

- Wu S R, Chen W F, Zhou X. Enzyme linked immunosorbent assay for endogenous plant hormones. *Plant Physiology Communications*, 1988 (5): 53 ~ 57 (in Chinese)
- 8 Chen J G, Zhao H Y, Zhou X. Changes in levels of endogenous hormones in azalea from apical dominance. *Journal of Horticultural Science*, 1997, 72: 583 ~ 591
- 9 郑志富, 周 燮. 识别未衍生化的 13-羟化-GAs 及其葡萄糖苷的单克隆抗体. *植物学报*, 1995, 37 (10): 761 ~ 769  
Zheng Z F, Zhou X. A monoclonal antibody recognizing nonderivative 13-hydroxy gibberellin and their glucosides. *Acta Botanica Sinica*, 1995, 37 (10): 761 ~ 769 (in Chinese)
- 10 Blakeslee J J, Peer W A, Murphy A S. Auxin transport. *Current Opinion in Plant Biology*, 2005, 8 (5): 494 ~ 500
- 11 Haga K, Lino M. Auxin-growth relationships in maize coleoptiles and pea internodes and control by auxin of the tissue sensitivity to auxin. *Plant Physiology*, 1998, 117: 1473 ~ 1486
- 12 Jouve L, Gaspar T, Kevers C, Greppin H, Delgi Agosti R. Involvement of indole-3-acetic acid in the circadian growth of the first internode of *A. rubidopsis*. *Planta*, 1999, 209: 136 ~ 142
- 13 Wolbang C M, Ross J J. Auxin promotes gibberellin biosynthesis in decapitated tobacco plants. *Planta*, 2001, 214: 153 ~ 157
- 14 Wolbang C M, Chandler P M, Smith J J, Ross J J. Auxin from the developing inflorescence is required for the biosynthesis of active gibberellins in barley stems. *Plant Physiology*, 2004, 134: 769 ~ 776
- 15 Sherriff L J, McKay M J, Ross J J, Reid J B, Willis C L. Decapitation reduces the metabolism of gibberellin A<sub>20</sub> to gibberellin A<sub>1</sub> in *Pisum sativum* L., decreasing the Le/le difference. *Plant Physiology*, 1994, 104: 277 ~ 280
- 16 Lester D R, Ross J J, Smith J J, Elliott R C, Reid J B. Gibberellin 2-oxidation and the *SLN* gene of *Pisum sativum*. *The Plant Journal*, 1999, 19: 65 ~ 73
- 17 Ross J J, O'Neill D P. New interactions between classical plant hormones. *Trends in Plant Science*, 2001, 6: 2 ~ 4

## 木瓜芳香物质固相微萃取 GC - MS分析

刘拉平 史亚歌 岳田利 赵锁芳\* (西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100)

### Analysis of Aromatic Components in *Chaenomeles sinensis* (Thouin) Koehne by SPME - GC - MS

Liu Laping, Shi Yage, Yue Tianli, and Zhao Suolao\* (College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

关键词: 木瓜; 芳香物质; 固相微萃取; GC - MS分析

中图分类号: S 661.6 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2006) 06-1245-02

木瓜 [*Chaenomeles sinensis* (Thouin) Koehne] 新鲜果实所特有的芳香物质组成研究较少。固相微萃取方法 (SPME) 对园艺产品挥发性成分分析<sup>[1,2]</sup>有着广泛的应用前景。为了阐明木瓜芳香物质化学组成及合理开发利用木瓜资源, 本试验采用固相微萃取技术并结合 GC - MS法对木瓜挥发性芳香物质进行了分析研究。

光皮木瓜 (*C. sinensis*) 2005年 10月分别取自陕西杨凌及陕西白河, 新鲜成熟果实, 冷藏保存。

手动固相微萃取 (SPME) 进样器, 100  $\mu$ m PDMS萃取头 (美国 Supelco公司), 使用前先将萃取头在气相色谱仪的进样口 250 老化 30 min, 取 2~3个木瓜置于密封的纸箱中, 室温平衡 1 h。将老化微萃取器直接插在纸箱上, 吸附 1 h后插入气相色谱仪进样口, 于 250 解析 2 min。GC - MS分析条件: TRACE DSQ GC - MS联用仪 (美国 Finnigan公司), DB-WAX (30 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  1.0  $\mu$ m) 弹性石英毛细管柱, 程序升温 60 , 保持 2.5 min, 以 4 /min升至 210 , 保持 5 min; 进样口 250 ; 传输线 230 ; 载气 He, 流速 1.0 mL/min; 不分流进样。电离方式 EI, 70 eV; 离子源温度 250 , 质量扫描范围 10~400 amu; 发射电流 100  $\mu$ A, 检测电压 1.4 kV。各组分经过 NIST02标准谱库检索及资料分析<sup>[3]</sup>, 按面积归一化法计算含量。

根据 SPME - GC - MS分析, 从两种产地木瓜中共分离鉴定 54种主要组分 (表 1), 所鉴定出的化合物含量分别占其提取物总量的 87.57%及 84.95%。

两种木瓜芳香物质构成种类基本相同, 都以萜烯类物质及酯类、内酯类化合物为主, 这与其它果实芳香物质构成类型<sup>[3,4]</sup>基本类似, 但木瓜中 -法呢烯以及较长链的辛酸酯、己酸酯、丁酸酯、癸 (烯) 酸酯等酯类物质含量较高, 这说明 -法呢烯、辛酸酯、己酸酯等物质对于构成木瓜特征香气具有重要作用; 同时, 受生长环境条件及栽培管理措施等因素影响, 取自不同产地的两种木瓜中芳香物质含量分布存在明显差异。

收稿日期: 2006 - 03 - 12; 修回日期: 2006 - 07 - 14

\*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: lp-sx@163.com)

表 1 木瓜芳香物质化学组成

Table 1 Chemical constituents of aromatic component in *C. sinensis*

保留时间 RT (min)	化合物 Components	RSI	SI	相对含量 Relative content (%)	
				杨凌 Yangling	白河 Baihe
5.54	乙酸异丁酯 Butanoic acid, 2-methylpropyl ester	840	809		0.06
6.83	丁酸丁酯 Butanoic acid, butyl ester	910	824	0.03	0.02
7.22	己酸乙酯 Hexanoic acid, ethyl ester	820	792		0.05
8.21	乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	927	901	0.20	0.29
9.49	己酸丙酯 Hexanoic acid, propyl ester	874	852		0.13
9.68	乙酸-5-己烯-1-醇酯 5-hexene-1-ol, acetate	834	816	0.27	0.12
10.15	异丁酸己酯 Propanoic acid, 2-methyl, hexyl ester	894	875		0.37
10.47	己酸异丁酯 Hexanoic acid, 2-methylpropyl ester	938	938	1.70	6.01
11.58	丙酸-3-己烯-1-醇酯 3-hexen-1-ol, propanoate, (Z)-	745	731	0.01	
12.22	己酸丁酯 Hexanoic acid, butyl ester	903	903	1.59	
12.28	丁酸己酯 Butanoic acid, hexyl ester	879	845	1.57	3.02
12.60	2-甲基丁酸己酯 Butanoic acid, 2-methyl, hexyl ester	860	858		0.08
12.77	辛酸异丙酯 n-octanoic acid isopropyl ester	912	902	0.83	0.40
12.84	辛酸乙酯 Octanoic acid, ethyl ester	890	890		1.84
13.34	庚酸异丁酯 Heptanoic acid, 2-methylpropyl ester	881	870	0.21	0.24
13.81	丁酸-5-己烯醇酯 Butanoic acid, 5-hexenyl ester	890	890	1.31	0.47
13.93	4-辛烯酸乙酯 4-octenoic acid, ethyl ester	863	862		0.08
14.31	7-辛烯酸乙酯 7-octenoic acid, ethyl ester	907	898	0.01	0.36
15.09	己酸戊酯 Hexanoic acid, pentyl ester	880	838	0.29	0.25
15.35	辛酸丙酯 Propyl octanoate	864	858	1.72	1.27
15.81	2,6,10,10-四甲基-1-氧-螺[4,5]-6-烯 2,6,10,10-tetramethyl-1-oxa-spiro[4,5]dec-6-ene	879	867	0.07	0.41
16.00	异丁酸辛酯 Propanoic acid, 2-methyl, octyl ester	894	812	0.01	0.08
16.34	辛酸异丁酯 n-caprylic acid isobutyl ester 3-cyclopentylpropionic acid, 2-methylpropyl ester	932	932	13.31	27.83
17.78	3-环戊基丙酸-2-甲基丙酯	800	798	3.84	8.74
17.98	己酸己酯 Hexanoic acid, hexyl ester	936	930	2.36	2.56
18.09	辛酸丁酯 Butyl caprylate	928	928	6.74	3.12
18.34	4-癸烯酸甲酯 4-decenoic acid, methyl ester	843	831		0.03
18.74	癸酸乙酯 Decanoic acid, ethyl ester	910	909	0.27	0.64
19.50	己酸-5-己烯-1-醇酯 Hexanoic acid, 5-hexenyl ester	888	880	2.68	1.03
20.56	2,6-二甲基-5-庚烯醛 5-heptenal, 2,6-dimethyl-	802	760	0.03	0.02
21.12	(Z,E)-法呢烯 ß-farnesene, (Z,E)-	874	852	0.12	0.10
21.85	-法呢烯 -farnesene	943	936	45.78	22.52
22.01	癸酸异丁酯 n-capric acid isobutyl ester	889	888	0.03	0.29
22.24	庚酸-5-己烯-1-醇酯 Heptanoic acid, 5-hexen-1-yl ester	805	743	0.05	
22.52	4-癸烯酸乙酯 Ethyl trans-4-decenoate	763	761	0.16	0.99
23.42	辛酸己酯 Octanoic acid, hexyl ester	901	895	0.56	0.43
23.84	4-(2,6,6-三甲基-1-环己烯)-2-丁酮 2-butanone, 4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	887	857	0.11	0.02
24.84	辛酸环己醇酯 Octanoic acid, cyclohexyl ester	780	769	0.80	0.35
25.04	9-癸烯酸乙酯 Ethyl 9-decenoate	730	724	0.03	
25.11	苯乙醇 Benzyl Alcohol	896	869	0.04	0.01
25.52	1,4,9,9-四甲基-2,3,6,7,8,8a-六氢-1H-3a,7-亚甲基奥 1H-3a,7-methanoazulene, 2,3,6,7,8,8a-hexahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, (1a,3a,7a,8a)-	844	838	0.11	0.06
26.32	4,4,7a-三甲基-2,4,5,6,7,7a-六氢化-2-苯并呋喃甲醇 2-benzofuranmethanol, 2,4,5,6,7,7a-hexahydro-4,4,7a-trimethyl-, cis-	809	797	0.08	0.03
26.56	-紫罗兰酮 -ionone	860	852	0.03	0.04
26.99	十二内酯 Oxacyclotridecan-2-one	831	812		0.02
28.15	11-甲基-5-十一烯内酯 12-methyl-oxa-cyclododec-6-en-2-one	814	810		0.06
28.48	丁香酚甲醚 Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	904	878	0.28	0.07
29.85	苯甲酸己酯 Benzoic acid, hexyl ester	852	770	0.04	0.02
31.46	5-己基-2-(3H)-呋喃酮 2-(3H)-furanone, 5-hexylidene-	889	857	0.02	0.05
31.78	1-甲氧基萘 Naphthalene, 1-methoxy-	895	868	0.12	
32.35	4-甲基-5-(1,3)-戊二烯-呋喃酮 4-methyl-5-penta-1,3-dienyltetrahydrofuran-2-one	781	769	0.05	0.07
33.19	2,6-二异丙基萘 2,6-diisopropyl naphthalene	912	866		0.17
35.65	二氢海葵内酯 2-(4H)-benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-, (R)-	869	858	0.07	
36.20	邻苯二甲酸二乙酯 Diethyl phthalate	877	824	0.01	
40.01	邻苯二甲酸二异丁酯 1,2-benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	875	874	0.03	0.13
合计 Total				87.57	84.95

注：匹配因子 RSI/SI 最大值为 1 000，大于 900 即良好匹配，800~900 为较好匹配，700~800 为一般匹配。

Note: With the SI and RSI matching factors, a perfect match results in a value of 1 000. As a general guide 900 or greater is an excellent match; 800 - 900 a good match; 700 - 800 a fair match.

## 参考文献:

- 刘春香, 何启伟, 刘杨岷. 黄瓜香气成分的顶空固相微萃取气质联用分析. 园艺学报, 2002, 29 (6): 581~583  
Liu C X, He Q W, Liu Y M. Head-space solid phase microextraction and GC-MS analysis of fragrance of cucumber. Acta Horticulturae Sinica, 2002, 29 (6): 581~583 (in Chinese)
- 王利平, 刘杨岷, 袁身淑. 梅花香气成分初探. 园艺学报, 2003, 30 (1): 42  
Wang L P, Liu Y M, Yuan S S. Fragrance of the *Prunus mume*. Acta Horticulturae Sinica, 2003, 30 (1): 42 (in Chinese)
- 刘邻渭. 食品化学. 北京: 中国农业出版社, 2000. 130~179  
Liu L W. Food chemistry. Beijing: China Agriculture Press, 2000. 130~179 (in Chinese)