

# 不同等级烘青绿茶生化成分及抗氧化能力的研究

刘娜娜<sup>1</sup>, 张 彧<sup>2</sup>, 华晓梅<sup>1</sup>, 王 祥<sup>1</sup>, 梁丽云<sup>1\*</sup>

(1. 河南农业大学园艺学院, 郑州 450002; 2. 河南农业大学生命科学院, 郑州 450002)

**摘要:** **目的** 研究3个不同等级烘青绿茶的生化成分、感官品质及抗氧化活性。**方法** 使用分光光度计测定3种茶样中总黄酮、茶多酚、氨基酸和咖啡碱的含量, 利用清除二苯代苦味酰基自由基(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl free radical, DPPH)法测定其抗氧化活性, 并进行感官评价。**结果** 3个等级绿茶总黄酮和氨基酸含量差异显著( $P<0.05$ ), 茶多酚随着茶样等级的降低而升高, 咖啡碱的含量则相反, 而氨基酸和黄酮是波动变化; 不同等级绿茶的半抑制浓度(half maximal inhibitory concentration,  $IC_{50}$ )差异显著( $P<0.05$ ), 且 $IC_{50}$ 随着等级的降低而下降; 感官评价得分随着等级的降低而降低; 3种茶的抗氧化活性与其茶多酚含量成极显著正相关( $P<0.01$ ), 与咖啡碱的含量和感官审评得分呈极显著负相关( $P<0.01$ )。**结论** 3个等级的炒青绿茶抗氧化性随着等级的降低而升高, 且与其主要生化成分呈显著相关。

**关键词:** 不同等级; 烘青绿茶; 生化成分; 抗氧化

## Study on the biochemical components and antioxidation ability of different grades of roasted green tea

LIU Na-Na<sup>1</sup>, ZHANG Yu,<sup>2</sup> HUA Xiao-Mei<sup>1</sup>, WANG Xiang<sup>1</sup>, LIANG Li-Yun<sup>1\*</sup>

(1. College of Horticulture, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;  
2. College of Life Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the biochemical components, sensory quality and antioxidant activity of 3 different grades of roasted green tea. **Methods** The contents of total flavonoids, tea polyphenols, amino acids and caffeine in 3 kinds of tea samples were determined by spectrophotometer. The antioxidant activity was determined by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl free radical (DPPH) method, and the sensory evaluation was carried out. **Results** The contents of flavonoids and amino acids in the 3 kind of green tea were significantly different ( $P<0.05$ ). Tea polyphenols increased with the decrease of tea grade, while the content of caffeine was the opposite, while amino acids and flavonoids fluctuated. The half maximal inhibitory concentration ( $IC_{50}$ ) of different grades of green tea was significantly different ( $P<0.05$ ), and  $IC_{50}$  decreased with the decrease of grade. The score of sensory evaluation decreased with the decrease of grade. The antioxidant activities of the 3 kinds of teas were highly significantly positively correlated with the content of tea polyphenols ( $P<0.01$ ), and highly negatively correlated with the content of caffeine and sensory evaluation score ( $P<0.01$ ). **Conclusion** The antioxidant activity of 3 grades of roasted green tea increases with the decrease of grade, and is significantly correlated with its main biochemical components.

基金项目: 河南农业大学博士启动基金项目(30600420)

Fund: Supported by the Doctoral Startup Fund of Henan Agricultural University (30600420)

\*通信作者: 梁丽云, 博士, 讲师, 主要研究方向为茶生理生化。E-mail: molixiang23@126.com

\*Corresponding author: LIANG Li-Yun, Ph.D, Lecturer, College of Horticulture, Henan Agricultural University, No.63 Nongye Road, Jinshui District, Zhengzhou 450002, China. E-mail: molixiang23@126.com

**KEY WORDS:** different grades; roasted green tea; biochemical component; antioxidation

## 0 引言

随着人们生活水平的提高, 人们比以往更重视生活质量, 时刻保持健康是人们生活追求的目标<sup>[1]</sup>。大量的研究表明<sup>[2-7]</sup>, 长期进行适量饮茶, 不仅能够延缓身体的衰老, 而且能够促进肠道的消化, 提高人体免疫力, 使人们保持良好的身体状态。随着现代科技的飞速发展, 目前已经检测出茶含有上千种化合物, 其中确定对人体有益的化学成分有 300 多种<sup>[8]</sup>。茶叶含有丰富的纯天然抗氧化成分, 如黄酮、茶多酚、维生素、氨基酸等, 这些抗氧化成分对清除人体内的自由基非常有效<sup>[9]</sup>。人体在进行糖、蛋白质、脂肪等这些大分子物质代谢的时候都要进行氧化反应来获取能量, 而在这些氧化的过程中, 人体若受到不同程度的胁迫就会产生过量的自由基, 最终导致代谢的失衡, 轻则身体不适, 重则就会产生疾病<sup>[10]</sup>。平时适当地饮茶可以减少人体过量的自由基, 进而减缓疾病发生, 从而维持人体身体健康。目前学者<sup>[11-17]</sup>对不同类型的茶进行抗氧化研究甚多。绿茶占中国茶叶总产量的 70% 左右, 分为炒青绿茶、烘青绿茶、蒸青绿茶、晒青绿茶等<sup>[7]</sup>, 由于采摘的时间和鲜叶的标准不一样又分为不同等级, 而对不同等级的绿茶抗氧化的研究甚少。鉴于此, 本研究选择 3 个不同等级的绿茶, 对其生化成分及抗氧化能力进行研究, 以期为人们科学饮茶提供指导, 也为茶叶深加工提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 茶 样

不同等级烘青绿茶来自浙江金华某一茶厂, 2019 年春季生产, 不同标准的鲜叶经摊青、杀青、冷却、回潮、揉捻、初烘、提香、筛分、选别、拣剔、均摊等环节制成。茶样于 4 °C 冰箱保存, 具体信息见表 1。

表 1 3 个等级绿茶茶样  
Table 1 Three grades of green tea samples

编号	等级	采摘时间	鲜叶标准
1	一级绿茶	4 月 12 日	一芽三叶
2	二级绿茶	4 月 21 日	一芽三叶为主含有少量一芽四叶
3	三级绿茶	5 月 1~4 日	一芽四叶

### 1.2 试剂与仪器

1,1-二苯基苦基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)[含 10%~20% 的苯, 含量>97%, 梯希爱(上海)化成

工业发展有限公司]; 福林酚试剂(高纯级, 合肥博美生物科技有限责任公司); 三氯化铝(分析纯, 郑州派尼化学试剂厂); 无水乙醇、甲醇(分析纯, 天津市富宇精细化工有限公司); 没食子酸(纯度>99%, 天津市光复精细化工研究所); 碱式乙酸铅(分析纯, 上海阿拉丁试剂有限公司); 盐酸、浓硫酸(优级纯, 烟台市双双化工有限公司); 茛三酮(分析纯, 上海麦克林生化科技有限公司); 氯化亚锡、无水碳酸钠(分析纯, 天津市永大化学试剂有限公司); 水为蒸馏水。

DFY-300 摇摆式高速万能粉碎机(温岭市林大机械有限公司); FA1004A 电子分析天平(感量 0.0001 g, 上海佑科仪器仪表有限公司); DHG-2080B 鼓风电热恒温干燥箱(温度波动±1 °C)、SSW-600-2S 电热恒温水浴槽(温度波动±0.5 °C)(上海博讯实业有限公司医疗设备厂); SHB-3 循环水多用真空泵(郑州杜甫仪器厂); UV Professional V1.30.0 紫外—可见分光光度计(翱艺仪器有限公司); JW-1048 离心机(安徽嘉文仪器装备有限公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 生化成分测定

福林酚法测定茶多酚含量参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚测定》, 游离氨基酸总量测定参照 GB/T 8314—2013《茶叶中游离氨基酸含量测定》, 咖啡碱含量测定参照 GB/T 8312—2013《咖啡碱含量测定》, 黄酮含量测定参照三氯化铝法<sup>[18]</sup>。

#### 1.3.2 茶叶感官审评

由专业审评人员对 3 个等级绿茶进行审评, 审评方法参照 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》中的绿茶的审评方法进行, 分别对各茶样的外形(25%)、汤色(10%)、香气(25%)、滋味审评(30%)、叶底(10%)感官品质进行评定。

#### 1.3.3 抗氧化能力的测定

试剂准备: 取 4 mg DPPH 颗粒与无水乙醇混合, 质量浓度为 0.04 mg/mL。

茶汤制备: 制备茶汤的质量浓度为 0.006 g/mL 后, 稀释茶汤到各个梯度 0.120、0.060、0.030、0.020、0.015、0.012 mg/mL。

测定方法: 稀释茶汤到以上梯度后, 按下面计算公式中的方法测定, 反应 30 min (室温下)后, 无水乙醇为空白对照, 在 517 nm 波长处用分光光度计测定, 用公式(1)算出其清除率:

$$\text{清除率} = [1 - (A - B) / A_0] \times 100\% \quad (1)$$

式中, A 为 2 mL 待测溶液+2 mL DPPH 溶液的吸光值; B 为 2 mL 待测溶液+2 mL 无水乙醇的吸光值; A<sub>0</sub> 为 2 mL 无水乙醇的吸光值+2 mL DPPH 溶液<sup>[13]</sup>。

## 1.4 数据分析

每个茶样处理重复3次,应用软件IBM SPSS Statistics 26对数据进行单因素方差分析,当 $P<0.05$ 时进行邓肯式复极差检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 3个等级绿茶中主要生化成分含量比较分析

茶多酚对绿茶无论是在干茶外形、滋味还是香气上均有较大的影响,也是茶叶中抗氧化重要成分之一<sup>[19-20]</sup>。如表2所示,3个等级绿茶中多酚总量均在20%以内,其中一级绿茶多酚总量最低,为15.260%,并与其他2个差异显著( $P<0.05$ )。

氨基酸含量对茶叶的品质、营养价值和滋味起着重要作用<sup>[21]</sup>。氨基酸是一类以鲜醇味为主的物质,部分在加工过程中转化为香气成分,溶在茶汤中可减少茶汤的苦涩味,与绿茶品质呈显著的正相关<sup>[22]</sup>。由表2知,3个等级茶样的氨基酸含量在3%~5%范围,且差异显著( $P<0.05$ ),其中二级绿茶的氨基酸含量最高,为4.410%,三级绿茶氨基酸含量最低,为3.251%。

茶叶中的咖啡碱,属于生物碱物质、味苦,通常情况下可与其他物质结合能减弱茶汤的苦涩味,但是当茶叶中咖啡碱的含量过多时,会导致茶汤苦味显露<sup>[23-24]</sup>。咖啡碱还具有清除自由基、强心作用、兴奋作用、利尿作用、抗过敏等多种功效<sup>[25]</sup>。如表2所示,一级茶样的咖啡碱含量显著( $P<0.05$ )高于二级和三级绿茶,其含量为3.751%,三级绿茶样含量最低,为3.325%。

黄酮类化合物是植物代谢中产生的天然酚类物质,在茶树中多以苷类形式存在,在茶汤中呈苦味。研究表明<sup>[26]</sup>黄酮类物质有较高的药用价值,如可做抗氧化剂、清除自由基、还能镇痛、调节免疫力、调节内分泌和代谢等作用。如表2所示,3个等级绿茶黄酮含量差异显著( $P<0.05$ ),一级茶样的总黄酮含量最高,为1.084%。

### 2.2 3个等级绿茶感官审评结果分析

3个等级绿茶感官审评结果如表3所示,审评得分最高的是二级绿茶,二级绿茶的条索松紧度、色泽亮度、汤色的明亮度、香气类型、滋味以及叶底都优于其余2个等级的茶( $P<0.05$ ),因此得分最高。整体看3个等级绿茶得分随着等级的下降呈下降趋势,即鲜叶采摘的时间越早茶叶的感官品质相对越好,由表3可知,鲜叶采摘的嫩度,一级的茶鲜叶嫩度>二级>三级。

### 2.3 3个等级绿茶中抗氧化能力的比较分析

把原茶汤稀释到0.060、0.030、0.020、0.015、0.012 mg/mL 5个梯度测定其对应的DPPH清除率,绘制标准曲线,计算其清除自由基能力,结果见表4。当茶汤的自由基清除率为50%时的浓度,即茶汤清除自由基的半抑制浓度(half maximal inhibitory concentration,  $IC_{50}$ )值<sup>[15]</sup>,通过 $IC_{50}$ 值来对3个等级绿茶抗氧化性大小进行比较。 $IC_{50}$ 值为3次重复所得的数值。 $IC_{50}$ 值越小,其抗氧化能力越大。分析可知,3个等级绿茶 $IC_{50}$ 值为一级>二级>三级,且差异显著( $P<0.05$ ),即对DPPH自由基清除强弱为三级>二级>一级。

表2 3个等级绿茶中主要化学成分的含量检测结果(%)

Table 2 Detection results of main chemical constituents in 3 grades of green tea (%)

等级	茶多酚	氨基酸	咖啡碱	总黄酮
一	15.260±0.192 <sup>b</sup>	3.885±0.019 <sup>b</sup>	3.751±0.054 <sup>a</sup>	1.018±0.025 <sup>b</sup>
二	19.449±1.028 <sup>a</sup>	4.410±0.194 <sup>a</sup>	3.460±0.064 <sup>b</sup>	0.774±0.010 <sup>c</sup>
三	19.923±1.327 <sup>a</sup>	3.251±0.063 <sup>c</sup>	3.325±0.234 <sup>b</sup>	1.084±0.021 <sup>a</sup>

注:表中数据为3次重复的平均值±标准差,同一列不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下同。

表3 3种等级茶样感官审评分析

Table 3 Sensory evaluation results of green tea of 3 grades

等级	外形(25%)	得分	汤色(10%)	得分	香气(25%)	得分	滋味(30%)	得分	叶底(10%)	得分	总分
一	条索紧结、色绿	90	绿、明亮	85	栗香	90	鲜爽	85	尚嫩绿、明亮	90	88
二	条索稍紧结、色绿、有梗	85	绿、明亮	85	清香	85	清爽	85	绿、尚明亮、有梗	85	85
三	条索粗松、色泽黄绿、花杂、多梗	80	绿、尚明亮	80	尚高爽	80	欠鲜爽、涩	80	绿、花杂、多梗、有黄片	80	80

## 2.4 3 个等级绿茶化学成分、感官审评得分与抗氧化活性相关性分析

由表 5 知, 茶叶  $1/IC_{50}$  值与茶多酚含量成正相关, 差异为极显著 ( $P < 0.01$ ), 相关系数为 0.9219; 茶叶 DPPH 清除自由基  $1/IC_{50}$  值与咖啡碱含量、感官审评得分均成负相关, 且差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 相关系数分别为 -0.8668、-0.9200; 茶叶 DPPH 清除自由基  $1/IC_{50}$  值与总黄酮、氨基酸含量均成负相关, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 相关系数分别为 -0.0310、-0.3312。说明此茶样茶多酚含量越高, 咖啡碱含量越低, 茶叶清除 DPPH 自由基能力越强, 但感官得分越高的, 抗氧化能力越弱。

## 3 结论与讨论

本研究主要针对 3 种等级烘青绿茶样进行生化成分、抗氧化能力以及感官品质的分析测定, 发现 3 个等级的烘青绿茶抗氧化性随着等级的降低而升高, 且与其主要生化成

分茶多酚和咖啡碱含量呈极显著相关 ( $P < 0.01$ ), 而与其氨基酸、黄酮化合物含量相关性差异不显著 ( $P > 0.05$ )。陈雪<sup>[9]</sup>研究指出不同类型茶叶  $1/IC_{50}$  值与茶多酚含量成正相关, 相关系数 0.940, 差异为极显著 ( $P < 0.01$ ); 而与茶中黄酮含量成负相关, 差异不显著, 与本文研究的结果相似。

不同茶中茶叶的抗氧化性不是单一化学成分所决定的, 是由茶中具有抗氧化活性的化学成分共同作用的结果。本研究仅仅测定茶多酚、氨基酸、咖啡碱、总黄酮含量, 据研究报道<sup>[27-31]</sup>, 茶叶中还有其他的化学成分也具有抗氧化活性, 如茶色素、茶多糖、茶抗氧化肽以及微量元素等, 都是值得深入研究的。虽然一级烘青绿茶感官审评比二级、三级高, 但是一级烘青绿茶抗氧化性并不比二级、三级烘青绿茶高。茶叶的种类很多, 绿茶仅为其中的一种不发酵茶, 要想对不同等级绿茶抗氧化性深入地了解, 还需要采用不同的检测方法去研究茶叶中的抗氧化成分以及抗氧化能力, 为全面了解茶叶品质及茶叶保健功效提供依据, 同时也能促进绿茶的深入开发和在更广领域的应用。

表 4 3 种等级绿茶清除 DPPH 自由基能力  
Table 4 DPPH radical scavenging ability of 3 grades of green tea

等级	回归方程	相关系数( $r^2$ )	$IC_{50}$ 值/(mg/mL)	变异系数/%
一	$Y=38.092 \ln(X)+198.97$	0.9933	$0.0217 \pm 0.0004^a$	1.876
二	$Y=35.699 \ln(X)+197.94$	0.9728	$0.0162 \pm 0.0006^b$	3.819
三	$Y=32.799 \ln(X)+188.56$	0.9658	$0.0146 \pm 0.0003^c$	2.254

表 5 3 个等级绿茶的  $1/IC_{50}$  值与其生化成分和感官审评得分的相关系数  
Table 5 Correlation coefficient between  $1/IC_{50}$  value and its biochemical components and sensory evaluation scores 3 grades of green tea

	茶多酚	咖啡碱	氨基酸	总黄酮	感官品质
$1/IC_{50}$ 值	0.9219**	-0.8668**	-0.3312	-0.0310	-0.9200**

注: \*\* $P < 0.01$ 。

## 参考文献

- [1] 任保平, 李禹墨. 新时代我国高质量发展评判体系的构建及其转型路径[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2018, 47(3): 105-113.  
REN BP, LI YM. On the construction of Chinese high-quality development evaluation system and the path of its transformation in the new era [J]. J Shaanxi Norm Univ (Philos Soc Sci Ed), 2018, 47(3): 105-113.
- [2] 程启坤. 常饮西湖龙井茶有利健康[J]. 茶博览, 2015, (5): 43-45.  
CHENG QK. Drinking West Lake Longjing tea is beneficial to health [J]. Tea Times, 2015, (5): 43-45.
- [3] 曾琪, 任发政, 雷新根, 等. 白茶体外抗氧化与体内抗衰老作用的研究[J]. 茶叶科学, 2018, 38(6): 615-624.  
ZENG Q, REN FZ, LEI XG, et al. Antioxidant and anti-aging activities of white tea [J]. J Tea Sci, 2018, 38(6): 615-624.
- [4] 戴申, 鹿颜, 余鹏辉, 等. 茶叶预防衰老及衰老相关疾病研究进展[J]. 茶叶科学, 2019, 39(1): 23-33.  
DAI S, LU Y, YU PH, et al. Research progress of the preventing effects of tea on aging and aged-related pathologies [J]. J Tea Sci, 2019, 39(1): 23-33.
- [5] 刘月新. 太平猴魁多糖的提取优化、体外消化及对肠道微生物影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2018.
- [6] LIU YX. Extraction optimization, digestion and effect of Taipinghoukui polysaccharides on gut microbiota *in vitro* [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2018.
- [7] 陈贵杰. 茯砖茶及其多糖调节脂代谢及肠道微生物活性的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2018.  
CHEN GJ. The modulation of metabolic syndrome and gut microbiota by Fuzhuan brick tea and its polysaccharides [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2018.
- [8] AFZAL M, SAFER AM, MENON M. Green tea polyphenols and their potential role in health and disease [J]. Inflammopharmacology, 2015, 23(4): 151-161.
- [9] 李东芹, 余广彪. 茶叶中主要化学成分的质谱分析[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(8): 195-197.  
LI DQ, SHE GB. Mass spectrometric analysis of main chemical components in tea [J]. J Anhui Agric Sci, 2019, 47(8): 195-197.
- [10] 陈雪. 不同类型茶叶抗氧化功能的比较研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.  
CHEN X. Study on antioxidant capacity of different tea [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2012.
- [11] 句海松, 韩哲武. 自由基代谢失衡性疾病与抗氧化剂的应用[J]. 中国

- 药理学通报, 1989, (5): 263-267.
- JU HS, HAN ZW. Free radical metabolic imbalance diseases and the application of antioxidants [J]. *Chine Pharm Bull*, 1989, (5): 263-267.
- [11] 陈金娥, 丰慧君, 张海容. 红茶、绿茶、乌龙茶活性成分抗氧化性研究[J]. *食品科学*, 2009, 30(3): 62-66.
- CHEN JE, FENG HJ, ZHANG HR. Effects of active ingredients in black tea, green tea and Oolong tea on antioxidant capability [J]. *Food Sci*, 2009, 30(3): 62-66.
- [12] 周金伟, 陈雪, 易有金, 等. 不同类型茶叶体外抗氧化能力的比较分析[J]. *中国食品学报*, 2014, 14(8): 262-269.
- ZHOU JW, CHEN X, YI YJ, *et al.* Comparative analysis on antioxidant capacities of different types of fermented teas *in vitro* [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2014, 14(8): 262-269.
- [13] 王丽丽, 杨军国, 宋振硕, 等. 鲜叶、绿茶和白茶化学组分比较及清除DPPH自由基研究[J]. *茶叶学报*, 2015, 56(4): 214-222.
- WANG LL, YANG JG, SONG ZS, *et al.* Compositional differences and DPPH radical scavenging of fresh tea leaves, green tea and white tea [J]. *Acta Tea Sin*, 2015, 56(4): 214-222.
- [14] 王昱筱, 周才琼. 红茶、绿茶和普洱熟茶体外抗氧化作用比较研究[J]. *食品工业*, 2016, 37(4): 64-68.
- WANG YX, ZHOU CQ. Comparative study of antioxidant effect on black tea green tea and Pu'er ripe tea *in vitro* [J]. *Food Ind*, 2016, 37(4): 64-68.
- [15] 潘顺顺, 赖幸菲, 孙伶俐, 等. 不同季节翠玉品种3大茶类生化成分及抗氧化活性研究[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(9): 22-27.
- PAN SS, LAI XF, SUN LL, *et al.* Research on the chemical components and the antioxidant activities of Cuiyu green tea, Oolong tea and black tea in spring, summer and autumn [J]. *Food Res Dev*, 2017, 38(9): 22-27.
- [16] 林清霞, 王丽丽, 宋振硕, 等. 福建主要茶类的化学成分及其体外抗氧化活性评价[J]. *茶叶学报*, 2020, 61(3): 127-132.
- LIN QX, WANG LL, SONG ZS, *et al.* Chemical compositions and antioxidant activities of teas in Fujian [J]. *Acta Tea Sin*, 2020, 61(3): 127-132.
- [17] 白亚欣, 侯彩云. 几种茶叶生化成分及其抗氧化活性分析[J]. *中国食物与营养*, 2020, 26(1): 31-36.
- BAI YX, HOU CY. Analysis on biochemistry components and antioxidant activities in several kinds of tea [J]. *Food Nutr China*, 2020, 26(1): 31-36.
- [18] 李远华. 茶学综合实验[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2018.
- LI YH. *Comprehensive experiment of tea science* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2018.
- [19] 王伟伟, 陈琳, 张建勇, 等. 茶多酚的特性及其在食品中的应用[J]. *中国茶叶*, 2020, 42(11): 1-7.
- WANG WW, CHEN L, ZHANG JY, *et al.* Characteristics of tea polyphenols and its application in food [J]. *China Tea*, 2020, 42(11): 1-7.
- [20] 王晓. 茶多酚研究应用现状及其发展前景展望[J]. *化工管理*, 2018, (23): 157-158.
- WANG X. Research and application status and development prospect of tea polyphenols [J]. *Chem Enterp Manag*, 2018, (23): 157-158.
- [21] 蔡翔, 李延升, 杨普香, 等. 茶氨酸呈味特征及应用前景[J]. *蚕桑茶叶通讯*, 2017, (6): 31-33.
- CAI X, LI YS, YANG PX, *et al.* Taste characteristics and application prospect of theanine [J]. *Newslett Sericult Tea*, 2017, (6): 31-33.
- [22] 刘洋, 李硕, 王春玲. 茶氨酸健康功效研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(17): 211-214.
- LIU Y, LI S, WANG CL. Progress in the research of *L*-theanine health benefits [J]. *Food Res Dev*, 2016, 37(17): 211-214.
- [23] 蒲晓亚, 袁毅君, 王廷璞, 等. 茶叶的主要呈味物质综述[J]. *天水师范学院学报*, 2011, 31(2): 40-44.
- PU XY, YUAN YJ, WANG TP, *et al.* The review on the main sapidity materials of tea [J]. *J Tianshui Norm Univ*, 2011, 31(2): 40-44.
- [24] 王伟伟, 张建勇, 王蔚, 等. 茶叶中咖啡碱的开发利用[J]. *中国茶叶*, 2021, 43(5): 11-15.
- WANG WW, ZHANG JY, WANG W, *et al.* Development and utilization of caffeine in tea [J]. *China Tea*, 2021, 43(5): 11-15.
- [25] 沈强, 孔维婷, 于洋, 等. 国内外茶叶咖啡碱研究进展[J]. *中国茶叶*, 2010, 32(1): 15-18.
- CHEN Q, KONG WT, YU Y, *et al.* Research progress of tea caffeine at home and abroad [J]. *China Tea*, 2010, 32(1): 15-18.
- [26] 柏无瑕. 六安瓜片中黄酮及其糖苷类化学成分的分离鉴定及活性研究[D]. 安徽: 安徽农业大学, 2017.
- BAI WX. Isolation, identification and biological activities of flavonoids and flavonoid glycosides from Lu'an Guapian tea [D]. Anhui Agricultural University, 2017.
- [27] 贺弘. 富硒茶多肽的分离制备工艺研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2017.
- HE H. The preparation and separation of polypeptide extracted from selenium-enriched tea [D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2017.
- [28] 师豪, 黄世龙, 张孟柯, 等. 原花青素联合维生素E对动脉粥样硬化大鼠血脂及抗氧化的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2019, 39(4): 889-893.
- SHI H, HUANG SL, ZHANG MK, *et al.* Effects of procyanidins combined with vitamin E on blood lipid and antioxidation in atherosclerosis rats [J]. *Chin J Gerontol*, 2019, 39(4): 889-893.
- [29] 生吉萍, 宿文凡. 茶树花多糖研究进展[J]. *食品科学技术学报*, 2021, 39(3): 22-29.
- SHENG JP, SU WF. Research progress on tea flower polysaccharide [J]. *J Food Sci Technol*, 2021, 39(3): 22-29.
- [30] 柯钦豪, 王世越, 王自瑶, 等. 提取温度对青砖茶多糖组分含量与生物活性的影响[J]. *湖北科技学院学报(医学版)*, 2021, 35(2): 93-97, 88.
- KE QH, WANG SY, WANG ZY, *et al.* Effects of different extraction temperature on component content and bioactivities of the polysaccharides from Qingzhuhan dark tea [J]. *J Hubei Univ Sci Technol (Med Sci Ed)*, 2021, 35(2): 93-97, 88.
- [31] 章斌, 姚永秀, 张恒, 等. 藏茶多糖的提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. *化学试剂*, 2021, 43(6): 842-847.
- ZHANG B, YAO YX, ZHANG H, *et al.* Study on extraction technology optimization and antioxidant activity of Tibetan tea polysaccharides [J]. *Chem Reagents*, 2021, 43(6): 842-847.

(责任编辑: 李磅礴 于梦娇)

## 作者简介

刘娜娜, 主要研究方向为茶学。  
E mail: 15737525626@163.com

梁丽云, 博士, 讲师, 主要研究方向为茶生理生化。  
E mail: molixiang23@126.com