

焙火时间对武夷岩茶肉桂香气品质的影响

詹宝珍^{1,2}, 吴志锋^{1,2}, 马春华^{2*}, 林志奎², 林河通¹

(1. 福建农林大学食品科学学院, 福州 350002; 2. 武夷学院茶与食品学院, 武夷山 354300)

摘要: 目的 探讨焙火时间对武夷岩茶(肉桂)香气品质的影响。**方法** 采用传统炭焙工艺处理[参数为温度(130±5) °C、时间持续 16 h]武夷肉桂毛茶, 以炭焙时间 4 h 间隔取样, 一共得到 5 个供测试样(毛茶、炭焙 4 h、炭焙 8 h、炭焙 12 h、炭焙 16 h), 样品前处理采用顶空-固相微萃取方法, 然后用气相色谱-质谱法分离鉴定其香气成分, 再结合感官审评方法评价炭焙过程中茶叶品质。**结果** 5 个待测样品分别鉴定出 50、48、38、60、54 种香气成分, 主要包括醇类、含氮化合物、碳氢化合物、酯类、醛类、酮类等, 其变化趋势是随着焙火时间的增加, 绝大多数醇类的相对含量有所降低, 而多数酯类的相对含量则增加; 具有焙火香的吡嗪类和吡咯类化合物在炭焙 12 h 后出现, 且炭焙前后的肉桂挥发性香气成分差异大。**结论** 焙火时间对肉桂茶叶香气有较大影响, 炭焙 12 h 的武夷岩茶肉桂品种香(桂皮香)和火功香显, 品质最佳。

关键词: 焙火时间; 肉桂; 香气成分; 感官品质

Effects of roasting time on the aroma quality of Wuyi rock tea Rougui

ZHAN Bao-Zhen^{1,2}, WU Zhi-Feng^{1,2}, MA Chun-Hua^{2*}, LIN Zhi-Luan², LIN He-Tong¹

(1. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;
2. College of Tea and Food Sciences, Wuyi University, Wuyishan 354300, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the effect of roasting time on the aroma quality of Wuyi rock tea (Rougui). **Methods** Rougui raw tea was treated by the traditional carbon roasting process [temperature (130±5) °C, duration 16 h], and sampled at intervals of 4 h, a total of 5 samples were obtained (raw tea, carbon roasting for 4, 8, 12 and 16 h). The samples were pretreated by headspace-solid phase microextraction, then the aroma components were separated and identified by gas chromatography-mass spectrometry, and the quality of tea during carbon roasting was evaluated by sensory evaluation. **Results** The 5 samples were identified as 50, 48, 38, 60, 54 kinds of aroma components, respectively, including alcohols, nitrogenous compounds, hydrocarbons, esters, aldehydes, ketones and other compounds. With the increase of roasting time, the relative content of most alcohols decreased, while most esters increased, pyrazines and pyrroles with roasting aroma appeared after 12 h of carbon roasting, and the volatile aroma components of Rougui differed greatly before and after carbon roasting. **Conclusion** The roasting time has great influence on the aroma of Rougui tea, the characteristic aroma (cinnamon-like aroma) and huogong aroma of Wuyi rock tea are significant after charcoal roasting for 12 h, and the tea quality is the best.

KEY WORDS: roasting time; Rougui; aroma components; sensory quality

基金项目: 武夷学院科技创新发展基金项目(2017y0076-01)、南平市自然基金项目(N2021J003)

Fund: Supported by the Science and Technology Innovation Development Fund Project of Wuyi University (2017y0076-01), and the Nanping Nature Fund (N2021J003)

*通信作者: 马春华, 博士, 教授, 主要研究方向为食品安全。E-mail: chma@wuyiu.edu.cn

*Corresponding author: MA Chun-Hua, Ph.D, Professor, College of Tea and Food Sciences, Wuyi University, Wuyishan 354300, China. E-mail: chma@wuyiu.edu.cn

0 引言

武夷岩茶(Wuyi rock tea)是乌龙茶的一种,产自福建省武夷山,兼具绿茶之清香,红茶之甘醇,且具有“岩韵”特征,深受消费群众的喜爱^[1]。武夷岩茶当家品种—肉桂,具有香气辛锐持久和特殊的桂皮香等品质特征。武夷岩茶的特性与制作过程有关,许多挥发性香气化合物在加工过程中产生,以醇类、醛类、酮类和酯类为主^[2]。茶树品种、加工方法、栽培环境也影响茶叶香气^[3-4]。在岩茶加工过程中,做青和焙火是形成岩茶品质的关键工序,焙火有电焙和炭焙两种,其中炭焙具有去杂、提香、浓味、增色、转味等作用,形成了武夷岩茶独特的“岩韵”,很大程度上提升了武夷岩茶的品质^[5-6]。

茶叶焙火时内含物质发生一系列化学反应,茶叶的香气发生一些转化,这对提高武夷岩茶品质发挥重要作用。目前关于武夷岩茶焙火的研究多集中在焙火程度和焙火方式对品质的影响等方面。张蕾等^[7]研究轻火、中火和足火这 3 种焙火程度对武夷岩茶的影响,发现其茶汤的香气、滋味和汤色等均发生不同的变化,轻火和中火处理比足火处理后的武夷岩茶品质更好。林永胜等^[8]研究了焙火方式对武夷岩茶品质的影响,结果发现经过烘干机、电烘箱和木炭焙笼 3 种方式处理的岩茶中生化成分含量均发生不同的变化,但木炭焙笼烘焙的岩茶香气纯正、滋味醇厚、岩韵明显。黄毅彪等^[9]对武夷岩茶瑞香进行热风连续焙火和热风间歇焙火 2 种焙火方式处理,结果发现 2 种方式处理的样品生化成分含量和香气成分的种类与含量都有所不同,间歇焙火的茶叶品质更好。然而采用传统炭焙工艺处理武夷肉桂,在一定的焙火条件下,焙火时间对武夷岩茶肉桂香气品质影响研究较少。

本研究采用顶空固相微萃取(headspace solid phase microextraction, HS-SPME)的方法对样品进行前处理,该法不需溶剂、集萃取与浓缩为一体^[10]。以武夷肉桂毛茶为实验材料,经过传统炭焙工艺处理[温度(130±5) °C、时间持续 16 h],以每隔 4 h 间隔取样测定,比较各阶段挥发性香气成分的差异,再结合感官审评方法分析焙火时间对茶叶香气品质的影响,为进一步研究焙茶的香气形成机制提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

武夷肉桂毛茶:福建省武夷山市旭岭岩茶厂提供,鲜叶于 2020 年春季,按照“开采面”标准采摘,然后按照“萎凋、做青、杀青、揉捻、干燥、挑拣、走水焙”一系列制作工艺制成毛茶。

Agilent 7890-7697A 气相色谱-质谱仪(美国 Agilent 公司); 50/30 μm DVB /CAR/PDMS 型萃取纤维、SPME 手柄(美国 Supelco 公司); RCT basic 型磁力搅拌器(德国 IKA 公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 样品制备

从毛茶开始取样,将肉桂毛茶装入焙笼(每笼摊叶 3.5 kg)中,置于温度(130±5) °C 炭炉上,焙火处理 16 h,每隔 4 h 取样一次,每次取样 100 g,一共取样 5 次,待茶样冷却后装入锡箔纸袋中,密封避光保存。测定前对茶样进行磨碎处理,过 40 目筛备用。

1.2.2 萃取香气

采用 HS-SPME 萃取方式,用气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)进行测定^[11]。测定步骤:称取 0.5 g 磨碎茶样放入 15 mL 顶空瓶中,倒入 5 mL 沸水和一粒磁力搅拌子,用带聚四氟乙烯材质垫片的带盖封口,将顶空瓶置于温度 60 °C 水浴和搅拌速度 250 r/min 的磁力搅拌器上平衡 10 min,插入萃取纤维萃取 50 min,萃取完成后在进样口 250 °C 解析 3 min。萃取纤维首次使用前,参照使用说明书进行老化。

1.2.3 气相色谱条件

色谱柱: Agilent HP-5MS 色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 程序升温 50 °C,保持 2 min,以 2 °C/min 升温至 80 °C,保持 4 min,5 °C/min 升至 180 °C,保持 5 min,10 °C/min 升至 220 °C,保持 10 min。载气是高纯氮气,载气流速设置为 1.0 mL/min,不分流进样。

1.2.4 质谱条件

使用电子轰击离子源;全离子扫描模式,扫描范围在 40~600 (*m/z*);离子源、四极杆和传输线温度分别为 230、150 和 280 °C。

1.2.5 茶叶感官审评方法

采用 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》的方法,邀请 10 名具有评茶资格和多年评茶经验的评茶员,以评语与评分相结合的方式对 5 个供测茶样进行感官审评。

1.2.6 数据处理

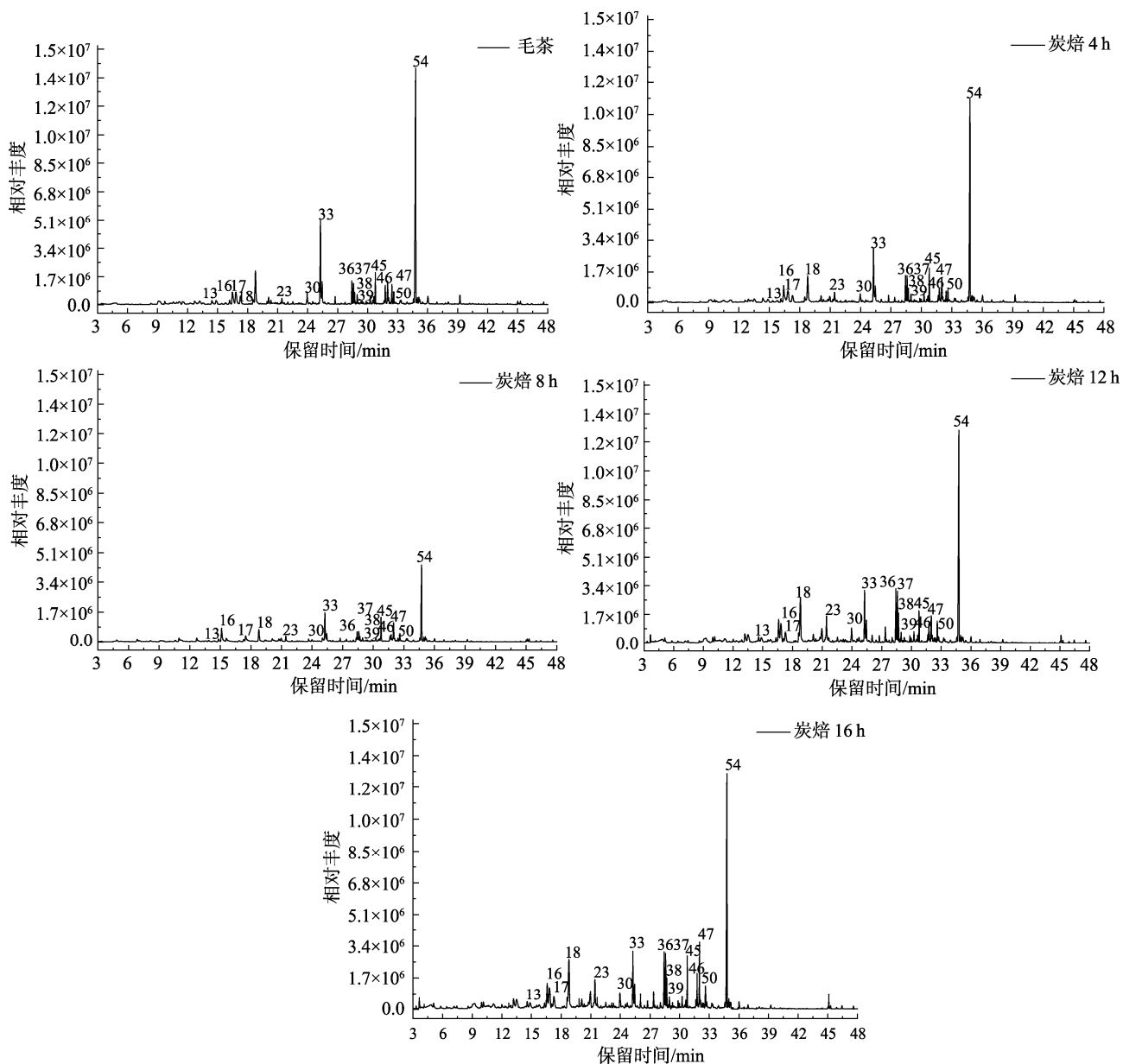
采用峰面积归一化法计算茶叶中挥发性香气化合物的相对含量。

2 结果与分析

2.1 武夷岩茶肉桂香气成分测定结果

5 个武夷岩茶肉桂样品经过气相色谱-质谱联用仪检测,总离子流色谱图见图 1。

气相色谱-质谱联用仪检测结果通过 Nist 11 谱图库对总离子流图的各峰谱图匹配检索,结合相关文献、保留时间、相对丰度等确定不同种类的挥发性香气成分,结果见表 1。



注: 图中数字为各色谱峰出现的顺序, 标注出峰值较明显的组分。

图 1 不同焙火时间武夷肉桂茶香气成分总离子流色谱图

Fig.1 Total ion flow chromatograms of aroma components of Wuyi Rougui tea at different roasting times

表 1 不同焙火时间武夷肉桂茶香气成分表

Table 1 Aroma components of Wuyi Rougui tea at different roasting times

| 序号 | 香气成分名称 | 保留时间/min | 相对含量/% | | | | | 香气特点 |
|----|-------------|----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | | | 毛茶 | 炭焙 4 h | 炭焙 8 h | 炭焙 12 h | 炭焙 16 h | |
| 1 | 己醛 | 3.32 | - | - | - | 0.14 | 0.20 | 青草气及苹果香 |
| 2 | N-乙基吡咯 | 3.64 | - | - | - | 0.72 | 1.58 | |
| 3 | 糠醛 | 4.13 | - | - | - | 2.56 | 3.99 | 烘烤香 |
| 4 | 2-庚酮 | 5.81 | - | - | - | 0.23 | 0.19 | 药香和果香 |
| 5 | 2,3,4-三甲基吡咯 | 7.16 | - | - | - | 0.47 | 0.56 | |
| 6 | 苯甲醛 | 8.32 | 2.08 | 1.97 | 2.24 | 2.27 | 2.96 | 苦杏仁味 |

表1(续)

| 序号 | 香气成分名称 | 保留时间/min | 相对含量/% | | | | | 香气特点 |
|----|--------------------------|----------|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|
| | | | 毛茶 | 炭焙 4 h | 炭焙 8 h | 炭焙 12 h | 炭焙 16 h | |
| 7 | 6-甲基庚烯酮 | 9.72 | 0.40 | 0.50 | 1.08 | 0.62 | 2.14 | 柠檬草香气 |
| 8 | 反,反-2,4-庚二烯醛 | 10.21 | 1.71 | - | - | - | - | 青草味 |
| 9 | 2-戊基呋喃 | 12.26 | 0.47 | 0.34 | 0.49 | 0.84 | 0.76 | 果香 |
| 10 | 柠檬烯 | 12.33 | - | - | - | 0.93 | 0.56 | 柠檬味 |
| 11 | 苯乙醛 | 12.70 | 2.20 | 1.43 | 0.79 | 0.30 | 1.49 | 风信子香 |
| 12 | 茶吡咯 | 12.93 | - | 2.02 | - | 3.19 | 4.34 | |
| 13 | 芳樟醇氧化物(呋喃类) | 14.43 | 2.64 | 3.13 | 2.56 | 2.44 | 2.54 | 花香 |
| 14 | 2-乙基-3,6-二甲基吡嗪 | 15.30 | - | - | - | 0.22 | 0.59 | 坚果类香气 |
| 15 | 芳樟醇 | 16.20 | 0.87 | 0.79 | 1.21 | 0.56 | 0.30 | 花香 |
| 16 | 二氢芳樟醇 | 16.48 | 7.35 | 9.18 | 7.32 | 6.99 | 8.63 | 花果香 |
| 17 | 苯乙醇 | 17.28 | 2.34 | 2.25 | 1.04 | 2.71 | 2.24 | 玫瑰花香 |
| 18 | 苯乙腈 | 18.54 | 0.99 | 6.98 | 9.78 | 8.50 | 7.93 | 芳香气味 |
| 19 | 3,5-二乙基-2-甲基-吡嗪 | 19.82 | - | - | - | 0.22 | 0.68 | 坚果类香气 |
| 20 | 3-羟基-2,2,6-三甲基-6-乙炔基四氢吡喃 | 20.34 | 0.58 | 0.42 | - | 0.47 | 0.73 | |
| 21 | 苯乙酸甲酯 | 20.78 | - | - | - | 0.95 | 0.73 | 豌豆香 |
| 22 | 邻甲基苯乙酮 | 20.96 | 0.29 | 1.29 | 1.37 | 2.42 | 2.68 | |
| 23 | 水杨酸甲酯 | 21.29 | 1.30 | 2.50 | 2.83 | 3.88 | 2.84 | 冬青油香 |
| 24 | 藏红花醛 | 21.66 | 0.25 | 0.40 | - | 0.79 | 1.13 | 花香 |
| 25 | 癸醛 | 22.03 | 0.28 | 0.23 | - | 0.26 | 0.12 | 花果香 |
| 26 | β -环柠檬醛 | 22.53 | 0.36 | 0.25 | - | 0.84 | 0.83 | 果香 |
| 27 | 松油烯 | 22.86 | - | 0.35 | - | 0.67 | - | |
| 28 | 顺-3-己烯基- α -甲基丁酸酯 | 23.13 | 0.17 | 0.21 | - | 0.46 | 0.50 | |
| 29 | 异戊酸己酯 | 23.31 | 0.07 | 0.08 | - | 0.31 | 0.21 | |
| 30 | 香叶醇 | 23.96 | 1.82 | 1.75 | 0.86 | 1.84 | 1.25 | 玫瑰花香 |
| 31 | α -亚乙基-苯乙醛 | 24.52 | 0.40 | 0.37 | 0.67 | 0.51 | 0.33 | 霉香、花香、蜜糖香 |
| 32 | β -紫罗兰酮 | 24.70 | - | - | - | 0.82 | 0.63 | 紫罗兰花香 |
| 33 | 吡嗪 | 25.28 | 11.35 | 7.58 | 10.59 | 4.85 | 3.27 | 橙香和茉莉花香 |
| 34 | 椰子醛 | 27.75 | 0.25 | 0.30 | - | 0.27 | - | 杏仁味、椰子香 |
| 35 | 2-丁基-2-辛烯醛 | 28.14 | - | - | - | 0.20 | 0.18 | |
| 36 | 己酸叶醇酯 | 28.42 | 2.34 | 3.11 | 2.99 | 3.94 | 3.46 | 果香 |
| 37 | 己酸己酯 | 28.59 | 1.98 | 2.77 | 3.29 | 3.34 | 2.40 | 青刀豆香气和果香 |
| 38 | 反-2-己烯己酸酯 | 28.70 | 1.27 | 1.51 | 1.21 | 1.94 | 1.42 | |
| 39 | 茉莉酮 | 28.96 | 1.23 | 1.00 | 1.09 | 0.94 | 0.82 | 茉莉花香 |
| 40 | 长叶烯 | 29.11 | 0.24 | - | - | - | - | 木香 |
| 41 | α -紫罗兰酮 | 29.85 | 0.32 | 0.42 | 0.55 | 0.56 | 0.35 | 紫罗兰香、木香 |
| 42 | β -丁酸苯乙酯 | 30.25 | 0.95 | 0.95 | 1.31 | 1.03 | 0.57 | |
| 43 | 反式异丁香酚 | 30.52 | 0.54 | 0.40 | 0.80 | 0.41 | 0.25 | |

表 1(续)

| 序号 | 香气成分名称 | 保留时间/min | 相对含量/% | | | | | 香气特点 |
|----|--------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| | | | 毛茶 | 炭焙 4 h | 炭焙 8 h | 炭焙 12 h | 炭焙 16 h | |
| 44 | 香叶基丙酮 | 30.63 | 0.78 | 0.66 | 0.64 | 0.60 | 0.43 | 花香 |
| 45 | (E)- β -法尼烯 | 30.77 | 2.97 | 3.29 | 5.38 | 2.10 | 2.68 | |
| 46 | 反式- β -紫罗兰酮 | 31.76 | 2.44 | 2.11 | 2.21 | 1.85 | 2.20 | 紫罗兰香 |
| 47 | 茉莉内酯 | 32.00 | 2.91 | 3.18 | 5.60 | 2.32 | 4.78 | 茉莉花香 |
| 48 | 丁位癸内酯 | 32.10 | 0.80 | 0.74 | 0.80 | 0.69 | 0.38 | 椰子香 |
| 49 | 十五烷 | 32.26 | 0.33 | - | - | - | - | |
| 50 | α -法尼烯 | 32.61 | 1.61 | 1.63 | 2.04 | 1.81 | 0.98 | 花香、青香 |
| 51 | 2,5-二叔丁基酚 | 32.80 | 0.60 | - | - | - | - | |
| 52 | 二氢猕猴桃内酯 | 33.35 | 0.61 | 0.52 | 0.50 | 0.35 | 0.21 | 香豆素香、麝香 |
| 53 | 顺式- α -双沙伯烯 | 33.94 | 0.49 | 0.55 | 0.75 | 0.45 | 0.38 | 香油气味 |
| 54 | 橙花叔醇 | 34.79 | 34.80 | 28.26 | 22.21 | 20.46 | 18.25 | 木香、花果香 |
| 55 | 顺式-3-己烯醇苯甲酸酯 | 34.97 | 0.93 | 0.97 | 1.27 | 0.77 | 0.82 | |
| 56 | 苯甲酸己酯 | 35.21 | 0.61 | 0.65 | 0.94 | 0.55 | - | |
| 57 | 十六烷 | 36.02 | 1.57 | 1.36 | - | - | - | |
| 58 | 十四烷醛 | 36.52 | - | - | - | 0.14 | - | 油脂气息, 略带柑橘香气 |
| 59 | 己烯雌酚 | 36.92 | - | - | 0.59 | 0.36 | - | |
| 60 | 3-甲基丁酸苯乙酯 | 37.77 | 0.15 | 0.18 | - | 0.13 | - | |
| 61 | 茉莉酸甲酯 | 38.06 | 0.37 | 0.41 | 0.54 | 0.27 | 0.23 | 茉莉花香 |
| 62 | 十三烷 | 40.20 | 0.19 | - | - | - | - | |
| 63 | 咖啡因 | 45.11 | 0.22 | 0.37 | 0.85 | 0.85 | 1.86 | |
| 64 | 植酮 | 45.28 | 0.39 | 0.22 | 0.72 | 0.24 | 0.20 | |
| 65 | 叶绿醇 | 46.43 | - | 0.19 | 0.47 | 0.28 | 0.12 | |
| 66 | 棕榈酸甲酯 | 47.60 | 0.19 | 0.23 | 0.42 | 0.17 | 0.10 | |
| | 相对面积 | | 1.92×10^9 | 1.63×10^9 | 8.22×10^8 | 2.70×10^9 | 2.50×10^9 | |

注:“-”表示该香气成分未检测到。

2.2 武夷岩茶肉桂在焙火过程中各类香气成分的对比及差异分析

由表 1 可知, 从武夷岩茶肉桂中共鉴定出 66 种化合物, 毛茶、炭焙 4 h、炭焙 8 h、炭焙 12 h、炭焙 16 h 分别鉴定出 50 种、48 种、38 种、60 种和 54 种化合物, 共有香气化合物 35 种, 主要是以醇类、含氮化合物、碳氢化合物、酯类、醛类和酮类等化合物为主。5 个供测茶样香气相对面积分别为 1.92×10^9 、 1.63×10^9 、 8.22×10^8 、 2.70×10^9 、 2.50×10^9 。焙火时间对香气组分类别的影响, 见图 2。武夷岩茶香气组成分主要是醇类, 含氮化合物、酯类、醛类和酮类, 其次是碳氢化合物、杂氧化合物和其他化合物, 这与张丽等^[12]采用维力茶叶烘焙机进行焙火处理武夷岩茶

肉桂的研究结果一致。此外, 炭焙 12 h 茶样比其他 4 个茶样检测出更多种类的酯类和醛类化合物, 毛茶中有较多种类的碳氢化合物, 而炭焙 16 h 茶样与其他 4 个茶样相比之下, 酯类和碳氢化合物的种类相对较少, 样品炭焙 4 h 中含氮化合物的种类相对较少, 样品炭焙 8 h 中酯类、醛类和碳氢化合物的种类最少。在鉴定结果中, 橙花叔醇、芳樟醇及其氧化物、二氢芳樟醇、苯乙醇、香叶醇、苯乙腈、吲哚、己酸叶醇酯、己酸己酯、反-2-己烯己酸酯、茉莉酮、水杨酸甲酯、(E)- β -法尼烯、反式- β -紫罗兰酮、茉莉内酯、苯甲醛 16 种香气成分较丰富, 形成武夷岩茶肉桂的香气基础, 与前人研究结果相对一致^[13]。焙火过程中武夷岩茶肉桂各类香气成分的分析如图 2。

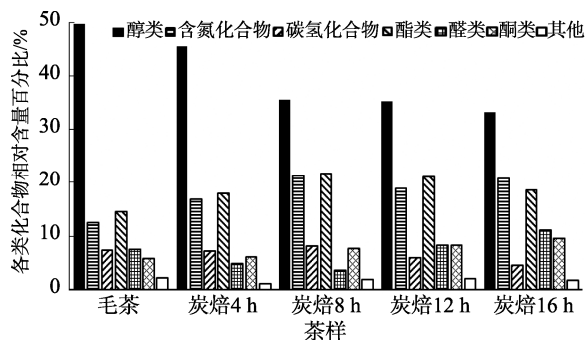


图 2 不同焙火时间武夷肉桂茶香气成分组成

Fig.2 Aroma components of Wuyi Rougui tea at different roasting times

2.2.1 醇类

醇类化合物具有特殊的花香或果实香,可分为脂肪族醇、芳香族醇和萜烯醇类^[14]。由表 1、图 2 可知,醇类在武夷岩茶肉桂的芳香物质组成中占比最大,但随焙火时间的增加,醇类物质总量呈现下降趋势。其中,毛茶、炭焙 4 h、炭焙 8 h、炭焙 12 h、炭焙 16 h 中醇类物质分别占总挥发物的 49.8%、45.5%、35.7%、35.3%、33.3%,含量较多的是橙花叔醇、二氢芳樟醇、苯乙醇、芳樟醇及芳樟醇氧化物、香叶醇。毛茶中呈木香和花果香的橙花叔醇相对含量最高,随着炭焙时间延长而降低,有研究表明作为乌龙茶最主要的特征性香气,橙花叔醇的含量影响茶叶的品质^[15]。毛茶中呈木香和花果香的橙花叔醇相对含量最高,为 34.8%,说明该武夷岩茶肉桂毛茶品质较好。但随着炭焙时间延长,橙花叔醇相对含量降低,这是由于长期处于高温条件下,导致橙花叔醇挥发和部分损失^[16]。芳樟醇的香气特征表现为花香,其相对含量呈波动性变化,在炭焙 8 h 含量最高;二氢芳樟醇和呈现花香的芳樟醇氧化物的相对含量在炭焙 4 h 时含量最为丰富;具有玫瑰花香的苯乙醇和香叶醇在炭焙 8 h 含量最低。总之,焙火时间越长,醇类物质含量越少,可能是由于醇类物质在热力作用下,进一步氧化反应产生酮类物质和酯类物质;也有可能是高温促使部分低沸点的醇类香气物质挥发^[17]。

2.2.2 含氮化合物

共检测出的 8 种含氮化合物,在茶叶香气化合物中平均占比有 18.1%,分别是吡啶、苯乙腈、咖啡因和吡嗪类及吡咯类化合物。在炭焙过程中,具有火功香的 3,5-二乙基-2-甲基-吡嗪、2,3,4-三甲基吡咯等吡嗪类和吡咯类物质在茶样中产生,可能是由于在长时间的热力作用下,促进茶叶中氨基酸和糖类的 Maillard 反应和焦糖化反应^[18]。而且此类物质在未焙火的毛茶中并未出现,但经过焙火处理后,随着焙火时间的增加,相对含量也随之增加,在炭焙 16 h 时含量最高。吡啶在毛茶中含量最高,是茶叶中橙香和茉莉花香的重要贡献者;咖啡因含量在焙火过程中也呈

增长趋势,在炭焙 16 h 时含量最高。

2.2.3 碳氢化合物

共有 9 种碳氢化合物被检出,在挥发性香气化合物中的占比较少,平均占比为 6.7%,其中不饱和烃在茶叶香气形成的过程中发挥重要的作用,含量最为丰富的是(*E*)- β -法尼烯,其次是 α -法尼烯、顺式- α -双沙伯烯,随焙火时间的增加, (*E*)- β -法尼烯、 α -法尼烯和顺式- α -双沙伯烯含量均呈先上升后下降的趋势,在炭焙 8 h 时含量最高,分别为 5.38%、2.04%、0.75%。此外,长叶烯、十五烷和十三烷仅在毛茶中检出;而具有柠檬味的柠檬烯仅在炭焙 12 h 和炭焙 16 h 时出现。

2.2.4 酯类

酯类在香气成分中种类是最多的,共有 16 种,其含量平均为 18.8%。酯类物质在武夷岩茶香气的形成中发挥重大的作用,香气特点是花香。酯类中己酸叶醇酯、己酸己酯和水杨酸甲酯在焙火过程中整体上呈先增后减的趋势,均在炭焙 12 h 茶样中含量最高,分别为 3.94%、3.34%和 3.88%。带有特殊的茉莉花香气的茉莉内酯是乌龙茶的主要香气成分,在焙火过程中呈现波动性变化,在炭焙 8 h 时含量最高。二氢猕猴桃内酯在毛茶中含量最高,为 0.61%,它作为类胡萝卜素的降解产物,香气特征主要表现为香豆素香和麝香,对提高茶叶香气品质具有一定的贡献^[19]。

2.2.5 醛类

醛类物质主要是花果香的重要贡献者^[20]。一共检测出 12 种醛类成分,其含量随着炭焙时间延长呈现先下降后上升趋势,相对含量平均占比 7.1%。其中,苯甲醛和苯乙醛是茶叶中重要的苯丙氨酸挥发物^[21],分别在炭焙 16 h 和毛茶时含量最高,含量分别为 2.96%、2.20%。具有青草气味的反-2,4-庚二烯醛仅在毛茶中检出,而具有烘烤香的糠醛仅在炭焙 12 h 和炭焙 16 h 检出,说明传统炭焙工艺可以消除粗茶中自带的青草气,通过热力作用促进茶叶内含物质发生熟化作用、异构化作用、氧化作用和后熟作用,从而提高和改善茶叶的香气品质^[22]。

2.2.6 酮类

酮类物质共检出 9 种,在茶叶香气组分中平均含量为 7.5%。酮类物质中 α -紫罗兰酮和 β -紫罗兰酮均在炭焙 12 h 茶样中含量最高,反式- β -紫罗兰酮在毛茶中的含量最高。这可能是由于在长时间高温条件下促进类胡萝卜素氧化降解^[23]。茉莉酮在毛茶中含量最高,随着焙火时间的增加逐渐降低。

2.2.7 其他化合物

共检出 2 种杂氧化合物,2-戊基呋喃和 3-羟基-2,2,6-三甲基-6-乙炔基四氢吡喃,分别在炭焙 12 h 和炭焙 16 h 时含量最高。酚类物质如反式异丁香酚在焙火过程中呈现波动性变化,在炭焙 8 h 时含量最高,达到 0.8%。

2.3 焙火时间对武夷岩茶肉桂感官品质的影响

由表 2 可知,武夷岩茶肉桂品质受焙火时间的影响,

随着炭焙时间的延长,茶样的外形条索变成紧结,青褐色泽的干茶由转变为乌褐光泽,浅黄的汤色变为明亮清澈橙红,毛茶中微弱的青草气散失,花果香逐渐浓郁,再到桂皮香和火功香突显,醇厚爽口的滋味,在炭焙 12 h 和炭焙 16 h 茶样中有较明显的回甘;叶底颜色逐渐加深,这与卢莉等^[24]感官审评研究结果相对一致。

通过传统炭焙工艺处理,武夷岩茶肉桂香气品质得到很大的提升。毛茶感官审评得分最低,有微弱的青草气;

炭焙 4 h 与毛茶相比,审评得分差异不大,具有浓郁的花果香;在炭焙 8 h 时香气品质得到很大提升,花果香浓郁、持久;在焙火 12 h 时桂皮香明显,并开始显露火功香,感官审评得分最高,均高于毛茶及其他 3 个焙火处理茶样;炭焙 16 h 得分也较高,与炭焙 12 h 两者相比之下,火功香更足,但焙火时间过长,不利于香气的形成和发展。从感官审评结果中可见,以炭焙 12 h 品质最佳,感官审评得分最高。

表 2 焙火时间对武夷肉桂茶的感官品质的影响
Table 2 Effects of roasting times on sensory qualities of Wuyi Rougui tea

| 茶样 | 外形权重 20% | | 汤色权重 5% | | 香气权重 30% | | 滋味权重 35% | | 叶底权重 10% | | 总分 |
|---------|------------|----|---------|----|-------------|----|----------|----|----------|----|------|
| | 评语 | 评分 | 评语 | 评分 | 评语 | 评分 | 评语 | 评分 | 评语 | 评分 | |
| 毛茶 | 条索较紧结、青褐 | 85 | 浅橙黄、稍浑 | 86 | 桂皮香和微弱的青草气 | 86 | 较鲜醇、微涩 | 85 | 青褐、软亮 | 84 | 85.3 |
| 炭焙 4 h | 条索较紧结、青褐较润 | 85 | 橙黄、稍浑 | 86 | 花果香浓郁 | 88 | 较醇厚、微涩 | 85 | 青褐、软亮 | 86 | 86.1 |
| 炭焙 8 h | 条索紧结、较乌润 | 89 | 浅橙红、较明亮 | 90 | 花果香浓郁、持久 | 89 | 较醇厚、略有回甘 | 88 | 深褐、较软亮 | 91 | 88.9 |
| 炭焙 12 h | 条索紧结、乌润 | 90 | 橙红、明亮 | 91 | 桂皮香和火功香显、持久 | 91 | 醇厚爽口、回甘显 | 91 | 乌褐、较软亮 | 93 | 91.0 |
| 炭焙 16 h | 条索紧结、乌润 | 90 | 橙红、明亮 | 90 | 火功香突显、持久 | 90 | 醇厚爽口、回甘显 | 90 | 乌褐、较软亮 | 92 | 90.2 |

3 结论与讨论

本研究采用传统炭焙工艺[温度(130±5)℃、时间持续 16 h]把武夷岩茶肉桂毛茶加工成精制茶,探讨不同焙火时间对茶叶香气品质的影响。经过 GC-MS 鉴定分析,共有 66 种香气成分从茶样中检出,毛茶、炭焙 4 h、炭焙 8 h、炭焙 12 h、炭焙 16 h 分别鉴定出 50 种、48 种、38 种、60 种和 54 种化合物,炭焙 12 h 茶样的香气成分种类最多,可见延长烘焙时间,茶叶香气成分种类并没有随之增多,主要呈香物质含量呈现出不同的变化趋势^[25]。并且这 5 个供测试样的香气相对面积呈波动性变化,分别为 1.92×10^9 、 1.63×10^9 、 8.22×10^8 、 2.70×10^9 、 2.50×10^9 ,在炭焙 12 h 时香气相对面积最大。可能是由于焙火过程中美拉德反应受到茶叶中糖类、氨基酸底物浓度等各种因素的影响,美拉德产物小分子挥发性产物总量不断变化,从而导致香气相对面积呈现不同变化^[26-27]。

在感官审评中,茶叶的外形、汤色、香气、滋味和叶底的转变主要是由于在高温烘焙下,武夷岩茶叶面温度升高,失水加快,外形上条索更加紧结,并且茶叶内含物质发生一系列化学反应,生成褐黑色的吡嗪、呋喃类物质^[28]。可见焙火是武夷岩茶精制加工中品质形成的关键工序。

有研究发现,在一定程度上香气成分的种类和含量可以影响茶叶的香气特征^[29]。香气特征主要表现为花香和

果香的醇类物质的相对含量在毛茶中最高,具有青草气味的反,反-2,4-庚二烯醛和具有木香的长叶烯仅毛茶中检出,并且有含量较高的木香、花香的橙花叔醇和吡嗪,使毛茶具有桂皮香和微弱的青草气;炭焙 4 h 茶样中芳樟醇氧化物(呋喃类)、二氢芳樟醇含量最大,并有较丰富的苯乙醇、苯乙腈、水杨酸甲酯、己酸己酯、茉莉酮、茉莉内酯、橙花叔醇,这些物质赋予茶样浓郁的花果香;在炭焙 8 h 时,具有花香的芳樟醇、苯乙腈含量最高,6-甲基庚烯酮、二氢芳樟醇、水杨酸甲酯、吡嗪、茉莉酮、 α -紫罗兰酮、茉莉内酯、 α -法尼烯、橙花叔醇含量也较为丰富,形成了茶样花果香浓郁、持久的香气特点;到了炭焙 12 h 时,茶样开始出现具有烘烤香的糠醛、2-乙基-3,6-二甲基吡嗪和 3,5-二乙基-2-甲基-吡嗪,2-戊基呋喃、水杨酸甲酯含量达到最高,且具有豌豆香的苯乙酸甲酯,以及较为丰富的苯甲醛、癸醛、椰子醛、己酸叶醇酯、己酸己酯、茉莉酮、 α -紫罗兰酮、反式- β -紫罗兰酮、橙花叔醇等,构成了桂皮香和火功香显、持久的香气基础;随着焙火时间的增加,炭焙 16 h 茶样中具有火功香的吡嗪类和吡咯类物质持续增加,但不适宜的持续高温仅使香气组分失调,有损茶叶品质^[30],而茶叶挥发性成分中具有清新花香的芳香组分(橙花叔醇、芳樟醇)的相对含量有所减少,具有果香的芳香组分(己酸己酯)相对含量有所增加,再到具有火功香的吡嗪类和吡咯类物质的出现并逐渐增加,致使武夷岩茶肉桂的香气发

生毛茶中微弱的青草气散失,花果香逐渐浓郁和持久,再到桂皮香和火功香突显的变化。显然,炭焙 12 h 茶样的香气品质比其他 4 个茶样更优,感官审评得分最高。对此,武夷岩茶肉桂作为我国特有的一种高香型茶,因其含有丰富的苯甲醛、苯乙醛、芳樟醇及其氧化物、二氢芳樟醇、苯乙醇、苯乙腈、水杨酸甲酯、香叶醇、吲哚、己酸叶醇酯、己酸己酯、反-2-己烯己酸酯、茉莉酮、(E)- β -法尼烯、反式- β -紫罗兰酮、茉莉内酯、 α -法尼烯、橙花叔醇等挥发性物质表现为独特而高锐的品种香(桂皮香)^[31]。

除此之外,与前人采用不同焙火方式对武夷岩茶品质的影响研究相比^[12],各香气组分的种类和含量均存在不同差异,例如传统炭焙工艺处理的武夷岩茶肉桂中具有含氮化合物含量及种类相对较低,大部分是具烘烤香味的吡嗪类、吡咯类化合物;而酯类物质含量相对较高,主要包括具有花果香的己酸叶醇酯、己酸己酯和水杨酸甲酯等。可见炭焙工艺与其他焙火工艺对香气物质的影响是不同的。

综上所述,炭焙工艺参数为温度(130±5) °C、时间 12 h,可作为武夷岩茶肉桂加工成精制茶的技术参考,对提高茶叶的品质具有现实意义。当然,针对不同消费者饮用武夷岩茶的嗜好性,采用不同火功程度或焙火次数方可满足消费者的需求。此外,武夷岩茶品质还与焙火方式、设备、焙火次数、焙火温度等因素有关,这些因素对武夷岩茶品质的影响还有待深入探讨。

参考文献

- [1] 林燕萍. 武夷岩茶“岩韵”成因分析与品鉴要领[J]. 武夷学院学报, 2018, 37(5): 6–10.
LIN YP. Genetic analysis and tasting essentials of “rock charm” of Wuyi rock tea [J]. J Wuyi Univ, 2018, 37(5): 6–10.
- [2] 查昱旻, 吴悠, 张梁. 茶叶中挥发性香气物质研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(13): 4298–4303.
ZHA MY, WU Y, ZHANG L. Research progress of volatile aroma compounds in tea [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(13): 4298–4303.
- [3] 施莉婷, 江和源, 张建勇, 等. 茶叶香气成分及其检测技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(12): 347–351.
SHI LT, JIANG HY, ZHANG JY, *et al.* Research progress of tea aroma components and their detection technology [J]. Food Ind Sci Technol, 2018, 39(12): 347–351.
- [4] 黄绍斌, 吴成建. 浅谈武夷岩茶产地与岩韵[J]. 中国茶叶, 2018, 40(11): 21–25.
HUANG SB, WU CJ. A brief talk on the origin and rhyme of Wuyi rock tea [J]. Chin Tea, 2018, 40(11): 21–25.
- [5] 徐茂兴. 武夷岩茶精制加工之炭焙工艺[N]. 闽北日报, 2020-09-04(007).
XU MX. Charcoal baking process for refining Wuyi rock tea [N]. Minbei Daily, 2020-09-04(007).
- [6] 占琪, 任洪涛, 杨雪梅, 等. 电焙和炭焙武夷岩茶与常规烘焙铁观音香气成分分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2018, 33(1): 113–119.
ZHAN Q, REN HT, YANG XM, *et al.* Analysis of aroma components of electric baked and carbon baked Wuyi rock tea and conventional baked Tieguanyin [J]. J Yunnan Agric Univ (Nat Sci), 2018, 33(1): 113–119.
- [7] 张蕾, 林燕清, 罗理勇, 等. 焙火程度对武夷岩茶品质特性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(9): 41–46.
ZHANG L, LIN YQ, LUO LY, *et al.* Effect of baking degree on quality characteristics of Wuyi rock tea [J]. Food Mach, 2017, 33(9): 41–46.
- [8] 林永胜, 罗婵玉, 陈忠林, 等. 不同精制烘焙工艺对武夷岩茶品质的影响[J]. 福建茶叶, 2016, 38(4): 7–10.
LIN YS, LUO CY, CHEN ZL, *et al.* Effects of different refined baking processes on the quality of Wuyi rock tea [J]. Fujian Tea, 2016, 38(4): 7–10.
- [9] 黄毅彪, 林燕萍, 张见明, 等. 焙火方式对武夷岩茶瑞香品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(11): 124–128, 200.
HUANG YB, LIN YP, ZHANG JM, *et al.* Effects of baking methods on the quality of Ruixiang of Wuyi rock tea [J]. Food Res Dev, 2020, 41(11): 124–128, 200.
- [10] ZHANG WJ, CAO JX, LI ZG, *et al.* HS-SPME and GC/MS volatile component analysis of Yinghong No.9 dark tea during the pile fermentation process [J]. Food Chem, 2021, 357: 129654.
- [11] 陈林, 余文权, 张应根, 等. 基于 SDE 和 HS-SPME/GC-MS 的乌龙茶香气组成特征分析[J]. 茶叶科学, 2019, 39(6): 692–704.
CHEN L, YU WQ, ZHANG YG, *et al.* Analysis of aroma composition characteristics of Oolong tea based on SDE and HS-SPME/GC-MS [J]. Tea Sci, 2019, 39(6): 692–704.
- [12] 张丽, 张蕾, 罗理勇, 等. 焙火工艺对武夷岩茶挥发性组分和品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(7): 186–193.
ZHANG L, ZHANG L, LUO LY, *et al.* Effects of baking process on volatile components and quality of Wuyi rock tea [J]. Food Ferment Ind, 2017, 43(7): 186–193.
- [13] 邱晓红, 张丹丹, 韦航, 等. 基于 PTR-TOF-MS 与 GC-MS 技术的武夷水仙和武夷肉桂香气特征分析[J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(7): 1195–1201.
QIU XH, ZHANG DD, WEI H, *et al.* Analysis of aroma characteristics of Wuyi *Narcissus* and Wuyi cinnamon based on PTR-TOF-MS and GC-MS [J]. Res Dev Nat Prod, 2018, 30(7): 1195–1201.
- [14] 宛晓春. 茶叶生物化学(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
WAN XC. Tea biochemistry (third edition) [M] Beijing: China Agricultural Publishing House, 2003.
- [15] 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.
HUANG FP, CHEN RB, LIANG YR, *et al.* Dynamic changes of aroma composition and its relationship with quality during green making of Oolong tea [J]. Tea Sci, 2003, 23(1): 31–37.
- [16] MA C, QU Y, ZHANG Y, *et al.* Determination of nerolidol in teas using headspace solid phase microextraction–gas chromatography [J]. Food Chem, 2014, 152(1): 285–290.
- [17] 陈金华, 王英姿, 黄建安. 不同烘焙温度对大红袍香气成分的影响[J]. 茶叶通讯, 2020, 47(3): 433–442.
CHEN JH, WANG YZ, HUANG JAN. Effects of different baking temperatures on aroma components of Dahongpao [J]. Tea Commun, 2020, 47(3): 433–442.
- [18] 林燕萍, 龙乐, 张见明, 等. 不同火功处理的武夷岩茶“白鸡冠”品质差异探究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(17): 90–95.

- LIN YP, LONG L, ZHANG JM, *et al.* Quality differences of Wuyi rock tea "white chicken crown" treated with different fire skills [J]. *Food Res Dev*, 2020, 41(17): 90–95.
- [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]. *Am J Anal Chem*, 2014, 5(9): 620–632.
- [20] 张丽. 焙火工艺对武夷岩茶品质的影响研究[D]. 重庆: 西南大学, 2018.
ZHANG L. Effect of baking process on the quality of Wuyi rock tea [D]. Chongqing: Southwest University, 2018.
- [21] KRAUJALYT V, PELVAN E, ALASALVAR C. Volatile compounds and sensory characteristics of various instant teas produced from black tea [J]. *Food Chem*, 2016, 194: 864–872.
- [22] 林修琪, 梁桂妹, 林彩虹. 焙火对乌龙茶挥发性化合物的影响[J]. *食品安全导刊*, 2021, (28): 110–111.
LIN XQ, LIANG GM, LIN CH. Effect of baking on volatile compounds of Oolong tea [J]. *China Food Saf Magaz*, 2021, (28): 110–111.
- [23] HO CT, ZHENG X, LI S. Tea aroma formation [Z]. 2015.
- [24] 卢莉, 王飞权, 林秀国, 等. 传统炭焙工艺过程中武夷岩茶品质变化规律研究[J]. *食品科技*, 2018, 43(5): 77–82.
LU L, WANG FQ, LIN XG, *et al.* Study on quality change law of Wuyi rock tea during traditional charcoal baking process [J]. *Food Sci Technol*, 2018, 43(5): 77–82.
- [25] 杨彩霞, 王瑶, 汪艳蛟, 等. 不同烘焙条件下成品滇红茶香气及化学成分的变化[J]. *现代食品科技*, 2021, 37(9): 242–251.
YANG CX, WANG Y, WANG YJ, *et al.* Changes of aroma and chemical components of Yunnan black tea under different baking conditions [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2021, 37(9): 242–251.
- [26] 孙丽平, 汪东风, 徐莹, 等. pH 和加热时间对美拉德反应挥发性产物的影响[J]. *食品工业科技*, 2009, 30(4): 122–125.
SUN LP, WANG DF, XU Y, *et al.* Effects of pH and heating time on volatile products of Maillard reaction [J]. *Food Ind Sci Technol*, 2009, 30(4): 122–125.
- [27] 王丽, 张杨玲, 林芷青, 等. 不同焙火程度对武夷水仙品质和抗氧化活性的影响[J]. *食品工业*, 2021, 42(2): 179–182.
WANG L, ZHANG YL, LIN ZQ, *et al.* Effects of different baking degrees on quality and antioxidant activity of Wuyi *Narcissus* [J]. *Food Ind*, 2021, 42(2): 179–182.
- [28] 周玲. 乌龙茶香气挥发性成分及其感官性质分析[D]. 重庆: 西南大学, 2006.
ZHOU L. Analysis of aroma volatile components and sensory properties of Oolong tea [D]. Chongqing: Southwest University, 2006.
- [29] 陈泉宾, 邹龄盛, 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, 42.
CHEN QB, WU LS, WANG ZK. Effect of baking process on Maillard reaction products of Oolong tea [J]. *Tea Sci Technol*, 2014, (4): 29–31, 42.
- [30] 徐邢燕. 基于代谢组学的武夷肉桂茶不同烘焙程度、等级及地域品质差异研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2020.
XU XY. Study on different baking degree, grade and regional quality of Wuyi cinnamon tea based on metabonomics [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2020.
- [31] 毕婉君, 郑玉成, 柳镇章, 等. 乌龙茶 ATD-GC-MS 检测方法优化及不同等级肉桂乌龙茶香气成分分析[J/OL]. *食品科学*: 1-17. [2021-12-12]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CAPJ&dbname=CAPJLAST&filename=SPKX2021101500P&uniplatform=NZKPT&v=3RABDEYpQvltPhWhYHvzfeSE5wThEbv16FVao3_RGti_nXyqCyF1FBMorOdoawn
- BI WJ, ZHENG YC, LIU ZZ, *et al.* Optimization of detection method of Oolong tea by ATD-GC-MS and analysis of aroma components of different grades of cinnamon Oolong tea [J/OL]. *Food Sci*: 1-17. [2021-12-12]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CAPJ&dbname=CAPJLAST&filename=SPKX2021101500P&uniplatform=NZKPT&v=3RABDEYpQvltPhWhYHvzfeSE5wThEbv16FVao3_RGti_nXyqCyF1FBMorOdoawn

(责任编辑: 韩晓红 郑 丽)

作者简介



詹宝珍, 硕士, 主要研究方向为食品加工技术。

E-mail: 1243315082@qq.com



马春华, 博士, 教授, 主要研究方向为食品安全。

E-mail: chma@wuyiu.edu.cn