

## 4种樟属植物精油抗氧化活性的比较研究\*

罗世惠, 黄婷, 史宗畔, 陈代俐, 陈斌, 何正波  
(重庆师范大学昆虫与分子生物学研究所, 重庆 401331)

**摘要:**【目的】比较香樟(*Cinnamomum camphora*)、天竺桂(*Cinnamomum japonicum*)、蜀桂(*Cinnamomum szechuanense*)和香桂(*Cinnamomum subavenium*)叶片精油的抗氧化能力。【方法】采用水蒸气蒸馏法提取4种植物叶的精油, 比较分析4种精油的总抗氧化能力, 对1, 1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基、羟基自由基清除的能力。【结果】4种精油都表现出一定的抗氧化活性, 尤其是香桂精油在低质量浓度(小于 $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ )时的总抗氧化活性明显优于人工合成抗氧化剂丁基羟基茴香醚(BHA)。香桂精油清除DPPH自由基的活性最高, 半数效应浓度( $\text{EC}_{50}$ )小于 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 而香樟精油、天竺桂精油和蜀桂精油的 $\text{EC}_{50}$ 分别为23.86, 34.11, 11.99  $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。4种精油对羟基自由基也都表现出了较好的清除活性。随着质量浓度升高, 4种精油对羟基自由基的清除活性逐渐低于BHA。在质量浓度为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 2.0 \times 10^{-5} \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时, 只有香桂的羟基自由基清除活性低于BHA并在 $p < 0.05$ 水平有统计学意义; 【结论】4种樟属植物的叶片精油均具有一定的抗氧化能力, 尤其是香桂精油具有较强的总抗氧化能力和DPPH自由基清除能力, 具有开发为天然抗氧化物质的潜力。

**关键词:**樟属; 精油; 抗氧化活性; DPPH; 羟基自由基

**中图分类号:** Q946.85

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-6693(2018)01-0111-06

人工合成抗氧化剂, 如丁基羟基茴香醚(BHA)、没食子酸丙酯(PG)、二丁基羟基甲苯(BHT)等, 现已被广泛应用于食品、化工、医药等行业。由于目前人工合成抗氧化剂的安全性受到广泛质疑, 人们开始寻找和使用高效、天然、稳定和低毒的天然抗氧化剂<sup>[1-3]</sup>。植物精油具有抑菌、抗炎、抗氧化、杀虫、抗癌等多种功能, 作为一类天然抗氧化剂, 目前备受人们关注<sup>[4-6]</sup>。

关于精油抗氧化活性的研究大都集中于精油含量较为丰富的芳香植物中, 包括樟科(Lauraceae)、唇形科(Labiatae)、桃金娘科(Myrtaceae)、姜科(Zingiberaceae)、木犀科(Oleaceae)等<sup>[7]</sup>。樟属(*Cinnamomum*)植物属于樟科, 一般都具有浓郁的香气, 芳香油含量高, 叶、皮、果实等都可提出精油。大量研究表明, 该属植物的精油具有较强的抗氧化活性。例如: 香樟(*Cinnamomum camphora*)叶片黄酮类提取物具有明显的抗氧化活性, 且抗氧化活性随浓度增高而增强<sup>[8]</sup>; 在一定浓度范围内, 肉桂(*Cinnamomum cassia*)精油的羟自由基清除能力强于BHT和PG, 清除超氧阴离子自由基的能力强于PG<sup>[9]</sup>; 进一步研究发现肉桂精油及其中主要成分肉桂醛具有非常好的抗氧化活性, 可用作皮肤美白剂和按摩天然香料<sup>[10]</sup>; Lee等人<sup>[11]</sup>发现香樟的乙酸乙酯提取物和甲醇提取物具有较强的抗氧化活性; Salleh等人<sup>[12]</sup>发现*Cinnamomum griffithii*叶片精油能够有效抑制亚油酸氧化, *Cinnamomum macrocarpum*树皮精油能够明显抑制乙酰胆碱酯酶和丁酰胆碱酯酶的活性。

重庆地处湿润的亚热带, 大陆性季风气候明显, 生物多样性丰富, 仅樟属植物就有11种<sup>[13-14]</sup>。香樟、天竺桂(*Cinnamomum japonicum*)、蜀桂(*Cinnamomum szechuanense*)、香桂(*Cinnamomum subavenium*)等植物在重庆分布较为广泛, 树木保有量较大。其中, 蜀桂仅在重庆和四川的部分地方有分布, 而香樟、天竺桂和香桂广泛分布于中国南方和东亚、南亚、东南亚的一些国家<sup>[15]</sup>。这4种樟属植物中, 仅香樟和天竺桂精油的提取和抗氧化活性已有研究<sup>[16-18]</sup>, 而有关香桂和蜀桂的抗氧化活性的研究尚无报道。本研究采用水蒸气蒸馏法提取了上述4种樟属植物叶片的精油, 测定精油的总抗氧化能力和精油对羟基自由基和1, 1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)的清除能力, 并与人工合成抗氧化剂BHA进行了比较, 探究它们作为功能性抗氧化剂应用的可行性, 期望能为樟属植物资源的充分利用提供理论依据。

\* 收稿日期: 2016-10-30 修回日期: 2017-12-05 网络出版时间: 2017-05-16 11:25

资助项目: 国家自然科学基金(No.31572332); 重庆市优秀人才支持计划(2014)

第一作者简介: 罗世惠, 女, 研究方向为生物化学, E-mail: 1164303831@qq.com; 通信作者: 何正波, 教授, E-mail: zhengbohe@cqu.edu.cn

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.n.20170516.1125.024.html>

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

用于提取精油的香樟、天竺桂、蜀桂和香桂叶片于 2015 年 6 月份从重庆市北碚区缙云山和重庆师范大学大学城校区校园内采集。

### 1.2 主要试剂

BHA、DPPH 购自美国 Sigma 公司。无水乙醇、硫酸亚铁、钼酸铵、磷酸氢二钠、柠檬酸、磷酸钠、结晶紫等均为分析纯,购自川东化学试剂厂。

### 1.3 精油的提取

参考黄婷等人<sup>[19]</sup>的水蒸汽蒸馏法提取精油,具体操作为:称取剪碎的新鲜树叶 100 g,置于装有 500 mL 蒸馏水的 1 L 烧瓶中,加入适量的氯化钠后置电热套中加热,保持微沸 5 h;收集精油,保存于 4 °C 冰箱中备用。

### 1.4 总抗氧化能力测定

用磷钼络合法测定每种精油的总抗氧化活性<sup>[19-20]</sup>。用无水乙醇稀释精油及 BHA,得到质量浓度分别为 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 mg · mL<sup>-1</sup>的精油-乙醇溶液和 BHA-乙醇溶液(该溶液为阳性对照),以此作为样品液。依次取 0.3 mL 样品液和 2.7 mL 磷钼试剂(含 0.6 mol · L<sup>-1</sup>硫酸、28 mmol · L<sup>-1</sup>磷酸钠和 4 mmol · L<sup>-1</sup>钼酸铵)加入干净试管中,摇匀后在 95 °C 恒温加热 90 min,冷却至室温;在 695 nm 波长下测定吸光值。用 0.3 mL 无水乙醇代替样品液作为对照。相关操作重复 3 次。

### 1.5 DPPH 自由基清除能力测试

DPPH 自由基清除能力测试参照黄婷等人<sup>[19]</sup>的方法。用无水乙醇稀释精油及 BHA,得到质量浓度分别为 1.0,2.0,4.0,8.0,10.0 mg · mL<sup>-1</sup>的精油-乙醇溶液和 BHA-乙醇溶液(该溶液为阳性对照),以此作为样品液。分别取 2 mL 样品液和 3 mL 0.2 mmol · L<sup>-1</sup>的 DPPH 乙醇溶液于干燥洁净的试管中,摇匀后于室温避光 30 min;测定溶液在 517 nm 波长下的吸光值,记为 A<sub>1</sub>。向试管中加入 0.2 mmol · L<sup>-1</sup>的 DPPH 乙醇溶液 3 mL 和无水乙醇 2 mL,测得的吸光度记为 A<sub>0</sub>;向试管中分别加入 3 mL 无水乙醇和 2 mL 样品液,测得的吸光度记为 A<sub>b</sub>。相关操作重复 3 次,取平均值作为测试结果。样品的清除率(S)按公式  $S = [1 - (A_1 - A_b) / A_0] \times 100\%$  进行计算。

### 1.6 羟基自由基清除能力测试

用结晶紫法测定精油对羟基自由基的清除能力<sup>[19,21]</sup>。用无水乙醇稀释精油及 BHA,得到质量浓度为  $1.0 \times 10^{-3}$  mg · mL<sup>-1</sup>的精油-乙醇溶液和 BHA-乙醇溶液(该溶液为阳性对照),以此作为样品液。向干燥洁净的试管中依次加入 0.4 mmol · L<sup>-1</sup>结晶紫溶液 0.3 mL、5.0 mmol · L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液 0.6 mL 和 1.0 mmol · L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub> 溶液 1.2 mL,再用磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲液(pH 为 4.0)定容至 10 mL,静置 30 min 后测定 580 nm 波长下吸光度,记作 A<sub>b</sub>;在上述反应溶液加入 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 之前,分别加入 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 mL 的样品液,测定溶液的吸光度,记为 A<sub>s</sub>;测定不加 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 时溶液的吸光度,记为 A<sub>0</sub>。重复 3 次。样品的清除率(S)按公式  $S = [(A_s - A_b) / (A_0 - A_b)] \times 100\%$  进行计算。

### 1.7 数据处理

采用 SPSS 17.0 进行数据的统计分析,统计数据以“平均值±标准误”表示。组间差异采用单因素方差分析和 Turkey 检验,两组比较采用 Student *t* 检验进行分析。当  $p < 0.05$  时,统计结果具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 4 种樟属植物精油的提取

4 种樟属植物叶片的精油提取结果如表 1 所示,精油的提取率在 0.50%~0.63%之间。

### 2.2 总抗氧化能力的测定

如图 1 所示,4 种樟属植物精油和人工合成抗氧化剂 BHA 的总抗氧化活性与质量浓度为正相关关系。无论样品质量浓度如何,香桂精油的总抗氧化活性均高于其余 3 种植物精油的总抗氧化活性,与它们的差异均具有统计学意义( $p < 0.05$ )。当样品质量浓度为 0.1~0.3 mg · mL<sup>-1</sup>时,香桂精油的总抗氧化活性随着质量浓度的增大而增加,且高于相同质量浓度 BHA 的总抗氧化活性,两者差异具有统计学意义( $p < 0.05$ );当样品质量浓度为 0.3~0.4 mg · mL<sup>-1</sup>时,两者的总抗氧化活性相当;而样品质量浓度为 0.4~0.5 mg · mL<sup>-1</sup>时,香桂精

油与相同质量浓度 BHA 相比,总抗氧化活性低于后者。此外,当样品质量浓度为  $0.2\sim 0.3\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  时,蜀桂和天竺桂两种植物精油的总抗氧化活性相当,随着质量浓度的增大,蜀桂精油的总抗氧化活性比天竺桂精油的总抗氧化活性更高;而香樟的总抗氧化活性随着质量浓度的增大也持续增加,但始终比以上 3 种樟属植物精油的总抗氧化活性低。按总抗氧化活性从高到低的顺序对 4 种樟属植物精油进行排序,依次为香桂精油、蜀桂精油、天竺桂精油、香樟精油。

### 2.3 DPPH 清除能力测定

香桂精油对 DPPH 自由基的半数效应浓度( $EC_{50}$ )值小于  $1.0\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ ,而蜀桂精油、香樟精油和天竺桂精油的  $EC_{50}$  分别为  $11.99, 23.86$  和  $34.11\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。香桂精油质量浓度为  $1.0\sim 2.0\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  时,它和 BHA 对 DPPH 自由基的清除率无统计学意义上的差异;但随着质量浓度的增大,香桂精油的 DPPH 自由基清除能力比 BHA 的更高,且两者差异具有统计学意义( $p<0.05$ )。然而,与 BHA 相比,其他 3 种樟属精油清除 DPPH 自由基能力都较低,且与 BHA 清除 DPPH 自由基能力的差异具有统计学意义( $p<0.05$ ) (图 2)。按 DPPH 自由基清除能力从高到低的顺序对 4 种樟属植物精油进行排序,依次为香桂精油、蜀桂精油、香樟精油、天竺桂精油。

### 2.4 羟基自由基清除能力测定

如图 3 所示,4 种樟属植物精油和 BHA 的羟基自由基清除能力随着质量浓度升高而增强。在质量浓度为  $1.0\times 10^{-5}\sim 2.0\times 10^{-5}\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  时,与 BHA 相比只有香桂的羟基自由基清除能力较低且与前者差异具有统计学意义( $p<0.05$ )。随着质量浓度的升高,4 种精油羟基自由基清除能力增长的幅度比 BHA 的更低。在质量浓度为  $3.0\times 10^{-5}\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  时,天竺桂精油、蜀桂精油的羟基自由基清除能力与 BHA 的相比均无统计学意义上的差异;但两者与香樟精油、香桂精油的羟基自由基清除能力相比明显更高,且与后两者的差异具有统计学意义( $p<0.05$ )。当质量浓度增大到  $4.0\times 10^{-5}\sim 5.0\times 10^{-5}\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  时,BHA 的羟基自由基的清除能力明显比 4 种樟科植物精油的更高,且与它们的差异均具有统计学意义( $p<0.05$ )。按羟基自由基清除能力从高到低的顺序对 4 种樟属植物精油进行排序,依次为蜀桂精油、天竺桂精油、香樟精油、香桂精油。

## 3 讨论

人工合成抗氧化剂如 BHA、PG、BHT 等的长期使用所导致的残留毒性、致癌等健康问题,使人们希望从植物中找到活性强、安全性好的天然抗氧化物质。笔者提取了在重庆大量栽种的蜀桂、香樟、天竺桂、香桂等 4 种樟属植物叶片的精油,测定了 4 种植物精油的总抗氧化能力和对羟基自由基、DPPH 自由基的清除能力。研究表明,4 种植物叶片的精油提取率在  $0.50\%\sim 0.63\%$  之间,香樟精油提取率最高(表 1)。同样是采用水蒸气蒸馏法进行精油提取,陈鸿等人<sup>[22]</sup>研究中香樟精油提取率为  $0.90\%$ ;Satyal 等人<sup>[23]</sup>从采自尼泊尔两个不同地方的香樟叶中提取精油,提取率分别为  $1.3\%, 0.9\%$ ;Ho 等人<sup>[24]</sup>从采自台湾的香樟叶中提取精油,从  $1\text{ g}$  干叶中可提取  $(3.94\pm 0.06)\text{ mL}$  精油。此外,莫开林等人<sup>[25]</sup>发现,4 月份油樟(*Cinnamomum longepaniculatum*)的精油含量最高,约为 1,2 月份时油樟

表 1 精油的提取率及性状

Tab. 1 The yield rate and feature of the essential oils

植物名称	精油提取率/%	精油性状
香樟	0.63	无色透明液体
天竺桂	0.52	浅黄色透明液体
蜀桂	0.60	深黄色透明液体
香桂	0.58	黄色透明液体

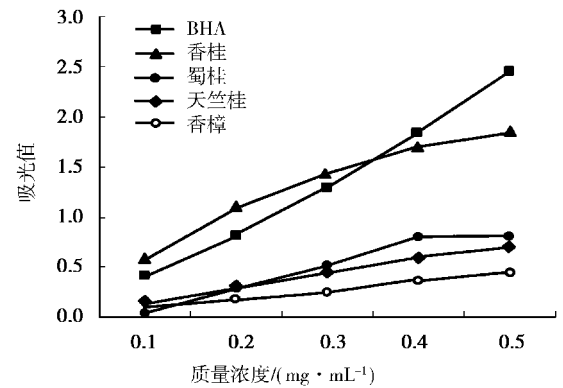


图 1 4 种樟属植物精油的总抗氧化能力

Fig. 1 Total antioxidant capacities of four *Cinnamomum* extracts

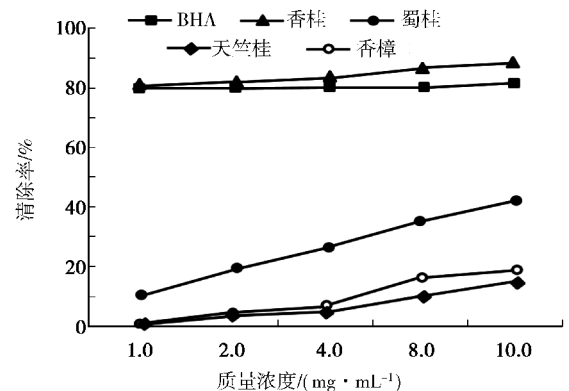


图 2 4 种樟属植物精油的 DPPH 自由基清除能力

Fig. 2 DPPH radical scavenging capacities of four *Cinnamomum* extracts

精油含量的 2 倍。由此可见,精油提取率的差异可能与材料的采集点、叶片的新老程度和采集的季节等因素有关。

通过与人工合成的抗氧化剂 BHA 进行比较研究,发现 4 种樟属植物精油均具有较好的总抗氧化活性,在低质量浓度(0.1 ~ 0.3 mg · mL<sup>-1</sup>)时,香桂精油的总抗氧化活性甚至比 BHA 的更高。4 种樟属植物精油清除 DPPH 自由基的 EC<sub>50</sub> 均小于 35 mg · mL<sup>-1</sup>,其中香桂精油清除 DPPH 自由基的能力最强,EC<sub>50</sub> 小于 1.0 mg · mL<sup>-1</sup>。王景信<sup>[26]</sup>研究发现香桂精油对 DPPH 自由基的清除能力随着质量浓度的增加而增强,当质量浓度增大到一定范围内后,香桂精油对 DPPH 自由基清除率比 BHT 的还高。本研究中,天竺桂叶精油清除 DPPH 自由基的 EC<sub>50</sub> 为 34.11 mg · mL<sup>-1</sup>,而黄建新<sup>[18]</sup>测得这一 EC<sub>50</sub> 为 23.29 mg · mL<sup>-1</sup>。在本研究所设质量浓度梯度下,4 种樟属植物精油均具有较强的羟基自由基清除能力。在质量浓度为 1.0 × 10<sup>-5</sup> mg · mL<sup>-1</sup> 时,4 种樟属植物精油的羟基自由基清除率已达到 70% 左右,而在此质量浓度下木瓜籽精油的羟基自由基清除率为 50% 左右<sup>[17]</sup>,柃叶花椒 (*Zanthoxylum ailanthoides*) 叶精油的羟基自由基清除率也只有 45% 左右<sup>[27]</sup>。4 种樟属植物精油清除 DPPH 和羟自由基的能力与柏木精油和柠檬香蜂草精油相似<sup>[28-29]</sup>,而且都随着样品质量浓度增大而逐渐增强。

植物精油抗氧化活性的差异与精油中所含化合物的种类、含量有关。红景天 (*Rhodiola rosea*) 甲醇提取物的抗氧化活性明显高于它的水提物,成分分析发现甲醇提取物中含有更高含量的多酚和酚酸等<sup>[30]</sup>。Udayaprakash 等人<sup>[31]</sup>认为大叶桂 (*Cinnamomum iners*) 精油具有能与 BHA 媲美的自由基清除活性主要归功于该精油具有较高含量的酚及多酚类物质。田红玉等人<sup>[32]</sup>也认为酚类物质是精油中起抗氧化作用的主要活性成分。成分分析发现香桂精油的主要成分为甲基丁香酚(75.9%),远高于蜀桂、天竺桂和香桂叶精油的酚类物质含量<sup>[23,33-35]</sup>,这很可能是香桂精油的抗氧化活性高于蜀桂、天竺桂和香桂叶精油的主要原因。

精油及其各组分之间的抗氧化活性往往存在着较大差异。孙伟等人<sup>[16]</sup>比较了香叶 (*Pelargonium graveolens*) 精油及其中的 8 种主要成分对 DPPH 自由基的清除情况,发现精油及各成分的自由基清除率存在差异:自由基清除活性最强的为精油的一种成分即丁二酮,它对 DPPH 自由基的清除率为 88.14%;自由基清除活性最低的为香叶醇与二甲基硫醚,二者对 DPPH 自由基的清除率均低于 10%;香叶精油的 DPPH 自由基清除率则居中间,为 59.4%。一般情况下,精油的抗氧化能力与自身所含具有抗氧化性成分的相对含量有关,在抗氧化活性较差的精油中,也能寻找到抗氧化能力很强的物质。因此,精油的抗氧化活性是精油各成分之间协同作用的结果,关于植物精油的抗氧化机理的研究还需进一步的深入。

中国樟属植物资源丰富,不仅具有较高的观赏和生态价值,一些种类还是著名的中药材和化工原料——这些植物的提取物可以应用到食品、化工和医药卫生等许多领域中,具有很大的开发应用空间及社会效益。研究表明 4 种樟属植物精油均具有一定的抗氧化能力,尤其是香桂精油具有较强的总抗氧化能力和 DPPH 自由基清除能力,作为天然抗氧化物质,具有很大的开发潜力。

#### 参考文献:

- [1] LANIGAN R S, YAMARIK T A. Final report on the safety assessment of BHT (1) [J]. *International Journal of Toxicology*, 2002, 21(Suppl2): 19-94.
- [2] AGUILAR F, CREBELLI R, DUSEMUND B, et al. Scientific opinion on the re-evaluation of butylated hydroxytoluene BHT (E 321) as a food additive [J]. *EFSA J*, 2012, 10(3): 2588-2630.
- [3] AMORATI R, FOTI M C, VALGIMIGLI L. Antioxidant activity of essential oils [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, 61(46): 10835-10847.
- [4] BAKKALI F, AVERBECK S, AVERBECK D, et al. Biological effects of essential oils: a review [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2008, 46(2): 446-475.
- [5] ADORJAN B, BUCHBAUER G. Biological properties of essential oils: an updated review [J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2010, 25(6): 407-426.
- [6] ARAS A, IQBAL M J, NAQVI S K, et al. Anticancer activity of essential oils; targeting of protein networks in cancer cells [J]. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 2014, 15(19): 8047-8050.
- [7] 王广要, 周虎, 曾晓峰. 植物精油应用研究进展 [J]. *食品科技*, 2006, 5(4): 11-13.

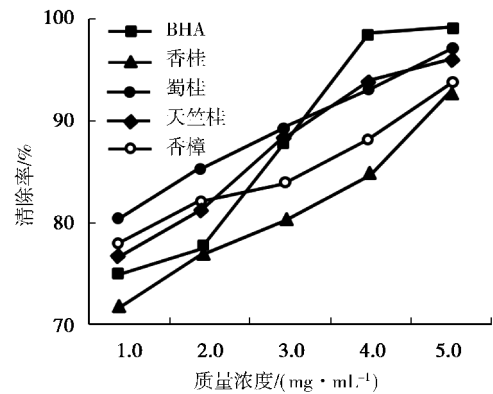


图 3 4 种樟属植物精油的羟基自由基清除能力  
Fig. 3 Hydroxyl free radicals scavenging capacities of four *Cinnamomum* extracts

- WANG G Y, ZHOU H, ZENG X F. Advances in the research and the development of plant essential oils[J]. Food Science and Technology, 2006, 5(4): 11-13.
- [8] 孙崇鲁, 黄克瀛, 陈丛瑾, 等. 香樟叶中黄酮类化合物提取方法和抗氧化性的研究[J]. 化学工程师, 2006, 130(7): 64-66.
- SUN C L, HUANG K Y, CHEN C J, et al. Study on the extraction method of flavonoids in *Cinnamomum camphora* leaves and antioxidation property[J]. Chemical Engineer, 2006, 130(7): 64-66.
- [9] 李荣, 路冠茹, 姜子涛. 肉桂精油抗氧化性能及清除自由基能力的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(2): 166-171.
- LI R, LU G R, JIANG Z T. Investigation of antioxidant activities and free radical scavenging of *Cinnamon* essential oil[J]. Food Science and Technology, 2010, 35(2): 166-171.
- [10] CHOU S T, CHANG W L, CHANG C T, et al. *Cinnamomum cassia* essential oil inhibits  $\alpha$ -MSH-induced melanin production and oxidative stress in murine B16 melanoma cells[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2013, 14(9): 19186-19201.
- [11] LEE H J, HYUN E A, YOON W J, et al. *In vitro* anti-inflammatory and anti-oxidative effects of *Cinnamomum camphora* extracts [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2006, 103(2): 208-216.
- [12] SALLEH W M, AHMAD F. Antioxidant and anticholinesterase activities of essential oils of *Cinnamomum griffithii* and *C. macrocarpum* [J]. Natural Product Communications, 2015, 10(8): 1465-1468.
- [13] 李锡文, 白佩瑜, 李雅茹, 等. 中国植物志(樟科、莲叶桐科) [M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- LI X W, BAI P Y, LI Y R, et al. Flora reipublicae popularis sinicae (Lauraceae, Hernandiaceae) [M]. Beijing: Science Press, 1982.
- [14] 冯义龙, 田中. 重庆樟科植物资源及其在园林中的应用 [J]. 园林科技, 2009, 111(1): 1-4.
- FENG Y L, TIAN Z. Chongqing Lauraceae plant resources and their application in gardens [J]. Yuan Lin Ke Ji, 2009, 111(1): 1-4.
- [15] HUANG T C. Flora of Taiwan [M]. 2nd ed. Taipei: Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 1996.
- [16] 孙伟, 王淳凯, 蔡云升, 等. 16 种芳香植物精油抗氧化活性的比较研究[J]. 食品科技, 2004(7): 55-57.
- SUN W, WANG C K, CAI Y S, et al. Study on antioxidant activity of 16 kinds essential oil [J]. Food Science and Technology, 2004 (7): 55-57.
- [17] 邓福明, 梁淑云, 陈卫军, 等. 木瓜籽精油的提取及其抗氧化活性研究[J]. 热带农业科学, 2014, 37(7): 88-93.
- DENG F M, LIANG S Y, CHEN W J, et al. Extraction and antioxidant activity of essential oil from the papaya seeds [J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2014, 37(7): 88-93.
- [18] 黄建新, 黄晓冬, 蔡建秀, 等. 天竺桂叶精油抗氧化活性的体外评价[J]. 福建医科大学学报, 2013, 47(1): 29-33.
- HUANG J X, HUANG X D, CAI J X, et al. *In vitro* evaluation of antioxidant activities of the essential oil from the leaves of *Cinnamomum japonicum* [J]. Journal of Fujian Medical University, 2013, 47(1): 29-33.
- [19] 黄婷, 冉永红, 罗世惠, 等. 红千层精油的抗氧化活性及其对中华按蚊幼虫的杀虫活性[J]. 应用与环境生物学报, 2015, 21(6): 1086-1089.
- HUANG T, RAN Y H, LUO S H, et al. Antioxidant capacity and larvicidal activity of *Callistemon rigidus* essential oil [J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2015, 21(6): 1086-1089.
- [20] 黄海兰, 赵祖亮, 王斌贵. 磷钼络合物法与  $\beta$ -胡萝卜素-亚油酸法测定海藻脂类成分抗氧化活性的比较[J]. 中国油脂, 2005, 30(3): 32-35.
- HUANG H L, ZHAO Z L, WANG B G. Comparison of the determination of antioxidative activity of lipophilic extracts from seaweeds by phosphomolybdenum complex assay and  $\beta$ -carotene-linoleate assay systems [J]. China Oils and Fats, 2005, 30(3): 32-35.
- [21] 刘骏. 结晶紫分光光度法测定 Fenton 反应产生的羟自由基[J]. 武汉工业学院学报, 2005, 24(2): 53-55.
- LIU J. Research on a new method of determination and elimination of free radical [J]. Journal of Wuhan Polytechnic University, 2005, 24(2): 53-55.
- [22] 陈鸿, 梁国平. 5 种樟属植物叶片精油提取研究[J]. 宁夏农林科技, 2012, 53(4): 79-81.
- CHEN H, LIANG G P. Analysis on essential oil extraction of several plants leaf of *Cinnamomum trew* [J]. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2012, 53(4): 79-81.
- [23] SATYAL P, PAUDEL P, POUDEL A, et al. Bioactivities and compositional analyses of *Cinnamomum* essential oils from Nepal: *C. camphora*, *C. tamala*, and *C. glaucescens* [J]. Natural Product Communications, 2013, 8(12): 1777-1784.
- [24] HE Z L, SU Y Z. Essential oil compositions and bioactivities of the various parts of *Cinnamomum camphora* Sieb. var. *Linaloolifera fujuta* [J]. Journal of Forest Research, 2009, 31(2): 77-96.
- [25] 莫开林, 费世民, 吴斌, 等. 时空分布对油樟精油含量的影响研究[J]. 四川林业科技, 2015, 36(6): 93-94.
- MO K L, FEI S M, WU B, et al. The influence of temporal and spatial distribution on essential oil content in *Cinnamomum longepaniculatum* [J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2015, 36(6): 93-94.
- [26] 王景信. 桂皮油树脂的超声波提取及其抗氧化性研究[J]. 中国调味品, 2011, 36(9): 110-112.
- WANG J X. *Cassia oleoresin* extracting by ultrasonic and its anti-oxidation analyzed [J]. China Condiment, 2011, 36(9): 110-112.
- [27] 周江菊, 任永权. 桉叶花椒叶精油化学成分分析及其抗氧

- 化活性测定[J].食品科学,2014,35(6):137-141.
- ZHOU J J,REN Y.Chemical composition and antioxidant activities of the essential oil from leaves of *Zanthoxylum ailanthoides* Sieb.et Zucc.[J].Food Science,2014,35(6):137-141.
- [28] 侯仰帅,姜媛媛,晏明,等.柏木木屑中精油成分分析及抑菌抗氧化活性研究[J].四川农业大学学报,2013,31(3):314-317.
- HOU Y S, XIANG Y Y, YAN M, et al. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil from *Cupressus funebris* chips[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2013, 31(3): 314-317.
- [29] 王静,李荣,姜子涛.柠檬香蜂草精油抗氧化性能和清除自由基能力的研究[J].中国调味品,2012,37(11):50-54.
- WANG J, LI R, JIANG Z T. Investigation of antioxidant activities and free radical scavenging of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) essential oil[J]. Chinese Condiment, 2012, 37(11): 50-54.
- [30] TAYADE A B, DHAR P, SHARMA M, et al. Antioxidant capacities, phenolic contents, and GC/MS analysis of *Rhodiola imbricata* Edgew. root extracts from Trans-Himalaya [J]. Journal of Food Science, 2013, 78(3): C402-C410.
- [31] UDAYAPRAKASH N K, RANJITHKUMAR M, DEEPA S, et al. Antio-xidant, free radical scavenging and GC-MS composition of *Cinnamomum iners* Reinw. ex Blume [J]. Industrial Crops and Products, 2015, 69: 175-179.
- [32] 田玉红,张祥民,黄泰松,等.桉叶油的研究进展[J].食品与发酵工业,2007(33),10:139-143.
- TIAN Y H, ZHANG X M, HUANG T S, et al. Research advances on the essential oils from leaves of *Eucalyptus* [J]. Food and Fermentation Industries, 2007, 33(10): 139-143.
- [33] HO C L, WANG I C, WEI X T, et al. Composition and bioactivities of the leaf essential oils of *Cinnamomum subavenium* Miq. from Taiwan [J]. Journal of Essential Oil Research, 2013, 20(4): 328-334.
- [34] 黄婷.四种樟属植物精油的成分分析、抗氧化活性及对中华按蚊幼虫的毒杀活性测定[D].重庆:重庆师范大学,2016.
- HUANG T. Chemical composition, antioxidant capacity and larvicidal activity against the malaria vector *Anopheles sinensis* (Diptera: Culicidae) of essential oils from four *Cinnamomum* plants [D]. Chongqing: Chongqing Normal University, 2016.
- [35] 蔡建秀,尤祖卿,黄晓冬,等.天竺桂挥发油化学成分及抑菌活性研究[J].热带亚热带植物学报,2006,14:403-408.
- Cai J X, You Z J, Huang X D, et al. Bioactive essential oils from *Cinnamomum japonicum* Sibe [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2006, 14: 403-408.

## A Comparative Study on Antioxidant Activities of Essential Oils from Four *Cinnamomum* Plants

LUO Shihui, HUANG Ting, SHI Zongpan, CHEN Daili, CHEN Bin, HE Zhengbo

(Institute of Entomology and Molecular Biology, College of Life Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

**Abstract:** [Purposes] To compare the antioxidant capacity, essential oils were extracted from *Cinnamomum camphora*, *Cinnamomum japonicum*, *Cinnamomum szechuanense*, and *Cinnamomum Subavenium*. [Methods] The essential oils were respectively extracted from *C. camphora*, *C. japonicum*, *C. szechuanense*, and *C. Subavenium* by the hydrodistillation method. Their total antioxidant capacities, hydroxyl free radical, and DPPH free radical scavenging activities were evaluated. [Findings] All essential oils have some antioxidant activities. Especially, the total antioxidant capacity of *C. subavenium* essential oil was significantly higher than that of the synthetic antioxidant BHA at the low concentration level (below  $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ ). The DPPH free radical scavenging activity of *C. subavenium* essential oil was highest among the four essential oils with an  $\text{EC}_{50}$  values less than  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , while the  $\text{EC}_{50}$  values of *C. camphora*, *C. japonicum* and *C. szechuanense* were 23.86, 34.11, and  $11.99 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , respectively. All essential oils also exhibited hydroxyl free radical scavenging activities at the tested concentrations. Within the concentration range of  $1.0 \times 10^{-5} \sim 2.0 \times 10^{-5} \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , the hydroxyl free radical scavenging activities of *C. camphora*, *C. japonicum* and *C. szechuanense* were dramatically higher than that of BHA ( $p < 0.05$ ). However, the hydroxyl free radical scavenging activity of BHA was gradually increased with increasing concentrations when compared to four plant essential oils. [Conclusions] The essential oils from four *Cinnamomum* plants have some antioxidant activities. *C. subavenium* essential oil, in particular, has the best total antioxidant capacity as well as high DPPH free radical scavenging ability. These characteristics make it particularly attractive in natural antioxidant development.

**Keywords:** *Cinnamomum*; essential oil; antioxidant activity; DPPH; hydroxyl free radical

(责任编辑 方 兴)