

不同类型梅花品种挥发性成分的研究

赵印泉^{1,2}, 潘会堂¹, 张启翔^{1*}, 孙 明¹, 潘才博¹

(1. 北京林业大学园林学院, 国家花卉工程技术中心, 北京 100083; 2. 绵阳师范学院城乡建设与规划学院, 四川 绵阳 621000)

摘要: 用 GC-MS 分析梅花(*Prunus mume*) 5 个品种(三轮玉蝶、北京玉蝶、单瓣玉、淡粉和江南朱砂)花朵中的挥发性成分, 从中鉴定出 45 个化合物, 其中芳香族化合物是主要成分。不同类型的梅花品种香气成分不同, 这些化合物种类和含量的变化导致不同类型的梅花品种花香差异, 一些重要的共有成分乙酸己酯、丁香香酚、乙酸苯甲酯和 α -蒎烯等化合物的存在是导致梅花品种花香相似的主要原因。

关键词: 梅花; 挥发性成分; 顶空-固相微萃取; GC-MS

中图分类号: Q946

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2010)03-0310-06

Studies on the Volatile Constituents from Cultivars of *Prunus mume*

ZHAO Yin-quan^{1,2}, PAN Hui-tang¹, ZHANG Qi-xiang^{1*}, SUN Ming¹, PAN Cai-bo¹

(1. College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, China National Engineering Research Center for Floriculture, Beijing 100083, China; 2. College of Urban and Rural Construction, Mianyang Normal University, Mianyang 621000, China)

Abstract: Forty-five volatile constituents extracted from fresh flowers of five cultivars of *Prunus mume*, such as 'Sanlun yudie', 'Beijing yudie', 'Danbanyu', 'Danfen' and 'Jiangnan zhusha', were identified by headspace solid-phase microextraction (SPME) with a DVB-CAR-PDMS 50/30 μm fiber and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that aromatic compounds were dominated in volatile constituents. The kind and content of compounds caused difference in flower fragrances of cultivars, but some important compounds, such as namely *n*-hexyl acetate, eugenol, benzyl acetate and α -pinene were common in all cultivars, which was the reason that the fragrance in all cultivars were similar.

Key words: *Prunus mume*; Volatile constituents; HS-SPME; GC-MS

梅花(*Prunus mume* Sieb. et Zucc.)属蔷薇科(Rosaceae)李属植物,为早春开花的小乔木,分布中心在我国四川、云南和西藏交界的横断山区和云贵高原^[1]。梅花是我国的传统名花,具有怡人的香气,深受人们的喜爱,至今已有 7000 多年的栽培和应用历史^[2]。不同类型的梅花品种具有不同的香气,这些香气成分对香精、香料工业具有潜在的应用价值,同时,研究不同类型梅花品种香气成分的差异对阐明梅花花香形成的分子机制和梅花花香育种也具有重要的意义。

国外对梅花花朵释放的香气成分研究较少。

Matsuda 等^[3]用甲醇萃取,鉴定了梅花花朵中 22 种成分,但溶剂萃取的成分不能真实地反映梅花花朵释放的香气成分。有研究采用顶空套袋或 HS-SPME 技术结合 GC-MS 对部分梅花品种的花香成分进行了鉴定,认为乙酸苯甲酯、苯甲醛和 α -蒎烯等是梅花的重要香气成分^[4-6]。然而,不同类型梅花品种香气异同的主要原因还未见报道。HS-SPME 技术具有受环境影响小、重复性好、所需样品量少、操作简单快速等优点,非常适合研究芳香植物的挥发物成分^[7],合适的 SPME 纤维头类型、采样时间是获得理想结果的关键^[8-9]。本研究在优

收稿日期:2009-10-23 接受日期:2009-12-04

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD13B07);北京市教委共建项目;北京市教育委员会学科建设与研究生培养项目-北京城市生态环境建设产学研联合培养研究生基地项目(二期)资助

作者简介:赵印泉(1975~),男,江西南丰人,博士,讲师。主要从事园林学方面的研究, email: zhaoyinquan@163.com

* 通讯作者 Corresponding author, email: zqx@bjfu.edu.cn

化梅花花香采样纤维头类型和采样时间的基础上,通过分析比较不同类型梅花品种花朵挥发性成分,明确影响梅花不同品种花朵香气异同的主要原因,为开发利用梅花香气资源提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

2009年3~4月在梅花(*Prunus mume* Sieb. et Zucc.)开花期于北京林业大学校园采集花朵,品种包括真梅系玉蝶型‘三轮玉蝶’(‘Sanlun yudie’)、玉蝶型‘北京玉蝶’(‘Beijing yudie’)、江梅型‘单瓣玉’(‘Danbanyu’)、宫粉型‘淡粉’(‘Danfen’)、朱砂型‘江南朱砂’(‘Jiangnan zhusha’)。

1.2 方法

取3朵完全盛开的梅花花朵放入22 mL的采样瓶,密封瓶盖平衡10 min,温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 。将SPME纤维头通过聚四氟乙烯隔垫插入采样瓶中,置于花朵上方1~2 cm,吸附30 min,然后将萃取头插入GC进样口,解吸5 min,以后每次进样活化5 min。重复3次实验,同时吸附采样瓶空气作空白对照。为了定性分析,将C8-C20的正构烷烃作为标准品加入到有梅花花朵的采样瓶中采集后进样,同时萃取采样瓶空气作为空白对照。

以‘三轮玉蝶’梅花为试材,对4种SPME纤维头类型和5种采样时间进行优化,SPME纤维头型号为PDMS 100 μm 、Carboxen/PDMS 75 μm 、PA 85 μm 和DVB-CAR-PDMS 50/30 μm 。采样时间设置为5 min、10 min、20 min、30 min和60 min。以上SPME纤维头、手动采样器和采样瓶都是由美国Supelco公司生产。

GC是CE Instruments公司生产的TraceTM2000型仪器,MS是Finnigan Thermo-Quest公司生产的Voyager MS。色谱条件:VF-5 ms (Varian Inc, USA)毛细管色谱柱(5%苯基+95%二甲基聚硅氧烷),长30 m,内径0.25 mm,液膜厚0.25 μm ,载气He,不分流,恒流0.8 mL min^{-1} ,进样口 250°C ,接口 250°C ,起始柱温 40°C 保持1 min,以 $10^\circ\text{C min}^{-1}$ 升至 280°C ,保持5 min。质谱条件:源温 190°C ,电离方式EI,电子能量70 eV,扫描质量范围29~540 amu,扫描每次0.5 s,灯丝发射电流:150 μA 。

采用Xcalibur 1.2版本软件及Nist98图谱库对

香气成分进行检索,结合保留时间计算化合物的保留指数(Kovats retention indices)^[10],并与文献[11]进行比较。依据总离子流色谱峰面积归一化法进行半定量分析。

2 结果和分析

2.1 SPME 条件的优化

纤维头萃取挥发物数量和主要挥发物的含量是衡量吸附效率高低的标准^[12]。4种纤维头PDMS 100 μm 、Carboxen/PDMS 75 μm 、PA 85 μm 和DVB-CAR-PDMS 50/30 μm 萃取的挥发物数量分别是20、14、13和27种。主要的化合物按性质分为酯、萜烯、醇、酮、醛、酚6大类,型号为DVB-CAR-PDMS 50/30 μm 的纤维头吸附的酯、酮、醛和萜烯4大类化合物的色谱峰面积最大(图1)。依据纤维头吸附挥发物的数量和含量比较,型号为DVB-CAR-PDMS 50/30 μm 的纤维头吸附效率较高。

HS-SPME技术的核心在于固定相、顶空和分析物三者达到平衡,通过萃取-时间曲线表,确定达到平衡的时间^[13]。在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 下用DVB-CAR-PDMS 50/30 μm 纤维头分别萃取5、10、20、30和60 min,萃取挥发物平均数量分别是10、13、20、27和27种,30 min后萃取的化合物数量不增加。从乙酸叶醇酯、乙酸己酯和乙酸-2-己烯酯3种化合物的相对色谱峰面积比较可以看出,30 min时基本达到平衡(图2)。依据纤维头吸附挥发物的数量和含量比较,30 min的萃取时间较合适。

2.2 不同品种花朵的挥发性成分

用优化的SPME条件,从‘三轮玉蝶’、‘北京玉蝶’、‘单瓣玉’、‘淡粉’和‘江南朱砂’5个梅花品种中鉴定出45种挥发物(表1),这些挥发物广泛分布于各种植物之中^[14],其中苯甲醛、苯甲醇和乙酸苯甲酯这3种来源于莽草酸途径(shikimic acid pathway)的芳香族化合物的相对百分含量之和为68.79%~94.65%,是梅花的主要挥发物。这些梅花品种的挥发物数量和含量变化很大,‘江南朱砂’的挥发物数量最少(20种),‘淡粉’最多(33种)。10种挥发物在5个梅花品种中都有,14种挥发物仅在某1个梅花品种中有。相对含量大于1%的挥发物有乙酸叶醇酯、乙酸-2-己烯酯、乙酸苯甲酯、乙酸肉桂酯、苯甲酸苄酯、苯甲醇、苯甲醛、丁子香酚和对甲基苯甲醚等9种化合物。



图 1 不同 SPME 纤维头吸附‘三轮玉蝶’梅花朵挥发性成分的效果

Fig. 1 Effect of SPME fiber coating on volatile constituents extracted from flowers of *P. mume* ‘Sanlun yudie’

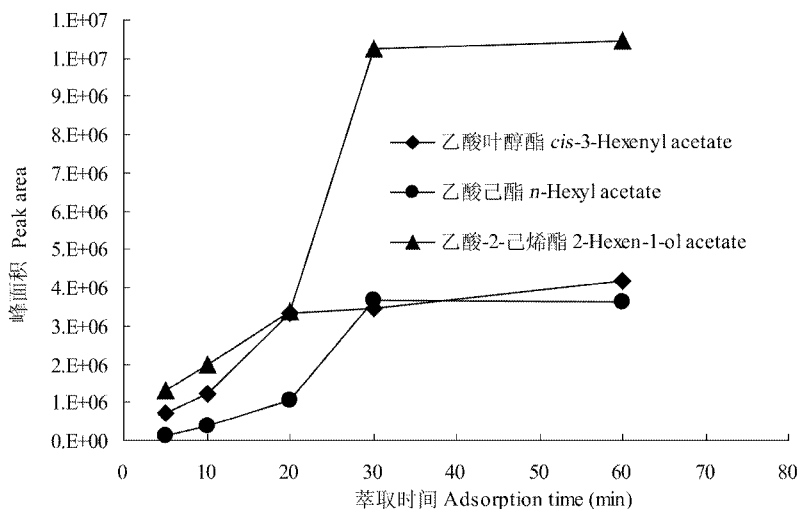


图 2 不同吸附时间吸附‘三轮玉蝶’梅花朵挥发性成分的效果

Fig. 2 Effect of extraction time on volatile constituents extracted from flower of *P. mume* ‘Sanlun yudie’

在所鉴定的挥发物中,酯类化合物有 16 种,其中‘淡粉’最多(13 种),‘三轮玉蝶’最少(8 种)。从表 1 可以看出,酯类化合物在梅花花香成分中含量最高,‘三轮玉蝶’、‘北京玉蝶’、‘单瓣玉’、‘淡粉’和‘江南朱砂’的相对百分含量依次为 86.23%、73.62%、72.97%、63.74% 和 76.84%,其中乙酸苯甲酯相对百分含量最高。5 个梅花品种共有 4 种醇类化合物,其中苯甲醇所有品种都有,且含量最高。醛类化合物有 3 种,苯甲醛所有品种都检出,且含量最高。酮类化合物共 4 种,含量较低。萜烯类化合物全部为单萜,其中 5 个梅花品种都含有 α -蒎烯和蒎烯。酚类化合物有 7 种,其中 5 个品种都含有 4-(2-丙烯基)苯酚和丁子香酚。

2.3 挥发性成分对香气的贡献

参考 Guadagni 香气值理论,峰面积较大(相对百分含量较大)且阈值较低的化合物是形成某种香气的特征化合物^[15]。从表 2 可以看出,根据化合物相对百分含量与阈值的比值,对‘三轮玉蝶’梅花香贡献依次是 β -紫罗兰酮 > 乙酸己酯 > 丁子香酚 > 壬醛 > 乙酸苯甲酯 > 癸醛 > α -蒎烯 > {E}-异丁子香酚 > {Z}-异丁子香酚 > 和苯甲醛,它们是构成‘三轮玉蝶’梅花香气的主要物质。对‘北京玉蝶’梅花香贡献依次是 β -紫罗兰酮 > 乙酸己酯 > 丁子香酚 > α -蒎烯 > 乙酸苯甲酯 > {E}-异丁子香酚 > {Z}-异丁子香酚 > 苯甲醛,它们是构成‘北京玉蝶’梅花香气的主要物质。对‘单瓣玉’梅花香贡献依次是丁子香酚 > 乙酸己酯 > α -蒎烯 > 乙酸苯甲酯 >

表1 5个梅花品种花朵的挥发性成分

Table 1 Volatile constituents in flowers of five cultivars

保留时间 Retention time (min)	保留指数 Retention index	化合物 Compounds	相对含量 Relative contents (%)				
			‘三轮玉蝶’ ‘Sanlun yudie’	‘北京玉蝶’ ‘Beijing yudie’	‘单瓣玉’ ‘Danban- yu’	‘淡粉’ ‘Dan- fen’	‘江南朱砂’ ‘Jiangnan zhusha’
3.41		乙酸异戊酯 Isopentyl acetate	0.21	—	0.06	—	—
4.23	927	乙酸戊酯 <i>n</i> -Amyl acetate	0.09	0.03	0.03	0.20	0.01
4.36	933	乙酸-4-戊烯基酯 4-Penten-1-yl-acetate	—	—	0.01	—	—
6.05	1010	乙酸叶醇酯 <i>cis</i> -3-Hexenyl acetate	0.63	1.01	0.77	0.99	0.87
6.19	1019	乙酸己酯 <i>n</i> -Hexyl acetate	0.63	0.48	0.41	0.56	0.76
6.24	1022	乙酸-2-己烯酯 2-Hexen-1-ol acetate	1.91	1.09	2.28	1.79	0.87
7.89	1113	乙酸庚酯 <i>n</i> -Heptyl acetate	0.01	—	—	0.02	—
8.85	1176	乙酸苯甲酯 Benzyl acetate	82.73	70.39	69.40	44.13	74.1
9.12	1191	{Z}-丁酸-3-己烯酯 <i>cis</i> -3-Hexenyl butyrate	—	—	—	0.02	—
9.25	1199	2-丁氧基苯甲酸甲酯 2-Butoxy-methyl benzoate	—	0.01	tr	—	—
9.3	1202	水杨酸甲酯 Methyl salicylate	—	—	—	0.01	—
9.44	1213	乙酸辛酯 <i>n</i> -Octyl acetate	0.02	—	0.01	0.05	—
11.48	1328	丁酸苄酯 Benzyl butyrate	—	—	—	0.11	—
11.72	1336	乙酸-3-苯基丙酯 Benzenepropyl acetate	—	0.61	—	0.32	0.23
12.81	1461	乙酸肉桂酯 Cinnamyl acetate	—	—	—	14.40	—
16.64	1791	苯甲酸苄酯 Benzyl benzoate	—	—	—	1.14	—
酯类合计 Total esters			86.23	73.62	72.97	63.74	76.84
3.19		己醇 Hexanol	—	—	—	—	0.33
6.65	1046	苯甲醇 Benzyl alcohol	8.83	15.53	5.43	5.80	18.67
8.71	1165	反-2-癸烯醇 <i>trans</i> -2-Decenol	—	—	—	—	0.05
10.99	1310	肉桂醇 Cinnamyl alcohol	—	0.28	—	0.29	0.13
醇合计 Total alcohols			8.83	15.81	5.43	6.09	19.18
5.24	974	苯甲醛 Benzaldehyde	2.63	0.61	1.04	18.86	1.88
7.81	1110	壬醛 Nonanal	0.04	—	—	0.10	0.06
9.39	1208	癸醛 Decanal	0.03	—	—	0.08	0.08
醛合计 Total aldehydes			3.60	0.61	1.04	19.04	2.02
5.68	992	6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-Methyl-5-heptene-2-one	tr	—	—	0.11	—
7.71	1102	2-羟基苯乙酮 Ethanone,2-hydroxy-1-phenyl	—	—	—	0.03	—
12.71	1451	Trans-香叶基丙酮 <i>trans</i> -Geranylacetone	0.03	—	—	—	0.03
13.15	1486	β -紫罗兰酮 β -Ionone	0.02	0.27	—	—	—
酮合计 Total ketones			0.05	0.27	tr	0.14	0.03
4.51	944	α -蒎烯 α -Pinene	0.10	0.48	0.19	0.11	0.33
4.92	960	蒎烯 Camphene	0.20	0.66	0.27	—	0.58
5.69	992	月桂烯 Myrcene	—	0.02	0.01	—	—
6.43	1037	柠檬烯 Limonene	0.02	0.07	0.02	—	—
8.59	1160	樟脑 Camphor	tr	0.18	0.04	0.01	0.11
单萜合计 Total monoterpenes			0.32	1.41	0.53	0.12	1.02
7.39	1084	对甲酚 <i>P</i> -cresol	—	—	—	0.06	—
7.5	1091	对甲氧基苯酚 Phenol,2-methoxy-	0.08	—	—	—	—
9.22	1198	2-甲氧基-5-甲基苯酚 2-Methoxy-5-methylphenol	—	—	0.01	0.15	0.01
10.17	1263	4-(2-丙烯基)苯酚 Phenol,4-(2-propenyl)-	0.12	0.06	0.07	0.33	0.02
11.51	1359	丁香酚 Eugenol	1.36	1.61	19.87	7.03	0.73
12.24	1416	{Z}-异丁香酚 Phenol,2-methoxy-4-propenyl-,{Z}	0.04	0.01	0.01	0.10	—
12.86	1464	{E}-异丁香酚 Phenol,2-methoxy-4-propenyl,{E}	0.13	0.09	—	0.52	—
酚合计 Total phenols			1.73	1.77	19.96	8.19	0.76
6.37	1030	对甲基苯甲醚 <i>P</i> -methyl anisole	—	—	—	1.88	—
9.32	1203	对-烯丙基茴香醚 Anisole, <i>p</i> -allyl-	0.09	0.13	0.03	0.27	—
12.14	1407	丁香酚甲醚 Benzene,1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	0.02	0.03	0.01	0.03	—
醚类合计 Total ethers			0.11	0.16	0.04	2.18	0
6.98	1064	ϵ -己内酯 ϵ -caprolactone	—	—	—	0.04	—
10.79	1306	2-甲基萘 Naphthalene,2-methyl-	0.03	—	—	—	—
9.93	1248	3,4-二甲氧基甲苯 3,4-Dimethoxytoluene	—	—	—	0.02	—

tr: 含量 Content < 0.01%; —: 未检出 No detected.

苯甲醛,它们是构成‘单瓣玉’梅花香气的主要物质。对‘淡粉’梅花香贡献依次是乙酸己酯 > 丁子香酚 > 癸醛 > 壬醛 > α -蒎烯 > 乙酸苯甲酯 > {E}-异丁子香酚 > {Z}-异丁子香酚 > 苯甲醛 > 6-甲基-5-庚烯-2-酮,它们是构成‘淡粉’梅花香气的主要物质。对‘江南朱砂’梅花香贡献依次丁子香酚 > 乙酸己酯 > 癸醛 > 壬醛 > α -蒎烯 > 乙酸苯甲酯 >

苯甲醛,对‘江南朱砂’梅花香气具有重要的贡献。

这些化合物,如 β -紫罗兰酮、乙酸己酯、丁子香酚、壬醛、癸醛、 α -蒎烯、乙酸苯甲酯、苯甲醛等都具有各种香气^[16-17],化合物种类和含量的变化导致不同类型梅花品种的香气差异,一些重要的共有成分乙酸己酯、丁子香酚、乙酸苯甲酯和 α -蒎烯等化合物的存在是导致梅花香气有些相似的主要原因。

表 2 5 个梅花品种花朵挥发物的相对百分含量/阈值

Table 2 The ratio of relative content to threshold value of volatile constituents from flowers of five cultivars

化合物 Compounds	‘三轮玉蝶’ ‘Sanlun yudie’	‘北京玉蝶’ ‘Beijing yudie’	‘单瓣玉’ ‘Danbanyu’	‘淡粉’ ‘Danfen’	‘江南朱砂’ ‘Jiangnan zhusha’
乙酸异戊酯 Isopentyl acetate	0.11	—	0.03	—	—
α -蒎烯 α -Pinene	16.67	80	31.67	18.33	55
苯甲醛 Benzaldehyde	0.75 ~ 7.51	0.17 ~ 1.74	0.29 ~ 2.97	5.3 ~ 53.89	0.53 ~ 5.37
6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-Methyl-5-heptene-2-one	tr	—	—	2.2	—
乙酸己酯 <i>n</i> -Hexyl acetate	315	240	205	280	380
苯甲醇 Benzyl alcohol	0.11	0.19	0.07	0.07	0.23
对甲酚 <i>P</i> -cresol	—	—	—	1.09	—
壬醛 Nonanal	40	—	—	100	60
乙酸庚脂 <i>n</i> -Heptyl acetate	0.007	—	—	0.014	—
乙酸苯甲酯 Benzyl acetate	31.81	27.07	26.69	16.97	28.5
水杨酸甲酯 Methyl salicylate	—	—	—	0.25	—
癸醛 Decanal	15 ~ 300	—	—	40 ~ 800	40 ~ 800
乙酸辛酯 <i>n</i> -Octyl acetate	0.0004	—	0.0002	0.001	—
丁子香酚 Eugenol	45.33 ~ 226.67	53.67 ~ 268.33	662.33 ~ 3311.67	234.33 ~ 1171.67	24.33 ~ 121.677
{Z}-异丁子香酚 Phenol,2-methoxy-4-propenyl-,{Z}	1.33 ~ 6.67	0.33 ~ 1.67	0.33 ~ 1.67	3.33 ~ 16.67	—
{E}-异丁子香酚 Phenol,2-methoxy-4-propenyl,{E}	4.33 ~ 21.67	3.0 ~ 15.00	—	17.33 ~ 86.67	—
β -紫罗兰酮 β -Ionone	2857.14	38571.43	—	—	—

3 讨论

研究表明,在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 下,用型号为 DVB/CAR/PDMS 50/30 μm 的纤维头在 22 mL 的采样瓶中吸附 30 min 获得了最佳的吸附效果。从 5 个梅花品种中共鉴定出 45 种挥发性成分,其中 β -紫罗兰酮、丁子香酚、乙酸己酯和乙酸苯甲酯等化合物普遍用于香精香料工业^[16-17]。不同类型的梅花品种花朵的挥发物数量和含量不同,在这些化合物中,苯甲醛、苯甲醇和乙酸苯甲酯等来源于莽草酸途径(shikimic acid pathway)的芳香族化合物是主要成分,这种以释放 1 ~ 2 类化合物占优的现象在其他物种中也非常普遍,它们往往是物种的特征化合物^[18-19]。

影响不同类型梅花品种花香差异的主要因素不同,对‘三轮玉蝶’和‘北京玉蝶’梅花香影响较

大的是 β -紫罗兰酮、乙酸己酯和丁子香酚,对‘单瓣玉’花香影响较大的是丁子香酚、乙酸己酯和 α -蒎烯,对‘淡粉’花香影响较大的是丁子香酚、乙酸己酯和癸醛,对‘江南朱砂’花香影响较大的是丁子香酚、乙酸己酯和癸醛,这些挥发物的变化导致不同类型梅花品种花香的差异,乙酸己酯、丁子香酚、乙酸苯甲酯和 α -蒎烯等在梅花品种中普遍存在的化合物是导致梅花香气相似的主要原因。与王利平等^[4]、曹慧等^[6]认为苯甲醛是构成梅花香气的重要成分不同,尽管苯甲醛和苯甲醇在梅花花香中含量较高,但相对百分含量与阈值的比值较低,对梅花的香气贡献有限。

参考文献

- [1] Bao M Z(包满珠), Chen J Y(陈俊愉). Studies on the variation and distribution of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 1994, 21(1): 81-86.(in Chinese)

- [2] Chu M Y(褚孟娜), Fang J G(房经贵). Culture of fruiting mei (*Prunus mume*) [J]. J Beijing For Univ(北京林业大学学报), 2001, 23(SI): 47-49.(in Chinese)
- [3] Matsuda H, Toshio M, Tomoko I, et al. Medicinal flowers VIII. Radical scavenging constituents from the flowers of *Prunus mume*: Structure of prunose III [J]. Chem Pharm Bull, 2003, 51(4): 440-443.
- [4] Wang L P(王利平), Liu Y M(刘扬岷), Yuan S S(袁身淑). Fragrance of the *Prunus mume* [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 2003, 30(1): 42.(in Chinese)
- [5] Jin H X(金荷仙), Chen J Y(陈俊愉), Jin Y J(金幼菊). Comprasion of different cultivars of *Prunus mume*'s major gas ingredients [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 2005, 32(6): 1139.(in Chinese)
- [6] Cao H(曹慧), Li Z G(李祖光), Wang Y(王妍), et al. Study on quantitative structure retention relationships for volatile fragrance compounds in fresh flowers of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. [J]. J Anal Sci Sin(分析科学学报), 2009, 25(2): 130-134.(in Chinese)
- [7] Bicchi C, Belliardo F, Cordero C, et al. Headspace-solid-phase microextraction in the analysis of the volatile fraction of aromatic and medicinal plants [J]. J Chromatogr Sci, 2006, 44(7): 416-429.
- [8] Adam M, Juklova M, Bajer T, et al. Ventura comparison of three different solid-phase microextraction fibres for analysis of essential oils in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves [J]. J Chromatogr A, 2005, 1084(1/2): 2-6.
- [9] Li Z G, Lee M R, Shen D L. Analysis of volatile compounds emitted from fresh *Syringa oblata* flowers in different florescence by headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry [J]. Anal Chim Acta, 2006, 576(1): 43-49.
- [10] Kovàts E. Gas chromatographic characterization of organic substances in the retention index system [J]. Adv Chromatogr, 1965, 1: 229-247.
- [11] Xie J C, Sun B G, Yu M. Constituents of top fragrance from fresh flowers of *Robinia pseudoacacia* L. occurring in China [J]. Flavour Frag J, 2006, 21(5): 798-800.
- [12] Câmara J S, Marques J C, Perestrelo R M, et al. Comparative study of the whisky aroma profile based on headspace solid phase microextraction using different fibre coatings [J]. J Chromatogr A, 2007, 1150(1/2): 198-207.
- [13] Arthur C L, Pawliszyn J. Solid-phase with thermal desorption using fused silica optical fibers [J]. Anal Chem, 1990, 62(19): 2145-2148.
- [14] Knudsen J T. Diversity and distribution of floral scent [J]. Bot Rev, 2006, 72(1): 1-120.
- [15] Buttery R G, Seifert R M, Guadagni D G. Characterization of additional volatile components of tomato [J]. J Agri Food Chem, 1971, 19(10): 524-529.
- [16] 孙宝国, 何坚. 香精概论 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1996: 448-456.
- [17] 李华. 葡萄酒品尝学 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 33-41.
- [18] Azuma H, Toyota M, Asakawa Y, et al. Chemical divergence in floral scents of *Magnolia* and allied genera (Magnoliaceae) [J]. Plant Spec Biol, 1997, 12(2/3): 69-83.
- [19] Azuma H, Thien L B, Kawano S. Floral scents, leaf volatiles and thermogenic flowers in Magnoliaceae [J]. Plant Spec Biol, 1999, 14(2): 121-127.