25	0.20	0.31	0.17
22	0.19	0.20	0.29	0.23	0.19	0.29	0.22	0.23	0.23	0.34	0.28	0.24
23	0.18	0.18	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.21	0.21	0.16
24	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.05	0.04
25	0.27	0.23	0.30	0.21	0.18	0.17	0.20	0.23	0.26	0.15	0.26	0.18
26	0.09	0.08	0.11	0.09	0.06	0.06	0.07	0.09	0.10	0.07	0.08	0.08
27	0.37	0.28	0.38	0.27	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.33	0.31	0.24

注: 1. 2-甲基-5-(1-甲基)-二环[3.1.0]己-2-烯; 2. α-蒎烯; 3. β-水芹烯; 4. β-蒎烯; 5. α-月桂烯; 6. α-水芹烯; 7. α-松油烯; 8. 邻-伞花烃; 9. 柠檬烯; 10. (E)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯; 11. (Z)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯; 12. γ-松油烯; 13. 异松油烯; 14. 芳樟醇; 15. 香茅醛; 16. 4-甲基-1-(1-甲基)-3-环己烯-1-醇; 17. α-松油醇; 18. 橙花醇; 19. 香叶醛; 20. 香叶醇; 21. 橙花醛; 22. β-石竹烯; 23. 2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基)-双环[3.1.1]庚-2-烯; 24. α-石竹烯; 25. 八氢-7-甲基-3-亚甲基-4-(1-甲基)-1H-环戊[1,3]环丙[1,2]苯; 26. 榄香烯; 27. 红没药烯。

表5 佛手挥发油的主要成分
Table 5 The major components of bergamot volatile oil

作者(年)	主要成分		提取方法	物料形态
	1	2		
杨荣华(2002)	柠檬烯	γ-松油烯	减压水蒸气蒸馏法	佛手鲜果, 切碎
金晓玲(2000)	柠檬烯	邻-伞花烃	水蒸气蒸馏法	佛手鲜果, 切碎
周露(2000)	柠檬烯	γ-松油烯	水蒸气蒸馏法	佛手鲜果
施长春(2004)	柠檬烯	萜烯	水蒸气蒸馏法	佛手鲜果
郑孝华(2004)	α-蒎烯	γ-松油烯	顶空固相微萃取法	佛手鲜果, 捣碎
黄晓钰(1998)	柠檬烯	γ-松油烯	同步蒸馏-萃取法	佛手干品, 粉碎
本文	柠檬烯	γ-松油烯	水蒸气蒸馏法	佛手鲜果, 破碎

的香料中间体, 可以用于合成一系列精细化工原料或产品。柠檬烯是一种来自天然植物中的有机化工产品, 可用于制备合成树脂和合成橡胶, 调和橙花香精、柑桔油等, 也可用于制作柠檬类精油的代用品; 以柠檬烯为原料还可以合成多种香料等。此外, 芳樟醇作为柑橘属重要的特征香气成分, 也是一个很有用的中间体, 由它可以合成橙花醇、香叶醇、柠檬醛、紫罗兰酮、维生素A。在临床上, 芳樟醇还有一定的镇静及降血压

作用。

由表4可知, 金华佛手挥发油的主要成分是柠檬烯和γ-松油烯。将近年来国内学者对佛手挥发油的主要成分研究结果进行总结, 同时列于表5。

这一结论与黄晓钰^[4]、杨荣华^[5]、周露^[6]等报道的佛手油的主要成份是柠檬烯和γ-松油烯一致。而与金晓玲等^[7]报道的佛手油主要成份为柠檬烯和邻-伞花烃有所不同。与郑孝华等^[8]报道的佛手油的主要成份为α-蒎

烯和 γ -松油烯以及施长春^[9]报道的佛手油的主要成分为柠檬烯和萜烯也有所不同。这说明佛手挥发油的主要成份与品种、栽培地点和提取方法有较大关系,而物料处理方式与对佛手油的主要成分影响不大。佛手油中 α -蒎烯和 γ -松油烯的含量占佛手油的 80% 以上。由于这两种成分的含量过高,影响了其他成分尤其是含氧化合物的检出、鉴定。因此,进一步将佛手油分离,除去含量占绝对优势的 α -蒎烯和 γ -松油烯,对其它成分的分析、鉴定有着重要的意义。此外,不同报道中的佛手油的其它成分也有着不同程度的差异。但这些成分都属于萜烯类物质及其醇或酯的衍生物。这可能与佛手品种、栽培地点、提取方法、季节和色谱条件有关。但所报道的佛手油中均含有芳樟醇,这与柑橘属的特征香气成分是芳樟醇相一致。

柑橘属植物挥发油是由萜烯、倍半萜烯等纯碳氢烯和高级醇类、醛类、酮类、酯类组成的混合物。萜烯的主要成分为柠檬烯,这些全由碳氢构成的萜烯类对柑橘属植物挥发油之香气贡献很少^[13];含氧化合物中以癸醛、芳樟醇、 α -松油醇、香茅醛和香叶醛的阈值最大,对柑橘属植物挥发油香气贡献最大。柠檬烯与这些含氧化合物共同形成了柑橘属植物挥发油所特有的清甜、新鲜的香气^[14]。

除了佛手油的含量以外,油的质量也值得关注。因为提取率高并不意味着产品质量也为最佳。对佛手油中的主要成份和特征香气成分含量的比较,对评价佛手油的质量有着重要意义。综合考虑到佛手挥发油含量等因素在内,选取 IV、 、 、 X、 、 (佛手油含量 > 0.8%) 这 6 种佛手油进行比较。

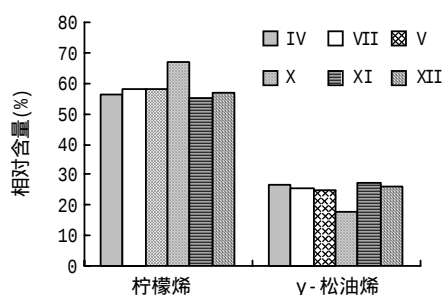


图 6 6 种佛手油中主要成分的相对含量

Fig. 6 The relative contents of major components in the volatile oils of 6 bergamots

由表 4 和图 6 可知, IV、 、 、 、 这五种佛手油中柠檬烯和 γ -松油烯含量大体上持平。号佛手油中柠檬烯含量最高(67.12%),较其它佛手油的柠檬烯含量多出了大约 10%。 γ -松油烯含量明显偏低,仅为 18.05%。柠檬烯是佛手油的主要成分,它与其它单萜烯: α -侧柏烯、 α -蒎烯、月桂烯、松油烯、

异松油烯等形成佛手油所特有的清甜、新鲜的香气。但除柠檬烯以外的单萜烯含量偏高则会掩盖果香,产生萜气,使头香带有杂气。由此可见,X 号佛手油柠檬烯含量高且其它单萜烯含量相对较低,品质更好。

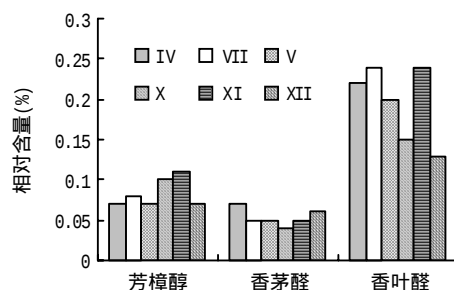


图 7 6 种佛手中影响香气的成分的相对含量

Fig. 7 The relative contents of flavor components in the volatile oils of 6 bergamots

由表 4 和图 7 可知,芳樟醇作为所有柑橘属植物挥发油的基本特征组分,在佛手各个品种之间没有明显的差异,含量均在 0.07%~0.11% 之间。在佛手油所有组分中,芳樟醇的阈值最低为 0.028 $\mu\text{g/g}$ ^[15]。芳樟醇的含量越高,其贡献的香气值(浓度/阈值)就越高。上述 6 种佛手油中,X 和 XI 号的芳樟醇含量达到了 0.1%,品质更佳。

香叶醛的阈值为 0.1 $\mu\text{g/g}$ ^[14],在上述 6 种佛手的香叶醛相对含量变动范围内(0.13%~0.24%),并没有产生香气上的明显差别。微量的香茅醛与柠檬醛和其它香气共同形成清甜的柠檬似的果香;但含量高时会带来草青气。上述 6 种佛手油中香茅醛的含量相近,含量均在 0.07% 以下,与其他组分共同形成了佛手油的清甜、爽快的气味。

3 结 论

佛手油的成分主要以烯烃、醇类和酯类为主。烯烃占 95% 以上。在佛手油的烯烃类成分中,均为分子量为 136 和 204 的同分异构体,与其它成分一起构成了佛手油的特有的香气。佛手油的主要成份为柠檬烯和 γ -松油烯。佛手油的主要成份与佛手品种、栽培地点和提取方法关系密切。

12 种佛手中, IV、IV、X 和 XI 号佛手油含量较高,均超过 1%,其中 X 号佛手挥发油含量最高,达到了 1.49%。12 种佛手挥发油成分相同,只是在含量配比上不同。X 号佛手油中柠檬烯含量最高,其它单萜烯类含量最低,香气成分芳樟醇含量也达到了 0.1%。因此,X 号佛手油的品质最佳。此外,XI 号佛手挥发油含量为 1.27%,芳樟醇含量高,柠檬烯和其它单萜烯类含量与另外 11 种佛手油相持平。XI 号佛手油也有着较

流动注射氢化物发生 - 原子吸收光谱法 测定食醋中微量铅

魏利滨, 罗胜铁, 宋长友
(唐山学院环境与化学工程系 河北 唐山 063000)

摘要:建立了应用氢化物发生-原子吸收法测定食醋中微量铅的方法。探讨了氧化剂、盐酸、硼氢化钾溶液浓度及载气流量对样品测定的影响,确定了最佳试验条件, Pb^{2+} 在 $0 \sim 0.12 \text{ mg/L}$ 范围内具有良好的线性关系,方法的回收率为 $96\% \sim 105\%$, 检出限可达 $0.32 \mu\text{g/L}$ 。该法简便、快速、灵敏,对实际样品的测定结果令人满意。
关键词:流动注射;原子吸收分析法;氢化物;食醋;铅

Determination of Trace Lead in Vinegar by Flow Injection Hydride Generation - atomic Absorption Spectrometry

WEI Li-bin, LUO Sheng-tie, SONG Chang-you
(Department of Environmental and Chemical Engineering, Tangshan College, Tangshan 063000, China)

Abstract: The paper studied the determination of trace lead in vinegar by flow injection hydride generation-atomic absorption spectrometry. It also studied the effects which the solution concentration of oxidizer, hydrochloric acid, potassium borohydride and the airflow applied to the sample determination. It determined the optimum experiment conditions. When Pb^{2+} is between 0 and 0.12 mg/L , good linear relation is formed. The rate of Pb^{2+} reclamation is from 96% to 105% and the detection limit $0.32 \mu\text{g/L}$. This method is simple, quick and sensitive. It has a satisfactory result in sample assaying.

Key words: flow injection; atomic absorption spectrometry; hydride generation; vinegar; lead

收稿日期: 2005-08-15

作者简介: 魏利滨(1963-), 男, 副教授, 主要从事光谱分析和电化学分析的教学与研究。

好的品质。

综合考虑各种因素, X 和 XI 号佛手可选做用于生产高含量、高品质佛手油的栽培品种。

参考文献:

- [1] 江苏新医学院. 中药大辞典(上册)[M]. 上海: 上海人民出版社, 1986. 1141.
- [2] 徐根娣, 李华. 微机对佛手染色体核型作静动两态的分析和探讨[J]. 上海农学院学报, 1994, 12(3): 172-176.
- [3] 浙江植物志编委会. 浙江植物志总论[M]. 浙江科学技术出版社, 1993.
- [4] 黄晓钰, 钟秀茵, 苏毅. 佛手柑挥发油成分提取鉴定[J]. 华南农业大学学报, 1998, 19(3): 101-106.
- [5] 杨荣华. 佛手柑精油化学成分的分析[J]. 分析化学, 2002, 30: 1149.
- [6] 周露, 陈剑昌, 任洪涛, 等. 佛手油化学成分研究[J]. 香料香精化妆品, 2000, 61(2): 7-10.
- [7] 金晓玲, 徐丽珊, 郑孝华. 佛手挥发油的化学成分[J]. 分析测试学报, 2000, 19(4): 71-73.
- [8] 郑孝华, 翁雪香. 固相微萃取气相色谱-质谱分析佛手挥发性成分[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2004, 27(1): 48-51.
- [9] 施长春, 王建英, 朱婉萍, 等. 金佛手挥发油化学成分的GC-MS分析[J]. 药学实践杂志, 2004, 22(4): 209-210.
- [10] 金晓玲, 徐丽珊, 等. 4种佛手挥发油化学成分的研究[J]. 中国药学杂志, 2002, 37(10): 737-739.
- [11] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典2000年版一部附录64(附录XD).
- [12] 王筠默. 中药药理学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985. 6.
- [13] 李于善, 贺艳, 邓静, 等. 柑橘香精油的提取及提高其香气品质的研究[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(11): 51.
- [14] 余珍, 丁靖. 几种芸香科柑桔类精油的化学成分与香气的研究[J]. 云南植物研究, 1996, 18(4): 465-470.
- [15] 杨荣华. 柚果皮油特征香气成分的分析[J]. 浙江农业科学, 2003, (3): 109-111.