

## 检测分析

# 不同产地压榨山茶油挥发性风味成分 顶空取样 GC – MS 分析

冯棋琴, 马玉琼, 吴满梅, 汪有存

(海南医学院 公共卫生学院, 海口 571199)

**摘要:**采用顶空取样结合 GC – MS 技术比较分析不同产地压榨山茶油的挥发性风味成分。结果表明:在样品用量 4 g、顶空平衡温度 150 °C、顶空平衡时间 25 min、进样时间 1 min 条件下,分析效果最理想;从不同产地压榨山茶油样品中共鉴定出 117 种挥发性风味成分,共有成分 20 种,主要为醛类化合物,不同产地间挥发性风味成分含量有差异,且海南山茶油主要挥发性风味成分含量与内地(湖南、江西、广西)山茶油区别较大。

**关键词:**山茶油;挥发性风味成分;顶空取样;GC – MS 分析

中图分类号:TS225.1;TS227 文献标识码:A 文章编号:1003 – 7969(2018)02 – 0138 – 05

## Headspace sampling GC – MS analysis of volatile flavor compounds in pressed oil – tea camellia seed oil from different areas

FENG Qiqin, MA Yuqiong, WU Manmei, WANG Youcun

(School of Public Health, Hainan Medical College, Haikou 571199, China)

**Abstract:**The volatile flavor compounds in pressed oil – tea camellia seed oil from different areas were analyzed by headspace sampling combined with GC – MS method. The results showed that under the conditions of dosage of sample 4 g, headspace equilibrating temperature 150 °C, headspace equilibrating time 25 min and sample injection time 1 min, the analysis effect was the best. Under these conditions, 117 kinds of volatile flavor components were identified in oil – tea camellia seed oil samples, and 20 kinds of volatile flavor components were detected in all the samples, which mainly were aldehydes. There were definite differences in the contents of main volatile flavor components in oil – tea camellia seed oil from different areas, and the difference was more obvious between oil – tea camellia seed oil from Hainan and inland provinces(Hunan, Jiangxi, Guangxi).

**Key words:**oil – tea camellia seed oil; volatile flavor compounds; headspace sampling; GC – MS analysis

山茶油是从山茶科油茶树种子中获得的,又称为油茶籽油,是我国最古老的木本食用植物油之一,其栽培历史有 2 300 年以上<sup>[1-2]</sup>。我国是世界上最大的山茶油生产基地,其中湖南、江西、广西又是我国油茶产业的 3 大重点主产区<sup>[3-4]</sup>。油茶树亦是海南传统油料植物且种植资源十分丰富,栽培和利用历史悠久,但是长期以来由于地理隔离、科研投入少

以及油茶产业化程度低等原因,一直没有得到应有的重视<sup>[5]</sup>。王碧芳<sup>[5]</sup>调查发现,海南油茶花、果特征和生长、结果习性与内地广泛种植普通油茶存在明显差异。郑道君等<sup>[6]</sup>调查发现海南山茶油有别于我国其他油茶产区山茶油,海南山茶油具有内地山茶油不具备的独特品质,尽管采用相同的工艺,但其香味和口感均比内地山茶油好,深受消费者青睐。但目前对海南山茶油挥发性风味成分的比较研究较少<sup>[7]</sup>。杨柳等<sup>[8]</sup>采用顶空取样 GC – MS 联用法对油茶籽油、大豆油、菜籽油等食用油可挥发性成分进行测定及鉴别,效果良好。王茜茜等<sup>[9]</sup>采用顶空取样 GC – MS 联用技术有效地分析了一级菜籽油

收稿日期:2017 – 06 – 25;修回日期:2017 – 10 – 22

基金项目:海南自然科学基金项目(20168273)

作者简介:冯棋琴(1982),女,讲师,硕士,研究方向为营养与食品科学(E-mail)fengqiqin1842@163.com。

储藏期间的挥发性成分变化。于荟等<sup>[10]</sup>亦采用顶空取样 GC-MS 联用法有效分析并鉴定了不同方法制得的牡丹鲜花精油中的挥发性成分。本文以海南、湖南、江西、广西产山茶油为原料,采用顶空取样 GC-MS 联用技术分析其挥发性成分种类及相对含量,探索不同产地山茶油风味成分的差异及特点,为山茶油风味物质的研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验原料均为精制的压榨成品山茶油,从各产地生产企业或代理商处采购。海南产山茶油:1号(琼海市)、2号(澄迈县)、3号(五指山市);湖南产山茶油:1号(永州市)、2号(岳阳市)、3号(衡阳市);江西产山茶油:1号(宜春市)、2号(吉安市)、3号(上饶市);广西产山茶油:1号(河池市巴马县)、2号(百色市)、3号(柳州市三江县)。

GCMS-QP2010 PLUS 气相色谱-质谱联用仪:岛津公司;ESJ180-4 电子天平:沈阳龙腾电子有限公司;Agilent 7694E 自动顶空进样器、顶空瓶(20 mL):美国安捷伦公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 顶空进样条件优化

取适量山茶油于 20 mL 顶空瓶中,盖紧盖子。放入顶空进样器中,加热平衡一定时间后,取顶空气体进样 1 min 用 GC-MS 分析。以总出峰面积和出峰个数为考察指标,对样品用量、顶空平衡温度、顶空平衡时间进行优化。

#### 1.2.2 GC-MS 分析条件

GC 条件:ZB-5ms 色谱柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);进样口温度 200 °C;程序升温为初始温度 50 °C,保持 1 min,以 5 °C/min 升至 130 °C,再以 10 °C/min 升至 180 °C,保持 8 min;载气为 He 气;柱流量 1 mL/min;进样体积 500 μL;隔垫吹扫流量 3 mL/min。

MS 条件:电子轰击(EI)离子源;检测器电压 0.90 kV;离子源温度 220 °C;接口温度 250 °C;质量扫描范围( $m/z$ )45~450;扫描速度 0.20 s/scan;数据采集时间 3~25 min。

获得质谱数据通过 NIST08s.LIB 质谱库进行检索。各挥发性风味成分的相对含量采用峰面积归一化法计算。

## 2 结果与讨论

### 2.1 顶空进样条件的优化

#### 2.1.1 样品用量的确定

在顶空平衡温度 150 °C、顶空平衡时间 20 min、

进样时间 1 min 条件下,考察样品用量对山茶油挥发性成分总出峰面积和出峰个数的影响,结果见图 1。

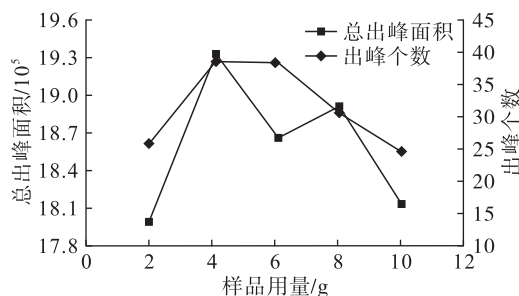


图 1 样品用量对总出峰面积和出峰个数影响

由图 1 可知,随样品用量增加,总出峰面积和出峰个数总体趋势均是先增后减,样品用量为 4 g 时,出峰个数最多,总出峰面积最大,当样品用量增加到 8 g 后,出峰个数和总出峰面积均迅速下降。可能是因为样品量太少时,顶空瓶的顶空体积相对大,山茶油中能挥发出来的物质种类少、浓度低,故总出峰面积小、出峰个数少;随着样品用量增加能挥发出来的物质种类和浓度也随之增加,但当样品量增加到一定量时,过小的顶空体积又会限制物质的挥发,因此总出峰面积和出峰个数均随样品用量增加先增后减,这与一些相关研究结果<sup>[11]</sup>一致。故确定样品用量为 4 g。

#### 2.1.2 顶空平衡温度的确定

在样品用量 4 g、顶空平衡时间 20 min、进样时间 1 min 条件下,考察顶空平衡温度对山茶油挥发性成分总出峰面积和出峰个数的影响,结果见图 2。

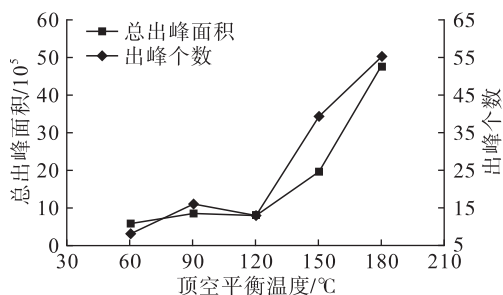


图 2 顶空平衡温度对总出峰面积和出峰个数影响

由图 2 可知,随着顶空平衡温度升高,总出峰面积和出峰个数均随之增加,顶空平衡温度达到 150 °C 时总出峰面积和出峰个数均明显增加,顶空平衡温度升高到 180 °C,总出峰面积和出峰个数均继续增加,但对挥发性成分鉴定发现,180 °C 时出现较多反式结构的化合物,而一般脂肪的分解温度在 200 °C 左右<sup>[11]</sup>,因此 180 °C 时的挥发性成分可能含有较多高温裂解产物。故选择 150 °C 为最适顶空平衡温度。

### 2.1.3 顶空平衡时间的确定

在样品用量 4 g、顶空平衡温度 150 °C、进样时间 1 min 条件下,考察顶空平衡时间对山茶油挥发性成分总出峰面积和出峰个数的影响,结果见图 3。

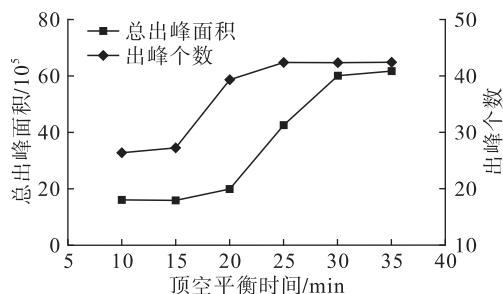


图3 顶空平衡时间对总出峰面积和出峰个数影响

由图 3 可知,10 ~ 25 min 范围内随顶空平衡时间的延长,总出峰面积和出峰个数均增加,顶空平衡时间为 25 min 时,出峰个数达到平衡,延长顶空平衡时间到 30 min 后总出峰面积亦不再增加。顶空平衡时间 25 min 已满足检测要求,故最适顶空平衡时间选择 25 min。

### 2.2 山茶油挥发性风味成分种类及相对含量

在样品用量 4 g、顶空平衡温度 150 °C、顶空平衡时间 25 min、进样时间 1 min 条件下顶空取样,GC-MS 分析不同产地压榨山茶油挥发性风味成分种类及相对含量,结果见表 1。

表 1 不同产地压榨山茶油挥发性风味成分种类及相对含量

序号	化合物	广西	江西	湖南	海南
1	正己醛	28.57 ± 22.59	49.22 ± 7.48	30.29 ± 17.05	14.04 ± 7.63
2	壬醛	15.33 ± 2.45	13.11 ± 5.82	14.31 ± 4.67	20.44 ± 3.07
3	反-2-庚烯醛	12.42 ± 0.88	9.50 ± 1.10	9.98 ± 6.47	10.33 ± 3.85
4	庚醛	10.66 ± 2.96	5.45 ± 4.79	7.59 ± 6.97	13.94 ± 2.84
5	2,4-癸二烯醛	5.47 ± 5.23	3.67 ± 2.17	6.64 ± 2.06	5.02 ± 0.78
6	1-辛烯-3-醇	5.81 ± 1.14	2.21 ± 1.94	3.57 ± 1.24	6.30 ± 3.18
7	正辛醛	2.75 ± 2.05	2.45 ± 1.33	4.63 ± 1.04	5.43 ± 0.51
8	反-2-癸烯醛	2.36 ± 2.18	2.00 ± 0.91	3.29 ± 0.80	3.51 ± 0.54
9	反,反-2,4-庚二烯醛	3.24 ± 1.04	1.17 ± 1.40	3.86 ± 1.42	2.15 ± 1.06
10	2-正戊基呋喃	1.43 ± 0.78	0.95 ± 1.26	2.51 ± 1.53	5.13 ± 1.76
11	1-庚醇	1.27 ± 0.28	1.13 ± 0.30	1.68 ± 1.02	3.18 ± 0.78
12	反-2-辛烯醛	1.99 ± 1.22	0.97 ± 0.52	1.62 ± 0.52	1.74 ± 0.37
13	反,反-2,4-癸二烯醛	1.49 ± 2.29	1.25 ± 1.09	1.82 ± 1.20	0.84 ± 0.99
14	2-十一烯醛	1.18 ± 1.06	0.85 ± 0.74	1.68 ± 0.41	1.61 ± 0.40
15	1-辛醇	1.07 ± 0.20	0.63 ± 0.56	1.45 ± 0.60	1.36 ± 0.66
16	反-2-壬烯醛	0.57 ± 0.23	0.50 ± 0.08	0.58 ± 0.14	0.74 ± 0.16
17	7-甲基-3-辛烯-2-酮	0.15 ± 0.25	0.16 ± 0.14	0.19 ± 0.17	0.28 ± 0.08
18	癸醛	0.10 ± 0.03	0.05 ± 0.04	0.06 ± 0.06	0.13 ± 0.04
19	1-乙基-1-甲基环戊烷	0.19 ± 0.27	0.28 ± 0.23	0.09 ± 0.13	0.08 ± 0.11
20	5-乙酰基-2(3H)-呋喃酮	0.05 ± 0.07	0.03 ± 0.04	0.27 ± 0.22	0.15 ± 0.02
21	正戊醇	1.17 ± 2.03	0.79 ± 1.37	0.82 ± 1.02	-
22	4-氧代壬醛	0.08 ± 0.02	0.03 ± 0.03	0.11 ± 0.06	-
23	正丁基环戊烷	0.04 ± 0.06	0.06 ± 0.08	-	-
24	2-庚炔-1-醇	0.01 ± 0.02	-	0.25 ± 0.18	-
25	3-乙基-1,4-己二烯	0.11 ± 0.16	-	0.56 ± 0.79	-
26	(Z)-7-甲基-2-癸烯	0.10 ± 0.14	0.12 ± 0.09	0.08 ± 0.06	-
27	5-甲基-2-己酮	-	-	0.09 ± 0.12	0.06 ± 0.09
28	4,5-二甲基-1-己烯	0.09 ± 0.07	0.04 ± 0.05	-	0.08 ± 0.11
29	2-甲基-1-戊醇	0.05 ± 0.08	0.02 ± 0.02	0.08 ± 0.11	-
30	3-甲丁酯-环丁烷羧酸	0.03 ± 0.05	0.03 ± 0.04	-	-
31	反,3-甲基-5-十一烯	-	0.01 ± 0.02	0.06 ± 0.09	-
32	1H,3H-Furo[3,4-c]furan, tetrahydro-	-	0.02 ± 0.03	-	0.04 ± 0.06
33	2,2-二甲基丁烷	0.04 ± 0.06	0.05 ± 0.04	-	-
34	4,7-二甲基十一烷	-	0.04 ± 0.06	-	0.11 ± 0.16

续表 1

序号	化合物	广西	江西	湖南	海南
35	亚甲基环丙烷甲醛	0.07 ± 0.10	0.24 ± 0.17	-	-
36	2-正丁基呋喃	0.09 ± 0.13	-	0.06 ± 0.08	0.06 ± 0.08
37	2,4-壬二烯醛	0.10 ± 0.14	0.07 ± 0.10	-	-
38	(Z)-9-甲基-4-十一烯	0.17 ± 0.01	-	0.09 ± 0.13	-
39	1-辛基三氟乙酸	0.03 ± 0.04	0.05 ± 0.07	0.22 ± 0.16	-
40	6-甲基-3,4-二氢吡喃	-	0.01 ± 0.01	-	0.03 ± 0.04
41	1-(2-羟乙基)-1,2,4-三唑	0.04 ± 0.06	0.07 ± 0.05	-	-
42	十四烷基环氧乙烷	0.05 ± 0.07	0.04 ± 0.05	0.19 ± 0.09	-
43	3H-1,2,4-Triazol-3-one, 1,2-dihydro-	0.04 ± 0.06	0.02 ± 0.03	-	-
44	2-溴己烷	0.05 ± 0.07	0.08 ± 0.11	-	0.05 ± 0.07
45	1-庚炔	0.05 ± 0.07	-	-	0.06 ± 0.05
46	1-辛炔	0.17 ± 0.08	0.04 ± 0.06	0.08 ± 0.11	-
47	二甲基-3-亚甲基-环丁烷	-	0.05 ± 0.07	0.06 ± 0.08	-
48	2-甲基-1,5-己二烯	-	-	0.08 ± 0.11	0.08 ± 0.12
49	6-Fluoro-2-trifluoromethyl benzoic acid, 3-fluorophenyl ester	0.02 ± 0.03	0.08 ± 0.12	-	-
50	1,1,3-三甲基环戊烷	0.02 ± 0.03	-	0.03 ± 0.04	0.02 ± 0.02
51	特有成分	0.95	2.08	0.84	2.47

注:不同产地山茶油特有成分分别为:广西 13 种(2,3,3-三甲基-1-己烯;反-3-十八碳烯;3-亚甲基-1,7-辛二烯;十五烯;(Z)-3-十六碳烯;4,8-Dioxaspiro[2.5]oct-1-ene,6,6-dimethyl-;十一醛;3-壬烯-2-酮;异辛醇;2,4-十一烷二烯-1-醇;N-(Trifluoroacetyl)-N,O,O',O'-tetrakis(trimethylsilyl)norepinephrine;丙基-螺戊烷;2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)propane monotrifluoromethyl ether);江西 16 种(3,3-二甲基-1-氰硫基-2-丁酮;糠基甲基苯丙胺;2-甲硫基呋喃;4-甲硫基-1-丁胺;2,4,6-三甲基-1-壬烯;十一烷;草酸烯丙基丁酯;硼吡啶;1-甲基萘;1-乙基-2-甲基环戊烷;2H-1,6-Benzoxazocin-5(6H)-one,3,4-dihydro-;异丙基-环丁烷;十六醛;反-2-十二烯醛;4-羟甲基环丙烷-1-丁烯;三氟甲基过硝酸盐);湖南 11 种(正己醇;反-2,2-二甲基-3-癸烯;5,10-环氧杂三环[7.1.0.0(4,6)]癸烷;2,4-二甲基环戊醇;三氟乙酸庚酯;1-甲基环丙烷-1-甲酸乙酯;2,4-二甲基-1,4-戊二烯;四甲基环丁烷 1,3-二酮;2-亚甲基环戊醇;异噻唑;反-3-十四碳烯);海南 27 种(糠醇;3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯;反-6-甲基-4-癸烯;十四烷氧基甲基环氧乙烷;2,4-二甲基环己醇;十甲基环五硅氧烷;丙基丙二酸;乙酸庚酯五氟丙酸;1-壬醇;2,2,3-三甲基-3-氧杂环丁醇;5-羟甲基糠醛;2,4-二甲基-1-庚烯;6-甲基庚醇;1-十一醇;1-碘代十四烷;十二甲基环六硅氧烷;甲基-1-环丙基甲基酮;1-氨基-1-环丙烷醇;1-二十醇;十九醇;(反,反)-2,4-十二碳二烯醛;肉桂酸甲酯; $\beta$ -榄香烯;香树烯;(S)-1-甲基-4-(5-甲基-1-亚甲基-4-己烯基)环己烯; $\delta$ -杜松烯;(Z,E)-3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳-四烯)。

由表 1 可知,在不同产地压榨山茶油中,共鉴定出 117 种挥发性风味成分,海南、湖南、江西、广西山茶油中分别鉴定出 57、47、58、56 种,主要成分均为醛类,与夏欣<sup>[12]</sup>、林琅<sup>[13]</sup>、罗凡<sup>[14]</sup>等研究结果相似。本实验测得海南、湖南、江西、广西产山茶油中共有成分为正己醛、壬醛、反-2-庚烯醛、庚醛、2,4-癸二烯醛、正辛醛、反-2-癸烯醛、反,反-2,4-庚二烯醛、2-正戊基呋喃、1-庚醇、反-2-辛烯醛、反,反-2,4-癸二烯醛、2-十一烯醛、1-辛醇、反-2-壬烯醛、1-辛烯-3-醇、7-甲基-3-辛烯-2-酮、癸醛、1-乙基-1-甲基环戊烷和 5-乙酰基-2(3H)-呋喃酮 20 种,其中湖南、江西、广西内地山茶油中含量最高的挥发性成分均为正己醛,海南山茶油中含量最高的为壬醛,且庚醛、1-辛烯-3-醇、正辛醛、2-正戊基呋喃、1-庚醇含量明显高于内地山茶油;内地山茶油中均含有少量正戊醇和 4-氧代壬醛,而海南山茶油中未检测到,这些

成分在区分海南与内地山茶油中起主要作用。在不同产地山茶油中均检测到少量特有的挥发性风味成分,分别为海南(27 种,占 2.47%)、湖南(11 种,占 0.84%)、江西(16 种,占 2.08%)、广西(13 种,占 0.95%),亦可用于鉴别山茶油不同产地来源。

### 3 结论

(1) 采用顶空取样 GC-MS 联用技术分析不同产地压榨山茶油的挥发性风味成分,在样品用量 4 g、顶空平衡温度 150 °C、顶空平衡时间 25 min、进样时间 1 min 条件下,分析效果最佳。

(2) 从 4 个不同产地的山茶油中共鉴定出 117 种挥发性成分,海南、湖南、江西、广西产地分别鉴定出 57、47、58、56 种,其中共有成分 20 种,其相对含量在不同产地间有差异,尤其正己醛、壬醛、庚醛、1-辛烯-3-醇、正辛醛、2-正戊基呋喃、1-庚醇在内地(湖南、江西、广西)山茶油和海南山茶油间

(下转第 145 页)

由图1可知,通过样品组中80个样品的比对,拟合获得的一阶回归曲线的线性相关系数 $R^2 = 0.9836$ ,因此对于油脂极性组分含量的检测,GB 5009.202—2016中制备型快速柱层析法和ISO 8420(2002)柱层析法的检测结果也是基本一致的。

### 3 结论

通过以ISO 8420(2002)柱层析法的检测结果为基准,对3种不同的油脂极性组分含量检测标准方法——GB/T 5009.202—2003柱层析法、GB 5009.202—2016中的制备型快速柱层析法和柱层析法的检测结果进行了比对分析,发现GB/T 5009.202—2003柱层析法的检测结果与ISO 8420(2002)柱层析法的检测结果差异较大,一致性差;而GB 5009.202—2016中的制备型快速柱层析法和柱层析法的检测结果与ISO 8420(2002)柱层析法的检测结果基本一致。

### 参考文献:

- [1] 印瑜洁,薛斌. 硅胶柱层析分离煎炸油中极性和非极性组分的研究[J]. 粮食与油脂,2016,29(6):72-74.
- [2] 曹文明,薛斌,陈凤香,等. 三酰甘油氧化聚合物的制备型快速柱层析-体积排阻色谱测定方法[J]. 分析测试学报,2012,31(8):933-939.
- [3] CAO W M, ZHANG K Y, XUE B, et al. Determination of oxidized triacylglycerol polymers by preparative flash chromatography and high-performance size-exclusion chromatography[J]. Asian J Chem, 2013, 25(16):9189-

(上接第141页)

差异较大,可以用来鉴别内地和海南产山茶油。

(3)从不同产地山茶油中均检测到少量特有的挥发性风味成分,亦可用于鉴别山茶油的不同产地来源。

### 参考文献:

- [1] 吕建云,孙丰霞,耿越. 山茶油中4种功能性成分的测定[J]. 食品安全质量检测学报,2014,5(6):1641-1645.
- [2] 龙伶俐,薛雅琳,张东,等. 油茶籽油主要特征成分的研究分析[J]. 中国油脂,2012,37(4):78-81.
- [3] 张东生,金青哲,薛雅琳,等. 油茶籽油的营养价值及掺伪鉴定研究进展[J]. 中国油脂,2013,38(8):47-50.
- [4] 丁声俊,马榕. 中国油茶特色产业发展探讨[J]. 粮食科技与经济,2013,38(4):12-13.
- [5] 王碧芳. 海南油茶50个优株果实经济性状评价[D]. 长沙:中南林业科技大学,2016.
- [6] 郑道君,潘孝忠,张冬明,等. 海南油茶资源调查与分析[J]. 西北林学院学报,2016,31(1):130-135.

9149.

- [4] FERREIDON S. 贝雷油脂化学与工艺学:第一卷[M]. 王兴国,金青哲,译. 6版. 北京:中国轻工业出版社,2016:352.
  - [5] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. 食用植物油煎炸过程中的卫生标准:GB 7102.1—2003[S]. 北京:中国标准出版社,2003:1.
  - [6] International Standard Organization. Animal and vegetable fats and oils - Determination of content of polar compounds: ISO 8420(2002)[S]. Switzerland: ISO Press, 2002:1-8.
  - [7] American Oil Chemists' Society. Determination of polar compounds in frying fats: AOCS. Official Method Cd20-91[S]. USA: AOCS Press, 2009:1-6.
  - [8] Association of Official Analytical Chemists. Polar components in frying fats chromatographic method: AOAC Official Method 982.27[S]. USA: AOAC Press, 2012:31-32.
  - [9] International Union of Pure and Applied Chemistry. Determination of polar compounds in frying fats: IUPAC 2.507[S]. 7th ed. Oxford: Blackwell, 1992:216-219.
  - [10] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. 食用植物油煎炸过程中的极性组分(PC)的测定: GB/T 5009.202—2003[S]. 北京:中国标准出版社,2003:1-3.
  - [11] 中华人民共和国卫生与计划生育委员会. 食品安全国家标准 食用油中极性组分(PC)的测定: GB 5009.202—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016:1-10.
- 
- [7] 夏欣,姚磊,曹君. 两种油茶籽油风味物质的分析与比较[J]. 中国食品学报,2016,16(4):251-256.
  - [8] 杨柳,吴翠蓉,朱杰丽,等. 顶空-气质联用法鉴别油茶籽油真伪[J]. 中国粮油学报,2012,27(11):105-109,113.
  - [9] 王茜茜,易起达,袁建,等. 顶空-气质联用分析一级菜籽油储藏期间挥发性成分变化[J]. 食品科技,2013,38(1):187-190.
  - [10] 于荟,马文平,刘延平,等. 顶空-气相色谱-质谱法分析牡丹鲜花精油中的挥发性成分[J]. 食品科学,2015,36(18):167-171.
  - [11] 刘平年. 顶空气相色谱质谱联用法分析芝麻油的挥发性气味成分[J]. 中国油脂,2005,30(10):47-49.
  - [12] 夏欣. 油茶特征香气成分和营养物质组成研究[D]. 南昌:南昌大学,2015.
  - [13] 林琅. 不同来源油茶籽油香气品质分析研究[D]. 上海:上海应用技术大学,2016.
  - [14] 罗凡,郭少海,费学谦,等. 压榨条件对油茶籽毛油挥发性成分及品质的影响[J]. 中国粮油学报,2015,30(4):61-66.