

六安瓜片香气成分的GC-MS分析

阮 鸣, 陈全战, 周红霞

(南京晓庄学院食品科学学院, 江苏 南京 211171)

摘 要: 对中国十大名茶之一六安瓜片的香气成分进行定性鉴别。采用同时蒸馏萃取并结合气相色谱-质谱 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 联用仪进行定性分析。结果显示, 六安瓜片香气成分在12 个月内较稳定; 不同等级六安瓜片主要香气成分相似; 六安瓜片与其他品种名茶香气成分存在明显差异。结果表明六安瓜片的香气成分性质稳定, 与其他名茶有明显差异; GC-MS法可作为六安瓜片香气成分质量控制的检测方法。

关键词: 六安瓜片; 同时蒸馏萃取法; 气相色谱-质谱法; 香气成分

Aroma Composition Analysis of Lu'an Guapian Green Tea by GC-MS

RUAN Ming, CHEN Quanzhan, ZHOU Hongxia

(School of Food Science, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 211171, China)

Abstract: This study aimed to identify and quantify the aroma components of Lu'an Guapian, one of China's top ten famous teas, by simultaneous distilled extraction (SDE) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that the aroma components of Lu'an Guapian were relatively stable over a storage period of 12 months and its main aroma compounds were similar at different quality grades and the aroma composition of Lu'an Guapian differed obviously from that of other well-known teas. The obtained data showed that the aroma components of Lu'an Guapian were stable and different obviously from those of other teas, and that GC-MS was useful to detect the aroma components of Lu'an Guapian for quality control purpose.

Key words: Lu'an Guapian; simultaneous distilled extraction (SDE); gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); aroma components

中图分类号: TS207.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 08-0120-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201508021

六安瓜片是中国十大历史名茶之一, 唐称“庐州六安茶”, 明始称“六安瓜片”, 清为朝廷贡茶^[1]。新中国成立后, 六安瓜片也一直作为中央军委特贡茶, 于1971年美国国务卿基辛格博士首次访华时作为国礼茶, 并在1991年8月日本静冈国际茶叶科学研讨会中被称为历史传统著名绿茶, 此后“徽六名茶”逐渐驰名中外^[2]。由于茶叶片形状似葵花籽, 遂称“瓜子片”, 后简称“瓜片”, 产自安徽省六安、金寨、霍山三县之毗邻山区和低山丘陵, 分内山瓜片和外山瓜片2个产区^[1]。六安瓜片采制技艺和加工工艺独特, 需在谷雨前后10 d、鲜叶长到开面时采摘; 早上采, 下午板片、去梗、去芽, 以片去胜; 炒制时, 分炒生锅、炒熟锅, 拉毛火、拉小火、拉大火, 竹篓装茶木炭灰, 炭火猛烈, 火苗盈尺, 抬篮走烘, 一罩即提, 二、三付烘篮, 交替进行, 一抬一步,

边烘边翻, 操作80次以上, 直至起霜有润, 清香扑鼻。上乘瓜片除有茶清香外还必须具备如烧板栗香味或幽香^[1]。六安瓜片在国内诸多名茶中, 是唯一去梗、去芽, 仅用茶树嫩梢叶片炒制而成, 堪称一绝^[2]。

虽然六安瓜片享誉盛名, 但远不及碧螺春、铁观音、龙井等名茶为平常百姓所熟识, 因而亦未引起大多学者的关注。茶叶香气是决定茶叶品质的关键因素, 也是其重要的感官评定指标。茶叶中的芳香物质是由性质不同、含量差异较大的多种物质组成, 在茶叶中的绝对含量很少, 一般只占干物质质量的0.01%~0.05%^[3]。提取茶叶香气成分的方法主要有水蒸气蒸馏并同时萃取 (simultaneous distilled extraction, SDE) 法、减压蒸馏萃取法、顶空分析法、超临界二氧化碳萃取法^[3-4], 目前国内常用SDE法^[5-9]和顶空固相微萃取 (headspace solid-

收稿日期: 2014-09-03

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (21376112); 江苏省自然科学基金项目 (BK20141081);

江苏省大学生科学创新项目 (201311460048X)

作者简介: 阮鸣 (1979—), 女, 讲师, 博士, 研究方向为食品与天然药物的分析检测。E-mail: 1169195814@qq.com

phase microextraction, HS-SPME) 法^[10-12]。气相色谱-质谱 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 法、气相色谱联用氢火焰离子化检测器、气相色谱联用嗅觉测量法^[5-12]为国内外常用的茶叶香气成分分析方法。本实验旨在通过简单易行的SDE提取方法、GC-MS分析技术, 对六安瓜片香气成分进行定性鉴别, 初步探讨其质量品质, 为其生产、新品研发以及质量控制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

不同等级六安瓜片购于安徽六安玉龙茶行, 根据价位定为280样、240样、180样、120样, 与280样同等价位 (280 元/斤) 的碧螺春、铁观音、雨花茶购于南京红顺茶叶。实验中如无说明, 所用六安瓜片均为280样。

乙醚、无水硫酸钠 (均为分析纯) 南京国药集团化学试剂有限公司; 乙醚重蒸后使用, 所用水为自制蒸馏水。

1.2 仪器与设备

QP2010S GC-MS联用仪 (配有电喷雾离子源) 日本岛津公司; 蒸馏萃取装置为自制玻璃装置。

1.3 方法

1.3.1 六安瓜片香气成分的提取^[5-9]

取茶叶15 g, 研磨至粉末, 置于1 000 mL圆底烧瓶中, 加入沸水225 mL。在萃取瓶中加入50 mL乙醚, 50 °C恒温水浴。装置连接后, 缓慢加热, 至烧瓶微沸, 回流萃取1 h, 在乙醚萃取液中加入少量无水硫酸钠, 4 °C静置过夜, 过滤, 滤液用N₂浓缩至1 mL, 4 °C保存, 供GC-MS定性分析。

1.3.2 GC-MS条件^[7-8]

GC参数: Rt_X-5MS毛细管柱 (30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 初始柱温50 °C; 升温程序: 50 °C保持1 min, 以10 °C/min升至75 °C, 保持2 min, 再以10 °C/min升至150 °C, 保持3 min, 最后以2 °C/min, 升至220 °C, 总时间为51 min; 载气为高纯氮气 (99.99%); 进样量1 μL; 进样口温度250 °C; 流速1.0 mL/min; 分流比1:10。

MS参数: 电喷雾离子源; 离子源温度200 °C; 界面温度250 °C; 溶剂延滞时间5 min; 全扫描; 质量扫描范围 m/z 30~500。

1.3.3 六安瓜片香气成分的稳定性^[13-14]

分别将贮藏期为0、6个月和12个月的六安瓜片 (开封后置于冰箱冷冻保存) 按照1.3.1节方法提取, 得萃取液, 并采用1.3.2节方法进行色谱分析, 根据色谱图中各峰的种类及相对含量进行列表分析。

1.3.4 不同等级六安瓜片之间香气成分的对比研究^[15-16]

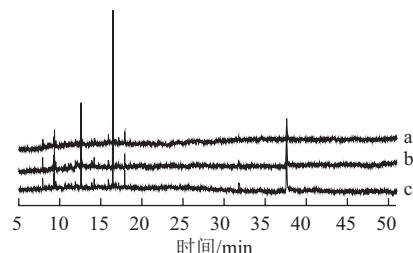
提取4种不同等级的六安瓜片 (120样、180样、240样、280样), GC-MS分析各样品中香气成分种类、相对含量。

1.3.5 不同品种名茶之间香气成分的对比研究^[17-20]

将同等价位的碧螺春、铁观音、雨花茶与六安瓜片分别提取、测试, 将其各自香气成分进行列表分析研究。

2 结果与分析

2.1 六安瓜片香气成分的稳定性



a. 0个月; b. 6个月; c. 12个月。

图1 不同贮藏期六安瓜片香气成分总离子流图

Fig.1 TICs of aroma components from Lu'an Guapian during different storage periods

表1 六安瓜片不同贮藏期的香气成分

Table 1 Aroma components identified in Lu'an Guapian during different storage periods

峰号	保留时间/min (谱库匹配度/%)			香气成分	相对含量/%		
	0个月	6个月	12个月		0个月	6个月	12个月
1	7.890 (84)	7.873 (92)	7.873 (88)	苯甲醇	1.60	1.92	1.53
2	8.642 (70)	8.630 (71)	8.629 (68)	N-亚硝基-3-二氢吡咯 (0、12个月) 反-2-十一碳烯-1-醇 (6个月)	0.97	0.53	0.24
3	9.232 (82)	9.221 (89)	9.222 (88)	芳樟醇	1.30	2.02	1.81
4	9.318 (89)	9.307 (93)	9.308 (94)	壬醛	2.77	3.38	2.66
5	9.481 (65)	9.472 (78)	9.470 (74)	苯乙醇	0.35	1.16	0.24
6	10.630 (71)	10.618 (80)	10.619 (78)	环氧芳樟醇	0.67	0.40	0.65
7	11.865 (71)	11.852 (78)	11.853 (81)	橙花醇	0.83	0.57	0.68
8	12.551 (94)	12.540 (95)	12.543 (95)	呋喃	7.18	8.10	4.95
9	13.863 (72)	13.849 (77)	13.851 (81)	顺-3-己烯己酸酯	0.86	0.70	0.85
10	14.166 (72)	14.148 (80)	14.147 (80)	(E)-3-甲基-2-(2-戊烯基)-2-环戊烯-1-酮	1.68	1.47	1.01
11	15.885 (80)	15.870 (83)	15.867 (82)	β-紫罗兰酮	1.84	1.31	1.18
12	16.425 (94)	16.408 (95)	16.413 (96)	二丁基羧基甲苯	61.15	57.24	57.46
13	17.134 (73)	17.112 (77)	17.121 (72)	二氢猕猴桃内酯	1.71	0.65	0.96
14	17.878 (82)	17.863 (86)	17.861 (87)	橙花叔醇酯	3.05	2.60	3.40
15	31.740 (68)	31.746 (82)	31.777 (75)	棕榈酸	1.75	0.76	2.19
16	37.586 (86)	37.566 (89)	37.572 (91)	反式植醇	12.29	17.19	20.19
总相对含量					100	100	100

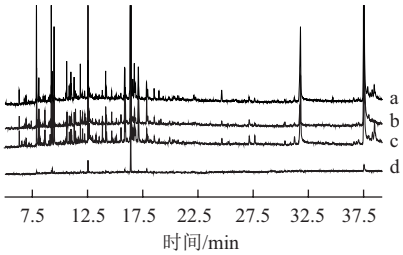
贮藏期为0、6个月和12个月的六安瓜片香气成分总离子流 (total ion chromatogram, TIC) 图基本无差异 (图1), 分别鉴定各TIC图中保留时间相当的16个化合物 (表1)。由表1可看出: 六安瓜片16种香气成分在0、6、12个月贮藏期内仅有1种成分发生了转变, 但占香气

成分总相对含量的比例小于1%，且在6~12个月内已趋于稳定。此外，二丁基羟基甲苯、反式植醇和吲哚为六安瓜片3大主要成分，三者相对含量在0、6、12个月内由90.62%降至82.53%、82.60%，降幅小于9%，且随后趋于稳定，表明六安瓜片在1 a期内香气成分较稳定。

2.2 不同等级六安瓜片之间香气成分的对比

在六安瓜片120样、180样、240样和280样的TIC图中，分别鉴定出了24、20、25种和16种香气成分，前3种样品TIC图相似，与280样差异较大，主要表现为后者的信号弱于前者，可能与仪器状态有关（图2）。由表1、2可看出，GC-MS鉴定了六安瓜片中的34种香气成分；4种不同等级的六安瓜片同有11种香气成分，分别为苯甲醇、芳樟醇、苯乙醇、橙花醇、吲哚、(E)-3-甲基-2-(2-戊烯基)-2-环戊烯-1-酮、β-紫罗兰香酮、二丁基羟基甲苯、二氢猕猴桃内酯、棕榈酸和反式植醇；11种共有成分的总相对含量差异不明显，分别为89.41%、92.33%、89.36%和91.68%，表明不同等级的六安瓜片主要香气成分及总相对含量相似，但120样和240样中3大主要共有成分是二丁基羟基甲苯、棕榈酸和反式植醇，180样和280样则为二丁基羟基甲苯、反式植醇和吲哚；不同等级的瓜片中二丁基羟基甲苯相对含量最高，280样中的相对含量（61.15%）比另外3个等级（46.91%，46.75%，45.93%）的平均值高

出31.42%；180样中的反式植醇相对含量（28.79%）高出280样（12.29%）134.25%；120样中苯甲醇（4.09%）、芳樟醇（3.26%）和苯乙醇（3.08%）的相对含量在各级中最高；120样和240样中棕榈酸相对含量达8%以上，而180样和280样小于2.3%；280样中的吲哚相对含量高达7.18%，其次为180样5.21%，另外2等级均小于2.5%；此外，吲哚、β-紫罗兰香酮和二氢猕猴桃内酯的相对含量可作为区别120样与240样的辅助指标。综上所述，不同等级的六安瓜片香气成分虽然相似，但仍可通过GC-MS法得以鉴别。



a. 120样；b. 180样；c. 240样；d. 280样。

图2 不同等级六安瓜片香气成分总离子流图

Fig.2 TICs of aroma components from Lu'an Guapian at different quality grades

表2 六安瓜片不同等级的香气成分
Table 2 Aroma components identified in Lu'an Guapian at different quality grades

峰号	保留时间/min (谱库匹配度%)			香气成分			相对含量/%		
	120样	180样	240样	120样	180样	240样	120样	180样	240样
1	6.307 (75)	6.316 (76)	6.317 (77)	苯甲酸甲酯	苯甲酸甲酯	苯甲酸甲酯	0.57	0.56	0.63
2	7.873 (94)	7.886 (87)	7.886 (93)	苯甲醇	苯甲醇	苯甲醇	4.09	1.19	2.94
3	8.088 (84)	8.099 (88)	8.102 (84)	4-甲基-2,4,6-环庚三烯-1-酮	4-甲基-2,4,6-环庚三烯-1-酮	4-甲基-2,4,6-环庚三烯-1-酮	0.75	0.74	0.64
4	9.220 (91)	9.229 (84)	9.232 (89)	芳樟醇	芳樟醇	芳樟醇	3.26	1.61	2.1
5	9.305 (81)	9.316 (90)	9.319 (84)	(2E)-2-壬烯-1-醇	壬醛	壬醛	1.01	2.22	1.36
6	9.472 (89)	9.475 (75)	9.482 (86)	苯乙醇	苯乙醇	苯乙醇	3.08	0.03	2.77
7	10.618 (84)	10.628 (71)	10.629 (84)	环芳樟醇	顺-2-甲基-2-乙炔基-5-(α-羟基异丙基)四氢呋喃	环芳樟醇	1.16	0.52	1.01
8	10.996 (82)	11.297 (73)	11.006 (73)	α-松油醇	4-甲基苯甲醛	α-松油醇	0.70	0.44	0.43
9	11.041 (75)	11.416 (67)	11.300 (77)	6-甲基十二烷	1,2-柠檬烯环氧化物	2,3-二氢苯并呋喃	0.23	0.50	0.63
10	11.288 (75)	11.861 (73)	11.864 (78)	2,3-二氢苯并呋喃	橙花醇	橙花醇	0.62	0.46	0.74
11	11.854 (82)	12.549 (94)	12.552 (92)	橙花醇	吲哚	吲哚	1.10	5.21	2.45
12	12.541 (86)	14.158 (65)	13.861 (78)	吲哚	(E)-3-甲基-2-(2-戊烯基)-2-环戊烯-1-酮	顺式-3-己烯己酸酯	1.08	0.77	0.62
13	14.149 (72)	14.699 (65)	14.161 (75)	(E)-3-甲基-2-(2-戊烯基)-2-环戊烯-1-酮	3,3,6,6-四甲基-1,4-环己二烯	(E)-3-甲基-2-(2-戊烯基)-2-环戊烯-1-酮	1.02	0.65	1.13
14	15.869 (79)	15.880 (86)	14.703 (65)	β-紫罗兰香酮	β-紫罗兰香酮	3,3,6,6-四甲基-1,4-环己二烯	1.21	2.58	0.44
15	16.408 (94)	15.946 (73)	15.884 (86)	二丁基羟基甲苯	2,3-环氧-β-紫罗兰酮	β-紫罗兰香酮	46.91	0.58	2.42
16	16.605 (71)	16.420 (94)	15.949 (71)	环己烷甲酸乙酯	二丁基羟基甲苯	2,3-环氧-β-紫罗兰酮	0.90	46.75	0.50
17	16.752 (73)	17.124 (84)	16.424 (94)	顺式-六氢-8a-甲基-1,8-(2H,5H)-萘二酮	二氢猕猴桃内酯	二丁基羟基甲苯	1.55	2.68	45.93
18	17.115 (80)	17.872 (81)	16.620 (69)	二氢猕猴桃内酯	3,7,11-三甲基-1,6,10-三烯十二烷-3-醇	环己烷甲酸乙酯	1.94	1.46	0.67
19	17.858 (77)	31.765 (70)	16.770 (70)	3,7,11-三甲基-1,6,10-三烯十二烷-3-醇	棕榈酸	顺式-六氢-8a-甲基-1,8-(2H,5H)-萘二酮	0.82	2.26	1.11
20	24.678 (69)	37.581 (89)	17.130 (87)	菲	反式植醇	二氢猕猴桃内酯	0.91	28.79	3.46
21	31.820 (86)		17.875 (75)	棕榈酸		3,7,11-三甲基-1,6,10-三烯十二烷-3-醇	8.06		0.74
22	37.568 (88)		31.837 (86)	反式植醇		棕榈酸	17.66		8.26
23	38.323 (74)		37.584 (89)	(9Z)-1,1-二甲氧-9-十八烯		反式植醇	0.57		17.16
24	38.512 (73)		38.347 (74)	(9E)-1,1-二甲氧-9-十八烯		(9Z)-1,1-二甲氧-9-十八烯	0.80		0.57
25			38.542 (74)			(9E)-1,1-二甲氧-9-十八烯			1.29
总相对含量							100	100	100

表3 不同名茶的香气成分
Table 3 Aroma components from Liu'an Guapian in comparison to other famous teas

峰号	保留时间/min (谱库匹配度/%)			香气成分			相对含量/%		
	碧螺春	铁观音	雨花茶	碧螺春	铁观音	雨花茶	碧螺春	铁观音	雨花茶
1	7.818 (89)	6.304 (78)	5.173 (85)	柠檬油精	苯甲醛	3-甲氧-1,2-丙二醇	12.57	0.20	29.73
2	16.416 (96)	6.791 (80)	5.694 (86)	二丁基羟基甲苯	6-甲基-5-庚烯-2-酮	2-甲基-3-甲氧-环氧乙烷	83.05	0.16	30.65
3	24.681 (73)	7.396 (70)	7.878 (78)	菲	1-乙基-2-甲基-环戊烯	苯甲醇	4.38	0.05	1.80
4		7.878 (84)	8.128 (83)		苯甲醇	2,3-二甲基-环氧乙烷		0.24	4.64
5		8.089 (97)	8.233 (77)		苯乙醛	1,5-己二醇		9.63	1.36
6		8.149 (88)	8.549 (73)		β -罗勒烯	己醛		0.23	0.99
7		9.224 (90)	8.954 (81)		芳樟醇	二甲基苯基甲醇		0.60	0.71
8		9.471 (96)	9.224 (89)		苯乙醇	芳樟醇		4.75	1.18
9		9.930 (94)	9.338 (84)		2-苯乙腈	丙三醇		1.19	14.66
10		10.547 (79)	9.476 (82)		环氧芳樟醇	苯乙醇		0.10	0.80
11		10.585 (71)	10.618 (88)		7-甲基-2-醇-双环[3.3.0]辛烷	环氧芳樟醇		0.10	0.72
12		10.995 (74)	10.996 (76)		α -松油醇	α -松油醇		0.10	0.16
13		12.546 (98)	11.293 (79)		呋喃	2,3-二氢苯并呋喃		11.91	0.30
14		12.637 (77)	11.857 (78)		5-苯基-1-戊烯	橙花醇		1.00	0.28
15		13.852 (90)	12.541 (93)		顺-3-己烯己酸酯	呋喃		0.72	1.21
16		13.942 (87)	14.146 (85)		己酸己酯	(E)-3-甲基-2-(2-戊烯基)-2-环戊烯-1-酮		0.28	0.68
17		14.128 (82)	17.856 (81)		异丁酸苯乙酯	3,7,11-三甲基-1,6,10-三烯十二烷-3-醇		0.16	0.33
18		14.988 (86)	37.558 (91)		丁酸苯乙酯	反式植醇		0.54	9.80
19		15.994 (94)			异戊酸苯乙酯			2.13	
20		16.072 (89)			茉莉内酯			0.92	
21		16.415 (75)			α -金合欢烯			28.86	
22		17.874 (94)			(E)-橙花叔醇			32.17	
23		18.215 (82)			3,7,11-三甲基-1,6,10-三烯十二烷-3-醇			0.61	
24		18.994 (79)			十八烷			0.29	
25		20.175 (88)			己酸苯乙酯			1.47	
26		27.427 (76)			苯甲酸苯乙酯			0.23	
27		37.560 (86)			反式植醇			1.36	
总相对含量							100	100	100

2.3 不同品种名茶之间香气成分的对比

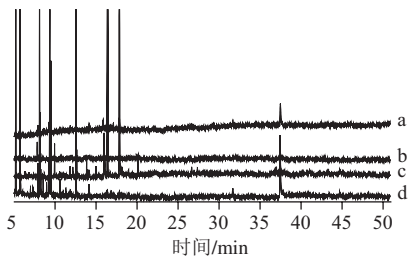


图3 不同品种名茶香气成分总离子流图
Fig.3 TICs of aroma components from Lu'an Guapian in comparison to other famous teas

根据图3可知, 4 种名茶的香气成分有较大差异, 主要体现在5~20 min内的色谱峰差异明显。从表1~3结果亦可看出, 四大名茶六安瓜片、碧螺春、铁观音和雨花茶中的主要香气成分差异较大。六安瓜片中主要有二丁基羟基甲苯、棕榈酸(或呋喃)和反式植醇, 碧螺春主含二丁基羟基甲苯和柠檬油精, 铁观音成分较为复杂, (E)-橙花叔醇、 α -金合欢烯、呋喃、苯乙醛和苯乙醇

是其主要香气成分(总相对含量达87.82%), 而雨花茶中却含有较高含量的醇类化合物, 例如2-甲基-3-甲氧-环氧乙烷、3-甲氧-1,2-丙二醇、丙三醇、反式植醇和2,3-二甲基-环氧乙烷(总相对含量达89.48%)。二丁基羟基甲苯在碧螺春和六安瓜片中的相对含量极高(大于45%)。

3 结论与讨论

本实验分别采用SDE法富集和GC-MS分析技术对不同贮藏期、不同等级的六安瓜片香气成分, 不同品种名茶的香气成分进行了鉴定与分析, 表明六安瓜片在1 a期内香气成分较稳定, 不同等级的六安瓜片11 个主要香气成分及总相对含量相似, 并可利用SDE-GC-MS法有效区别4 种名茶及六安瓜片的等级, 显示该法可有效用于六安瓜片的质量控制。本实验鉴定了六安瓜片中34 种香气成分, 其中二丁基羟基甲苯相对含量可高达60%。二丁基羟基甲苯为食品用抗氧化剂, 因此考虑后续研究中提取六安瓜片香气成分蒸馏液进行抗氧化实验, 以探究成分-效能关系, 为六安瓜片保健产品的开发提供理论依据。碧螺春中仅鉴定了3 种香气成分, 但并不影响其区别于其他品种名茶。

本实验仅考察了六安瓜片香气成分1 a期的稳定性, 因为再长时间贮藏意义不大。此外, SDE法的整个过程是在高温密闭条件下进行的, 次生反应剧烈, 人工效应产物多, 如一些热敏感性的香气成分会受热分解, 结构发生变化; 不饱和脂肪酸也会因受热降解而生成一些脂肪醛和醇等。研究^[18-21]表明, 利用SDE法提取得到的茶叶精油具有焦糊味, 与原样品的香气特征有较大差异, 鉴于此, 不少科研工作者探索了多种新的加工方法, 但都存在某些不足。但本实验中采用SDE法提取的茶叶精油香气宜人, 与正常饮用时的茶香一致。

参考文献:

- [1] 王哲, 宋光钧. 六安瓜片茶历史文化探讨[J]. 农业考古, 2007(2): 232-235.
- [2] 湛雅. 浅谈“六安瓜片”[J]. 佳木斯教育学院学报, 2012(4): 381.
- [3] 李永菊. 茶叶香气的提取方法[J]. 茶叶科学技术, 2006(4): 15-16.
- [4] 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.
- [5] 李俊, 守燕, 武昌会, 等. 都匀毛尖香气成分分析[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(8): 81-87.
- [6] 周斌, 任洪涛, 夏凯国, 等. 云南9个产地台地茶与老树茶香气成分对比[J]. 中国农学通报, 2010, 26(11): 54-60.
- [7] 夏丽飞, 陈林波, 蔡丽, 等. 特种紫娟茶与大叶茶香气成分比较研究[J]. 西南农业学报, 2010, 23(5): 1424-1428.
- [8] 陈常颂, 张应根, 钟秋生, 等. 同时蒸馏萃取法分析4种台式乌龙茶香气成分[J]. 福建茶叶, 2011, 37(2): 5-7.
- [9] 黄怀生, 粟本文, 赵熙, 等. 保靖黄金茶香气成分分析[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2011, 37(3): 271-274.
- [10] LIN Jie, ZHANG Pan, PAN Zhiqiang, et al. Discrimination of oolong tea (*Camellia sinensis*) varieties based on feature extraction and selection from aromatic profiles analyzed by HS-SPME/GC-MS[J]. Food Chemistry, 2013, 141(1): 259-265.
- [11] LÜ Haipeng, ZHONG Qiusheng, LIN Zhi, et al. Aroma characterisation of Pu-erh tea using headspace-solid phase microextraction combined with GC/MS and GC-olfactometry[J]. Food Chemistry, 2012, 130(4): 1074-1081.
- [12] MA Chunhua, QU Yanqin, ZHANG Yingxue, et al. Determination of nerolidol in teas using headspace solid phase microextraction-gas chromatography[J]. Food Chemistry, 2014, 152(3): 285-290.
- [13] 张灵枝, 王登良, 陈维信, 等. 不同贮藏时间的普洱茶香气成分分析[J]. 园艺学报, 2007, 34(2): 504-506.
- [14] 黄亚辉, 王娟, 曾贞, 等. 不同年代茯砖茶香气物质测定与分析[J]. 食品科学, 2011, 32(24): 261-266.
- [15] 沈生荣, 杨贤强. 不同等级龙井茶香气成分的研究[J]. 浙江农业大学学报, 1989(4): 25-30.
- [16] 吕海鹏, 林智, 张悦, 等. 不同等级普洱茶的化学成分及抗氧化活性比较[J]. 茶叶科学, 2013, 33(4): 386-395.
- [17] 吕世懂, 吴远双, 姜玉芳, 等. 不同产区乌龙茶香气特征及差异分析[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 146-153. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201402027.
- [18] 郭建华, 张兰兰, 边金霖, 等. 3个品种早春绿茶主要香气成分的比较[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 40(6): 590-594.
- [19] 陈泉宾, 张应根, 陈林, 等. 不同类型乌龙茶香气差异分析茶叶科学技术[J]. 茶叶科学技术, 2013(4): 25-30.
- [20] 王秋萍, 龚加顺, 张蕙. 云南“紫娟”晒青绿茶和大叶晒青绿茶的化学成分比较研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(1): 213-219.
- [21] 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): 295-299.