

做青过程中温度对大红袍茶主要滋味成分的影响

王芳¹, 陈倩莲², 陈百文³, 蔡烈伟^{1,4*}

(1. 宁德师范学院生命科学学院, 宁德 352000; 2. 福建农林大学园艺学院, 福州 350002;
3. 福建省茶叶质量检测与技术推广中心, 福州 350002; 4. 宁德师范学院茶叶审评中心, 宁德 352000)

摘要: **目的** 探究做青过程中温度对大红袍茶主要滋味成分的影响。**方法** 以武夷山大红袍三四叶为原料, 采用武夷岩茶制作工艺, 做青时设置 20、24、28 °C 3 个温度, 探索温度对做青过程中大红袍茶主要滋味成分含量变化的影响。**结果** 温度对做青过程中武夷山大红袍的水浸出物和茶多酚变化影响较大, 至做青结束时, 20 °C 下做青的大红袍茶中水浸出物和茶多酚含量最高, 三者的黄酮类化合物和游离氨基酸含量无显著差异 ($P < 0.05$); 做青叶感官审评结果表明, 24 °C 下做青的大红袍茶品质表现最佳。**结论** 做青全程采用变温模式可能更有利于各滋味成分的转化, 有利于大红袍毛茶品质的形成。

关键词: 温度; 大红袍茶; 做青; 茶多酚; 游离氨基酸

Effects of temperature on the main taste components of Dahongpao tea during the green-making process

WANG Fang¹, CHEN Qian-Lian², CHEN Bai-Wen³, CAI Lie-Wei^{1,4*}

(1. School of Life Science, Ningde Normal University, Ningde 352000, China; 2. College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 3. Fujian Provincial Tea Quality Testing Center, Fuzhou 350002, China; 4. Tea Sensory Evaluation Research Center, Ningde Normal University, Ningde 352000, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effects of temperature on the main taste components of Dahongpao tea during the green-making process. **Methods** Taking three or four leaves of Wuyishan Dahongpao as raw materials, using Wuyi rock tea production technology, setting 20, 24, 28 °C 3 temperatures in the green-making process, to explore the effects of temperature on the content change of main taste components of Dahongpao tea in the process of green-making. **Results** Temperature had a great influence on the changes of water extract and tea polyphenols during the green-making process of Wuyishan Dahongpao. At the end of the process, the content of water extract and tea polyphenols was the highest at 20 °C, and there was no significant difference in the content of flavonoids compounds and free amino acids among 3 groups ($P < 0.05$). The sensory evaluation results of green-making leaves showed that the quality of Dahongpao tea in green-making process at 24 °C was the best. **Conclusion** The use of variable temperature mode in the whole green-making process may be more conducive to the transformation of various taste components and the formation of Dahongpao Mao tea quality.

KEY WORDS: temperature; Dahongpao tea; green-making; tea polyphenols; free amino acids

基金项目: 福建省现代农业(茶叶)产业技术体系建设项目(闽财指[2019]897号)、福建省科技厅引导性项目(2020N0037)

Fund: Supported by the Fujian Modern Agriculture (Tea) Industry Technology System Construction Project (MCZ[2019]No.897), and the Fujian Science and Technology Department Guiding Project (2020N0037)

*通信作者: 蔡烈伟, 硕士, 教授, 主要研究方向为茶叶审评与品质调控。E-mail: cypxcai@163.com

*Corresponding author: CAI Lie-Wei, Master, Professor, School of Life Science, Ningde Normal University, Ningde 352000, China. E-mail: cypxcai@163.com

0 引 言

乌龙茶是中国六大茶类之一, 主要产于福建、台湾和广东三省, 其制作工艺为“采摘→萎凋→做青→杀青→揉捻→干燥”, 其中做青是乌龙茶风味特征形成的关键工序。做青是由摇青与静置有机结合并多次循环的过程, 在这个过程中茶叶受到包括机械损伤在内的多种应力的影响^[1], 并受到做青间温度、湿度、CO₂ 浓度、空气流速等环境因子的影响^[2], 在酶促动力和非酶促动力的催化下发生氧化反应、水解反应等一系列复杂的生化反应, 从而形成乌龙茶绿叶红镶边和浓郁花果香的风味特征^[3-5]。乌龙茶的滋味与各种水溶性化合物的组合紧密相关, 主要有苦涩味的茶多酚、鲜甜味的氨基酸、甜味的可溶性糖等^[6]。王芳等^[7]和陈倩莲等^[8]以大红袍为原料, 对比了炭火升温 and 暖气机组升温对做青间环境和做青过程中大红袍生化成分变化, 结果表明炭火升温做青间的温度和二氧化碳浓度更高, 对比晒青叶, 2 个做青间做青叶的多酚氧化酶含量均降低了, 炭火做青间大红袍 β-葡萄糖苷酶活性显著降低, 减少了 37.20%, 而暖气机组做青间大红袍 β-葡萄糖苷酶活性明显升高, 增加了 37.79%, 2 个做青间做青叶的茶多酚含量、游离氨基酸总量、黄酮类化合物含量均有显著差异。

大红袍茶树作为武夷岩茶中名气最响的品种, 在 2012 年品种审定之前是名丛, 种植面积小, 品种审定后得到大量推广种植, 但很多制茶师傅对于大红袍茶树鲜叶的特性不熟悉, 难以把握其工艺参数, 导致大红袍成茶的品质较差。连续化和自动化是未来茶叶加工的发展趋势, 研究茶叶机械和加工的科研工作者纷纷展开了研究^[9-10], 刘江平等^[10]以武夷肉桂为原料, 将武夷肉桂成熟的工艺参数导入专家数据库, 设计了一个做青模糊控制系统, 将采用模糊控制系统做青与手工做青对比, 结果表明 2 种做青方法制成的毛茶均达到了特级标准。刘江平的研究说明在成熟工艺参数的基础上, 武夷岩茶做青工艺的自动化是可行的, 目前关于做青温度参数对乌龙茶品质的影响主要集中在闽南乌龙和广东乌龙, 对武夷大红袍鲜叶做青温度参数的研究鲜见报道, 武夷大红袍鲜叶做青的最适温度尚未可知。因此, 本研究以武夷山大红袍品种茶树鲜叶为原料, 做青时设置 20、24、28 °C 3 个温度, 测定做青过程中叶片的水浸出物、茶多酚、游离氨基酸和黄酮类化合物含量, 对做青叶进行感官审评, 以探索武夷大红袍鲜叶做青工艺的适合温度, 以期提升武夷大红袍制作工艺提供理论依据, 从而促进武夷大红袍做青工艺的完善和自动化生产。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

1.1.1 材 料

武夷山大红袍驻芽三四叶, 产地为武夷山市五夫镇。

1.1.2 试 剂

甲醇、碳酸钠、福林酚试剂、没食子酸、茛三酮、氯化亚锡、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、三氯化铝(分析纯, 国药集团化学试剂公司)。

1.1.3 主要仪器设备

MGC-450HP 人工气候培养箱(上海一恒科学仪器有限公司); XFE-6s 茶叶烘焙机(泉州新芳春制茶设备有限公司); DFY-200C 高速万能粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司); YWS-26 恒温水浴锅(青岛聚创环保设备有限公司); 721S 可见分光光度计(上海仪电分析仪器有限公司); DHG-9030A 鼓风电热恒温干燥箱(上海姚氏仪器设备厂)。

1.2 实验方法

1.2.1 武夷岩茶加工工艺

采摘→萎凋→做青(摇青与静置结合交替进行, 共 4 次)→杀青→揉捻→干燥。

将萎凋后的青叶放入摇青机摇青, 摇青后将等量的青叶放入 3 个人工气候培养箱(堆放厚度要一致), 培养箱温度分别设置为 20、24、28 °C, 相对湿度统一设定 70%, 以尽量保持影响做青的其他环境因素一致。第 1 次静置结束后按要求取样, 然后进行第 2 次摇青, 摇青结束再静置, 如此循环 4 次, 每次摇青后将青叶放入对应的人工气候培养箱静置。做青工艺的具体参数见表 1。

1.2.2 实验样品制备

取鲜叶、萎凋叶和做青过程中的样品, 热空气固样。做青过程中, 取第 1~4 次摇青静置后的青叶, 具体操作方法如图 1。

1.2.3 做青叶生化成分的测定方法

水浸出物含量的测定用全量法^[11]; 茶多酚含量的测定采用 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》; 黄酮类化合物含量的测定用三氯化铝比色法^[11]; 游离氨基酸含量的测定用茛三酮比色法^[11]。

1.2.4 做青叶感官审评方法

参照 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》中乌龙茶的感官审评法, 由 3 位专业评茶师对做青叶进行感官审评。

表 1 大红袍茶的做青工艺参数
Table 1 Technological parameters of green-making process of Dahongpao tea

做青次数	摇青时间/min	静置时间/min	做青次数	摇青时间/min	静置时间/min
第 1 次	6	30	第 3 次	15	60
第 2 次	10	45	第 4 次	25	70

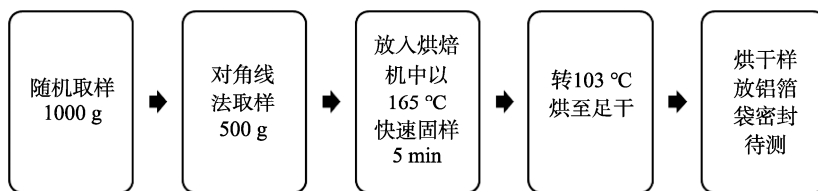


图 1 实验样品制备流程
Fig.1 Test sample preparation process

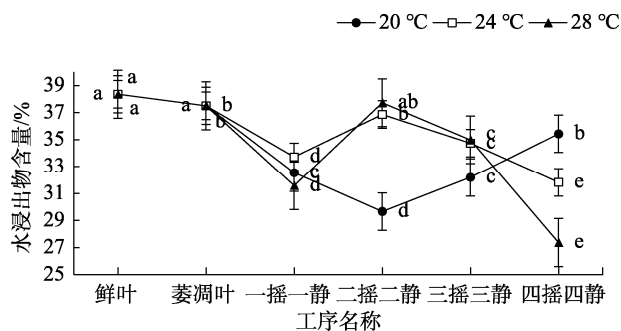
1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 对数据进行归类、分析和计算; 采用 SPSS 25.0 统计软件对数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 水浸出物含量变化

水浸出物是指茶叶在经过沸水充分浸泡后, 溶解于水中的内含物, 主要包括茶多酚、游离氨基酸、可溶性糖、咖啡碱等物质, 对茶汤浓度有重要影响。从图 2 可知, 做青时在 20、24、28 °C 下静置的大红袍青叶, 其水浸出物含量皆呈波动变化, 从萎凋叶开始, 20 °C 下静置的大红袍水浸出物含量呈“先降后升”的变化, 24 °C 和 28 °C 下静置的大红袍水浸出物含量皆呈“降→升→降”的变化; 对比萎凋叶, 至做青结束时(即四摇四静), 20 °C 下静置的大红袍水浸出物含量无显著变化($P>0.05$), 而 24 °C 和 28 °C 下静置的大红袍水浸出物含量皆显著降低($P<0.05$), 其下降率分别为 15.14%、27.01%。



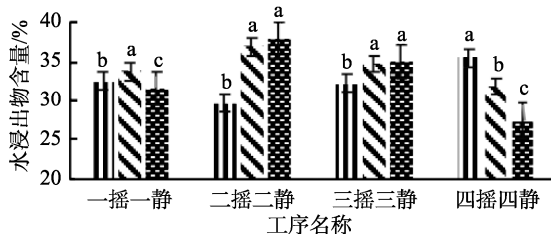
注: 不同字母表示相同环境温度下不同工序间具有显著性差异 ($P<0.05$), 图 4、6、8 同。

图 2 不同温度下做青的大红袍水浸出物含量变化($n=3$)

Fig.2 Changes of the content of water extract of Dahongpao in green-making process at different temperatures ($n=3$)

从图 3 可知, 不同温度下静置的大红袍青叶水浸出物含量在同一工序(一摇一静、四摇四静)时皆有显著差异 ($P<0.05$), 一摇一静后, 以 24 °C 下静置的最高, 28 °C 下静置的最低, 二摇二静和三摇三静后以 20 °C 下静置的最低, 但四摇四静后以 20 °C 下静置的最高, 28 °C 下静置的最低。这说明做青温度对大红袍青叶水浸出物含量具有较大影响。

■ 20 °C ▨ 24 °C ■ 28 °C



注: 不同字母表示相同工序下不同环境温度间具有显著性差异 ($P<0.05$), 图 5、7、9 同。

图 3 不同温度做青过程大红袍水浸出物含量对比($n=3$)

Fig.3 Comparisons of the content of water extract of Dahongpao in green-making process at different temperatures ($n=3$)

2.2 茶多酚含量变化

茶多酚是茶叶中重要的品质成分和功能成分, 主要影响茶汤滋味的浓度和刺激性^[12]。从图 4 可知, 做青时在 20、24、28 °C 下静置的大红袍青叶, 其茶多酚含量基本呈降低趋势, 对比萎凋叶, 至做青结束时(即四摇四静), 三者的茶多酚含量皆显著降低 ($P<0.05$), 下降率分别为 23.86%、31.5%、35.2%, 且温度越高, 其含量越低。

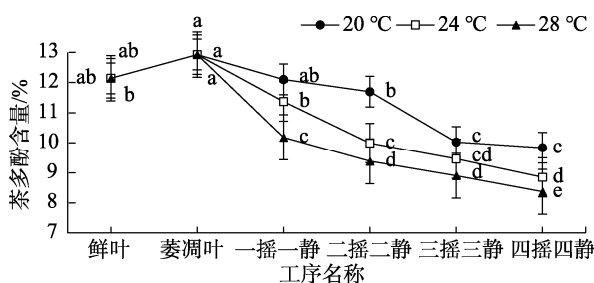


图 4 不同温度下做青的大红袍茶多酚含量变化($n=3$)

Fig.4 Changes of the content of tea polyphenol of Dahongpao in green-making process at different temperatures ($n=3$)

从图 5 可知, 不同温度下静置的大红袍青叶茶多酚含量在同一工序(一摇一静、三摇三静)时皆有显著差异 ($P<0.05$), 从一摇一静至四摇四静, 皆以 20 °C 下静置的最高, 28 °C 下静置的最低, 其中二摇二静和四摇四静后 24 °C 和 28 °C 下静置的大红袍青叶茶多酚含量差异不显著 ($P>0.05$)。

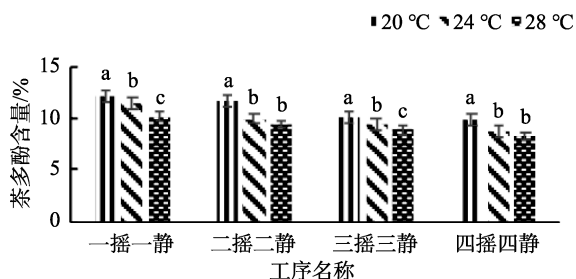


图 5 不同温度做青过程大红袍茶多酚含量对比(n=3)
Fig.5 Comparisons of the content of tea polyphenol of Dahongpao in green-making process at different temperatures (n=3)

2.3 黄酮类化合物含量变化

黄酮类化合物是茶叶中重要的风味成分和功能成分, 主要影响茶汤浓度和刺激性, 且滋味阈值低^[13]。研究发现, 茶叶中黄酮类化合物的代谢受蔗糖含量、苯丙胺、糖苷等影响^[14-16]。从图 6 可知, 做青时在 20、24、28 °C 下静置的大红袍青叶, 其黄酮类化合物含量整体呈上升趋势, 从萎凋叶开始, 20 °C 下静置的大红袍青叶黄酮类化合物含量呈“先降后升”的变化, 24 °C 和 28 °C 下静置的呈上升趋势, 前期缓慢增加, 后期增加较多; 对比萎凋叶, 至做青结束时 (即四摇四静), 三者的黄酮类化合物含量皆显著增加 ($P < 0.05$)。

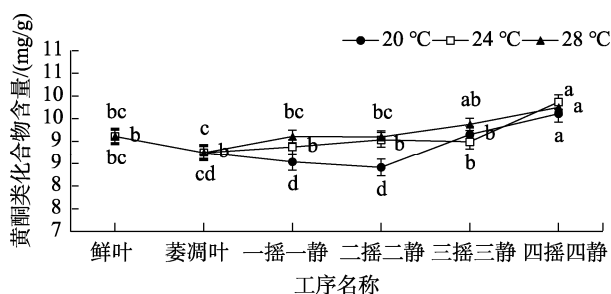


图 6 不同温度下做青的大红袍黄酮类化合物含量变化(n=3)
Fig.6 Changes of the content of flavonoids of Dahongpao in green-making process at different temperatures (n=3)

从图 7 可知, 不同温度下静置的大红袍青叶黄酮类化合物含量在一摇一静、三摇三静和四摇四静后皆无显著差异 ($P > 0.05$), 仅二摇二静后, 以 24 °C 下静置的最高, 28 °C 下静置的比 20 °C 下静置的显著高 ($P < 0.05$)。这说明在实验的温度范围内, 做青温度对大红袍青叶黄酮类化合物含量影响较小。

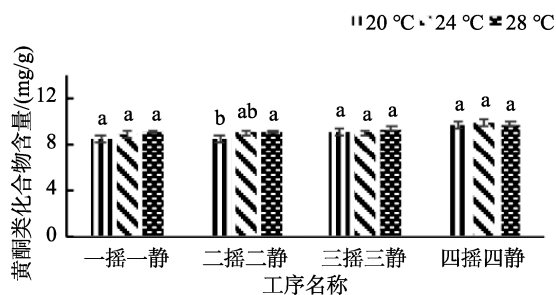


图 7 不同温度做青过程大红袍黄酮类化合物含量对比(n=3)
Fig.7 Comparisons of the content of flavonoids of Dahongpao in green-making process at different temperatures (n=3)

2.4 游离氨基酸含量变化

游离氨基酸是茶汤中呈现鲜甜滋味的主要风味物质, 在加工过程中亦参与香气物质的形成。从图 8 可知, 萎凋过程游离氨基酸含量显著增加, 从萎凋叶开始, 20 和 28 °C 下静置的大红袍青叶游离氨基酸含量呈“降→升→降→升”的变化, 24 °C 下静置的呈平缓增加趋势; 对比萎凋叶, 至做青结束时 (即四摇四静), 24 °C 下静置的大红袍青叶游离氨基酸含量无显著变化 ($P > 0.05$), 而 20 和 28 °C 下静置的大红袍青叶游离氨基酸含量皆显著增加 ($P < 0.05$), 其增加率分别为 7.1%、5.44%。WU 等^[16]发现游离氨基酸中的茶氨酸、丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、丝氨酸、缬氨酸、组氨酸和酪氨酸在乌龙茶萎凋和做青过程中含量增加。氨基酸含量的增加可能是由于生物合成过程和应激蛋白水解的联合作用^[17-18]; 也可能与糖代谢相关, 青叶中的蔗糖含量自摇青开始下降, 蔗糖在转化酶的作用下转化为单糖, 然后进入糖酵解生物过程, 进行嘌呤和氨基酸等次生代谢^[19]。

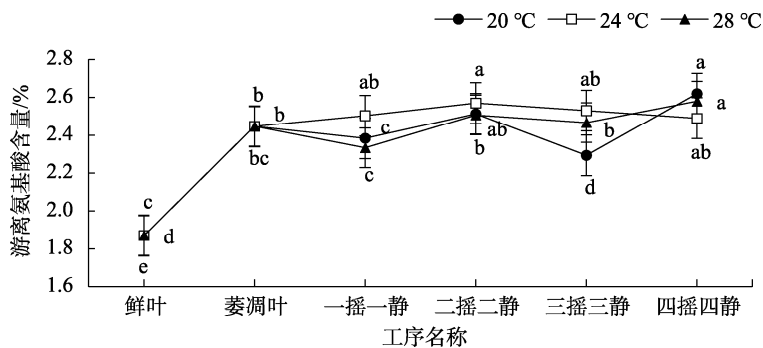


图 8 不同温度下做青的大红袍游离氨基酸含量变化(n=3)
Fig.8 Changes in the content of free amino acid of Dahongpao in green-making at different temperatures (n=3)

从图 9 可知,不同温度下静置的大红袍青叶游离氨基酸含量在二摇二静和四摇四静时皆无显著差异($P>0.05$),一摇一静后,以 24 °C 下静置的显著高于 20 和 28 °C 下静置的($P<0.05$),三摇三静后以 20 °C 下静置的显著低于 24 和 28 °C 下静置的($P<0.05$)。实验结果虽然呈现出一定的差异显著性,但其具体含量相差并不多,三摇三静后,20 °C 下静置的氨基酸含量仅比 24 °C 下静置的低了 0.24%,这说明在实验的温度范围内,做青温度对大红袍青叶游离氨基酸含量影响较小。

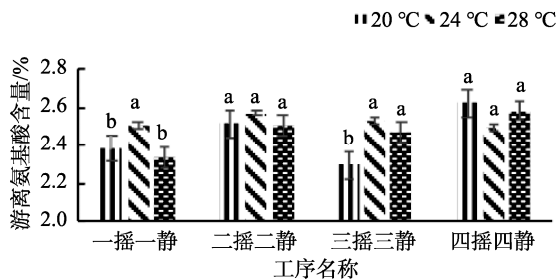


图 9 不同温度做青过程大红袍游离氨基酸含量对比($n=3$)
Fig.9 Comparisons of the content of free amino acid of Dahongpao in green-making process at different temperatures ($n=3$)

2.5 做青叶感官品质分析

对在 20、24 和 28 °C 条件下做青的大红袍青叶进行感官审评,结果见表 2。3 个温度下做青的大红袍以 24 °C 表现最佳,品质综合评分最高(91.25 分),为一级二等,其颜色符合武夷岩茶色泽特征,花香显。20 °C 下做青的大红袍做青叶干茶红边较少、茶汤颜色较浅、叶底红边也较少,这些表现说明从色泽上可判断 20 °C 下做青的大红袍,其发酵度较低。而 28 °C 下做青的大红袍则发酵度比较高,其干茶和叶底红色较多,茶汤颜色也比较深,香气方面也表现出发酵过度的醇气。

3 结论与讨论

本研究表明温度对武夷大红袍青叶的水浸出物和茶多酚含量在做青过程中的变化影响较大,而对黄酮类化合物和游离氨基酸含量的变化则影响较小;至做青结束时,水浸出物和茶多酚含量最高的是 20 °C 下做青的大红袍青叶,三者的黄酮类化合物和游离氨基酸含量则无显著差异($P>0.05$);做青叶感官审评结果表明,24 °C 下做青的大红袍品质表现最佳,品质综合评分最高(91.25 分),为一级二等,其色泽符合武夷岩茶色泽特征,花香显。

表 2 大红袍做青叶感官审评结果

Table 2 Sensory evaluation results of fine manipulated leaves of Dahongpao

样品名称	外形(20%)	汤色(5%)	香气(30%)	滋味(35%)	叶底(10%)	综合评分
20 °C 做青叶	黄绿略带红边,匀整。 89 分	浅黄较亮,清澈。 88 分	香气较高,有乳香。 89 分	醇较厚,微涩。 85 分	柔软较明亮,略带红边。 89 分	88.15 分 二级三等
24 °C 做青叶	黄绿有红边,匀整。 92 分	金黄明亮,清澈。 92 分	花香显,品种特征显。 91 分	醇厚,有回甘。 91 分	软亮,有红边。 91 分	91.25 分 一级二等
28 °C 做青叶	黄绿红边显,匀整。 92 分	金黄较深,明亮清澈。 91 分	有花香,略有醇气。 86 分	较醇厚。 88 分	软亮,红边较多。 88 分	88.35 分 二级三等

武夷岩茶中茶多酚含量、黄酮类化合物含量与品质的关系并不是呈简单的正相关或负相关,含量过低则茶味淡薄,含量过高则会带来苦涩感,游离氨基酸能给茶汤带来鲜甜感,含量高能提高品质。之前的研究显示,乌龙茶做青时全程恒温处理的效果不如变温处理的效果^[20],根据本研究已得到的结果,做青全程用恒温模式不一定是最好的方式,变温模式可能更有利于各种品质成分的转化,有利于各成分间比例的协调。比如做青前期采取 20 °C,有利于游离氨基酸含量的增加,且能减缓前期茶多酚和水浸出物含量的减少,从中期开始逐渐升温,至做青后期时升至 28 °C 为止,适当促进茶多酚的氧化,以形成绿叶红镶边的特点。

参考文献

[1] ZHOU Y, ZENG L, LIU X, *et al.* Formation of (*E*)-nerolidol in tea

(*Camellia sinensis*) leaves exposed to multiple stresses during tea manufacturing [J]. *Food Chem*, 2017, 231: 78–86.

- [2] 金心怡,王秀萍,吉克温,等.气流对做青环境及乌龙茶品质形成的影响[J].*茶叶科学*,2003,(1):41–45.
JIN XY, WANG XP, JI KW, *et al.* Effect of airflow on zuoqing environment and quality of Oolong tea [J]. *Tea Sci*, 2003, (1): 41–45.
- [3] FRASER K, LANE GA, OTTER DE, *et al.* Non-targeted analysis by LC-MS of major metabolite changes during the oolong tea manufacturing in New Zealand [J]. *Food Chem*, 2014, 151(15): 394–403.
- [4] NG KW, CAO ZJ, CHEN HB, *et al.* Oolong tea: A critical review of processing methods, chemical composition, health effects, and risk [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2018, 58(17): 2957–2980.
- [5] WANG Y, LI Q, WANG Q, *et al.* Simultaneous determination of seven bioactive components in Oolong tea *Camellia sinensis*: Quality control by chemical composition and HPLC fingerprints [J]. *J Agric Food Chem*, 2012, 60(1): 256–260.

- [6] CHEN GH, YANG CY, LEE SJ, *et al.* Catechin content and the degree of its galloylation in Oolong tea are inversely correlated with cultivation altitude [J]. *J Food Drug Anal*, 2014, 22(3): 303–309.
- [7] 王芳, 陈倩莲, 黄艳, 等. 升温方式对大红袍做青中主要生化成分的影响[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(4): 35–41.
WANG F, CHEN QL, HUANG Y, *et al.* The influence of heating mode on the major biochemical components in green-making of Dahongpao [J]. *Food Res Dev*, 2021, 42(4): 35–41.
- [8] 陈倩莲, 王芳, 莫楚红, 等. 不同升温方式下大红袍做青中 PPO 和 β -G 活性变化对比[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(7): 28–32.
CHEN QL, WANG F, MO CH, *et al.* Comparison of PPO and β -G activity changes in the green-making of Dahongpao under the different heating methods [J]. *Food Res Dev*, 2021, 42(7): 28–32.
- [9] 陈孝照. 乌龙茶连续做青自动控制系统的设计[J]. *福建农机*, 2015, (2): 33–36.
CHEN XZ. Design of automatic control system for continuous green-making of oolong tea [J]. *Fujian Agric Mach*, 2015, (2): 33–36.
- [10] 刘江平, 金心怡. 基于模糊控制的岩茶做青系统设计[J]. *食品与机械*, 2020, 36(8): 93–97, 122.
LIU JP, JIN XY. Design of rock tea manipulation system based on fuzzy control [J]. *Food Mach*, 2020, 36(8): 93–97, 122.
- [11] 张正竹. 茶叶生物化学实验教程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
ZHANG ZZ. Tea biochemistry experiment course [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009.
- [12] 郭颖, 陈琦, 黄峻榕, 等. 茶叶滋味与其品质成分的关系[J]. *茶叶通讯*, 2015, 42(3): 13–15.
GUO Y, CHEN Q, HUANG JR, *et al.* The tea flavor quality and its ingredients [J]. *Tea Commun*, 2015, 42(3): 13–15.
- [13] FANG ZT, SONG CJ, XU HR, *et al.* Dynamic changes in flavonol glycosides during production of green, yellow, white, Oolong and black teas from *Camellia sinensis* L. (cv. Fudingdabaicha) [J]. *Int J Food Sci Technol*, 2019, 54(2): 490–498.
- [14] BABA SA, VISHWAKARMA RA, ASHRAF N. Functional characterization of CsBGLu12, a β -glucosidase from *Crocus sativus* provides insights into its role in abiotic stress through accumulation of antioxidant flavonols [J]. *J Biol Chem*, 2017, 292(11): 4700–4713.
- [15] EVA SR, MORENO DA, FERRERES F, *et al.* Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: Changes on phenolic metabolites and related enzymes [J]. *Phytochemistry*, 2011, 72(8): 723–729.
- [16] WU LY, HUANG XJ, GUO YL, *et al.* Understanding the formation mechanism of Oolong tea characteristic non-volatile chemical constituents during manufacturing processes by using integrated widely-targeted metabolome and DIA proteome analysis [J]. *Food Chem*, 2020, 310: 125941.1–125941.8.
- [17] DRYNAN JW, CLIFFORD MN, OBUCHOWICZ J, *et al.* The chemistry of low molecular weight black tea polyphenols [J]. *Nat Prod Rep*, 2010, 27(3): 417.
- [18] SAPTASHISH D, POU KRJ. A review of withering in the processing of black tea [J]. *Biosyst Eng*, 2016, 41(4): 365–372.
- [19] WU CC, ZINSHTEYN B, WEHNER KA, *et al.* High-resolution ribosome profiling defines discrete ribosome elongation states and translational regulation during cellular stress [J]. *Mol Cell*, 2019, 3: 959–970.
- [20] 徐安安, 黄亚辉. 近年乌龙茶做青工艺的发展研究[J]. *广东茶业*, 2016, (4): 23–27.
XU ANAN, HUANG YH. Research on the development of oolong tea green-making technology in recent years [J]. *Guangdong Tea Ind*, 2016, (4): 23–27.

(责任编辑: 于梦娇 郑 丽)

作者简介

王芳, 硕士, 副教授, 主要研究方向为茶叶审评与品质调控和茶资源利用。
E-mail: 809543206@qq.com

蔡烈伟, 硕士, 教授, 主要研究方向为茶叶审评与品质调控。
E-mail: cypxcai@163.com