

柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶体外抗氧化活性比较研究

韩卫娟<sup>1,2</sup>,张嘉嘉<sup>1,2</sup>,杜改改<sup>1,2</sup>,孙 鹏<sup>1,2</sup>,刁松锋<sup>1,2</sup>,傅建敏<sup>1,2\*</sup>

(1. 国家林业局泡桐研究开发中心,河南 郑州 450003;2. 中国林业科学研究院 经济林研究开发中心,河南 郑州 450003)

**摘 要:**为了解柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶抗氧化活性的差异性,采用 AlCl<sub>3</sub>-(HAc-NaAc)、Folin-Ciocalteu 和 HPLC 法对黄酮、总酚和维生素 C 含量进行分析,通过 DPPH·,ABTS<sup>+</sup>·,还原能力(Fe<sup>3+</sup>和 Cu<sup>2+</sup>),金属络合能力(Fe<sup>2+</sup>和 Cu<sup>2+</sup>)6 种方法对其体外抗氧化作用进行了比较研究。结果表明,柿叶茶富含维生素 C,杜仲雄花茶黄酮含量最高,绿茶和红茶中活性成分主要是茶多酚;4 种茶具有显著的体外抗氧化能力,除络合能力外,绿茶、红茶均强于柿叶茶和杜仲雄花茶,抗氧化能力与总酚含量呈极显著的正相关关系,与黄酮含量无显著的相关性。因此,4 种茶富含黄酮、多酚、维生素 C 等天然抗氧化成分,且具有显著的抗氧化活性。

**关键词:**柿叶茶;杜仲雄花茶;绿茶;红茶;抗氧化活性

**中图分类号:**S713      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2017)03-0144-05

Comparative Studies on the Antioxidant Activity of Persimmon Leaf Tea,*Eucommia ulmoides* Male Flower Tea,Green Tea and Black Tea *in vitro*

HAN Wei-juan<sup>1,2</sup>,ZHANG Jia-jia<sup>1,2</sup>,DU Gai-gai<sup>1,2</sup>,SUN Peng<sup>1,2</sup>,DIAO Song-feng<sup>1,2</sup>,FU Jian-min<sup>1,2,\*</sup>

(1. Non-timber Forestry Research & Development Center,Chinese Academy of Forestry,Zhengzhou,Henan 450003,China;  
2. Paulownia Research & Development Center of China,State Forestry Administration,Zhengzhou,Henan 450003,China)

**Abstract:**In order to systematically evaluate the differences in antioxidant activity among four types of tea: persimmon leaf tea,*Eucommia ulmoides* male flower tea,green tea and black tea *in vitro*,the contents of total flavonoids,polyphenols and vitamin C in the samples were measured AlCl<sub>3</sub>-(HAc-NaAc),Folin-Ciocalteu,and HPLC methods. The antioxidant activities were investigated by measuring the capabilities of scavenging DPPH·,ABTS<sup>+</sup>· free radicals,reducing power (Fe<sup>3+</sup> & Cu<sup>2+</sup>),metal-chelating assays (Fe<sup>2+</sup> & Cu<sup>2+</sup>). It was found that there were abundant vitamin C in persimmon leaf tea,the total flavonoid content in *E. ulmoides* male flower tea was the highest,and polyphenols was the principal group of active components in green and black tea. Four kinds of tea all showed excellent antioxidant activity *in vitro*,and green tea and black tea were better than persimmon leaf tea except metal-chelating assays. The significant correlation was observed between polyphenol content and antioxidant activity,but the correlation between flavonoid content and antioxidant activity was not significant.

**Key words:**persimmon leaf tea; *Eucommia ulmoides* male flower tea; green tea; black tea; antioxidant activity

茶、咖啡和可可被称为世界上的 3 大饮料,其中茶仅次于水,是广受消费者喜爱的饮品<sup>[1]</sup>。中国是茶的发源地,传统茶根据发酵程度与颜色的不同,分

为绿茶、白茶、青茶、红茶、黑茶和黄茶<sup>[2]</sup>。随着科学技术的发展和生活水平的提高,人们对茶的认识已经不再局限于传统茶,近年来药食兼用型植物资源

收稿日期:2016-08-05 修回日期:2017-01-09  
基金项目:国家“十二五”农村领域科技计划(2013BAD14B0502)。  
作者简介:韩卫娟,女,助理研究员,研究方向:化学工艺与林产品分析。E-mail:hanweijuan2013@163.com  
\* 通信作者:傅建敏,女,副研究员,研究方向:经济林育种与栽培。E-mail:fjm371@163.com

的茶产品被越来越多地开发出来,目前主要有冬凌草茶、苦丁茶、柿叶茶、杜仲雄花茶、绞股蓝茶、银杏叶茶等,这些茶富含多种营养物质,且其生物活性与绿茶、红茶具有一定的相似性,在抗衰老、调节脂质代谢、抑制心脑血管疾病等医疗保健方面具有巨大潜力<sup>[3]</sup>。

柿叶含有丰富的营养成分和药用成分<sup>[4]</sup>,具有抗氧化、抗菌、止血、活血化瘀、抗癌等多种医疗保健功效<sup>[5]</sup>。以柿叶为原材料开发的柿叶茶是一种传统的保健茶,长期饮用具有抗衰老、降血压、降胆固醇、降血脂、软化血管、抗肿瘤等作用<sup>[6]</sup>。杜仲(*Eucommia ulmoides*)为杜仲科(Eucommiaceae)杜仲属(*Eucommia*)植物,雌雄异株,雄株雄花产量很高<sup>[7]</sup>。以杜仲雄花为原料加工成的杜仲雄花茶富含黄酮类、绿原酸、桃叶珊瑚苷、京尼平苷等活性物质,以及矿质元素、粗蛋白、多种维生素和氨基酸等,具有很高的营养及医疗保健价值<sup>[8-9]</sup>。柿叶茶和杜仲雄花茶由于其独特的风味和特殊的保健功效,受到越来越多人的青睐,而且产量大,具有广阔的开发前景。

自然环境的日益恶化以及快节奏、高强度的生活,使越来越多的人步入亚健康状态,从而致使体内抗氧化酶类物质和超氧化物歧化酶等清除自由基的物质活性下降,引起自由基过量堆积,从而引起脂质过氧化,破坏生物膜,损伤细胞功能,进而出现衰老甚至疾病<sup>[10]</sup>,适当补充抗氧化营养物质有助于这些疾病的预防和治疗<sup>[11]</sup>。茶被认为是一种非常重要的天然抗氧化物质,不仅可以避免人工合成抗氧化剂的潜在毒性,更是“药食同源”的具体表现。

柿叶茶、杜仲雄花茶作为目前市场上广受欢迎的保健茶,关于其抗氧化活性的研究多以单一产品的提取物或者有效部位作为研究对象,和其他主流茶叶品种的对比研究尚无报道,限制了对消费者根据需要对不同茶产品的选择,因此,对 4 种茶体外抗氧化活性的对比研究具有重要的意义。本研究以柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶为研究对象,测定总酚、总黄酮和维生素 C 含量,分析活性成分含量之间的差异;采用 DPPH·, ABTS<sup>+</sup>·, 还原能力(Fe<sup>3+</sup>和 Cu<sup>2+</sup>),金属络合能力(Fe<sup>2+</sup>和 Cu<sup>2+</sup>)等 6 种体外抗氧化活性测定方法,综合比较 4 种茶的抗氧化活性,为寻找天然的抗氧化剂和“治未病”的良好保健饮品提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

样品:柿叶茶、杜仲雄花茶为中国林业科学院经济林研究开发中心自主研发的保健茶<sup>[12-13]</sup>。绿茶为

信阳毛尖、红茶为金骏眉,均购自郑州茶叶市场。

试剂:DPPH、Trolox、ABTS、Ferrozine、neocuproine、murexide、Folin-ciocalteu 试剂购自美国 Sigma 公司,其他试剂均为国产分析纯。

### 1.2 仪器与设备

紫外可见分光光度计(Agilent CARY300); HT-300BQ 型数控超声波清洗器(济宁恒通超声电子设备有限公司);SY-2230 恒温水浴摇床(美国精骐)。

### 1.3 方法

1.3.1 样品准备 模拟消费者开水浸泡的方法<sup>[14-15]</sup>,精密称取样品 0.5 000 g,25 mL 开水浸提 5 min,弃去固体后 10 000 r·min<sup>-1</sup>离心 10 min,上清液-20℃保存备用。

1.3.2 活性物质测定 总黄酮含量的测定采用 AlCl<sub>3</sub>-(HAc-NaAc)显色法<sup>[16]</sup>,以芦丁为标准品,400 nm 处测定其吸光度,样品中的总黄酮含量以芦丁的含量表示,mg·g<sup>-1</sup>(DW)。

总酚含量的测定采用 Folin-Ciocalteu 法<sup>[17]</sup>(略有改动),以没食子酸为标准品,765 nm 处测定其吸光度,样品中总酚含量以没食子酸计,mg·g<sup>-1</sup>(DW)。

维生素 C 含量测定按照张嘉嘉<sup>[18]</sup>等的方法测定,采用 30 g·L<sup>-1</sup>偏磷酸以及体积分数为 8%的冰醋酸研磨提取,0.22 μm 微孔滤膜过滤后进行色谱分析。

### 1.3.3 抗氧化活性测定

1.3.3.1 清除 DPPH·自由基试验 参照韩卫娟的方法<sup>[19]</sup>,向反应体系中依次加入 1 mL DPPH 溶液(0.05 g·mL<sup>-1</sup>),500 μL 样品液,混合后室温反应 30 min,利用紫外分光光度计测定 517 nm 波长的吸光值。以 Trolox 为标准溶液,结果以 μmol eq. Trolox·g<sup>-1</sup>表示。

1.3.3.2 清除 ABTS<sup>+</sup>·自由基试验 参照韩卫娟的方法<sup>[19]</sup>,取 1 mL 7.4 mmol·mL<sup>-1</sup> ABTS 储备液与 1 mL 2.6 mmol·mL<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> 混合均匀,黑暗中室温放置 12 h,制得 ABTS<sup>+</sup>·自由基储备液,使用时用 95%乙醇稀释至 734 nm 吸光度为 0.7±0.02 的应用液。向反应体系中依次加入 300 μL 样品液和 1.2 mL ABTS<sup>+</sup>·应用液,混合均匀,放置室温下避光反应 6 min 后测定其在 734 nm 的吸光度。以 Trolox 为标准溶液,结果以 μmol eq. Trolox·g<sup>-1</sup>表示。

1.3.3.3 Fe<sup>3+</sup>还原能力试验 参照 W. J. Han<sup>[20]</sup>等的方法并稍作改进。将 350 μL 样品液、250 μLK<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>溶液(1 g·100 mL<sup>-1</sup>)依次加入到试

管中,充分混匀后 50℃ 水浴 20 min,取出后加 250  $\mu\text{L}$  三氯乙酸 TCA 溶液(10%, $w:v$ ),3 500  $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$  离心 10 min,取上清液 400  $\mu\text{L}$ ,加蒸馏水和  $\text{FeCl}_3$  溶液(0.1%, $w:v$ )各 400  $\mu\text{L}$ ,90 s 后于 700 nm 处测定吸光度。以 Trolox 为标准溶液,结果以  $\mu\text{mol eq. Trolox}\cdot\text{g}^{-1}$  表示。

1.3.3.4  $\text{Cu}^{2+}$  还原能力试验 参照 W. J. Han<sup>[20]</sup> 等的方法并稍作改进。在试管中加入 500  $\mu\text{L}$   $\text{CuSO}_4$  溶液(0.01  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )、500  $\mu\text{L}$  neocuproine ( $7.5\times 10^{-3}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )、(样品液 + 乙酸铵缓冲液(0.1  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ))3 mL,放置 30 min 后,在 450 nm 处测吸光度。以 Trolox 为标准溶液,结果以  $\mu\text{mol eq. Trolox}\cdot\text{g}^{-1}$  表示。

1.3.3.5  $\text{Fe}^{2+}$  络合能力试验 参照 X. C. Li<sup>[21]</sup> 等的方法并稍作改进。取 400  $\mu\text{L}$  的样品液 200  $\mu\text{L}$   $\text{FeCl}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  溶液(250  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ),充分混合均匀后静置 3 min,加 1.1 mL 甲醇和 300  $\mu\text{L}$  Ferrozine 溶液(500  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ),混合均匀,静置 5 min,在 562 nm 处测吸光值。以柠檬酸钠为标准溶液,结果以  $\mu\text{mol eq. sodium citrate}\cdot\text{g}^{-1}$  表示。

1.3.3.6  $\text{Cu}^{2+}$  络合能力试验 参照 X. C. Li<sup>[21]</sup> 等的方法并稍作改进。取 1.2 mL 骨螺紫 murexide 溶液(0.25  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ),依次加入 140  $\mu\text{L}$  乌洛托品盐酸缓冲液(pH 5.0,30  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  含 30  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  KCl),60  $\mu\text{L}$   $\text{CuSO}_4$  溶液(20  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ),混合并开始计时,室温放置 1 min 后(此时,显色稳定),再加入 100  $\mu\text{L}$  样品溶液(空白对照加入 100  $\mu\text{L}$  乌洛托品盐酸缓冲液充分混合),显色稳定后,放入比色皿内,于 485 nm,520 nm 各测吸光值。计算  $A_{485}\text{ nm}/A_{520}\text{ nm}$  值。以柠檬酸钠为标准溶液,结果以  $\mu\text{mol eq. sodium citrate}\cdot\text{g}^{-1}$  表示。

#### 1.4 数据统计与分析

采用 SPSS 20.0、Microsoft Excel 2007、Origin 6.0 软件对数据进行分析。

### 2 结果与分析

#### 2.1 柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶中黄酮、总酚与维生素 C 含量

4 种茶黄酮含量间有显著性差异( $P<0.05$ ),含量由高到低的顺序为:杜仲雄花>绿茶>柿叶茶>红茶;绿茶总酚含量显著高于其他 3 种茶,是富含天然酚类物质的优良植物资源,杜仲雄花茶与红茶间总酚含量无显著性差异,总酚含量由高到低的顺序为:绿茶>红茶 $\approx$ 杜仲雄花茶>柿叶茶;柿叶茶含有丰富的维生素 C,含量高达  $10.83\pm 0.81\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,绿茶和红茶中维生素 C 含量仅为  $0.87\pm 0.03\text{ mg}\cdot$

$\text{g}^{-1}$ 、 $0.14\pm 0.03\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,杜仲雄花茶中未检测到维生素 C,均远远低于柿叶茶,说明柿叶茶是一种高含维生素 C 的保健茶(表 1)。

表 1 柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶中黄酮、总酚与维生素 C 含量

Table 1 The total flavonoid, polyphenol and vitamin C contents of persimmon leaf tea, *E. ulmoides* male flower tea, green tea and black tea

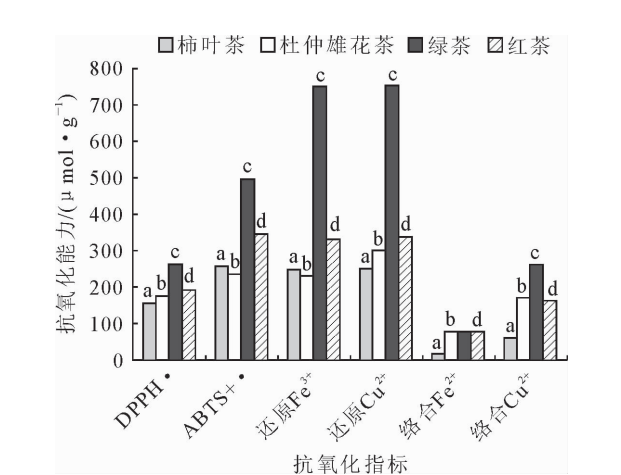
样品	黄酮 /( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	多酚 /( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	维生素 C /( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )
柿叶茶	$3.28\pm 0.26\text{c}$	$84.92\pm 2.47\text{c}$	$10.83\pm 0.81\text{a}$
杜仲雄花茶	$17.68\pm 0.37\text{a}$	$93.01\pm 0.85\text{bc}$	—
绿茶	$6.14\pm 0.24\text{b}$	$290.12\pm 3.16\text{a}$	$0.87\pm 0.03\text{b}$
红茶	$2.40\pm 0.12\text{d}$	$100.34\pm 4.30\text{b}$	$0.14\pm 0.03\text{b}$

注:所有数据均平行测定 3 次, Tukey HSD<sup>a</sup> 多重比较, 同列不同字母示 5% 差异显著, 下同; —: 未检测到。

#### 2.2 柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶抗氧化活性

4 种茶均具有较高的 DPPH $\cdot$  自由基清除能力,且存在显著性差异,其清除能力由高到低的顺序为:绿茶>红茶>杜仲雄花茶>柿叶茶;绿茶清除  $\text{ABTS}^{+\cdot}$  自由基能力强于红茶,柿叶茶次之,而杜仲雄花茶较弱,样品清除能力由高到低的顺序依次为:绿茶>红茶>柿叶茶>杜仲雄花茶(图 1)。

柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶还原能力差异性显著,  $\text{Fe}^{3+}$  还原能力和  $\text{Cu}^{2+}$  还原能力由高到低的顺序分别为绿茶>红茶>柿叶茶>杜仲雄花茶、绿茶>红茶>杜仲雄花茶>柿叶茶(图 1)。



注:络合  $\text{Fe}^{2+}$  和络合  $\text{Cu}^{2+}$  标准物质用柠檬酸钠代替 Trolox。

图 1 柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶抗氧化活性

Fig. 1 The antioxidant activities of persimmon leaf tea, *E. ulmoides* male flower tea, green tea and black tea

4 种茶  $\text{Fe}^{2+}$  离子络合能力之间具有显著性差异,络合能力由高到低的顺序为杜仲雄花茶>绿茶>红茶>柿叶茶。4 种茶络合  $\text{Cu}^{2+}$  的能力如图 1 所示,绿茶络合  $\text{Cu}^{2+}$  离子能力最强,杜仲雄花茶与红茶次之,二者无显著性差异,柿叶茶最弱(图 1)。

由以上分析可知,4 种茶均有较强的体外抗氧化能力,不仅能有效清除 DPPH· 和 ABTS<sup>+</sup>· 自由基,可显著的还原氧化过程中的中间氧化产物 Fe<sup>3+</sup> 和 Cu<sup>2+</sup> 离子,还可以作为抗氧化剂与金属离子发生络合反应,降低介质中金属离子的有效浓度,从而减轻自由基对生物膜的氧化损伤作用。

表 2 黄酮、总酚含量与抗氧化能力的 Pearson 相关性分析

Table 2 Pearson correlation coefficients of total flavonoid, polyphenol contents with antioxidant activity

	DPPH·	ABTS <sup>+</sup> ·	还原能力 (Fe <sup>3+</sup> )	还原能力 (Cu <sup>2+</sup> )	络合 Fe <sup>2+</sup>	络合 Cu <sup>2+</sup>
黄酮	-0.099	-0.376	-0.239	-0.109	0.432	0.21
多酚	0.963**	0.934**	0.989**	0.996**	0.383	0.822**

注:Person 相关性分析中所用数据为 4 种茶的对应数值;\* \* 代表在 0.01 水平上显著差异,\* 代表在 0.05 水平上显著差异。

3 结论与讨论

雄花茶中未检测到维生素 C,可能是由于杜仲雄花中维生素 C 含量较低,在加工制作的过程中受热遭到破坏造成的。柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶活性成分含量丰富,其中柿叶茶维生素 C 含量最高,杜仲雄花茶黄酮类物质含量最高,绿茶中酚类物质含量最高,红茶次之。抗氧化剂一般分为天然抗氧化剂和合成抗氧化剂,而维生素 C、黄酮、多酚类物质是重要的天然抗氧化剂,可以有效避免合成抗氧化剂的诸多安全隐患问题,因此,富含天然抗氧化剂的柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶在医疗保健方面具有巨大的优势。

柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶对自由基的清除作用采用 DPPH· 和 ABTS<sup>+</sup>· 试验测定。DP-PH· 和 ABTS<sup>+</sup>· 是非常稳定的人工合成自由基,可稳定的存在于甲醇和乙醇中,分别在 519 nm 和 734 nm 特征显色,吸光度变小的程度与自由基被清除的程度呈定量关系,可测得样品对自由基的清除能力<sup>[22]</sup>。

抗氧化剂和具有抗氧化活性的物质可以通过自身的还原作用,给出电子而清除自由基,还原能力越强,抗氧化性越强。样品所提供的电子可以使 Fe<sup>3+</sup> (Cu<sup>2+</sup>)还原为 Fe<sup>2+</sup> (Cu<sup>+</sup>),从而使体系溶液颜色改变,即反映出体系中氧化还原状态的改变,吸光值越大,还原力越强,抗氧化效果越佳。4 种茶均能有效的还原 Fe<sup>3+</sup> 和 Cu<sup>2+</sup>,说明其所含的某些成分是很好的电子供体,具有良好的还原能力,可以还原氧化过程中的中间氧化产物,因而具有很强的抗氧化能力。

与金属离子的络合能力是评价抗氧化活性的一个重要指标,金属离子可通过与过氧化物等活性氧反应生成毒性更大的羟基自由基,引发生物膜发生脂质过氧化反应。杜仲雄花茶 Fe<sup>2+</sup> 离子络合能力显著高于其他 3 种茶,Cu<sup>2+</sup> 离子络合能力仅次于绿

2.3 黄酮、总酚含量与抗氧化能力的相关性分析

柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶总酚含量与 DPPH·、ABTS<sup>+</sup>·、Fe<sup>3+</sup> 和 Cu<sup>2+</sup> 还原能力、Cu<sup>2+</sup> 络合能力呈极显著的正相关关系,相关系数分别为 0.963、0.934、0.989、0.996、0.822;黄酮含量与抗氧化能力相关性不显著(表 2)。

茶,这可能由于其含有丰富的黄酮类物质引起的(17.68±0.37 mg·g<sup>-1</sup>),通常具有 2 个或者 2 个以上以下基团的化合物显示有很好的金属离子络合能力<sup>[23]</sup>:—OH,—SH,—COOH,—PO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>,C=O,—NR<sub>2</sub>,—S—和—O—,因此具有这些基团的黄酮类成分可能是杜仲雄花茶络合 Fe<sup>2+</sup> 离子的主要物质基础。

4 种茶的活性成分含量研究表明,柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶和红茶黄酮、总酚类物质含量丰富,是其多种药理作用的物质基础。其中,柿叶茶总酚含量为 84.92±2.47 mg·g<sup>-1</sup>,但黄酮含量仅为 3.28±0.26 mg·g<sup>-1</sup>,说明柿叶茶中酚类物质可能主要以黄酮以外的形式存在,如单宁类物质,据文献报道,涩柿果实中含有大量的单宁类物质<sup>[24]</sup>,但叶片与果实中单宁类物质含量是否具有相关性,尚未见到文献报道,需要进一步研究阐明;杜仲雄花茶中黄酮类物质含量丰富,具有一OH,—SH,—COOH,—PO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>,C=O,—NR<sub>2</sub>,—S—和—O—等活性基团的黄酮类物质可能是其抗氧化活性的物质基础;绿茶和红茶中活性成分主要是茶多酚,是其多种保健功能的物质基础,并对茶的色、香、味品质形成有重要作用<sup>[25]</sup>。

维生素 C 又叫抗坏血酸,是植物和大多数动物体内合成的一类己糖内酯化合物。由于人体缺乏合成维生素 C 的关键酶,只能从食物中获取,因此维生素 C 成为衡量农产品品质的重要指标<sup>[26]</sup>,但维生素 C 非常不稳定,显酸性,具有较强的还原性,加热或在溶液中易氧化分解,因此,加热处理以及日常的烹饪过程均会造成维生素 C 含量的减少<sup>[6]</sup>。4 种茶维生素 C 研究结果表明,柿叶茶含有丰富的维生素 C,远高于绿茶、红茶和杜仲雄花茶,说明柿叶茶是一种高含维生素 C 的保健茶,费学谦<sup>[27]</sup>等的研究结果也表明,维生素 C 是柿叶产品的重要活性成分指标,即使采用直接的烘干处理,柿叶产品中的维生素

C 含量也远高于茶叶、苦丁茶等。由于维生素 C 稳定性很差,加工过程中的加热步骤会对其造成很大的破坏,这可能是造成绿茶、红茶和杜仲雄花茶维生素 C 含量低的主要原因。因此,加工利用方式对茶产品品质具有重要影响,不当的加工方式不仅会降低功能成分的含量,还会影响茶的口感,若能通过改进加工工艺,提高其功能成分的保存率及溶出率,对提升茶产品品质具有重要意义。

本研究通过 DPPH · ,ABTS<sup>+</sup> · ,还原能力(Fe<sup>3+</sup>和 Cu<sup>2+</sup>),金属络合能力(Fe<sup>2+</sup>和 Cu<sup>2+</sup>)6 种方法对 4 种茶体外抗氧化作用强弱进行了比较研究。除络合能力外,绿茶、红茶均强于柿叶茶和杜仲雄花茶,说明绿茶、红茶体外抗氧化能力较强,是富含茶多酚的天然抗氧化剂;柿叶茶和杜仲雄花茶抗氧化能力略弱于绿茶和红茶,但均能有效清除 DP-PH · 和 ABTS<sup>+</sup> · 自由基、还原氧化过程中的中间氧化产物 Fe<sup>3+</sup>和 Cu<sup>2+</sup>离子、络合 Fe<sup>2+</sup>和 Cu<sup>2+</sup>离子,且我国柿叶和杜仲雄花资源丰富,产量巨大,极具开发利用潜力。

4 种茶抗氧化能力与总酚含量呈极显著的正相关关系,与黄酮含量无显著的相关性,与陈雪<sup>[28]</sup>、吕爽<sup>[29]</sup>等的研究一致,说明酚类物质是其抗氧化活性的主要物质基础,且酚类物质主要以黄酮以外的形式存在,如原花青素、单宁等。抗氧化剂一般分为天然抗氧化剂和合成抗氧化剂,4 种茶由于富含黄酮、多酚、维生素 C 等天然抗氧化物质而具有显著的抗氧化活性,是重要的天然抗氧化剂,长期饮用不仅能够有效的清除体内有害自由基,防止自由基对生物大分子的氧化损伤,保证细胞结构与功能的正常,并且能有效的避免人工合成的抗氧化剂的潜在毒性。

对柿叶茶、杜仲雄花茶、绿茶、红茶 4 种茶体外抗氧化活性进行了初步的比较研究,但尚未涉及其体内抗氧化活性及其作用机制,需进一步探究。此外,柿叶茶和杜仲雄花茶抗氧化活性的主要有效成分尚不清楚,今后可在体内抗氧化活性研究的基础上,对具体抗氧化活性成分及其作用机制进行分析,为更好的研究开发茶产品提供理论依据,为人们日常选用茶产品种提供科学的指导。

参考文献:

[1] 王婉莹,肖伟,许利嘉,等. 绿茶与 4 种乔木型别样茶抗氧化活性比较研究[J]. 世界科学技术:中医药现代化,2013,15(7): 1526-1531.  
WANG Y Y,XIAO W,XU J L,*et al.* Comparative studies on antioxidant activities of green tea and four tree-type non-camelia teas[J]. World Science and Technology/Modernization of Traditional Chinese Medicine and Material Medica, 2013, 15

(7):1526-1531. (in Chinese)  
[2] 张小娜. 茯砖茶化学成分及抗氧化活性研究[D]. 北京:北京中医药大学,2014.  
[3] 徐变娜,王敏,曹静,等. 不同时期梨枣叶茶抗氧化成分组成及活性差异的分析[J]. 食品科学,2013,34(13):34-38.  
XU B N,WANG M,CAO J,*et al.* Difference in antioxidant components and activity of pear jujube (*Zizyphus jujube* Mill. cv. Lizao) leaf tea among different growth stages [J]. Food science,2013,34(13):34-38. (in Chinese)  
[4] 马希汉,尉蔚. 柿叶抗氧化作用的研究[J]. 西北林学院学报, 2000,15(2):41-44.  
MA X H,WEI Q. Studies on antioxidation of persimmon leaves[J]. Journal of Northeast Forestry University,2000,15(2): 41-44. (in Chinese)  
[5] 韩卫娟,梁玉琴,张嘉嘉,等. 柿叶多酚及黄酮类定量分析方法的综述[J]. 中国农学通报,2014,30(31):52-56.  
HAN W J,LIANG Y Q,ZHANG J J,*et al.* Review on the quantitative analysis methods of polyphenols and flavonoids in the leaf of persimmon[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2014,30(31):52-56.  
[6] SAKANAKA S,TACHIBANA Y,YUKI OKADA. Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea[J]. Food Chemistry,2005,89 (4):569-575.  
[7] 娄丽杰. 杜仲雄花茶的药效学研究[D]. 开封:河南大学,2010.  
[8] 段敏,关勤农,张晓荣. 杜仲雄花中矿质元素含量分析与评价[J]. 西北林学院学报,2009,24(5):129-131.  
DUAN M,GUAN Q N,ZHANG X R,*et al.* Minerals in male flower of *Eucommia ulmoides*[J]. Journal of Northeast Forestry University,2009,24(5):129-131. (in Chinese)  
[9] 付卓锐. 杜仲雄花茶的制备工艺研究[D]. 杨陵:西北农林科技大学,2010.  
[10] 谢学明,李熙灿,钟远声,等. 龟板体外抗氧化活性的研究[J]. 中国药房,2006,17(18):1368-1370.  
XIE X M,LI X C,ZHONG Y S,*et al.* Study of antioxidant activities of plastrum testudinis *in vitro* [J]. China Pharmacy, 2006,17(18):1368-1370. (in Chinese)  
[11] 李磊. 几种天然抗氧化物质的抗氧化活性比较及茶多酚的抗氧化保健功效研究[D]. 杭州:浙江大学,2008.  
[12] 傅建敏,韩卫娟,孙鹏,等. 一种高含量 Vc 柿叶茶的制备方法[P]. 中国,ZL201310437079. X. 2015-05-06.  
[13] 杜红岩,李芳东,杜兰英. 杜仲雄花茶及其加工工艺[P]. 中国,ZL98117579. 1. 1999-06-23.  
[14] YAMASHITA Y,WANG L Q,WANG L H,*et al.* Oolong, black and pu-erh tea suppresses adiposity in mice via activation of AMP-activated protein kinase [J]. Food and Function, 2014,5(10):2420-2429.  
[15] HADAD G M,SALAM R A A,SOLIMAN R M,*et al.* Rapid and simultaneous determination of antioxidant markers and caffeine in commercial teas and dietary supplements by HPLC-DAD[J]. Talanta,2012,101(22):38-44.  
[16] 范杰平. 柿叶中有效成分的提取与分离研究[D]. 杭州:浙江大学,2006.