

# 茶叶品种及采摘时节对其活性成分的影响分析

冯国栋<sup>1</sup>, 张 鸿<sup>1</sup>, 马意龙<sup>2</sup>, 张雨涵<sup>2</sup>, 赵 康<sup>2</sup>, 商亚芳<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>合肥工业大学食品科学与工程学院, 合肥 230009; <sup>2</sup>合肥工业大学化工与食品加工系, 宣城 242000

**摘要:** 本文利用福林酚法、DPPH 和 ABTS 方法比较分析了宣城市特产茶叶涌溪火青、塔泉云雾、敬亭绿雪、溪口云尖的多酚含量及抗氧化活性。同时还对比分析了敬亭绿雪叶片在不同采收时期的多酚含量及抗氧化活性, 并利用 HPLC-MS 分析了制茶过程对叶片多酚成分的影响。研究表明: 涌溪火青中多酚含量最高为 161 mg 儿茶素/g 样品干重, 溪口云尖则含量最少为 127 mg 儿茶素/g 样品干重。相对应的, 利用 DPPH 和 ABTS 法测得涌溪火青的抗氧化活性最高; 通过对敬亭绿雪不同采摘时期中茶多酚含量的研究表明, 随着采摘时间的延后, 其叶片中茶多酚和抗氧化活性均会有所增加。且敬亭绿雪鲜叶片经制茶过程后其茶多酚含量整体上升, 咖啡因含量则有所下降。

**关键词:** 宣城; 绿茶; 茶多酚; 抗氧化活性; 采收期

中图分类号: TS272

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.11.012

## Effect of Cultivated Varieties and Picking Time on Active Components of Teas

FENG Guo-dong<sup>1</sup>, ZHANG Hong<sup>1</sup>, MA Yi-long<sup>2</sup>, ZHANG Yu-han<sup>2</sup>, ZHAO Kang<sup>2</sup>, SHANG Ya-fang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Food Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; <sup>2</sup>Department of Chemical Engineering and Food Processing, Hefei University of Technology, Xuancheng 242000, China

**Abstract:** This study focused on the analysis of total phenolics and antioxidative activities in speciality tea including YongXiHuoqing, TaQuanYunWu, JingTingLvXue and XiKouYunJian of Xuancheng city by Folin-Ciocalteu colorimetric method, DPPH and ABTS methods. Moreover, the difference of the total phenols and antioxidative activities for JingTingLvXue at different picking times were investigated and the effects of processing on tea polyphenols were discussed using HPLC-MS. The results showed that YongXiHuoQing contained much more tea polyphenols (161 mg catechin/g dry weight), XiKouYunJian just 127 mg catechin/g dry weight. YongXiHuoQing showed the highest antioxidant activity by ABTS and DPPH methods. Tea polyphenols content and antioxidant activities were increased when picked after Qingming festival. The content of tea polyphenols was increased and caffeine was decreased after tea producing process.

**Key words:** Xuancheng; green tea; tea polyphenols; antioxidant activity; picking time

细胞中氧化剂形成与抗氧化剂修复能力不平衡时, 会产生细胞压力, 从而产生活性氧自由基, 如: 超氧化物阴离子 ( $O_2^{\cdot-}$ )、过氧化氢 ( $H_2O_2$ )、羟基自由基 ( $\cdot OH$ ) 及烷氧基等。体内过多的自由基会导致氧化压力, 从而导致衰老、癌症、心血管等慢性疾病的发生<sup>[1-5]</sup>。抗氧化剂已被证实能够清除自由基从而有利于身体健康。抗氧化剂广泛存在于各种蔬菜、水果和茶叶中, 如: 蔬菜水果中的水溶性维生素 C、酚类化合物、类胡萝卜素等都被证实具有较强

的抗氧化能力, 被喻为人体抵抗自由基的第一道防线<sup>[6,7]</sup>。绿茶中的功能性成分主要包括黄烷醇类、花色苷类、黄酮类和酚酸类等组成的茶多酚和咖啡因, 各种活性成分的含量由于茶叶品种和加工方式等的不同而不同。研究表明, 绿茶中的有效成分能够降低癌症患病的风险, 具有抗氧化活性, 能够预防心血管和糖尿病等疾病<sup>[8-10]</sup>。

中国的饮茶文化已有几千年的历史, 目前, 中国茶叶的种植面积占世界的一半之多, 其品质和品种数量也是世界闻名。安徽省宣城市则因盛产各种绿茶而闻名, 其种植历史可追溯到清朝, 敬亭绿雪茶叶曾作为贡品。目前, 宣城市茶叶种类有 10 余种, 其中较为流行的有: 涌溪火青、塔泉云雾、敬亭绿雪、溪

收稿日期: 2017-07-12 接受日期: 2017-08-16

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项 (JZ2016HGTA0680); 合肥工业大学博士学位人员专项项目 (JZ2014HGBZ0367)

\* 通信作者 E-mail: yafangshang19@hfut.edu.cn

口云尖、野兰香、鸦茶等品种。然而,对本地有名茶叶的研究却很少。

本文选取宣城市大众消费较多的4种特色茶叶,采用正交优化的方法对回流提取茶多酚的条件进行了优化。利用福林酚法、ABTS和DPPH法对不同茶叶及不同采收期的敬亭绿雪叶片的活性成分及抗氧化活性进行对比分析,明确不同茶叶在活性成分含量方面的区别,同时探讨不同采收时期对其内部抗氧化活性成分的影响。利用液质联用技术对比分析鲜叶制作成茶叶后叶片内部主要化学成分的变化。本文的研究内容为宣城市茶叶中茶多酚的开发与利用提供了前期的研究基础。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

绿茶:涌溪火青、塔泉云雾、敬亭绿雪、溪口云尖茶叶分别是采收2014年清明节前的茶叶制成的茶,经茶叶销售专家鉴定为上述茶叶,所有样品于冰箱4℃冷藏保存。敬亭绿雪新鲜叶片分别按三个不同时间点[4月4号(A),4月19号(B),5月4号(C)]在宣城市敬亭山茶场进行收集,并采集了茶树的老树叶(D),所有叶片保存在-20℃冰箱中,使用前于烘箱中60℃烘干并研磨成粉末备用。Vc和儿茶素标准品及其它所有分析用有机试剂与药品均购于合肥博美有限公司。液相用乙腈和水,购于美国费希尔科技。

### 1.2 提取酚类物质

#### 1.2.1 优化提取条件

通常,消费者获取茶叶中活性成分的途径为饮茶,即通过沸水浸泡获得茶叶中的茶多酚等活性成分。因此,为了对比不同茶叶中活性成分,本实验采用水作为提取溶剂,获取绿茶中有效活性成分。经文献检索,回流实验能获得较好的提取效率,为获得回流提取的最佳实验条件,首先对影响回流提取的三大因素:时间,料液比及乙醇浓度利用单因素试验进行优化<sup>[11-13]</sup>。所有样品均为敬亭绿雪C粉末。回流时间组实验设置15、30、45、60、75 min五个实验组,乙醇溶液浓度为0%、40%、60%、80%、100%,料液比(g/mL)采取1:20、1:30、1:40、1:50、1:60五个实验组。每组实验重复三次以减小实验中操作所带来的误差。以单因素试验的结果为基础设计正交试验,以茶多酚提取当量为考察指标,选择每组单因素实验中影响最显著的因素,采用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正

交表,用极差(R)法处理实验数据,并分析实验结果,确定回流提取茶多酚的最佳工艺条件。

#### 1.2.2 最佳提取条件下提取茶叶样品

为了对比不同品牌茶叶在沸水浸提下茶多酚含量的区别,采用蒸馏水作为溶解液,回流进行提取。称取粉碎后的茶叶粉末约20 g放入圆底烧瓶,按照固液比(g/mL)1:10加入200 mL蒸馏水,保持微沸回流提取2 h。过滤(0.45 μm滤膜)得滤液并等体积稀释2倍,留备用。新鲜茶叶片的提取则按照最优提取条件进行。称取1 g敬亭绿雪鲜叶粉末至于圆底烧瓶中,并加入20 mL 60%乙醇,微沸状态回流提取1 h,提取液经过滤(0.45 μm)后稀释50倍,备用。

### 1.3 总酚含量分析

茶叶中的活性成分以茶多酚为主。茶多酚是茶叶中多酚类物质的总称,包括黄烷醇类、花色苷类、黄酮类、黄酮醇类和酚酸类等,具有较强的生理活性及较多的药理作用,包括:抗癌、防治脑中风、抗血栓、提高免疫力等<sup>[13-15]</sup>。本实验中所有样品均采用福林酚法测定总酚含量,实验方法参考本团队之前的相关研究方法<sup>[16]</sup>。取稀释相应倍数的样品10 μL样品放于96平板中,并依次加入70 μL水和20 μL福林酚试剂(2N)置于暗处反应5 min,加入20%碳酸钠100 μL后置于暗处反应30 min。利用多功能酶标仪(Bio-Tek Instruments)测定混合物在730 nm处的吸光值。儿茶素作为标准品用来测定提取液中的总酚含量。最终结果表示为每克干叶含有的相当于mg儿茶素含量。

### 1.4 ABTS法测定抗氧化活性

利用经过适当修改的ABTS法测定茶叶样品的体外抗氧化活性,以Vc为标准品<sup>[17]</sup>。将33 mg ABTS试剂与28.4 mg过硫酸钾溶解于900 mL蒸馏水中,并在室温条件下置于黑暗处16 h以上,以获得ABTS自由基试剂。为了测定样品的抗氧化活性,取稀释相应倍数的提取液5 μL样品置于96平板中,并加入45 μL蒸馏水进行稀释,最后加入150 μL ABTS试剂,随即将96平板置于暗处5 min,使样品充分反应,所有样品均以蒸馏水作为空白。利用酶标仪于734 nm处测定混合物的吸收值,结果表达为ABTS清除率(%)。PI(%) = 1 - (As/Ab), As:提取物样品的吸光值,Ab:空白对照的吸光值。

### 1.5 DPPH法测定抗氧化活性

利用经过修改的DPPH分析方法分析茶叶体外

抗氧化活性,并以 Vc 作为标准品<sup>[16]</sup>。利用乙醇作为溶剂准备标准品 Vc 储备液(0.1 mg/mL)。利用乙醇稀释 DPPH 试剂准备 DPPH 工作液(0.15 mg/mL),即:取 15 mg DPPH 溶解于 100 mL 乙醇中。在分析之前,所有的提取物利用乙醇稀释 2 倍,取 5  $\mu$ L 提取物加于 96 平板中,加入 95  $\mu$ L 乙醇后加入 100  $\mu$ L DPPH 溶液,将上样后的 96 平板在温室条件下置于黑暗处静置 30 min,所有样品均以乙醇作为空白。利用酶标仪于波长 515 nm 处读取各样品的吸收波长,所有样品以乙醇作为参考对照。结果表达为:DPPH 清除率(%) PI(%) = 1 - (As/Ab), As: 提取物样品的吸光值,Ab:空白对照的吸光度值。

### 1.6 液质联用比较鲜叶与茶叶中的主成分

为了明确新鲜叶片经制茶过程后,其茶多酚等活性成分发生的变化。本实验利用 HPLC-MS 对敬亭绿雪茶叶与鲜叶片提取物进行分析。条件如下:HPLC(安捷伦科技,美国)-MicrOTOFQII(布鲁克,德国)。色谱柱为 Acquity UPLC BEH(2.1  $\times$  100 mm, 1.7  $\mu$ m),流动相为:乙腈(A)和 0.1% 甲酸水溶液(B)分析条件为:流速 0.4 mL/min,流动相梯度为:0~0.5 min,10% A,0.5~5 min,10%~30% A,5~

8 min,30%~100% A,8~11 min,100% A。检测波长为 280 nm,进样体积为 10  $\mu$ L。质谱条件为:离子化模式:ESI+,离子喷雾电压:4500 V,干燥气体体积流量为 10 mL/min,干燥气体温度为 180  $^{\circ}$ C,扫描范围为 m/z 50~1000。样品准备:称取市售茶叶和烘干的新鲜茶叶各 5 g,分别加入 100 mL 水回流提取 1h,将提取液过滤后进行冷冻干燥(36 h),获得提取物粉末,准确称取粉末,配置 5 mg/mL 溶液并过滤(0.45  $\mu$ m),用于液质联用分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 最佳提取条件的确定

经单因素实验发现,当乙醇浓度达到 60% 时,茶多酚提取率逐渐增加,随后提取率随乙醇浓度的增加而降低。当回流时间为 45 min 时,提取率最高,随着提取时间延长,多酚含量逐渐降低的趋势,可能是由于过度加热,导致部分活性成分结构发生了变化。适当的料液比能够增加样品与溶液的比表面积,提高提取率,本实验发现当料液比超过 1:20 后,提取率变低,因此,单因素实验确定的最佳料液比为 1:20(图 1)。

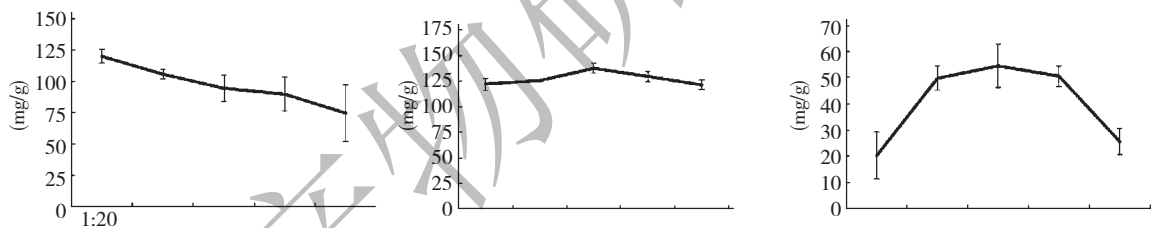


图 1 料液比、回流时间及乙醇浓度对茶多酚提取的影响

Fig. 1 Effect of solid-liquid ration, reflux time and ethanol concentration on the extraction of tea polyphenols

为了获取茶叶中茶多酚的最佳提取条件,根据单因素实验结果,选取各单因素进行正交实验,选取的因素水平见表 1,试验方案与结果见表 2。根据表 2 中根据极差的大小,确定影响回流浸提实验因素的主次顺序为:C > B > A,即各回流因素对茶多酚

提取率的影响大小顺序为:料液比 > 乙醇浓度 > 回流时间。从直观分析来看,试验指标儿茶素含量越多越好,不难看出第 8 组试验产率最高(茶多酚提取量为 109.95 mg/g 干茶叶),其组合条件为:A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>。

表 1 茶多酚浸提试验因素水平表

Table 1 Factors and levels for tea polyphenols reflux extraction

水平 Levels	因素 Factors		
	(A) 回流时间 Reflux time (min)	(B) 乙醇浓度 Ethanol concentration (%)	(C) 料液比 Sample Solvent ratio (g/mL)
1	30	40%	1:20
2	45	60%	1:30
3	60	80%	1:40

表 2 茶多酚回流正交试验方案与结果

Table 2 Design and results of orthogonal test for tea polyphenol reflux extraction

试验号 No.	(A) 回流时间 Reflux time (min)	(B) 乙醇浓度 Ethanol concentration (%)	(C) 料液比 Sample Solvent ratio(g/mL)	空列 Blank	儿茶素含量 Catechin content (mg/g)
1	1(30)	1(40)	1(1:20)	1	106.65
2	1	2(60)	2(1:30)	2	58.99
3	1	3(80)	3(1:40)	3	40.41
4	2(45)	1	2	3	70.08
5	2	2	3	1	47.3
6	2	3	1	2	29.62
7	3(60)	1	3	2	47.6
8	3	2	1	3	109.95
9	3	3	2	1	62.89
K1	206.05	224.33	246.22	216.84	T = 573.49
K2	147	216.24	191.96	136.21	
K3	220.44	132.92	135.31	220.44	
k1	68.68	74.78	82.07	72.28	
k2	49	72.08	63.99	45.4	
k3	73.48	44.31	45.1	73.48	
R	24.48	30.47	36.97	28.08	
因素主→次	CBA				

## 2.2 验证实验

称取粉碎后的茶叶粉末约 20 g 放入圆底烧瓶,按照优化的提取方法进行提取。经含量测定,3 次提取的茶多酚含量为 109.96,109.92,109.94 mg 儿茶素/g, RSD = 2% ( $n = 3$ ),表明本研究所确定的提取工艺稳定、可行。

## 2.3 抗氧化活性分析

茶叶中的酚类物质是茶叶中主要的抗氧化活性成分。本实验利用福林酚法测定了所有样品中的总酚含量。结果表明,五种茶叶的茶多酚含量差距不大,相当于儿茶素 127 到 161 mg/g 干重样品,其中

涌溪火青多酚含量最多,溪口云尖含量则为最少(表 3)。ABTS 法测得抗氧化活性与多酚含量相对应,同样浓度的涌溪火青样品的抗氧化活性最高对自由基的清除率达到 55%,塔泉云雾 54%,敬亭绿雪 52%,溪口云尖 44%,而 DPPH 法测得的抗氧化活性与 TP 和 ABTS 法测得的结果稍有不同,可能是因为 DPPH 方法使用的是酒精溶剂,主要测亲脂性物质的抗氧化活性,而 ABTS 使用水作为溶剂,主要测定亲水和亲脂化合物的活性。因此,两种方法测得的结果稍有差距。

表 3 不同茶叶中茶多酚和抗氧化活性比较

Table 3 Comparison of polyphenols and antioxidant activities for different teas

样品 Sample	茶多酚含量 Tea Polyphenols (mg/g DW)	ABTS (%)	DPPH (%)
涌溪火青 YongXiHuoQing	161	55	71
溪口云尖 XiKouYunJian	127	44	52
敬亭绿雪 JingTingLvXue	144	52	52
塔泉云雾 TaQuanYunWu	151	54	50
维生素 C Vc (0.01 μg/μL)		88	86

目前,国内公认的采茶最佳时间为清明节前,采摘茶叶嫩芽,制出新春第一茶,清明茶色泽翠绿,叶质柔软,富含多种维生素和氨基酸,同时嫩芽叶片小巧,制得的茶叶外形美观。因此,清明茶被公认为上等茶叶。为了进一步探讨清明茶是否积累了丰富的具有生理活性的茶多酚等成分,本实验利用敬亭绿雪茶场的便利条件,以敬亭绿雪为研究对象,对不同采摘时间的新鲜叶片中的茶多酚进行系统研究,同时分析了其抗氧化活性。研究结果表明采摘时间越晚,叶片中含有的茶多酚含量越多(C:123CE mg/

g),抗氧化活性也越高,见图表4。抗氧化活性物质随着采摘时间延长而变多。富集在叶片表皮层的黄酮和二氢黄酮醇类物质能够吸收 UVB (280 ~ 320 nm) 能量,保护植物细胞收到过量的 UVB 辐射,然而允许可见光通过,UVB 光线能够增加黄酮和二氢黄酮的合成。因此,日照时间越多,茶叶中茶多酚类物质的积累越多,抗氧化活性越强。由结果可见,虽然清明前采摘的茶叶比较新鲜,外观较好,然而多酚类活性成分却不是最佳的。

表4 不同采摘时期的敬亭绿雪叶片的多酚含量及抗氧化活性

Table 4 Polyphenols and antioxidant activities of JingTingLvXue leaves at different picking times

样品 Sample	茶多酚含量 Tea Polyphenols (mg/g DW)	ABTS(%)	DPPH(%)
A	99	82	22
B	104	87	34
C	123	88	24
D	62	66	17
CVc (0.01 μg/μL)		88	86

## 2.4 液质联用比较鲜叶与茶叶中的主成分

液质联用分析结果如图2,经质谱碎片分析,新鲜叶片和成品茶叶中均含有 EGC、咖啡因、EC、EGCG/GCG 及 ECG。经过对比各化合物的峰值面积发现,叶片中儿茶素的含量明显低于成品茶叶中的含量,咖啡因含量则明显高于成品茶。经质谱分析峰4可能是 EGCG 与异构体 GCG 的混合体。从茶叶中峰值面积增大推断,其主要为 GCG,已有研究表明,EGCG 经高温处理后(40 °C 以上)会向其异构体 GCG 转化且同时会发生分解反应,产生 EGC 和 GA<sup>[17]</sup>。本实验研究结果与文献相符,EGC 经制

茶过程后含量也上升明显(表5)。

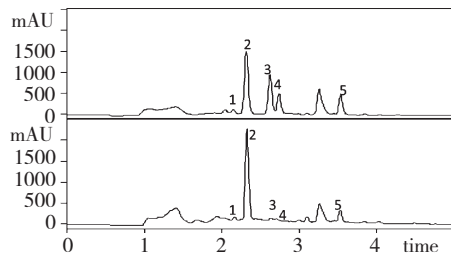


图2 液质联用分析敬亭绿雪茶叶和鲜叶片的化学成分  
Fig. 2 Chemical components analysis of JingTingLvXue tea and fresh leaves by HPLC-MS

表5 液质联用化合物解析<sup>a</sup>

Table 5 Compounds identification by HPLC-MS

峰号 Peak	化合物 Compound	保留时间 R <sub>t</sub> (min)	质荷比 m/z (+)	质荷比 m/z (-)	峰面积 Peak area( +)		比值 Ratio (T/L) <sup>b</sup>
					Tea	Leaves	
1	EGC	2.1	307.1	305.1	312940	27289	11.46
2	Caffeine	2.3	195.1		293325	462757	0.63
3	EC	2.6	291.1	289.1	367202	89502	2.98
4	EGCG/GCG	2.7	459.1	457.1	975767	128489	7.59
5	ECG	3.5	443.1	441.1	694177	124403	5.58

<sup>a</sup>EGC:表没食子儿茶素,Caffeine:咖啡因,EC:表儿茶素,EGCG:表没食子儿茶素没食子酸酯,GCG:没食子儿茶素没食子酸酯,ECG:表儿茶素没食子酸酯;<sup>b</sup>T/L:茶叶、鲜叶中各化合物峰面积的比例。

### 3 结论

经本实验研究,四种宣城特产茶叶均含有丰富的茶多酚,且具有较好的抗氧化活性,其中最为突出的是涌溪火青,利用回流提取条件测得茶多酚含量为161 mg 儿茶素/g 样品干重,且ABTS法测得的抗氧化活性最高。经回流最佳提取条件的提取,发现敬亭绿雪鲜叶片采摘时间越晚,叶片经日照时间越长,其内部含有的茶多酚越丰富,抗氧化活性越高。新鲜叶片经制茶过程处理后其内部茶多酚含量均有所增加,同时,咖啡因含量则有所降低。本研究可以为提高消费者对宣城特产茶叶的认识,为开发茶叶深加工产品提供理论依据。

#### 参考文献

- Valko M, Leibfritz D, Moncol J, et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol*, 2007, 39:44-84.
- Eveline AIF, Queiroz ZB, Fortes M, et al. Levan promotes antiproliferative and pro-apoptotic effects in MCF-7 breast cancer cells mediated by oxidative stress. *Int J Biol Macromol*, 2017, 102:565-570.
- Azzat O, Yap SW, Sopia H, et al. Modulation of oxidative stress by *Chlorella vulgaris* in streptozotocin (STZ) induced diabetic Sprague-Dawley rats. *Adv Med Sci*, 2010, 55:281-288.
- Oriol A, Rangel Z, Cristina C, et al. Differential menopause-versus aging-induced changes in oxidative stress and circadian rhythm gene markers Differential menopause-versus aging-induced changes in oxidative stress and circadian rhythm gene markers, Mechanisms of Ageing and Development. *Mech Age Dev*, 2017, 164:41-48.
- Li SL, ChiaHL, Chu HP, et al. The high-fat diet induces myocardial fibrosis in the metabolically healthy obese minipigs-The role of ER stress and oxidative stress. *Clin Nutr*, 2017, 36:760-767.
- Balsano C, Alisi A. Antioxidant effects of natural bioactive compounds. *Curr Pharm Design*, 2009, 15:3063-3073.
- Shang YF, Kim SM, Song DG, et al. Isolation and identification of antioxidant compounds from *Ligularia fischeri*. *J Food Sci*, 2010, 75:530-535.
- Bahman R, Mehrmouh M, Mohammad G, et al. Green tea and its anti-angiogenesis effects. *Biomed Pharmacoth*, 2017, 89:949-956.
- Allison M. Dostal, Hamed S, et al. The safety of green tea extract supplementation in postmenopausal women at risk for breast cancer: results of the Minnesota Green Tea Trial. *Food Chem Toxicol*, 2015, 83:26-35.
- Park JH, Bae JH, Im SS, et al. Green tea and type 2 diabetes. *Integr Med Res*, 2014, 3:4-10.
- Jiang L (蒋丽), Wang XM (王雪梅), Quan XJ (全学军), et al. Effect of extraction methods on the physico-chemical properties of green tea polyphenols. *Food Sci (食品科学)*, 2010, 31:136-139.
- Zhang D (张丹), Fan J (樊娇), Li X (李鑫), et al. Reflux extraction process research of tea polyphenols in Cuifeng tea from Fanjing mountain. *Guangzhou Chem Ind (广州化工)*, 2013, 41(14):72-74.
- Yao K (姚开), He Q (何强), Shi B (石碧). Physiological activities of tea polyphenols and their applications in food industry. *Sichuan Food Ferment (四川省食品与发酵)*, 2001, 36(3):6-10.
- Zhong J, Cheng X, Albert R, et al. The green tea polyphenol EGCG alleviates maternal diabetes-induced neural tube defects by inhibiting DNA hypermethylation. *Am J Obstetr Gynecol*, 2016, 3:368-378.
- Lu JK (鲁吉珂), Hao LM (郝利民), Tao RY (陶如玉), et al. Antioxidant activity of tea polyphenols and theaflavins of varied purities. *Food Sci (食品科学)*, 2015, 36(17):17-21.
- Shang YF, Kim SM, Um BH. Optimization of pressurized liquid extraction of antioxidants from black bamboo leaves. *Food Chem*, 2014, 154:164-170.
- Wu P (吴平), Xia T (夏涛), Gao LP (高丽萍), et al. Kinetics study on EGCG changes during thermal processing. *Food Ferment Ind (食品与发酵工业)*, 2010, 36(11):34-39.