

环境湿度对大红袍做青品质的影响

陈倩莲¹, 王芳^{2,3}, 陈百文⁴, 魏子淳¹, 谭艳婷¹, 孙志琳¹, 庄加耘¹, 郝志龙^{1*}

(1. 福建农林大学园艺学院, 福州 350002; 2. 宁德师范学院生命科学学院, 宁德 352000;
3. 宁德师范学院茶叶审评中心, 宁德 352000; 4. 福建省茶叶质量检测与技术推广中心, 福州 350003)

摘要: 目的 探究环境湿度对武夷大红袍做青品质的影响。**方法** 以武夷山大红袍驻芽三四叶为原料, 采用武夷岩茶制作工艺, 做青时设置 60%、70%、80% 3 个环境空气相对湿度水平, 测定做青叶水浸出物、茶多酚、黄酮类化合物和游离氨基酸含量, 并对毛茶进行感官审评。**结果** 随着做青的进行, 武夷大红袍青叶水分含量和茶多酚含量均呈降低趋势, 水浸出物含量变化幅度较小, 黄酮类化合物含量和游离氨基酸含量均呈上升趋势。至做青结束时(四晾尾), 较低环境空气相对湿度(60%)和较高环境空气湿度(80%)之间青叶水分含量差异显著($P<0.05$); 做青前期(一晾尾、二晾尾)较低的环境湿度(60%)有利于晾青叶水浸出物积累, 做青后期(三晾尾、四晾尾)适中的湿度环境(70%)有利于晾青叶水浸出物积累, 至做青结束, 环境湿度 70%的做青叶水浸出物含量显著高于其他环境湿度($P<0.05$); 做青过程中, 青叶的茶多酚含量均以相对湿度 80%最高, 做青结束时, 3 种相对湿度环境做青叶茶多酚含量之间差异不显著($P>0.05$); 做青前期较高的环境空气相对湿度(80%)有利于晾青叶黄酮类化合物的积累, 后期影响较小($P>0.05$); 做青前期环境空气相对湿度对做青叶氨基酸含量影响较大, 后期影响较小($P>0.05$)。毛茶感官品质以做青环境空气相对湿度 70%的毛茶最佳。**结论** 做青环境空气相对湿度为 70%~80%时更有利于大红袍做青品质的形成。

关键词: 环境湿度; 大红袍; 做青; 茶多酚; 游离氨基酸

Effects of environmental humidity on the quality of Dahongpao during Zuoqing process

CHEN Qian-Lian¹, WANG Fang^{2,3}, CHEN Bai-Wen⁴, WEI Zi-Chun¹, TAN Yan-Ping¹,
SUN Zhi-Lin¹, ZHUANG Jia-Yun¹, HAO Zhi-Long^{1*}

(1. College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. School of Life Science, Ningde Normal University, Ningde 352000, China; 3. Tea Sensory Evaluation Research Center of Ningde Normal University, Ningde 352000, China; 4. Fujian Provincial Tea Quality Testing Center, Fuzhou 350003, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effects of environmental humidity on the quality of Wuyi Dahongpao

基金项目: 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS-19)、福建省现代农业(茶叶)产业技术体系项目(闽财指[2020]786号)、福建农林大学茶产业链科技创新与服务体系建设项目(K1520005A06)、福建张天福茶叶发展基金会科技创新基金项目(FJZTF01)

Fund: Supported by the China Agriculture Research System of Ministry of Finance and Ministry of Agriculture and Rural Affairs (CARS-19), the Fujian Modern Agriculture (Tea) Industry Technology System Project (MCZ [2020] 786), the Fujian Agriculture and Forestry University Tea Industry Chain Science and Technology Innovation and Service System Construction Project (K1520005A06), and the Science and Technology Innovation Fund of Fujian Zhangtianfu Tea Development Foundation (FJZTF01)

*通信作者: 郝志龙, 博士, 副教授, 主要研究方向为茶叶加工工程与装备。E-mail: haozhilong@126.com

*Corresponding author: HAO Zhi-Long, Ph.D, Associate Professor, Fujian Agriculture and Forestry University, No.15, Shangxiadian Road, Cangshan District, Fuzhou 350002, China. E-mail: haozhilong@126.com

during Zuoqing process. **Methods** Three or four leaves of Wuyishan Dahongpao in bud were used as raw materials. Wuyi rock tea was prepared by setting 3 levels of ambient air relative humidity of 60%, 70% and 80%. The content of water extract, tea polyphenols, flavonoids and free amino acids of green leaves was measured, and the sensory evaluation of crude tea was carried out. **Results** With the progress of Zuoqing, the water content and tea polyphenol content of Wuyi Dahongpao tealeaf decreased, the change range of water extract content was small, and the content of flavonoids and free amino acids showed a rising trend. There was a significant difference in tealeaf water content between lower ambient air relative humidity (60%) and higher ambient air humidity (80%) at the end of Zuoqing (the end of the fourth withering) ($P<0.05$); the low environmental humidity (60%) in the early stage of Zuoqing (the end of the first withering, the end of the second withering) was conducive to the accumulation of water extract of tealeaf, and the moderate humidity environment (70%) in the late stage of green making (the end of the third withering, the end of the fourth withering) was conducive to the accumulation of water extract of tealeaf. By the end of Zuoqing, the content of water extract of tealeaf with 70% environmental humidity was significantly higher than other environmental humidity ($P<0.05$); in the process of Zuoqing, the content of tea polyphenols in tealeaf was the highest at 80% relative humidity. At the end of Zuoqing, there was no significant difference among the three relative humidity environments ($P>0.05$); higher ambient air relative humidity (80%) in the early stage was conducive to the accumulation of flavonoids in tealeaf, and had little effect in the later stage ($P>0.05$); the relative humidity of ambient air had a great influence on the amino acid content of tealeaf in the early stage, but less in the later stage ($P>0.05$). The sensory quality of crude tea was the best when the relative humidity of ambient air was 70%. **Conclusion** The ambient air relative humidity of 70%-80% is more conducive to the formation of the quality of Dahongpao tea.

KEY WORDS: environmental humidity; Dahongpao; Zuoqing; tea polyphenol; free amino acid

0 引言

乌龙茶为中国特有的茶类,主要产于福建、广东和台湾等地,因其滋味浓厚甘醇、香气馥郁,具有独特的花果香而深受国内外消费者的喜爱^[1]。乌龙茶初制工艺流程为:鲜叶→萎凋→做青→杀青→揉捻→干燥,其中做青是乌龙茶品质形成的关键工序。做青是摇青与静置反复交替的过程,在摇青机械运动力和机械摩擦力的内外效应以及做青环境温度、湿度、CO₂浓度、空气流速等环境因子的影响下,发生了复杂的酶促和非酶促反应,从而形成乌龙茶绿叶红镶边和香高味浓的独特品质^[2-5]。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]。游小妹等^[7]以“丹桂”品种为原料,对比了铁观音在自然环境(温度 20~27 °C,相对湿度 80%~97%)和空调环境(温度 16~20 °C,相对湿度 60%~80%)下的做青效果,发现空调环境下做青的毛茶品质较优,茶多酚含量更低,氨基酸含量更高。金心怡等^[8]研究表明,做青间的温湿度会影响青叶的生理生化反应,可能存在临界值,从而影响品质风味的形成,认为 70%~80%的相对湿度是适合做青的湿度条件。张方舟^[9]研究发现,适合毛蟹品种做青的相对湿度是 55%~65%。杨文俐^[10]研究了安溪不同区域乌龙茶的做青环境,结果表明相对湿度以 60%~70%为宜。王芳等^[11]和陈倩莲等^[12]以大红袍为原料,对比了炭火升温 and 暖气机组升温对武夷岩茶做

青间环境参数的影响,结果表明炭火升温做青间的温度和 CO₂浓度更高,但两者的空气相对湿度并无显著差异。

茶产业是武夷山市的支柱产业,武夷山虽然茶企众多,但有规模的大企业不多,大多数是中小型企业,甚至是家庭作坊式,这些企业规模小、产量低、品质不稳定。因此提高和稳定茶叶品质至关重要,既有利于提高武夷岩茶的市场影响力,又能提高茶农和茶企经济效益。目前关于做青环境空气相对湿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,对武夷大红袍做青环境湿度参数的研究鲜有报道,武夷大红袍做青的最适湿度尚未可知。本研究以武夷大红袍为材料,采用武夷岩茶加工工艺,在晾青时设置 60%、70%、80% 3 个环境湿度水平,以探索有利于大红袍品质形成的最适湿度条件,以期提升武夷岩茶加工工艺提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 茶叶原料与试剂

茶鲜叶为武夷山大红袍品种,采摘标准驻芽三四叶。

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,国药集团化学试剂有限公司)。

1.1.2 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 取样方法

按照采摘→萎凋→做青(摇青与晾青交替进行, 共 4 次)→杀青(280 °C, 8 min)→揉捻(10 min)→干燥(130 °C烘至七成干后摊晾 3 h, 然后 110 °C烘至足干)工艺流程, 将萎凋后的青叶放入摇青机第 1 次摇青, 摇青后将青叶分别放入环境空气相对湿度为 60%、70%、80%, 温度设置同为 25 °C 的 3 个人工气候培养箱静置晾青。第 1 次晾青结束后

按要求取样, 然后进行第 2 次摇青, 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晾青。做青工艺的具体参数见表 1。分别取鲜叶、萎凋叶和做青过程中每次晾青结束时对角线法取样 500 g 的茶叶, 采用热风固样法, 先以 120 °C快速固样 5 min, 后用 103 °C烘至足干, 烘干样放铝箔袋密封备用。

1.2.2 做青过程水分测定方法

参照黄皓等^[13]120 °C水分测定法。

1.2.3 做青叶生化成分的测定方法

水浸出物含量测定用全量法, 茶多酚含量测定采用 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》、黄酮类化合物含量测定用三氯化铝比色法, 游离氨基酸含量的测定用茚三酮比色法^[14]。

表 1 大红袍做青工艺参数(min)

Table 1 Parameters of fine-manipulation technology of Dahongpao (min)

摇做青次数	摇青时间	晾青时间	摇做青次数	摇青时间	晾青时间
第 1 次	6	30	第 3 次	15	60
第 2 次	10	45	第 4 次	25	70

1.2.4 毛茶感官审评方法

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 位专业评茶师对最终的毛茶进行感官审评。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 对数据进行分析做图; 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 做青过程青叶含水量变化

水分变化与乌龙茶做青过程中化学物质的流动和转化密切相关, 本研究中做青过程中青叶含水量呈持续下降的趋势, 60%、70%和 80% 3 种湿度处理的青叶含水量从鲜叶的 72.1%分别下降到杀青前的 62.96%、64.12%和 65.80%, 下降率分别为: 12.67%、11.06%和 8.73%。至做青结束时(四晾尾), 较低环境空气相对湿度(60%)和较高环境空气湿度(80%)之间青叶水分含量差异显著($P<0.05$)。3 种湿度处理间的含水量变化趋势基本一致(详见表 2)。

2.2 水浸出物含量

水浸出物是茶叶水溶性物质的总和, 包括氨基酸、咖啡碱、糖类、儿茶素、奎尼酸和果胶等, 是茶汤滋味的综合体, 其含量的高低决定了茶汤滋味的厚薄、浓淡、强弱^[15]。由图 1 可知, 大红袍做青时在不同环境空气相对湿度下晾青, 其水浸出物含量从萎凋叶开始, 相对湿度 60%晾青的大红袍水浸出物含量呈“先升后降”的变化趋势, 相对湿度 70%和 80%晾青的大红袍水浸出物含量皆呈“降→升→降”的变化趋势, 相

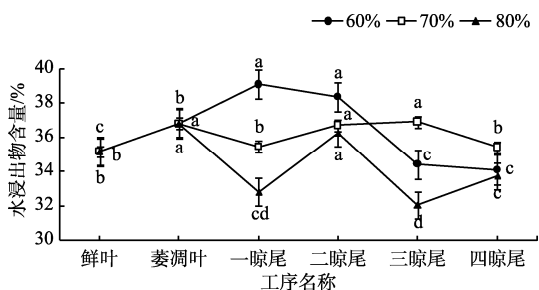
对湿度为 70%晾青的大红袍水浸出物含量变化波动幅度比相对湿度为 80%的幅度小; 至做青结束时(四晾尾), 3 种相对湿度环境的做青叶水浸出物含量均显著低于萎凋叶($P<0.05$), 其下降率分别为 7.39%、3.84%、8.34%, 这可能是由于可溶性多酚类物质及其氧化产物在做青过程中与蛋白质结合形成不溶于水的化合物, 从而使做青叶水浸出物含量减少^[16]。

表 2 大红袍做青过程中水分的变化($n=3$, %)
Table 2 Changes of water content in Dahongpao during fine-manipulation ($n=3$, %)

工序名称	相对湿度		
	60%	70%	80%
鲜叶	72.10±1.64 ^a	72.10±1.64 ^a	72.10±1.64 ^a
萎凋叶	68.93±1.08 ^a	68.93±1.08 ^a	68.93±1.08 ^a
一晾尾	67.61±1.00 ^a	68.33±0.77 ^a	68.88±1.26 ^a
二晾尾	67.12±0.83 ^a	67.00±1.31 ^a	67.76±0.39 ^a
三晾尾	65.40±0.97 ^a	66.41±1.49 ^a	66.36±0.50 ^a
四晾尾	62.96±0.96 ^b	64.12±0.71 ^{ab}	65.80±0.95 ^a

注: 表中数据为平均值±标准偏差, 不同小写字母表示同一工序时不同环境湿度处理间的青叶含水量差异显著性($P<0.05$)。

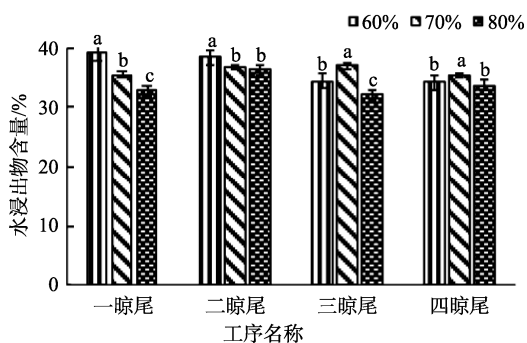
进一步分析发现, 不同环境湿度下晾青的大红袍水浸出物含量在同一工序时基本上都有显著差异($P<0.05$)。如图 2 所示, 一晾尾和二晾尾以相对湿度 60%的晾青叶水浸出物含量显著高于其他两种环境湿度, 且相对湿度 80%的晾青叶水浸出物含量最低; 但三晾尾和四晾尾以相对湿度 70%的晾青叶水浸出物含量显著高于其他两种环境湿度($P<0.05$)。可见, 做青前期(一晾尾、二晾尾)较低的环境湿度(60%)有利于晾青叶水浸出物积累, 做青后期适中的做青环境空气相对湿度(70%)有利于晾青叶水浸出物积累。



注: 不同字母表示相同环境湿度下不同工序间差异显著, $P < 0.05$, 图 3、5、7 相同。

图 1 不同环境湿度下大红袍各做青工序水浸出物含量变化($n=3$)

Fig.1 Changes of water extract content of Dahongpao during Zuoqing process under different environmental humidity ($n=3$)



注: 不同字母表示同一工序时不同环境湿度处理青叶间的差异显著, $P < 0.05$, 图 4、6、8 相同。

图 2 不同环境湿度做青过程大红袍同一工序水浸出物含量比较($n=3$)

Fig.2 Comparison of water extract content in the same process of Dahongpao in different environmental humidity ($n=3$)

2.3 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^[17]。由图 3 可知, 大红袍做青时在不同环境空气相对湿度下晾青, 其茶多酚含量基本呈降低趋势; 至做青结束时(四晾尾), 3 种相对湿度环境做青叶的茶多酚含量均显著低于萎凋叶($P < 0.05$), 分别下降 25.71%、31.58%、21.43%, 这可能是由于水解及氧化作用加强, 使多酚类物质降解或者氧化的原因^[18]。

不同环境湿度下晾青的大红袍青叶茶多酚含量在一晾尾、二晾尾、三晾尾均存在差异, 如图 4 所示, 从一晾尾至四晾尾, 相对湿度 80%晾青叶的茶多酚含量最高, 二晾尾青叶茶多酚含量显著高于相对湿度 60%的青叶($P < 0.05$), 一晾尾、三晾尾青叶含量显著高于相对湿度 70%的青叶; 但是做青结束时(四晾尾), 3 种相对湿度环境做青叶茶多酚含量之间差异不显著($P > 0.05$)。

2.4 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, 且苦味阈值低^[19]。从图 5 可

知, 大红袍在不同环境空气相对湿度下做青, 黄酮类化合物含量整体呈上升趋势, 均在二晾尾至三晾尾上升幅度最大; 3 种相对湿度环境做青叶(四晾尾)的黄酮类化合物含量均显著高于萎凋叶($P < 0.05$), 分别增加 30.36%、24.77%、32.24%。

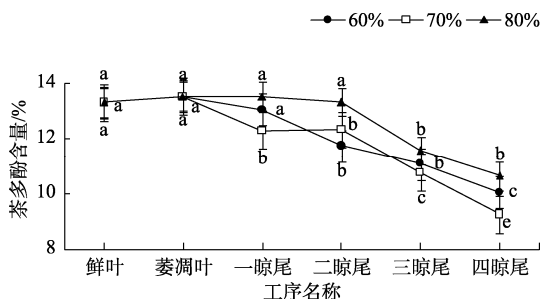


图 3 不同环境湿度下大红袍各做青工序茶多酚含量变化($n=3$)

Fig.3 Changes of tea polyphenol content of Dahongpao during Zuoqing process under different environmental humidity ($n=3$)

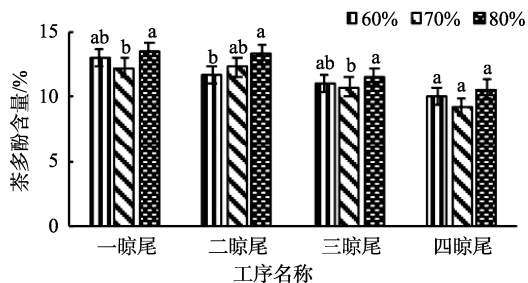


图 4 不同环境湿度做青过程大红袍同一工序茶多酚含量比较($n=3$)

Fig.4 Comparison of tea polyphenol content in the same process of Dahongpao in different environmental humidity ($n=3$)

3 种湿度处理的大红袍在一晾尾以相对湿度 80%晾青叶的黄酮类化合物含量显著高于 60%、70%晾青叶(图 6); 在二晾尾, 以相对湿度 80%的晾青叶含量最高, 70%、80%晾青叶含量显著高于相对湿度 60%的晾青叶($P < 0.05$); 三晾尾以相对湿度 70%的晾青叶含量最高, 四晾尾以相对湿度 80%的晾青叶含量最高, 但在三晾尾和四晾尾时, 3 种相对湿度下晾青叶黄酮含量无显著差异($P > 0.05$)。可见, 在实验的湿度范围内, 做青前期(一晾尾、二晾尾)较高的环境空气相对湿度有利做青叶黄酮类物质的积累, 做青后期(三晾尾、四晾尾)对大红袍黄酮类化合物含量影响较小。

2.5 游离氨基酸含量变化

游离氨基酸是茶汤中鲜甜滋味的主要呈味物质, 在加工过程中亦参与香气物质的形成。由图 7 可知, 萎凋过程游离氨基酸含量显著增加($P < 0.05$), 从萎凋叶开始, 相对湿度 60%和 80%环境晾青的大红袍青叶游离氨基酸含量呈“降→升→升→升”的变化趋势, 70%环境做青呈“升→降→升→降”的变化趋势; 与萎凋叶相比, 至做青结束(四晾尾), 相对湿度 70%晾青的大红袍各工序青叶游离氨基酸含量无显著差异($P > 0.05$), 而 60%和 80%晾青的大红袍青叶游离氨基酸含量

均显著增加($P<0.05$), 分别增加 5.77%、6.98%。WU 等^[20]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。游离氨基酸含量的增加可能是由蛋白质原转化为蛋白质衍生氨基酸引起的^[21], 有利于提高茶汤的鲜爽度。

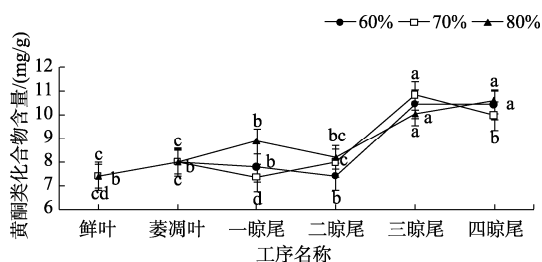


图 5 不同环境湿度下大红袍各做青工序黄酮类化合物含量变化($n=3$)

Fig.5 Changes of flavonoids content of Dahongpao during Zuoqing process under different environmental humidity ($n=3$)

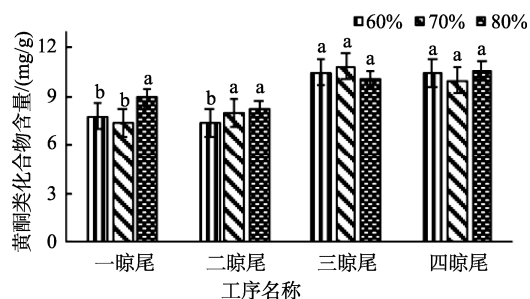


图 6 不同环境湿度做青过程大红袍同一工序黄酮类化合物含量比较($n=3$)

Fig.6 Comparison of flavonoids content in the same process of Dahongpao in different environmental humidity ($n=3$)

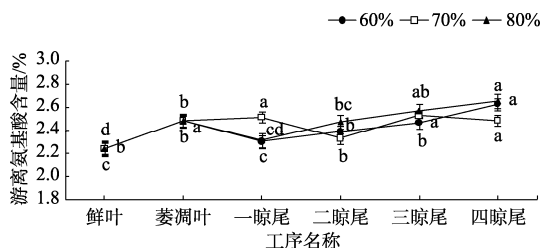


图 7 不同环境湿度下大红袍各做青工序游离氨基酸含量变化($n=3$)

Fig.7 Changes of free amino acid content of Dahongpao during Zuoqing process under different environmental humidity ($n=3$)

进一步分析发现, 不同环境湿度下, 一晾尾以相对湿度 70%晾青叶的游离氨基酸含量显著($P<0.05$)高于相对湿度 60%和 80%的晾青叶(图 8), 二晾尾以相对湿度 80%晾青叶游离氨基酸含量显著高于 70%的晾青叶($P<0.05$), 在三晾尾和四晾尾, 均以相对湿度 80%晾青叶含量最高, 但无显著差异($P>0.05$)。可见, 做青前期(一晾尾、二晾尾)环境空气相对湿度对做青叶氨基酸含量影响较大, 后期(三晾尾、四晾尾)影响较小。

2.6 毛茶感官品质分析

对环境相对湿度 60%、70%和 80%条件下做青的大红袍毛茶进行感官审评, 结果如表 3。感官品质以做青环境空气相对湿度 70%的毛茶最佳, 品质综合评分为 91.95 分(一级二等), 其颜色符合武夷岩茶色泽特征, 花香浓郁; 相对湿度 80%的大红袍毛茶品质综合评分为 90.55 分(一级二等), 略低于相对湿度 70%做青条件下形成的品质, 汤色较相对湿度 70%的毛茶深, 滋味较为鲜爽; 而相对湿度 60%下做青的大红袍毛茶干茶和叶底红边比例较小, 茶汤颜色较浅, 滋味较为淡薄。综合以上结果分析, 做青环境空气相对湿度为 70%~80%时更有利于大红袍做青品质的形成。

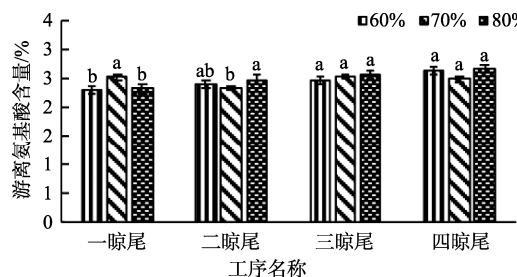


图 8 不同环境湿度做青过程大红袍同一工序游离氨基酸含量比较($n=3$)

Fig.8 Comparison of free amino acid content in the same process of Dahongpao in different environmental humidity ($n=3$)

3 结论与讨论

本研究对环境湿度对大红袍做青品质的影响进行了研究。研究表明, 做青环境空气相对湿度对武夷大红袍做青过程中青叶的水浸出物含量影响较大, 相对湿度 70%的做青叶水浸出物含量显著高于相对湿度 60%和 80%的做青叶; 做青过程中, 青叶的茶多酚含量均以相对湿度 80%最高; 做青前期较高的环境空气相对湿度(80%)有利于晾青叶黄酮类化合物的积累, 后期影响较小($P>0.05$); 做青前期环境空气相对湿度对做青叶氨基酸含量影响较大, 后期影响较小($P>0.05$); 毛茶感官品质以做青环境空气相对湿度 70%最佳, 品质综合评分最高(91.95 分), 为一级二等, 其色泽符合武夷岩茶色泽特征, 且花香馥郁, 由此可见, 做青环境空气相对湿度为 70%~80%时更有利于大红袍做青品质的形成。这与金心怡等^[8]、杨振福等^[22]研究结果相对一致, 做青间的相对湿度会影响青叶水分的散失速度, 进而影响一系列生化反应, 做青环境相对湿度 70%~80%为好, 香气高且持久。刘江平等^[23]设计做青模糊控制系统, 随着做青现场温、湿度的变化, 根据导入的专家数据库调整做青工艺参数, 所制得的肉桂毛茶达到特级肉桂标准。今后可在现有理论基础, 进一步优化武夷岩茶做青工艺, 与智能化做青控制系统相结合, 从而实现武夷大红袍做青工艺的标准化、稳定品质, 满足消费者的需求。

表 3 不同环境空气相对湿度做青大红袍毛茶感官品质分析
Table 3 Analysis of sensory quality of fine manipulated leaves of Dahongpao

相对湿度	外形(20%)		汤色(5%)		香气(30%)		滋味(35%)		叶底(10%)		综合评分与等级
60%	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。	88 分	尚醇厚滑爽。	85 分	较软亮, 略带红边。	87 分	87.05 二级三等
70%	黄绿红边显, 匀整。	92 分	金黄明亮, 清澈。	92 分	花香浓郁, 品种特征显。	91 分	醇厚滑爽, 有回甘。	93 分	软亮, 有红边。	91 分	91.95 一级二等
80%	黄绿红边显, 匀整。	92 分	橙黄明亮, 清澈。	90 分	有花香, 品种特征尚明显。	89 分	醇厚鲜爽, 有回甘。	91 分	软亮, 有红边。	91 分	90.55 一级二等

参考文献

- [1] CHEN S, LIU H, ZHAO X, *et al.* Non-targeted metabolomics analysis reveals dynamic changes of volatile and non-volatile metabolites during oolong tea manufacture [J]. *Food Res Int*, 2020, 128: 108778.
- [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] 杨君, 刘木华, 阮承治, 等. 球罐型 360°茶叶摇青机设计及实验验证[J]. *食品与机械*, 2020, 36(10): 81-86.
- YANG J, LIU MH, RUAN CZ, *et al.* Design of spherical type 360° of tea stirring machine, flow field analysis and experimental analysis [J]. *Food Mach*, 2020, 36(10): 81-86.
- [4] 周子维, 游芳宁, 刘彬彬, 等. 摇青机械力对乌龙茶脂肪族类香气形成的影响[J]. *食品科学*, 2019, 40(13): 52-59.
- ZHOU ZW, YOU FN, LIU BB, *et al.* Effect of mechanical force during turning-over on the formation of aliphatic aroma in Oolong tea [J]. *Food Sci*, 2019, 40(13): 52-59.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 游小妹, 钟秋生, 陈常颂. ‘丹桂’乌龙茶不同做青环境主要生化成分的变化[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(11): 70-73.
- YOU XM, ZHONG QS, CHEN CS. Effects of different environment of fine manipulation on the main biochemical components of ‘Dangui’ Oolong tea [J]. *China Agric*, 2011, 27(11): 70-73.
- [8] 金心怡, 陈济斌, 王秀萍, 等. 做青环境调控方式对乌龙茶品质影响的试验研究[J]. *农业工程学报*, 2003, (6): 215-218.
- JIN XY, CHEN JB, WANG XP, *et al.* Effect of controlling modes of Zuoqing conditions on quality of Oolong tea [J]. *Agric Eng*, 2003, (6): 215-218.
- [9] 张方舟. 做青环境与毛蟹乌龙茶品质的关系[J]. *中国茶叶*, 2004, (4): 12-13.
- ZHANG FZ. Relationship between making green environment and quality of Hairy crab Oolong tea [J]. *China Tea*, 2004, (4): 12-13.
- [10] 杨文俪. 安溪乌龙茶空调制茶技术与参数[J]. *中国茶叶加工*, 2005, (4): 33-34.
- YANG WL. Anxi Oolong tea air conditioning tea technology and parameters [J]. *China Tea Process*, 2005, (4): 33-34.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 黄皓, 毛志方, 涂云飞, 等. 做青过程中重要品质关联酶活性变化研究[J]. *茶叶*, 2007, (4): 207-210.
- HUANG H, MAO ZF, TU YF, *et al.* Studies on variations of quality related enzymes during Zuoqing process [J]. *Tea*, 2007, (4): 207-210.
- [14] 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.
- [15] 刘晓莎, 董继扬, 孟维君, 等. 铁观音茶水浸出物组成模式及溶出规律的核磁共振波谱分析[J]. *茶叶学报*, 2015, 56(4): 198-205.
- LIU XS, DONG JY, MENG WJ, *et al.* ¹H NMR spectroscopy on composition of water extract from Tie-guanyin teas [J]. *J Tea*, 2015, 56(4): 198-205.
- [16] 宿迷菊, 毛志方, 施海根, 等. 做青过程中水浸出物、茶多酚和氨基酸总量的变化研究[J]. *中国茶叶加工*, 2007, (3): 17-20.
- SU MJ, MAO ZF, SHI HG, *et al.* Study on the changes of water soluble matter, tea polyphenols and total amino acids during turing-over [J]. *China Tea Process*, 2007, (3): 17-20.
- [17] 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.
- [18] 宋加艳, 何加兴, 欧伊伶, 等. 碧春早夏季鲜叶加工乌龙茶过程中品质成分动态变化[J]. *现代食品科技*, 2021, 37(2): 238-248, 163.
- SONG JY, HE JX, OU YL, *et al.* Dynamic changes in quality and composition of oolong tea made with Bixiangzao summer tea leaves during processing [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2021, 37(2): 238-248, 163.
- [19] 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 Tech*, 2018, 54(2): 490-498.
- [20] 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: 1259411-1259418.
- [21] ZHANG N, JING TT, ZHAO MY, *et al.* Untargeted metabolomics coupled with chemometrics analysis reveals potential non-volatile markers during oolong tea shaking [Z]. 2019.
- [22] 杨振福, 张木树. 乌龙茶空调做青环境的设计与控制[J]. *茶叶科学技术*, 2009, (2): 23-25, 17.
- YANG ZF, ZHANG MS. Design and control of green environment for Oolong tea air conditioning [J]. *Acta Tea Sin*, 2009, (2): 23-25, 17.
- [23] 刘江平, 金心怡. 武夷岩茶做青控制系统研制[J]. *食品工业*, 2021, 42(2): 154-158.
- LIU JP, JIN XY. Design of rock tea manipulation system based on fuzzy control [J]. *Food Ind*, 2020, 2021, 42(2): 154-158.

(责任编辑: 韩晓红 张晓寒)

作者简介

陈倩莲, 硕士研究生, 主要研究方向为茶叶加工工程与品质调控研究。
E-mail: 1048240119@qq.com

郝志龙, 博士, 副教授, 主要研究方向为茶叶加工工程与装备。
E-mail: haozhilong@126.com