

# 不同萎凋方式对武夷红茶“金骏眉”品质的影响

林燕萍<sup>1</sup>,张渤<sup>1</sup>,张见明<sup>2</sup>,陈荣冰<sup>1\*</sup>,黄毅彪<sup>1</sup>

(1.武夷学院茶与食品学院,福建武夷山354300;2.武夷学院生态与资源工程学院,福建武夷山354300)

**摘要:**以武夷红茶“金骏眉”为试验对象,研究不同萎凋方式对“金骏眉”感官品质、主要生化成分、挥发性香气成分的影响。结果表明:通过感官审评发现热风萎凋处理的“金骏眉”香气呈花果香、稍青,滋味甜醇略涩;自然萎凋处理的“金骏眉”香气花果蜜香馥郁、滋味甜醇甘爽。热风萎凋、自然萎凋处理得到的茶多酚、茶红素、茶褐素含量差异显著。试验共鉴定出72种成分,其中醇类13种、含氮类10种、内酯类2种、醛类7种、碳氢类20种、酮类9种、杂氧类1种、酯类10种。自然萎凋处理挥发性香气成分峰面积高于热风萎凋处理。热风萎凋与自然萎凋处理香气成分共存在15个差异显著代谢物,其中热风萎凋处理10个代谢物显著高于自然萎凋。自然萎凋处理具有花香、果香的香气成分反式芳樟醇氧化物、香叶醇、水杨酸甲酯含量高于热风萎凋处理。

**关键词:**武夷红茶;金骏眉;萎凋方式;感官品质;生化成分;香气成分

## Effects of Different Withering Methods on the Quality of Bohea Tea “Jinjunmei”

LIN Yan-ping<sup>1</sup>,ZHANG Bo<sup>1</sup>,ZHANG Jian-ming<sup>2</sup>,CHEN Rong-bing<sup>1\*</sup>,HUANG Yi-biao<sup>1</sup>

(1.College of Tea and Food Science, Wuyi University, Wuyishan 354300,Fujian, China;2.College of Ecology and Resources Engineering, Wuyi University, Wuyishan 354300,Fujian, China)

**Abstract:**With bohea tea “Jinjunmei” as the test object, the effects of different withering methods on sensory quality, main biochemical components and volatile aromatic components were studied. Sensory evaluation indicated that “Jinjunmei” leaves dried by hot air withering produced flowery, fruity aromas, slightly green and sweet, mellow, slightly astringent taste, while “Jinjunmei” leaves dried by natural withering yielded a fragrant flowery, fruity and honey aroma, with a sweet and mellow taste. There were significant differences in the polyphenol, thearubin, and theanine content of leaves withered naturally or with hot air. Seventy-two different aromatic compounds were detected, including 13 alcohols, 10 nitrogenous compounds, 2 lactones, 7 aldehydes, 20 hydrocarbons, 9 ketones, 1 heterooxygenate and 10 esters. The total peak area of aroma components in naturally withered leaves was higher than that in hot air withered leaves. There were 15 significant metabolites of aromatic compounds in both hot air and naturally withered leaves. Ten of these metabolites were significantly higher in hot air withered leaves than in naturally withered leaves. The contents of trans linalool oxide, geraniol, and methyl salicylate were higher in naturally withered leaves than in hot air withered leaves.

**Key words:**Bohea tea; Jinjunmei; withering method; sensory quality; biochemical components; aromatic components

基金项目:中央引导地方科技发展专项(2020L3031、2019L3012);武夷学院科研项目(XQ201302);福建省科技厅项目(201611008、2016S0045);福建省科技厅科技创新平台项目(2018N2004);福建省科技厅对外合作项目(201910020)

作者简介:林燕萍(1985—),女(汉),副教授,硕士,研究方向:茶叶栽培、加工与审评。

\*通信作者:陈荣冰(1950—),男,研究员,研究方向:茶树栽培与育种。

引文格式:

林燕萍,张渤,张见明,等.不同萎凋方式对武夷红茶“金骏眉”品质的影响[J].食品研究与开发,2021,42(19):78-85.

LIN Yanping, ZHANG Bo, ZHANG Jianming, et al. Effects of Different Withering Methods on the Quality of Bohea Tea “Jinjunmei”[J]. Food Research and Development, 2021, 42(19):78-85.

产于武夷山国家级自然保护区内的正山小种红茶是世界红茶的始祖<sup>[1]</sup>。红茶因品质独特,颇受广大消费者的喜爱,其销量占全球茶叶销量的80%左右<sup>[2]</sup>。“金骏眉”红茶是在正山小种红茶传统工艺基础上,采用创新工艺研发的高端红茶<sup>[3]</sup>。萎凋为红茶品质的形成奠定了物质基础。随着萎凋的进行,细胞膜透性增加,鲜叶中也展开了各种反应,鲜叶经萎凋后,部分香气物质发生了明显的变化<sup>[4]</sup>。武夷山桐木关“金骏眉”萎凋一般采用自然萎凋<sup>[5]</sup>。部分茶农采用电烘箱进行热风萎凋,这种萎凋方式对品质的影响有待研究。目前科研工作者已开展了萎凋对红茶品质影响的相关研究。陈键等<sup>[6]</sup>研究表明热风萎凋的萎凋效率最高,远红外地暖加温萎凋恒温控制效果最好,自然萎凋茶样有较好的感官风味。邓倩等<sup>[7]</sup>研究室内自然萎凋、紫外线照射、做青3种萎凋方式对红茶品质的影响,以室内自然萎凋效果最好。孙云南等<sup>[8]</sup>研究表明通过调温调湿萎凋、做青/摇青萎凋等处理过程,云抗10号红茶中主体香气组成没有改变,但对相对含量有明显的影响。张娅楠等<sup>[9]</sup>研究表明随萎凋程度的加重,茶多酚、儿茶素总量表现出减少的趋势。乔小燕等<sup>[10]</sup>研究表明日光和鼓风萎凋对金萱红茶香型差异性有积极作用。抽湿萎凋和碰青工艺则增强香气的丰富度和持久性。AI Z Y 等<sup>[11]</sup>研究表明黄光处理的茶叶感官评分、儿茶素、茶黄素、氨基酸和香气成分的含量均最高。YE Y T 等<sup>[12]</sup>研究表明,适度萎凋工夫红茶比长时间萎凋好,适度萎凋和长时间萎凋均优于不萎凋。科研工作者还开展了对武夷红茶的相关研究<sup>[13-18]</sup>。然而不同萎凋方式对武夷红茶“金骏眉”品质的影响尚未见报道。本文以武夷红茶“金骏眉”为试验对象,研究不同萎凋方式对“金骏眉”感官品质、主要生化成分、挥发性香气成分的影响,以期对红茶加工提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

鲜叶来自武夷山国家级自然保护区桐木村,选用武夷老枞菜茶单芽。热风萎凋处理(RW)温度26℃,湿度62%~75%,萎凋时间2.58 h。自然萎凋处理(ZW)萎凋温度13℃~20℃,湿度68%~90%,萎凋时间20.88 h。

### 1.2 试验试剂

氯化钠、乙酸乙酯、甲醇、碳酸氢钠、碳酸钠、碱式乙酸铅、草酸、正丁醇、茚三酮、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、浓硫酸、氯化亚锡(以上均为分析纯)、福林酚试剂(生物试剂):国药集团化学试剂有限公司;正己烷(色谱纯):默克 Merck 公司。

### 1.3 仪器与设备

7890B-7000D 气质联用仪:美国安捷伦有限公司;MM400 球磨仪:德国莱驰公司;MS105DU 电子天平:梅特勒-托利多有限公司;BSA224S 电子天平:赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;UV-3200PC 紫外可见分光光度计:上海美谱达有限公司;DL-6CH-4 烘焙机:泉州得力农林机械厂。

### 1.4 方法

#### 1.4.1 感官审评方法

按照 GB/T 23776—2018《感官审评方法》和 DB35/T 1228—2015《地理标志产品 武夷红茶》对武夷红茶“金骏眉”进行感官审评。

#### 1.4.2 主要生化成分的测定

水浸出物的测定:参照 GB/T 8305—2013《茶水浸出物测定》。茶多酚的测定:参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量检测方法》。氨基酸的测定:参照 GB/T 8314—2013《茶游离氨基酸含量的测定》。咖啡碱的测定:参照 GB/T 8312—2013《茶咖啡碱测定》。可溶性糖、茶黄素、茶红素和茶褐素:参照文献[19]中的方法。

#### 1.4.3 挥发性香气成分的测定

##### 1.4.3.1 茶叶香气成分的萃取

采用顶空固相微萃取(headspace solid-phase micro-extraction, HS-SPME)提取茶叶香气成分。从-80℃冰箱中取出样品进行液氮研磨,涡旋混合均匀。准确称取1g茶样加入到20mL固相微萃取顶空瓶,加入1mL饱和氯化钠溶液。采用全自动化样本萃取检测,进样前250℃老化纤维头5min,样品放入振荡器,60℃加热10min,让萃取瓶内香气物质达到平衡,再将纤维头推出,在60℃条件下吸附20min,结束后插入进样口解吸5min,气相色谱质谱联用仪(gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS)开始进行样本检测;解吸完

成后将纤维头插入老化装置 250 °C 老化 5 min。

#### 1.4.3.2 茶叶香气成分的分析条件

采用 GC-MS 对试验茶样的香气成分进行检测。气相色谱仪 (gas chromatograph, GC) 和质谱仪 (mass spectrometer, MS) 具体分析条件如下。

GC 条件: DB-5MS 色谱柱 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm), 程序升温 40 °C, 保持 5 min, 以 6 °C/min 升温至 280 °C, 保持 5 min; 进样口 250 °C; 无分流; 传输线 280 °C; 载气为 He, 柱流速 1.0 mL/min。

MS 条件: EI 源 70 eV; 离子源温度 230 °C, 四极杆温度 150 °C; 质量扫描范围质荷比 (m/z) 30~350, 间隔 1 s。

#### 1.4.3.3 定性与定量方法

化合物的定性方法为搜索美国国家标准与技术研究院 (National Institute of Standards and Technology, NIST) 的商业数据库 20 版本 (简称 NIST20), 参考 www.chemicalbook.com 网站检索对检测结果进行确

认, 并按照匹配度 ≥ 80% 进行筛选。

#### 1.4.4 数据处理

生化成分含量采用 SPSS 21.0 进行统计分析。将香气成分数据导入到 SIMCA14.1, 进行主成分分析 (principal component analysis, PCA)、正交偏最小二乘判别分析 (orthogonal partial least squares discrimination analysis, OPLS-DA)。结合 t 检验的 P 值 (P < 0.05)、差异倍数 (fold change, FC) (FC > 1.50 或 < 0.67) 和变量投影重要性指标 (variable importance in the projection, VIP) 值 (VIP ≥ 1.00) 筛选出差异显著化合物。FC 值为热风萎凋 (RW) 处理“金骏眉”香气成分峰面积与自然萎凋 (ZW) 峰面积比值。采用 Origin 2018 绘制主成分得分图。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官审评特征

不同萎凋方式的“金骏眉”感官品质如表 1 所示。

表 1 不同萎凋方式对“金骏眉”感官品质的影响

Table 1 Effects of different withering methods on sensory quality of “Jinjunmei”

处理	外形 (25%)		汤色 (10%)		香气 (25%)		滋味 (30%)		叶底 (10%)		总分
	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	
热风萎凋 (RW)	芽头卷曲苗秀, 金黄黑相间	95.00 <sup>a</sup>	橙黄明亮	94.00 <sup>a</sup>	花果香、稍青	91.67 <sup>b</sup>	甜醇略涩	92.00 <sup>b</sup>	嫩红、匀亮	93.00 <sup>a</sup>	92.97 <sup>b</sup>
自然萎凋 (ZW)	芽头卷曲苗秀, 金黄黑相间	95.67 <sup>a</sup>	橙黄明亮	94.00 <sup>a</sup>	花果蜜香馥郁	97.00 <sup>a</sup>	甜醇甘爽	97.33 <sup>a</sup>	嫩红、匀亮	93.00 <sup>a</sup>	96.07 <sup>a</sup>

注: 表中同列不同小写字母表示在 P < 0.05 差异显著。

根据 DB35/T 1228—2015 《地理标志产品 武夷红茶》进行审评, 热风萎凋 (RW) 处理的“金骏眉”香气呈花果香、稍青、滋味甜醇略涩; 自然萎凋 (ZW) 处理的“金骏眉”花果蜜香馥郁、滋味甜醇甘爽。在外形、汤色、叶底方面, 热风萎凋 (RW) 处理、自然萎凋 (ZW) 处理“金骏眉”的感官品质得分差异不显著。陈键等<sup>[6]</sup>研究

表明热风萎凋效率高, 香气品质好, 但涩味重; 自然萎凋感官风味较好, 与本研究结果相似。

### 2.2 不同萎凋方式对“金骏眉”主要生化成分的影响

不同萎凋方式的“金骏眉”水浸出物、茶多酚、氨基酸、咖啡碱、茶黄素、茶红素、茶褐素、可溶性糖含量如表 2 所示。

表 2 不同萎凋方式对“金骏眉”主要生化成分的影响

Table 2 Effects of different withering methods on the main biochemical components of “Jinjunmei”

处理	水浸出物	茶多酚	氨基酸	咖啡碱	茶黄素	茶红素	茶褐素	mg/g
								可溶性糖
热风萎凋 (RW)	403.53 ± 45.34 <sup>a</sup>	215.69 ± 21.36 <sup>a</sup>	25.96 ± 1.85 <sup>a</sup>	39.47 ± 1.06 <sup>a</sup>	3.56 ± 0.32 <sup>a</sup>	22.13 ± 1.69 <sup>b</sup>	43.29 ± 1.79 <sup>b</sup>	54.17 ± 0.91 <sup>a</sup>
自然萎凋 (ZW)	417.24 ± 39.17 <sup>a</sup>	153.41 ± 18.71 <sup>b</sup>	27.75 ± 1.42 <sup>a</sup>	37.70 ± 1.49 <sup>a</sup>	3.43 ± 0.29 <sup>a</sup>	28.23 ± 2.51 <sup>a</sup>	51.18 ± 2.42 <sup>a</sup>	55.75 ± 0.86 <sup>a</sup>

注: 表中同列不同小写字母表示在 P < 0.05 差异显著, 结果以平均值 ± 标准差表示。

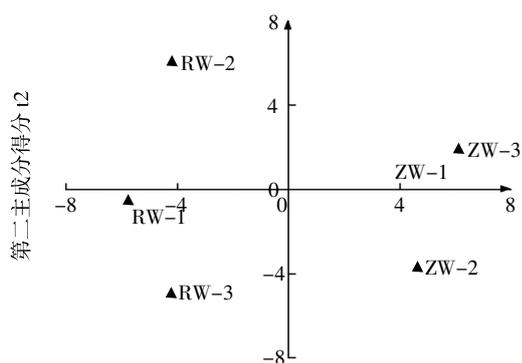
由表 2 可知, 热风萎凋 (RW)、自然萎凋 (ZW) 处理的武夷红茶“金骏眉”茶多酚、茶红素、茶褐素含量差异显著; 水浸出物、氨基酸、咖啡碱、茶黄素、可溶性糖含量差异不显著。茶黄素会进一步氧化形成茶红素。茶褐素是由茶黄素和茶红素进一步氧化聚合而成的褐色高聚物<sup>[20]</sup>。自然萎凋茶多酚含量较少, 而茶红素和茶褐素含量更高, 是因为茶多酚进一步氧化产生茶红素、茶褐素。构成红茶滋味的物质比例适宜、组成协调, 是形成

红茶良好品质的基础<sup>[21]</sup>。自然萎凋处理武夷红茶“金骏眉”感官品质优于热风萎凋处理, 可能是因为各组分相对协调。可见, 热风萎凋 (RW)、自然萎凋 (ZW) 处理的武夷红茶“金骏眉”茶多酚、茶红素、茶褐素含量差异显著。

### 2.3 香气成分分析

#### 2.3.1 香气成分 PCA、OPLS-DA 分析

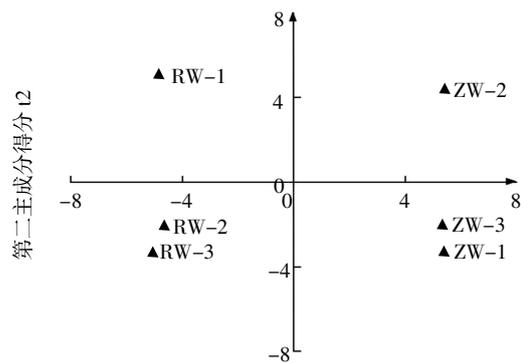
香气成分 PCA、OPLS-DA 主成分得分如图 1 和图 2 所示。



第一主成分得分 t1

图1 得分图(PCA)

Fig.2 Score plot(PCA)



第一主成分得分 t1

图2 得分图(OPLS-DA)

Fig.2 Score plot(PCA)

应用 GC-MS 检测不同萎凋处理武夷红茶“金骏眉”的挥发性成分,以检测的挥发性成分峰面积为指标进行 PCA(图 1)、OPLS-DA 分析(图 2),发现热风萎凋处理(RW)与自然萎凋处理(ZW)各聚成一簇,区分显著,说明热风萎凋处理(RW)与自然萎凋处理的“金

骏眉”挥发性物质存在明显差异。

### 2.3.2 香气成分分析

热风萎凋(RW)与自然萎凋(ZW)处理武夷红茶“金骏眉”香气成分峰面积如表 3 所示。

由表 3 可知,热风萎凋(RW)与自然萎凋(ZW)处

表 3 “金骏眉”香气成分峰面积  
Table 3 Peak area of aroma components in “Jinjunmei”

编号	物质	物质分类	热风萎凋(RW)		自然萎凋(ZW)	
			峰面积	占比/%	峰面积	占比/%
1	芳樟醇	醇类	21 561 515.41	5.08	21 923 944.26	4.46
2	反式芳樟醇氧化物	醇类	8 617 493.76	2.03	13 974 074.93	2.84
3	香叶醇	醇类	53 046 433.04	12.49	84 415 151.65	17.18
4	反式橙花叔醇	醇类	215 871.56	0.05	107 940.60	0.02
5	叶醇	醇类	2 455 835.64	0.58	2 626 745.87	0.53
6	苯甲醇	醇类	41 547 160.46	9.78	33 685 734.81	6.86
7	橙花醇	醇类	2 254 867.18	0.53	1 937 683.23	0.39
8	2-苯乙醇	醇类	96 242 163.55	22.66	88 139 600.96	17.94
9	戊烯醇	醇类	1 051 399.96	0.25	916 518.07	0.19
10	二氢芳樟醇	醇类	1 306 220.20	0.31	1 274 147.27	0.26
11	环戊醇	醇类	571 210.27	0.13	954 488.33	0.19
12	植物醇	醇类	13 990.82	0.00	34 706.87	0.01
13	α-松油醇	醇类	119 8967.51	0.28	1 309 848.70	0.27
14	甲基吡嗪	含氮类	117 331.75	0.03	66 986.87	0.01
15	2,5-二甲基吡嗪	含氮类	80 073.88	0.02	37 827.18	0.01
16	乙基吡嗪	含氮类	24 0915.56	0.06	145 722.68	0.03
17	乙基甲基吡嗪	含氮类	123 038.59	0.03	50 232.07	0.01
18	2-乙酰基吡咯	含氮类	219 247.87	0.05	124 594.60	0.03
19	2,5-二甲基-3-乙基吡嗪	含氮类	95 385.32	0.02	52 077.01	0.01
20	吡嗪	含氮类	263 662.18	0.06	138 643.92	0.03
21	1-乙基-1H-吡咯	含氮类	127 625.42	0.03	91 538.23	0.02
22	N-乙基琥珀酰亚胺	含氮类	1 230 041.92	0.29	852 872.55	0.17
23	苯乙腈	含氮类	131 640.45	0.03	120 082.51	0.02
24	茉莉内酯	内酯类	202 281.16	0.05	146 320.96	0.03
25	二氢猕猴桃内酯	内酯类	143 659.90	0.03	144 042.38	0.03
26	藏红花醛	醛类	202 133.35	0.05	187 504.62	0.04

续表3 “金骏眉”香气成分峰面积  
Continue table 3 Peak area of aroma components in “Jinjunmei”

编号	物质	物质 分类	热风萎凋(RW)		自然萎凋(ZW)	
			峰面积	占比/%	峰面积	占比/%
27	2-甲基丁醛	醛类	537 473.43	0.13	893 996.90	0.18
28	己醛	醛类	858 397.86	0.20	373 334.19	0.08
29	糠醛	醛类	574 489.43	0.14	470 720.97	0.10
30	苯甲醛	醛类	5 437 199.71	1.28	5 026 901.76	1.02
31	苯乙醛	醛类	7 636 519.84	1.80	7 328 778.13	1.49
32	2,4-二甲基苯甲醛	醛类	292 724.73	0.07	227 758.32	0.05
33	$\delta$ -3-烯	碳氢类	24 176 105.44	5.69	30 779 618.19	6.26
34	$\gamma$ -萜品烯	碳氢类	1 047 371.29	0.25	1 293 906.03	0.26
35	柠檬烯	碳氢类	5 441 768.66	1.28	6 257 044.45	1.27
36	$\alpha$ -法尼烯	碳氢类	1 326 624.47	0.31	846 779.89	0.17
37	去氢白菖烯	碳氢类	2 464 932.64	0.58	2 024 141.16	0.41
38	1,2-二氢-1,1,6-三甲基-萘	碳氢类	57 308.19	0.01	40 765.32	0.01
39	十四烷	碳氢类	1 360 916.67	0.32	101 0118.22	0.21
40	十五烷	碳氢类	4 706 871.09	1.11	4 248 735.60	0.86
41	十六烷	碳氢类	723 989.03	0.17	501 809.63	0.10
42	十七烷	碳氢类	153 351.28	0.04	132 186.94	0.03
43	$\beta$ -蒎烯	碳氢类	47 128 299.08	11.10	58 205 379.70	11.85
44	对二甲苯	碳氢类	22 362.41	0.01	12 021.82	0.00
45	1-甲基-3-(1-甲基乙基)-苯	碳氢类	2 058 817.57	0.48	2 357 404.70	0.48
46	1-甲基-3-(1-甲基乙基)-苯	碳氢类	1 735 361.80	0.41	1 884 098.39	0.38
47	2-甲基-十七烷	碳氢类	48 491.46	0.01	55 279.49	0.01
48	五甲基环戊二烯	碳氢类	3 340 788.38	0.79	3 688 250.69	0.75
49	$\alpha$ -柏木烯	碳氢类	212 060.01	0.05	196 991.58	0.04
50	2-甲基-6-亚甲基-1,7-辛二烯	碳氢类	389 451.49	0.09	534 152.81	0.11
51	3,6,6-三甲基-双环(3.1.1)庚-2-烯	碳氢类	18 635 335.17	4.39	23 337 109.25	4.75
52	对薄荷脑 1,5,8-三烯	碳氢类	2 503 129.91	0.59	2 879 957.47	0.59
53	$\alpha$ -紫罗兰酮	酮类	169 389.62	0.04	111 950.03	0.02
54	$\beta$ -紫罗兰酮	酮类	1 910 707.22	0.45	1 536 441.28	0.31
55	植酮	酮类	35 145.90	0.01	35 040.07	0.01
56	4-甲基-3-戊烯-2-酮	酮类	172 102.96	0.04	121 692.27	0.02
57	2-庚酮	酮类	312 729.16	0.07	266 387.43	0.05
58	甲基异己烯基酮	酮类	1 556 801.66	0.37	1 152 715.74	0.23
59	苯乙酮	酮类	234 145.11	0.06	148 359.96	0.03
60	3,5-辛二烯-2-酮	酮类	4 733 936.59	1.11	2 028 612.10	0.41
61	顺-茉莉酮	酮类	1 234 981.83	0.29	917 822.14	0.19
62	乙酰呋喃	杂氧类	159 707.49	0.04	102 393.54	0.02
63	乙酸己烯酯	酯类	62 347.62	0.01	53 401.17	0.01
64	苯甲酸甲酯	酯类	83 318.82	0.02	55 365.16	0.01
65	乙酸苜酯	酯类	682 362.93	0.16	464 067.49	0.09
66	辛酸乙酯	酯类	3 401 670.15	0.80	3 314 584.92	0.67
67	水杨酸甲酯	酯类	38 089 898.65	8.97	66 514 963.25	13.54
68	顺-3-己烯己酸酯	酯类	1 501 146.49	0.35	1 736 343.92	0.35
69	棕榈酸甲酯	酯类	199 254.02	0.05	211 200.09	0.04
70	苯甲酸 2-甲基丙酯	酯类	57 366.47	0.01	66 204.91	0.01
71	乙酸甲酯	酯类	180 852.90	0.04	199 232.82	0.04
72	松油烯 4-乙酸酯	酯类	3 746 976.41	0.88	4 232 879.87	0.86

理“金骏眉”样品中共检出挥发性成分72种,其中醇类13种、含氮类10种、内酯类2种、醛类7种、碳氢类20种、酮类9种、杂氧类1种、酯类10种。热风萎凋处理含量较高的成分有2-苯乙醇、香叶醇、 $\beta$ -蒎烯、苯甲醇、水杨酸甲酯、 $\delta$ -3-烯、芳樟醇、3,6,6-三甲基-双环(3.1.1)庚-2-烯、反式芳樟醇氧化物、苯乙醛、柠檬烯、苯甲醛、3,5-辛二烯-2-酮、十五烷。自然萎凋(ZW)处理含量较高的成分有2-苯乙醇、香叶醇、水杨酸甲酯、 $\beta$ -蒎烯、苯甲醇、 $\delta$ -3-烯、3,6,6-三甲基-双环(3.1.1)庚-2-烯、芳樟醇、反式芳樟醇氧化物、苯乙醛、柠檬烯、苯甲醛、十五烷。热风萎凋(RW)与自然萎凋(ZW)处理“金骏眉”香气成分类型如表4所示。

表4 “金骏眉”香气成分类型  
Table 4 Types of aroma components in “Jinjunmei”

类别	热风萎凋(RW)				自然萎凋(ZW)			
	峰面积	占比/%	数量		峰面积	占比/%	数量	
醇类	230 083	129.36	54.18	13	251 300	585.57	51.15	13
含氮类	2 628	962.93	0.62	10	1 680	577.62	0.34	10
内酯类	345	941.06	0.08	2	290	363.34	0.06	2
醛类	15 538	938.34	3.66	7	14 508	994.89	2.95	7
碳氢类	117 533	336.02	27.68	20	140 285	751.31	28.55	20
酮类	10 359	940.07	2.44	9	6 319	021.01	1.29	9
杂氧类	159	707.49	0.04	1	102	393.54	0.02	1
酯类	48 005	194.47	11.30	10	76 848	243.59	15.64	10
总量	424 655	149.73	100	72	491 335	930.88	100	72

由表4可知,热风萎凋(RW)与自然萎凋(ZW)处理“金骏眉”香气成分峰面积为424 655 149.73、491 335 930.88。自然萎凋(ZW)处理“金骏眉”挥发性香气成分峰面积高于热风萎凋(RW)处理。热风萎凋(RW)、自然萎凋(ZW)处理醇类分别占54.18%、51.15%,含量较高的成分为2-苯乙醇、香叶醇、苯甲醇、芳樟醇、二氢芳樟醇。含氮类分别为0.62%、0.34%,含量较高的成分为N-乙基琥珀酰亚胺、吡啶、乙基吡嗪。内酯类分别为0.08%、0.06%,含量较高的成分为茉莉内酯。醛类分别为3.66%、2.95%,含量较高的成分为苯乙醛、苯甲醛。碳氢类分别为27.68%、28.55%,含量较高的成分为 $\beta$ -蒎烯、 $\delta$ -3-烯、3,6,6-三甲基-双环(3.1.1)庚-2-烯。酮类分别为2.44%、1.29%,含量较高的成分为3,5-辛二烯-2-酮、甲基异己烯基酮、 $\beta$ -紫罗兰酮、顺-茉莉酮。杂氧类成分乙酰呋喃分别为0.04%和0.02%。酯类分别为11.30%、15.64%,含量较高的成分有水杨酸甲酯、辛酸乙酯、顺-3-己烯己酸酯。可见,自然萎凋(ZW)处理“金骏眉”挥发性香气峰面积高于热风萎凋(RW)处理。武夷红茶“金骏眉”香气成分以醇类、碳氢类、酯

类、醛类和酮类为主,本研究结果与侯冬岩等<sup>[13]</sup>、刘春丽等<sup>[14]</sup>类似。

### 2.3.3 热风萎凋(RW)与自然萎凋(ZW)处理“金骏眉”香气成分差异分析

香气成分差异显著化合物如表5所示。

表5 香气成分差异显著化合物  
Table 2 Significant difference compounds of aroma components

编号	物质	P值	FC值	VIP	香气特点
1	反式芳樟醇氧化物	0.043	1.622	1.314	似甜花香、柠檬香、果香
2	香叶醇	0.024	1.591	1.369	似花香、玫瑰花香
3	环戊醇	0.020	1.671	1.341	
4	叶绿醇	0.001	2.481	1.483	
5	甲基吡嗪	0.003	0.571	1.485	烘焙香
6	2,5-二甲基吡嗪	0.042	0.472	1.362	烘焙香
7	乙基吡嗪	0.019	0.605	1.414	烘焙香
8	乙基甲基吡嗪	0.027	0.408	1.429	烘焙香
9	2-乙酰基吡咯	0.006	0.568	1.422	烘焙香
10	2,5-二甲基-3-乙基吡嗪	0.003	0.546	1.467	烘焙香
11	己醛	0.016	0.435	1.451	青草香
12	$\alpha$ -法尼烯	0.015	0.638	1.368	青草香及藜香
13	$\alpha$ -紫罗兰酮	0.023	0.661	1.345	柔和木香
14	苯乙酮	0.026	0.634	1.439	花香、果香
15	水杨酸甲酯	0.002	1.746	1.485	冬青油香、薄荷香

统计分析发现,热风萎凋(RW)与自然萎凋(ZW)处理“金骏眉”香气成分共存在15个差异显著化合物(VIP>1.00,FC>1.50或<0.67,P<0.05)。热风萎凋(RW)处理10个化合物显著高于自然萎凋(ZW)(VIP>1.00,FC<0.67,P<0.05),具体物质为甲基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、乙基吡嗪、乙基甲基吡嗪、2-乙酰基吡咯、2,5-二甲基-3-乙基吡嗪、己醛、 $\alpha$ -法尼烯、 $\alpha$ -紫罗兰酮、苯乙酮。甲基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、乙基吡嗪、乙基甲基吡嗪、2-乙酰基吡咯、2,5-二甲基-3-乙基吡嗪具有烘焙香,但在样品中所占的比重不高。自然萎凋(ZW)处理5个化合物显著高于热风萎凋(RW)(VIP>1.00,FC>1.5,P<0.05),具体物质为反式芳樟醇氧化物、香叶醇、环戊醇、叶绿醇、水杨酸甲酯。反式芳樟醇氧化物似甜花香、柠檬香、果香,香叶醇似花香、玫瑰花香,水杨酸甲酯似冬青油香、薄荷香,这些成分含量较高,且自然萎凋(ZW)处理挥发性香气成分峰面积高于热风萎凋(RW)处理。这可能是自然萎凋(ZW)处理“金骏眉”花果蜜香较为馥郁的原因。

### 3 结论

以武夷红茶“金骏眉”为试验对象,研究不同萎凋

方式对“金骏眉”感官品质、主要生化成分、挥发性香气成分的影响。结果表明:通过感官审评发现热风萎凋(RW)处理的“金骏眉”香气呈花果香、稍青、滋味甜醇略涩;自然萎凋(ZW)处理的“金骏眉”花果蜜香馥郁、滋味甜醇甘爽。热风萎凋(RW)、自然萎凋(ZW)处理的武夷红茶“金骏眉”茶多酚、茶红素、茶褐素含量差异显著;水浸出物、氨基酸、咖啡碱、茶黄素、可溶性糖含量差异不显著。自然萎凋(ZW)茶多酚含量较少,而茶红素和茶褐素含量更高,是因为茶多酚进一步氧化产生茶红素、茶褐素。共鉴定出的72种挥发性成分,其中醇类13种、含氮类10种、内酯类2种、醛类7种、碳氢类20种、酮类9种、杂氧类1种、酯类10种。自然萎凋(ZW)处理“金骏眉”挥发性香气成分峰面积高于热风萎凋(RW)处理。武夷红茶“金骏眉”香气成分以醇类、碳氢类、酯类、醛类和酮类为主。热风萎凋(RW)与自然萎凋(ZW)处理“金骏眉”香气成分共存在15个差异显著化合物。热风萎凋(RW)处理“金骏眉”10个化合物显著高于自然萎凋(ZW)。反式芳樟醇氧化物似甜花香、柠檬香、果香,香叶醇似花香、玫瑰花香,水杨酸甲酯冬青油香、薄荷香,这些成分含量较高,且自然萎凋(ZW)处理“金骏眉”挥发性香气成分峰面积高于热风萎凋(RW)处理,可能是自然萎凋(ZW)处理“金骏眉”花果蜜香较为馥郁的原因。

#### 参考文献:

- [1] 邹新球. 武夷正山小种红茶独特品质成因概述[J]. 福建林业科技, 2007, 34(4): 185-188.  
ZOU Xinqiu. Analysis of unique quality of Lapsang souchong in Wuyishan Mountain[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2007, 34(4): 185-188.
- [2] 薛金金, 尹鹏, 张建勇, 等. 工夫红茶品质化学成分及加工工艺研究进展[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(18): 219-224.  
XUE Jinjin, YIN Peng, ZHANG Jianyong, et al. Research progress on quality-related chemical components and processing technology of congou black tea[J]. Food Research and Development, 2020, 41(18): 219-224.
- [3] 林燕萍, 张渤, 郭雅玲. “武夷茶主题游学”课程设计与实践[J]. 武夷学院学报, 2020, 39(7): 66-71.  
LIN Yanping, ZHANG Bo, GUO Yaling. Curriculum design and practice of Wuyi tea subject study course[J]. Journal of Wuyi University, 2020, 39(7): 66-71.
- [4] 张娅楠, 欧伊伶, 覃丽, 等. 红茶中香气物质的形成及工艺对其影响的研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(11): 351-357.  
ZHANG Yanan, OU Yiling, QIN Li, et al. Research progress on the formation of aroma substances and its influence of processes in black tea[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(11): 351-357.
- [5] 刘德荣, 叶常春. 正山小种红茶“金骏眉”的制造技术[J]. 中国茶叶加工, 2010(1): 28-29.  
LIU Derong, YE Changchun. The processing of Jinjunmei, a product of Lapsang Souchong black tea[J]. China Tea Processing, 2010(1): 28-29.
- [6] 陈键, 王丽丽, 杨军国, 等. 不同萎凋方式工夫红茶工艺与品质的比较[J]. 茶叶学报, 2016, 57(4): 200-204.  
CHEN Jian, WANG Lili, YANG Junguo, et al. Effect of varied withering on quality of black tea[J]. Acta Tea Sinica, 2016, 57(4): 200-204.
- [7] 邓倩, 黄敏周, 黎敏, 等. 不同萎凋方式对桂香18号制工夫红茶感官品质的影响[J]. 广西农学报, 2020, 35(1): 40-43.  
DENG Qian, HUANG Minzhou, LI Min, et al. Effects of different methods of withering on sensory quality of congou black tea prepared with Guixiang No.18[J]. Journal of Guangxi Agriculture, 2020, 35(1): 40-43.
- [8] 孙云南, 许燕, 夏丽飞, 等. 不同萎凋处理对“云抗10号”红茶香气成分的影响[J]. 西南农业学报, 2019, 32(5): 1039-1044.  
SUN Yunnan, XU Yan, XIA Lifei, et al. Effect of different withering methods on aroma components of ‘Yunkang 10’ black tea[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2019, 32(5): 1039-1044.
- [9] 张娅楠, 缪有成, 欧伊伶, 等. 萎凋程度对夏暑红茶滋味香气的影响[J]. 食品科技, 2019, 44(1): 85-90.  
ZHANG Yanan, MIAO Youcheng, OU Yiling, et al. Effect of withering degree on flavour and aroma of black tea[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(1): 85-90.
- [10] 乔小燕, 操君喜, 吴华玲, 等. 不同萎凋方式和碰青工艺对红茶挥发性成分的影响[J]. 热带作物学报, 2017, 38(8): 1572-1577.  
QIAO Xiaoyan, CAO Junxi, WU Hualing, et al. Effects of different withering measures and Peng-qing treatments on volatile flavor compounds of black tea[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2017, 38(8): 1572-1577.
- [11] AI Z Y, ZHANG B B, CHEN Y Q, et al. Impact of light irradiation on black tea quality during withering[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 54(5): 1212-1227.
- [12] YE Y L, DONG C W, LUO F, et al. Effects of withering on the main physical properties of withered tea leaves and the sensory quality of congou black tea[J]. Journal of Texture Studies, 2020, 51(3): 542-553.
- [13] 侯冬岩, 回瑞华, 李铁纯, 等. 正山小种红茶骏眉系列的香气成分研究[J]. 食品科学, 2011, 32(22): 285-287.  
HOU Dongyan, HUI Ruihua, LI Tiechun, et al. Analysis of aroma components in Junmei series of Lapsang souchong black tea[J]. Food Science, 2011, 32(22): 285-287.
- [14] 刘春丽, 郭雯飞. 武夷山地区新红茶香气分析[J]. 浙江大学学报(理学版), 2014, 41(1): 58-62.  
LIU Chunli, GUO Wenfei. Analysis of the aroma components in Wuyishan black tea[J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition), 2014, 41(1): 58-62.

- [15] 卢莉, 程曦, 刘金仙, 等. 小种红茶水分近红外定量分析模型的建立[J]. 食品科技, 2019, 44(12): 323-327.  
LU Li, CHENG Xi, LIU Jinxian, et al. Establishment of predictive model for quantitative analysis of water of Souchong by near infrared spectroscopy(NIRS)[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(12): 323-327.
- [16] 陈琦, 郭静科, 许明明, 等. 正山小种红茶、茶多酚、茶多糖的抗氧化活性和对人体经络电压的作用初探[J]. 中国食品学报, 2020, 20(10): 43-49.  
CHEN Qi, GUO Jingke, XU Mingming, et al. Anti-oxidative analysis of Lapsang tea infusion, tea polyphenols, tea polysaccharides and its electrophysiological acupuncture meridian signals[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(10): 43-49.
- [17] MA C H, HUNG Y C. Effect of brewing conditions using a single-serve coffee maker on black tea (Lapsang Souchong) quality[J]. Food Science & Nutrition, 2020, 8(8): 4379-4387.
- [18] YAO S S, GUO W F, LU Y, et al. Flavor characteristics of Lapsang souchong and smoked Lapsang Souchong, a special Chinese black tea with pine smoking process[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(22): 8688-8693.
- [19] 张正竹. 茶叶生物化学实验教程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 30-70.  
ZHANG Zhengzhu. Experimental course of tea biochemistry [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2009: 30-70.
- [20] 陈义, 张洁. 炭火低温长焙对信阳红夏茶品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(19): 5-8.  
CHEN Yi, ZHANG Jie. Effects on quality of Xinyang black tea made in summer by low baking temperature and long time of charcoal fire[J]. Food Research and Development, 2017, 38(19): 5-8.
- [21] 施兆鹏. 茶叶审评与检验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 62.  
SHI Zhaopeng. Review and inspection of tea[M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2010: 62.

加工编辑: 冯娜

收稿日期: 2021-01-31