

焙火工艺对武夷岩茶挥发性组分和品质的影响

张丽¹, 张蕾¹, 罗理勇^{1,2}, 潘从飞¹, 曾亮^{1,2*}

1(西南大学 食品科学学院, 重庆, 400715) 2(西南大学 茶叶研究所, 重庆, 400715)

摘要 以水仙、肉桂 2 个品种的武夷岩茶毛茶为原料, 经不同程度焙火处理后, 采用气相色谱-质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)测定毛茶及焙火样的香气成分, 结合茶叶感官审评评价香气, 探讨焙火工艺和品种对武夷岩茶香气品质的影响。结果表明, 经 GC-MS 共检测出 88 种香气成分, 包括 14 种醇类、14 种含氮化合物、7 种碳氢化合物、19 种酯类、18 种醛类、12 种酮类、1 种酸类、2 种杂氧化合物和 1 种含硫化合物, 其中醇类、含氮化合物和醛类占比较大, 平均占比分别为 35.58%、20.28% 和 19.25%; 随焙火程度的增加, 醇类呈降低趋势, 酯类和酮类呈增加趋势, 其中具花果香的脱氢芳樟醇、己酸叶醇酯、己酸己酯等主要香气物质呈先增后减的变化趋势, 具烘烤香或焦糖香的香气物质(如 1-乙基-1H-吡咯)呈增加趋势, 苯乙腈、2,5-二甲基吡嗪、2-乙基-5-甲基吡嗪和 2-乙酰基呋喃等整体呈先增后减的变化趋势; 不同茶树品种制作的武夷岩茶香气成分差异较大, 水仙以醇类和含氮化合物为主, 肉桂以醇类和醛类为主, 且随焙火程度的增加, 2 个品种的含氮化合物、醛类以及橙花叔醇、芳樟醇、香叶醇等主要香气成分变化趋势差异较大; 水仙焙火 3 和肉桂焙火 2 的感官审评香气品质最佳, 焙火 4 和焙火 5 时两个品种皆呈现高火香。

关键词 焙火; 水仙; 肉桂; 武夷岩茶; 香气

乌龙茶是六大茶类之一, 也是我国的特有茶类, 具有天然花果的独特香气和品种的特殊香韵^[1]。武夷岩茶作为乌龙茶的始祖, 以“岩骨花香”之岩韵深受消费者喜爱; 主要品种为肉桂和水仙, 其中肉桂高香且带桂皮香, 水仙香气浓郁清长且带兰花香^[2]。香气是评判武夷岩茶品质优劣的重要指标之一, 主要受加工方法、茶树品种、茶区环境、栽培措施等因素的影响^[3-5]。在加工过程中, 除做青是形成岩茶“三红七绿”和独特香气的关键工艺外, 焙火也是影响武夷岩茶品质的另一重要工艺, 对形成武夷岩茶特有的色、香、味、形发挥着重要的作用^[5-7]。

目前焙火工艺对乌龙茶香气品质影响的研究较多^[8-13]。而关于焙火工艺对不同品种制作的武夷岩茶挥发性组分和香气品质影响的研究报道较少。

本试验以水仙和肉桂 2 个品种的武夷岩茶毛茶为原料, 经不同程度焙火处理(焙火 1、焙火 2、焙火 3、焙火 4、焙火 5)后, 采用顶空-固相微萃取和气相色谱-质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)检测分析不同焙火程度处理的武夷岩茶

香气成分变化规律, 并通过感官审评评价香气, 以探讨焙火工艺对武夷岩茶香气品质的影响, 为进一步改善武夷岩茶香气品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲜叶采摘于福建省武夷山市武夷星茶业有限公司茶叶生产基地, 采摘时间为 2015 年 5 月, 由武夷星茶业有限公司按同一制作工艺(萎凋→做青→杀青→揉捻→干燥→挑拣→毛茶)生产水仙、肉桂 2 个品种的武夷岩茶毛茶, 后续再以毛茶为原料进行不同焙火处理。

NaCl(分析纯), 成都市科龙化工试剂厂。

1.2 仪器与设备

维力茶叶烘焙机, 饶平县特立烘干机厂; QP2010 气相色谱-质谱联用仪, 日本岛津公司; 固相微萃取手动进样器、聚二甲基硅氧烷(polydimethylsiloxane, PDMS)萃取头(50/30 μm), 美国 Supelco 公司; FA1004 电子天平, 上海舜宇恒平科学仪器有限公司; HWS-26 电热恒温水浴锅, BPG-9070A 精密鼓风干燥箱, 上海一恒科学仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 焙火处理

以水仙和肉桂品种生产的武夷岩茶毛茶为原料, 采

第一作者: 硕士研究生(曾亮副教授为通讯作者, E-mail: zengliangbaby@126.com)。

基金项目: 西南大学科研基金资助项目(SWU116024); 中央高校基本业务费专项资金项目(XDJK2016E110)

收稿日期: 2016-11-16, 改回日期: 2017-01-03

用维力茶叶烘焙机进行焙火处理(摊叶厚度约为5 cm)。

焙火处理的程序为:

毛茶 → 焙火1(130℃、2 h, 扦样) → 焙火2(130℃焙火2 h后, 再于125℃焙火2 h, 扦样) → 焙火3(140℃焙火2 h后, 再于145℃焙火1 h, 再在150℃焙火1 h, 扦样) → 焙火4(150℃、3 h, 扦样) → 焙火5(150℃、2 h, 扦样)。

各焙火程序均为上一个工艺后的延续工艺。

毛茶(未焙火)和经过不同程度焙火处理的12种夷岩茶样品编号及名称,见表1。

表1 茶样编号及名称

Table 1 The numbers and names of tea samples

茶样	毛茶	焙火1	焙火2	焙火3	焙火4	焙火5
水仙	S1	S2	S3	S4	S5	S6
肉桂	R1	R2	R3	R4	R5	R6

1.3.2 顶空固相微萃取

准确称取0.5 g磨碎武夷岩茶茶样于20 mL顶空瓶中,加入1.76 g NaCl和5 mL沸蒸馏水,迅速加盖平衡5 min,然后将PDMS萃取头插入顶空瓶,在60℃恒温水浴条件下萃取吸附60 min后,立即于GC-MS进样口解析5 min。

1.3.3 GC-MS条件

1.3.3.1 色谱条件

色谱柱:DB-5MS石英毛细管柱(30 m × 0.25 mm, 0.25 μm);柱箱温度:40℃;进样口温度:230℃;分流比:15:1;压力49.7 kPa;柱流量:1 mL/min;进样载气:He(99.999 9%)。升温程序:40℃保持4 min,以5℃/min升至230℃,保持3 min。

1.3.3.2 质谱条件

电子电离源;电子能量70 eV;离子源温度230℃;全扫描;质量扫描范围m/z 40~400。

1.3.4 香气感官审评方法

参照GB/T 23776—2009《茶叶感官审评方法》^[14]和GB/T 18745—2006《地理标志产品:武夷岩茶》^[15]进行密码审评,采用评语与评分相结合的方式评定茶叶香气品质。

1.4 数据分析

将各色谱峰对应的质谱图与NIST05、NIST05s标准谱库比对,同时结合各色谱峰的峰面积进行香气成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同焙火程度武夷岩茶的香气组成分析

经GC-MS检测分析,12个武夷岩茶样共鉴定出

香气成分88种,其中醇类14种、含氮化合物14种、碳氢化合物7种、酯类19种、醛类18种、酮类12种、酸类1种、杂氧化合物2种、含硫化合物1种,香气成分具体结果,见表2。在鉴定出的香气成分中,有16种香气成分较丰富,分别是脱氢芳樟醇、芳樟醇氧化物I、芳樟醇、橙花叔醇、柠檬烯、α-法呢烯、己酸叶醇酯、水杨酸甲酯、苯甲醛、糠醛、β-紫罗酮、α-紫罗酮、1-乙基-1H-吡咯、苯乙腈、2,5-二甲基吡嗪和2-乙基-5-甲基吡嗪。

不同焙火程度武夷岩茶挥发性组分的大类分类图如图1所示。由图1可知,武夷岩茶的主要香气成分是醇类,其次是含氮化合物、酯类、醛类、杂氧化合物、酸类和含硫化合物,且酸类和含硫化合物仅分别在肉桂和水仙中检出。水仙和肉桂挥发性组分的组成差异较大,但醇类香气都占较大比重,酮类和酯类在两个品种中占比相近。2个品种的挥发性组分变化具有一些相似性,随焙火程度的增加,醇类香气先呈降低趋势,且在焙火2之后保持稳定,酮类、酯类和碳氢化合物呈缓慢增加趋势。不同焙火程度下武夷岩茶挥发性组分的分析如下:

2.1.1 醇类

醇类化合物通常带有特殊的花香和果香^[16],对武夷岩茶香气的形成有重要贡献。醇类在水仙和肉桂中含量较大(表2、图1),且种类较多,其中脱氢芳樟醇含量最高,芳樟醇氧化物I、芳樟醇、橙花叔醇、香叶醇等物质也较丰富。随焙火程度的增加,水仙和肉桂中醇类香气的变化趋势差别较大。芳樟醇及其氧化物为茶叶的主要赋香成分,呈花果香^[16],随焙火程度的增加,水仙中的芳樟醇基本稳定,肉桂中的芳樟醇呈降低趋势;芳樟醇氧化物I在水仙和肉桂中呈波动性变化,分别在焙火4和焙火3时达到最大值;

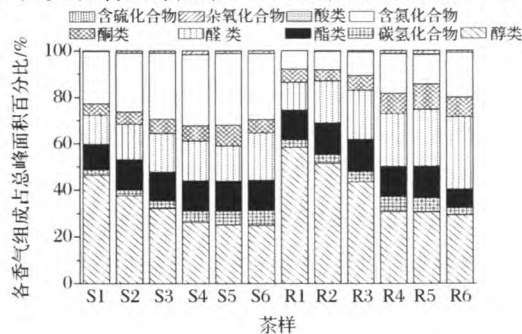


图1 不同焙火程度下武夷岩茶香气组成

Fig. 1 Aroma constituents of Wuyi rock tea with different baking

脱氢芳樟醇在水仙和肉桂中都呈先增后减的趋势,在焙火 1 时含量最为丰富,在焙火 5 时含量最低。呈花果香的橙花叔醇和呈玫瑰花香的香叶醇在水仙中保持稳定,在肉桂中呈降低趋势;呈青草味的青叶醇在水仙焙火 1 和肉桂焙火 2 时含量最高,但在水仙焙火 4 和肉桂焙火 3 时未检出;此外,呈木香的 α -松油醇仅在水仙毛茶中检出,在肉桂中的含量较为稳定。水仙和肉桂毛茶经过焙火后,很大部分醇类物质呈降低趋势可能是因为在热作用下醇类物质发生了缓慢氧化,也可能是因为焙火过程中高温促使部分低沸点的醇类香气挥发^[11,13]。而关于脱氢芳樟醇、橙花叔醇等香气物质在焙火过程中其变化原因与机理仍值得进一步研究。

2.1.2 含氮化合物

含氮化合物在供试样品中共检出 14 种,水仙中含氮化合物在挥发性组分中的平均占比达 27.76%,大部分是具烘烤香味的吡嗪类、吡咯类化合物(1-乙基-1H-吡咯、2,5-二甲基吡嗪、2-乙基-5-甲基吡嗪和 2-乙基-3,5-二甲基吡嗪等),此外,还有苯乙腈、吡啶和咖啡因。随焙火程度的增加,2 个品种的含氮化合物均呈增加趋势,这是由于焙火过程中发生了美拉德反应,产生了一些具有烘烤香的物质,如 2-甲基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、2-乙酰基吡咯等^[13,17-18]。1-乙基-1H-吡咯为含量最多的含氮化合物,在毛茶和焙火 1 焙火程度时,水仙中含量相对较低,肉桂中未检出,在焙火 3 及更重的焙火程度时都呈明显增加趋势。含氮化合物中含量较高的苯乙腈、2,5-二甲基吡嗪和 2-乙基-5-甲基吡嗪随焙火程度的增加在水仙和肉桂中整体呈先增后减的变化趋势,且在焙火 3 时含量最高。具有橙香和茉莉花香的吡啶随焙火程度的增加在水仙中呈先增后减的变化趋势,在焙火 2 时最为丰富;在肉桂中则呈降低趋势。

2.1.3 碳氢化合物

在 12 个样品中,碳氢化合物仅检出 7 种,在香气组分中的占比较少。不饱和烃对茶叶香气形成有重要影响,其中柠檬烯含量最为丰富,表现为柠檬香味;其次是二氢茛菪烯、 α -法呢烯。随焙火程度的增加,水仙和肉桂中的柠檬烯和二氢茛菪烯均呈先增后减的变化趋势;柠檬烯分别在水仙焙火 5 和肉桂焙火 3 时含量最高,而二氢茛菪烯在两个品种焙火程度均为焙火 4 时含量最为丰富。此外,具有青草香的 α -法呢烯随焙火程度增加整体呈降低趋势,具有松油和树脂香气的 β -蒎烯和花香的石竹烯在水仙毛茶中

未检出。

2.1.4 酯类

酯类为 12 个样品中种类最多的香气组分,共 19 种,但在香气中占比不大,平均占比 12.45%。酯类香气对武夷岩茶香气的贡献较大,其中呈果香的己酸叶醇酯最为丰富,其次是己酸己酯、水杨酸甲酯。随焙火程度的增加,水仙和肉桂中的己酸叶醇酯和己酸己酯都呈先增后减的趋势,且分别在水仙焙火 3 和肉桂焙火 2 时最为丰富;具有冬青味的水杨酸甲酯无明显变化趋势;二氢猕猴桃内酯是类胡萝卜素的降解产物,具有香豆素香、麝香的香气特征,对香气形成也有一定的贡献^[19]。

2.1.5 醛类

在 12 个样品中共检出 18 种醛类香气成分。具有苦杏仁味的苯甲醛和糠醛、风信子香气的苯乙醛、青草气味的反,反-2,4-庚二烯醛和正己醛在醛类香气中的含量都较丰富。随焙火程度的增加,苯甲醛和糠醛在水仙中呈波动性变化,在肉桂中呈增加趋势。醛类香气形成的主要原因是氨基酸和脂肪酸的热氧化降解^[20](如苯乙醛是因为在茶叶加工过程中苯丙氨酸在加热和氧的作用下转化生成),所以随焙火程度的增加醛类香气总量出现增加趋势^[21]。而糠醛呈增加趋势的原因是则可能是因为焙火过程加热促进了是茶叶中氨基酸和糖类反应^[12]。

2.1.6 酮类

酮类香气成分也带有花果香味,但在供试样品中含量相对较低,在香气组分中的平均占比为 6.88%,具紫罗兰香的 α -紫罗酮和 β -紫罗酮是主要的酮类香气成分。水仙中的酮类香气比肉桂少,茉莉酮、大马烯酮、苯丙酮等物质仅在肉桂中检出,且肉桂在焙火 3 时产生了新的酮类香气成分,如苯乙酮、茶香酮等。随着焙火程度的增加, β -紫罗酮和 α -紫罗酮整体呈先增后减的变化趋势,两种物质在水仙焙火 3 和肉桂焙火 4 时含量最高。 β -紫罗酮是氧化型儿茶素作用于茶叶中的 β -胡萝卜素使其降解产生的,因此它的变化趋势很可能与烘焙过程中受热力作用的影响促进了这种氧化降解有关^[21]。具有药香和果香的 2-庚酮在水仙中较为丰富,在肉桂焙火 1 和焙火 3 时都未检出。

2.1.7 其他化合物

酸类物质和含硫化合物在 12 个样品中都各只检出 1 种,分别是香叶酸和 2,4,5-三甲基恶唑,其中香叶酸仅在肉桂焙火 3 和焙火 4 时被检出,2,4,5-三甲

基恶唑仅在水仙焙火 4 时检出。杂氧化合物共检出 2 种,分别是 2-乙酰基呋喃和 2,3-二氢苯并呋喃,2-乙酰基呋喃呈焦糖香,随着焙火程度增加呈先增后减的变化趋势,但在肉桂毛茶和焙火 1 时未检出;而 2,3-二氢苯并呋喃对茶叶香气形成的贡献尚不明确。

2.2 焙火程度对武夷岩茶香气成分的影响

不同焙火处理对武夷岩茶挥发性组分的变化有明显影响(表 2、图 1),水仙和肉桂在焙火过程中均会新增或丧失部分香气成分。与未焙火的毛茶相比,经焙火(焙火 1、焙火 2、焙火 3、焙火 4、焙火 5)处理后的水仙品种新增了 20 种香气成分,主要为芳樟醇

氧化物 II、糠醛等;肉桂中则新增了 27 种香气成分,主要为 2-甲基吡嗪、糠醛和 2-乙基吡嗪等。与此同时,焙火也能丧失部分香气成分,如水仙中的苯乙醇和 α -松油醇。水仙中的香气成分在焙火 2 时种类最多,而在焙火 3 时总量最高,肉桂在焙火 2、焙火 3、焙火 4 时的香气成分种类较多,而在焙火 2 和焙火 3 时的含量较为丰富。经焙火处理的 10 个样品中,肉桂和水仙的香气成分都在焙火 5 时种类最少,且分别在焙火 1 和焙火 5 时含量最低。在焙火 5 时,香气成分散失较多且几乎没有生成新的香气成分,表明焙火程度为焙火 5 时可能不利于武夷岩茶香气的形成和发展。

表 2 不同焙火程度处理的武夷岩茶香气成分及峰面积(10^6)

Table 2 Aroma components and their peak area of Wu Yi rock tea with different baking(10^6)

类型	编号	中文名	水仙					肉桂					香气类型		
			毛茶	焙火 1	焙火 2	焙火 3	焙火 4	焙火 5	毛茶	焙火 1	焙火 2	焙火 3		焙火 4	焙火 5
醇类 (14 种)	1	青叶醇	2.99	4.38	3.75	3.22	-	2.22	3.75	4.01	4.25	-	2.61	2.70	青草气
	2	1-庚醇	2.80	1.51	1.64	1.06	1.52	-	-	2.25	2.24	-	-	-	橘香
	3	苯甲醇	-	-	-	-	-	-	4.50	6.11	-	-	-	-	甜香、果香
	4	芳樟醇氧化物 I	15.84	13.14	15.35	20.71	28.72	19.32	18.34	19.05	20.85	27.21	18.76	25.59	花香
	5	芳樟醇氧化物 II	-	6.85	8.40	11.55	-	11.76	-	-	-	-	10.37	16.12	花香
	6	芳樟醇	6.70	7.47	7.44	6.77	5.56	4.62	17.22	13.56	12.59	8.38	6.79	5.03	铃兰花香
	7	脱氢芳樟醇	17.56	29.04	27.73	21.71	13.56	8.81	22.75	36.09	36.10	21.38	15.64	9.50	花果香
	8	苯乙醇	7.80	-	-	-	-	-	6.91	7.73	8.30	-	-	-	玫瑰花香
	9	芳樟醇氧化物 III	4.55	4.97	6.54	4.05	2.39	3.29	6.45	7.03	7.22	4.15	4.08	3.29	花香
	10	α -松油醇	1.54	-	-	-	-	-	2.35	1.93	2.28	2.07	2.06	2.48	松木香
	11	香叶醇	5.94	7.11	6.95	6.72	4.55	3.59	16.02	13.14	12.39	7.43	6.33	2.63	玫瑰香
	12	月桂醇	-	0.49	0.52	1.55	1.24	-	0.52	0.56	0.58	1.17	0.83	0.52	花香
	13	橙花叔醇	4.84	4.54	5.73	5.05	4.04	2.18	24.73	14.48	14.48	10.15	8.03	2.22	花木香、果香
	14	植醇	-	-	0.30	2.00	3.40	1.75	0.75	-	0.46	1.64	3.30	0.78	
含氮化合物 (14 种)	15	1-乙基-1H-吡咯	2.80	3.62	20.30	38.26	38.97	27.45	-	-	3.67	12.70	3.44	16.09	
	16	2-甲基吡嗪	0.39	0.59	2.38	3.17	2.11	2.14	-	0.32	0.54	1.38	0.55	1.37	果仁及可可似香
	17	2,5-二甲基吡嗪	8.14	5.30	12.19	16.10	9.65	10.52	2.35	3.27	1.70	3.24	3.07	3.51	果仁及可可似香
	18	2-乙基吡嗪	-	7.87	-	-	-	-	-	-	2.47	3.67	3.49	4.29	
	19	2-乙基-5-甲基吡嗪	6.81	7.74	8.51	10.38	9.19	9.11	2.49	-	4.90	5.74	3.99	7.29	
	20	2-乙酰基吡咯	-	1.32	2.31	2.55	-	1.75	-	1.16	-	2.16	1.61	-	烘烤香
	21	2-乙基-3,5-二甲基吡嗪	5.06	7.05	7.70	8.33	7.40	6.07	1.40	1.90	3.24	3.89	3.76	4.25	
	22	苯乙腈	4.75	7.84	8.37	10.77	6.75	7.31	6.30	7.59	7.95	9.11	8.81	8.17	芳香气味
	23	2,3-二乙基-5-甲基吡嗪	1.78	3.49	4.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	咖啡和仁果类香
	24	2-乙酰基-3-乙基吡嗪	-	1.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	烘烤香
	25	2,3-二甲基-5-丁基吡嗪	-	2.40	2.79	3.83	3.26	-	-	-	-	-	-	-	
	26	吡啶	3.38	4.51	4.98	3.94	1.52	-	3.58	3.37	3.13	2.98	2.25	1.11	橙子和茉莉花香
	27	2,5-二甲基-3-(3-异戊基)-吡嗪	0.33	0.53	0.59	1.11	0.96	0.73	-	0.88	0.62	1.08	0.96	-	
	28	咖啡因	0.79	-	0.22	0.44	0.28	0.47	0.49	0.56	0.42	0.56	0.64	0.48	
碳氢化合物 (7 种)	29	β -蒎烯	-	0.07	0.33	0.78	0.55	0.34	-	0.39	0.62	0.73	0.73	0.33	松节油及树脂香气
	30	柠檬烯	1.10	1.48	3.49	7.05	7.21	8.94	1.32	4.25	5.98	9.80	8.03	5.33	柠檬味
	31	十四烷	-	0.26	0.56	0.67	0.41	0.68	0.43	0.63	0.73	0.78	0.64	-	
	32	石竹烯	-	0.23	0.37	0.72	0.64	0.17	0.66	0.63	0.73	0.95	0.92	0.15	花香
	33	α -法呢烯	1.64	1.55	1.41	2.17	1.29	0.94	3.95	2.39	2.43	2.03	1.28	0.30	青草香及藁香
	34	二氢茛菪烯	0.52	1.45	2.42	5.28	5.61	4.19	0.32	0.91	2.51	3.67	4.27	1.70	
	35	植烷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	0.23	-	

续表 2

类型	编号	中文名	水仙					肉桂					香气类型		
			毛茶	焙火 1	焙火 2	焙火 3	焙火 4	焙火 5	毛茶	焙火 1	焙火 2	焙火 3		焙火 4	焙火 5
酯类 (19种)	36	己酸甲酯	-	-	-	1.94	1.61	2.48	-	-	-	2.03	3.30	3.25	果香
	37	苯乙酸甲酯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.66	5.55	6.10	蜜香
	38	丁酸叶醇酯	1.00	1.35	1.60	1.50	1.15	1.28	1.35	1.83	1.97	1.77	1.70	0.85	果香
	39	丁酸己酯	0.95	2.11	1.56	1.72	1.15	1.54	0.80	1.12	1.51	1.43	1.47	0.67	果香
	40	水杨酸甲酯	1.08	2.37	2.75	5.44	4.04	5.39	1.81	2.50	3.09	5.27	6.65	6.03	冬青油香
	41	戊酸叶醇酯	1.37	2.14	2.75	3.44	3.31	3.33	1.03	1.55	1.70	1.81	1.70	0.74	
	42	异戊酸己酯	1.12	1.88	2.16	2.39	2.02	2.01	0.95	1.27	1.54	1.34	1.28	0.44	具有辣的生 果实气味
	43	2-乙基丁酸烯丙酯	0.68	1.28	1.38	1.83	-	-	-	1.55	1.54	1.77	-	-	呈醚香、油脂和 水果似香气
	44	γ-壬内酯	-	-	-	-	-	1.45	0.37	0.60	-	-	-	1.11	清甜的椰子香气
	45	己酸叶醇酯	2.86	4.91	5.58	5.89	4.00	3.76	5.76	5.90	7.57	6.22	5.50	2.40	果香
	46	己酸己酯	1.99	3.62	4.35	4.78	3.22	3.21	4.58	4.71	6.06	4.84	4.17	1.81	青刀豆香气和果香
	47	N-己酸(反-2-己烯基)酯	1.58	2.67	3.31	3.67	2.62	2.27	2.95	2.99	4.13	3.24	3.03	1.33	
	48	癸酸乙酯	2.97	2.27	2.49	4.66	8.64	3.04	2.24	2.60	2.32	-	2.57	1.04	椰子香
	49	丁酸苯乙酯	-	0.13	0.19	-	-	-	0.23	0.32	0.31	-	-	-	甜香
醛类 (18种)	50	丁位癸内酯	0.83	1.58	2.57	3.83	1.65	1.45	1.83	2.67	2.63	3.24	2.71	1.11	椰子香
	51	二氢猕猴桃内酯	0.52	0.72	1.26	1.83	1.19	0.86	0.77	1.34	1.35	1.43	1.65	0.63	香豆素香、麝香
	52	苯甲酸叶醇酯	-	0.33	0.30	0.33	-	-	1.43	0.95	0.97	0.82	0.92	0.33	
	53	苯甲酸己酯	-	-	-	-	-	-	0.32	0.25	0.27	0.22	0.23	-	
	54	苯甲酸-2-苯乙酯	-	-	-	-	-	-	1.12	1.19	1.35	1.30	1.47	0.44	
	55	正己醛	5.40	6.06	5.43	2.17	2.02	1.45	4.84	5.24	6.41	2.33	1.38	2.40	青草气及苹果香
	56	糠醛	-	2.96	11.00	20.71	15.58	21.42	-	-	10.04	19.61	19.82	26.55	苦杏仁味
	57	庚醛	-	-	-	-	-	-	-	0.98	-	-	-	-	果子香味
	58	反-2-庚烯醛	-	0.20	-	-	-	-	0.34	0.39	0.35	0.17	0.23	0.15	
	59	苯甲醛	4.40	6.95	9.03	15.49	11.63	15.31	5.65	8.96	12.16	18.23	20.32	23.37	苦杏仁味
	60	反,反-2,4-庚二烯醛	0.95	1.28	3.31	3.22	2.11	3.38	4.41	8.22	3.63	4.19	4.13	13.06	
	61	苯乙醛	2.89	6.65	5.73	4.94	-	-	3.81	8.68	7.88	7.64	6.24	6.73	花香
	62	反-2-辛烯醛	-	-	-	-	-	-	-	-	4.40	-	-	-	
	63	α-环柠檬醛	0.60	1.09	1.82	2.33	1.79	-	0.54	1.27	1.74	1.60	1.83	-	
酮类 (12种)	64	反-2-壬烯醛	-	-	-	-	-	-	-	1.30	1.58	-	-	-	
	65	藏红花醛	0.95	1.61	1.49	1.33	1.24	0.94	1.12	1.76	1.85	1.60	1.70	0.85	花香
	66	癸醛	0.27	0.49	0.63	0.78	0.83	1.15	0.46	0.88	1.12	1.17	1.15	0.44	花果香
	67	β-环柠檬醛	2.43	3.13	3.20	3.33	3.17	2.52	2.78	3.34	3.90	3.54	3.44	1.85	果香
	68	β-环高柠檬醛	0.42	0.76	0.86	-	-	-	0.34	0.70	1.00	0.95	1.19	-	
	69	反-2-癸烯醛	-	-	-	-	-	-	-	0.91	1.08	-	-	-	
	70	柠檬醛	0.50	0.59	0.67	0.72	0.87	0.86	0.92	1.09	1.35	0.99	1.38	0.15	柠檬味
	71	α-亚乙基-苯乙醛	0.35	0.43	0.52	-	-	-	0.40	0.53	0.54	-	-	-	霉香、花香、蜜糖香
	72	2-十一烯醛	-	-	-	-	-	-	-	0.28	0.31	-	0.28	-	药香、果香
	73	2-庚酮	0.89	2.54	1.90	5.33	4.87	3.68	0.69	-	0.85	-	1.97	2.00	药香和果香
	74	2,2,6-三甲基环己酮	-	-	-	-	4.27	-	-	-	-	-	-	4.92	
	75	苯乙酮	-	-	1.90	-	-	1.62	-	-	-	1.73	2.61	2.81	令人愉悦的香气
76	茶香酮	0.44	0.89	0.93	1.17	0.87	1.11	0.63	0.74	0.93	1.08	1.38	1.00	果香、烟草香	
77	苯丙酮	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.25	1.74	1.29		
78	对甲基苯乙酮	-	-	1.41	-	-	-	-	-	-	2.85	3.58	2.66		
79	α-紫罗酮	1.08	1.85	2.68	4.27	3.81	3.42	1.23	1.12	3.39	2.68	4.45	1.77	紫罗兰香、木香	
80	茉莉酮	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.86	-	-	茉莉花香	
81	大马烯酮	-	-	-	-	-	-	-	0.25	0.27	0.39	0.50	-		
82	香叶基丙酮	0.85	0.89	1.19	1.55	1.38	0.73	1.75	1.62	1.89	1.86	2.25	0.59		
83	香豆素	-	0.56	0.63	1.06	1.01	0.21	-	0.88	1.16	0.95	-	-	药香	
84	β-紫罗酮	4.28	4.77	5.54	7.77	6.53	2.57	7.88	7.34	9.27	7.52	9.77	3.18	紫罗兰香	

续表 2

类型	编号	中文名	水仙					肉桂					香气类型		
			毛茶	焙火 1	焙火 2	焙火 3	焙火 4	焙火 5	毛茶	焙火 1	焙火 2	焙火 3		焙火 4	焙火 5
酸类(1种)	85	香叶酸	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.52	0.69	-	
杂氧化合物	86	2-乙酰基呋喃	0.35	1.19	1.38	3.89	2.62	2.61	-	-	0.35	1.64	2.11	1.48	焦糖香
(2种)	87	2,3-二氢苯并呋喃	-	0.66	0.89	1.28	-	-	-	0.70	1.12	1.51	1.51	0.44	
含硫化化合物	88	2,4,5-三甲基恶唑	-	-	-	-	0.09	-	-	-	-	-	-	-	
(1种)															

随焙火程度的增加,醇类香气在总香气组分中的占比逐渐降低,而含氮化合物的占比有所增加,说明武夷岩茶的花果香逐步变淡,并逐渐形成浓郁的烘烤香(图1)。脱氢芳樟醇、己酸叶醇酯、己酸己酯等具有花果香的香气物质都呈先增后减的变化趋势,除脱氢芳樟醇在焙火1时最为丰富,其它化合物则是在焙火2或焙火3时较为丰富(表2)。吡嗪、吡咯类随焙火程度的增加整体呈先增后减的变化趋势,此类化合物大多由美拉德反应产生,说明焙火程度较轻时,美拉德反应产生的含氮化合物使武夷岩茶的焙烤香逐渐突显;但这些化合物此后又呈降低趋势,其降低的原因可能是因为焙火过重,部分美拉德反应产物挥发或向其他物质转化^[17],因而其含量逐渐减少。

2.3 品种对武夷岩茶香气成分的影响

水仙和肉桂是制作武夷岩茶的常用茶树品种,由于品种本身挥发性组分的差异,在相同焙火处理时的挥发性组分含量和比例存在较大差异。在不同焙火程度下,水仙品种共检出挥发性组分74种,以醇类和含氮化合物为主。肉桂品种共检出83种挥发性组分,以醇类和醛类为主;肉桂挥发性组分比水仙多9种,其中主要是醛类化合物多于水仙,而含氮化合物种类要少于水仙(如2,3-二乙基-5-甲基吡嗪、2-乙酰基-3-乙基吡嗪、2,3-二甲基-5-丁基吡嗪等只存在于水仙中)。随焙火程度的增加,2个品种中含氮化合

物和醛类化合物变化趋势差别较大,水仙中的含氮化合物呈先增后减的趋势,在焙火3时占比最大,而在肉桂中整体呈增加趋势,在焙火4时有少量降低;醛类香气在水仙中变化不大,在肉桂中呈明显增加趋势。

不同品种武夷岩茶挥发性组分的分析可知,肉桂品种主要赋香成分是橙花叔醇、吲哚、芳樟醇及其氧化物^[22-23]等,高含量的橙花叔醇可以作为优质肉桂茶的香气指标^[6]。与肉桂相比,水仙中的主要香气物质为芳樟醇及其氧化物、 β -紫罗兰酮、脱氢芳樟醇^[24]。由表2可知,随焙火程度的增加,肉桂中的橙花叔醇、吲哚、芳樟醇都呈降低趋势,尤其是橙花叔醇大量减少;水仙中的橙花叔醇含量要低于肉桂,随焙火程度的增加呈先增后减的变化趋势;具有花果香的芳樟醇、香叶醇、吲哚和具有苦杏仁味的苯甲醛、糠醛等香气成分在肉桂、水仙焙火过程中的变化趋势差异较大。肉桂和水仙中香气成分的不同,导致2个品种具有不同的香型,可根据实际的生产需要选取合适茶树品种进行加工。

2.4 武夷岩茶传统感官审评香气得分

不同焙火程度的武夷岩茶香气感官审评结果,见表3。由表3可知,焙火程度对武夷岩茶香气品质有影响。

表3 武夷岩茶感官审评香气得分
Table 3 The scores of aroma sensory evaluation for Wuyi rock tea

水仙样品	香气描述	香气得分	肉桂样品	香气描述	香气得分
水仙毛茶	清香显	84	肉桂毛茶	桂皮香显,持久性不够	85
水仙焙火1	品种兰花香稍显	86	肉桂焙火1	花香明显	88
水仙焙火2	品种兰花香明显,纯正,但香气弱	88	肉桂焙火2	花香明显且香气纯正	89
水仙焙火3	品种兰花香纯正且高远	89	肉桂焙火3	桂皮香显	87
水仙焙火4	高火香显	85	肉桂焙火4	火工香,奶香显	86
水仙焙火5	高火香显	85	肉桂焙火5	火工香,奶香显	86

水仙在焙火3时香气得分最高,均高于毛茶及其他焙火处理样品。未焙火的毛茶香气得分最低,只具

有清香,说明经过焙火能够改善水仙的香气。水仙焙火2和焙火3时香气得分差异不大,具有明显的兰花

香,且香气纯正。焙火4和焙火5时水仙只显露高火香,得分也较低,仅高于毛火样品,与其他焙火处理样品相比,焙火4和焙火5对于水仙来说可能焙火过重,不利于香气的形成和发展。

肉桂在焙火2时香气得分最高,均高于毛茶及其他焙火处理样品。与水仙一样,肉桂毛茶的香气得分也最低,但显露出肉桂的独特桂皮香,持久性不够。肉桂焙火1和焙火2时的香气得分差异不大,花香明显,但无桂皮香,在焙火3时桂皮香又再次显现出来。在焙火4和焙火5时肉桂显露出奶香,这同样也是肉桂的独特品种香,而奶香形成的原因可能是肉桂焙火4和焙火5时新增的芳樟醇氧化物II、2,2,6-三甲基环己酮、苯乙酮与其他香气成分相互作用的结果。

随焙火程度的增加,水仙和肉桂香气表现为花香逐渐浓郁,到焙火4和焙火5时又完全散失,显现出高火香,这可能是因为随着焙火程度的增加,芳樟醇氧化物I、脱氢芳樟醇、己酸叶醇酯、己酸己酯等具有花果香的香气物质含量呈先增后减的变化趋势,而具有烘烤香的1-乙基-1H-吡咯等物质含量逐渐增加所导致的结果。

3 结论

本试验以水仙和肉桂2个品种的武夷岩茶毛茶为原料,经不同程度的焙火处理,探讨焙火工艺对武夷岩茶挥发性组分和品质的影响。经GC-MS检测分析,共检出88种香气,包括14种醇类、14种含氮化合物、7种碳氢化合物、19种酯类、18种醛类、12种酮类、1种酸类、2种杂氧化合物、1种含硫化合物,主要以醇类、含氮化合物、醛类为主。

相比于未焙火的毛茶样品,经过焙火处理的武夷岩茶挥发性组分种类和含量都更丰富。随着焙火程度的增加,醇类呈降低趋势,酯类和酮类呈增加趋势。不同焙火程度下武夷岩茶部分香气成分的变化趋势具有高度一致性,如:脱氢芳樟醇、己酸叶醇酯、己酸己酯等具有花果香的香气成分整体呈先增后减的变化趋势,具有烘烤香或焦糖香的香气物质(如1-乙基-1H-吡咯)呈增加趋势,苯乙腈、2,5-二甲基吡嗪、2-乙基-5-甲基吡嗪和2-乙酰基呋喃等整体呈先增后减的变化趋势,这与前人研究基本一致^[25-26]。

焙火对不同品种的武夷岩茶的影响有差异,主要表现为:水仙的香气组分以醇类和含氮化合物为主,肉桂则以醇类和醛类为主,水仙中含氮化合物的种类和含量都高于肉桂,而醛类的组分数量和含量都低于

肉桂。随着焙火程度的增加,2个品种的含氮化合物与醛类的变化趋势差异较大,且呈花果香的橙花叔醇、芳樟醇、香叶醇等主要香气物质的变化趋势差异也较大。

感官审评结果表明,适度的焙火能较好地改善武夷岩茶香气品质,但焙火程度过重也会有不良影响。不同焙火程度处理的水仙和肉桂样品,水仙品种兰花香品质特征形成于焙火3,此时香气得分最高,肉桂品种则是在焙火2时的香气得分最高;焙火4和焙火5处理的武夷岩茶都以高火香为主,花香散失。因此,水仙焙火3和肉桂焙火2可以作为武夷岩茶焙火适度的一个参考指标,对武夷岩茶加工技术及品质改进具有指导意义。

参 考 文 献

- [1] 施兆鹏. 茶叶加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 157-164.
- [2] 修明. 武夷岩茶品质特征及审评方法[J]. 中国茶叶加工, 2004(1): 39-40.
- [3] 刘洋, 胡军, 李海民, 等. 乌龙茶香气成分研究进展[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(33): 16 333-16 336.
- [4] 张婉婷, 张灵枝, 王登良. 乌龙茶加工工艺对香气成分影响的研究进展[J]. 广东茶叶, 2010(增刊1): 21-27.
- [5] 李少华, 刘安兴, 王飞权. 武夷岩茶制作工艺对茶叶品质的影响[J]. 武夷学院学报, 2015, 34(9): 11-14.
- [6] 黄福平, 陈荣冰, 梁月荣, 等. 乌龙茶做青过程中香气组成的动态变化及其与品质的关系[J]. 茶叶科学, 2003, 23(1): 31-37.
- [7] 黄艳, 孙威江. 闽南乌龙茶烘焙的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(5): 1 525-1 529.
- [8] CHEN Ying-jie, KUO Ping-chuang, YANG Mei-ling, et al. Effects of baking and aging on the changes of phenolic and volatile compounds in the preparation of old Tieguanyin oolong teas[J]. Food Research International, 2013, 53(2): 732-743.
- [9] XU hui-jing, WU ying, WEI qing, et al. Effect of different drying methods on the volatile compounds jinmudan oolong tea[J]. Tea, 2013, 39(4): 362-369.
- [10] 柴斐, 郭雯飞. 烘干大红袍和冰冻大红袍香气成分分析与比较[J]. 浙江大学学报: 理学版, 2010, 37(4): 459-462.
- [11] 王登良, 郭勤, 张大春. 传统焙火工序对岭头单枞乌龙茶品质影响的研究[J]. 茶叶科学, 2004, 24(3): 197-200.
- [12] 钟秋生, 林郑和, 陈常颂, 等. 烘焙温度对九龙袍品种乌龙茶生化品质的影响[J]. 茶叶科学, 2014, 34(1): 9-20.
- [13] 周雪芳. 焙火对乌龙茶挥发性化合物的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- [14] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 23776—2009 茶

- 叶感官审评方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [15] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 18745—2006 地理标志产品 武夷岩茶[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [16] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. (第三版). 北京: 中国农业出版社, 2003: 39—49.
- [17] 陈泉宾, 邬龄盛, 王振康. 烘焙工艺对乌龙茶美拉德反应产物的影响[J]. 茶叶科学技术, 2014(4): 29—31.
- [18] KUO Ping-chuang, LAI Yan-yu, CHEN ying-jie, et al. Changes in volatile compounds upon aging and drying in oolong tea production[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(2): 293—301.
- [19] BALDERMANN S, YANG Z, KATSUNO T, et al. Discrimination of green, oolong, and black teas by GC-MS analysis of characteristic volatile flavor compounds[J]. American Journal of Analytical Chemistry, 2014, 5(9): 620—632.
- [20] KRAUJALYTĖ, PELVAN E, ALASALVAR C. Volatile compounds and sensory characteristics of various instant teas produced from black tea[J]. Food Chem, 2016, 194: 864—872.
- [21] 郭雯飞. 茶叶香气生成机理的研究[J]. 中国茶叶加工, 1996(4): 34—37.
- [22] 陈荣冰, 张方舟. 丹桂与名优乌龙茶品种香气特征比较[J]. 茶叶科学, 1998, 18(2): 113—118.
- [23] 戴素贤, 谢赤军. 七种高香型乌龙茶香气成分的主成分分析[J]. 华南农业大学学报, 1999, 20(1): 113—117.
- [24] 朱慧, 陈树思, 周春娟, 等. 凤凰水仙和武夷水仙茶挥发成分的分析与比较[J]. 西南农业学报, 2016, 29(3): 545—551.
- [25] 胡海涛, 苗爱清. 乌龙茶香气组分及加工中变化研究进展[J]. 广东农业科学, 2002(6): 38—41.
- [26] 苗爱清, 舒爱民, 伍锡岳, 等. 乌龙茶加工过程中香气成分变化研究[J]. 中国茶叶, 2003, 25(4): 8—10.

Effects of baking technics on the volatile components and aroma characteristics of Wuyi mountain tea

ZHANG Li¹, ZHANG Lei¹, LUO Li-yong^{1,2}, PAN Cong-fei¹, ZENG Liang^{1,2*}

1(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

2(Tea Research Institute, Southwest University, Chongqing 400715, China)

ABSTRACT The effects of baking techniques on the volatile components and aroma characteristics of Wuyi mountain tea were studied. Two cultivars of named Shuixian and Rougui were processed by different baking techniques. Then aroma components of raw sample and baked samples were studied using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) combined with tea sensory evaluation. The results showed that 88 kinds of aroma components were detected, including 14 kinds of alcohols, 14 nitrogen compounds, 7 hydrocarbon compounds, 19 esters, 18 aldehydes, 12 ketones, 1 acid, 2 heterocyclic oxygen compounds and 1 sulfur compound. Alcohols, nitrogen compounds and aldehydes accounted are the most with the content of 35.58%, 20.28% and 19.25%, respectively. Besides, as the baking degree increased, the alcohols decreased while the esters and aldehydes were increased. Notably, the substances with an aroma of flowery and fruity such as dehydrogenation linalool, cis-3-hexenyl hexanoate, hexyl hexanoate increased first then decreased, and substances with an aroma of baked and caramel of 1-ethyl-1H-pyrrole showed an increasing trend while benzyl cyanide, 2,5-dimethylpyrazine, 2-ethyl-5-methyl pyrazine and 2-acetylfuran increased first then decreased. Additionally, the aroma components of Wuyi rock tea made from Shuixian and Rougui were significantly different. The aroma components of Shuixian were mainly alcohols and nitrogen compounds, while the main aroma in Rougui were alcohols and aldehydes. Moreover, with deep roasting, the changing pattern of the main aroma components, such as nitrogen compounds, aldehydes, nerolidol, linalool, geraniol, in Shuixian and Rougui were significantly different. According to the sensory evaluation, Shuixian at roasting degree 3 and Rougui at roasting degree 2 had better aroma quality, and a heavily-baked aroma were appeared in tea at roasting degree 4 and 5.

Key words baking; Shuixian; Rougui; Wuyi rock tea; aroma