

## 日照白毫乌龙茶初制过程主要生化成分的变化

丁立孝<sup>1</sup>, 刘冉霞<sup>2</sup>, 梁青<sup>1</sup>, 丁新<sup>1</sup>, 陈总发<sup>3</sup>

(1. 日照职业技术学院, 日照 276826; 2. 青岛农业大学食品科学与工程学院, 青岛 266109;

3. 山东盛发农业科技有限公司, 日照 276826)

**摘要:** 以日照白毫乌龙茶为研究对象, 研究其初制过程中主要生化成分如茶多酚、儿茶素总量、游离氨基酸、咖啡碱以及儿茶素组分 (EGC、C、EGCG、EC、ECG), 儿茶素氧化产物 (茶黄素、茶红素、茶褐素) 含量的变化。结果表明, 水浸出物含量高于国家标准; 茶多酚、儿茶素总量明显下降; 游离氨基酸含量在整个初制过程中总体呈上升趋势; 咖啡碱与可溶性糖含量在整个初制过程中总体呈下降趋势; 儿茶素组分以酯型儿茶素 EGCG 和 ECG 变化剧烈; 儿茶素氧化产物 TF、TR 和 TB 含量呈上升趋势, 毛茶的 TR/TF 比值约为 12.10。此外, 还对日照白毫乌龙茶与红茶、闽台乌龙茶主要生化成分进行了比较分析, 以研究日照白毫乌龙茶的特点。

**关键词:** 日照白毫乌龙茶; 初制; 生化成分; 变化

中图分类号: TS272.59

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)04-0561-06

### Variations of main biochemical components during the primary processing of Rizhao Pekoe Oolong tea

DING Lixiao<sup>1</sup>, LIU Ranxia<sup>2</sup>, LIANG Qing<sup>1</sup>, DING Xin<sup>1</sup>, CHEN Zongfa<sup>3</sup>

(1. Rizhao Polytechnic, Rizhao 276826; 2. College of Food Science and Engineering, Qingdao Agriculture University, Qingdao 266109;

3. Shandong Shengfa Agricultural Science and Technology Company, Rizhao 276826)

**Abstract:** Variations of main biochemical components, such as tea polyphenol, total catechins, free amino acid, caffeine, five catechins (EGC, C, EGCG, EC, ECG), and catechin oxidation products (TF, TR and TB) during the primary processing of Pekoe Oolong tea were investigated. The results showed that the water extract content was higher than the national standard. The contents of tea polyphenol and total catechins obviously decreased. The free amino acid contents were increasing in the primary processing. The contents of caffeine and soluble sugar decreased. In five catechins investigated, EGCG and ECG varied acutely. The contents of TF, TR and TB increased in the primary processing and the TR/TF ratio in the raw tea was 12.10 approximately. In addition, the main biochemical components in Rizhao Pekoe Oolong tea and black tea and the components in Oolong tea from Fujian and Taiwan were compared to study the characteristics of Rizhao Pekoe Oolong tea.

**Key words:** Rizhao Pekoe Oolong tea; primary processing; biochemical components; variation

白毫乌龙茶又名椀风茶、东方美人茶, 为台湾名茶之一, 这种茶主要产自台湾新竹、苗栗等地区, 采自受小绿叶蝉吸食为害的原料, 经手工拌青控制发酵速度, 发酵程度达 70% 左右再经杀青揉捻干燥而成, 成品茶具有独特的蜂蜜香和熟果香<sup>[1]</sup>, 其以一芽二叶为主, 芽尖带白毫, 故称“白毫乌龙茶”。白毫乌龙茶只存在于台湾和南方少量地区, 山东日

照作为北方茶区以生产绿茶为主, 日照某公司运用台湾的设备及加工工艺, 利用日照周边经小绿叶蝉吸食的茶鲜叶成功开发出白毫乌龙茶, 填补了北方白毫乌龙茶的空白。

目前对于乌龙茶的生化研究较多, 倪德江等<sup>[2]</sup>对乌龙茶加工过程中多糖的变化进行了研究; 方世辉等<sup>[3]</sup>在加工工艺对乌龙茶的品质影响方面进行了

收稿日期: 2014-11-05

基金项目: 日照市应用技术研究与开发计划项目 ([2013]77) “日照球形绿茶、日照白毫乌龙茶的研制与开发”资助。

作者简介: 丁立孝, 教授。E-mail: lixiaoding65@163.com

研究;王若仲等<sup>[4]</sup>对乌龙茶加工过程中主要生化成分的变化进行了研究。本研究针对日照白毫乌龙茶,跟踪研究其白毫乌龙茶的加工过程,分析其主要生化成分如茶多酚、儿茶素总量、游离氨基酸、咖啡碱和儿茶素组分等的含量动态变化,以期对指导日照白毫乌龙茶的生产提供一定的理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

样品采自日照盛发农业科技有限公司,为2013年9月生产。对白毫乌龙茶初制过程各加工工序进行跟踪采样,样品分别为茶鲜叶、萎凋叶、摇青叶、杀青叶、揉捻叶和干燥叶,样品置冰箱冷冻保存,对其主要生化成分进行测定分析。

主要仪器包括 Agilent 1200 高效液相色谱仪(安捷伦科技有限公司);TU-1810 紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司);HH-8 恒温水浴锅(国华电器有限公司);AR1140 型电子分析天平(梅特勒—托利多上海公司)。

主要试剂为儿茶素标准品表没食子儿茶素(EGC)、儿茶素(C)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、表儿茶素(EC)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)购于上海晶纯生化科技股份有限公司。乙腈、冰醋酸为色谱纯,娃哈哈纯净水。

### 1.2 试验方 法

**1.2.1 成分测定** 含水量与水浸出物分别按照 GB/T 8304 和 GB/T 8305 进行测定;茶多酚总量按照酒石酸亚铁比色法进行测定;游离氨基酸总量按照茚三酮比色法进行测定;咖啡碱含量采用紫外分光光度计法进行测定;儿茶素总量采用香荚兰素比色法进行测定;多酚氧化酶活性按照文献方法进行测定;茶黄素、茶红素、茶褐素按照文献方法进行测定<sup>[5]</sup>;儿茶素组分采用高效液相色谱法进行测定。

高效液相色谱法条件:色谱柱为 Agilent C<sub>18</sub> 柱(5 μm, 250 mm×4.6 mm);紫外检测器波长 278 nm;柱温 35°C;梯度条件为 A 相在 0~10 min 保持在 100%,10~35 min 由 100%线性变化至 68%,35~40 min 保持在 68%,然后 A 相恢复至 100%。

**1.2.2 数据分析** 实验数据为 3 次测定求平均值,采用统计分析软件 Excel 2003 分析。

## 2 结果与分 析

### 2.1 含水量与水浸出物的变化

白毫乌龙茶初制过程含水量的变化结果如图 1 所示。白毫乌龙茶初制过程中含水量有明显降低,

由茶鲜叶含水量 66.04%,降低至初制结束时毛茶含水量 3.89%,减少了 62.15%,可知白毫乌龙茶未经精制,其含水量已经符合乌龙茶国家标准 GB/T 30357.1-2013 的规定(≤7.0%)。加工结束,水浸出物含量达到 52%左右,符合乌龙茶的国家标准 GB/T 30357.1-2013 的规定(≥32%),并高出国家标准 62%左右。

### 2.2 茶多酚及儿茶素总量的变化

白毫乌龙茶初制过程中茶多酚及儿茶素总量的变化如图 2 所示。白毫乌龙茶初制过程中茶多酚含量是逐渐减少的,到初制结束,茶多酚含量由鲜叶含量 25.21%减少到初制结束时毛茶含量 18.65%。其中,摇青工序减少较多,这是因为茶在摇青过程中,茶叶细胞的部分多酚类物质与多酚氧化酶进行接触,发生酶促反应,茶多酚氧化分解形成一定的氧化产物,与此同时,一部分多酚类及其氧化产物会与蛋白质结合产生沉淀<sup>[6]</sup>。儿茶素是茶多酚的主要成分,约占茶多酚总量的 70%左右,儿茶素总量的变化与茶多酚含量的变化趋势基本一致,至初制结束,儿茶素总量由鲜叶的 18.79%减少至毛茶的 13.16%。白毫乌龙茶初制过程,茶多酚、儿茶素的减少幅度分别为 26.02%与 29.96%。

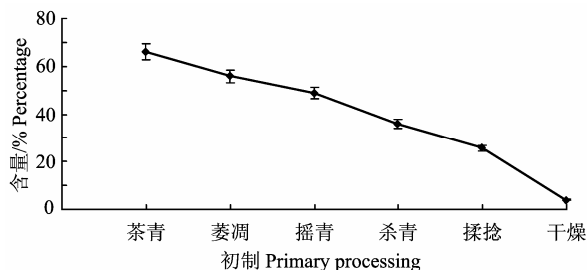


图 1 白毫乌龙茶初制过程含水量的变化

Figure 1 Variation of water capacity during the primary processing of Pekoe Oolong tea

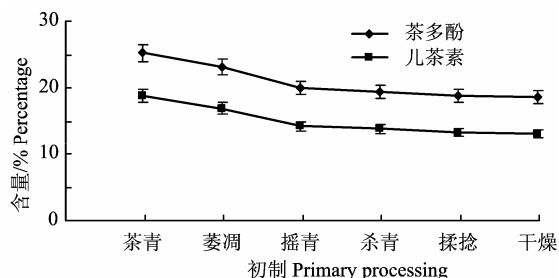


图 2 白毫乌龙茶初制过程中茶多酚与儿茶素的变化

Figure 2 Variation of tea polyphenol and total catechins during the primary processing of Pekoe Oolong tea

### 2.3 游离氨基酸含量变化

白毫乌龙茶初制过程中游离氨基酸含量的变化

如图 3 所示。游离氨基酸含量在鲜叶到萎凋结束这一过程逐渐上升, 摇青过程少量减少, 杀青与揉捻过程无明显变化, 干燥过程中, 游离氨基酸含量有所下降。从鲜叶至初制结束时, 游离氨基酸的含量由鲜叶的 2.37% 增加到 3.95%, 增加幅度为 66.58%。

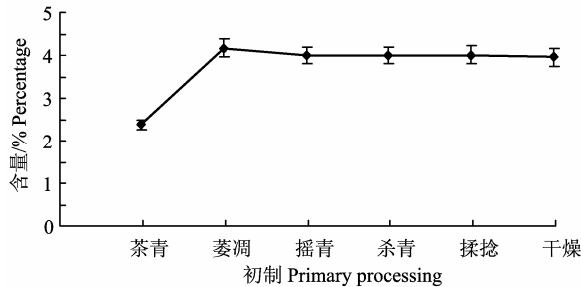


图 3 白毫乌龙茶初制过程游离氨基酸含量变化

Figure 3 Variation of free amino acid during the primary processing of Pekoe Oolong tea

萎凋过程, 由于蛋白酶的作用, 部分蛋白质与肽类在蛋白酶的催化作用下水解为游离氨基酸, 因此萎凋过程游离氨基酸含量增加; 摇青工序, 机械力作用, 茶叶不断碰撞, 叶片经过发酵, 部分游离氨基作为芳香物质的前体参与茶叶香气的形成, 导致游离氨基酸含量下降; 杀青开始阶段温度不会太高促进了酶促氧化, 在酶和水热作用下, 部分蛋白质及肽类会继续水解为游离氨基酸, 因此游离氨基酸会有少量增加, 但温度升高很快, 酶很快被钝化,

含量增加不明显; 揉捻阶段, 茶叶可能在机械力作用下, 细胞壁的通透性有所增加, 游离氨基酸含量略有上升, 但揉捻程度不深, 增加量较少; 干燥阶段, 在热的作用下, 游离氨基酸变化比较复杂, 一方面, 蛋白质和肽类高温水解使得游离氨基酸的含量升高, 另一方面, 游离氨基酸不仅可以经脱水直接形成吡嗪类香气成分、降解生成醛类、吡咯类香气物质, 还可以与糖类发生美拉德反应, 由于氨基酸的热转化及损耗量多于水解形成量<sup>[7]</sup>, 因此白毫乌龙茶干燥过程游离氨基酸含量表现为减少趋势。

## 2.4 可溶性糖含量的变化

白毫乌龙茶可溶性糖含量的变化如表 1 所示。白毫乌龙茶初制过程中可溶性糖含量整体呈下降趋势, 但是变化不是很明显。萎凋过程可溶性糖含量有所下降<sup>[8]</sup>, 摇青阶段, 茶叶由于机械力作用多糖在酶的作用下虽然分解增加, 同时, 多次的摇青-摊晾, 茶叶内部发生各种酶促反应, 使得部分糖在酶的作用下变为香气成分, 杀青阶段, 由于多糖在开始高温作用下发生水解反应, 可溶性糖含量略有增加。揉捻阶段, 短时间的机械力作用可能使可溶性糖有少许增加, 干燥过程可溶性糖含量趋于平稳。干燥后可溶性糖含量为  $46.08 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 含量比较高, 可溶性糖是构成茶叶甜味的重要成分, 白毫乌龙茶具有熟果香与蜂蜜香, 较高含量的可溶性糖可能是其具有蜂蜜香的一个重要原因。

表 1 白毫乌龙茶初制过程可溶性糖含量的变化

Table 1 Variation of soluble saccharide during the primary processing of Pekoe Oolong tea

	茶青	萎凋	摇青	杀青	揉捻	干燥
	Fresh tea leaves	Withering	Green-leaf rocking	De-enzyming	Rolling	Drying
含量 Content	$52.79 \pm 1.12$	$48.37 \pm 0.71$	$42.44 \pm 0.52$	$44.94 \pm 0.06$	$45.27 \pm 0.33$	$46.08 \pm 0.26$

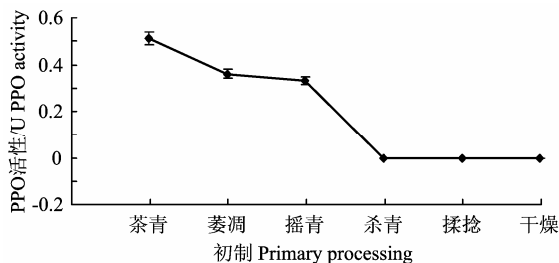


图 4 白毫乌龙茶初制过程 PPO 活性变化

Figure 4 Variation of PPO activity during the primary processing of Pekoe Oolong tea

白毫乌龙茶初制过程中多酚氧化酶 (PPO) 活性的变化如图 5 所示。萎凋阶段, PPO 活性下降, 鲜叶由 0.512 U 降至 0.361 U, 降幅 29.49%; 摇青工序略有下降变化不明显, 由 0.361 U 降至 0.332 U,

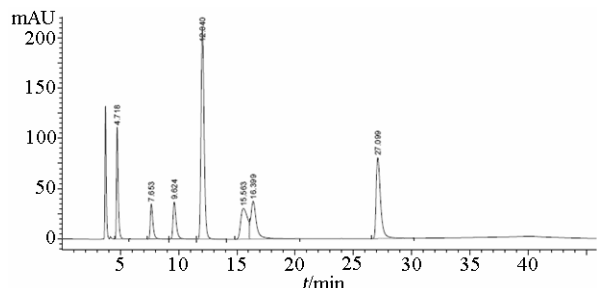
降幅 8.03%, 这是由于摇青工序使叶片互相碰撞摩擦, 使得细胞内多酚类物质出来, 酶与底物接触增加, 而多酚及其氧化产物会抑制 PPO 的活性<sup>[9]</sup>。到杀青阶段, 酶在高温下 (温度达  $260 \sim 280^\circ\text{C}$  左右) 产生不可逆的热变性, 酶的内部结构被破坏, 酶钝化失活, 氧化反应终止。

## 2.6 茶黄素、茶红素及茶褐素含量的变化

茶黄素、茶红素、茶褐素是组成白毫乌龙茶滋味与汤色必不可少的成分, 也是儿茶素氧化分解的产物。白毫乌龙茶初制过程中多酚氧化产物总得变化趋势是增加的。其中 TF 增加了 14.11%, TR 增加了 16.09%, TB 增加了 19.71%。萎凋阶段多酚氧化酶作用, 儿茶素在酶的作用下氧化分解, TF 含量迅速增加, TR、TB 含量也有所增加, 杀青时高温杀

表 2 白毫乌龙茶初制过程茶黄素、茶红素和茶褐素含量的变化  
Table 2 Variation of TF, TR and TB during the primary processing of Pekoe Oolong tea

茶色素 Tea pigment	茶青 Fresh tea leaves	萎凋 Withering	摇青 Green-leaf rocking	杀青 De-enzyming	揉捻 Rolling	干燥 Drying
TF	1.61	2.061	2.021	2.14	1.91	1.84
TR	19.14	19.43	24.00	24.11	24.30	22.22
TB	6.34	6.59	7.29	7.76	7.04	7.59
TR/TF	11.89	9.41	11.85	11.28	12.74	12.10



按保留时间先后顺序是 GA, EGC, C, 咖啡碱, EGCG, EC, ECG

GA, EGC, C, caffeine, EGCG, EC, ECG according to retention time

图 5 儿茶素类组分与咖啡碱标准品 HPLC 色谱图  
Figure 5 HPLC chromatograms of GA, five catechins and caffeine standards

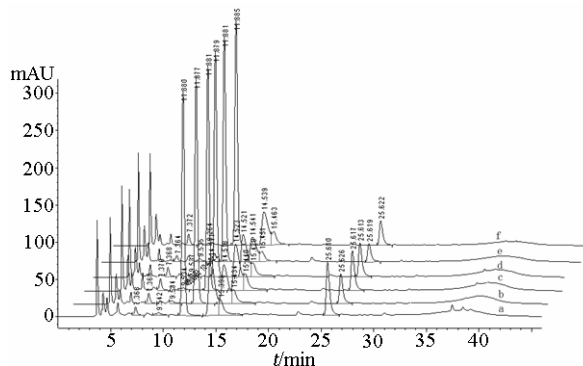
青, 破坏酶结构, 使酶迅速钝化。白毫乌龙茶毛茶 TR/TF 为 12.1 (表 2)。

### 2.7 儿茶素组分与咖啡碱含量的变化

将 5 种儿茶素组分、咖啡碱配制成标准储备液, 然后用稳定溶液配置成标准工作液, 用咖啡碱外标法测定。儿茶素类 (EGC、C、EGCG、EC 和 ECG) 与咖啡碱标准品的色谱图如图 5 所示, 白毫乌龙茶初制过程儿茶素组分 HPLC 色谱图如图 6 所示。

加工过程儿茶素组分分析表明 (表 3), 儿茶素组分中含量最多的是酯型 EGCG, 酯型 ECG、非酯型 EGC、EC 含量相当, 儿茶素组分 C 含量最低, 含量在 1% 以下。儿茶素总量变化明显, 呈减少趋势, 这是因为白毫乌龙茶茶为重发酵茶 (发酵程度

达 70% 左右), 加工过程中儿茶素被氧化分解的结果。成品茶与鲜叶相比, EGCG 剧烈减少, 由鲜叶的 13.90% 减少到毛茶的 3.28%, 减幅达 76%, 在萎凋与摇青阶段变化最多, 这是因为儿茶素在酶的作用下发生了酶促反应, 氧化产生茶黄素、茶红素等。酯型儿茶素 ECG 含量总体呈减少趋势, 在萎凋阶段有少量增加, EGC、EC 含量总体呈减少趋势, C 含量总体无明显变化。酯型儿茶素 EGCG 与 ECG 具有强烈的苦涩味, 加工过程中 EGCG 的剧烈减少与 ECG 的减少降低了茶叶的苦涩味, 苦涩味物质减少可能使其他滋味如甜味呈现明显, 两者的减少也可能是白毫乌龙茶具有蜂蜜香的一个原因。



a、b、c、d、e、f 分别为鲜叶、萎凋叶、摇青叶、杀青叶、揉捻叶、干燥叶

a, b, c, d, e and f are fresh tea leaves, withering, rocking, de-enzyming, rolling and drying tea leaves, respectively

图 6 白毫乌龙茶初制过程中中儿茶素组分 HPLC 色谱图  
Figure 6 HPLC chromatograms of five catechins during the primary processing of Pekoe Oolong tea

表 3 白毫乌龙茶初制过程 5 种儿茶素组分与咖啡碱含量的变化  
Table 3 Variation of 5 catechins during the primary processing of Pekoe Oolong tea

组分 Process constituent	茶青 Fresh tea leaves	萎凋 Withering	摇青 Green-leaf rocking	杀青 De-enzyming	揉捻 Rolling	干燥 Drying
EGC	3.73	3.25	3.83	4.56	2.59	2.16
C	0.57	0.86	0.54	0.67	0.58	0.56
EGCG	13.90	8.41	6.69	5.17	5.15	3.28
EC	4.23	4.26	4.28	3.40	3.35	2.17
ECG	3.48	3.62	3.62	3.32	1.89	1.21
CAF	6.02	6.90	5.90	5.81	5.87	5.89

表 4 两种茶鲜叶生化成分对比  
Table 4 Comparison of biochemical composition between two fresh tea leaves

项目 Item	小绿叶蝉吸食过的鲜叶 Fresh tea leaves sucked by <i>Empoasca flavescens</i>	普通鲜叶 Normal fresh tea leaves
含水量/% Water content	约 66	约 75
茶多酚/% Tea polyphenol	约 25	约 30
咖啡碱/% Caffeine	约 6	约 6.4
游离氨基酸/% Free amino acid	约 2.3	约 4
可溶性糖/mg·g <sup>-1</sup> Soluble sugar	约 50	<30
PPO 活性/U PPO activity	约 0.5	0.5~0.6

鲜叶经萎凋后,咖啡碱含量迅速升高,由 6.02% 上升到 6.90%,增加幅度 14.62%。摇青阶段咖啡碱含量迅速下降至 5.90%,降幅 14.49,这可能由于茶叶在一定的温度湿度环境下,咖啡碱可以与大量儿茶素形成络合物,并且在一定酶的催化下,咖啡碱可以发生分解,从而引起含量变化。杀青阶段咖啡碱略有减少,变化不太明显,这是由于咖啡碱在高温热力作用下有所分解,减至 5.81%,减幅 1.53%。揉捻干燥阶段,略微有所增加,揉捻阶段,茶叶受到机械力的作用,细胞有所破碎,咖啡碱含量增加,至干燥结束,咖啡碱含量为 5.89%。

总体来说,毛茶中咖啡碱含量比茶鲜叶有所减少,减幅 2.16%,由于咖啡碱是茶汤的苦涩味物质,它的适当减少能使茶汤的收敛性与苦涩味降低,有利于茶叶鲜醇滋味的形成。

### 3 讨论

#### 3.1 白毫乌龙茶品质特征与原料的关系

加工白毫乌龙茶所需原料必须为小绿叶蝉吸食过的茶鲜叶(1芽2叶为主),其与普通鲜叶生化成分区别如表4所示。

小绿叶蝉以茶叶的汁液为食,经小绿叶蝉的吸食,芽叶萎缩或卷曲、硬化,芽节间缩短,新芽减少,牙尖、叶缘变红褐色,这一过程中幼芽内部会发生水分减少、成分与含量改变等一系列的生化变化<sup>[10]</sup>。与普通原料相比,小绿叶蝉吸食过的茶叶含水量明显减少,比普通原料低约 12%,由于小绿叶蝉的吸食,水明显减少;茶多酚也明显低于普通茶鲜叶,约低 16%,经其吸食,茶多酚含量明显减少;可溶性糖含量明显高于普通鲜叶;其他生化成分与普通原料差别不大。有资料显示,由于小绿叶蝉的唾液中含有多种酶,在其吸食茶叶的过程中唾液残留于茶叶中,与茶叶酵素混合反应,可以阻止茶多酚的积累,小绿叶蝉吸食汁液与唾液的混合作用导致茶多酚含量低于普通茶叶。为什么必须以小

绿叶蝉吸食的茶鲜叶为原料,还需要进一步研究。

#### 3.2 白毫乌龙茶初制过程主要生化成分变化与品质形成的关系

白毫乌龙茶初制过程的生化变化比较剧烈,干燥后的毛茶与鲜叶相比:茶多酚由 25.21%减少至 18.65%,减少幅度 26.02%;儿茶素由 18.79%减少至 13.16%减少幅度 29.96%,酯型儿茶素 EGCG 与 ECG 减幅较多,分别由 13.90%和 3.48%减少到 3.28%和 1.21%,酯型儿茶具有浓的苦涩味,酯型儿茶素的大量减少降低了茶叶的苦涩味,使茶叶不苦不涩,初制过程 TF、TR、TB 含量都有所增加;游离氨基酸含量由 2.37%增加至 3.95%,增加 66.58%,游离氨基酸可以为茶叶提供鲜味与甜味的特征;咖啡碱含量由 6.02%减少至 5.87%,减少 2.49%,使茶汤的收敛性及苦涩味有所降低;可溶性糖含量由 52.80 mg/g 减少至 46.08 mg/g,茶叶可溶性糖含量较高,可以为白毫乌龙茶具有蜂蜜香起到一定的作用。为乌龙茶的滋味爽口与汤色的橙黄明亮提供物质基础。

白毫乌龙茶为重发酵茶(发酵程度约 70%<sup>[11]</sup>),因此,初制过程生化变化具有红茶的某些特征,包括酶促氧化、水解、酯类降解及多酚氧化引起的系列次生反应等。初制过程酶活力有所下降,但总体活性较高,此过程随儿茶素含量的减少,TF、TR、TB 含量有所增加。

#### 3.3 日照白毫乌龙茶与其他茶叶的比较

经中国农业科学院茶叶研究所茶叶检测中心进行审评,日照白毫乌龙茶的感官审评结果表明,品质特征为外形较紧结、五彩色、显毫;汤色浅橙黄、明亮;香气浓郁;叶底厚软有芽,红绿相间,与台湾产白毫乌龙茶相似,日照白毫乌龙茶符合白毫乌龙茶要求<sup>[1]</sup>。

日照白毫乌龙茶毛茶水浸出物、含水量已符合乌龙茶国家标准 GB/T 30357.1-2013 的规定(水浸出物≥32%,含水量≤7.0%),并且均远高于国家标

准。白毫乌龙茶发酵度类似红茶,将其与红茶相比,日照白毫乌龙茶茶多酚含量 18.65%,高于日照红茶毛茶茶多酚含量 11.34%<sup>[11]</sup>,与云南红茶茶多酚含量(14%~20%)<sup>[12]</sup>相当。与闽台乌龙茶相比,日照白毫乌龙茶水浸出物(52%左右)远高于闽台乌龙茶水浸出物含量(35%~40%),茶多酚含量 18.65%与闽台乌龙茶茶多酚含量(16%~20%)相当;咖啡碱含量 5.87%略高于台湾白毫乌龙茶咖啡碱含量(5.50%),是其他闽台乌龙茶咖啡碱含量的 1.44~2.04 倍,咖啡碱是决定茶汤收敛性与苦涩程度从而影响茶叶品质的重要因素之一;游离氨基酸含量 3.95%,是闽台乌龙茶游离氨基酸含量的 2.3~3.0 倍左右,游离氨基酸对茶叶的色香味的形成具有重要作用<sup>[13]</sup>。

日照白毫乌龙茶品质形成的实质是,在酶促作用下,茶多酚的氧化、缩合,蛋白质、肽类与氨基酸的分解、降解,碳水化合物的分解,以及各产物之间一系列的反应生成更为复杂的物质,如儿茶素氧化形成茶黄素、茶红素等,部分游离氨基酸和糖类在加热干燥过程生成醇类、醛类、酯类等香气化合物。由于有原料的特殊性,从而形成外形五彩色有毫,滋味醇和,汤色橙红明亮,香气浓郁,具有熟果香与蜂蜜香的日照白毫乌龙茶。

#### 参考文献:

[1] 官发松. 东方美人茶(椪风茶)加工技术[J]. 茶叶科学技

术, 2006(4): 50.

- [2] 倪德江, 陈玉琼, 余志, 等. 乌龙茶加工过程多糖的变化、组分分离及特性研究[J]. 茶叶科学, 2005, 25(4): 282-288.
- [3] 方世辉, 张秀云, 夏涛, 等. 茶树品种加工工艺季节对乌龙茶品质影响的研究[J]. 茶叶科学, 2002, 22(2): 135-139.
- [4] 王若仲, 杨伟丽, 禹利君. 乌龙茶加工中蛋白酶活性与相关生化成分的变化[J]. 茶叶科学, 2001, 21(1): 30-34.
- [5] 张正竹. 茶叶生物化学试验教程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [6] 刘乾刚, 林智, 蔡建明. 乌龙茶制造与品质形成的化学机理[J]. 福建农林大学学报, 2002, 31(3): 347-351.
- [7] 顾谦, 陆锦时. 茶叶化学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2002: 9.
- [8] 王辉, 龚淑英, 刘蕾. 主要滋味成分含量变化与制茶工艺的关系[J]. 茶叶, 2009, 35(1): 7-11.
- [9] 王汉生. 乌龙茶制造生化原理(第 1 讲)[J]. 广东茶叶科技, 1984(1): 36-41.
- [10] “东方美人”茶研发与推广课题组. 东方美人茶加工工艺及适制品种试验初报[C]//第三届海峡两岸茶业博览会茶业国际高峰论坛论文集. 2008: 313-316.
- [11] 丁立孝, 邹佳佳, 梁青, 等. 日照红茶初制过程主要生化成分变化的研究[J]. 中国茶叶加工, 2013(1): 35-39, 34.
- [12] 吕有才, 李明玺. 云南红茶品质特点的比较分析研究[J]. 广西农业科学, 2009, 40(6): 749-751.
- [13] 邵宛芳, 张耀新, 王付仙. 闽台乌龙茶品质特点的初步研究[J]. 中国茶叶加工, 2003(1): 34-36.