

# 山茶花中多酚提取的方法及其抗氧化活性测定研究

邹家丽<sup>1</sup>, 邓骛远<sup>2</sup>, 和七一<sup>1</sup>, 邓可宣<sup>1</sup>, 罗通<sup>2</sup>, 余晓东<sup>1</sup>

(1. 重庆师范大学 生命科学学院, 重庆市动物生物学重点实验室, 重庆市生物活性物质工程研究中心, 重庆 401331;

2. 宜宾学院 生物研究所, 四川 宜宾 644000)

**摘要:**以山茶花为试材, 采用有机溶剂法和大孔树脂吸附法提取茶多酚, 研究比较了 2 种提取方法的多酚得率及纯度, 测定其清除 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、对羟自由基( $\cdot\text{OH}$ )、抗超氧阴离子( $\text{O}_2^-$ )和总抗氧化能力, 为山茶多酚抗氧化活性物的鉴定和综合利用提供参考。结果表明:大孔树脂吸附法提取多酚(89.34%)纯度比有机溶剂提取多酚(72.28%)纯度高。以大孔树脂吸附法提取的茶多酚做抗氧化活性试验表明, 茶多酚对 DPPH 的最大清除率达到 92.86%, 对  $\cdot\text{OH}$  的最大清除率为 90.77%, 对  $\text{O}_2^-$  的最大清除率仅为 47.79%, 0.5 mg/mL 茶多酚的总抗氧化能力为 17.35 U/mg。

**关键词:**山茶花;多酚;提取;抗氧化

**中图分类号:**Q 946-33 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)13-0103-05

山茶花(*Camellia japonica*)是山茶科山茶属植物的通称, 为常绿灌木或小乔木, 在中国西南地区广泛种植, 常用于城市景观绿化供人们观赏, 但对其综合开发利用还有所欠缺。山茶花与传统的茶同属一个科, 而从绿茶、红茶、乌龙茶等茶叶中提取茶多酚已有较多研究<sup>[1-6]</sup>, 研究表明茶花中也富含多酚<sup>[7]</sup>。植物多酚是指分子结构中含有若干酚性羟基的活性成分, 包括黄酮类、单宁类、酚酸类以及花色苷类等。作为植物体内一种重要的次级代谢产物, 其主要存在于皮、根、叶、花和果实中<sup>[8-15]</sup>。多酚对微生物具有广谱抗性, 能有效抑制革兰氏阴性菌、革兰氏阳性菌、真菌的生长<sup>[16-23]</sup>。同时, 多酚可以抑制恶性细胞的增殖<sup>[24-29]</sup>, 有效降低诱变剂的致癌作用<sup>[30]</sup>, 抑制相关肿瘤基因的表达<sup>[31]</sup>。且多酚具有抗氧化的作用<sup>[10-12, 20, 32, 33]</sup>。以其酚羟基作为氢供体, 与多种活性氧作用, 可将高活性物质还原成较稳定的物质,

减少氧自由基的产生<sup>[23]</sup>;多酚还能抑制氧化酶活性, 激活抗氧化酶体系<sup>[34]</sup>。最新研究表明, 绿茶多酚能清除体内的 NO 和活性氧(ROS)自由基, 从而达到预防和治疗帕金森病的目的<sup>[35-36]</sup>。由于具有以上独特的生理功能, 多酚在油脂、食品、医药、化工等领域具有广阔的应用前景, 因此对它的提取和应用研究也越来越多。其提取方法主要有溶剂萃取法<sup>[37-38]</sup>、离子沉淀法<sup>[39-40]</sup>、柱层析分离法<sup>[39, 41]</sup>、超临界流体萃取法<sup>[42]</sup>等。体外抗氧化活性的测定方法主要有抗  $\text{O}_2^-$  的产生<sup>[43]</sup>, 总抗氧化能力的测定<sup>[44-45]</sup>, 清除自由基<sup>[44-46]</sup>, 抗油脂自动氧化<sup>[11, 22, 47]</sup>等。该试验采用有机溶剂法和大孔树脂吸附法提取山茶花中的多酚, 对 2 种方法提取所得的多酚得率及纯度进行比较。通过测定山茶花多酚清除 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、对羟自由基( $\cdot\text{OH}$ )、抗超氧阴离子( $\text{O}_2^-$ )和总抗氧化能力来评价其抗氧化活性, 以期为山茶花多酚抗氧化活性物的鉴定及综合利用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试山茶花采自四川宜宾。采摘新鲜的山茶花用蒸馏水洗净, 冷冻干燥后粉碎, 过 18 目筛,  $-20^\circ\text{C}$  密封保存。4802S UV/VIS 分光光度计(美国 UNIC 公司)、SHZ-D(Ⅲ)循环水式真空泵、RE-52A 旋转蒸发器(上海

**第一作者简介:**邹家丽(1987-), 女, 硕士, 现主要从事植物生物化学研究工作。E-mail: zoujiali19@163.com.

**责任作者:**余晓东(1964-), 男, 博士, 教授, 现主要从事蛋白质化学研究工作。E-mail: yxd@cqu.edu.cn.

**基金项目:**宜宾市科技计划资助项目(2011Z27); 宜宾学院科研基金资助项目(2012S13)。

**收稿日期:**2013-03-07

**Abstract:** Taking *Cucumis sativus* 'Ludi No. 2' as material, MS as basic medium, 3-day-old cotyledons cucumber as ex-plants, the effect of different concentrations of hormones and  $\text{AgNO}_3$  combinations on buds regeneration induction were studied. The results showed that the best condition for buds induction was MS+6-BA 2.0 mg/L+ABA 1.0 mg/L+ $\text{AgNO}_3$  2.0 mg/L with the regeneration rate of 76.67%, which would contribute to a refined buds regeneration system and would contribute to the further work of cucumber transgenic and a more stable and effective plants regeneration system.

**Key words:** cucumber cotyledons; hormones; regeneration buds; effect

亚荣生化仪器厂)、BT25S 分析天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司)、ModulyoD 冷冻干燥机(美国 thermo 公司)、HD-21-88 柱层析仪(上海琪特分析仪器有限公司)。

抑制与产生超氧阴离子自由基试剂盒、总抗氧化能力(T-AOC)测试盒、羟自由基测试盒(南京建成生物工程研究所)、微孔滤膜(上海兴亚净化材料生产厂)、DM-301 大孔吸附树脂(郑州勤实科技有限公司)、色谱纯二苯基苦味酰基苯肼(美国 Sigma 公司)、没食子酸、福林酚试剂、抗坏血酸、乙醇、浓 HCl、NaOH、NaCO<sub>3</sub>、乙酸乙酯、氯仿,均为分析纯,水为二次蒸馏水。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 大孔树脂吸附法** 称取一定量处理好的山茶花,按浸提条件(60%乙醇,80℃,1:35 的料液比,20 min,浸提 1 次)浸提完成后,滤液过 0.45 μm 的滤膜,再减压蒸馏,用蒸馏水稀释到 2.77 mg/mL,按 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mL/min 流速上柱,当流出液浓度是上样液浓度的 1/10 时,认为已开始泄露,停止上样,测定上样流速对吸附量的影响。将浓缩后的浸提液稀释 0.5、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mg/mL 的上样浓度,测定不同上样浓度对吸附量的影响。取浓度为 3.08 mg/mL 的山茶花多酚样液,按 1 mL/min 的流速进行树脂动态吸附试验,观察动态吸附曲线的变化情况。将浓度为 2.57 mg/mL 的多酚样液按 1.5 mL/min 的上样流速进行吸附试验,吸附完毕后,先用 5% 的乙醇溶液洗掉杂质和未结合的多酚,再用 30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100% 不同浓度的乙醇洗脱多酚,测定不同浓度的乙醇对解吸率的影响,收集液减压蒸馏后冷冻干燥,得山茶花多酚粉末<sup>[29,33,48-53]</sup>。

**1.2.2 有机溶剂提取法** 称取 4.0000 g 处理好的山茶花,按浸提条件(60%乙醇,80℃,1:35 的料液比,20 min,浸提 1 次)浸提完成后,滤液加入等体积的氯仿脱色,4℃振荡并静置分层,水层用等体积的乙酸乙酯萃取,4℃振荡 30 min,静置分层,取乙酸乙酯层进行减压蒸馏,冷冻干燥后得山茶花多酚粉末<sup>[29,33,54]</sup>。

**1.2.3 山茶花多酚抗氧化试验** 称取 20.5 mg 的 DPPH 用 95% 的乙醇定容至 250 mL,配成  $1 \times 10^{-4}$  mol/L 溶液;称取纯度为 90.21% 的 0.1 g 山茶花多酚用 95% 乙醇定容至 100 mL,配成 1 mg/mL 样液。取 2 mL 多酚样液于 10 mL 的试管中,加入 2 mL  $1 \times 10^{-4}$  mol/L DPPH 溶液,混匀室温放置 30 min,以 95% 的乙醇溶液作参比,在 517 nm 处测定吸光度;移取 2 mL 样液加入 2 mL 95% 乙醇,混匀,测定 517 nm 处的吸光度;同时测定等体积混合的 DPPH 溶液与 95% 的乙醇混合的吸光度。以维生素 C 作阳性对照。根据公式计算茶花多酚及维生素 C 对 DPPH 的清除率。超氧阴离子自由基、羟自由基、总抗氧化能力(T-AOC)的测定均采用南京建成生物研究所生产测试盒,按说明书进行<sup>[29,48-50,52]</sup>。

## 1.3 项目测定

山茶花多酚用福林酚检测法 GB/T 8313-2008<sup>[55]</sup>。

树脂吸附量(mg/g) =  $C_0(V_0 - V_1)/G \cdots \cdots (1)$ ; 解析率(%) =  $C_0(V_0 - V_1)/C_2V_2 \times 100\% \cdots \cdots (2)$ ; 式(1)、(2)中,  $C_0$ : 山茶花多酚溶液的初始浓度(mg/mL),  $V_0$ : 山茶花多酚溶液的初始体积(mL),  $V_1$ : 吸附完毕后剩下的山茶花多酚溶液体积(mL),  $G$ : 树脂的质量(g),  $C_2$ : 洗脱收集液的浓度(mg/mL),  $V_2$ : 洗脱收集液的体积(mL)。

清除 · OH 及抗 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 的计算: 清除率(%) =  $(A_i - A_j)/A_i \times 100 \cdots \cdots (3)$ , 式中,  $A_i$ : 对照管在 550 nm 下的吸光度,  $A_j$ : 测定管在 550 nm 下的吸光度。

清除 DPPH · 的计算: 清除率(%) =  $(1 - (A_i - A_j)/A_c) \times 100\% \cdots \cdots (4)$ 。式中,  $A_i$ : 测定管在 517 nm 处的吸光度,  $A_j$ : 样液 + 95% 的乙醇在 517 nm 处的吸光度,  $A_c$ : DPPH + 95% 的乙醇在 517 nm 处的吸光度。

## 2 结果与分析

### 2.1 大孔树脂吸附结果

**2.1.1 没食子酸标准曲线** 标准曲线按照 GB/T 8313-2008 制作,结果见图 1。

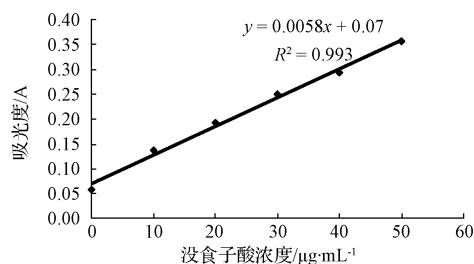


图 1 没食子酸标准曲线

Fig. 1 Gallic acid standard curve

**2.1.2 流速对山茶花多酚吸附量的影响** 由图 2 可知,在流速为 0.5 mL/min 时,吸附量达到峰值,为 22.73 mg/g,但上样体积较大,循环周期较长;当流速上升到 2.0 mL/min 时,吸附量较低;当流速升为 3.0 mL/min 时,吸附量仅为 10.28 mg/g。综合考虑,流速取 1.0~1.5 mL/min 时较合理,故选取 1.0 mL/min 进行吸附量和动态曲线的测定试验。

**2.1.3 山茶花多酚上样浓度对吸附量的影响** 由图 3 可知,山茶花多酚浓度在 0.5~3.0 mg/mL 时,树脂对山

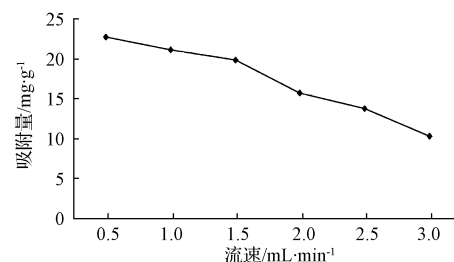


图 2 流速对山茶花多酚吸附量的影响

Fig. 2 Effect of velocity flow on adsorption quantity

茶花多酚的吸附量随着浓度的增加而增大,在 3.0 mg/mL 时达到最大,再升高浓度,吸附量略下降,因此吸附的浓度应控制在 3.0 mg/mL 左右。

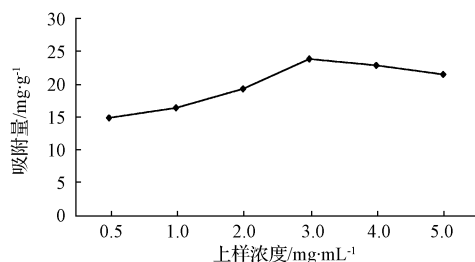


图3 山茶花多酚浓度对吸附效果的影响

Fig. 3 Effect of the polyphenol concentration on adsorption efficiency

2.1.4 山茶花多酚动态吸附曲线 由图4可知,树脂吸附的曲线大致呈“S”形,在上样体积为 140 mL 时开始泄露,此时吸附量为 21.56 mg/g,并在较长时间内保持较低的泄露量,当上样体积达到 460 mL 时,树脂吸附达到平衡,最大吸附量为 62.47 mg/g。

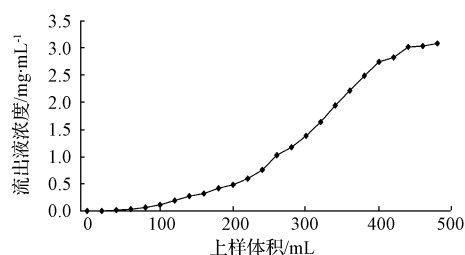


图4 动态吸附曲线

Fig. 4 Dynamic adsorption curve

2.1.5 洗脱剂浓度对解析效果的影响 由图5可知,当乙醇浓度由 30% 增加到 80% 时,解吸率从 55.23% 增加到 95.76%,再增加乙醇浓度,解吸率增加缓慢。从资源利用率与解吸率等方面的因素考虑,该试验选择 80% 的乙醇进行洗脱。

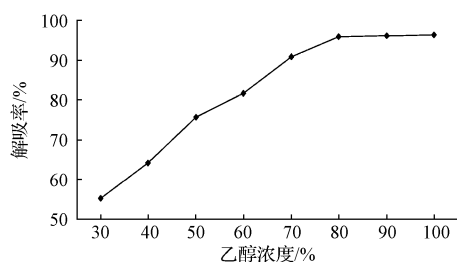


图5 洗脱液浓度对解吸效果的影响

Fig. 5 Effect of eluant concentration on desorption efficiency

2.1.6 动态洗脱曲线 为观察解吸效果,将已完成吸附的树脂,先用 5% 的乙醇溶液洗掉杂质和未结合的多酚,然后用 80% 的乙醇进行洗脱,流速为 1.5 mL/min。由图6可知,当洗脱体积达到 240 mL 时,已基本将山茶花多酚洗脱出来。

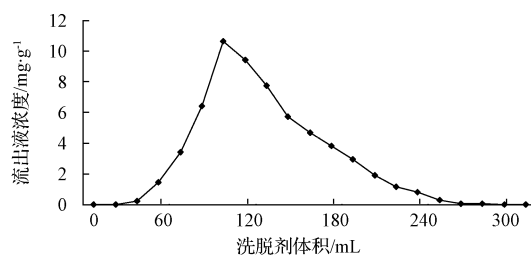


图6 动态洗脱曲线

Fig. 6 Dynamic desorption curve

## 2.2 有机溶剂提取法与大孔树脂吸附法比较

由表1可知,树脂吸附的得率虽然比有机溶剂的得率稍低,但所得多酚的纯度却远远高于有机溶剂提取的多酚,综合考虑树脂吸附的方法更好。

表1 有机溶剂提取法与大孔树脂吸附法结果比较

Table 1 The results of organic solvent extraction and macroporous resin adsorption

试验 Experiment	干粉质量 Powder quality/g	得率 Yield/%	纯度 Purity/%	纯度平均值 The average purity/%
树脂吸附	1 0.370	9.25	89.35	89.34±0.51
	2 0.390	9.75	88.46	
	3 0.367	9.18	90.21	
有机溶剂	1 0.402	10.05	73.37	72.28±0.56
	2 0.434	10.85	70.82	
	3 0.425	10.63	72.64	

## 2.3 山茶花多酚抗氧化试验

2.3.1 山茶花多酚对 DPPH 的清除作用 由图7可见,维生素C与山茶花多酚都具有清除 DPPH 的作用,维生素C在 0.016 mg/mL 浓度时清除 DPPH 的效果即较好,清除率可达 95.95%;而此时山茶花多酚的清除率仅为 48.23%,但山茶花多酚在浓度为 0.125 mg/mL 时清除率达到 92.86%,效果较好。

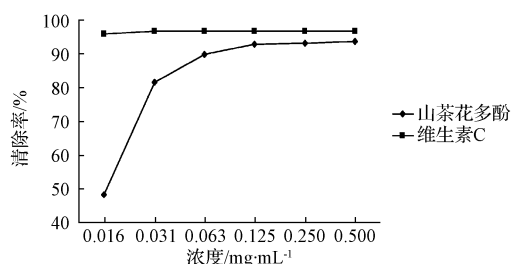


图7 山茶花多酚及维生素C对清除 DPPH 效果

Fig. 7 Scavenging effects of the *Camellia* polyphenol and VC on DPPH

2.3.2 山茶花多酚抗  $O_2^-$  活性测定 由图8可见,维生素C与山茶花多酚均具有抗  $O_2^-$  的作用,当浓度在 0.10~0.75 mg/mL 的范围内时,随着浓度的增加清除率也不断增加,当浓度为 0.75 mg/mL 时,二者均达最大的清除率,此时维生素C对超氧阴离子清除率为 95.70%,山茶花多酚的清除率为 47.79%,此后再增加各自的浓度清除率增效不明显。

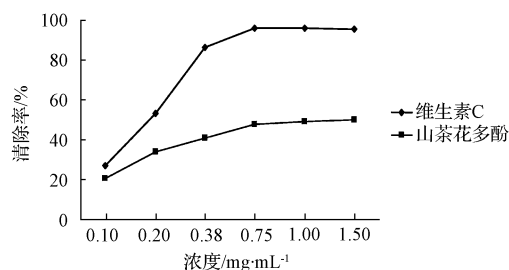
图8 山茶花多酚对  $O_2^-$  清除作用

Fig. 8 Scavenging effects of *Camellia* polyphenol and VC on  $O_2^-$

2.3.3 山茶花多酚清除  $\cdot OH$  活性测定 由图9可见, 维生素C与山茶花多酚均具有清除  $\cdot OH$  的活性, 维生素C浓度在0.25 mg/mL时对  $\cdot OH$  的清除率即达到了93.94%,而此时山茶花多酚对  $\cdot OH$  的清除率仅为47.9%。再增加各自的浓度, 维生素C对  $\cdot OH$  的清除率几乎不变, 山茶花多酚随着浓度的增加清除率不断上升, 当浓度为1.75 mg/mL时清除率达90.77%, 再增加浓度清除率变化不大。由此可见, 高浓度的山茶花多酚对  $\cdot OH$  的清除效果较好。

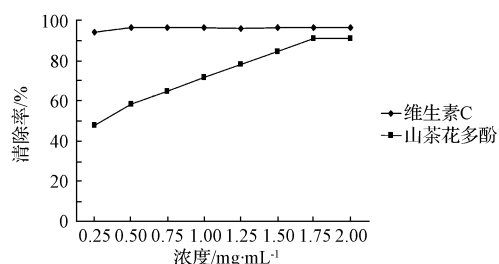
图9 山茶花多酚及维生素C对  $\cdot OH$  的清除作用

Fig. 9 Scavenging effects of *Camellia* polyphenol and VC on  $\cdot OH$

2.3.4 山茶花多酚总抗氧化能力的测定 由表2可知, 山茶花多酚的总抗氧化能力为17.35 U/mg, 维生素C的总抗氧化能力为69.57 U/mg。

表2 山茶花多酚及维生素C的总抗氧化能力

Table 2 The total antioxidant capacity of *Camellia* polyphenol and VC

样品 Sample	检测值 Test value /U · mg <sup>-1</sup>	平均值 Mean /U · mg <sup>-1</sup>	标准偏差 Standard deviation	相对标准偏差 Relative standard deviation / %
山茶花多酚	17.33	17.35	0.62	3.54
	16.93			
	17.80			
	71.60			
维生素C	68.80	69.57	2.50	3.59
	68.33			

### 3 结论

山茶花在西南地区广泛种植, 花期较长, 资源丰富。该试验采用大孔树脂吸附法从山茶花中提取多酚, 操作简单, 生产周期短, 36 h内就可得到干燥粉末, 多酚纯度

高达89.34%, 较王丽丽<sup>[15]</sup>、石丽荣<sup>[54]</sup>从紫金香叶及龙眼核中提取的多酚纯度(63.4%、71.05%)都高。山茶花多酚对DPPH、 $O_2^-$ 和 $\cdot OH$ 均具有清除作用, 抗氧化活性强, 而杨子银<sup>[7]</sup>报道的与山茶花亲缘关系较近的茶花也具有相同活性。活性测定结果可作为初步判断其药效学的依据, 对其开发成天然食品、化妆品的抗氧化剂具有重大意义。

### 参考文献

- [1] 张仁堂, 谷端银, 黄守耀. 茉莉花茶中茶多酚的提取分离纯化及其抗氧化性能研究[J]. 中国食物与营养, 2010(4): 47-51.
- [2] 冯彬彬. 茶叶提取物的药用价值及开发利用[D]. 重庆: 西南大学, 2007.
- [3] 王华燕. 绿茶多酚的提取与制备工艺研究[D]. 北京: 首都师范大学, 2008.
- [4] 郭树琴, 吴胜举, 牛春玲, 等. 超声提取绿茶茶多酚研究[J]. 陕西师范大学(自然科学版), 2009, 37(1): 36-38.
- [5] 刘佳, 焦士蓉, 唐远谋, 等. 苦丁茶多酚的提取及抗氧化活性[J]. 食品科学, 2011, 32(14): 134-138.
- [6] 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(3): 62-66.
- [7] 杨子银. 茶(红茶)与茶(*Camellia sinensis*)花多酚类物质的分离鉴定及其抗氧化机理研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- [8] 宋立江, 狄莹, 石碧. 植物多酚研究与利用的意义及发展趋势[J]. 化学进展, 2000, 12(2): 161-170.
- [9] 石嘉桦. 青梅花、枝、叶中多酚的抗氧化活性及稳定性的研究[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(9): 171-175.
- [10] 曲珊珊, 魏媛媛, 邬利娅, 等. 维药石榴花多酚的抗氧化活性[J]. 中华中医药杂志, 2012, 27(9): 2402-2405.
- [11] 王俊亮, 肖苏尧, 陈运娇, 等. 广林9号茶叶多酚抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2012, 33(1): 20-24.
- [12] 李霄, 曹艳萍, 马向荣, 等. 陕北红枣多酚抗氧化性研究与比较[J]. 应用化学, 2012, 41(8): 1368-1371.
- [13] 李春海, 孙卫东. 蔗糖多酚提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 中国食品添加剂, 2012(4): 181-185.
- [14] 李利华. 马铃薯块茎粗多酚体外抗氧化活性[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(9): 176-179.
- [15] 王丽丽. 紫丁香叶多酚物质的提取及抗氧化性能研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2007.
- [16] 石碧, 狄莹. 植物多酚[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 5.
- [17] Tapiero H, Tew K D. Polyphenols: Do They Play A Role in the Prevention of Human Pathologies[J]. Biomed Pharmacother, 2002, 56(1): 200-207.
- [18] 彭慧琴, 蔡卫民, 项哨. 茶多酚体外抗流感病毒A3的作用[J]. 茶叶科学, 2003, 23(1): 79-81.
- [19] 唐裕芳, 张妙. 茶多酚的抑菌活性研究[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(5): 553-557.
- [20] 陆雪莹, 热依木古丽, 阿布都拉, 等. 新疆石榴皮总多酚有效部位的抗氧化、抗菌及抗肿瘤活性[J]. 食品科学, 2011, 33(9): 26-30.
- [21] 陈孝娟, 顾政一, 黄华, 等. 石榴皮总多酚抗菌消炎作用的初步研究[J]. 西北药学杂志, 2011, 26(4): 268-270.
- [22] 黄素英. 莲子多酚提取及其抗氧化抑菌活性的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- [23] Tapiero H, Tew K D. Polyphenols: Do They Play A Role in the Prevention of Human Pathologies[J]. Biomed Pharmacother, 2002, 56(1): 200-207.



- [24] Jacob J K, Hakmuddin F, Paliyath G, et al. Antioxidant and antiproliferative activity of polyphenols in novel high-polyphenol grape lines[J]. Food Research International, 2008, 41(4): 419-428.
- [25] Wang X J, Wei Y Q, Yuan S L, et al. Potential anticancer activity of litchi fruit pericarp extract against hepatocellular carcinoma in vitro[J]. Cancer letters, 2006, 239(1): 144-150.
- [26] Caderni G, De Filippo C, Luceri C, et al. Effects of black tea, green tea and wine extracts on intestinal carcinogenesis induced by azoxymethane in F344 rats[J]. Carcinogenesis, 2000, 21(11): 1965-1969.
- [27] 王婧, 陈信义, 侯丽, 等. 茶多酚对小鼠 Lewis 肺癌移植瘤中 NF- $\kappa$ B, COX-2, Survivin 表达的影响[J]. 中国肺癌杂志, 2012, 15(5): 271-276.
- [28] 魏玉西, 孙岫, 王长云, 等. 鼠尾藻多酚的抗肿瘤活性研究[J]. 中草药, 2008, 29(1): 93-95.
- [29] 杨会成. 海带(*Laminaria japonica* Aresch)多酚的提取、分离及其抗肿瘤、抗菌活性研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [30] 马中春. 葡萄籽提取物的抗突变试验[J]. 癌变·畸变·突变, 2005, 17(5): 306-307.
- [31] 徐力, 李冬云, 侯丽, 等. 茶多酚干预移植性 S180 小鼠肿瘤血管相关因子表达[J]. 中医肿瘤, 2006, 15(6): 363-365.
- [32] 周向军, 高义霞, 李娟娟, 等. 乳苣多酚提取工艺及抗氧化研究[J]. 中国酿造, 2011(9): 118-121.
- [33] 严奉伟. 菜籽多酚的提取、纯化、结构鉴定与功能活性评价[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [34] 王景梓, 王岗, 徐贵发, 等. 茶多酚的药理研究[J]. 食品与药品, 2006(8): 23-26.
- [35] Guo S H, Bezard E, Zhao B L. Protective effect of green tea polyphenols on the SH-SY5Y cells against 6-OHDA induced apoptosis through ROS-NO pathway[J]. Free Radical Biology & Medicine, 2005, 39: 682-695.
- [36] Guo S H, Yan J Q, Yang T B, et al. Protective Effects of Green Tea Polyphenols in the 6-OHDA Rat Model of Parkinson's Disease Through Inhibition of ROS-NO Pathway [J]. Biological Psychiatry, 2007, 62: 1353-1362.
- [37] Mangas J J, Picinelli A, Moreno J. Differentiation by polyphenol profile of apple juices prepared according to two membrane techniques[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45: 4777-4784.
- [38] 黄艳君, 袁铁流, 刘锋. 茶多酚提取以分离的研究进展[J]. 湖南中医杂志, 2006, 22(3): 107-108.
- [39] 胥佰涛, 徐平, 沈生荣. 茶多酚提取方法研究进展[J]. 茶叶, 2007, 33(3): 143-146.
- [40] 林建平.  $\text{Se}^{4+}$  沉淀法提取茶多酚及制备工艺比较[J]. 三明高等专科学校学报, 2004(12): 62-65.
- [41] 徐向群. 吸附茶多酚树脂的筛选[J]. 茶叶科学, 1995, 15(2): 137-140.
- [42] 姜守刚, 蒋建勤, 王建营, 等. 茶多酚的提取分离和分析鉴定研究[J]. 药学进展, 2005, 29(2): 72-76.
- [43] 郭丽萍. 香蕉皮中多酚物质抗氧化性能的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2006.
- [44] 肖浩, 郑小江, 朱玉婷. 藤茶多酚体外抗氧化作用[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(5): 679-682.
- [45] 金莹. 苹果多酚的超声波提取及其抗氧化性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
- [46] 阎高峰, 叶小利, 袁吕江, 等. 天然抗氧化剂木犀草素抗氧化活性的研究[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(8): 27-29.
- [47] 刘建, 孟春丽, 杨萍. 茶多酚对食用油脂的抗氧化性探讨[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2007, 28(4): 37-40.
- [48] 乔小瑞. 荔枝多酚的提取制备和抗氧化活性研究[D]. 厦门: 集美大学, 2010.
- [49] 周丽明. 芒果多酚的提取、分离纯化及抗氧化、抑菌作用研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- [50] 王宏. 苹果渣中多酚物质的提取、分离及其抗氧化活性研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2006.
- [51] 李群梅. 杨桃果实多酚及其抗氧化活性的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2010.
- [52] 吕群金. 杨桃渣多酚化合物的提取、纯化及功能性质的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2010.
- [53] 吴兰兰. 龙眼核多酚的分离纯化及其结构和抗氧化活性研究[D]. 福州: 集美大学, 2010.
- [54] 石丽荣. 龙眼壳酚类物质的提取分离及其抗氧化活性研究[D]. 福州: 集美大学, 2010.
- [55] GB/T 8313-2008. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

## Polyphenol Extracted from the *Camellia japonica* Flowers and Its Antioxidant Activity

ZOU Jia-li<sup>1</sup>, DENG Wu-yuan<sup>2</sup>, HE Qi-yi<sup>1</sup>, DENG Ke-xuan<sup>1</sup>, LUO Tong<sup>2</sup>, YU Xiao-dong<sup>1</sup>

(1. School of Life Science, Chongqing Normal University, Chongqing Key Laboratory of Animal Biology, Chongqing Engineering Research Center of Bioactive Substance, Chongqing 401331; 2. Institute of Biology, Yibin University, Yibin, Sichuan 644000)

**Abstract:** Taking *Camellia japonica* as materials, two methods including organic solvent and macroporous resin method were adopted to extract polyphenol, absorbance capacity DPPH,  $\cdot\text{OH}$ ,  $\text{O}_2^{\cdot-}$  and total antioxidant capacity were determined, in order to provide theoretical basis for antioxidant activity evaluation and comprehensive utilization for polyphenol of the flowers of *Camellia japonica*. The results showed that the purity of polyphenol by the macroporous resin method (89.34%) was higher than by organic solvent method (72.28%). The antioxidant activities of polyphenol extracted by the latter method were measured and the results presented the maximum clearance rates of the polyphenol clearing 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), hydroxyl radical ( $\cdot\text{OH}$ ) and anti-superoxide anion ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ) were 92.86%, 90.77% and 47.79% respectively, the total antioxidant capacity of 0.5 mg/mL polyphenol was 17.35 U/mg.

**Key words:** *Camellia japonica*; polyphenol; extract; antioxidant