

5 种黑茶香气的比较分析

郑鹏程, 刘盼盼, 王胜鹏, 滕靖, 冯琳, 郑琳, 龚自明*

(湖北省农业科学院果树茶叶研究所, 湖北省农业科技创新中心果茶分中心,
湖北省茶叶工程技术研究中心, 湖北武汉 430064)

摘要:本研究采用感官审评法和顶空固相微萃取法, 结合气相色谱-质谱仪联用技术, 对 5 种黑茶样品挥发性成分进行了分析鉴定。结果表明, 5 种黑茶共检出 83 种香气化合物, 共有成分 30 种, 主要包括醇类、醛类、酮类、芳香烃类、烯类和酯类等; 不同产区黑茶香气特征及组成存在明显差异: 青砖茶陈香纯正, 以醛类和酮类化合物为主, 包括 (E, E)-2, 4-庚二烯醛、 β -紫罗酮、己醛; 茯砖茶“菌花香”明显, 以醇类和芳香烃为主, 包括芳樟醇、甲苯和 1, 3-二甲氧基苯; 六堡茶香气纯正, 以醇类和醛类为主, 包括芳樟醇、 α -雪松醇、柠檬烯; 普洱茶陈香持久, 以醛类和醇类为主, 包括己醛、1, 2, 3-三甲氧基苯、芳樟醇氧化物; 康砖茶香气纯正, 以酮类和醛类为主, 包括己醛、 α -紫罗酮、反-香叶基丙酮和 β -紫罗酮。5 种黑茶在香气特征及成分上的差异可能与茶树品种及加工工艺有关。

关键词:黑茶, 香气成分, 顶空固相微萃取, 特征香气, 感官评分, 相关性分析

Comparative Analysis of the Aroma Components in Five Kinds of Dark Tea

ZHENG Peng-cheng, LIU Pan-pan, WANG Sheng-peng, TENG Jing, FENG Lin, ZHENG Lin, GONG Zi-ming*

(Institute of Fruit and Tea, Hubei Academy of Agricultural Science, Fruit and Tea Subcenter, Hubei Innovation Center of Agricultural Science and Technology, Hubei Tea Engineering and Technology Research Centre, Wuhan 430064, China)

Abstract: The sensory evaluation and headspace solid-phase micro-extraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME/GC-MS) were applied to analyze the aroma qualities and aroma components of five typical dark teas in this paper. The results showed that in total 83 aroma constituents were identified and 30 of them were common to all the tested samples with the dominant ones being alcohols, aldehydes, ketones, aromatic hydrocarbons, alkenes and esters. However, the aroma components of five kinds dark tea had significant difference. Qingzhuang tea was characterized as stale flavor, aldehydes and ketones, including (E, E)-2, 4-heptadienal, β -ionone and hexanal were the dominant aroma substances. Fuzhuang tea had arohid flavor originated from alcohols and aromatic hydrocarbons, of which the major volatile components were linalool, toluene and 1, 3-dimethoxybenzene. Liubao tea had pure aroma, alcohols and aldehydes, including linalool, cedrol and limonene were the dominant aroma substances. Pu'er tea had lasting stale flavor originated from alcohols and aldehydes, which the major volatile components were hexanal, 1, 2, 3-trimethoxybenzene and linalool oxide. Kangzhuang tea had pure aroma, aldehydes and ketones, including hexanal, α -ionone, (E)-geranylacetone and β -ionone. In comparison, there were remarkable differences in flavor and aroma composition among the five types of dark tea, which might be related to the tea varieties and processing technologies.

Key words: dark tea; aroma; headspace-solid phase microextraction; characteristic aroma; sensory score; correlation analysis

中图分类号: TS201.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2018)22-0082-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.22.016

引文格式: 郑鹏程, 刘盼盼, 王胜鹏, 等. 5 种黑茶香气成分的比较分析[J]. 食品工业科技, 2018, 39(22): 82-86, 143.

黑茶是六大茶类之一, 是加工过程中有微生物参与品质形成的真正意义上的发酵茶^[1]。由于历史原因, 我国黑茶产区主要集中于湖南、湖北、四川、云南、广西等地, 代表性的产品有茯砖茶、青砖茶、康砖茶、普洱茶、六堡茶等, 由于所有黑茶品质的形成均有微生物的参与, 因此其产品在感官上多具有“陈香”的品质特征^[1]。但各产区黑茶的工艺技术不同,

其产品的特征性香气风味亦有较大差异, 如茯砖茶有特异的“菌花香”^[2]、青砖茶的“木香”^[3]、普洱茶的“陈香”^[4]、六堡茶的“槟榔香”^[5]等。

近年来, 随着分析技术进步, 人们开始关注上述黑茶独特香气品质的物质基础。研究认为, 黑茶主要呈香物质包括棕榈酸、植醇、6, 10, 14-三甲基-2-十五烷酮、(E, E)-2, 4-庚二烯醛、(E)-2-己烯醛、

收稿日期: 2018-02-25

作者简介: 郑鹏程(1985-), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事茶叶加工及品质调控方面的研究, E-mail: zpct15@163.com。

* 通讯作者: 龚自明(1966-), 男, 本科, 研究员, 主要从事茶叶加工品质调控及功能成分方面的研究, E-mail: zimingong@163.com。

基金项目: 国家茶叶产业技术体系项目(CARS-23); 湖北省农业科技创新中心创新团队项目(2016-620-000-001-032)。

β -环柠檬醛、己醛、香叶基丙酮、 β -紫罗酮、 β -二氢紫罗酮、1,2,3-三甲氧基苯、1,2-二甲氧基苯、 α -法尼烯等^[2-5],对于上述香气物质在加工过程中的变化也有研究^[6-8],并且不同类型黑茶香气物质的两两对比时有报道^[9-10],但关于5种主要黑茶香气物质的横向比较还报道较少。

本文选取典型产区2015年生产的青砖茶、茯砖茶、六堡茶、普洱茶、康砖茶,采用顶空固相微萃取技术提取其香气,而后通过气相色谱-质谱连用方法分析比较5种茶叶的香气构成及相对含量,以期解析它们在香气成分上的差异,为人们认知不同类型的黑茶香气品质特征提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

青砖茶 产于湖北省赤壁市,2015年;茯砖茶 产于湖南省安化县,2015年;六堡茶 产于广西省梧州苍梧县,2015年;普洱茶 产于云南省勐海县,2015年;康砖茶 产于四川省雅安市,2015年,上述样品以锡箔袋密封,保存于4℃冰柜中待用。

手动SPME进样器、50/30 μm DVB/CAR/PDMS固相微萃取头 美国Supelco公司;7890 A型气相色谱仪、5975 C型质谱仪 美国Agilent公司;HHS型恒温水浴锅 上海博迅实业有限公司医疗设备厂;Milli-RO PLUS 30型纯水机 法国Millipore公司; $\text{C}_6 \sim \text{C}_{20}$ 正构烷烃混标 美国Sigma-Aldrich公司。

1.2 实验方法

1.2.1 感官审评方法 参照GB/T 23776-2009(茶叶感官审评方法)^[11]中的黑茶审评法,由3名专业人员对样品的外形、汤色、香气、滋味进行感官审评。

1.2.2 HS-SPME萃取法 准确称取1g茶样放入50 mL萃取瓶中,加入30 mL沸水,加入一定量的癸酸乙酯(内标),然后将装有50/30 μm DVB/CAR/PDM萃取头(实验前须在250℃老化15 min)的SPME手持器通过瓶盖的橡皮垫插入到萃取瓶1/3处,在50℃水浴中平衡10 min,推出纤维头,吸附50 min后,取出并立即插入气相色谱仪的进样口中,解吸附3 min,同时启动仪器收集数据。

1.2.3 GC-MS分析方法 GC条件:安捷伦HB-5MS(30 m \times 0.32 mm \times 0.25 μm)弹性石英毛细管柱。进样口温度为240℃;载气为高纯氦气;流速1.0 mL/min。柱温程序:50℃保持5 min,以3℃/min升至180℃保持2 min,然后以10℃/min升至250℃保持3 min;实验中尽量将峰分开,保证峰形的对称完整,然后通过质谱进行定性分析。MS条件:EI电离能量为70 eV;质量扫描范围为50~600 amu;离子源温度为230℃;四极杆温度为150℃;质谱传输线温度为280℃。

1.2.4 香气物质鉴定 利用NIST11.L谱库对得到的质谱图进行串联检索和人工解析。查对有关质谱资料,对基峰、质核比和相对峰度等方面进行分析,结合保留时间和质谱分别对各峰加以确认。采用内标法定量,得到各组分的含量,计算方法见公式(1)。

$$Ci = Cis \times Ai / Ais \quad \text{式(1)}$$

式中: C_i 为某个组分的质量浓度, $\mu\text{g/L}$; C_{is} 为内标的质量浓度, $\mu\text{g/L}$; A_i 为某个组分的色谱峰面积; A_{is} 为内标的色谱峰面积(组分峰面积占总峰面积折百分比)。

MS峰鉴定:利用NIST11.L谱库对得到的质谱图进行串联检索和人工解析,质谱匹配度 > 90% 作为物质鉴定标准。

1.3 数据分析

分别对不同产区黑茶的香气成分、化合物种类、香气品质及特征性香气成分分析,并采用SPSS 17.0软件对黑茶关键香气成分与香气品质间的联系进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 5种黑茶香气特征感官分析

不同黑茶香气特征感官分析结果如表1所示。茯砖茶“菌花香”特征明显、且持久,感官品质得分最高,普洱茶陈香较持久、得分次之,青砖茶表现为陈香,六堡茶、康砖茶表现为香气纯正。5种黑茶香气特征有明显差异,其中以茯砖茶的香气品质更优,各种香气成分的比例、阈值的不同可能是形成它们独特、丰富多变香气特征的主要原因。

表1 5种黑茶香气品质分析

Table 1 Aroma quality analysis of five kinds of dark tea

样品编号	样品名称	香气特征	评分(分)
1	湖北青砖茶	陈香	90.0
2	湖南茯砖茶	菌花香、持久	92.0
3	广西六堡茶	纯正	88.0
4	云南普洱茶	陈香、较持久	91.0
5	四川康砖茶	纯正	87.5

2.2 5种黑茶主要香气成分分析

不同黑茶香气组分的定性和定量结果如表2所示。5种黑茶中共检测到83种香气化合物,共有成分有30种,其中含量较高的成分有芳樟醇(1.60~25.44 $\mu\text{g/L}$)、己醛(6.35~16.94 $\mu\text{g/L}$)、壬醛(2.16~12.59 $\mu\text{g/L}$)、 β -紫罗酮(1.31~10.27 $\mu\text{g/L}$)和柠檬烯(1.01~12.75 $\mu\text{g/L}$)等。

5种黑茶主要香气成分具有一定的差异。青砖茶中含量较高的成分是己醛(16.94 $\mu\text{g/L}$)、壬醛(12.59 $\mu\text{g/L}$)和 β -紫罗酮(10.27 $\mu\text{g/L}$);茯砖茶中含量较高的成分是芳樟醇(13.65 $\mu\text{g/L}$)、甲苯(9.99 $\mu\text{g/L}$)、邻二甲苯(9.47 $\mu\text{g/L}$)和1,3-二甲氧基苯(8.42 $\mu\text{g/L}$);六堡茶中含量较高的成分是芳樟醇(25.44 $\mu\text{g/L}$)、 α -雪松醇(15.17 $\mu\text{g/L}$)、柠檬烯(12.75 $\mu\text{g/L}$);普洱茶中含量较高的成分是己醛(16.54 $\mu\text{g/L}$)、壬醛(10.86 $\mu\text{g/L}$)和2-乙基-1-己醇(8.73 $\mu\text{g/L}$);康砖茶中含量较高的成分为己醛(16.25 $\mu\text{g/L}$)、 α -紫罗酮(12.99 $\mu\text{g/L}$)、反-香叶基丙酮(10.79 $\mu\text{g/L}$)和 β -紫罗酮(10.22 $\mu\text{g/L}$)。由此可见,青砖茶和普洱茶中己醛和壬醛的含量均较高, β -紫罗酮是青砖茶和康砖茶中的主要香气成分,正是这些关键香气成分的含量与比例的差异构成了不同产区黑茶的香气特征。

表2 5种黑茶香气成分含量($\mu\text{g/L}$)
Table 2 Aroma component content of five kinds of dark tea($\mu\text{g/L}$)

保留时间(min)	化合物	湖北青砖茶	湖南茯砖茶	广西六堡茶	云南普洱茶	四川康砖茶
	醛类					
1.76	丙醛	0.47	-	-	-	-
1.95	2-甲基丙烯醛	0.20	-	-	-	-
2.46	3-甲基丁醛	0.59	0.26	-	1.02	-
2.53	2-甲基丁醛	-	-	3.17	1.57	-
3.75	反-2-戊烯醛	0.26	0.35	-	-	0.31
4.75	己醛	16.94	6.35	9.79	16.54	16.25
6.54	反-2-己烯醛	1.25	0.23	1.29	1.59	2.18
8.41	顺-4-庚烯醛	-	0.62	-	-	0.78
8.48	庚醛	3.39	1.38	2.60	3.63	3.54
11.01	反-2-庚烯醛	0.65	-	-	-	0.75
11.13	苯甲醛	1.09	0.45	4.32	4.48	1.83
13.67	反,反-2,4-庚二烯醛	2.22	1.23	0.89	0.70	1.01
14.62	反-2-癸烯醛	2.86	-	3.90	-	-
15.27	苯乙醛	0.24	-	1.12	-	-
18.36	壬醛	12.59	2.16	4.43	10.86	5.50
18.85	α -环柠檬醛	1.00	-	-	-	-
22.89	藏红花醛	6.32	1.85	1.79	3.22	2.36
23.25	癸醛	1.41	0.84	0.74	1.62	0.23
23.88	β -环柠檬醛	8.24	2.89	1.59	2.60	3.95
28.22	2,4,5-三甲基苯甲醛	-	0.39	0.23	-	-
	呋喃类					
2.17	2-甲基呋喃	0.21	-	-	-	0.12
2.90	2-乙基呋喃	0.98	0.16	2.10	1.09	2.42
12.74	2-正戊基呋喃	5.60	-	-	-	7.33
13.21	反-2-(2-戊烯基)呋喃	1.12	0.59	-	-	1.47
	芳香烃类					
2.58	苯	6.98	1.08	0.41	0.12	0.69
3.98	甲苯	2.00	9.99	1.68	2.07	1.38
6.82	乙苯	1.56	4.95	0.88	1.20	1.07
7.12	邻二甲苯	2.75	9.47	2.22	3.69	2.06
11.38	1,3,5-三甲基苯	-	0.61	-	-	-
14.29	1-甲基-2-异丙基苯	-	-	7.48	1.20	-
21.93	萘	1.66	3.03	1.45	3.31	9.11
27.05	2-甲基萘	0.40	1.43	0.66	1.81	2.79
27.79	1-甲基萘	0.34	0.81	0.44	1.36	2.18
29.80	1,1,6-三甲基-1,2-二氢萘	-	0.97	0.74	1.80	1.26
	醇类					
2.69	1-戊烯-3-醇	0.64	-	0.69	0.70	-
11.75	庚醇	-	-	-	-	0.31
12.18	1-辛烯-3-醇	1.97	2.75	1.19	0.82	0.60
14.64	2-乙基-1-己醇	-	1.44	-	8.73	-
15.06	3,5-辛二烯-2-醇	-	0.56	-	-	-
16.75	顺-氧化芳樟醇	1.56	1.92	2.22	4.83	3.46
17.60	反-氧化芳樟醇	1.80	-	-	2.91	-
18.13	芳樟醇	7.35	13.65	25.44	1.60	2.30
18.51	苯乙醇	-	1.36	-	-	-
21.81	萜烯醇	-	0.78	2.01	-	-
22.47	α -萜品醇	0.73	1.44	7.97	2.73	-

续表

保留时间(min)	化合物	湖北青砖茶	湖南茯砖茶	广西六堡茶	云南普洱茶	四川康砖茶
38.50	反式-橙花叔醇	-	2.08	-	-	-
39.88	α -雪松醇	-	3.48	15.17	-	-
	酮类					
2.74	3-戊烯-2-酮	0.42	-	-	-	0.23
12.56	6-甲基-5-庚烯-2-酮	4.67	2.23	1.66	1.38	4.71
14.78	2,6,6-三甲基环己烷酮	3.90	2.62	2.57	4.00	-
16.04	异佛尔酮	3.75	-	2.85	3.13	-
16.38	苯乙酮	0.67	2.21	1.36	2.60	3.13
20.11	3-壬烯-2-酮	-	-	-	-	0.32
27.31	2-十一酮	0.16	-	-	0.40	-
32.54	二氢- α -紫罗兰酮	1.23	-	-	-	2.32
33.06	α -紫罗酮	1.47	1.11	0.49	1.33	12.99
33.50	β -二氢紫罗酮	1.16	0.57	0.37	0.14	0.80
34.12	反-香叶基丙酮	3.57	0.71	0.31	1.27	10.79
35.44	β -紫罗酮	10.27	2.18	1.31	2.06	10.22
	酯类					
9.15	乙酸戊酯	-	-	0.20	-	-
22.67	水杨酸甲酯	-	1.05	-	-	-
24.44	丙烯酸-2-乙基己酯	-	-	-	0.69	-
30.75	2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇单异丁酸酯	2.07	0.26	-	1.29	-
	烯类					
9.87	α -蒎烯	0.28	1.57	0.57	0.89	0.52
10.54	苈烯	-	-	0.88	-	-
14.49	柠檬烯	1.01	1.61	12.75	2.82	2.45
30.55	长叶环烯	-	1.10	-	-	-
32.04	长叶烯	2.04	1.57	0.86	2.03	0.90
32.35	α -雪松烯	0.63	5.56	1.61	1.60	0.13
32.67	β -雪松烯	-	3.36	1.17	0.75	-
	杂氧化合物					
10.00	1-甲氧基-4-甲基苯	-	-	-	-	0.37
20.32	1,2-二甲氧基苯	-	3.38	-	1.08	-
21.34	1,3-二甲氧基苯	-	8.42	-	3.21	-
24.84	2,3-二甲氧基甲苯	-	-	-	2.33	-
28.23	1,2,3-三甲氧基苯	-	-	-	5.31	-
32.16	1,2,3-三甲氧基-5-甲基苯	-	-	-	0.65	-
	烷烃类					
23.01	十二烷	1.28	1.12	-	-	-
27.58	十三烷	2.67	2.03	-	0.88	-
31.90	十四烷	-	-	-	2.94	-
36.01	十五烷	-	0.43	-	6.29	-
	其他					
5.23	1,3,5-三甲基吡啶	-	-	-	1.47	-
15.60	2-甲基-3-氨基苯酚	-	-	-	1.89	-
34.64	2,5-二叔丁基-1,4-苯醌	-	-	-	0.91	11.51

注：“-”表示未检出。

从鉴定出的香气组分来看,主要包括醇类、醛类、酮类、烯类、芳香烃类、烷烃类、酯类、杂氧化合物类、呋喃类和其他化合物等(图1)。不同黑茶香气化合物种类具有一定的差异。青砖茶以醛类和酮类化合物为主,分别达43.08%和22.54%;茯砖茶以醇类和芳香烃类为主,分别达23.64%和25.95%;六堡茶以醇类和醛类为主,分别达39.75%和26.06%;普洱茶

以醛类和醇类为主,分别达33.88%和15.82%;康砖茶以酮类和醛类为主,分别达32.83%和27.91%。

2.3 5种黑茶香气品质与特征香气成分分析

5种黑茶香气品质特征有明显不同,这与其茶树品种、气候条件和加工工艺等差异密切相关。湖北青砖茶以陈香纯正为优、有菌香、木香,特征成分主要为醛类、酮类、酚类及醇类,如(E,E)-2,4-庚二烯

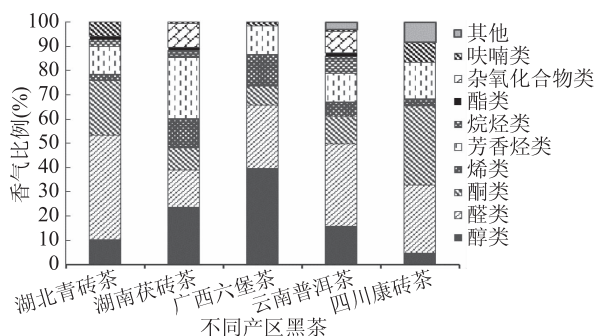


图1 不同黑茶各类香气成分比例

Fig.1 The proportion of aroma compounds in different dark teas

醛、2-己烯醛、 β -紫罗酮、 β -二氢紫罗酮、己醛、2,6-二叔丁基对甲酚、雪松醇等^[3,6], 本研究中青砖茶香气以醛类、酮类为主, 未检出2,6-二叔丁基对甲酚、雪松醇。

湖南茯砖茶因冠突散囊菌(俗称“金花”)茂盛而具有菌花香, 主要香气物质以醇类、醛类和酮类物质为主, 包括棕榈酸、植醇、橙花叔醇、6,10,14-三甲基-2-十五烷酮、(E,E)-2,4-庚二烯醛、香叶基丙酮、 β -紫罗酮、甲基庚烯酮、2-戊基呋喃等^[12-13], 而本研究中茯砖以醇类(芳樟醇、 α -雪松醇)、芳香烃(甲苯、邻二甲苯)和醛类(己醛、 β -环柠檬醛)为主, 这可能是原料来源不同造成的差异。

广西六堡茶香气醇陈、有槟榔香味, 特征香气成分包括有机酸类(棕榈酸等)、芳香烃类(乙苯等)、醚类(1,2,3-三甲氧基苯、2-萘甲醚等)、醛类(苯甲醛、3-甲基丁醛等)、 α -雪松醇、 β -雪松烯、芳樟醇等^[14-15], 本研究中六堡茶以醇类(芳樟醇、 α -雪松醇)、醛类(己醛、苯甲醛、2-甲基丁醛)、柠檬烯等成分为主, 与前人研究结果基本一致^[5], 棕榈酸等成分未检出与检测仪器的不同有关。

普洱茶陈香浓郁持久, 特征成分主要是甲氧基苯类化合物、醛类和醇类等, 如1,2,3-三甲氧基苯、1,2,4-三甲氧基苯、(E,E)-2,4-庚二烯醛、壬醛、芳樟醇氧化物等^[4,16-17], 本研究中普洱茶主要香气成分为己醛、壬醛、1,2,3-三甲氧基苯、芳樟醇氧化物等, 与文献报道基本一致。

康砖茶香气纯正、陈香持久, 主要香气成分为新植二烯、棕榈酸甲酯、植醇、环氧芳樟醇、 β -紫罗酮等^[18], 本研究中康砖茶以酮类(β -紫罗酮、反-香叶基丙酮和 α -紫罗酮)和醛类(己醛、壬醛)等香气成分为主, 与前人研究的差异可能是由于茶叶原料不同造成的。

2.4 黑茶关键香气成分与感官评分的相关性分析

基于不同产区黑茶的香气感官评分(表1)与香气成分的含量水平(表2), 采用SPSS软件进行了相关性分析, 进一步得到了影响黑茶香气品质的关键香气成分。其中1,3-二甲氧基苯、1,2-二甲氧基苯、邻二甲苯、长叶烯、苯乙醇等13个组分与感官评分的正相关性达到极显著水平($p < 0.01$); 而2-乙基呋喃与2-己烯醛与感官评分呈极显著负相关($p < 0.01$)。

表3 黑茶香气得分与关键成分含量的相关性分析

Table 3 Analysis of correlation between aroma score and key components concentration

编号	香气化合物	相关系数 r
1	2-乙基呋喃	-0.95**
2	甲苯	0.694**
3	2-己烯醛	-0.715**
4	乙苯	0.710**
5	邻二甲苯	0.781**
6	α -蒎烯	0.702**
7	1-辛烯-3-醇	0.656**
8	3,5-辛二烯-2-醇	0.657**
9	苯乙醇	0.657**
10	1,2-二甲氧基苯	0.789**
11	1,3-二甲氧基苯	0.814**
12	水杨酸甲酯	0.643**
13	长叶烯	0.742**
14	α -雪松烯	0.706**
15	反-橙花叔醇	0.646**

注:**表示极显著($p < 0.01$)。

3 结论与讨论

5种黑茶共检出83种香气化合物, 共有成分30种, 主要包括醇类、醛类、酮类、芳香烃类、烯类和酯类等; 其中青砖茶陈香纯正, 以醛类和酮类化合物为主, 主要香气成分为(E,E)-2,4-庚二烯醛、 β -紫罗酮、己醛和壬醛等; 茯砖茶“菌花香”明显, 以醇类和芳香烃为主, 主要成分包括芳樟醇、甲苯、1,3-二甲氧基苯和己醛等; 六堡茶香气纯正, 以醇类和醛类为主, 主要香气成分为芳樟醇、 α -雪松醇、柠檬烯和己醛等; 普洱茶陈香持久, 以醛类和醇类为主, 包括己醛、1,2,3-三甲氧基苯、芳樟醇氧化物等; 康砖茶香气纯正, 以酮类和醛类为主, 主要香气成分为己醛、 α -紫罗酮、反-香叶基丙酮和 β -紫罗酮等。

本研究综合分析了5种黑茶的香气类别、主要香气成分、共有及特有香气成分, 并结合感官审评结果, 讨论了5种黑茶的香气差异、香气成分与其香气感官品质间的相关性。不同产区黑茶的香气特征可能是由茶树品种与加工工艺(渥堆等)共同作用呈现的结果。渥堆作为黑茶加工的关键工序, 对香气物质的转化及形成具有决定性的作用。目前关于茯砖茶和普洱茶工艺及特征香气形成机理的研究较为深入。茯砖茶中含量较高是醇类、芳香烃和醛类等, 包括芳樟醇、甲苯、己醛、(E,E)-2,4-庚二烯醛、1,3-二甲氧基苯、 β -紫罗酮等成分, 这几种化合物的风味特征以花香、清香和陈香为主, 它们的产生可能与其特殊的花发工艺有关^[8,17]。张亚等^[19]研究认为形成“菌花香”的关键成分包括水杨酸甲酯、芳樟醇及其氧化物、紫罗酮、香叶基丙酮等。王华夫等^[20]分析了茯砖茶在发花过程中的香气组成, 结果表明醛类和酮类物质增加明显, 尤其是(E,Z)-2,4-庚二烯醛+糠醛、(E,E)-2,4-庚二烯醛等成分。本研究也进一步说明了茯砖茶发花工艺对醇类、烯醛及酮类

(下转第143页)

统医药, 2011, 7(9): 179-180.

[9] 李莉. 金银花提取工艺的研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
 [10] 金蕾明, 赵军, 徐芳, 等. 瘤果黑种草子总皂苷提取工艺研究[J]. 新疆医科大学学报, 2011(10): 1075-1078.
 [11] 史荣梅, 李新霞, 耿东升, 等. 星点设计-效应面法优化瘤果黑种草子中总皂苷提取工艺[J]. 新疆中医药, 2013, 31(6): 51-54.
 [12] Liu W, Yu Y, Yang R, et al. Optimization of total flavonoid compound extraction from *Gynura medica* leaf using response surface methodology and chemical composition analysis [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2010, 11(11): 4750-4763.

(上接第 86 页)

物质的产生有显著作用。不同产区黑茶的香气组分、比例及阈值的不同形成了其独特的香气特征, 本实验结果明确了其特征成分的异同点, 但其形成机制有待深入研究。

参考文献

[1] 夏涛. 制茶学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 151-153.
 [2] 沈程文, 邓岳朝, 周跃斌, 等. 湖南茯砖茶品质特征及其香气组分研究[J]. 茶叶科学, 2017, 37(1): 38-48.
 [3] 刘盼盼, 郑鹏程, 龚自明, 等. 青砖茶的香气成分分析[J]. 食品科学, 2017, 38(8): 164-170.
 [4] Xu Y Q, Wang C, Li C W, et al. Characterization of aroma-active compounds of pu-erh tea by headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) and simultaneous distillation-extraction (SDE) coupled with GC-olfactometry and GC-MS[J]. Food Analytical Methods, 2016, 9(5): 1188-1198.
 [5] 韦柳花, 苏敏, 陈三弟, 等. 不同贮存时间六堡茶品质变化研究[J]. 西南农业学报, 2015, 28(1): 376-380.
 [6] Xu X, Yan M, Zhu Y. Influence of fungal fermentation on the development of volatile compounds in the Puer tea manufacturing process[J]. Engineering in Life Sciences, 2005, 5(4): 382-386.
 [7] 刘盼盼, 郑鹏程, 王胜鹏, 等. 青砖茶初制、渥堆过程中挥发性风味成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(12): 176-183.
 [8] Xu X, Mo H, Yan M, et al. Analysis of characteristic aroma of fungal fermented Fuzhuan brick-tea by gas chromatography/mass spectrophotometry [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87(8): 1502-1504.
 [9] 彭雪萍, 李星科, 朱玉梅, 等. 不同类型黑茶香气成分的对比如分析研究[J]. 中国食品添加剂, 2014(2): 124-129.

[13] Xiao Weihua, Han Lujia, Shi Bo. Optimization of microwave-assisted extraction of flavonoid from radix astragali using response surface methodology [J]. Separation Science and Technology, 2008, 43(3): 671-681.
 [14] Siti E A, Rosfarizan M, Arbakariya A, et al. A optimization of enzymatic synthesis of palm-based kojic acid ester using response surface methodology [J]. Journal of Oleo Science, 2009, 58(10): 503-510.
 [15] 孙小红. 蛇足石杉中石杉碱甲双水相萃取分离的工艺研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016.
 [16] 陈帅, 王慧竹, 薛健飞. 响应面法优化灯心草多糖的超声提取工艺[J]. 吉林化工学院学报, 2014, 31(1): 19-25.

[10] 袁思思, 柏珍, 黄亚辉, 等. 3 种黑茶的香气分析[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 252-256.
 [11] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 23776-2009 茶叶感官审评方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
 [12] 赵仁亮, 胥伟, 吴丹, 等. 不同地域边销茯砖茶感官特征及香气成分比较[J]. 现代食品科技, 2017, 33(10): 1-7.
 [13] 沈程文, 邓岳朝, 周跃斌, 等. 湖南茯砖茶品质特征及其香气组分研究[J]. 茶叶科学, 2017, 37(1): 38-48.
 [14] 穆兵, 朱荫, 马士成, 等. 六堡茶香气成分的全二维气相色谱-飞行时间质谱分析[J]. 食品科学, 2017, 38(22): 169-177.
 [15] 刘泽森, 邓庆森, 何志强, 等. 槟榔香六堡茶的特征香气成分研究[J]. 农业研究与应用, 2016, (3): 36-42.
 [16] Du L, Li J, Li W, et al. Characterization of volatile compounds of pu-erh tea using solid-phase microextraction and simultaneous distillation-extraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Research International, 2014, 57: 61-70.
 [17] Lv S, Wu Y, Li C, et al. Comparative analysis of Pu-erh and Fuzhuan teas by fully automatic headspace solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry and chemometric methods [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(8): 1810-1818.
 [18] 陈应娟. 四川黑茶品质形成研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2011: 28-31.
 [19] 张亚, 李卫芳, 肖斌. 25 个湖南、陕西茯砖茶样品挥发性成分的 HS-SPME-GC-MS 分析[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2017, 45(2): 151-160.
 [20] 王华夫, 李名君, 刘仲华, 等. 茯砖茶在发花过程中的香气变化[J]. 茶叶科学, 1991, (S1): 81-86.

一套《食品工业科技》在手， 纵观食品工业发展全貌