

超声处理对柑普茶挥发性成分的影响

郑敏^{1,2}, 林丽静¹, 黄晓兵¹, 李积华¹, 彭政¹

(1. 中国热带农业科学院农产品加工研究所, 广东湛江 524001)

(2. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北武汉 430000)

摘要: 采用全自动顶空固相微萃取 (HS-SPME) 结合气相色谱-质谱 (GC-MS) 联用技术对超声处理前后的柑普茶的挥发性成分进行测定和分析。结果表明, 柑普茶的香气成分来自茶枝柑的柑皮和普洱熟茶, 主要挥发性成分为柠檬烯、蒎烯、 β -月桂烯、 γ -松油烯、芳樟醇、萜烯醇、N-甲基邻氨基苯甲酸甲酯和 1,2,3-三甲氧基苯等; 超声处理能影响柑普茶不同部分挥发性成分的相对含量, 较超声处理前, 柑普茶柑皮中 α -侧柏烯和 α -蒎烯等成分的相对含量减少, 邻伞花烃、癸醛的含量增多, 柑普茶茶叶中的乙酸丁酯、N,N-二甲基甲酰胺、水芹烯、芳樟醇、松油醇和 1,2,3-三甲氧基苯等成分的相对含量在超声处理后都有提高, β -月桂烯、柠檬烯、 γ -松油烯和茶香酮的相对含量较超声处理前有所减少; 各成分含量的变化幅度在实验时长内基本随超声时间的延长而增大。

关键词: 柑普茶; 超声处理; 顶空固相微萃取; 气质联用; 挥发性成分

文章编号: 1673-9078(2017)9-250-256

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.9.037

Effect of Ultrasonic Treatment on the Volatile Components of Gan-pu Tea

ZHENG Min^{1,2}, LIN Li-jing¹, HUANG Xiao-bing¹, LI Ji-hua¹, PENG Zheng¹

(1. Agricultural Products Processing Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang 524001, China)(2. School of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430000, China)

Abstract: Automatic headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) combined with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was used to determine and analyze the volatile components of Gan-pu tea before and after ultrasonic treatment. The results showed that the volatile components of Gan-pu tea came from the peel of *Citrus reticulata* 'Chachi' and ripe Pu'erh tea, and the main volatile constituents were limonene, pinene, beta-myrcene, gamma-terpinene, linalool, terpineol, methyl N-methylantranilate, 1,2,3-trimethoxybenzene, and others. Ultrasonic treatment could affect the relative volatile component content in different parts of Gan-pu tea. Compared with those of the samples before ultrasonic treatment, for the peel of *Citrus reticulata* 'Chachi', the relative content of alpha-thujene, alpha-pinene, and other components were reduced, and the content of o-cymene and decanal were increased. After ultrasonic treatment, for the Pu'erh tea, the content of butyl acetate, N,N-dimethylformamide, alpha-phellandrene, linalool, terpineol, 1,2,3-trimethoxy-benzene, and others were increased, and the content of beta-myrcene, D-limonene, gamma-terpinene, and 4-ketoisophorone were decreased. The magnitude of variation of each component content was increased with increasing ultrasonication time during the experiment.

Key words: Gan-pu tea; ultrasonic treatment; headspace-solid phase microextraction (HS-SPME); gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); volatile components

超声波是频率大于 20 kHz 的声波, 能在介质中传播时与介质粒子相互作用而产生一系列作用。由于其频率高、能量大, 具有安全、高效、低耗和环保等优势在食品工业中有着广泛的应用, 如超声辅助提取、超声干燥和超声清洗等。另外, 超声处理也被广泛用于加快食品中成分的物理或化学反应, 如其对酒类和

收稿日期: 2017-03-09

基金项目: 湛江热带南亚热带农业产业生产基地建设省级补助资金项目; 中国热带农业科学院基本科研业务费专项资金 (1630122017T24)

作者简介: 郑敏 (1993-) 女, 硕士

通讯作者: 林丽静 (1978-) 男, 博士, 副研究员; 研究方向: 热带农产品贮藏与加工

醋类等的催陈^[1-4]效果显著。而目前尚无关于利用超声波处理固态样品, 探究其对固体样品中物理或化学反应的影响的研究报道。

柑普茶是由柑皮与普洱熟茶经过烘焙、陈化等工艺加工而成, 融合了柑皮的果香味和普洱茶陈香味, 故其滋味独特, 茶性温和甘醇, 老少皆宜, 具有疏肝润肺、健脾、消积化滞^[5,6]、解酒^[7]、减肥降脂^[8-11]和抗氧化^[6,12]等功效, 深受消费者喜爱。香气成分是评价茶叶品质的重要指标, 同时也是消费者追求茶叶消费的重要导向之一^[13], 而目前尚未有关于柑普茶香气成分研究的报道。

本研究以 2 种市售柑普茶为对象, 利用超声波处

理柑普茶样品后,使用顶空固相微萃取(HS-SPME)结合气相色谱-质谱(GC-MS)联用技术分析柑普茶中主要挥发性成分的变化,以探究超声波对促进柑普茶香气成分融合,提高柑普茶品质的作用效果,以期得到加速柑普茶陈化的新方法。

1 实验部分

1.1 材料与仪器

试验材料:广东新会区市售柑普茶2种,分别为柑普茶A和柑普茶B。

主要仪器:2010Plus气相色谱-质谱联用仪(日本岛津公司);AOC-5000转盘式自动进样器(日本岛津公司);65 μm PDMS/DVB固相微萃取萃取头的装置(上海安谱科学仪器有限公司);HAS-2000超声波清洗机(深圳好顺超声设备有限公司);DZQ-400/500/600真空包装机(深圳旭田包装机械有限公司);FA2004N电子分析天平(上海精密科学仪器有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 样品制备方法

表1 柑普茶样品信息

Table 1 Information about Gan-pu tea samples

样品编号	样品处理
A0	柑普茶A对照,未超声处理
A1	柑普茶A超声处理10 min
A2	柑普茶A超声处理30 min
B0	柑普茶B对照,未超声处理
B1	柑普茶B超声处理10 min
B2	柑普茶B超声处理30 min

将柑普茶除去外包装后,抽真空包装,在超声清洗机中进行超声处理,超声功率为360 W,超声频率

为29 kHz,超声介质为流动水,常温(约28 $^{\circ}\text{C}$),不同样品分别处理10 min和30 min。分别取处理前后的柑普茶不同部分,即皮和茶叶,进行挥发性成分测定。具体样品信息如表1。

1.2.2 HS-SPME 条件

用65 μm PDMS/DVB固相微萃取头(萃取头在实验前在气相色谱进样口250 $^{\circ}\text{C}$ 条件下老化5 min)在60 $^{\circ}\text{C}$ 条件下平衡5 min,吸附10 min,最后解吸附3.5 min。

1.2.3 GC-MS 分析条件

色谱条件:色谱柱:Rts-5 ms弹性石英毛细管柱(30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm);程序升温:起始温度70 $^{\circ}\text{C}$,保持5 min,以5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至180 $^{\circ}\text{C}$,再以8 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至240 $^{\circ}\text{C}$,保持2 min;进样口温度250 $^{\circ}\text{C}$;载气为高纯氦气,流速1.6 mL/min;测定柑普茶外皮部分时分流比为30:1,测定柑普茶茶叶部分时不分流。

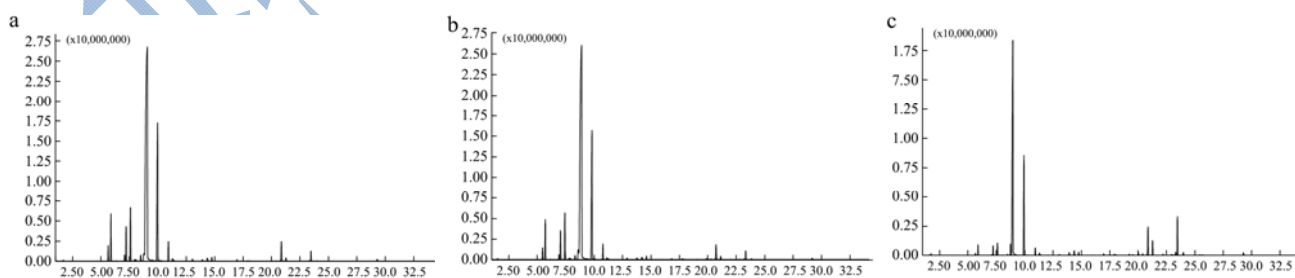
质谱条件:电子轰击(EI)离子源;离子源温度230 $^{\circ}\text{C}$;接口温度:280 $^{\circ}\text{C}$;质量扫描范围:35~400 u。

1.2.4 GC-MS 分析

将GC-MS得到的质谱数据经计算机在NIST08和Wiley9标准谱库中进行检索,按其匹配度并结合相关文献的报道核对确认其化学成分。采用峰面积归一化法,以各香气组分的峰面积占总峰面积之比值表示组分相对含量。

2 结果与分析

柑普茶两个样品在超声处理前后不同部分主要挥发性成分总离子流图见图1和图2,并对每个色谱峰进行分析,其中在柑普茶柑皮中检测出30多种挥发性成分,在柑普茶茶叶中检测出100余种挥发性成分,超声处理前后的柑普茶样品的主要挥发性成分及其相对含量的结果如表2和表3所示。



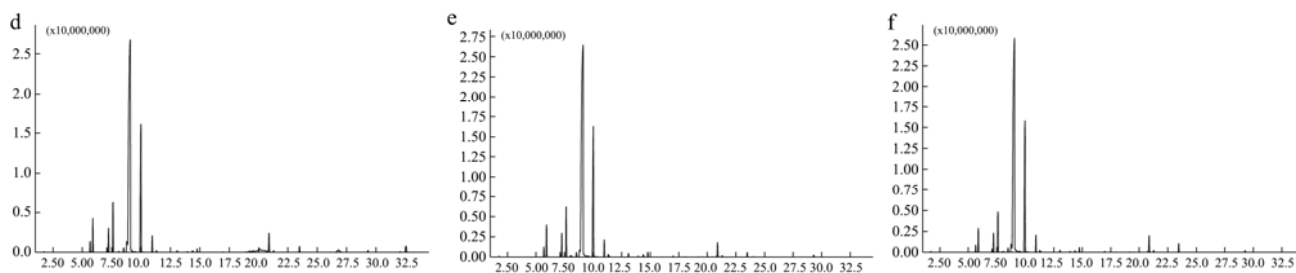


图1 超声处理前后柑普茶柑皮中挥发性成分总离子流图

Fig.1 Total ion chromatograms of volatile components in the peel of Gan-pu tea samples before and after ultrasonic treatment

注: a~f 分别为样品 A0、A1、A2、B0、B1、B2。

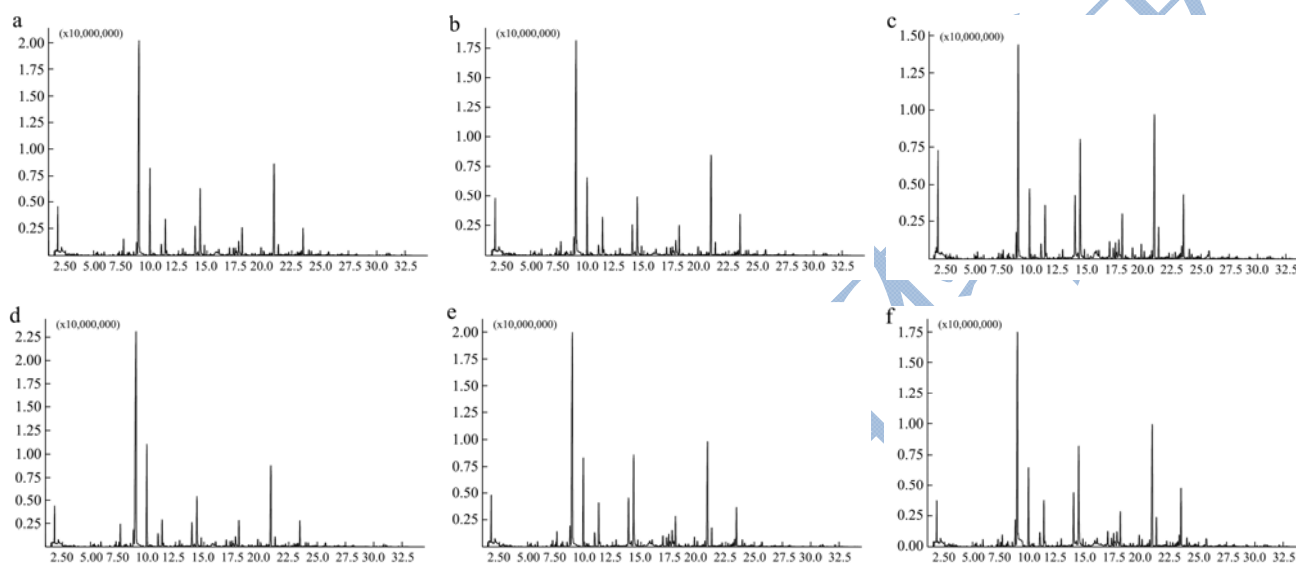


图2 超声处理前后柑普茶茶叶中挥发性成分总离子流图

Fig.2 Total ion chromatograms of volatile components in the Gan-pu tea samples before and after ultrasonic treatment

注: a~f 分别为样品 A0、A1、A2、B0、B1、B2。

表2 超声处理前后柑普茶柑皮中主要挥发性成分及其含量

Table 2 Volatile components and relative content in peel of Gan-pu tea samples before and after ultrasonic treatment

序号	名称	相对含量/%					
		A0	A1	A2	B0	B1	B2
1	三甲胺	0.04	0.04	0.14	-	-	-
2	α -侧柏烯	1.11	0.93	0.3	0.85	0.78	0.63
3	α -蒎烯	3.69	3.35	1.51	2.73	2.59	2.13
4	香桉烯	0.48	0.42	0.14	0.42	0.4	0.32
5	β -蒎烯	2.75	2.55	1.44	2.05	2.01	1.82
6	β -月桂烯	4.31	4.06	1.75	4.21	4.27	3.76
7	2-萜烯	0.59	0.41	0.2	0.47	0.49	0.48
8	邻伞花烃	1.14	1.67	1.96	1.86	1.11	1.48
9	癸醛	0.32	0.34	0.52	0.31	0.43	0.49
10	反式-5,6-环氧- β -紫罗兰酮	0.02	0.03	0.05	-	0.01	0.01
11	醋酸	0.04	0.04	0.12	0.04	0.04	0.04
12	辛醛	0.12	0.12	0.07	0.04	0.13	0.06
13	L-水芹烯	0.14	0.12	0.06	0.12	0.13	0.11

转下页

接上页

14	D-柠檬烯	62.18	63.4	53.62	63.03	65.61	64.34
15	γ -松油烯	16.98	16.77	16.87	15.82	16.56	18.06
16	α -异松油烯	1.53	1.35	1.15	1.38	1.44	1.62
17	L-芳樟醇	0.26	0.2	0.53	0.23	0.3	0.26
18	壬醛	0.1	0.09	0.1	0.05	0.09	0.07
19	香茅醛	0.17	0.15	0.17	0.18	0.33	0.22
20	4-松油醇	0.14	0.18	0.52	0.12	0.12	0.12
21	α -松油醇	0.36	-	0.97	0.22	-	0.23
22	紫苏醛	0.12	0.09	0.27	0.07	0.1	0.13
23	1,2,3 三甲氧基苯	0.04	0.04	0.11	0.03	0.04	0.04
24	十二烷	0.07	0.07	0.21	0.12	0.1	0.13
25	N-甲基邻氨基苯甲酸甲酯	1.85	1.56	5.15	1.92	1.51	1.92
26	反式石竹烯	0.27	0.31	2.36	0.17	0.15	0.21
27	α -瑟林烯	0.05	0.1	0.61	-	-	-
28	α -金合欢烯	0.78	0.74	5.91	0.54	0.4	0.83
29	δ -杜松烯	0.04	0.07	0.49	0.05	0.05	-
30	α -甜橙醛	0.18	0.16	0.48	0.23	0.23	0.22

注：“-”表示未检测出。

表3 超声处理前后柑普茶茶叶中主要挥发性成分及其含量

Table 3 Volatile components and relative content in the Gan-pu tea samples before and after ultrasonic treatment

序号	名称	相对含量/%					
		A0	A1	A2	B0	B1	B2
1	反式-5,6-环氧- β -紫罗兰酮	0.23	0.24	0.13	0.2	0.19	0.21
2	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.15	0.23	0.32	0.13	0.19	0.3
3	三甲胺	0.77	0.86	0.79	0.35	0.72	0.37
4	乙酸丁酯	0.38	0.53	-	0.32	0.34	-
5	N,N-二甲基甲酰胺	0.14	0.31	0.19	0.14	0.19	0.32
6	二甲基砷	0.42	0.54	0.5	0.27	0.39	0.4
7	水芹烯	0.3	0.33	0.38	0.24	0.49	0.46
8	氧化芳樟醇	0.1	0.14	0.23	0.08	0.18	0.21
9	芳樟醇	3.11	3.15	3.47	2.27	3.18	3.25
10	4-松油醇	2.75	2.72	5.39	2.22	4.46	4.49
11	2-(4-甲基苯基)丙-2-醇	0.42	0.52	0.69	0.32	0.7	0.58
12	α -松油醇	6.61	5.75	11.53	4.78	10.06	10.76
13	紫苏醛	0.71	0.69	1.21	0.64	0.83	1.1
14	百里酚	1.48	1.59	2.08	1.07	1.89	1.93
15	香芹酚	2.48	2.65	2.41	1.75	2.2	2.1
16	1,2,3 三甲氧基苯	2.34	2.33	2.92	2.18	2.12	2.36
17	1,2-二甲氧基-4-乙基苯	0.16	0.14	0.21	0.14	0.18	0.19
18	3,4,5-三甲氧基苯	0.22	0.23	0.52	0.19	0.41	0.43
19	N-甲基邻氨基苯甲酸甲酯	10.07	10.44	13.33	8.96	10.56	11.88
20	1,2,4-三甲氧基苯	0.67	0.75	0.97	0.68	0.75	0.85
21	α -瑟林烯	0.39	0.41	0.78	0.29	0.54	0.79

转下页

接上页

22	金合欢烯	2	2.99	3.8	1.96	2.69	3.62
23	δ -杜松烯	0.42	0.38	0.59	0.34	0.49	0.6
24	十四烷	0.27	0.32	0.35	0.26	0.31	0.37
25	β -月桂烯	1.28	1.02	0.51	1.67	1	0.75
26	柠檬烯	28.19	24.42	16.85	35.19	24.78	19.64
27	γ -松油烯	7.47	6.13	4.38	9.26	6.33	5.32
28	茶香酮	0.14	0.09	0.09	0.12	0.08	0.09
29	甲酸	0.62	0.67	0.67	0.28	0.47	0.38
30	乙酸	3.44	3.73	5.49	2.77	3.19	2.34
31	四氢-咪喃	0.56	0.57	0.24	0.46	0.48	0.49
32	二甲基硅烷二醇	2.67	1.73	0.15	1.45	1.35	1.49
33	3-羟基-2-丁酮	-	0.86	-	0.95	0.88	0.77
34	异丁酸	-	0.3	-	0.18	0.18	0.42
35	吡啶	-	0.17	-	0.13	0.09	0.13
36	丁酸	0.23	0.29	0.18	0.19	0.13	0.16
37	2-甲基四氢咪喃-3-酮	0.14	0.21	-	0.06	0.06	0.14
38	六甲基环三硅氧烷	0.12	0.15	-	0.11	-	0.17
39	异戊酸	0.12	0.15	0.19	0.1	0.06	0.1
40	2-乙酰基咪喃	-	-	0.19	0.15	0.13	0.18
41	α -侧柏烯	0.14	0.19	0.1	0.16	0.15	0.15
42	α -蒎烯	0.29	0.48	0.22	0.37	0.35	0.46
43	苯甲醛	0.14	0.17	0.13	0.14	0.1	0.13
44	香桉烯	0.25	0.24	0.1	0.18	0.2	0.17
45	β -蒎烯	0.4	0.63	0.38	0.48	0.51	0.55
46	辛醛	0.23	0.21	0.22	0.16	0.19	0.17
47	2-吡咯甲醛	0.13	0.38	0.19	0.14	-	-
48	(+)-2-萹烯	0.34	0.33	0.3	0.3	0.34	0.32
49	邻伞花烃	1.24	1.62	-	1.96	1.72	1.89
50	1H-Pyrrole-2-carboxaldehyde, 1-ethyl-	0.11	0.2	0.11	0.1	0.13	0.14
51	水合桉烯	0.25	0.27	0.15	0.21	0.32	0.2
52	3,5-辛二烯-2-酮	0.15	0.23	-	0.17	-	0.13
53	异松油烯	1.18	1.09	-	1.26	-	-
54	壬醛	0.44	0.52	0.34	0.36	0.37	0.4
55	反式-对-薄荷-2,8-二烯醇	-	-	0.11	-	-	0.09
56	1-甲基环庚醇	0.11	0.15	-	0.08	0.07	-
57	对-薄荷-1,5,8-三烯	0.06	0.16	-	0.09	0.17	0.09
58	p-mentha-E-2,8(9)-dien-1-ol	0.24	0.28	-	0.14	0.36	0.09
59	N-乙基琥珀酰亚胺	0.16	0.19	0.09	0.15	0.06	-
60	1,2-二甲氧基苯	0.68	0.64	0.68	0.61	0.53	0.6
61	香茅醛	0.3	0.17	0.11	0.26	0.11	-
62	辛酸	-	-	0.24	-	0.13	0.14
63	癸醛	0.75	0.67	0.52	0.7	0.38	0.41
64	2,6,6-三甲基-2,4-环庚二烯-1-酮	0.17	0.25	0.19	0.15	0.11	0.15

转下页

接上页							
65	3,4-二甲氧基甲苯	0.37	0.19	0.64	0.31	0.44	0.37
66	4-异丙基苯甲醛	0.24	0.15	0.28	0.18	0.21	0.17
67	香芹酮	0.59	0.52	0.64	0.48	0.53	0.48
68	3-甲基-6-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-酮	0.16	0.06	0.17	0.08	0.24	0.15
69	壬酸	0.13	-	0.09	0.11	0.08	0.15
70	(1S,2R,4R,7R)-4-Isopropyl-7-methyl-3,8-dioxatricyclo[5.1.0.0 ^{2,4}]octane	-	-	0.29	-	0.46	0.3
71	2-氨基苯甲酸甲酯	0.21	0.21	-	0.2	0.24	0.28
72	可巴烯	0.33	0.28	0.48	0.32	0.4	0.49
73	Oxacyclododecane-2,8-dione, 9,12-dimethyl-	0.1	0.09	0.1	0.09	0.08	0.08
74	β -榄香烯	0.12	0.12	0.15	0.1	0.12	0.15
75	十七烷	0.18	-	0.19	0.17	-	0.19
76	十四烷	-	0.23	-	-	0.15	-
77	十二醛	0.1	0.11	0.12	0.09	-	0.09
78	反式石竹烯	0.9	1.07	1.9	0.82	1.29	-
79	1,2,3,4-四甲氧基苯	0.11	0.12	0.09	0.1	0.08	0.1
80	香叶基丙酮	0.16	0.16	0.14	0.14	0.16	0.15
81	乙酸芳樟酯	-	-	0.39	-	0.31	0.41
82	2-氨基苯甲酸-3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇酯	0.28	0.29	-	0.24	-	-
83	3,4,5-三甲氧基苯甲醛	0.14	0.14	0.47	0.12	0.3	0.32
84	β -紫罗兰酮	0.3	0.32	0.15	-	-	0.2
85	(-)-异丁香烯	-	-	0.24	-	0.21	0.28
86	二氢猕猴桃内酯	0.43	0.47	0.34	0.38	0.37	0.43
87	氧化石竹烯	-	0.07	0.23	-	0.08	0.09
88	2,6,10-三甲基-十五烷	0.13	0.12	0.1	0.1	0.11	0.1
89	2,6,10,14-四甲基-十五烷	0.14	0.13	0.15	0.12	-	0.15
90	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	0.16	0.15	-	0.18	0.1	0.12
91	咖啡因	0.3	0.26	0.19	0.2	0.25	0.19

注：“-”表示未检测出。

如表 2 所示，柑普茶的柑皮中挥发性成分主要为烯烃类，占全部挥发性成分含量的 85%以上，另外有醛类、酸类、酯类和烷烃类等成分。柑普茶柑皮的主要挥发性成分为柠檬烯，其含量占挥发性成分含量的 50%以上，含量较高的成分有 α -侧柏烯、 α -蒎烯、香桉烯、 β -蒎烯、 β -月桂烯、2-萜烯、邻伞花烃、癸醛、 γ -松油烯、 α -异松油烯、L-芳樟醇、松油醇、N-甲基邻氨基苯甲酸甲酯和 α -金合欢烯等。由表 3 可以看出，柑普茶中茶叶的主要挥发性成分种类远多于柑皮而相对含量较低，主要有柠檬烯、芳樟醇、4-萜烯醇、 α -松油醇、百里酚、香芹酚、1,2,3 三甲氧基苯、N-甲基邻氨基苯甲酸甲酯、 β -月桂烯、 γ -松油烯、邻伞花烃和异松油烯等。

表 2 为柑普茶在超声处理前后柑皮中主要挥发性成分及其含量，其中 A0 和 B0 为未经超声处理样品，

由表中可以看出，经超声处理后，柑普茶柑皮中 α -侧柏烯、 α -蒎烯、香桉烯、 β -蒎烯、 β -月桂烯和 2-萜烯等成分的含量明显减少，邻伞花烃和癸醛的含量则有增多趋势。表 3 为柑普茶在超声处理前后茶叶中主要挥发性成分及其含量，其中 6-甲基-5-庚烯-2-酮、三甲胺、乙酸丁酯、N,N-二甲基甲酰胺、二甲基砷、水芹烯、氧化芳樟醇、芳樟醇、4-松油醇、2-(4-甲基苯基)丙-2-醇、 α -松油醇、紫苏醛、百里酚、香芹酚、1,2,3 三甲氧基苯、1,2-二甲氧基-4-乙基苯、3,4,5-三甲氧基甲苯、N-甲基邻氨基苯甲酸甲酯、1,2,4-三甲氧基苯、 α -瑟林烯、金合欢烯、 δ -杜松烯和十四烷等成分的含量在超声处理后都有提高，而 β -月桂烯、柠檬烯、 γ -松油烯和茶香酮的含量较超声处理前有所减少；各成分含量的变化幅度在实验时长内基本随超声时间的延长而增大，个别成分如三甲胺在超声处理 10 min 的效

果大于超声处理 30 min 的效果,乙酸丁酯在超声处理 30 min 后未检测出。这些变化一方面可能是因为超声处理影响了柑皮和茶叶的吸附状态,促进了挥发性成分在柑普茶柑皮和茶叶两部分间融合,一方面可能是因为超声波提供了挥发性成分转化的能量,促进了物质的转化。

甲氧基苯类化合物被认为是普洱茶中含量最丰富的成分^[14,15],烯烴类是柑皮的主要挥发性成分,多数有愉快的果香味,超声处理后这些成分含量的变化可能会引起产品香气特征的改变。但超声过程中也产生了诸如有鱼腥的氨气味的三甲胺,有奇臭的二甲基硫等。香气特征的呈现是各种香气成分相互协调作用的体现,香气成分的呈香值及感官阈值都可能影响产品最终的香型^[16],如超声处理后含量增加的癸醛具有较高的香气强度^[14],而十四烷等饱和烷烴一般香气微弱或几乎没有香气,对茶香贡献较小^[14,17]。因此,超声处理对这些挥发性成分的作用将对产品的香气特征产生怎样影响仍需进一步的研究。

3 结论

本研究采用顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱联用技术测定、分析了经超声处理前后的柑普茶的挥发性成分及其含量。结果表明,柑普茶的主要挥发性成分为柠檬烯、 γ -松油烯、-松油醇、N-甲基邻氨基苯甲酸甲酯和 1,2,3-三甲氧基苯等,柑普茶的香气成分来自茶枝柑的柑皮和普洱熟茶,兼备二者的香气特征;以水为介质,用超声波处理柑普茶 10 min 或 30 min 均能影响柑普茶不同部分挥发性成分的含量,这些成分的变化对改善和形成柑普茶独特的香气特征可能会起着至关重要的作用。

参考文献

- [1] 舒杰,刘东红,谢广发,等.酒类产品超声陈化技术的研究进展[J].中国食物与营养,2011,17(9):56-59
SHU Jie, LIU Dong-hong, XIE Guang-fa, et al. Research progress of ultrasonic aging technology for alcohol products [J]. Food and Nutrition in China, 2011, 17(9): 56-59
- [2] 黄文韬,侯红萍.食醋人工催陈的研究进展[J].中国调味品,2013,38(8):1-3
HUANG Wen-tao, HOU Hong-ping. Research progress of manual aging acceleration of vinegar [J]. China Condiment, 2013, 38(8): 1-3
- [3] 赵帅.超声波在淀粉糖化和镇江香醋催陈中的应用[D].镇江:江苏大学,2014
ZHAO Shuai. Application of ultrasound in the starch

- scarification and aging of Zhenjiang aromatic vinegar [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2014
- [4] 林晓姿,李维新,梁璋成,等.枇杷果醋的超声波催陈技术研究[J].中国调味品,2009,34(10):43-46
LIN Xiao-zi, LI Wei-xin, LIANG Zhang-cheng, et al. Study on the loquat fruit vinegar of accelerating maturity technology by ultrasonic [J]. China Condiment, 2009, 34(10): 43-46
- [5] 蔡周权,代勇,袁浩宁.陈皮挥发油的药理学实验研究[J].中国药业,2006,15(13):29-30
CAI Zhou-quan, DAI Yong, YUAN Hao-ning. Pharmacodynamics experimental study on the volatile oil of tangerine peel [J]. China Pharmaceuticals, 2006, 15(13): 29-30
- [6] 郑小吉,詹晓如,王小平.陈皮研究进展[J].中国现代中药,2007,9(10):30-33
ZHENG Xiao-ji, ZHAN Xiao-ru, WANG Xiao-ping. Research progress of tangerine peel [J]. Modern Chinese Medicine, 2007, 9(10): 30-33
- [7] 张雄飞,竹剑平.陈皮提取物对酒精肝的保护作用[J].当代医学,2008,143(6):157-158
ZHANG Xiong-fei, ZHU Jian-ping. The protective effect of tangerine peel extract for alcohol liver [J]. Contemporary Medicine, 2008, 143(6): 157-158
- [8] 吴文华.晒青毛茶和普洱茶降血脂作用比较试验[J].中国茶叶,2005,27(1):15
WU Wen-hua. Comparison of hypoglycemic effects of Pu'er raw materials and Pu'er tea [J]. China Tea, 2005, 27(1): 15
- [9] 李庆耀,梁生林.陈皮的药用研究进展[J].中成药,2008,30(2):246-248
LI Qing-yao, LIANG Sheng-lin. Progress in medicinal research of tangerine peel [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2008, 30(2): 246-248
- [10] Kuo K L, Weng M S, Chiang C T, et al. Comparative studies on the hypolipidemic and growth suppressive effects of oolong, black, Pu-erh, and green tea leaves in rats [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(2): 480-489
- [11] Yang T T C, Koo M W L. Hypocholesterolemic effects of Chinese tea [J]. Pharmacological Research, 1997, 35(6): 505-512
- [12] Henning S M, Niu Y, Lee N H, et al. Bioavailability and antioxidant activity of tea flavanols after consumption of green tea, black tea, or a green tea extract supplement [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2005, 80(6): 1558-1564

- [12] 叶国注,江用文,尹军峰,等.绿茶香气HS-SPME提取方法研究[J].中国茶叶,2009,31(10):16-19
YE Guo-zhu, JIANG Yong-wen, YIN Jun-feng, et al. Aroma components of green tea by extraction method of HS-SPME [J]. China Tea, 2009, 31(10): 16-19
- [13] 吕世懂,孟庆雄,徐咏全,等.普洱茶香气分析方法及香气活性物质研究进展[J].食品科学,2104,35(11):292-298
LV Shi-dong, MENG Qing-xiong, XU Yong-quan, et al. Recent progress in aroma analysis methods and aroma active compounds in Pu-erh tea [J]. Food Science, 2104, 35(11): 292-298
- [14] 刘敏,胡成芸,陆绎玮,等.普洱茶香气成分研究进展[J].中国茶叶加工,2013,2:38-41
LIU Min, HU Cheng-yun, LU Yi-wei, et al. Research progress in aroma constituents of Puer tea [J]. China Tea Processing, 2013, 2: 38-41
- [15] 何华锋,朱宏凯,董春旺,等.黑茶香气化学研究进展[J].茶叶科学,2015,35(2):121-129
HE Hua-feng, ZHU Hong-kai, DONG Chun-wang, et al. Research progress in flavor chemistry of Chinese dark tea [J]. Journal of Tea Science, 2015, 35(2): 121-129
- [16] 陈梅春,陈峥,史怀,等.陈年普洱茶特征风味成分分析[J].茶叶科学,2014,34(1):45-54
CHEN Mei-chun, CHEN Zheng, SHI Huai, et al. Analysis on characteristic flavor components of aged Pu-erh tea [J]. Journal of Tea Science, 2014, 34(1): 45-54