

焙火程度对武夷岩茶品质特性的影响

Effects of baking degrees on quality characteristics of Wuyi Rock Tea

张 蕾<sup>1</sup> 林燕清<sup>2</sup> 罗理勇<sup>1,3</sup> 曾 亮<sup>1,3</sup>

ZHANG Lei<sup>1</sup> LIN Yan-qing<sup>2</sup> LUO Li-yong<sup>1,3</sup> ZENG Liang<sup>1,3</sup>

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 武夷星茶业有限公司, 福建 武夷山 354300;

3. 西南大学茶叶研究所, 重庆 400715)

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Wuyi Star Co., Ltd., Wuyishan, Fujian 354300, China; 3. Tea Research Institute, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**摘要:**以不同焙火程度的武夷岩茶(水仙、肉桂)为研究对象,通过研究感官品质、主要生化成分和茶汤物理特性(粒径、色差、透光率和沉淀量)的变化规律,分析焙火程度对武夷岩茶品质特性的影响。结果表明:焙火可改善武夷岩茶品质,随焙火程度增加,茶多酚、咖啡碱、游离氨基酸、茶黄素和茶红素的含量均显著降低( $P<0.05$ ),可溶性蛋白和可溶性糖的含量变化不显著( $P<0.05$ );儿茶素、没食子儿茶素没食子酸酯含量增加,表没食子儿茶素、表没食子儿茶素没食子酸酯、表儿茶素、表儿茶素没食子酸酯的含量均降低;同时,粒径逐渐减小,透光率、 $\Delta L$ 、沉淀量逐渐增加,澄清度升高。焙火程度越高,茶汤澄清度越高,但焙火程度过高会导致茶汤产生焦苦味,不利滋味品质。轻、中火处理后武夷岩茶茶汤清澈透亮,滋味醇厚回甘,品质最优。

**关键词:**武夷岩茶;焙火工艺;品质特性;生化成分

**Abstract:** Wuyi rock teas made from Shuixian or Rougui tea cultivar were baked for different degrees. Their organoleptic properties and principal biochemical components, and the physical properties of tea infusion (aberration, transmittance, precipitation amount and particle size) were determined in this study, to evaluated the effect of different baking technics on the quality of Wuyi rock tea. The results showed that baking process were beneficial to the improvement of Wuyi rock tea quality. The contents of tea polyphenols, caffeine, free amino acids, theafavins and thearubigins significantly decreased with increasing baking degrees. However, there were no significant variations in the contents of soluble protein and soluble sugar. For catechins, the contents of EGC, EGCG, EC, ECG decreased, whereas C

and GCG contents increased. With the increase of baking degrees, the particle size of tea infusion was decreased, whereas its transmittance, brightness, precipitation amount and clarity were gradually increased. However, heavy baking degree could cause the scorched and bitter flavor to tea infusion. Therefore, Wuyi rock tea at light and medium baking degree showed the best qualities of brightness and taste.

**Keywords:** Wuyi rock tea; baking technics; quality characteristics; biochemical components

焙火是茶叶加工中的一个重要环节。经焙火处理后,茶叶中的一些不溶物质发生裂解和异构化对增进滋味醇和、香气纯正有很好的效果<sup>[1]</sup>。烘焙结合水分控制能有效改善夏季绿茶的风味品质,对去除陈气味、提高香气、降低苦涩味具有显著效果<sup>[2]</sup>。近年来,已有就烘焙工艺对乌龙茶,包括武夷岩茶品质影响的研究报道<sup>[3][4]</sup>。

冷后浑是指茶汤冷却后澄清的茶汤变为混浊的现象,所形成的沉淀物被称为茶乳酪。关于红茶和绿茶冷后浑方面的研究<sup>[5-8]</sup>表明,茶乳酪主要是由茶多酚及氧化产物、咖啡碱、蛋白质 3 类物质之间的络合作用所形成。武夷岩茶属于半发酵茶,生化成分同时包含了绿茶和红茶中的特征成分,如绿茶中的茶多酚、红茶中的茶黄素和茶红素等,这些多酚类物质与咖啡碱、蛋白质之间的络合反应是产生冷后浑的主要方式。

焙火工艺不仅对形成武夷岩茶品质有重要作用,而且对茶汤物理特性有一定程度的影响。日常冲泡武夷岩茶过程中发现不同焙火程度的武夷岩茶汤色澄清度差异较大。为探讨焙火对武夷岩茶品质特性的影响,本试验拟以不同焙火程度的武夷岩茶(水仙、肉桂)为研究对象,通过研究感官品质、主要生化成分和茶汤物理特性的变化规律,以期对武夷岩茶加工技术改进和品质提高提供一定的理论依据。

**基金项目:**西南大学中央高校基本科研业务费专项资金项目(编号:XDJK2015C136)

**作者简介:**张蕾,女,西南大学在读硕士研究生。

**通信作者:**曾亮(1980—),女,西南大学教授,博士。

E-mail: zengliangbaby@126.com

**收稿日期:**2017—03—14

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与设备

维力茶叶烘焙机:河北任县维力机械制造有限公司;  
电子天平:FA1004 型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;  
精密鼓风干燥箱:BPG-9070A 型,上海一恒科学仪器有限公司;  
电热恒温水浴锅:HWS-26 型,上海一恒科学仪器有限公司;  
电位分析仪:ZEN3690 Zeta 型,英国 Malvern 公司;  
高效液相色谱仪:LC-20A 型,配 LC-20AT 高压输液泵、SPD-20A VP 紫外可见检测器,日本岛津公司;  
紫外—可见分光光度计:UV-2450 型,日本岛津公司;  
可见分光光度计:722 型,上海菁华科技仪器有限公司;  
台式高速冷冻离心机:5810 型,德国 Eppendorf 公司;  
真空冷冻干燥机:ALPHA1-4LSC 型,德国 Christ 公司;  
测色仪:UltraScan Pro 型,上海信联创作电子有限公司。

### 1.2 材料与试剂

#### 1.2.1 材料

茶叶:肉桂、水仙,采摘自武夷星茶业有限公司基地,采摘标准为开面二、三叶,采摘时间为 2015 年 5 月。

#### 1.2.2 试剂

甲醇、冰乙酸:色谱纯,成都市科龙化工试剂厂;  
碳酸钠、碳酸氢钠、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、氯化亚锡、无水乙醇、磷酸、浓硫酸、4-甲基-2-戊酮、草酸、没食子酸标准品、谷氨酸标准品、葡萄糖标准品:分析纯,成都市科龙化工试剂厂;  
考马斯亮蓝 G-250、牛血清蛋白、福林酚试剂:分析纯,北京索莱宝科技有限公司;  
茚三酮:分析纯,天津市瑞金特化学品有限公司;  
蒽酮:分析纯,上海科丰实业有限公司;  
二苯基酸:分析纯,上海谱振生物科技有限公司;  
咖啡碱标准品、表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC)、儿茶素(catechin, C)、表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin-3-gallate, EGCG)、表儿茶素(epicatechin, EC)、没食子儿茶素没食子酸酯(gallocatechingallate, GCG)、表儿茶素没食子酸酯(epicatechingallate, ECG):色谱纯,上海纯优生物科技有限公司。

### 1.3 方法

1.3.1 茶叶制作工艺流程 鲜叶采摘后在武夷星茶业有限公司茶厂进行加工,制作工艺流程:晒青→晾青→做青→炒青→揉捻→毛火→足火→毛茶。毛茶制作完成后,经手工拣剔后,进行焙火处理并取样。

1.3.2 茶叶焙火取样方法 以干燥拣剔后的水仙、肉桂茶样为原料,采用维力茶叶烘焙机进行焙火处理(每笼摊叶 1.5 kg,摊叶厚度约 5 cm)。焙火处理的程序:

毛茶→半轻火(130 ℃焙火 2 h,扦样)→半轻火(130 ℃

焙火 2 h 后,再于 125 ℃焙火 2 h,扦样)→轻火(140 ℃焙火 2 h 后,再于 145 ℃焙火 1 h,再在 150 ℃焙火 1 h,扦样)→中火(150 ℃焙火 3 h,扦样)→足火(隔夜后,150 ℃焙火 2 h,扦样)

各焙火程序均为上一个工艺后的延续工艺。

1.3.3 感官审评 参照 GB/T 23776—2009《茶叶感官审评方法》和 GB/T 18745—2006《地理标志产品 武夷岩茶》等对茶样进行审评。采用百分制计分,各审评因子的权数为:外形 20%,香气 30%,滋味 35%,汤色 5%,叶底 10%。

#### 1.3.4 主要生化成分测定

(1) 干物重:按 GB/T 8304—2013 中的 120 ℃烘干法执行。

(2) 茶多酚:按 GB/T 8313—2008 执行。

(3) 游离氨基酸:按 GB/T 8314—2013 执行。

(4) 可溶性总糖:蒽酮比色法<sup>[9]</sup>。

(5) 可溶性蛋白:考马斯亮蓝法<sup>[10]</sup>。

(6) 茶黄素和茶红素:分光光度法<sup>[11]</sup>。

(7) 儿茶素单体和咖啡碱含量测定:高效液相色谱法<sup>[8]</sup>。

#### 1.3.5 茶汤物理特性测定

(1) 茶汤制备:称取 5 g 干茶,加沸蒸馏水 240 mL 冲泡 5 min,趁热减压过滤,滤液冷却至 25 ℃后,纯水定容至 250 mL,备用<sup>[12]</sup>。

(2) 粒径:取适量冷却至 25 ℃的茶汤,使用电位分析仪测量茶汤粒径<sup>[8]</sup>。

(3) 色差:取 30 mL 冷却至 25 ℃的茶汤加入到 50 mL 离心管,在 10 ℃条件下,8 000 r/min 离心 10 min,得到上清液。使用测色仪分别测量离心前后的茶汤明亮度  $L$ 、红绿色度  $a$  和黄蓝色度  $b$ ,计算得到 $\Delta L$ 、 $\Delta a$ 、 $\Delta b$ 。

(4) 透光率:同色差操作,得到上清液后,使用可见分光光度计于 660 nm 波长下测量茶汤的透光率,以离心后上清液为空白对照<sup>[13]40-46</sup>。

(5) 沉淀量:同色差操作,除去上清液,使用冷冻干燥机将沉淀冷冻干燥至恒重,称重<sup>[8]</sup>。

### 1.4 数据分析

每个样品均设 3 次重复,数据均为 $\bar{x} \pm s$ ,方差分析和 Pearson 分析均采用 SPSS 19.0 进行运算,处理间平均数的比较用 Duncan 法。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官审评结果分析

由武夷岩茶感官审评结果发现,随焙火程度增加,茶汤由黄色较亮变为橙红较亮,是由于焙火增加引起茶黄素和茶红素进一步氧化聚合,导致茶汤汤色加深<sup>[14]31-32</sup>;焙至足火,苦涩味有所增加,是因为焙火程度增加,叶温快速升高,Maillard 反应和焦糖化反应过度,产生焦味,造成茶汤苦涩味加重<sup>[3,15]</sup>;香气也随焙火增加逐渐变化,轻、中火时,水仙和肉桂分别呈明显的特征兰花香和桂皮香,焙至足火时,高火香显露,肉桂还带有明显的奶香。武夷岩茶的感官审评结果见表 1。

表 1 武夷岩茶的感官审评结果

Table 1 Sensory evaluation results of Wuyi Rock Tea

| 原料 | 焙火程度 | 术语评价                                                   | 总分    |
|----|------|--------------------------------------------------------|-------|
| 毛茶 |      | 干茶褐色欠润,较壮实,较匀净;清香显;汤色黄色较亮;滋味较醇厚;叶底肥厚,较软,亮              | 84.85 |
|    | 半轻火  | 干茶稍褐欠润,较壮实,较匀净;品种兰花香稍显;汤色黄色较亮;滋味甘醇,较醇厚;叶底肥厚,较软,亮       | 86.65 |
| 水仙 | 轻火   | 干茶稍褐尚油润,较紧结,较匀净;品种兰花香明显;汤色黄色较亮;滋味甘醇,较醇厚;叶底肥厚,尚软,亮      | 87.45 |
|    | 中火   | 干茶稍褐尚油润,较紧结,较匀净;品种兰花香纯正且高远;汤色橙黄较亮;滋味醇正,苦涩稍显;叶底较肥厚,尚软,亮 | 87.30 |
|    | 足火   | 干茶较油润,紧结,较匀净;高火香显;汤色橙红较亮;滋味浓醇,苦涩显;叶底较肥厚,较亮             | 85.80 |
| 毛茶 |      | 干茶褐色欠润,较壮实,较匀净;桂皮香显,持久性不够;汤色黄色较亮;滋味醇厚,稍带青涩;叶底肥厚,较软,亮   | 84.60 |
|    | 半轻火  | 干茶稍褐欠润,较壮实,较匀净;花香明显;汤色黄色较亮;滋味甜醇,回甘好;叶底肥厚,较软,亮          | 86.60 |
| 肉桂 | 轻火   | 干茶稍褐尚油润,较紧结,较匀净;花香明显且香气纯正;汤色黄色较亮;滋味甜醇,回甘好;叶底肥厚,尚软,亮;   | 87.70 |
|    | 中火   | 干茶稍褐尚油润,较紧结,较匀净;桂皮香显;汤色橙黄较亮;滋味浓厚,涩味稍显,回甘好;较肥厚,尚软,亮     | 87.10 |
|    | 足火   | 干茶较油润,紧结,较匀净;火工香,奶香显;汤色橙红较亮;滋味浓醇,涩味显,回甘好;较肥厚,较亮        | 85.95 |

由表 1 可知,适宜的焙火工艺能有效改善武夷岩茶品质,对形成其特有的色、香、味、形发挥着重要作用,轻、中火处理后的武夷岩茶茶汤清澈透亮,特征香显露,滋味醇厚回甘,品质最优。

为了解焙火工艺引起的武夷岩茶感官品质差异的缘由,将从生化成分和物理特性 2 个方面进行阐述;分析感官品质与茶汤物理特性之间的相关性,从而提出武夷岩茶焙火工艺与感官品质关系的关键控制点。

2.2 生化成分分析

2.2.1 主要生化成分含量 由表 2 可知,茶多酚、游离氨基酸、可溶性蛋白、可溶性糖等含量均随焙火程度增加而降低。

茶多酚是茶叶中的主要活性成分,具有清除自由基、抗氧化、抗衰老、抗癌变、防辐射等作用<sup>[16]</sup>。焙火程度增加,茶

多酚含量降低,至足火时,供试品种的茶多酚含量均降低了 10% 以上,这是由多酚类物质在焙火时进一步氧化,且与蛋白质等络合成大分子物质导致的<sup>[6,17]</sup>。

在热的作用下,游离氨基酸脱水形成吡嗪类化合物,又与糖类物质发生 Maillard 反应,经过 Strecker 反应降解生成醛类、吡咯类香气物质及黑色素<sup>[14]214</sup>。随焙火程度增加, Maillard 反应和高温氧化反应加剧,氨基酸的消耗速率大于氨基酸的生成速率,所以氨基酸的含量显著降低<sup>[18]</sup>。在焙火过程中,糖类物质在热化学作用下发生自行转化,形成可溶性糖类物质的量与参与香气物质等形成而消耗的量大致相等<sup>[19]</sup>,因此下降趋势较小。

随着焙火程度增加,可溶性蛋白含量逐渐降低,但变化不显著。在热和酶的共同作用下,可溶性蛋白逐渐降解生成多肽,进一步水解成游离氨基酸,并与多酚类发生络合作用,因此含量下降<sup>[14]228[18]</sup>。高温条件下,咖啡碱易升华,随焙火程度增加,咖啡碱升华速度加快,含量减少<sup>[14]36-37</sup>。随着焙火程度增加,茶黄素和茶红素氧化聚合比例增加,茶黄素和茶红素含量显著降低,茶汤逐渐转暗,色泽加深,且作为多酚类物质,会与咖啡碱、蛋白质发生络合作用使含量降低<sup>[3][14]31-32</sup>。

随焙火程度增加,各生化成分含量呈不同程度的降低趋势,焙火至轻、中火时,各生化成分降低到一定程度,此时茶汤滋味甘醇,得分较高;焙至足火时,焙火程度过高产生焦苦味使滋味得分下降。罗学平<sup>[3]</sup>、翁睿<sup>[4]9-12,18-19</sup>、江山<sup>[19]</sup>等研究表明,随焙火程度增加,各生化成分随之降低,但感官评价滋味评分并不随生化成分的降低而单纯下降或上升。茶汤滋味是茶叶内多种呈味物质综合作用下的结果,各呈味物质之间同时存在协同和拮抗作用<sup>[3,20]</sup>,当各种呈味物质含量比例恰好协调时,茶汤滋味最优,因此滋味评分与各呈味物质之间的关系不能用简单的相关性进行分析。

2.2.2 儿茶素各组分含量 儿茶素是构成茶多酚的主体,占茶多酚总量的 70%~80%,是决定茶叶品质的重要化学成分之一<sup>[21]</sup>。由表 3 可知,焙火后武夷岩茶中 GC、NGC 含量均显著降低,由于 GC 具有一定的苦涩味<sup>[4]22</sup>,所以适宜的烘焙处理有助于改善武夷岩茶的滋味。EGC、EC、EGCG、ECG 等儿茶素成分的含量随焙火程度增加而下降,而 C、GCG 的含量随焙火程度增加而升高,可能是由儿茶素组分之间的异构化作用导致<sup>[14]11-13</sup>。

儿茶素是参与沉淀形成的主要化学成分,特别是 GC 所含的没食子酰基带有更多的羟基,更容易与其它参与沉淀形成的化学物质结合<sup>[7]</sup>。Chao 等<sup>[22]</sup>研究认为,咖啡碱作为半发酵茶冷后浑形成的关键化合物,主要与 GC 通过氢键和疏水作用结合,GC 通过没食子酰基苯环上的羟基与咖啡碱或蛋白质等发生络合作用,其络合能力明显大于简单儿茶素。

2.3 茶汤物理特性分析

表 4 是对粒径、明亮度等与茶多酚、咖啡碱、可溶性蛋白含量之间相着性分析结果。

表 2 武夷岩茶的主要生化成分含量<sup>†</sup>

Table 2 Major chemical components of Wuyi Rock Tea

| 原料 | 焙火程度 | 茶多酚/<br>%                              | 游离氨基酸/<br>%             | 可溶性蛋白/<br>%                | 可溶性糖/<br>%               | 茶黄素/<br>(μmol·g <sup>-1</sup> ) | 茶红素/<br>%                | 咖啡碱/<br>%               |
|----|------|----------------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 水仙 | 毛茶   | 14.71±0.41 <sup>bcd</sup>              | 3.41±0.19 <sup>a</sup>  | 1.89±0.06 <sup>a</sup>     | 3.47±0.45 <sup>a</sup>   | 3.05±0.11 <sup>ab</sup>         | 10.80±0.39 <sup>bc</sup> | 3.65±0.04 <sup>a</sup>  |
|    | 半轻火  | 14.49±0.04 <sup>bcd<sup>ef</sup></sup> | 2.89±0.18 <sup>b</sup>  | 1.87±0.28 <sup>ab</sup>    | 3.40±0.07 <sup>a</sup>   | 2.43±0.10 <sup>cde</sup>        | 9.98±0.27 <sup>cd</sup>  | 3.58±0.01 <sup>ab</sup> |
|    | 轻火   | 14.05±0.90 <sup>cdefg</sup>            | 2.65±0.03 <sup>b</sup>  | 1.81±0.08 <sup>abc</sup>   | 3.34±0.15 <sup>a</sup>   | 2.14±0.31 <sup>def</sup>        | 9.92±0.10 <sup>cd</sup>  | 3.50±0.01 <sup>c</sup>  |
|    | 中火   | 13.54±0.22 <sup>efg</sup>              | 2.21±0.06 <sup>cd</sup> | 1.73±0.01 <sup>abcd</sup>  | 3.26±0.30 <sup>ab</sup>  | 2.07±0.27 <sup>def</sup>        | 9.44±0.23 <sup>de</sup>  | 3.34±0.03 <sup>d</sup>  |
|    | 足火   | 13.20±0.38 <sup>g</sup>                | 1.88±0.08 <sup>e</sup>  | 1.53±0.49 <sup>abcd</sup>  | 2.97±0.35 <sup>ab</sup>  | 1.66±0.07 <sup>f</sup>          | 8.75±0.01 <sup>ef</sup>  | 3.27±0.04 <sup>e</sup>  |
| 肉桂 | 毛茶   | 15.90±0.70 <sup>a</sup>                | 3.20±0.19 <sup>a</sup>  | 1.48±0.12 <sup>abcde</sup> | 2.99±0.08 <sup>ab</sup>  | 3.18±0.27 <sup>a</sup>          | 12.49±0.20 <sup>a</sup>  | 3.59±0.01 <sup>ab</sup> |
|    | 半轻火  | 15.56±0.68 <sup>ab</sup>               | 2.87±0.11 <sup>b</sup>  | 1.45±0.01 <sup>bcde</sup>  | 2.85±0.10 <sup>abc</sup> | 2.79±0.27 <sup>abc</sup>        | 11.28±0.09 <sup>b</sup>  | 3.53±0.05 <sup>bc</sup> |
|    | 轻火   | 15.14±0.55 <sup>abc</sup>              | 2.71±0.20 <sup>b</sup>  | 1.41±0.03 <sup>cde</sup>   | 2.80±0.07 <sup>bc</sup>  | 2.59±0.13 <sup>bcd</sup>        | 11.05±0.13 <sup>b</sup>  | 3.50±0.04 <sup>c</sup>  |
|    | 中火   | 14.93±0.17 <sup>abcd</sup>             | 2.27±0.10 <sup>c</sup>  | 1.35±0.01 <sup>de</sup>    | 2.23±0.52 <sup>cd</sup>  | 2.26±0.40 <sup>cdef</sup>       | 10.47±0.28 <sup>bc</sup> | 3.47±0.01 <sup>c</sup>  |
|    | 足火   | 13.83±1.37 <sup>defg</sup>             | 1.96±0.08 <sup>d</sup>  | 1.08±0.18 <sup>e</sup>     | 1.66±0.19 <sup>d</sup>   | 1.92±0.41 <sup>ef</sup>         | 8.24±0.35 <sup>d</sup>   | 3.37±0.02 <sup>d</sup>  |

† 同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,相同字母表示差异不显著。

表 3 武夷岩茶儿茶素各组分含量比较<sup>†</sup>

Table 3 Comparison of catechin monomers in Wuyi Rock Tea

| 原料 | 焙火程度 | EGC                       | C                       | EC                      | NGC                      | EGCG                    | GCG                      | ECG                     | GC                      | TC                       | % |
|----|------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---|
| 水仙 | 毛茶   | 3.78±0.15 <sup>ab</sup>   | 0.12±0.01 <sup>e</sup>  | 1.00±0.01 <sup>a</sup>  | 4.89±0.14 <sup>a</sup>   | 7.04±0.06 <sup>e</sup>  | 0.33±0.07 <sup>abc</sup> | 1.69±0.04 <sup>a</sup>  | 9.05±0.06 <sup>e</sup>  | 13.88±0.08 <sup>b</sup>  |   |
|    | 半轻火  | 3.57±0.04 <sup>abcd</sup> | 0.14±0.01 <sup>de</sup> | 0.95±0.03 <sup>a</sup>  | 4.66±0.06 <sup>ab</sup>  | 6.60±0.06 <sup>f</sup>  | 0.34±0.07 <sup>abc</sup> | 1.59±0.01 <sup>b</sup>  | 8.53±0.01 <sup>d</sup>  | 13.19±0.05 <sup>c</sup>  |   |
|    | 轻火   | 3.46±0.15 <sup>bcd</sup>  | 0.16±0.01 <sup>cd</sup> | 0.88±0.05 <sup>b</sup>  | 4.48±0.21 <sup>bc</sup>  | 6.49±0.05 <sup>fg</sup> | 0.37±0.09 <sup>abc</sup> | 1.52±0.02 <sup>bc</sup> | 8.37±0.12 <sup>d</sup>  | 12.85±0.33 <sup>cd</sup> |   |
|    | 中火   | 3.34±0.11 <sup>cde</sup>  | 0.18±0.01 <sup>c</sup>  | 0.73±0.04 <sup>c</sup>  | 4.25±0.17 <sup>cd</sup>  | 6.22±0.07 <sup>h</sup>  | 0.42±0.10 <sup>ab</sup>  | 1.47±0.03 <sup>cd</sup> | 8.10±0.01 <sup>e</sup>  | 12.36±0.17 <sup>d</sup>  |   |
|    | 足火   | 3.23±0.28 <sup>de</sup>   | 0.24±0.03 <sup>ab</sup> | 0.57±0.03 <sup>de</sup> | 4.04±0.28 <sup>de</sup>  | 5.98±0.08 <sup>i</sup>  | 0.47±0.11 <sup>a</sup>   | 1.37±0.03 <sup>ef</sup> | 7.82±0.22 <sup>f</sup>  | 11.86±0.50 <sup>e</sup>  |   |
| 肉桂 | 毛茶   | 3.86±0.02 <sup>a</sup>    | 0.11±0.01 <sup>e</sup>  | 0.73±0.05 <sup>c</sup>  | 4.70±0.08 <sup>ab</sup>  | 8.32±0.06 <sup>a</sup>  | 0.12±0.01 <sup>e</sup>   | 1.67±0.04 <sup>a</sup>  | 10.10±0.08 <sup>a</sup> | 14.80±0.16 <sup>a</sup>  |   |
|    | 半轻火  | 3.60±0.06 <sup>abc</sup>  | 0.13±0.02 <sup>e</sup>  | 0.62±0.02 <sup>d</sup>  | 4.34±0.06 <sup>bcd</sup> | 8.15±0.06 <sup>b</sup>  | 0.13±0.01 <sup>e</sup>   | 1.56±0.01 <sup>b</sup>  | 9.83±0.06 <sup>b</sup>  | 14.17±0.13 <sup>b</sup>  |   |
|    | 轻火   | 3.30±0.10 <sup>cde</sup>  | 0.22±0.01 <sup>b</sup>  | 0.60±0.04 <sup>d</sup>  | 4.12±0.13 <sup>cd</sup>  | 7.94±0.08 <sup>c</sup>  | 0.17±0.01 <sup>de</sup>  | 1.54±0.03 <sup>bc</sup> | 9.65±0.11 <sup>b</sup>  | 13.77±0.02 <sup>b</sup>  |   |
|    | 中火   | 3.25±0.12 <sup>de</sup>   | 0.24±0.01 <sup>ab</sup> | 0.51±0.01 <sup>e</sup>  | 3.99±0.12 <sup>de</sup>  | 7.25±0.04 <sup>d</sup>  | 0.25±0.02 <sup>cde</sup> | 1.42±0.02 <sup>de</sup> | 8.91±0.01 <sup>c</sup>  | 12.89±0.11 <sup>c</sup>  |   |
|    | 足火   | 3.01±0.18 <sup>e</sup>    | 0.25±0.01 <sup>a</sup>  | 0.42±0.03 <sup>f</sup>  | 3.68±0.16 <sup>e</sup>   | 6.43±0.04 <sup>g</sup>  | 0.29±0.02 <sup>bcd</sup> | 1.32±0.06 <sup>f</sup>  | 8.06±0.04 <sup>e</sup>  | 11.74±0.21 <sup>e</sup>  |   |

† 同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,相同字母表示差异不显著;NGC:非酯型儿茶素;GC:酯型儿茶素;TC:总儿茶素。

表 4 茶多酚、咖啡碱、可溶性蛋白与各物理特性间的相关系数值<sup>†</sup>

Table 4 The phase relationship of tea polyphenols, caffeine, soluble protein between various physical properties

| 指标    | 粒径                   |                      | 明亮度(△L)              |                    | 透光率                  |                      | 沉淀量                   |                       |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
|       | 水仙                   | 肉桂                   | 水仙                   | 肉桂                 | 水仙                   | 肉桂                   | 水仙                    | 肉桂                    |
| 茶多酚   | 0.974 <sup>***</sup> | 0.957 <sup>*</sup>   | 0.959 <sup>*</sup>   | 0.891 <sup>*</sup> | 0.927 <sup>*</sup>   | 0.965 <sup>***</sup> | −0.955 <sup>*</sup>   | −0.984 <sup>***</sup> |
| 咖啡碱   | 0.983 <sup>***</sup> | 0.963 <sup>***</sup> | 0.945 <sup>*</sup>   | 0.934 <sup>*</sup> | 0.923 <sup>*</sup>   | 0.969 <sup>***</sup> | −0.936 <sup>*</sup>   | −0.975 <sup>***</sup> |
| 可溶性蛋白 | 0.895 <sup>*</sup>   | 0.922 <sup>*</sup>   | 0.967 <sup>***</sup> | 0.895 <sup>*</sup> | 0.988 <sup>***</sup> | 0.925 <sup>*</sup>   | −0.981 <sup>***</sup> | −0.964 <sup>***</sup> |

† \*\*\*表示在 0.01 水平上显著相关,\*表示在 0.05 水平上显著相关。

2.3.1 粒径 蛋白质与多酚非共价相互作用是引起茶汤混浊或沉淀最常见、最重要的原因之一<sup>—[13]15[23]</sup>。由图 1 可知,粒径随焙火程度增加而减小,达到中火后,茶汤的粒径降低趋势减小,表明焙火增加到一定程度,其对粒径的影响越来越小。粒径随焙火程度增加而减小,可能是焙火程度不同,参与形成沉淀的蛋白质和茶多酚数量有一定差异,导致不能形成大的网状结构,而形成无数的二聚体、多聚体,聚合体粒径减小。

另外,茶汤冷后浑主要是由多酚类物质、蛋白质、咖啡碱

通过氢键、疏水作用等方式络合而成<sup>[6-7]</sup>,热是引起蛋白质变性最普通的物理因素<sup>[24]</sup>,焙火程度增加,叶温升高导致蛋白质变性,蛋白质变性可能会暴露更多内部结合位点,与多酚类物质结合作用增强,导致茶汤粒径逐渐减小。后期可继续深入探讨茶汤粒径随焙火程度增加而逐渐减小的机理。

对汤色得分与粒径进行 Pearson 分析,得出两品种(水仙、肉桂)汤色得分与粒径相关系数分别为−0.892,−0.916,均呈现显著负相关,粒径越小,汤色得分越高。

由表 4 可知,两品种(水仙、肉桂)茶汤粒径与茶多酚、咖

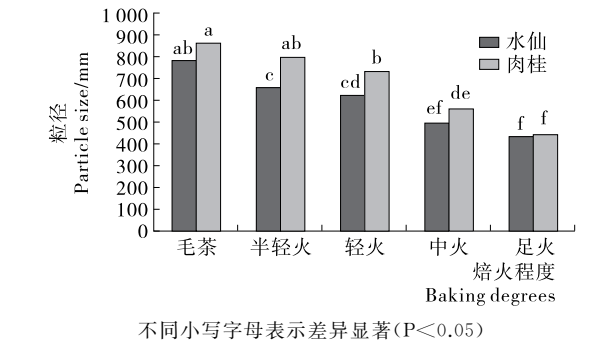


图 1 武夷岩茶粒径变化

Figure 1 Changes in particle size of Wuyi Rock Tea

啡碱、可溶性蛋白含量均呈正相关,结合上述分析,这 3 种生化成分或形成二聚体、多聚体,或相互结合作用增强,导致粒径变小<sup>[5-8,23-24]</sup>。

2.3.2 色差 焙火到一定程度后,茶黄素和茶红素聚合比例增加,茶汤色泽加深,对色差(尤其是明亮度  $L$ )造成干扰,离心前后色差的差值能够消除汤色对测定茶汤冷后浑现象的影响<sup>[13]40-46</sup>,因此茶汤澄清度可以用离心前后的明亮度差值  $\Delta L$  定量描述。由表 5 可知,随焙火程度逐渐增加, $\Delta L$ 、 $\Delta a$ 、 $\Delta b$  值均逐渐增大,表明茶汤色泽随焙火程度增加逐渐变红、变黄,明亮度增加。

对汤色得分与  $\Delta L$  进行 Pearson 分析,得出两品种(水仙、肉桂)汤色得分与  $\Delta L$  相关系数分别为 0.937,0.898,均呈现显著正相关,即  $\Delta L$  越高,汤色得分越高。

| 表 5 武夷岩茶色差变化 <sup>†</sup>                      |      |                        |                         |                         |
|------------------------------------------------|------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Table 5 Changes in aberration of Wuyi Rock Tea |      |                        |                         |                         |
| 原料                                             | 焙火程度 | 明亮度 $\Delta L$         | 红绿度 $\Delta a$          | 黄蓝度 $\Delta b$          |
| 水仙                                             | 毛茶   | 1.11±0.09 <sup>j</sup> | -0.04±0.02 <sup>f</sup> | 0.19±0.07 <sup>f</sup>  |
|                                                | 半轻火  | 3.25±0.08 <sup>g</sup> | 0.10±0.01 <sup>e</sup>  | 1.07±0.06 <sup>e</sup>  |
|                                                | 轻火   | 4.48±0.16 <sup>e</sup> | 0.13±0.03 <sup>de</sup> | 1.70±0.08 <sup>c</sup>  |
|                                                | 中火   | 5.45±0.04 <sup>b</sup> | 0.21±0.03 <sup>bc</sup> | 1.92±0.02 <sup>b</sup>  |
| 肉桂                                             | 足火   | 6.32±0.13 <sup>a</sup> | 0.26±0.05 <sup>b</sup>  | 2.10±0.20 <sup>a</sup>  |
|                                                | 毛茶   | 1.34±0.03 <sup>i</sup> | 0.01±0.01 <sup>f</sup>  | 1.13±0.12 <sup>e</sup>  |
|                                                | 半轻火  | 2.73±0.05 <sup>h</sup> | 0.10±0.02 <sup>e</sup>  | 1.17±0.10 <sup>e</sup>  |
|                                                | 轻火   | 3.53±0.10 <sup>f</sup> | 0.16±0.03 <sup>cd</sup> | 1.54±0.06 <sup>d</sup>  |
|                                                | 中火   | 4.81±0.06 <sup>d</sup> | 0.25±0.04 <sup>b</sup>  | 1.91±0.04 <sup>b</sup>  |
|                                                | 足火   | 5.17±0.07 <sup>c</sup> | 0.37±0.04 <sup>a</sup>  | 2.02±0.03 <sup>ab</sup> |

<sup>†</sup> 同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,相同字母表示差异不显著。

由表 4 可知,两品种(水仙、肉桂)茶汤  $\Delta L$  与茶多酚、咖啡碱、可溶性蛋白含量均呈显著正相关。这 3 种生化成分是茶汤冷后浑的主要形成物质,茶汤中含量越少,说明 3 种化学成分形成冷后浑颗粒的比例越大,但因形成的小分子颗粒粒径减小, $\Delta L$  越大,澄清度就越高<sup>[5-8,23-24]</sup>。

2.3.3 透光率 随焙火程度增加茶汤颜色随之加深,对透光率测定造成干扰作用,陆建良<sup>[13]40-46</sup> 研究发现波长 660 nm 时测得的离心前后透光率的差值  $\Delta T$  能够消除汤色对测定

茶汤冷后浑现象的影响,因此以离心后的茶汤为对照测得的原茶汤的透光率可准确反映茶汤澄清度。由图 2 可知,茶汤透光率随焙火程度增加而升高,与 2.3.2 中  $\Delta L$  值的变化趋势相同,说明随焙火程度增加,透光率增加,澄清度升高。

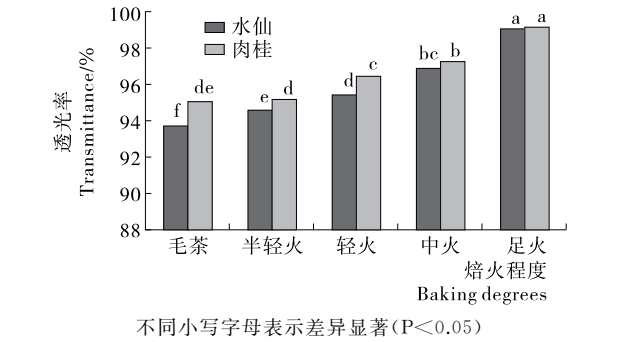


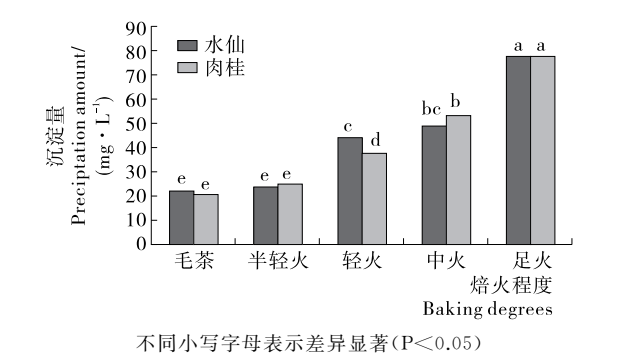
图 2 武夷岩茶透光率变化

Figure 2 Changes in transmittance of Wuyi Rock Tea

对汤色得分与透光率进行 Pearson 分析,得出两品种(水仙、肉桂)汤色得分与透光率相关系数分别为 0.944,0.938,均呈现显著正相关,即透光率越高,汤色得分越高。

由表 4 可知,两品种(水仙、肉桂)茶汤透光率与茶多酚、咖啡碱、可溶性蛋白含量均呈显著正相关。同 2.3.2  $\Delta L$  结果一致,说明 3 种化学成分形成冷后浑颗粒比例增大使茶汤检测到的含量降低,但因形成的沉淀颗粒减小,透光率就越大,澄清度越高<sup>[5-8,23-24]</sup>。

2.3.4 沉淀量 由图 3 可知,随焙火程度增加,武夷岩茶沉淀量呈现上升趋势。茶多酚及氧化产物、咖啡碱和蛋白质是形成茶汤冷后浑的主要成分<sup>[5-8]</sup>,随焙火程度增加,茶汤中茶多酚、咖啡碱、可溶性蛋白参与形成冷后浑的比例增加,造成茶汤中的含量降低,离心后测得的沉淀量增加。



不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

图 3 武夷岩茶沉淀量变化

Figure 3 Changes in precipitation amount of Wuyi Rock Tea

对汤色得分与沉淀量进行 Pearson 分析,得出两品种(水仙、肉桂)汤色得分与沉淀量相关系数分别为 0.891,0.950,均呈现显著正相关,沉淀量越大,汤色得分越高,是因为随焙火程度增加,形成更多粒径较小的颗粒,因粒径减小,茶汤汤色澄清度升高,汤色得分越高,但在外力离心作用下小分子颗粒沉积会使沉淀量增加,这两者并不矛盾。

由表 4 可知,两品种(水仙、肉桂)茶汤沉淀量与茶多酚、

咖啡碱、可溶性蛋白含量均呈显著或极显著负相关。茶汤中这 3 种生化成分含量减少,说明它们形成冷后浑颗粒的比例越大,离心后测得的沉淀量也就越大<sup>[57-8,23-24]</sup>。

### 3 结论

本试验以不同焙火程度加工的武夷岩茶(水仙、肉桂)为研究对象,将茶汤物理特性与感官品质、主要生化成分相结合,分析焙火程度对武夷岩茶品质特性的影响。试验结果证明,随焙火程度增加,茶汤澄清度升高,轻、中火时,武夷岩茶香气纯正持久、滋味醇厚回甘、汤色清澈透亮,“冷后浑”现象相较于毛茶有所改善;但焙至足火后,茶汤澄清度虽高,但易产生焦苦味,不利于滋味品质;因此综合评价轻、中火处理的武夷岩茶品质最优。

研究结果对武夷岩茶的加工技术改进及品质改善具有指导作用,而焙火过程中产生的焦苦味物质,是后期深入研究焙火对滋味品质形成机理的重要方向。

#### 参考文献

[1] 张凌云,魏青,吴颖,等.不同干燥方式对金牡丹乌龙茶品质的影响[J].现代食品科技,2013,29(8):1 916-1 920.

[2] 李艳,何春雷,孟雪莉,等.干热后处理改善夏季成品绿茶风味品质研究[J].食品与机械,2016,32(12):189-195.

[3] 罗学平,李丽霞,赵先明,等.不同焙火处理对四川乌龙茶香味与化学品质的影响[J].食品科学,2016,37(17):104-108.

[4] 翁睿.不同炭焙程度对武夷水仙茶的品质影响[D].福州:福建农林大学,2016.

[5] ROBERTS E A H. The phenolic substances of manufactured tea: X.-The cream down of the liquors[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1963(14): 700-705.

[6] XU Yong-quan, HU Xiong-fei, TANG Ping, et al. The major factors influencing the formation of sediments in reconstituted green tea infusion[J]. Food Chemistry, 2015, 172: 831-835.

[7] LIN Xiao-rong, CHEN Zhong-zheng, ZHANG Yuan-yuan, et al. Comparative characterisation of green tea and black tea cream: Physicochemical and phytochemical nature [J]. Food Chemistry, 2015, 173: 432-440.

[8] 马梦君,罗理勇,李双,等.茶多酚和咖啡碱对茶乳酪形成的影响[J].食品科学,2014,35(13):15-19.

[9] 傅博强,谢明勇,聂少平,等.茶叶中多糖含量的测定[J].食品

科学,2001,22(11):69-73.

[10] 陆建良,梁月荣.考马斯亮蓝法在茶汤可溶性蛋白含量分析中的应用和改良[J].茶叶,2002,28(2):89-93.

[11] OBANDA M, OKINDA OWUOR P, MANGOKA R. Changes in the chemical and sensory quality parameters of black tea due to variations of fermentation time and temperature [J]. Food Chemistry, 2001, 75(4): 395-404.

[12] 陆建良,梁月荣,龚淑英,等.茶汤色差与茶叶感官品质相关性研究[J].茶叶科学,2002,22(1):57-61.

[13] 陆建良.茶汤蛋白对茶饮料冷后浑形成的影响[D].杭州:浙江大学,2008.

[14] 宛晓春.茶叶生物化学[M].3版.北京:中国农业出版社,2003.

[15] CHEN Y J, KUO P C, YANG M L, et al. Effects of baking and aging on the changes of phenolic and volatile compounds in the preparation of old Tieguanyin oolong teas [J]. Food Research International, 2013, 53(2): 732-743.

[16] 谢贞建,赵超群,邹联柱,等.普洱茶多酚的提取及抗氧化作用研究[J].食品与机械,2009,25(1):64-67.

[17] 李少华,陈荣冰,王飞权,等.烘焙对武夷岩茶生化成分影响及品质相关性分析[J].武夷学院学报,2016,35(12):22-25.

[18] 敖存,龚淑英,张俊,等.烘焙技术对中低档绿茶滋味品质改善的研究[J].茶叶,2010,36(1):21-25.

[19] 江山,宁井铭,方世辉,等.焙火温度对条形乌龙茶品质的影响[J].安徽农业大学学报,2012,39(2):221-224.

[20] 张英娜,嵇伟彬,许勇泉,等.儿茶素呈味特性及其感官分析方法研究进展[J].茶叶科学,2017,37(1):1-9.

[21] 王玮,曾本华,李桂花,等.茶多酚对 apoE-/-小鼠脂类代谢和肠道双歧杆菌的影响[J].食品与机械,2012,28(4):106-109.

[22] CHAO Yu-chang, CHIANG Been-huang. The roles of catechins and caffeine in cream formation in a semi-fermented tea[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1999, 79(12): 1 687-1 690.

[23] SHI Ce, TANG Hai-feng, XIAO Jie, et al. Small-angle X-ray scattering study of protein complexes with tea polyphenols[J]. Jurnal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65(3): 656-665.

[24] PRATHIT C, NEELANJANA S. Signatures of protein thermal denaturation and local hydrophobicity in domain specific hydration behavior: a comparative molecular dynamics study [J]. Molecular Biosystems, 2016, 12(4): 1 139-1 150.

信息窗

澳大利亚食品欲借助电商平台出口中国

据外媒报道,当世界商业被亚马逊收购知名超市震撼之时,澳大利亚食品则欲借助中国知名电商平台大幅出口中国,把澳大利亚的生鲜食品推向中国的众多消费者。

根据澳大利亚政府统计,去年澳大利亚向中国出口了价值 8.67 亿澳元的牛肉,6.22 亿澳元的乳制品和 2.59 亿澳元的果蔬。中国是澳大利亚最大的食品出口市场。长期以来,澳大利亚婴儿配方奶粉和维生素公司借助阿里巴巴进入中国市场。阿里巴巴公司欲在其旗下的盒马(Hema)超市重新诠释购物体验,消除网购和非网购产品的区别,使顾客使用智能手机 APP 就能了解产品信息并购买。每一家盒马超市还可以作为在线订单的执行中心,在 30 min 内将网购新鲜产品送到顾客手中。

澳洲 Swisse 公司维生素类产品和 A2 牛奶在中国取得了成功,然而贝拉米(Bellamy)的有机婴儿配方奶粉和澳佳宝(Blackmores)的对华出口之路并不平坦。

(来源:食品伙伴网)