

3种山茶属花香气成分的HS-SPME/GC-MS分析

甘秀海¹, 梁志远¹, 王道平^{2,*}, 王 瑞³

(1. 贵州师范学院化学与生命科学学院, 贵州 贵阳 550018; 2. 贵州省、中国科学院天然产物化学重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 3. 贵阳学院生物与环境工程系 贵州 贵阳 550002)

摘 要: 采用顶空固相微萃取-气相色谱/质谱联用技术对山茶属山茶花、油茶花、茶树花3种茶花香气成分进行分析。结果表明: 3种山茶属花的花香气组分及相对含量具有显著性差异; 从山茶花、油茶花、茶树花中分别检测出26、36、48种香气成分, 各占其总香气成分的94.53%、96.43%和98.76%。其中共有的香气成分为1-己醇、苯乙酮、芳樟醇、(反)茴香烯、去氢土臭素、吉马烯D、对羟甲酚、 δ -杜松烯, 但各自的相对含量差别较大; 另外, 各种茶花均具有自己独特的香气成分, 山茶花的特有香气成分主要有丁香酚、醋酸癸酯等; 油茶花特有香气成分主要为3-甲基-二氢-2(3H)呋喃酮、月桂烯等; 茶树花的主要香气成分为有6,10,14-三甲基-2-十五烷酮、柠檬醛等。

关键词: 茶花; 顶空固相微萃取; 气相色谱-质谱联用技术; 香气成分

Analysis of Aroma Components in Flowers of Three Kinds of *Camellia* by HS-SPME/GC-MS

GAN Xiu-hai¹, LIANG Zhi-yuan¹, WANG Dao-ping^{2,*}, WANG Rui³

(1. School of Chemistry and Life Science, Guizhou Normal College, Guiyang 550018, China; 2. Key Laboratory of Chemistry for Natural Products of Guizhou Province and Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 3. Department of Biology and Environment Engineering, Guiyang College, Guiyang 550002, China)

Abstract: The aroma components in flowers of three kinds of *Camellia* (*C. japonica* Linn., *C. oleifera* Abel., *C. sinensis* (L.) O. Kuntze) were analyzed by HS-SPME/GC-MS. Significant differences in aroma components and their relative amounts in the flowers from three kinds of *Camellia* were observed. Totally 26, 36 and 48 aroma compounds were identified from *C. japonica* Linn., *C. oleifera* Abel. and *C. sinensis* (L.) O. Kuntze, which accounted for 94.53%, 96.43% and 98.76% of the total aroma components, respectively. 1-hexanol, 1-phenyl-ethanone, linalool, *trans*-anethole, dehydrogeosmin, germacrene D, butylhydroxytoluene and δ -cadinene were identified in flowers from three kinds of *Camellia*, but their relative contents showed a considerable difference. In addition, unique aroma components in the flowers of each kind of *Camellia* were also detected. Eugenol and decylacetate were the characteristic compounds in *C. japonica* Linn.; dihydro-3-methyl-2(3H)-furanone and myrcene were the characteristic compounds in *C. oleifera* Abel.; 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone and citral were the characteristic compounds in *C. sinensis* (L.) O. Kuntze.

Key words: *Camellia*; HS-SPME; GC-MS; aroma components

中图分类号: TS207.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)06-0204-04

山茶属(*Camellia*)植物分布广泛, 世界共有280余种, 我国有238种, 集中分布于南部及西南部^[1]。其中应用较广的有山茶(*Camellia japonica* Linn.)、油茶(*Camellia oleifera* Abel.)、茶树(*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze)。山茶作为著名观赏花木植物, 油茶作为食用油原料植物, 茶树作为保健饮料植物均被广泛种植。目前关于山茶属植物的研究主要集中在叶及种子方面^[2-7], 关于其花的相关研究报道^[8-16]表明茶树花含有大量的营养成分, 其中蛋白质、茶多糖的含量明显高于茶叶的平均水平; 另外,

还含有丰富的活性物质, 如茶多酚、茶多糖, 这些化合物具有解毒、降脂、降糖、滋补、养颜、抗衰老、抗肿瘤及增强免疫力等多种功效^[9-11]。因而, 茶花在饮料、食品、药品及营养保健品方面具有较高的开发价值。但同时, 对3种山茶属茶花香气成分的比较研究未见相关报道, 山茶属植物花较鲜艳且具有较浓的香气, 了解茶花特征香气成分有利于保持其相应开发产品的固有特征香味及品质。因此, 在不影响3种山茶属植物原本使用价值的基础上, 为了提高山茶属植物的经济附加值, 充分利用山

收稿日期: 2011-11-28

基金项目: 2011年贵州省优秀科技教育人才省长专项资金项目[黔省专合字(2011)12号]; 贵州省重点支持建设学科项目(2011231)

作者简介: 甘秀海(1976—), 男, 讲师, 硕士, 主要从事天然药物化学研究。E-mail: gxh200719@163.com

*通信作者: 王道平(1979—), 男, 副研究员, 本科, 主要从事仪器分析研究。E-mail: wdp_7897@yahoo.com.cn

茶属丰富的植物资源,有必要对其花香气成分开展系统的比较研究。

近年来,固相微萃取(solid-phase microextraction, SPME)技术在植物香气成分提取分离分析方面已得到了广泛的应用^[10-11,17-18]。本实验采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱(head space solid phase microextraction/gas chromatography mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)联用技术对山茶属中山茶花、油茶花、茶树花3种茶花香气成分进行定性、定量分析,为山茶属植物花的开发与利用提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

3种山茶属花为山茶花、油茶花、茶树花的新鲜花朵,均于2011年3种山茶属花的盛花期采自贵州省。

HP6890/5975C GC-MS联用仪 美国安捷伦公司;
50mL顶空采样瓶、手动固相微萃取装置 美国Supelco公司;萃取纤维头2cm-50/30 μ m DVB; MS-H-Pro恒温磁力搅拌器 北京京君龙公司。

1.2 方法

1.2.1 样品前处理

取样品约10g,置于50mL固相微萃取仪顶空采样瓶中,插入已老化好的装2cm-50/30 μ m DVB纤维头的手动进样器,在85℃左右顶空萃取30min取出,快速移出萃取头并立即插入气相色谱仪进样口(温度250℃)中,热解吸3min后进样。

1.2.2 GC-MS条件

色谱条件:色谱柱为AB-5MS 5% Phenyl-95% DiMethylpolysiloxane(30m $\times$ 0.25mm, 0.25 μ m)弹性石英毛细管柱,柱温45℃(保留2min),以4℃/min升温至220℃,保持2min;汽化室温度250℃;载气为高纯He(99.999%);柱前压7.62psi,载气流量1.0mL/min;不分流进样;溶剂延迟时间:1.5min。

质谱条件:离子源为电子电离源(electron ionization, EI),离子源温度230℃;四极杆温度150℃;电子能量70eV;发射电流34.6 μ A;倍增器电压1125V;接口温度280℃;质量范围20~450u。

1.2.3 数据分析

定性分析:在上述已确定的气相色谱-质谱联用仪分析条件下进行分析鉴定。通过G1701BA化学工作站数据处理系统检索及核对Nist 2005和Wiley 275标准质谱图并结合有关文献^[19-20]进行人工谱图解析,分别确认其挥发油的各个化学成分。

定量分析:在通过空白试验对比,扣除杂质峰的前提下用峰面积归一化法计算各化学成分的相对质量分数。

2 结果与分析

3种茶花香气成分的总离子流色谱图如图1所示;3种茶花香气成分及其相对含量结果见表1。

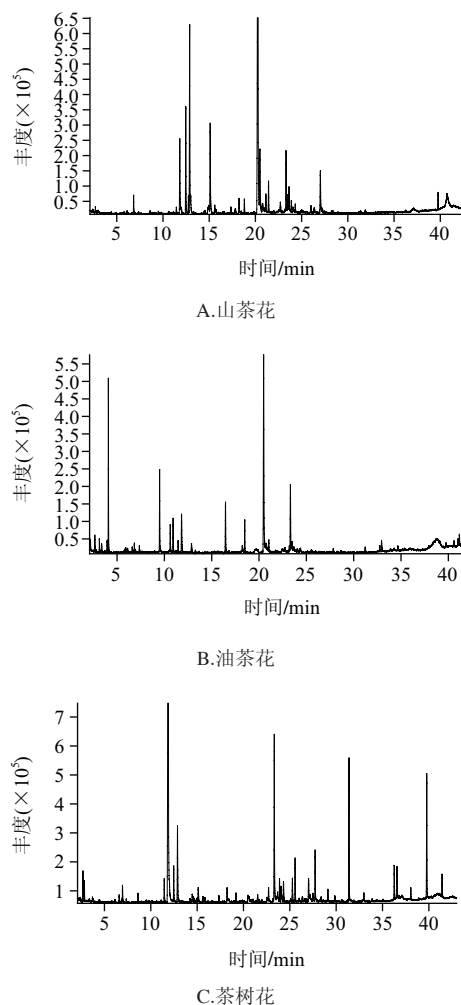


图1 3种茶花香气成分的总离子流色谱图

Fig.1 Total ion chromatogram of aroma compounds in flowers from three kinds of *Camellia*

表1 3种茶花香气成分的分析结果

Table 1 Aroma compounds in flowers from three kinds of *Camellia*

序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	相对分子质量	相对峰面积/%		
					山茶花	油茶花	茶树花
1	2.66	1-甲氧基-2,3-(反)二甲基-氮丙烷1-methoxy-2,3-trans-dimethyl aziridine	C ₅ H ₁₁ NO	101	—	1.61	—
2	2.68	2-戊酮2-pentanone	C ₅ H ₁₀ O	86	—	—	1.03
3	2.84	2-戊醇2-pentanol	C ₅ H ₁₂ O	88	—	—	0.74
4	3.13	2-甲基-丁腈2-methyl-butanenitrile	C ₅ H ₉ N	83	—	1.26	—
5	3.38	3-甲基-1-丁醇3-methyl-1-butanol	C ₅ H ₁₂ O	88	—	0.87	—
6	3.95	1,5-戊二胺1,5-pentanediamine	C ₅ H ₁₄ N ₂	102	—	0.84	—
7	4.09	3-甲基-二氢-2(3H)呋喃酮dihydro-3-methyl-2(3H)-furanone	C ₅ H ₈ O ₂	100	—	11.05	—
8	4.42	己醛hexanal	C ₆ H ₁₂ O	100	0.23	—	0.21
9	5.80	3-己烯-1-醇3-hexen-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	100	0.31	—	0.18

续表1

序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	相对分子质量	相对峰面积/%		
					山茶花	油茶花	茶树花
10	5.83	3-壬酮3-nonanone	C ₉ H ₁₈ O	142	—	0.39	—
11	5.91	己酰胺hexanamide	C ₆ H ₁₃ NO	115	—	0.41	—
12	6.12	1-己醇1-hexanol	C ₆ H ₁₄ O	102	0.36	0.52	0.26
13	6.61	2-庚酮2-heptanone	C ₇ H ₁₄ O	114	—	0.64	0.31
14	6.83	壬烷nonane	C ₉ H ₂₀	128	0.64	—	—
15	6.85	庚醛heptanal	C ₇ H ₁₄ O	114	—	0.21	0.26
16	6.95	2-戊醇2-pentanol	C ₅ H ₁₂ O	116	—	0.46	0.87
17	7.36	苯甲醚methoxy-benzene	C ₇ H ₈ O	108	—	0.69	0.68
18	8.62	苯甲醛benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	106	—	—	0.49
19	9.50	月桂烯myrcene	C ₁₀ H ₁₆	136	—	6.47	—
20	10.63	柠檬烯limonene	C ₁₀ H ₁₆	136	—	3.16	—
21	10.92	(顺)-罗勒烯(Z)-ocimene	C ₁₀ H ₁₆	136	—	3.21	—
22	11.24	反式-β-罗勒烯(E)-β-ocimene	C ₁₀ H ₁₆	136	—	0.36	—
23	11.45	(E)-7-甲基-1,6-二氧螺[4.5]癸烷(E)-7-methyl-1,6-dioxaspiro[4.5]decane	C ₉ H ₁₆ O ₂	156	—	2.15	1.13
24	11.82	苯乙酮1-phenyl-ethanone	C ₈ H ₈ O	120	4.85	5.69	38.46
25	12.47	芳樟醇氧化物linalool oxide	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	6.03	—	1.89
26	12.76	十一烷undecane	C ₁₁ H ₂₄	156	0.85	—	—
27	12.89	芳樟醇linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	154	11.72	2.59	4.63
28	13.01	2,2,6-三甲基-6-乙基-2H-吡喃-3(4H)-酮6-ethenyl-2,2,6-trimethyl-2H-pyran-3(4H)-one	C ₁₆ H ₁₆ O ₂	168	1.15	—	—
29	13.28	(Z)-4,8-二甲基-1,3,7-壬三烯(Z)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene	C ₁₁ H ₁₈	150	—	0.41	—
30	14.23	1,2-二甲氧基苯1,2-dimethoxy-benzene	C ₈ H ₁₀ O ₂	138	—	—	0.18
31	14.48	(6Z)-壬烯-1-醇(6Z)-nonen-1-ol	C ₉ H ₁₈ O	142	—	—	0.34
31	14.70	邻羟基苯乙酮o-hydroxyacetophenone	C ₈ H ₆ O ₂	136	—	—	0.16
33	14.97	3-癸烯-1-醇3-decen-1-ol	C ₁₀ H ₂₀ O	156	—	—	0.33
34	15.11	环氧芳樟醇epoxylinalol	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	5.76	—	1.17
35	15.62	水杨酸甲酯methyl salicylate	C ₉ H ₈ O ₃	152	—	—	0.49
36	16.46	邻二甲苯o-xylene	C ₈ H ₁₀	106	—	5.14	—
37	17.35	香叶醇geraniol	C ₁₀ H ₁₈ O	154	—	—	0.42
38	18.23	(反)茴香烯trans-anethole	C ₁₀ H ₁₂ O	148	1.17	0.21	0.94
39	18.49	十三烷tridecane	C ₁₃ H ₂₈	184	—	4.17	—
40	18.81	甲酸壬酯 nonyl acetate	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	186	0.69	—	—
41	19.70	3-(1-甲基-吡咯烷基)-吡啶3-(1-methyl-2-pyrrolidinyl)-pyridine	C ₁₀ H ₁₄ N ₂	162	—	0.28	—
42	20.28	丁香酚eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164	41.26	—	—
43	20.49	去氢土臭素dehydrogeosmin	C ₁₂ H ₂₀ O	180	5.78	31.87	0.38
44	20.76	癩酸decanoic acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172	—	0.36	—
45	21.05	β-榄香烯β-elemene	C ₁₅ H ₂₄	204	—	0.35	—
46	21.14	十四烷tetradecane	C ₁₄ H ₃₀	198	1.01	—	—
47	21.42	醋酸癩酸decylacetate	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	200	1.64	—	—
48	21.52	1,3,5-三甲氧基苯1,3,5-trimethoxybenzene	C ₉ H ₁₂ O ₃	154	—	—	0.36
49	22.76	2,6-二甲基-十七烷2,6-dimethyl-heptadecane	C ₁₉ H ₄₀	268	0.54	—	0.67
50	23.20	瓦伦烯valencene	C ₁₅ H ₂₄	204	—	0.26	—
51	23.32	吉马烯D germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	204	3.51	8.14	9.68
52	23.48	普鲁卡因酯procainamide	C ₁₅ H ₂₁ N ₃ O	235	1.24	0.48	—
53	23.65	十五烷pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	212	1.36	—	—
54	23.70	γ-榄香烯γ-elemene	C ₁₅ H ₂₄	204	—	—	0.52
55	23.88	α-法呢烯α-farnesene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.72	—	1.29
56	24.05	对羟甲酚butylhydroxytoluene	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.36	0.21	1.49
57	24.32	δ-杜松烯δ-cadinene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.68	0.18	1.39
58	25.28	橙花叔醇nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	—	1.43
59	25.58	柠檬醛citral	C ₁₀ H ₁₆ O	152	—	—	2.16
60	26.02	十六烷 hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	226	0.48	—	0.26
61	26.38	β-桉叶醇β-eudesmol	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.36	—	0.51

续表1

序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	相对分子质量	相对峰面积/%		
					山茶花	油茶花	茶树花
62	27.02	白菖烯calarene	C ₁₅ H ₂₄	204	1.83	—	1.38
63	27.20	α-杜松烯α-cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	—	0.36
64	27.50	叔-叔-叔-叔-murolol	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	—	0.53
65	27.73	3,7,11-三甲基-1-十二醇3,7,11-trimethyl-1-dodecanol	C ₁₅ H ₃₂ O	228	—	—	2.81
66	28.39	降植烷pristane	C ₁₉ H ₄₀	268	—	—	0.23
67	29.11	(E)-3-十四烯(E)-3-tetradecene	C ₁₄ H ₂₈	196	—	—	0.90
68	29.85	苯甲酸苄酯ascabin	C ₁₆ H ₁₄ O ₂	212	—	—	0.43
69	31.23	新植二烯neophytadiene	C ₂₀ H ₃₈	278	—	0.35	—
70	31.38	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone	C ₁₈ H ₃₆ O	268	—	—	5.26
71	32.75	(异)法尼醇A farnesol isomer A	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	0.49	—
72	32.95	(异)法尼醇B farnesol isomer B	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	0.66	—
73	32.98	十六烷酸甲酯methyl palmitate	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270	—	—	0.32
74	36.27	二十一烷heneicosane	C ₂₁ H ₄₄	296	—	—	1.66
75	36.57	叶醇phytol	C ₂₀ H ₄₀ O	296	—	—	1.69
76	38.05	二十二烷docosane	C ₂₂ H ₄₆	310	—	—	0.42
77	39.76	二十三烷tricosane	C ₂₃ H ₄₈	324	—	—	6.14
78	41.01	角鲨烯squalene	C ₃₀ H ₅₀ O	410	—	0.29	—
79	41.43	二十四烷tetracosane	C ₂₄ H ₅₀	338	—	—	1.32
总和					94.53	96.43	98.76

由表1可知, 从山茶属3种茶花中共检测出79种化学成分, 主要有醇类、芳香类、烃类、醛类、酮类及酯类等成分, 但不同品种的香气成分存在显著的区别。山茶花中共检测出26种香气成分, 占总香气成分的94.53%, 其中含芳香类成分较多, 相对含量较高的有丁香酚(41.26%)、芳樟醇(11.72%)、芳樟醇氧化物(6.03%)、去氢土臭素(5.78%)、环氧芳樟醇(5.76%)等。

油茶花中共检测出36种香气成分, 占总香气成分的96.43%, 香气成分主要为醇类, 相对含量较高的有去氢土臭素(31.87%)、3-甲基-二氢-2(3H)呋喃酮(11.05%)、吉马烯D(8.14%)、月桂烯(6.47%)、苯乙酮(5.69%)、邻二甲苯(5.14%)等。

茶树花中共检测出48种香气成分, 占总香气成分的98.76%, 其香气成分主要为酮类, 相对含量较高的有苯乙酮(38.46%)、吉马烯D(9.68%)、二十三烷(6.14%)、6,10,14-三甲基-2-十五烷酮(5.26%)等。

在3种茶花香气成分中有8种共有成分, 它们是δ-杜松烯、对羟甲酚、吉马烯D、(反)茴香烯、芳樟醇、1-己醇、苯乙酮、去氢土臭素。但各成分的相对含量差别较大, 如去氢土臭素在山茶花中相对含量为5.78%, 在油茶花中为31.87%, 而在茶树花中为0.38%; 芳樟醇在3种茶花中的相对含量分别为11.72%、2.59%、4.63%; 苯乙酮在3种茶花中的相对含量分别为4.85%、5.69%、38.46%。3种茶花共有的香气成分中δ-杜松烯具有具有花香, 芳樟醇具有典型玫瑰花香香气, 苯乙酮具有甜香香气^[5-6], 这与3种茶花具有相似的香气有关。但在各种茶花中均有自己特有的香气成分, 山茶花的特有香气成分为丁香酚、

醋酸癸酯、2,2,6-三甲基-6-乙炔基-2*H*-吡喃-3(4*H*)-酮、甲酸壬酯；油茶花的特有香气成分为3-甲基-二氢-2(3*H*)呋喃酮、月桂烯、邻二甲苯、柠檬烯、顺式罗勒烯、1-甲氧基-2,3-(反)二甲基-氮丙啶、2-甲基-丁腈；茶树花中相对含量大于1%的特有香气成分为有6,10,14-三甲基-2-十五烷酮、3,7,11-三甲基-1-十二醇、柠檬醛、橙花叔醇、2-戊酮。

本实验检测出的茶树花香气成分与文献[21]中报道的香气成分大体一致，主要为橙花醇、苯甲醛、苯乙酮、2-戊醇、芳樟醇及其氧化物、香叶醇等；与文献[6-7, 22]相比，茶树花的香气成分与茶叶的香气基本一致，其中芳樟醇、芳樟醇氧化物、苯乙醇、己醛、苯甲醛、苯乙酮等是其主要的呈香物质、香叶醇、橙花叔醇、柠檬烯、顺-罗勒烯、水杨酸甲酯等是两者主要的呈香物质，这为开发茶树花茶及相关的保健品提供了一定的基础。另外，山茶属中山茶花与油茶花的香气成分与茶树花及茶叶的香气成分虽有一定的差异，但它们有共同的呈香物质，这为3种山茶属花在香料等日用化工品、食品及保健品等方面的开发与利用提供一定的参考。

3 结 论

通过对3种山茶属花香气成分的HS-SPME/GC-MS分析，从3种山茶属花中共检测出79香气成分。山茶花中共检测出26种香气成分，占其总香气成分的94.53%；油茶花中共检测出36种香气成分，占其总香气成分的96.43%；茶树花中共检测出48种香气成分，占其总香气成分的98.76%。在3种山茶属花香气成分中含8种共有香气成分，分别为 δ -杜松烯、对羟甲酚、吉马烯D、(反)茴香烯、芳樟醇、1-己醇、苯乙酮、去氢土臭素。3种茶花的香气成分的种类及相对含量具有显著的区别，这可为山茶属花的开发和利用提供一定的参考依据。

参考文献：

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [2] 吴雪辉, 黄永芳, 谢治芳. 茶油的保健功能作用及开发前景[J]. 食品科技, 2005(8): 94-96.
- [3] 王园园, 宋晓虹, 李成仁, 等. 八种山茶属植物种子油脂的脂肪酸分析[J]. 中国油脂, 2007, 32(9): 78-79.
- [4] 王亚萍, 方学智, 裴明. 几种抗氧化剂对山茶油的氧化抑制作用研究[J]. 中国油脂, 2010, 35(1): 47-50.
- [5] 毛方华, 王鸿飞, 周明亮. 山茶油的功能特性[J]. 食品科技, 2010, 35(1): 181-185.
- [6] 窦宏亮, 李春美, 顾海峰, 等. 采用HS-SPME/GC-MS/GC-Olfactometry/RI对绿茶和绿茶鲜汁饮料香气的比较分析[J]. 茶叶科学, 2007, 27(1): 51-60.
- [7] 苗爱清, 吕海鹏, 孙世利, 等. 乌龙茶香气的HS-SPME-GC-MS/GC-O研究[J]. 茶叶科学, 2010, 30(增刊1): 583-587.
- [8] LIN Yungsheng, WU Sangshung, LIN Jenkun. Determination of tea polyphenols and caffeine in tea flowers (*Camellia sinensis*) and their hydroxyl radical scavenging and nitric oxide suppressing effects[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(4): 975-980.
- [9] 田国政, 王东辉, 周光来, 等. 茶树花营养成分的分析与评价[J]. 湖北民族学院学报: 自然科学版, 2004, 22(2): 26-28.
- [10] 王晓婧, 翁蔚, 杨子银, 等. 茶花研究利用现状以及展望[J]. 中国茶业, 2004(4): 8-10.
- [11] 黄阿根, 董瑞建. 茶树花活性成分的分析与鉴定[J]. 食品科学, 2007, 28(7): 400-404.
- [12] YANG Ziyin, XU Yi, JIE Guoliang, et al. Study on the antioxidant activity of tea flowers (*Camellia sinensis*) [J]. Asia Pac J Clin Nutr, 2007, 16(Suppl 1): 148-152.
- [13] 杨玉明, 马娟娟, 黄阿根. 茶树花多糖提取工艺研究[J]. 中国酿造, 2009(11): 109-112.
- [14] YANG Ziyin, TU Youying, BALDERMANN S, et al. Isolation and identification of compounds from the ethanolic extract of flowers of the tea (*Camellia sinensis*) plant and their contribution to the antioxidant capacity[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(8): 1439-1443.
- [15] LI Bo, JIN Yuxia, XU Yi, et al. Safety evaluation of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) flower extract: Assessment of mutagenicity, and acute and subchronic toxicity in rats[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2011, 133(2): 583-590.
- [16] 金玉霞. 茶树花精油提取及其抗氧化和抑菌作用的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [17] 郝菊芳, 徐玉娟, 李春美, 等. 不同品种荔枝香气成分的SPME/GC-MS分析[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 404-408.
- [18] 粟有志, 谢丽琼, 王强, 等. 4种新疆单花蜜挥发性成分的SPME-GC-MS分析[J]. 食品科学, 2010, 31(24): 293-299.
- [19] 赵树年. 萜类化合物大全[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1999.
- [20] 丛浦珠. 质谱在天然有机化合物中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [21] DENG Chunhui, SONG Guoxin, HU Yaoming. Application of HS-SPME and GC-MS to characterization of volatile compounds emitted from *Osmanthus* flower[J]. Annali di Chimica, 2004, 94(12): 921-927.
- [22] 陆松侯, 施兆鹏. 茶叶审评与检验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 36-37.