

HS—SPME/GC—MS 分析无锡绿茶香气成分

Analysis of volatile components in green tea grown in Wuxi using headspace solid-phase micro-extraction and GC—MS

李明 曾茜 孙培冬 曹光群

LI Ming ZENG Qian SUN Pei-dong CAO Guang-qun

(1. 江南大学食品胶体与生物技术教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122;

2. 江南大学化学与材料工程学院, 江苏 无锡 214122)

(1. *The Key Laboratory of Food Colloids and Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China*; 2. *School of Chemical and Material Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China*)

摘要: 采用顶空—固相微萃取—气质联用 (HS—SPME/GC—MS) 法分析无锡毫茶与太湖翠竹两种典型无锡绿茶的香气成分, 分别检测出 74 和 56 种化合物, 各占总峰面积的 98.59% 和 98.51%。醇类、醛类、烷烃、酯类、羧酸和酮类化合物是主要成分, 但在两个品种中的相对含量有较大差异。无锡毫茶中的醛类、酮类、羧酸类化合物含量均高于太湖翠竹, 而醇类、酯类、烃类化合物含量均低于太湖翠竹。两个绿茶品种共有的香气成分有 1-戊醇、叶醇、芳樟醇及其氧化物、水杨酸甲酯、己醛、刺柏烯等 16 种化合物, 它们能提供清香、花香与果香, 是无锡绿茶香气的主要贡献者。研究还表明, 前处理采用 HS—SPME 法比同时蒸馏—萃取法能更真实体现茶叶原有的香气成分。

关键词: 无锡毫茶; 太湖翠竹; 香气成分; 顶空—固相微萃取; GC—MS

Abstract: The volatile components in two typical cultivars of green tea grown in Wuxi, Baikhovi tea and Taihu tea, were extracted by headspace solid-phase micro-extraction (HS—SPME) and analyzed by GC—MS respectively. The results showed that there were 74 and 56 volatile components in the two cultivars, representing 98.59% and 98.51% of the total peak area. Alcohols, aldehydes, alkanes, esters, carboxylic acids and ketones were the major constituents, but their relative contents in the two cultivars were different. The contents of aldehydes, ketones and carboxylic acids in Baikhovi tea were higher but the contents of alcohols, esters and alkanes were lower than those in Taihu tea. A total of 16 constituents such as 1-pentanol, (Z)-3-hexen-1-ol, linalool and its oxides, methyl salicylate, hexanal and junipene were found common in the two cultivars, which can provide green, floral and fruity odor and are major contributors to the total aroma of green tea grown in Wuxi. The fact also confirmed that in comparison to simultaneous distillation extraction

(SDE) technique, SPME is an effective method for determine the volatile flavor profiles of tea before GC analysis.

Keywords: baikhovi tea; taihu tea; volatile components; headspace solid-phase micro-extraction; GC—MS

茶是广受人们喜爱的饮品, 其种类繁多, 常见的有绿茶、黄茶、黑茶、白茶、青茶和红茶等, 不同种类茶叶的香气有很大差异^[1,2]。茶叶香气是衡量茶叶品质的重要因素, 也是鉴别茶叶品种的主要指标。有关茶叶香气的提取与分析一直是国内外研究的热点^[3-6], 而茶叶香气的提取方法显著影响其定性和定量结果。这主要是由于茶叶的香气由复杂的、含量低的挥发性成分构成, 在提取过程中易发生分解、氧化、聚合等反应, 使所得样品香气与茶叶原有香气差异较大^[7], 因此选用合适的前处理方法提取茶叶中的挥发性组分就成为茶叶香气分析的关键。

“无锡毫茶”和“太湖翠竹”茶是无锡特有的绿茶品种。独特的气候与地质条件赋予“无锡毫茶”和“太湖翠竹”茶卓越的品质, 两者均获“中国名茶”称号, 并多次荣获“中茶杯”名优茶评比金奖。但“太湖翠竹”茶的香气尚未有人研究, 对“无锡毫茶”香气的分析报道也甚少。汤坚等^[8]采用同时蒸馏—萃取法 (SDE) 提取了“无锡毫茶”的香气成分, 经气质联用 (GC—MS) 进行了分离与鉴定。然而同时蒸馏—萃取法使茶叶长时间处于高温、高湿的环境, 易使获得的香气物质发生变化, 特别是对热敏感性的香气组分影响较大^[9]。顶空固相微萃取 (headspace solid phase micro-extraction, HS—SPME) 是一种新的采样技术^[10,11], 它通过吸附/脱附技术, 富集样品中的挥发和半挥发性成分, 无需有机溶剂、成本消耗低、操作简单, 并能较真实地反映样品的风味组成。研究^[2-5]表明, HS—SPME 技术结合 GC—MS 是一种研究茶

作者简介: 李明 (1975—), 女, 江南大学副教授, 博士。

E-mail: leeming@jiangnan.edu.cn

收稿日期: 2015-02-18

叶香气成分的有效手段,且较感官检验更为客观与准确。本研究拟采用 HS—SPME 技术结合 GC—MS 法对“无锡毫茶”和“太湖翠竹”两种无锡绿茶的香气成分进行分析与比较,以确定无锡绿茶香气物质的组成特点,并为无锡名茶的品质鉴别提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

“无锡毫茶”和“太湖翠竹”茶:购自无锡市茶叶研究所。

手动 SPME 进样器与 SPME 萃取头(75 μm, CAR / PDMS);美国 Supelco 公司;

Trace MS 气相色谱—四级杆质谱联用仪;美国 Finnigan 公司;

电子分析天平:AR3130 型,梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司;

加热磁力搅拌器:C-MAG HS7 型,德国 IKA 公司;
温控仪:ETS-D5 型,德国 IKA 公司。

1.2 HS—SPME 取样

分别称取 5 g 无锡毫茶与太湖翠竹茶于 15 mL 顶空样品瓶中,密封瓶口。试验条件参照文献[12]进行。

1.3 GC—MS 分析

GC 条件与 MS 条件参照文献[12]进行,试验数据处理结果由 Xcalibur 软件系统完成,未知化合物经计算机检索,同时与 Willey/Nist 谱库相匹配进行定性,采用峰面积归一法进行相对定量。

2 结果与讨论

经分析得到无锡毫茶和太湖翠竹茶香气成分的总离子流图,见图 1。顶空固相微萃取—气质联用技术分离鉴定出的两种无锡绿茶中的挥发性物质及其相对含量见表 1。

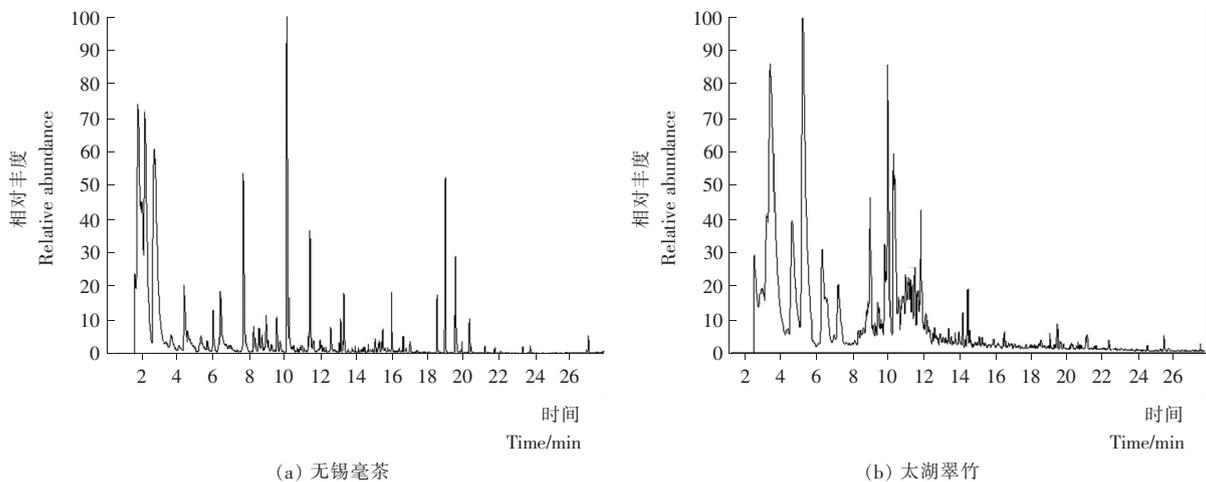


图 1 无锡毫茶与太湖翠竹茶香气成分的总离子流图

Figure 1 Total ion chromatogram of aroma components in Baikhovi tea and Taihu tea

表 1 无锡毫茶与太湖翠竹茶中香气成分的 GC—MS 分析结果

Table 1 GC—MS analysis of volatile components in Baikhovi tea and Taihu tea

化合物类型	名称	相对含量/%		化合物类型	名称	相对含量/%	
		无锡毫茶	太湖翠竹			无锡毫茶	太湖翠竹
脂肪族与芳香族醇	1-丁醇	0.41	—	脂肪族与芳香族醇	反式-2-辛烯醇	0.07	—
	1-戊烯-3-醇	1.68	—		苯甲醇	4.41	—
	3-甲基-1-丁醇	0.28	—		苯乙醇	2.92	—
	1-戊醇	8.03	9.92		反式-芳樟醇氧化物,呋喃型	0.08	2.02
	顺式-2-戊烯醇	1.12	—	顺式-芳樟醇氧化物,呋喃型	0.30	1.38	
	1-己醇	1.32	—	萜醇	L-芳樟醇	0.71	4.55
	反式-3-己烯醇	0.60	0.94	反式-芳樟醇氧化物,吡喃型	0.04	—	
	叶醇	11.93	5.32	顺式-芳樟醇氧化物,吡喃型	0.34	0.32	
	顺式-2-己烯醇	0.20	1.87	反式-橙花叔醇	0.10	—	
	1-辛烯-3-醇	0.38	—	柏木醇	0.02	—	
	顺式-1,5-辛二烯-3-醇	0.32	—	酚	苯酚	0.14	—
	2,5-二甲基环己醇	0.16	—	2,4-二叔丁基苯酚	0.04	—	

续表 1

化合物类型	名称	相对含量/%		化合物类型	名称	相对含量/%	
		无锡毫茶	太湖翠竹			无锡毫茶	太湖翠竹
酯	乙酸叶醇酯	0.07	—	含杂原子 化合物	二甲基亚砷	1.45	—
	乙酸松油酯	—	6.08		1-乙基-1H-吡咯-2-甲醛	0.13	—
	己酸叶醇酯	0.31	—		苯并噻唑	0.01	—
	丁二酸二乙酯	0.71	—		2-乙酰基吡咯	0.02	—
	2-甲基戊酸甲酯	1.43	0.65		吡啶	0.32	—
	水杨酸甲酯	0.03	0.44		糠醛	0.17	—
	乙酸芳樟酯	—	0.32		糠醇	0.24	—
	乙酸香叶酯	—	0.22		呋喃二烯	—	1.31
	棕榈酸甲酯	0.01	—		刺柏烯	0.29	0.13
	棕榈酸乙酯	0.02	—		δ -杜松烯	0.20	—
内酯	γ -丁内酯	0.20	—	萜烯	α -蒎烯	—	0.18
	二氢猕猴桃内酯	0.01	—		古巴烯	—	0.18
	戊醛	27.84	—		α -柏木烯	—	0.18
	反式-2-丁烯醛	1.40	—		石竹烯	—	0.17
	己醛	6.05	15.11		柏木烯	—	0.32
	庚醛	5.07	2.05		δ -刺柏烯	—	0.13
	反式-2-己烯醛	0.40	—		2,4,6-三甲基庚烷	—	0.38
	辛醛	0.49	—		2,2,4,6,6-五甲基庚烷	—	5.26
	顺式-2-庚烯醛	0.46	0.21		5-乙基-2,2,3-三甲基庚烷	—	4.95
	壬醛	1.79	—		2,2,7,7-四甲基辛烷	—	0.98
醛	反式,反式-2,4-庚二烯醛	0.06	—	十二烷	—	2.33	
	癸醛	0.09	—	十三烷	—	0.47	
	苯甲醛	0.96	1.06	4,4-二丙基庚烷	—	0.34	
	β -环柠檬醛	—	0.30	2,4-二甲基壬烷	—	1.19	
	4-甲基-3-戊烯-2-酮	1.57	—	2,6-二甲基癸烷	—	0.85	
	3-羟基-2-丁酮	0.68	—	3,6-二甲基癸烷	—	0.62	
	羟基丙酮	0.82	—	5-甲基十一烷	—	0.78	
	2,3-辛二酮	0.42	—	烷烃	2,6,10-三甲基癸烷	—	3.52
	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.38	0.78		3,5-二甲基十一烷	—	0.73
	反式- β -紫罗兰酮	0.02	—		2,6-二甲基十一烷	—	2.38
顺式-茉莉酮	0.28	—	3,6-二甲基十一烷		—	2.58	
乙酸	4.18	—	4,7-二甲基十一烷		—	1.40	
丙酸	0.22	—	4,6-二甲基十二烷		—	0.47	
丁酸	0.19	—	十四烷		—	0.34	
3-甲基丁酸	0.25	—	2,7,10-三甲基十二烷		—	9.96	
戊酸	0.34	—	十五烷		—	0.30	
己酸	1.36	—	2,5-二甲基十四烷		—	0.20	
羧酸	庚酸	0.77	—	2,6,10,14-四甲基十五烷	—	0.16	
	反式-3-己烯酸	0.17	—	萘	0.15	—	
	辛酸	0.07	—	1-甲基萘	0.01	—	
	壬酸	0.18	—	1,2,3-三甲环己烷	—	0.25	
	苯甲酸	0.07	—	1-甲基-1,2-二乙基环己烷	—	0.18	
	棕榈酸	—	0.35	3-亚甲基-1,1-二甲基-2-乙 烯基环己烷	0.63	—	
	油酸	—	0.17	4,6,8-三甲基-1-壬烯	—	0.27	
	十八碳烯酸	—	0.39	4-甲基-1-(1,5-二甲基-4-己 烯基)苯	—	0.57	
				其它			

† “—”没发现或不存在。

无锡毫茶检出74种化合物,占总峰面积的98.59%。相对含量较高的10种香气组分是:戊醛(27.84%)、叶醇(11.93%)、1-戊醇(8.03%)、己醛(6.05%)、庚醛(5.07%)、苯甲醇(4.41%)、乙酸(4.18%)、苯乙醇(2.92%)、壬醛(1.79%)和1-戊烯-3-醇(1.68%)。

太湖翠竹茶检出56种,占总峰面积的98.51%。相对含量较高的10种香气组分是:己醛(15.11%)、2,7,10-三甲基十二烷(9.96%)、1-戊醇(9.92%)、乙酸松油酯(6.08%)、叶醇(5.32%)、2,2,4,6,6-五甲基庚烷(5.26%)、5-乙基-2,2,3-三甲基庚烷(4.95%)、芳樟醇(4.55%)、2,6,10-三甲基癸烷(3.52%)和3,6-二甲基十一烷(2.58%)。

两种无锡绿茶中共检测出114种挥发性化合物,包括24种醇与酚、12种酯与内酯、12种醛、7种酮、14种羧酸、8种含杂原子化合物及37个烃。醇、醛、烷烃、酯、羧酸、酮和杂环化合物是主要成分,但在两个品种中的相对含量有较大差异。表2列出了两种无锡绿茶主要香气成分的种类及含量。由表1及表2可知,无锡毫茶中含量最高的是醛类化合物,11种组分占挥发油总量的44.61%,其次为脂肪族醇类、羧酸类、酮类、酯类和含杂原子化合物。太湖翠竹中含量最高的是烷烃类化合物,22种组分占挥发油总量的40.19%,其次为醛类、脂肪族醇类、萜醇类、酯类和含杂原子化合物。

表2 无锡毫茶和太湖翠竹主要香气成分种类及含量统计

Table 2 Statistics of characteristic aroma components in Baikhovi tea and Taihu tea

香气成分 种类	相对含量/%		个数	
	无锡毫茶	太湖翠竹	无锡毫茶	太湖翠竹
脂肪族与芳香族醇	33.83	18.05	15	4
萜醇	1.59	8.27	7	4
酯	2.58	7.71	7	5
醛	44.61	18.73	11	5
酮	4.17	0.78	7	1
羧酸	7.80	0.91	11	3
烷烃	0	40.19	0	22
含杂原子化合物	2.34	1.31	7	1

两种无锡绿茶共有的香气成分有1-戊醇、反式-3-己烯醇、叶醇、顺式-2-己烯醇、顺式/反式-芳樟醇氧化物(呋喃型)、芳樟醇、顺式-芳樟醇氧化物(吡喃型)、2-甲基戊酸甲酯、水杨酸甲酯、己醛、庚醛、顺式-2-庚烯醛、苯甲醛、6-甲基-5-庚烯-2-酮与刺柏烯,分别属于醇类、酯类、醛类、酮类与萜烯类化合物。这16种化合物的相对含量在无锡毫茶中占36.86%,而在太湖翠竹中占46.75%,它们能提供清香、花香与果香,是无锡绿茶香气的主要贡献者。例如1-戊醇具有草香、甜瓜气息^[13],在香蕉、樱桃、香茛兰和薄荷油中天然存在;叶醇有强烈、新鲜的青叶香气,能与其异构体反式-3-己烯醇一起产生柔和匀称的青香;芳樟醇具有清甜花香、木青和果香气息,具有强烈木香花香气息的芳樟醇氧化物还能对芳

樟醇的香气产生有效的烘托作用;而己醛具有叶青、果香和木香,庚醛具有浓郁果香,稀释后有类似甜杏、坚果香气;水杨酸甲酯则具有冬青样香气,也有些温甜果香。

具有清香、花香或果香的醇类、醛类、酯类和酮类化合物对绿茶香气有非常重要的贡献。在本研究鉴定的化合物中,醇类化合物共有22种,其中无锡毫茶中脂肪族与芳香族醇的种类与含量较高,如具有甜花香、果香的苯甲醇的相对含量为4.41%,有柔和玫瑰花香的苯乙醇相对含量为2.92%;而太湖翠竹茶中萜类醇的含量较高,如有清甜花香、木青和果香的芳樟醇相对含量占4.55%。

醛类化合物有12种,且在无锡毫茶中的含量与数目都远远高于太湖翠竹,它们大多具有果香和青香,如苯甲醛具有杏仁果香,反式-2-己烯醛稀释后有令人愉快的绿叶青香和果香。它们是茶叶中少量油脂的脂肪酸受热分解的产物,鲜叶中的氨基酸在加工时经Strecker降解也会产生醛类化合物。

酯类包括内酯化合物有12种,其中太湖翠竹中的酯类化合物数目虽少但含量较高。它们一般能提供愉快的果香与花香,如仅在太湖翠竹中检出的乙酸松油酯具有柑橘、药草花香,乙酸芳樟酯与乙酸香叶酯都有强烈的果香与花香;仅在无锡毫茶中检出的乙酸叶醇酯和己酸叶醇酯具有强而浓的青香、花香和新鲜果香,而后者被认为是日本高档绿茶香气的代表成分^[14];二氢猕猴桃内酯则具有柔和木香与果香,其温和淡香能衬托出其它香气。

酮类化合物有7种,且在无锡毫茶中的含量与数目都远远高于太湖翠竹,大多具有青香和花香,例如两绿茶品种中共有的6-甲基-5-庚烯-2-酮有新鲜的青香、柑橘样气息,而无锡毫茶中特有的反式- β -紫罗兰酮有紫罗兰样的花香,顺式-茉莉酮有茉莉花的清香。

制作绿茶时由于多次加热会产生一些含氮、含氧的杂环化合物,如吡咯、呋喃、噻唑等,它们能提供典型的烘烤、坚果似的香味,这对于构成无锡绿茶特色香气是不可忽略的。例如在无锡毫茶中检出的2-乙酰基吡咯有及坚果、香豆素样香气;嫩叶中丰富的V_C受热分解可产生糠醛,糠醛与氨基酸(丙氨酸)进一步反应后,经脱水、脱羧可得具有焦香、类似糠醛气息的1-乙基-1H-吡咯-2-甲醛;吡啶在低浓度条件下能产生茉莉、橙花样的花香香气;而具有焦香的苯并噻唑已在普洱熟茶和生茶香气中发现^[15]。

在两种无锡绿茶中还检出一些有机酸化合物如3-甲基丁酸、反式-3-己烯酸等,它们大多存在于水果、干酪中,高浓度时香气不太愉快,但高度稀释后有甜润的果香、奶香、油脂和酸味。此外,烷烃类化合物在太湖翠竹中检出的含量较高,该物质主要以热裂解反应途径生成,但对茶香贡献不大。

与汤坚等^[8]采用SDE法结合GC-MS鉴定出的无锡毫茶香气成分相比,本研究检出的无锡毫茶香气成分中的醛类与羧酸类化合物个数较多,而酮类、烃类及含杂原子化合物较少;酯与内酯类、醇与酚类化合物个数虽然相近,但是成分与含量有差异,如芳樟醇含量较低,而香叶醇未检出等。两

种方法提取无锡毫茶香气成分的对比如图 2。造成这些明显差异的主要原因是提取的方法不同,SDE 法获得的茶叶精油提取率虽然高,但是由于茶叶长时间处于高温、高湿的密闭系统,容易导致香气物质发生变化,特别是对热敏感性的香气组分影响较大,同时也会使一些香气前体发生分解而产生“人工效应物”,如糖甙化合物受热氧化分解会释放出芳樟醇、香叶醇等,从而造成茶叶精油与茶叶原有香气存在较大差异^[7,16]。本研究采用的顶空固相微萃取法是在 45 °C 下直接顶空、吸附、富集茶香,捕集到的物质主要以易挥发及中等挥发性物质如醛类、醇类和酯类化合物为主,能较真实地反映茶叶原有的香气风味。而选择干茶来提取挥发性组分则是考虑了操作简单,不需要繁琐的冲泡过程。

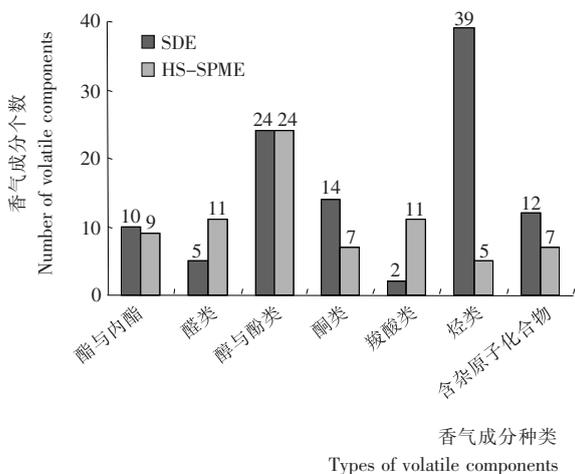


图 2 SDE 与 SPME 法提取无锡毫茶香气成分之比较
Figure 2 Comparison of volatile components in Baikhovi tea extracted by SDE and SPME methods

此外,本研究还发现了在国内外文献^[3-6]中未见报道的化合物,如呋喃二烯、二甲基亚砜等。其中在太湖翠竹中检出的呋喃二烯也是中药温莪术油的主要成分,它还存在于白术、没药、珊瑚中,具有显著的抗肿瘤作用^[17];而二甲基亚砜则可能是茶样中二甲硫醚的转化产物。

3 结论

本试验采用 HS—SPME/GC—MS 法详细分析了两种典型无锡绿茶——无锡毫茶与太湖翠竹的香气组成,并对两者进行了对比。无锡毫茶与太湖翠竹都具有典型的绿茶清香,并带有花香、果香,香气丰厚而柔和,但两者又各具特色,太湖翠竹的果香较多而无锡毫茶的青香较显,这是内含各种香气成分且比例恰当的综合反映。与 SDE 法相比,前处理采用 HS—SPME 法更能真实体现茶叶原有的香气成分。相关研究为今后将 HS—SPME/GC—MS 技术应用于无锡毫茶与太湖翠竹两种无锡绿茶的品质鉴别提供了科学依据。

致谢

感谢日本花王株式会社香料开发研究所的福田和之与逆井充好对本课题的参与及支持。

参考文献

- Sereshti H, Samadi S, Jalali-Heravi M. Determination of volatile components of green, black, oolong and white tea by optimized ultrasound-assisted extraction-dispersive liquid-liquid microextraction coupled with gas chromatography[J]. J. Chromatogr A, 2013, 1280: 1~8.
- 赵玥,肖成杰,蔡宝国,等. 气相色谱—质谱法中 4 种不同捕集方式对茶叶香气成分测定的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(16): 283~289.
- Lin Jie, Dai Yi, Guo Ya-nan, et al. Volatile profile analysis and quality prediction of Longjing tea (*Camellia sinensis*) by HS—SPME/GC—MS[J]. J. Zhejiang Univ-SC B, 2012, 13(12): 972~980.
- Du Li-ping, Wang Chao, Li Jian-xun, et al. Optimization of head-space solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry for detecting Methoxyphenolic Compounds in Pu-erh Tea[J]. J. Agric. Food Chem., 2013, 61(3): 561~568.
- 兰欣,汪东风,张莉,等. HS—SPME 法结合 GC—MS 分析崂山绿茶的香气成分[J]. 食品与机械, 2012, 28(5): 96~101.
- Tschiggerl C, Bucar F. Guaianolides and volatile compounds in chamomile tea[J]. Plant Food Hum Nutr, 2012, 67(2): 129~135.
- 朱旗,施兆鹏,任春梅. 绿茶香气不同提取方法的研究[J]. 茶叶科学, 2001, 21(1): 38~43.
- 汤坚,袁身淑,王林祥,等. “无锡毫茶”香气的分析与鉴定[J]. 无锡轻工业学报, 1989, 8(2): 21~30.
- Shimoda M, Shigematsu H, Shiratsuchi H, et al. Compounds among different grades of green tea and their relations to odor attributes[J]. J. Agric. Food Chem., 1995, 43(6): 1621~1625.
- Steffen A, Pawliszyn J. Analysis of flavor volatiles using head-space solid phase micro-extraction[J]. J. Agric. Food Chem., 1996, 44(8): 2187~2193.
- 赵阳阳,林海伟,欧仕益. 甜玉米籽粒及其芯风味成分分析[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 52~55.
- 曾茜,曹光群,李明,等. 顶空—固相微萃取/气相色谱—质谱联用法分析“无锡毫茶”中的香气成分[J]. 分析测试学报, 2014, 33(10): 1136~1141.
- Zhu Marcel, Li Eric, He Herman. Determination of volatile chemical constituents in tea by simultaneous distillation extraction, vacuum hydrodistillation and thermal desorption[J]. Chromatographia, 2008, 68(7~8): 603~610.
- Yamanishi T. Flavor of green tea[J]. Japan Agricultural Research Quarterly, 1978, 12(4): 205~210.
- 洪涛,黄遵锡,李俊俊,等. 普洱熟茶和生茶香气成分的提取和测定分析[J]. 茶叶科学, 2010, 30(5): 336~342.
- 李拥军,施兆鹏. 柱吸附法和 SDE 法提取茶叶香气的研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2001, 27(4): 245~249.
- Ba Zhen-zhen, Zheng Yan-ping, Zhang Hui, et al. Potential anticancer activity of furanodiene[J]. Chin J. Cancer Res, 2009, 21(2): 154~158.