

茉莉花茶窈制过程香气形成机制的研究

陈梅春¹, 张海峰², 朱育菁¹, 刘晓港³, 官敏丹¹, 刘波^{1*}

(1. 福建省农业科学院农业生物资源研究所, 福州 350003; 2. 福建省农业科学院, 福州 350003;
3. 福州大学生物科学与工程学院, 福州 350001)

摘要: **目的** 研究茉莉花茶窈制过程香气形成机制。**方法** 采用固相微萃取-气相色谱-质谱法测定花茶香气成分。**结果** 窈制茶主要香气成分为芳樟醇、乙酸苜酯、 α -法呢烯、苜甲醇等。花茶窈制过程中主要香气成分随窈制时间增加的动态变化趋势可用 Logistic、Sgompertz 或 Exponential 方程进行描述。窈制结束后, 窈坯经烘焙干燥, 香气总浓度损失了约 60%, 酯类和碳氢化合物损失程度约为醇类香气的 4~5 倍。烘焙过程中香气发生化学变化, 部分芳樟醇被氧化形成芳樟醇氧化物, 萜烯类化合物发生异构化。茶坯吸附不同香气作用方式不同, 吸附芳樟醇及其氧化物主要通过化学吸附, 吸附苜甲醇、乙酸苜酯、 α -法呢烯等主要通过物理吸附。**结论** 本研究为优化花茶窈制工艺参数, 提高花茶品质提供参考。

关键词: 茉莉花茶; 固相微萃取; 香气成分; 动态变化

Formation of aroma compounds in jasmine tea during scenting process

CHEN Mei-Chun¹, ZHANG Hai-Feng², ZHU Yu-Jing¹, LIU Xiao-Gang³,
GUAN Min-Dan¹, LIU Bo^{1*}

(1. Agricultural Bioresources Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China;
2. Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China; 3. College of Biological Science and Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350001, China)

ABSTRACT: Objective To study the formation of aroma compounds in jasmine tea during scenting process. **Methods** The aroma components were analyzed by the solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry. **Results** The results showed that linalool, benzyl acetate, α -farnesene and benzyl alcohol were the main aroma compounds of the jasmine tea. The dynamic trends of aroma components could be described by Logistic, Gompertz or Exponential equation. At the end of first round of scenting process, the moisture was removed from the resulted tea through the heating step, which caused 60% loss of the aroma components. Approximately 4~5 folds losses of esters or hydrocarbons compare to that of alcohols were observed. Linalool was partly oxidized to linalool oxide, and terpenes occurred isomerization during heating process. The results also indicated that the absorption of linalool and linalool oxide into tea-leaves was mainly achieved through chemical absorption, whereas absorbed benzyl alcohol, benzyl acetate, α -farnesene and so on mainly via physical absorption. **Conclusion** This study can provide useful information for optimizing scenting parameters to improve the quality of jasmine tea.

KEY WORDS: jasmine tea; solid phase microextraction; aroma compounds; dynamic changes

基金项目: 福建省重大专项项目农业科技重大专项项目(2015NZ0003)、福建省农科院英才计划项目(YC2015-11)

Fund: Supported by the Fujian Key Science and Technology Special Projects (2015NZ0003) and the Youth Fund of FAAS (YC2015-11)

*通讯作者: 刘波, 研究员, 主要研究方向为微生物生物技术与农业生物药物。E-mail: fzliubo@163.com

*Corresponding author: LIU Bo, Researcher, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fujian 350003, China. E-mail: fzliubo@163.com

1 引言

茉莉花茶兼具花与茶的双重保健功效,具有抗氧化、降血脂、镇静、抗抑郁等作用^[1-3]。茉莉花茶是将茶坯与鲜花拼合窰制,工序有数十道,包括茶坯处理、鲜花养护、茶花拌和、堆窰、通花、收堆、起花、烘焙、冷却、转窰或提花和匀堆装箱,从而形成花茶风味品质独特、香气持久的特性。风味包括香气和滋味。茉莉花茶香气主要来源于窰制过程茶坯吸附的鲜花香气,主要包括醇类、酯类和萜烯类,其形成机制涉及鲜花释香、茶坯吸香和保香^[4,5]。茶坯滋味成分包括茶多酚、氨基酸、咖啡碱、可溶性糖、有机酸、可溶性蛋白质和果胶等。茉莉花茶是再加工茶,其品质受原料质量(鲜花和茶坯)和窰制技术影响。

许多学者对花茶窰制过程各工艺参数进行了研究,通过优化加工参数,改变窰制工艺,提高了花茶品质,如方世辉等^[7,8]以花茶吸附的香精油总量和花茶综合品质为指标,对花茶窰制过程茶坯含水量、配花量、堆温和窰制时间4个因子进行优化;张委^[9]对传统工艺和连窰工艺窰制的花茶风味成分变化进行了探究;袁弟顺等^[10]探究了不同烘干温度对茉莉花茶品质的影响;叶乃兴等^[11]探究了湿窰工艺及配花量对茉莉花茶香气成分的影响;郭春雨^[12]分析了不同干燥方式茶坯窰制的茉莉花茶品质差异;叶秋萍等^[13]监测茉莉花茶窰制过程“堆、花、茶”的温湿度动态变化及茶叶生化品质变化规律。未见关于茉莉花茶窰制过程香气形成机制研究的报道。

香气是评价花茶品质的重要指标,在感官评审中占了40%。窰制是茉莉花茶香气品质形成的关键阶段,关于窰制过程中茉莉花茶香气组成已有许多报道,但是花茶窰制过程香气成分随窰制时间的变化动态模型以及在烘焙过程中花茶香气成分的化学变化等还未见报道,探明花茶窰制过程中香气形成机制对于优化花茶加工参数,提高茉莉花茶产品质量是非常重要的。本文通过建立福州茉莉花茶窰制过程中香气随窰制时间增加的动态变化模型,分析花茶香气成分在烘焙过程中的物理和化学变化,探究茶坯吸附鲜花香气作用机制,为进一步优化花茶窰制工艺,提高花茶品质奠定基础。

2 材料与方 法

2.1 仪器与试剂

茶叶来源:福建东来茶业有限公司。Agilent 7890A/5975C 气相色谱-质谱联用仪(美国 Agilent 公司);HP5-MS 色谱柱。萃取装置:固相微萃取(SPME)手动进样手柄、萃取头(65 μm PDMS/DVB)、顶空瓶(20 mL,安捷伦公司)。正构烷烃混合标样 C8~C40(美国 AccuStandard 公司)。

2.2 茉莉花茶细毛尖窰制

以细毛尖为茶坯,和福州茉莉花进行拼合窰制。窰制:茶坯 100 kg,配花量 80 kg,堆高约 40 cm,窰制时间 12 h,烘干温度 130 $^{\circ}\text{C}$,控制茶样含水量 8%~9%。取样:窰制窰花开始时间为 22:00,间隔 2 h 取样一次,共 7 个样(含茶坯)。窰制 12 h 后的样品即为窰制茶,利用 SPME 技术萃取花茶香气,结合气相色谱-质谱(GC-MS)技术进行测定。

2.3 顶空固相微萃取条件

萃取头老化:65 μm PDMS/DVB 萃取头用丙酮浸泡 30 min 后,在 250 $^{\circ}\text{C}$ 老化 30 min。萃取条件:称取 2 g 细毛尖茶叶置于密封的顶空瓶中,插入 SPME 纤维头,在室温吸附 20 min。于 250 $^{\circ}\text{C}$ 解吸 3 min 后进行 GC-MS 分离鉴定。

2.4 气相色谱-质谱分析条件

色谱条件:进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$,柱温 50 $^{\circ}\text{C}$ 。程序为:起始温度 50 $^{\circ}\text{C}$,保持 2 min,以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升到 120 $^{\circ}\text{C}$,保持 15 min,以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升到 180 $^{\circ}\text{C}$,保持 2 min,以 30 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升到 280 $^{\circ}\text{C}$,保持 2 min。质谱条件:离子源 EI;采集模式为全扫描;溶剂延迟 6 min;EMV 模式为相对值;质量扫描范围:25.00~550.00 amu;MS 离子源温度为 230 $^{\circ}\text{C}$,MS 四级杆温度 150 $^{\circ}\text{C}$ 。正己烷稀释正构烷烃混合对照品,按上述色谱条件进行分析。

2.5 定性与定量分析

检测的化合物经 NIST 谱库检索,同时采用线性升温公式计算各组分的实验保留指数(KI),结合文献进行花茶香气成分鉴定。香气组分相对含量采用峰面积归一化法进行计算,表示为各香气组分的峰面积占总峰面积之比。

3 结果与分析

3.1 窰制时间对福州茉莉花茶香气的影响

福州茉莉花茶(细毛尖)窰制生产过程中,花茶香气组成随窰制时间变化如表 1 和表 2 所示。花茶香气主要由醇类、酯类和萜烯类组成,醇类物质以芳樟醇、乙酸叶醇酯和苯甲醇为主;酯类物质以苯甲酸甲酯、乙酸苜酯、水杨酸甲酯和顺式-3-己烯醇苯甲酸酯为主;萜烯类以 α -法呢烯为主。

室温下萃取的茶坯香气主要为芳樟醇、乙酸苜酯和乙酸叶醇酯。窰制前 2 h,茶样香气成分数目增加最多,约为茶坯的 3 倍;醇类物质相对含量下降,酯类和萜烯类相对含量上升。窰制 2 h 到 12 h,醇类物质和酯类物质相对含量变化很小,萜烯类物质相对含量波动大于醇类和酯类。

3.2 福州茉莉花茶窰制过程香气成分变化动态模型的建立

本文利用 Logistic、Sgompertz 或 Exponential 方程对

表 1 福州茉莉花茶(细毛尖)窈制生产过程中花茶香气组分峰面积
Table 1 Peak areas of aroma compounds in Fuzhou jasmine tea (Ximaojian) during first round of scenting process

化合物	峰面积							
	茶坯	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	
醇类								
1	青叶醇	-	9568977.0	685550.0	13404838.0	33348088.0	22458369.0	9366309.0
2	苯甲醇	-	14364522.0	14068179.0	18723790.0	27978204.0	24700152.0	24907997.0
3	芳樟醇氧化物	-	3540590.0	3405283.0	4059212.0	5159640.0	4346976.0	4876450.0
4	芳樟醇	95144724.7	186299780.0	227105580.0	249829857.0	306522062.0	277265026.0	276922071.0
	小计	95144725.0	213773869.0	245264592.0	286017697.0	373007994.0	328770523.0	316072827.0
酯类								
5	乙酸叶醇酯	24272556.0	78767637.0	63027019.0	110895544.0	182672775.0	186472353.0	199978533.0
6	苯甲酸甲酯	-	23564808.0	40588893.0	48514848.0	72138241.0	52682659.0	46267140.0
7	乙酸苜酯	57763871.3	275859097.0	260037769.0	344594841.0	391521705.0	348059887.0	382254356.0
8	苯甲酸乙酯	1037702.3	-	2251601.0	898939.0	1423128.0	1531246.0	2760614.0
9	顺-3-己烯基丁酯	-	6005138.0	5371790.0	9291961.0	10342425.0	7702986.0	9129126.0
10	水杨酸甲酯	-	15945531.0	19067830.0	22584741.0	35541734.0	32856563.0	35911421.0
11	氨茴酸甲酯	-	2397901.0	1851180.0	7035287.0	11610609.0	7790465.0	8616932.0
12	己酸-4-己烯酯	-	-	-	1591299.0	1395486.0	-	-
13	顺式-3-己烯醇苯甲酸酯	-	6427382.0	7940834.0	15450691.0	16215513.0	13580842.0	16502627.0
	小计	83074130	408967494	400136916	560858151	722861616	650677001	701420749
萜烯类								
14	β -月桂烯	-	74980.0	9510636.0	9490586.0	8843314.0	8420553.0	6187888.0
15	罗勒烯	-	9352598.0	9389302.0	13336585.0	13974385.0	16447741.0	18692129.0
16	大牛儿烯 D	-	-	-	-	-	1872455.0	2197145.0
17	α -香柑油烯	-	1424714.0	1650134.0	1940057.0	2183663.0	2353893.0	2500787.0
18	α -法呢烯	411142.3	48722561.0	71048955.0	70772834.0	111591061.0	89291858.0	123209100.0
19	γ -杜松烯	-	1719440.0	1626263.0	2061095.0	2565717.0	1841079.0	2620443.0
20	δ -杜松烯	-	1512081.0	1693735.0	2005748.0	3833948.0	2337894.0	3298715.0
	小计	411142.3	62806374.0	94919025.0	99606905.0	142992088.0	122565473.0	158706207.0
待鉴定化合物								
21	未知(RT=13.08)	4227985.0	1604329.0	1642773.0	-	-	-	-
22	未知(RT=17.08)	4081966.7	1310327.0	1667547.0	1179706.0	1252367.0	-	-
23	未知(RT=35.68)	-	-	-	1230363.0	1392952.0	1115781.0	2039798.0
24	未知(RT=39.08)	-	2136270.0	2373970.0	3469058.0	2729721.0	3297597.0	4006648.0
25	未知(RT=39.91)	-	2848442.0	2864376.0	3930065.0	2731582.0	3409333.0	4074414.0
	小计	8309952.0	7899368.0	8548666.0	9809192.0	8106622.0	7822711.0	10120860.0
	总峰面积	186939948.3	693447105.0	748869199.0	956291945.0	1246968320.0	1109835708.0	1186320643.0

花茶香气浓度随窈制时间增加的动态变化趋势进行拟合, 3 种模型的相关系数 R 值都达到了极显著水平, 如表 3 所示。对比 Logistic、Sgompertz 或 Exponential 3 种模型建立的窈制时间和香气浓度的拟合方程的相关系数, 发现 α -法呢烯和苯甲醇利用 Logistic、Sgompertz 模型拟合、顺式-3-己烯醇苯甲酸酯采用 Logistic 模型拟合的相关系数低于 0.85。香

气总浓度、乙酸苜酯、 α -法呢烯、苯甲醇和水杨酸甲酯拟合以 Exponential 模型效果较好, 相关系数分别是 0.917、0.891、0.868、0.865 和 0.919; 乙酸叶醇酯拟合以 Logistic 模型效果较好, 相关系数分别为 0.890; 芳樟醇拟合以 Exponential 模型较好, 相关系数分别为 0.938; 顺式-3-己烯醇苯甲酸酯拟合以 Sgompertz 模型效果较好, 相关系数为 0.887。

表 2 福州茉莉花茶(细毛尖)窈制生产过程中花茶不同类别香气组分数目和相对含量

Table 2 Numbers and relative content of aroma compounds in Fuzhou jasmine tea (Ximaojian) during first round of scenting process

样品	茶坯	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h
香气总数目	7	21	22	23	23	22	22
醇类	数目	2	5	5	5	5	5
	相对含量%	63.88	42.19	41.17	41.51	44.56	46.43
酯类	数目	2	6	7	8	8	7
	相对含量%	31.45	47.62	45.02	47.05	43.32	41.83
萜烯类	数目	1	6	6	6	6	7
	相对含量%	0.22	9.06	12.67	10.42	11.47	11.04
未知物	数目	2	4	4	4	4	3
	相对含量%	4.45	1.14	1.14	1.03	0.65	0.70

表 3 福州茉莉花茶窈制过程主要香气成分峰面积变化动态模型

Table 3 Dynamic model of peak area of total and seven main volatile compounds in Fuzhou jasmine tea during scenting process

模型/组分	Logistic	Sgompertz	Exponential
香气总浓度	$Y = \frac{-6.500E9}{1 + \frac{X^{0.547}}{0.163}} + 1.952E9$	$Y = 1.208E9e^{-(-0.742(X-1.620))}$	$Y = 1.259E9 - 1.690E8e^{-0.474X}$
乙酸叶醇酯	$Y = \frac{-1.439E8}{1 + \frac{X^{9.975}}{4.163}} + 1.957E8$	$Y = 2.743E8e^{-(-0.353(X-3.353))}$	$Y = 8.969E8 - 9.068E8e^{-0.040X}$
芳樟醇	$Y = \frac{-2.488E8}{1 + \frac{X^{2.321}}{1.903}} + 2.990E8$	$Y = 2.878E8e^{-(-0.831(X-1.100))}$	$Y = 2.929E8 - 3.622E8e^{-0.603X}$
乙酸苜酯	$Y = \frac{-4.94E10}{1 + \frac{X^{1.042}}{0.009}} + 4.257E8$	$Y = 3.654E8e^{-(-1.208(X-1.363))}$	$Y = 3.730E8 - 6.920E8e^{-0.812X}$
α -法呢烯	$Y = \frac{-1.413E9}{1 + \frac{X^{0.211}}{0.020}} + 4.319E8$	$Y = 1.140E8e^{-(-0.696(X-2.134))}$	$Y = 1.261E8 - 1.761E8e^{-0.366X}$
苯甲醇	$Y = \frac{-4.431E8}{1 + \frac{X^{0.472}}{0.010}} + 4.557E7$	$Y = 2.619E7e^{-(-0.788(X-1.973))}$	$Y = 2.735E7 - 4.308E7e^{-0.485X}$
顺式-3-己烯醇苯甲酸酯	$Y = \frac{-1.811E7}{1 + \frac{X^{2.833}}{2.471}} + 1.705E7$	$Y = 1.609E7e^{-(-0.960(X-2.154))}$	$Y = 1.748E7 - 2.797E7e^{-0.458X}$
水杨酸甲酯	$Y = \frac{-5.788E8}{1 + \frac{X^{0.131}}{2.269}} + 2.651E8$	$Y = 3.743E7e^{-(-0.642(X-2.284))}$	$Y = 4.162E7 - 5.649E7e^{-0.332X}$

注: *代表 0.05 水平显著; **代表 0.01 水平显著

窈制过程香气总峰面积和8种主要香气成分峰面积变化趋势如图1和图2所示。从图中可以看出,香气总峰面积随着窈制时间增加,呈上升趋势,窈制前2h,增加的速率最快,窈制8h后,总峰面积上升缓慢,说明茶坯吸附香气总浓度趋于饱和。芳樟醇、乙酸苜酯、 α -法呢烯和苯甲醇上升的趋势和总峰面积较为相似,窈制前8h上升幅度较大,而后趋于平衡;水杨酸甲酯在0~12h一直处于上升趋势;乙酸叶醇酯峰面积在窈制4~8h之间上升速度最快,前4h处于吸收少的状态,窈制8h后,吸收逐渐变缓,该物质变化趋势为典型的S曲线;顺式-3-己烯醇苯甲酸酯在窈制0~6h上升速度较快,而后变得缓慢。

上述研究结果表明,花茶窈制过程中香气成分随窈制时间增加动态变化过程可用 Logistic、Sigmoid 或 Exponential 方程模型描述。

3.3 烘焙对福州茉莉花茶香气成分的影响

在鲜花释香和茶坯吸香的同时,茶坯的水分也随之增加,因此需要对窈坯进行烘焙。在烘焙蒸发水分的过程中,茶坯香气也会不同程度地挥发。从表4中可以看出,窈制茶经高温烘焙后,香气组成数目减少了近一半,香气总浓度下降了约60%。醇类总香气浓度下降了约20%,其中芳樟醇下降了约13%,苯甲醇下降了约74%,芳樟醇氧化物未下降;酯类总香气浓度下降了约80%,其中乙酸叶醇酯下降约80%,乙酸苜酯下降约76%,水杨酸甲酯下降约88%,苯甲酸乙酯下降了约51%;碳氢化合物浓度下降了85%, α -法呢烯下降约85%。总体而言,烘焙后酯类和碳氢化合物的丧失程

度高于醇类物质。

烘焙后酯类和萜烯类香气相对含量下降,醇类香气相对含量上升,许多相对含量较低的碳氢化合物在烘焙丧失后,室温下未能检测到。表5为主要香气成分的沸点,沸点低的香气成分如乙醇酯在烘焙后丧失程度大,但沸点高的如 α -法呢烯丧失程度也很大。而芳樟醇的沸点并不是最低的,但其损失程度却是很小的,这说明了烘焙时香气损失不仅仅与香气的沸点高低有关,还与窈坯和香气的结合方式有关。

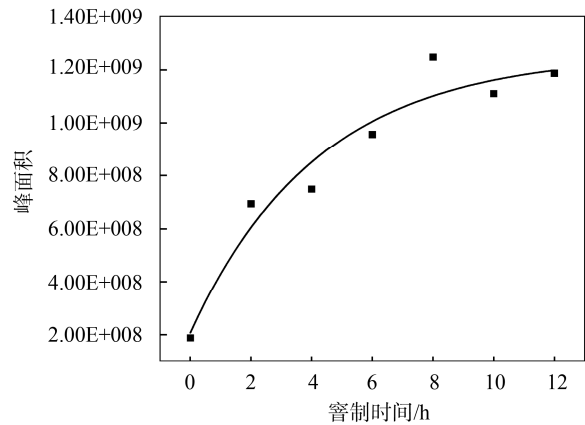


图1 福州茉莉花茶窈制过程香气总峰面积变化动态模型
Fig. 1 Dynamic model of peak area of total aroma components in Fuzhou jasmine tea during scented process

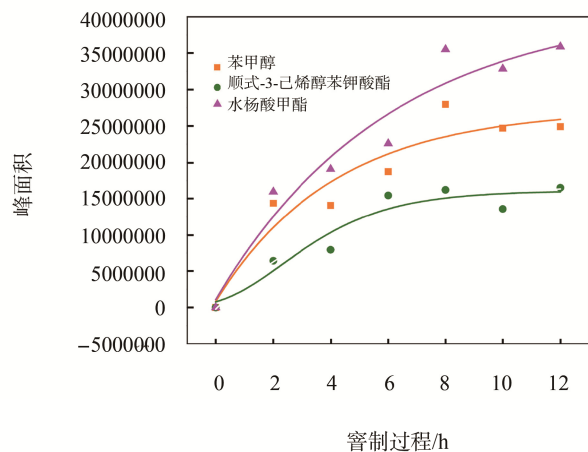
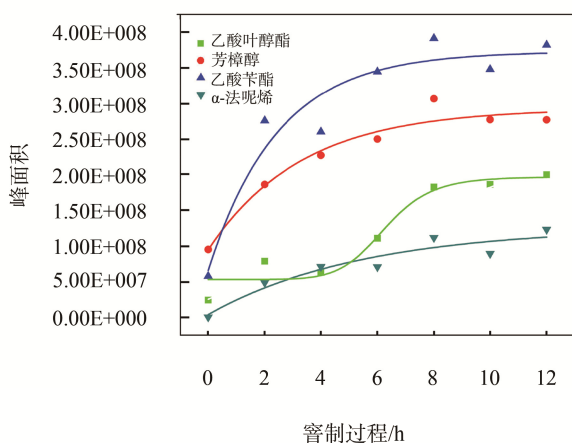


图2 福州茉莉花茶窈制过程7种主要香气成分峰面积变化动态模型

Fig. 2 Dynamic model of peak area of the seven main volatile compounds in Fuzhou jasmine tea during scented process

表 4 福州茉莉花茶烘焙前后香气成分组成
Table 4 Aroma compounds in first-round scented jasmine tea before and after heating.

编号	化合物	茉莉花茶香气相对含量%		峰面积
		烘焙前	烘焙后	烘焙后
醇类				
2	青叶醇	0.79	-	-
2	苯甲醇	2.10	1.38	6482008.30
3	芳樟醇氧化物	0.41	1.08	5080236.00
4	芳樟醇	23.34	51.30	241017400.30
	小计	26.64	53.76	252579644.60
酯类				
5	乙酸叶醇酯	16.86	8.92	41897616.70
6	苯甲酸甲酯	3.90	-	-
7	乙酸苜酯	32.22	19.46	91417191.30
8	苯甲酸乙酯	0.23	0.29	1351778.70
9	顺-3-己烯基丁酯	0.77	-	-
10	水杨酸甲酯	3.03	0.95	4454835.70
11	氮茴酸甲酯	0.73	-	-
12	顺式-3-己烯醇苯甲酸酯	1.39	-	-
	小计	59.13	29.62	139121422.40
碳氢化合物				
13	β -月桂烯	-	0.95	4450417.70
14	双戊烯	0.73	-	-
15	大牛儿烯 D	1.58	0.35	1656634.00
16	罗勒烯	0.21	-	-
17	α -香柑油烯	10.39	3.74	17554070.00
18	α -法呢烯	0.22	-	-
19	γ -杜松烯	0.28	-	-
20	δ -杜松烯	13.93	5.04	23661121.70
	小计	13.93	5.04	23661121.7
待鉴定化合物				
21	未知(RT=13.05)	-	7.83	36793360.00
22	未知(RT=17.06)	-	3.77	17699829.30
23	未知(RT=35.65)	0.72	-	-
24	未知(RT=39.07)	0.34	-	-
25	未知(RT=39.91)	0.34	-	-
	小计	1.4	11.60	54493189.30
	总计			469855378.00

表 5 福州茉莉花茶主要香气成分及其沸点
Table 5 Aroma compounds and their boiling point in jasmine tea

化合物	分子式	分子量	沸点(760 mmHg)
青叶醇	C ₆ H ₁₂ O	100.16	156.5
乙酸叶醇酯	C ₈ H ₁₄ O ₂	142.20	174.2℃
苯甲醇	C ₇ H ₈ O	108.14	204.7℃
苯甲酸甲酯	C ₈ H ₈ O ₂	136.15	199.5℃
芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	198.5℃
苯甲酸乙酯	C ₉ H ₁₀ O ₂	150.17	211.7℃
乙酸苜酯	C ₉ H ₁₀ O ₂	150.17	213.5℃
水杨酸甲酯	C ₈ H ₈ O ₃	152.15	222℃
氮苜酸甲酯	C ₈ H ₉ NO ₂	151.16	256℃
α -法呢烯	C ₁₅ H ₂₄	204.35	279.6℃
顺式-3-己烯醇苯甲酸酯	C ₁₃ H ₁₆ O ₂	204.26	290.8

4 讨论

茉莉花茶香气主要来自窈制过程茶坯吸附的茉莉鲜花香气,国内外对花茶香气成分组成已许多研究,如 Ito 等^[14]研究表明茉莉花茶香气主要由苯甲醇、芳樟醇、乙酸苜酯、氮苜酸甲酯组成;陆宁等^[15]研究表明芳樟醇、乙酸苜酯、顺-3-己烯醇、水杨酸甲酯和苯甲醇为茉莉花茶的主要香气成份;叶乃兴^[11]研究表明苯甲酸顺-3-己烯酯、芳樟醇、乙酸苜酯、邻氨基苯甲酸甲酯是茉莉花茶的主要香气;Lin 等^[16]研究表明茉莉花茶香气主要由芳樟醇、苯甲醇、乙酸苜酯、氮苜酸甲酯、吡啶、顺式-3-己烯醇苯甲酸酯和 α -法呢烯组成;施梦南等^[17]研究发现芳樟醇、吡啶、苯甲醇、 α -法呢烯、乙酸苜酯、水杨酸甲酯和顺式-3-己烯醇苯甲酸酯是茉莉花茶香气主要成分。由于不同学者所研究的花茶材料和方法不同,得到的花茶香气成分和相对含量存在差异,但总体上可以认定芳樟醇、乙酸苜酯、顺式-3-己烯醇苯甲酸酯和 α -法呢烯是茉莉花茶特征香气成分。本研究中茉莉花茶细毛尖的香气成分主要为芳樟醇、乙酸苜酯、 α -法呢烯、顺式-3-己烯醇苯甲酸酯和苯甲醇,该研究结果和已报道的相类似。

茉莉花茶是将茶与茉莉鲜花拼合窈制,使茶坯吸收花香而成的。花茶香气的形成涉及鲜花释香、茶坯吸香和保香。本文对茉莉花茶窈制过程窈坯香气随着窈制时间增加的动态变化过程进行研究,结果表明茶坯窈制前 2 h,香气浓度增加最为明显,窈制 8 h 后,茶坯吸附香气趋于饱和。李鹤等对福州双瓣茉莉花离体开放过程中香气变化进行研究发现,在 23:00 左右时茉莉花处于吐香高峰^[18],这可以用于解释本研究中为何细毛尖在窈制开始 2 h 内吸香速度最快;非线性曲线模型拟合结果表明,主要香气成分

随窈制时间增加的变化趋势可用 Logistic、Sgompertz 或 Exponential 方程模型描述。

茉莉花茶窈制过程,茶坯在吸附香气的同时,水分也增加了,因此窈花结束后,窈坯要通过烘焙排除多余的水分。烘焙干燥的同时,茉莉花茶的香气也不同程度的挥发,因此烘焙时要最大限度地保持已吸收的花香,确保花茶浓爽、鲜灵的品质特征。影响烘焙效果的主要因子为烘焙温度和烘焙时间,已有研究表明烘焙温度应随着窈次的增加而降低,而且下降的幅度要小,才能去除茶坯的青味和闷味,进而不影响茶叶品质^[19]。本研究对窈制茶烘焙前后香气变化进行研究发现,窈制茶经 130℃ 烘焙后,酯类和碳氢化合物损失程度最大,约为醇类的 4~5 倍;醇类香气中芳樟醇损失程度很小,而苯甲醇和青叶醇损失与酯类等接近,但芳樟醇氧化物浓度却并未下降,这说明烘焙过程中部分芳樟醇被氧化形成芳樟醇氧化物;烘焙后花茶中检测到含有双戊烯,其是单萜类化合物发生异构化形成的。已有研究表明茶坯吸香包括物理吸附和化学吸附^[5],物理吸附主要是范德华力起作用,其作用力小,容易解析;而化学吸附是一种键力作用,引力相对较大,脱附要难得多,由此可推断细毛尖吸附芳樟醇及其氧化物主要为化学吸附,吸附苯甲醇和青叶醇、乙酸苜酯等酯类、 α -法呢烯等碳氢化合物主要为物理吸附。茶坯与不同香气成分的结合方式不同,这与茶坯表面构造、内含物质以及香气成分化学结构等因素相关。

综上所述,茉莉花茶香气形成符合 Logistic、Sgompertz 或 Exponential 方程模型。香气形成过程包括物理和化学变化,其香气成分除了茶坯本身所具有的,部分来自于窈制过程中茶坯吸附的鲜花香气,部分来自烘焙过程中产生的香气。烘焙是花茶香气组分发生化学变化的关

键因素,其对花茶香气品质形成有着重要影响。本研究结果将为茉莉花茶生产加工提供理论指导。

参考文献

- [1] Kuroda K, Inoue N, Ito Y, *et al.* Sedative effects of the jasmine tea odor and (R)-(-)-linalool, one of its major odor components, on autonomic nerve activity and mood states [J]. *Eur J Appl Physiol*, 2005, 95(2-3): 107-114.
- [2] 刘璿, 杨江帆. 茉莉花茶抗抑郁机制的初步研究[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2013, 33(6): 493-497.
Liu J, Yang JF. Primary studies on the anti-depression function of jasmine tea [J]. *J Shanxi Agric Univ (Nat Sci Ed)*, 2013, 33(6): 493-497.
- [3] 刘璿, 高水练, 杨江帆. 茉莉花茶抗抑郁的效果[J]. *福建农林大学学报(自然科学版)*, 2014, 43(2): 139-145.
Liu J, Gao SL, Yang JF. Antidepressant effect of jasmine tea [J]. *J Fujian Agric Forest Univ (Nat Sci Ed)*, 2014, 43(2): 139-145.
- [4] 刘宗岸, 赵振军, 章传政, 等. 茉莉花茶窈制机制及工艺技术的研究进展[J]. *福建茶叶*, 2000, 22(3): 13-17
Liu ZA, Zhao ZJ, Zhang CZ, *et al.* Researches on the scenting mechanism and technology of jasmine tea [J]. *J Fujian Tea*, 2000, 22(3): 13-17.
- [5] 汤一. 茶叶吸香和持香机制的探讨[J]. *茶叶*, 2000, 26(3): 132-135.
Tang Y. Aroma absorbing and keeping mechanism of tea [J]. *J Tea*, 2000, 26(3): 132-135
- [6] 韦树立. 浅谈低温烘焙花坯的保香作用[J]. *中国茶叶加工*, 1991, (3): 25-26.
Wei SL. Introduction of the effect of low-temperature baking on the base tea [J]. *China Tea Proc*, 1991, (3): 25-26.
- [7] 方世辉, 徐国谦, 夏涛, 等. 茉莉花茶窈制过程主要影响因子的相关性研究[J]. *茶叶科学*, 2003, 23(1): 21-26.
Fang SH, Xu GQ, Xia T, *et al.* Study on the correlating between the principal factors during scenting process for jasmine tea [J]. *J Tea Sci*, 2003, 23(1): 21-26.
- [8] 方世辉, 徐国谦, 夏涛, 等. 花茶窈制中几个主要因子对花茶香气的影响[J]. *安徽农业大学学报*, 2004, 31(4): 440-445.
Fang SH, Xu GQ, Xia T, *et al.* The effect of several principal factors on the aroma components during scenting process for jasmine tea [J]. *J Anhui Agric Univ*, 2004, 31(4): 440-445.
- [9] 张委. 两种不同加工工艺对茉莉花茶香气成分及多酚类的影响[D]. 重庆: 西南农业大学, 2003
Zhang W. Effect of two different scenting technology on the change of aromatic constituents and TP of jasmine tea [D]. Chongqing: Southwest Agriculture University, 2003.
- [10] 袁弟顺, 杨江帆, 孙云, 等. 不同烘干温度对茉莉花茶品质的影响[J]. *江西农业大学学报*, 2004, 26(5): 763-766.
Yuan SD, Yang JF, Sun Y, *et al.* The effects of different drying temperature on the quality of jasmine tea [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi Ensis*, 2004, 26(5): 763-766.
- [11] 叶乃兴, 杨广, 郑乃辉, 等. 湿窈工艺及配花量对茉莉花茶香气成分的影响[J]. *茶叶科学*, 2005, 26(1): 65-71.
Ye NX, Yang G, Zheng NH, *et al.* Effects of wet-scenting process and RJF on the aroma constituent of jasmine scented tea [J]. *J Tea Sci*, 2005, 26(1): 65-71.
- [12] 郭春雨. 不同干燥方式茶坯窈制茉莉花茶的研究[J]. *食品科学*, 2013, (24): 279-280.
Guo CY. Research on jasmine tea scented by green tea with different drying methods [J]. *Food Sci*, 2013, (24): 279-280.
- [13] 叶秋萍, 金心怡, 李鑫磊, 等. 茉莉花茶窈制过程理化指标及花茶品质变化的研究[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(12): 99-103.
Ye QP, Jin XY, Li XL, *et al.* Study on variation of physicochemical indexes and tea quality during scented processes of jasmine tea [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2015, 36(12): 99-103.
- [14] Ito Y, Sugimoto A, Kakuda T, *et al.* Identification of potent odorants in Chinese jasmine green tea with flower of *Jasminum sambac* [J]. *J Agric Food Chem*, 2002, 50(17): 4878-4884.
- [15] 陆宁, 宛晓春, 潘冬. 茉莉花茶香气成分与品质之间关系的初步研究[J]. *食品科学*, 2004, 25(6): 93-97.
Lu N, Wan XC, Pan D. Extraction and analysis of jasmine tea aroma constituents of three different grades [J]. *Food Sci*, 2004, 25(6): 93-97.
- [16] Lin J, Chen Y, Zhang P, *et al.* A novel quality evaluation index and strategies to identify scenting quality of jasmine tea based on headspace volatiles analysis [J]. *Food Sci Biot*, 2013, 22: 331-340.
- [17] 施梦南, 唐德松, 龚淑英, 等. SPME-GC-MS 联用技术分析茉莉花茶的挥发性成分[J]. *中国食品学报*, 2013, 13(6): 234-239.
Shi MN, Tang DS, Gong SY, *et al.* Analysis on volatile components of jasmine tea using SPME-GC-MS method [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2013, 13(6): 234-239.
- [18] 李鹤, 俞滢, 陈桂信, 等. 双瓣茉莉花开放过程香气成分的动态变化[J]. *茶叶学报*, 2015, 56(1): 29-38.
Li H, Yu Y, Chen GX, *et al.* Changes on aromatics of double disc jasmine during petal-opening [J]. *Tea Sci*, 2015, 56(1): 29-38.
- [19] 王景光. 茉莉花茶烘焙工艺技术参数初探[J]. *中国茶叶加工*, 1996, (4): 17-19.
Wang JG. Research on the baking parameters of jasmine tea [J]. *China Tea Proc*, 1996, (4): 17-19.

(责任编辑: 金延秋)

作者简介



陈梅春, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为生物活性物质及保健功效研究。
E-mail: cmczjw@163.com



刘波, 博士, 研究员, 主要研究方向为微生物生物技术与农业生物药物研究。
E-mail: fzliubo@163.com