

# 福鼎大白茶树鲜叶不同茶制品活性成分比较

黄彪<sup>1,2\*</sup>, 刘文静<sup>1,2</sup>, 吴建鸿<sup>1</sup>, 吴建衍<sup>1</sup>

- (1. 福建省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 福州 350003;
2. 福建省农产品质量安全重点实验室, 福州 350003)

**摘要:** **目的** 分析比较福鼎大白茶树鲜叶加工制成的3种茶类中活性成分的含量差异。**方法** 以福鼎大白茶树鲜叶为原料,按不同工艺制成绿茶、白茶、红茶,测定其活性成分(茶多酚、咖啡碱、氨基酸、儿茶素)含量。**结果** 绿茶中茶多酚及儿茶素总量最高,红茶较低。绿茶中儿茶素总量约为红茶的10倍,白茶中儿茶素总量约为红茶的8倍;氨基酸含量:白茶高于绿茶及红茶,红茶中氨基酸最低;咖啡碱在白茶和绿茶中的含量差别不大,显著性高于红茶,但不存在极显著性差异。**结论** 加工工艺对不同茶类茶多酚及儿茶素类物质含量影响较大,而对咖啡碱含量的影响不大。

**关键词:** 福鼎大白; 茶多酚; 儿茶素; 咖啡碱

## Comparison of active components of different tea products from fresh leaves of *Camellia sinensis* Fuding Dabai

HUANG Biao<sup>1,2\*</sup>, LIU Wen-Jing<sup>1,2</sup>, WU Jian-Hong<sup>1</sup>, WU Jian-Yan<sup>1</sup>

- (1. Institute of Quality Standards & Testing Technology for Agro-Products, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China; 2. Fujian Key Laboratory of Agro-products Quality & Safety, Fuzhou 350003, China)

**ABSTRACT: Objective** To compare the contents of bioactive constituents in 3 types of tea prepared from *Camellia sinensis* Fuding Dabai. **Methods** The fresh leaves of *Camellia sinensis* Fuding Dabai were used as raw materials. The green tea, white tea and black tea were made according to different processes. The contents of bioactive constituents (tea polyphenols, caffeine, amino acids, catechins) were determined. **Results** The total amount of tea polyphenols and catechins were the highest in green tea and the lowest in black tea. The total amount of catechins in green tea was about 10 times that of black tea, and the total amount of catechins in white tea was about 8 times that of black tea. Amino acid content: white tea was higher than green tea and black tea, and black tea had the lowest amino acid content. The content of caffeine in white tea and green tea had little difference, and e was higher than that in black tea, but there was no very significant difference. **Conclusion** The processing technics have a certain influence on the polyphenols and catechins of 3 types of tea, while have no apparent influence on caffeine.

**KEY WORDS:** *Camellia sinensis* Fuding Dabai; polyphenols; catechins; caffeine

**基金项目:** 福建省属公益类科研院所专项(2017R1018-1)、福建省农业科学院项目-福鼎白茶仓储智能调控与品质变化监测

**Fund:** Supported by the Public Welfare Project of Fujian Province (2017R1018-1), and Project of Fujian Academy of Agricultural Sciences-Intelligent Control of Storage and Change Monitoring for Quality fo Fuding White Tea

\***通信作者:** 黄彪, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品营养成分。E-mail: banbanhb1981@163.com

\***Corresponding author:** HUANG Biao, Ph.D, Assistant Professor, Institute of Quality Standards and Testing Technology, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China. E-mail: banbanhb1981@163.com

## 0 引言

茶叶中含有多种活性成分,如茶多酚、咖啡碱、氨基酸、多糖、有机酸、维生素等<sup>[1-3]</sup>。茶叶中活性成分具有良好的抗氧化、杀菌、消炎、抗病毒、降血脂等生理活性,不同茶叶活性成分的研究近些年来一直是研究的热点<sup>[4-9]</sup>。根据外形色泽及制作方法的不同将茶叶分为绿茶、红茶、黄茶、青茶(乌龙茶)、黑茶和白茶 6 大茶类<sup>[10]</sup>。研究表明,由于茶树种类和制作工艺的差别,不同茶类滋味及所含的活性成分因而存在一定的差异<sup>[11-12]</sup>。

由于制作工艺条件的不同,茶树鲜叶原料在加工过程中代谢物质的积累与转化模式也有所差别,其生理生化成分发生不同程度的变化,成茶活性成分的含量及生理活性因而表现出一定差异。DAI 等<sup>[13]</sup>基于超高效液相色谱与串联四极杆飞行时间质谱联用法(ultra-performance liquid chromatography-quadrupole tandem time-of-flight mass spectrometry, UPLC-Q-TOF MS)的非靶向代谢组学方法分析白茶萎凋过程中代谢物动态变化。研究表明萎凋过程中,氨基酸类物质含量大大增加,而儿茶素类物质的含量减少一半。陈翔等<sup>[14]</sup>采用亲水相互作用液相色谱-三重四极杆质谱法,对白茶鲜叶进行不同萎凋时间的处理,对萎凋样中氨基酸、核苷酸、酶类、糖类小分子代谢物进行靶向代谢谱分析,研究代谢物的变化规律及其对白茶品质的影响。李鑫磊等<sup>[15]</sup>以福云六号和黄旦茶树品种鲜叶一芽二三叶原料为研究对象,按照绿茶、乌龙茶、红茶和白茶相应的加工方法制成不同茶类,分析比较鲜叶原料和不同茶类的活性成分含量,探究相应茶类加工工序对茶树鲜叶中主要代谢产物的影响。

福建省茶树品种资源丰富,白茶是福建省特色茶类之一,成茶外披白毫、香气清新、汤色嫩黄,成茶具多种药理作用。福鼎大白是福建茶树的特色品种,其茶鲜叶营养成分丰富,可以制成不同类茶叶。目前,尚未见到有关福鼎大白茶树鲜叶加工成不同茶类(绿茶、白茶、红茶)活性成分的比较。本研究以福鼎大白茶树鲜叶加工成的绿茶、白茶和红茶为研究对象,对其所含的活性物质如茶多酚、咖啡碱、氨基酸及儿茶组分含量进行分析比较,以期对福建茶叶资源的开发、利用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

UV-2100 紫外-可见分光光度计(上海尤尼柯仪器有限公司); L-8800 型氨基酸自动分析仪(日本 HITACHI 公司); Wates e-2695 高效液相色谱仪(美国 Waters 公司); Millipore Direct-Q5 超纯水仪(美国 Millipore 公司); SYG-2 水浴恒温振荡器(常州朗越仪器有限公司); FW100 型高速万能粉碎

机(天津市泰斯特仪器有限公司); TDL-5-A 低速大容量离心机(上海安亭科学仪器有限公司); XW-80A 旋涡混合器(上海医科大学仪器厂)。

供试样品:福鼎大白茶树鲜叶按不同制茶工艺制成的绿茶、红茶和白茶。

氨基酸标准品(纯度>98%,国家标准物质中心);儿茶素(catechin, C)、表儿茶素表儿茶素(epicatechin, EC)、表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC)、表儿茶素没食子酸酯(epicatechin gallate, ECG)、表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG)、没食子儿茶素没食子酸酯(gallocatechin gallate, GCG)、没食子儿茶素(gallocatechin, GC)、儿茶素没食子酸酯(catechin gallate, CG)(纯度>97%,南京道斯夫生物技术股份有限公司);甲醇、乙腈、甲酸(色谱纯,美国 Fisher 公司);葡萄糖、苯酚、柠檬酸、柠檬酸钠、氯化钠、氢氧化钠、无水乙醇、盐酸(优级纯,上海国药集团化学试剂有限公司);乙二醇甲醚、醋酸钠、茛三酮、苯甲醇、冰醋酸、乙醚、硫酸等(分析纯,上海国药集团化学试剂有限公司)。

### 1.2 不同茶类加工工序

茶叶样品取自福建省宁德市蕉城区赤溪镇茶叶加工基地。取福鼎大白茶树鲜叶约 5 kg,按不同制茶工艺制成绿茶、白茶和红茶,各茶类制作工艺流程如下:

- (1)绿茶:鲜叶-摊放-杀青-揉捻-干燥;
- (2)白茶:鲜叶-萎凋-拼筛-萎凋-干燥;
- (3)红茶:鲜叶-萎凋-揉捻-发酵-干燥。

### 1.3 感官审评

参照 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》<sup>[16]</sup>。

### 1.4 检测方法

检测方法茶多酚和儿茶素类含量:参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》<sup>[17]</sup>;咖啡碱含量:参照 GB/T 8312—2013《茶 咖啡碱测定》<sup>[18]</sup>;游离氨基酸总量:参照 GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》<sup>[19]</sup>;氨基酸组分含量:参照 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》<sup>[20]</sup>;可溶性糖含量:蒽酮比色法。

### 1.5 统计分析

Excel 2007 对实验数据进行整理;DPS 7.05 对数据统计及差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同茶类感官审评及主要活性成分分析结果

3 种茶感官审评结果如表 1 所示。福鼎大白茶所制绿茶清香、滋味清爽但略有涩味;所制白茶香气清新、毫味

重、有花果香、滋味鲜爽; 所制红茶有香甜气味、滋味较醇。白茶的香气更好, 清鲜中带有花果香、且滋味鲜爽、涩味不明显。滋味相比较而言, 白茶比较鲜爽, 也有醇甜感; 红茶滋味较醇, 但鲜爽感不明显。感官审评结果表明福鼎大白茶树较适宜制作白茶。

表 1 不同茶叶样品感官审评结果  
Table 1 Sensory evaluation results of different tea samples

名称	绿茶	白茶	红茶
汤色	黄绿色	浅黄色	红色, 尚明亮
香气	清香	毫香, 清鲜花果香	香甜
滋味	清爽, 略涩	鲜爽	味醇

多酚、咖啡碱是茶叶中重要的活性物质, 对茶叶品质及滋味有着重要的影响。从表 2 可以看出, 由福鼎大白加工成的茶叶茶多酚含量为 9.54%~17.58%; 绿茶中茶多酚含量高于白茶和红茶, 茶多酚含量存在着极显著性差异 ( $P<0.01$ )。黄酮类含量为 9.12%~15.49%, 其含量在不同茶中与茶多酚表现一致, 存在极显著性差异 ( $P<0.01$ )。绿茶为不发酵茶, 加工过程中酚类物质氧化的较少, 因此绿茶中多酚类含量较高。白茶属于轻发酵茶, 萎凋是其主要工序, 长时间的萎凋过程伴随一系列物质的转化, 与全发酵红茶相比, 白茶中的多酚类物质氧化程度较轻。红茶经过揉捻及长时间的发酵, 一系列酶促反应发生在做茶过程, 茶多酚的含量下降较多。氨基酸是茶叶的呈味物质, 会提高茶叶的鲜爽度, 茶叶中的氨基酸含量以白茶最高, 绿茶次之, 红茶最低。白茶制作过程主要为萎凋, 萎凋时水解酶活性增强, 一些低分子蛋白质经酶促水解为氨基酸, 有利于氨基酸的形成和积累; 而红茶在发酵过程当中酶的氧化使部分氨基酸降解、同时可能有部分氨基酸与儿茶素氧化成的成分造成氨基酸含量的降低。咖啡碱的含量在 3 类茶中比较接近, 含量范围为 3.88%~4.08%。咖啡碱的化学性质相对茶叶中的其他活性成分稳定, 一系列加工工序对咖啡碱

的影响较小<sup>[21]</sup>。白茶和绿茶中咖啡碱的含量差别不大, 红茶中咖啡碱含量与其他茶存在显著性差异 ( $P<0.05$ ), 但不存在极显著性差异。可溶性糖在 3 类茶中的含量为: 白茶>绿茶>红茶, 其原因可能是萎凋过程会有利于糖类的积累; 另外白茶作为轻发酵茶, 制作过程对糖类氧化的影响较小。浸出物在 3 类茶中的含量为: 白茶>绿茶>红茶, 能是萎凋过程会有部分物质的水解使得浸出物的含量有所增加; 白茶为轻发酵茶, 而红茶发酵程度较高, 制作过程对白茶中活性物质的氧化的影响较小, 而对红茶的影响较大。茶多酚和咖啡碱的含量会增加茶汤的涩味, 氨基酸的含量会提高茶汤的香气及鲜爽度, 而可溶性糖含量适当提高可增加茶汤甜醇味。感官审评和活性成分含量结果分析较为一致, 福鼎大白茶树鲜叶较适宜制作白茶。

## 2.2 不同茶类儿茶素类组分含量比较

几类茶叶样品所含的儿茶素类化合物均以 EGCG 含量最高, 见表 3, 福鼎大白加工成的绿茶和白茶 EGCG 的含量分别可高达 61.279 mg/g 和 50.957 mg/g。不同茶类儿茶素总量: 绿茶>白茶>红茶, 这与陶湘辉等<sup>[21-22]</sup>研究结果一致。儿茶素总含量范围为 10.257~96.127 mg/g, 其中加工形成的绿茶儿茶素总量约为红茶的 10 倍, 白茶中儿茶素总量约为红茶的 8 倍。不同茶类的制作: 绿茶加工工艺相对简单, 杀青历时较短, 因此绿茶中的儿茶素组分大部分保留; 白茶加工过程相对绿茶时间较长, 鲜叶需经长时间萎凋, 儿茶素类物质在多酚氧化酶、过氧化物酶等作用下发生缓慢而轻度的氧化反应, 在长时间的萎凋过程中, 茶叶中儿茶素的主要成分 EGCG 含量会减少, 儿茶素总量也会降低。红茶加工过程中, 茶鲜叶需要经过萎凋、揉捻、发酵等过程, 茶鲜叶萎凋失水水解酶活性提高, 酯型儿茶素等其他有机化合物发生水解, EGCG 含量减少。萎凋结束后, 经揉捻、发酵等过程, 在多种氧化酶的作用下, 茶叶的儿茶素类物质发生酶促氧化反应, 生成茶黄素、茶红素等与红茶品质密切相关的物质, EGCG 含量降低较多, 红茶儿茶素组分发生较大变化, 含量较低。

表 2 不同茶叶样品主要活性成分含量(以干重计)(%,  $n=3$ )  
Table 2 Contents of main biochemical components of different tea samples (in dry weight) (% ,  $n=3$ )

名称	绿茶	白茶	红茶
茶多酚	17.58±0.11 <sup>aA</sup>	16.88±0.07 <sup>bB</sup>	9.54±0.27 <sup>cC</sup>
黄酮类	15.49±0.15 <sup>aA</sup>	14.88±0.28 <sup>bB</sup>	9.12±0.08 <sup>cC</sup>
游离氨基酸总量	3.79±0.01 <sup>bB</sup>	4.26±0.04 <sup>aA</sup>	0.95±0.01 <sup>cC</sup>
咖啡碱	3.99±0.08 <sup>abA</sup>	4.08±0.02 <sup>aA</sup>	3.88±0.08 <sup>bA</sup>
可溶性糖	6.35±0.08 <sup>bB</sup>	7.85±0.05 <sup>aA</sup>	5.85±0.01 <sup>cC</sup>
浸出物	48.69±0.23 <sup>bB</sup>	50.55±0.77 <sup>aA</sup>	42.04±0.09 <sup>cC</sup>

注: 不同小写字母表示显著水平 ( $P<0.05$ ), 不同大写字母表示极显著水平 ( $P<0.01$ )。下同。

### 2.3 不同茶类氨基酸组分含量比较

不同茶类氨基酸组分含量如表 4 所示,氨基酸组分和合计含量均存在极显著性差异( $P<0.01$ )。茶氨酸为茶叶中的特征氨基酸,在 3 类茶中含量均为最高。3 类茶中含量较高的氨基酸组分为谷氨酸、天冬氨酸等;含量较低的有酪氨酸、组氨酸、胱氨酸和蛋氨酸。不同茶叶氨基酸含量高低顺序表现较为一致。白茶属于轻发酵茶,萎凋是其主要工序,长时间的萎凋过程伴随一系列复杂内含物的转化,蛋白质经酶促水解为氨基酸,相对其他茶类,白茶中氨基酸含量不断累积达到较高水平。

### 3 结 论

本研究分析了福鼎大白制不同茶类其茶多酚、咖啡碱、氨基酸及儿茶素类组分等含量差异。结果表明:同一茶树品种“福鼎大白”通过不同加工工艺形成的 3 类茶,儿茶素总量:绿茶>白茶>红茶;氨基酸含量:白茶>绿茶>红茶;咖啡碱在白茶和绿茶中咖啡碱的含量差别不大,显著性高于红茶中,但不存在极显著性差异。加工工艺对儿茶素含量的变化影响较大,而对咖啡碱含量的影响不大。研究结果可为茶叶活性成分的评价提供科学依据,对福建茶叶的加工具有一定的参考意义。

表 3 不同工艺茶类儿茶素类组分含量(以干重计)(mg/g,  $n=3$ )  
Table 3 Contents of tea catechins in different tea samples (in dry weight) (mg/g,  $n=3$ )

名称	绿茶	白茶	红茶
儿茶素	3.314±0.097 <sup>aA</sup>	1.366±0.038 <sup>bB</sup>	0.375±0.004 <sup>cC</sup>
表儿茶素	4.398±0.160 <sup>aA</sup>	2.061±0.043 <sup>bB</sup>	0.715±0.027 <sup>cC</sup>
表没食子儿茶素	11.916±0.218 <sup>aA</sup>	10.370±0.044 <sup>bB</sup>	1.251±0.032 <sup>cC</sup>
表儿茶素没食子酸酯	15.218±0.473 <sup>aA</sup>	11.998±0.173 <sup>bB</sup>	1.578±0.072 <sup>cC</sup>
表没食子儿茶素没食子酸酯	61.279±0.891 <sup>aA</sup>	50.957±0.566 <sup>bB</sup>	5.987±0.145 <sup>cC</sup>
儿茶素总量	96.127±1.120 <sup>aA</sup>	76.730±0.779 <sup>bB</sup>	10.257±0.444 <sup>cC</sup>

表 4 不同工艺茶类氨基酸组分含量(以干重计)(mg/g,  $n=3$ )  
Table 4 Contents of amino acids in different tea samples (in dry weight) (mg/g,  $n=3$ )

名称	绿茶	白茶	红茶
茶氨酸	14.33±0.28 <sup>bB</sup>	16.52±0.21 <sup>aA</sup>	8.25±0.13 <sup>cC</sup>
天门冬氨酸	2.37±0.02 <sup>aA</sup>	2.40±0.02 <sup>aA</sup>	1.50±0.02 <sup>bB</sup>
苏氨酸	1.07±0.01 <sup>aA</sup>	0.99±0.01 <sup>bB</sup>	0.75±0.01 <sup>cC</sup>
丝氨酸	1.10±0.01 <sup>aA</sup>	1.10±0.01 <sup>bB</sup>	0.77±0.01 <sup>bB</sup>
谷氨酸	4.01±0.10 <sup>bB</sup>	4.69±0.07 <sup>aA</sup>	2.11±0.01 <sup>cC</sup>
甘氨酸	1.18±0.01 <sup>aA</sup>	1.12±0.01 <sup>bB</sup>	0.87±0.01 <sup>cC</sup>
丙氨酸	1.26±0.01 <sup>aA</sup>	1.25±0.01 <sup>aA</sup>	0.92±0.02 <sup>bB</sup>
胱氨酸	0.13±0.01 <sup>aA</sup>	0.11±0.01 <sup>bB</sup>	0.06±0.01 <sup>cC</sup>
缬草氨酸	1.25±0.02 <sup>aA</sup>	1.22±0.01 <sup>bA</sup>	0.91±0.01 <sup>bB</sup>
蛋氨酸	0.13±0.01 <sup>aA</sup>	0.14±0.01 <sup>aA</sup>	0.10±0.01 <sup>bB</sup>
异亮氨酸	1.01±0.01 <sup>aA</sup>	0.99±0.01 <sup>bA</sup>	0.72±0.01 <sup>bB</sup>
亮氨酸	1.86±0.02 <sup>aA</sup>	1.76±0.02 <sup>bB</sup>	1.37±0.02 <sup>cC</sup>
酪氨酸	0.71±0.01 <sup>aA</sup>	0.74±0.01 <sup>bB</sup>	0.54±0.01 <sup>cC</sup>
苯丙氨酸	1.06±0.01 <sup>aA</sup>	1.08±0.01 <sup>aA</sup>	0.83±0.02 <sup>bB</sup>
赖氨酸	1.98±0.02 <sup>aA</sup>	1.73±0.02 <sup>bB</sup>	1.02±0.02 <sup>cC</sup>
组氨酸	0.54±0.01 <sup>aA</sup>	0.50±0.01 <sup>bB</sup>	0.35±0.01 <sup>cC</sup>
精氨酸	1.98±0.04 <sup>aA</sup>	1.98±0.02 <sup>aA</sup>	1.02±0.01 <sup>bB</sup>
脯氨酸	0.32±0.01 <sup>cC</sup>	0.41±0.02 <sup>bB</sup>	0.46±0.01 <sup>aA</sup>
合计	36.27±0.01 <sup>bB</sup>	38.72±0.13 <sup>aA</sup>	22.56±0.30 <sup>cC</sup>

## 参考文献

- [1] 孙世利, 郭芸彤, 陈海强, 等. 英红九号六大茶类生化成分分析及体外活性评价[J]. 天然产物研究与开发, 2018, 39(9): 159–165.  
SUN SL, GUO YT, CHEN HQ, *et al.* Analysis of biochemical components and evaluation of the *in vitro* activity of six categories of tea made of yinghong NO. 9 [J]. Food Res Dev, 2018, 39(9): 159–165.
- [2] SENANAYAKE S. Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications—A review [J]. J Funct Foods, 2013, 5(4): 1529–1541.
- [3] VUONG QV. Epidemiological evidence linking tea consumption to human health: A review [J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2014, 54(4): 523–536.
- [4] 刘智伟, 曾本华, 张晓婧, 等. 茶多酚饮食对 HFA 小鼠肠道菌群和脂肪代谢的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(6): 26–31.  
LIU ZW, ZENG BH, ZHANG XJ, *et al.* Effect of tea polyphenols diet on the gut microbiota and lipid metabolism in HFA mice [J]. J Chin Inst Food Sci Tech, 2015, 15(6): 26–31.
- [5] DI LA, NABAVI SF, SUREDA A, *et al.* Antidepressive-like effects and antioxidant activity of green tea and GABA green tea in a mouse model of post-stroke depression [J]. Mol Nutr Food Res, 2016, 60(3): 566–579.
- [6] ONAKPOYA I, SPENCER E, HENEGHAN C, *et al.* The effect of green tea on blood pressure and lipid profile: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials [J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2014, 24(8): 823–836.
- [7] YOUSAF S, BUTT MS, SULERIA HAR, *et al.* The role of green tea extract and powder in mitigating metabolic syndromes with special reference to hyperglycemia and hypercholesterolemia [J]. Food Funct, 2014, 5(3): 545–556.
- [8] SUN YF, YANG XB, LU XS, *et al.* Protective effects of Keemun black tea polysaccharides on acute carbon tetrachloride-caused oxidative hepatotoxicity in mice [J]. Food Chem Toxicol, 2013, 58: 184–192.
- [9] LU XS, ZHAO Y, SUN YF, *et al.* Characterization of polysaccharides from green tea of Huangshan Maofeng with antioxidant and hepatoprotective effects [J]. Food Chem, 2013, 141(4): 3415–3423.
- [10] 许靖逸, 崔修丹, 陈昌辉, 等. 六大茶类对部分肠道致病菌抑菌效果的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(16): 140–142.  
XU JY, CUI XD, CHEN CH, *et al.* Study on antibacterial activities of six types of tea against some pathogenic entero bacteria [J]. Sci Tech Food Ind, 2013, 34(16): 140–142.
- [11] 王丽, 叶乃兴, 郑德勇, 等. 加工工艺对白茶、乌龙茶、红茶生化成分及抗氧化活性的影响[J]. 福建茶叶, 2016, (4): 4–6  
WANG L, YE NX, ZHENG DY, *et al.* Effects of processing technology on biochemical constituents and antioxidant activity of white tea, oolong tea and black tea [J]. Tea Fujian, 2016, (4): 4–6.
- [12] 吕海鹏, 梁名志, 张悦, 等. 特异茶树品种“紫娟”不同茶产品主要化学成分及其抗氧化活性分析[J]. 食品科学, 2016, 37 (12): 122–127.  
LV HP, LIANG MZ, ZHANG Y, *et al.* Major chemical components and antioxidant activity in tea infusion of tea products obtained from the special tea germplasm 'Zijuan' using different processing technologies [J]. Food Sci, 2016, 37 (12): 122–127.
- [13] DAI W, XIE D, LU M, *et al.* Characterization of white tea metabolome: Comparison against green and black tea by a nontargeted metabolomics approach [J]. Food Res Int, 2017, 96: 40–45.
- [14] 陈翔, 田月月, 张丽霞. 基于亲水相互作用液相色谱-三重四极杆质谱法研究白茶萎凋过程中代谢物的变化[J]. 茶叶科学, 2020, 40(2): 238–249.  
CHEN X, TIAN YY, ZHANG LX. The changes of metabolites during the withering process of white tea based on liquid chromatography-triple quadrupole mass spectrometry [J]. J Tea Sci, 2020, 40(2): 238–249.
- [15] 李鑫磊, 俞晓敏, 龚智宏, 等. 绿茶、红茶、乌龙茶和白茶中主要代谢产物的差异[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2019, 48(5): 559–566.  
LI XL, YU XM, GONG ZH, *et al.* Difference in main metabolites contents in green tea, black tea, oolong tea and white tea [J]. J Fujian Agric Forestry Univ (Nat Sci Ed), 2019, 48(5): 559–566.
- [16] GB/T 23776—2018 茶叶感官审评方法[S].  
GB/T 23776—2018 Methods of sensory evaluation of tea [S].
- [17] GB/T 8313—2018 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S].  
GB/T 8313—2018 Method for determination of polyphenols and catechins in tea [S].
- [18] GB/T 8312—2013 茶 咖啡碱测定[S].  
GB/T 8312—2013 Tea-Caffeine determination [S].
- [19] GB/T 8314—2013 茶 游离氨基酸总量的测定[S].  
GB/T 8314—2013 Tea-Determination of total free amino acids [S].
- [20] GB 5009.124—2016 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S].  
GB 5009.124—2016 National food safety standard-Determination of amino acids in foods [S].
- [21] 陶湘辉, 陈常颂, 林郑和, 等. 茶叶 EGCG 在不同茶类加工过程的变化初探[J]. 茶叶科学技术, 2010, (3): 27–30.  
TAO XL, CHEN CS, LIN ZH, *et al.* Changes of EGCG in different tea processing processes [J]. Tea Sci Technol, 2010, (3): 27–30.
- [22] XU LJ, XIA G, LUO Z, *et al.* UHPLC analysis of major functional components in six types of Chinese teas: Constituent profile and origin consideration [J]. Food Sci Technol, 2019, 102, 52–57.

(责任编辑: 王 欣)

## 作者简介



黄彪, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品营养成分。  
E-mail: banbanhb1981@163.com