

不同茶树品种鲜叶固定样的体外抗氧化活性

郭嘉凤, 田双红, 易晓芹, 贺群, 谢念祠, 沈程文

(国家植物功能成分利用工程技术研究中心, 茶学教育部重点实验室, 湖南省植物功能成分利用协同创新中心, 湖南农业大学园艺园林学院, 湖南长沙 410128)

摘要: 选用 6 种不同类型茶树品种一芽二叶鲜叶固定样, 以 Folin-Ciocalteu(福林酚)法测定其茶多酚含量, 高效液相色谱(HPLC)法测定儿茶素、咖啡碱和没食子酸含量, 三氯化铝法测定总黄酮含量, 比较了不同品种茶叶鲜叶的主要抗氧化成分含量的差异。并通过分析其还原能力和清除 DPPH 自由基、亚硝基以及羟自由基(-OH)的实验研究, 探讨了龙井群体种, 龙井 43 号, 云南群体种, 云抗 10 号, 安化群体种, 槠叶齐 6 种不同茶树类型的体外抗氧化性能。实验结果表明, 安化群体种的茶多酚 ($23.66 \pm 0.02\%$) 和儿茶素 ($12.84 \pm 0.11 \text{ mg/mL}$) 含量明显高于其他品种; 龙井群体种, 龙井 43 号, 云南群体种, 云抗 10 号, 安化群体种, 槠叶齐 6 个品种类型均具有较好的抗氧化活性, 其中安化群体种的抗氧化活性更强。

关键词: 茶鲜叶; 抗氧化活性; 自由基; 高效液相色谱法 (HPLC)

文章编号: 1673-9078(2018)06-115-121

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.6.016

Study on the Antioxidant Activity of Different Tea Cultivars in Vitro

GUO Jia-feng, TIAN Shuang-hong, YI Xiao-qin, HE Qun, XIE Nian-ci, SHEN Cheng-wen

(National Research Center of Engineering Technology for Utilization of Botanical Functional Ingredients, Key Laboratory of Tea Science of Ministry of Education, Collaborative Innovation Center of Utilization of Functional Ingredients from Botanicals, College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: One bud and two leaves of six different types of tea fresh leaves were fixed. with for the determination of The content of tea polyphenol was determined by Folin-Ciocalteu (Folin phenol) method, and caffeine and catechin, gallic acid were determined by high performance liquid chromatography (HPLC) method. The contents of total flavonoids were determined by AlCl_3 method to compare the differences of the main antioxidant components content in fresh leaves among different varieties of tea. Through the analysis of the reducing power and scavenging of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radicals, nitroso and hydroxyl radical (-OH) experiment, we had discussed the in vitro antioxidant properties of six different types of tea (including Longjing Group, Longjing 43, Yunnan Group, Yunkang 10, Zhuyeqi, and Anhua Group). The results showed that the contents of tea polyphenols ($23.66 \pm 0.02\%$) and catechins ($12.84 \pm 0.11 \text{ mg/mL}$) in Anhua Group were significantly higher than those in other varieties. Longjing Group, Longjing 43, Yunnan Group, Yunkang 10, Anhua Group, and Zhuyeqi varieties all had good antioxidant activity, among which Anhua Group had stronger antioxidant activity than other varieties.

Key words: fresh tea leaf; antioxidant activity; free radical; high performance liquid chromatography

茶树起源于中国云贵高原, 为多年生常绿叶用作物。在茶树的鲜叶中, 水分占 75.0%, 干物质为 25.0% 左右。茶叶的化学成分是由 3.5~7.0% 的无机物和 93.0~96.5% 有机物组成。茶叶有机化合物或无机盐形式存在的基本元素有 30 余种。到目前为止, 茶叶中经分离、鉴定的已知化合物有 700 多种, 其中包括蛋白

收稿日期: 2018-01-16

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31271789); 湖南省现代农业产业技术体系建设专项 (湘农联[2015]137 号)

作者简介: 郭嘉凤 (1994-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 茶叶品质化学与加工工程

通讯作者: 沈程文 (1969-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 茶树生物技术与种质创新、茶叶品质化学与加工工程

质、脂肪及其二级产物-多酚类、色素、茶氨酸、生物碱、芳香物质、皂苷等^[1]。

群体育种亦称混合育种, 与系统育种相并列。系统育种, 从早期世代开始就进行株系选择, 而群体选择, 不在早代进行单株选择, 而是以杂种群体状态自由栽培, 直到后期世代才作单株选择, 育成系统。以茶树单株营养体为材料, 采用无性繁殖法繁殖的品种 (品系) 称无性系品种 (品系), 简称无性系。无性系茶树良种是优质茶生产的原料, 其种质优良, 萌发提早 7~10 d, 发芽整齐, 内含物丰富, 制茶品质优异, 产量提高 20.0~30.0%, 效益比群体种高一倍, 无性系良种茶园是茶产业竞争力的基础。

鲜叶是茶树顶端新梢的总称, 包括芽、叶和梗。

鲜叶又称生叶、青叶等。采摘下来的茶叶嫩梢经过不同的加工之后,便形成各种不同品质特征的成品茶。鲜叶是形成茶叶品质的物质基础。茶叶品质高低,主要取决于鲜叶质量的高低,制茶技术是否合理。因此,要制出优良品质的茶叶,首先必须了解鲜叶内含化学成分的性质。茶叶作为目前全球消费的主流饮品,引领着人类的生活向着生态、健康、和谐进发。茶叶不仅作为饮品,更具有神奇的保健治疗作用,国内外人士一直在探索茶叶这一神秘的天然抗氧化剂。茶叶中含有丰富的抗氧化物质,目前国内外关于茶叶的保健功效研究也主要集中在茶叶的抗氧化能力方面。研究表明,茶叶中的多酚类、黄酮类化合物,甚至一些微量元素如硒、锰等都具有一定的抗氧化作用^[2]。研究表明,茶叶能有效清除自由基^[3],抑制活性氧的形成,具有良好的抗氧化能力^[4]。这与其含有较高的抗氧化物有关,如茶黄素、没食子酸和黄酮等,尤其富含儿茶素,其含量占茶叶干重的30.0%^[5]。近年来,国内外对茶叶及其提取物的药理药效作用进行了大量的研究,研究表明茶叶及其提取物具有抗突变、防癌抗癌、清除自由基、抗氧化、免疫调剂、抗过敏、延缓衰老、降血糖、血脂及利尿等功能。其中,茶叶抗氧化、抗衰老作用是其最主要的功能之一^[6]。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验原料

龙井群体种和龙井43号(从龙井群体品种中采用系统选种法育成),采自浙江省余杭市浙江大学茶学试验基地,树龄6年;云南群体种和云抗10号(从云南群体品种中采用系统选种法育成),采自云南省普洱市云南茶科所品种资源圃,树龄6年。安化群体种和楮叶齐(从安化群体品种中采用系统选种法育成),采自湖南省安化县湖南省云上茶业有限公司茶园基地,树龄6年。实验采用6个不同茶树类型一芽二叶鲜叶固定样。

1.1.2 试剂

甲醇、碳酸钠、福林酚试剂、乙酸、乙二胺四乙酸、抗坏血酸、铁氰化钾、水杨酸、无水对氨基苯磺酸、30%过氧化氢、氯化高铁、硫酸亚铁、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、无水乙醇、浓盐酸,国药集团化学试剂有限公司;1,1-二苯基-2-苦基肼(DPPH),东京化工业株式会社;N-1-萘乙二胺盐酸盐,天津市化学试剂研究所;三氯乙酸,上海三爱思试剂有限公司;儿茶素标准品,上海哈灵生物科技有限公司,纯度:

HPLC检测 $\geq 60\%$ 。以上试剂皆为分析纯。

1.1.3 仪器与设备

分析天平、混匀器、高效液相色谱仪、数据处理系统、液相色谱柱、101-1AB型电热鼓风干燥箱,北京中兴伟业仪器有限公司;HH-W21-600型电热恒温水箱,上海启前电子科技有限公司;FA2104S型电子天平,上海恒平科学仪器有限公司;KQ3200E型超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司;WFZUV-2102PCS型紫外可见分光光度计,尤尼柯(上海)仪器有限公司;DD5大容量离心机,西安禾普生物科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 茶汤的制备

称取0.075g冷冻干燥样品用10mL的100℃蒸馏水浸提,100℃水浴锅保温10min,抽滤去除茶渣,待茶汤冷却后,定容至25mL。用10倍稀释法和2倍稀释法将茶汤稀释成不同浓度(另设纯度大于60%儿茶素阳性对照)。

1.2.2 抗氧化成分的测定

1.2.2.1 茶多酚含量的测定

多酚类物质测定采用Folin-Ciocalteu法^[6],其含量用mg没食子酸/mL茶汤表示。

1.2.2.2 儿茶素总量和咖啡碱的测定

儿茶素及咖啡碱含量的测定采用高效液相色谱(HPLC)法,以mg/mL表示。

1.2.2.3 没食子酸的测定

没食子酸含量采用高效液相色谱(HPLC)法测定,以mg/mL表示。

1.2.2.4 总黄酮的测定

总黄酮三氯化铝法测定,参考何书美等^[10]的方法,以mg/mL表示。

1.2.3 体外抗氧化性能的测定

1.2.3.1 鲜叶固定样清除DPPH自由基研究^[7]

DPPH在有机溶剂中是一种稳定的自由基,其结构中含有3个苯环,1个氮原子上有1个孤对电子,呈紫色,在517nm有强吸收。有自由基清除剂存在时,DPPH的单电子被配对而使其颜色变浅,在最大吸收波长处的吸光度变小,而且这种颜色变浅的程度与配对电子数是成化学剂量关系的,因此可用于检测自由基的清除情况,从而评价鲜叶固定样的抗氧化能力。

将浓度为3、1.5、0.3、0.03、0.003mg/mL的茶汤,分别取2mL上述溶液于试管中,加入2mL无水乙醇配制的DPPH溶液。用力振摇混匀后置暗室中

静置 30 min, 于 517 nm 波长处测定吸光度。以纯度>60%的儿茶素作为阳性对照。蒸馏水做空白对照。按下式计算 DPPH 清除率。

$$\text{DPPH-清除率}/\% = 1 - \frac{A_x - A_{x0}}{A_0} \times 100$$

注: 式中: A_x 为加入样品溶液和 DPPH 后的吸光度; A_{x0} 为样品溶液本底的吸光度; A_0 为 DPPH 和蒸馏水的吸光度。

1.2.3.2 鲜叶固定样清除羟自由基研究^[8]

通过 Fenton 反应产生 -OH, 水杨酸捕获 -OH 产生有色物质, 该物质在 510 nm 有特征吸收, 通过测定水杨酸捕获 -OH 所得到的产物, 确定 -OH 的清除率。从而评价鲜叶固定样的抗氧化能力。

将浓度为 3、1.5、0.15、0.015、0.0075 mg/mL 的茶汤, 分别取 1 mL 上述溶液于试管中, 依次加入 6 mmol/L FeSO_4 溶液 1 mL、6 mmol/L 水杨酸乙醇溶液 1 mL, 最后加入 8 mmol/L H_2O_2 溶液 1 mL 以启动反应, 37 °C 水浴加热 30 min 后终止反应, 于 510 nm 测定吸光度。以纯度大于 60% 的儿茶素为阳性对照。蒸馏水做空白对照。按下式计算 -OH 清除率。

$$\text{-OH清除率}/\% = 1 - \frac{A''_x - A''_{x0}}{A''_0} \times 100$$

注: 式中: A''_0 为空白对照液的吸光度; A''_x 为加入样品溶液后的吸光度; A''_{x0} 为不加显色剂 H_2O_2 样品溶液本底的吸光度。

1.2.3.3 鲜叶固定样清除亚硝基研究^[9]

NO^2 在酸性条件下与对氨基苯磺酸重氮反应后, 再与 N-1 苯基乙二胺盐酸盐偶合生成紫红色络合物, 在 540 nm 处有最大吸收, 可用比色法测定 NO^2 的量。

分别吸取 5 mg/L 的 NaNO_2 标准液 2.0 mL 于试管中, 分别加入浓度为 6、3、1.5、0.75、0.075 mg/mL 的茶汤 1 mL 于试管中, 常温下反应 30 min, 然后分别加入 0.4% 对氨基苯磺酸溶液 1.0 mL, 摇匀静置 5 min, 再分别加入 0.2% 盐酸萘乙二胺溶液 0.5 mL, 用水稀释至刻度, 摇匀静置 15 min 后于 538 nm 波长处测定吸光度。以纯度大于 60% 的儿茶素为阳性对照。按下式计算亚硝基清除率。

$$\text{NO}_2^- \text{清除率}/\% = 1 - \frac{A'_x - A'_{x0}}{A'_0} \times 100$$

注: 式中: A'_0 为不加提取液时 NaNO_2 吸光度; A'_x 为加入提取液后 NaNO_2 的吸光度; A'_{x0} 为不加 NaNO_2 时样品的吸光度。

1.2.3.4 鲜叶固定样的总还原能力研究^[11]

原理为: $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{样品} \rightarrow \text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 让鲜叶固定样在波长 700 nm 条件下测定吸光度 A, A 越大, 则样品的还原力越大。

将浓度为 3、1.5、0.15、0.015、0.0015 mg/mL 的茶汤, 分别取 1 mL 上述溶液于试管中, 加入 0.2 mol/L 的磷酸缓冲液 (pH=6.6) 和 1% 铁氰化钾溶液各 2.5 mL 并混合均匀, 混合液 50 °C 保温 20 min 后, 加入 2.5 mL 10% 三氯乙酸终止反应, 3500 r/min 离心分离 10 min。吸上层清液 2.5 mL, 加入 2.5 mL 蒸馏水和 0.5 mL 0.1% FeCl_3 , 混合均匀, 30 min 后于 700 nm 波长处测定吸光度。

2 结果与讨论

2.1 抗氧化成分

6 个品种茶多酚、儿茶素、没食子酸、咖啡碱及总黄酮含量如下表 1 所示, 安化群体种 (23.66±0.02 %) 的茶多酚含量在 6 个品种中最高, 安化群体种、云南群体种及龙井群体种的茶多酚含量均分别高于其选育出的无性系良种, 6 个品种的茶多酚含量差异显著 ($p<0.05$)。儿茶素含量 6 个品种差异显著 ($p<0.05$), 安化群体种 (12.84±0.11 mg/mL) 含量最高。6 个品种中没食子酸含量差异显著 ($p<0.05$), 云抗 10 号 (0.65±0.23 mg/mL) 没食子酸含量最高, 楮叶齐 (0.18±0.03 mg/mL) 最低。6 个品种中咖啡碱含量差异不显著, 其中云南群体种 (3.74±0.14 mg/mL) 含量最高。6 个品种中云南群体种 (14.55±0.15 mg/g) 总黄酮含量最高, 云南群体种及云抗 10 号 (10.08±0.33 mg/g) 显著高于其他 4 个品种 ($p<0.05$)。

表 1 6 个品种中主要抗氧化成分含量

Table 1 The main antioxidant contents in 6 tea samples

样品	茶多酚/%	儿茶素总量/(mg/mL)	没食子酸/(mg/mL)	咖啡碱/(mg/mL)	总黄酮/(mg/g)
安化群体种	23.66±0.02 ^a	12.84±0.11 ^a	0.38±0.11 ^b	3.68±0.31 ^a	5.38±0.07 ^d
楮叶齐	18.65±0.12 ^d	10.57±0.53 ^b	0.18±0.03 ^c	3.34±0.25 ^a	5.70±0.21 ^d
龙井群体种	22.84±0.31 ^{ab}	9.39±0.22 ^c	0.52±0.10 ^a	3.46±0.17 ^a	8.67±0.23 ^c
龙井 43	20.05±0.70 ^c	9.73±0.37 ^c	0.42±0.21 ^{ab}	3.52±0.09 ^a	7.55±0.02 ^c
云南群体种	22.78±0.55 ^{ab}	11.10±0.34 ^{ab}	0.47±0.07 ^{ab}	3.74±0.14 ^a	14.55±0.15 ^a
云抗 10 号	21.52±0.27 ^b	10.00±0.12 ^b	0.65±0.23 ^a	3.72±0.23 ^a	10.08±0.33 ^b

2.2 对DPPH的清除作用

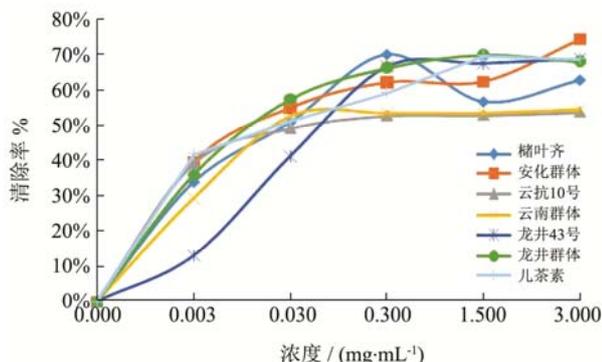


图1 对DPPH的清除效果

Fig.1 The removal effect of DPPH

由图1可以看出随着茶汤质量浓度的增加,清除活性逐渐增大,表现出良好的剂量依赖关系。茶汤对DPPH自由基良好的清除效果是因为其所具有的酚羟基可有效捕捉并将氢供给自由基,自身转变为酚氧自由基。由于酚与连接苯环的p- π 共轭作用对酚氧自由基具有特殊的稳定性,降低了自动氧化链反应的传递,从而对进一步氧化实现抑制^[12]。

IC₅₀值越小清除效果越好。龙井群体种在6个品种中的清除效果最佳,其中龙井群体种、安化群体种、云南群体种对DPPH的清除效果优于纯度大于60%的儿茶素,而椪叶齐、云抗10号、龙井43号对DPPH的清除效果均低于纯度大于60%的儿茶素。6个品种对DPPH的清除效果如下:龙井群体种>安化群体种>云南群体种>椪叶齐>云抗10号>龙井43号。

2.3 对羟基自由基的清除作用

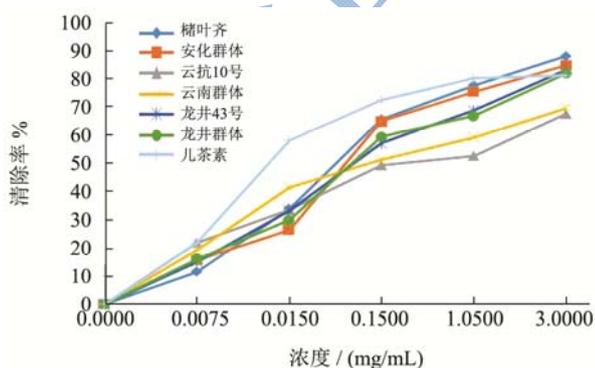


图2 清除羟基自由基的效果

Fig.2 The effect of scavenging hydroxyl radicals

茶汤与纯度大于60%的儿茶素对-OH的清除率均随着质量浓度的增大而增大,但前者对-OH的清除率略低于纯度大于60%的儿茶素。儿茶素结构中的酚羟基可与产生-OH等自由基所必需金属离子(如Fe²⁺、Cu²⁺等)络合,使自由基的产生受到抑制,进而影响脂质过氧化的启动,最终抑制活性氧的产生^[8,13]。对

于-OH而言,儿茶素上的氢原子可以与其结合成水,达到清除-OH的目的,而儿茶素的碳原子则因此成为碳自由基,并进一步氧化形成过氧自由基,最后分解成对机体无害的产物^[14-18]。由图2可以看出对清除-OH的IC₅₀茶汤浓度最低的是纯度大于60%的儿茶素,其次是安化群体种,安化群体种在6个品种中的清除效果最佳,6个品种对-OH的IC₅₀如下:安化群体种>椪叶齐>龙井43号>龙井群体种>云抗10号>云南群体种。

2.4 对亚硝基的清除作用

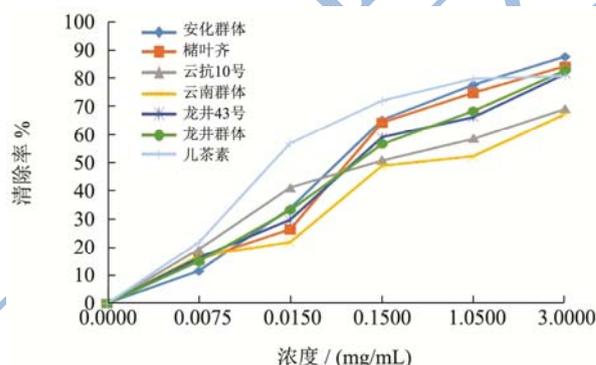


图3 对亚硝基的清除效果

Fig.3 The removal effect of nitroso

由图3可以看出,在质量浓度0.075~0.75 mg/mL范围内,茶汤对亚硝基的清除活性在迅速增加,之后随着质量浓度的增加清除活性缓慢增加,趋于90%。6个品种对亚硝基的清除效果均低于纯度大于60%的儿茶素,安化群体种清除亚硝基的能力略高于其他5个品种。6个品种对亚硝基的IC₅₀清除效果如下:安化群体种>椪叶齐>龙井43号>龙井群体种>云抗10号>云南群体种。

2.5 总还原能力

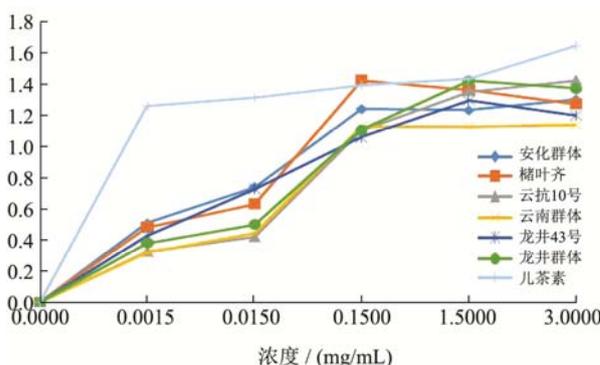


图4 总还原能力

Fig.4 Total reduction capacity

由图4可以看出在0.0015~3 mg/mL范围内,6个品种鲜叶固定样茶汤和纯度大于60%的儿茶素都具有

较强的还原能力,随着质量浓度的增加,还原能力越强,6个品种的还原能力与纯度大于60%的儿茶素基本相近。表现出无性系良种优于其群体种。6个品种中还原能力高低大致为:楮叶齐>安化群体种>龙井43号>龙井群体种>云抗10号>云南群体种。

3 结论

3.1 研究发现,不同类型茶树品种的生物活性成分、种类及抗氧化活性能力明显不同。安化群体种的茶多酚(23.66±0.02%)和儿茶素(12.84±0.11 mg/mL)明显高于其他品种;采用DPPH自由基清除能力,羟自由基清除能力、亚硝基自由基清除能力三种方法评价龙井群体种、龙井43号、云南群体种、云抗10号、安化群体种和楮叶齐6个品种的抗氧化能力,发现其均具有较好的抗氧化活性,其中安化群体种的抗氧化活性更强。

3.2 茶树是多年生木本植物,基因型高度复杂。杂种优势是生物界一种普遍现象,指遗传组成不同的2个亲本杂交产生的F₁代在生长势、生活力、繁殖力、产量、抗性和适应性等方面超过其双亲的现象。系统育种从早期世代开始株系选择,而群体选择是以杂种群体状态自由栽培,直到后期世代才作单株选择。无性系茶树良种以茶树单株营养体为材料,采用无性繁殖法繁殖。而且生物体的生长发育是一个动态过程,每一个基因的表达调控受环境等因素影响深远,再加上研究材料的局限性,因此还不能对本次试验结果中个别群体种在抗氧化性能及理化成分高于其无性系良种,做出明确解释^[19]。汪新兵等^[20]研究的群体种和无性系良种加工开化龙顶茶品质对比实验中,采用高海拔鸠坑群体种加工的开化龙顶红茶品质最好,低海拔的鸠坑群体品种次之,翠峰和福鼎品种明显差于鸠坑群体品种。且茶树地方群体种对所处环境有较强的适应性,陈美丽等^[21]人采用柳州地方资源圃群体种、福鼎大白茶、桂绿1号3个品种的鲜叶原料加工成柳州地方工夫红茶,并进行了地方群体种和无性系良种所制红茶的品质比较分析。综合分析表明,柳州地方群体种所制工夫红茶无论在感官品质上,还是生化成分含量上,均表现出与福鼎大白茶所制红茶品质相当,与桂绿1号所制红茶相比品质更优的特点。

3.3 茶叶中的多酚物质能有效地清除体内自由基,从而防止因自由基过剩而产生的生物大分子损伤,具有较强的抗氧化能力,是天然抗氧化剂的潜在资源。儿茶素对超氧阴离子具有消除效果,可降低血清中脂质过氧化物的浓度,从而在降血脂方面产生良好的效果。而且儿茶素对DPPH自由基良好抑制关系,可以在抗

癌方面具有良好表现。而且通过研究发现儿茶素能够使运动时的动物更有效的利用脂肪酸作为能量的来源,减少糖酵解和乳酸的堆积,这对增强耐力及抗疲劳十分有利。东方等^[22]比较不同程度茶叶的体外与体内抗氧化功能,结果表明:绿茶中的多酚含量高于红茶与普洱茶,而黄酮含量则低于红茶与普洱茶;红茶与普洱茶具有相当量的没食子酸,且含量均高于绿茶。体外清除DPPH自由基能力的大小依次为绿茶>红茶>普洱茶。三类茶均能显著提高小鼠血清与肝组织中的GSH-Px活性($p<0.05$);绿茶与红茶均能显著提高小鼠肝组织中的SOD活性($p<0.01$),普洱茶能显著降低血清与肝组织中的MDA含量($p<0.05$)。不同的发酵程度对茶叶中多酚组成、体外清除自由基作用及对小鼠的抗氧化功能具有显著影响。在发酵过程中产生的一些未知的高分子量多酚类物质(如儿茶素衍生物或聚合物)还有待于进一步的研究。

3.4 上述实验采用体外抗氧化模型,以纯度大于60%的儿茶素为阳性对照研究6个不同类型茶叶的抗氧化性能。结果表明,6个品种均具有较高的还原能力,并且对DPPH、亚硝基以及-OH都有一定的清除能力。其中当茶汤浓度大于0.25 mg/mL时,楮叶齐清除DPPH的效果优于其他品种;达到特定浓度时无性系良种的清除效果均高于其群体种。随着茶汤质量浓度的增加,其体外抗氧化性也在不断的增强,表现出了良好的量效关系。6个品种的总还原能力与纯度大于60%的儿茶素基本相近,楮叶齐的总还原能力略高于其他五个品种。王昱筱等^[23]以日常消费频率较高和加工工艺有较大差异的3种茶叶-绿茶、红茶和普洱熟茶为研究对象,经对3种茶叶在一般冲饮浓度下主要抗氧化成分多酚和黄酮类溶出量及相应体外抗氧化活性进行分析,其中,绿茶有较强的DPPH自由基清除作用,普洱熟茶有较强的O²-清除能力,红茶对羟自由基的清除最强。周金伟^[24]等,选用4类发酵类型共16种茶叶,以酒石酸亚铁法测定其茶多酚含量,高效液相色谱(HPLC)法测定儿茶素、茶黄素和没食子酸含量,三氯化铝法测定总黄酮含量,比较不同发酵类型茶叶的主要抗氧化成分含量的差异,采用ORAC法和DPPH-清除自由基能力法分别测定其体外抗氧化能力。试验结果表明,绿茶茶多酚含量(5.22±0.71 mg/mL)及儿茶素含量(3.52±1.03 mg/mL)显著高于乌龙茶、红茶和黑茶。随着发酵程度的加深,茶多酚及儿茶素含量明显降低。发酵过程中明显提高了红茶和黑茶中茶黄素和没食子酸的含量。由ORAC法和DPPH法测得茶叶抗氧化能力大小分别为绿茶>乌龙茶>黑茶>红茶,绿茶>乌龙茶>红茶>黑茶。结合不同

的加工工艺, 选用更有优势的原料, 提高茶叶品质。目前对茶鲜叶抗氧化性能的研究比较少, 以及鲜叶经加工成成品茶后, 抗氧化性能的变化还待进一步研究。

参考文献

- [1] 宛晓春. 茶叶生物化学 (第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003
WAN Xiao-chun. Tea Biochemistry (3rd ed) [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2003
- [2] 凌关庭. 抗氧化食品与健康[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004
LING Guan-ting. Antioxidant Food and Health [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004
- [3] 侯冬岩, 回瑞华, 刘晓媛, 等. 绿茶、红茶和乌龙茶抗氧化性能的比较[J]. 食品科学, 2006, 27(3): 90-93
HOU Dong-yan, HUI Rui-hua, LIU Xiao-yuan, et al. Comparison of the antioxidation effects of green tea, black tea and Wulong tea [J]. Food Science, 2006, 27(3): 90-93
- [4] Kanwar J, Taskeen M, Mohammad I, et al. Recent advances on tea polyphenols [J]. Frontiers In Bioscience (Elite edition), 2012, 4: 111-131
- [5] Nagata T, Lorz H, Widholm J M, et al. Biotechnology in Agriculture and Forestry [M]. Berlin: Springer, 2007
- [6] 李海琳, 成浩, 王丽鸾, 等. 茶叶的药用成分、药理作用及开发应用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2014, 31: 10833-10835
LI Hai-lin, CHENG Hao, WANG Li-yuan, et al. Research advances in medicinal ingredients, pharmacologic effects, development and application of tea [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 31: 10833-10835
- [7] 王金铃, 吕长山, 于广建, 等. 辣椒碱的研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2004, 35(1): 36-39
WANG Jin-ling, LV Chang-shan, YU Guang-jian, et al. Research progress of capsaicin [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2004, 35(1): 36-39
- [8] 陈留勇, 孟宪军, 贾薇, 等. 黄桃水溶性多糖的抗肿瘤作用及清除自由基、提高免疫活性研究[J]. 食品科学, 2004, 25(1): 167-170
CHEN Liu-yong, MENG Xian-jun, JIA Wei, et al. The study on the antitumor activity and scavenging free radical and immune effect of the water-soluble polysaccharides from *A. Persical. L. var. seleropersica* [J]. Food Science, 2004, 25(1): 167-170
- [9] Lee Y L, Yen M T, Mau J L. Antioxidant Properties of Various Extracts from *HyPszizigus marmoratus* [J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 1-9
- [10] 范晓, 严小军, 房国明, 等. 高分子量褐藻多酚抗氧化性质研究[J]. 水生生物学报, 1999, 23(5): 494-499
FAN Xiao, YAN Xiao-jun, FANG Guo-ming, et al. Antioxidant properties of high molecular weight brown algae polyphenols [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1999, 23(5): 494-499
- [11] 田益玲, 陈冠华, 崔同. 动力学分光光度法测定中药对超氧阴离子自由基的清除率[J]. 光谱学与光谱分析, 2005, 25(4): 617-619
TIAN Yi-ling, CHEN Guan-hua, CUI Tong. Determination of chinese traditional medicine activity eliminating superoxide anion radical by kinetic spectrophotometry [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2005, 25(4): 617-619
- [12] Tsai S Y, Huang S J, Mau J L. Antioxidant properties of hot water extracts from *agroclybe cylindracea* [J]. Food Chemistry, 2006, 98(4): 670-677
- [13] HUA W, ZHANG C, WU R, et al. Glutaminase 2, a Novel P53 target gene regulating energy metabolism and antioxidant function [J]. Proc Nati Acad Sci USA, 2010, 107(16): 7455-7460
- [14] 陈春英, 罗湘, 周井炎, 等. 箬叶多糖及其化学修饰物、亚硒酸钠和 GSH 对 Cu²⁺诱导的 LDL 氧化修饰的保护作用[J]. 中国生物化学与分子生物学学报, 1998, 14(4): 427-432
CHEN Chun-ying, LUO Xiang, ZHOU Jing-yan, et al. Protective effects of ruoye polysaccharide and its derivatives, sodium selenite and gsh on copper dependent oxidative modified low density lipoprotein [J]. Chinese Journal of Biochemistry and Molecular Biology, 1998, 14(4): 427-432
- [15] VOLPI N, TARUGI P. Influence of chondroitin sulfate charge density, sulfate group position, and molecular mass on Cu²⁺-mediated oxidation of human low-density lipoproteins: effect of normal human plasma-derived chondroitin sulfate [J]. The Journal of Biochemistry, 1999, 125(2): 297-304
- [16] Lee J M, Know H, Jeong H, et al. Inhibition of lipid peroxidation and oxidative DNA damage by *Ganoderma lucidum* [J]. Phytother Res, 2001, 15(3): 245-249
- [17] 李志孝, 黄成钢, 蔡育军, 等. 天门冬多糖的化学结构及体外抗氧化活性[J]. 药学报, 2000, 35(5): 358-362
LI Zhi-xiao, HUANG Cheng-gang, CAI Yu-jun, et al. The chemical structure and antioxidative activity of polysaccharide from *Asparagus cochinchinensis* [J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 2000, 35(5): 358-362
- [18] 陈永祥, 王和生, 靳风云, 等. 一贯煎多糖对小鼠肝损伤及 SOD、LPO 的影响[J]. 中国药学杂志, 1999, 34(4): 239-241
CHEN Yong-xiang, WANG He-sheng, JIN Feng-yun, et al. Effects of Yiguanjian polysaccharides on liver Injury and

- SOD and LPO in the body of mice [J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 1999, 34(4): 239-241
- [19] 姚雪倩,叶乃兴.杂种优势在茶树育种中的应用[J].茶叶学报,2016,57(3):113-118
- YAO Xue-qian, YE Nai-xing. Application of heterosis for breeding tea plants [J]. Acta Tea Sinica, 2016, 57(3): 113-118
- [20] 汪新兵,方辉韩.群体种和无性系良种加工开化龙顶茶品质对比试验[J].现代农业科技,2017,10:247-253
- WANG Xin-bing, FANG Hui-han. Study on the quality control of kaihua longdingcha for group species and clonal elite productions [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2017, 10: 247-253
- [21] 陈美丽,郑丹琳,王熙富,等.柳州地方群体种茶树试制工夫红茶的品质研究[J].中国茶叶,2017,12:24-26
- CHEN Mei-li, ZHENG Dan-lin, WANG Xi-fu, et al. Study on the quality of trying to produce gongfu black tea from local groups in Liuzhou [J]. China Tea, 2017, 12: 24-26
- [22] 东方,揭国良,何普明.不同发酵程度茶叶的体内与体外抗氧化功能比较[J].中国茶叶加工,2015,4:40-45
- DONG Fang, JIE Guo-liang, HE Pu-ming. Comparison of *In vivo* and *in vitro* antioxidant functions of tea leaves with different fermentation level [J]. China Tea Processing, 2015, 4: 40-45
- [23] 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):64-67
- WANG Yu-xiao, ZHOU Cai-qiong. Comparative study of antioxidant effect on black tea, green tea and pu'er ripe tea *in vitro* [J]. The Food Industry, 2016, 37(4): 64-67
- [24] 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 Jin-wei, CHEN Xue, YI You-jin, et al. Comparative analysis on antioxidant capacity of different types of tea *in vitro* [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(8): 262-269