

月柿提取物体外抗氧化活性研究

侯俐南, 刘慧锦, 李 彬, 张伟清*

(中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

摘要: 目的 以月柿提取物为原料, 研究其对 2,2-联苯基-1-苦基肼基(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 自由基的清除能力, 并测定其多酚类物质没食子酸的含量。**方法** 检测波长为 518 nm, 反应时间为 40 min 条件下, 以 IC_{50} 值(清除率为 50%时, 抗氧化剂的浓度值)作为抗氧化能力评价指标, 并采用高效液相色谱法测定其没食子酸含量。**结果** 月柿提取物对于 DPPH 自由基有良好的清除作用, 其 IC_{50} 值为 0.1868 mg/mL, 与常用抗氧化剂作用相当, 且月柿提取物中没食子酸含量为 1.65 g/kg。**结论** 月柿提取物具有很强抗氧化活性, 作为化妆品及功能性食品原料有广阔的开发前景。

关键词: 月柿提取物; 抗氧化; 清除率; IC_{50}

Study on the antioxidant activity of the extract from persimmon

HOU Li-Nan, LIU Hui-Jin, LI Bin, ZHANG Wei-Qing*

(National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the scavenging ability of 2,2-biphenyl-1-picrylhydrazine (DPPH) free radicals by using extract of persimmon, and determine its polyphenols content--gallic acid. **Methods** Under the conditions of detection wavelength of 518 nm and reaction time of 40 mins, the IC_{50} value (antioxidant concentration value at 50% clearance rate) was used as the evaluation index of antioxidant capacity. And high performance liquid chromatography (HPLC) measurements were conducted to evaluate gallic acid content. **Results** The persimmon extract had a good scavenging effect on DPPH free radicals, and its IC_{50} value was 0.1868 mg/mL, which was equivalent to the common antioxidants. The gallic acid content in persimmon extract was 1.65 g/kg. **Conclusion** The extract of persimmon has strong antioxidant activity, and has broad development prospects as a raw material for cosmetics and functional foods.

KEY WORDS: the extract of persimmon; antioxidant activity; clearance rate; IC_{50}

1 引言

月柿在我国华南地区有着较为广泛的资源和种植基础, 过去, 作为鲜果, 由于贮存时间短以及对其缺乏深入的科学研究, 月柿除食用之外, 在进一步深加工和次级产品的研究, 以及保健食品、深加工食品和化妆品领域的应

用几乎是一个空白。近年来, 随着对月柿成分的研究逐渐深入, 深加工技术, 如冷冻干燥、真空提取、超临界提取等技术的不断发展, 极大促进了月柿的产地加工、提取物加工产业的发展, 使得月柿及其提取物在深加工食品原料、保健食品原料、化妆品原料等方面逐步得到认知和重视^[1]。研究表明, 柿果营养价值很高, 是一种药食同源

基金项目: 中国食品药品检定研究院中青年发展研究基金(2018C3)

Fund: Supported by Youth Development Found of National Institutes for Food and Drug Control (2018C3)

*通讯作者: 张伟清, 副主任药师, 主要研究方向为食品化妆品的理化检测及质量标准提高。E-mail: zhangweiqing@nifdc.org.cn

*Corresponding author: ZHANG Wei-Qing, Deputy Chief Pharmacist, Institute for Food and Cosmetics, National Institutes for Food and Drug Control, Beijing, No.2, Tiantan Xili, Beijing 10050, China. E-mail: zhangweiqing@nifdc.org.cn

的果品, 具有抑菌抗病毒、抗过敏、抗氧化和延缓衰老等作用^[2,3]。柿子中还含有大量的多酚类物质, 研究发现, 此类物质具有众多的生物活性^[4], 尤其是在清除自由基能力方面表现了很好的抗氧化性, 对慢性疾病起到很好的预防作用^[5], 同时可以使皮肤达到抗老化、美白、防晒和保湿等目的^[6]。

医学研究表明, 各种自由基所引发的氧化作用是导致身体各组织器官损伤、病变的重要原因之一^[7,8]。近年来, 针对柿果的多重药理活性报道比较多, 而对其抗氧化活性测定方面的报道几乎是一个空白。国内外用于评价植物抗氧化能力的方法很多, 如铁离子还原法^[9]、ABTS+自由基清除活性^[10]、2,2-联苯基-1-苦基肼基(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基清除活性等检测方法^[11]。DPPH 检测法是一种常用的体外评价和筛选物质抗氧化活性的方法, 具有容易控制、操作简便、灵敏的优势^[12-14]。本研究以月柿提取物为原料, 采用 DPPH 测定法, 并与合成抗氧化剂进行比较, 探究月柿提取物的抗氧化能力, 并测定其多酚类物质没食子酸的含量, 以期为其作为功能性食品资源、药品、化妆品的开发利用提供理论依据。

2 材料与方 法

2.1 仪器与试剂

UV-2700 型紫外可见分光光度计(日本岛津公司); 110X50 型恒温水浴摇床(上海智诚公司); CF16RXII 型离心机(日本日立公司); AL204 型电子天平、XP205 型电子天平(瑞士梅特勒-托利多仪器有限公司); Waters 2695-2998 高效液相色谱仪(包括二极管阵列检测器, 美国沃特世公司)。

月柿提取物桂林得坤生物科技股份有限公司提供。

甲醇(色谱纯, Merck 公司); 2,2-联苯基-1-苦基肼基(上海 Aladdin 公司); 2,6-二叔丁基对甲酚(2,6-Di-tert-butyl -p-cresol, BHT)、抗坏血酸(vitamin C, VC)、无水乙醇(国药集团化学试剂有限公司); 没食子酸丙酯(propyl gallate, PG, 纯度为 99.0%, 德国 DR.E 公司); 没食子酸标准品(纯度为 90.9%, 北京曼哈格公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 溶液的配制

月柿提取物样液: 准确称取月柿提取物 1 g, 加入 30 mL 水, 置于 50 °C 恒温水浴摇床浸提 3h。然后置于 50 mL 离心管, 8000 r/min 离心 5 min, 取上清液, 备用待测。

合成抗氧化剂溶液: 分别称取合成抗氧化剂 2,6-二叔丁基对甲酚(BHT)415.52 mg, 抗坏血酸(VC)61.95 mg, 没食子酸丙酯(PG)20.10 mg, 用 95%乙醇稀释并定容, 分别得到质量浓度为 4.1552mg/mL BHT 溶液, 质量浓度为 0.1239 mg/mL VC 溶液, 质量浓度为 0.201 mg/mL PG 溶液,

再将其分别稀释成不同浓度溶液, 备用待测。

DPPH 溶液: 准确称取 DPPH 试剂 0.1288 g, 用 95%乙醇溶解并定容至 500 mL 容量瓶中, 得浓度为 257.7 mg/L DPPH 贮备液, 摇匀置于冰箱冷藏备用。

没食子酸标准溶液: 精密称取没食子酸对照品 10 mg, 用水溶解后转移至 10 mL 容量瓶中, 并定容至刻度, 摇匀, 得没食子酸标准储备溶液。

2.2.2 清除 DPPH 自由基的测定

(1)在比色管中依次加入 4 mL DPPH 溶液和 1 mL 95%乙醇, 混匀后反应 40 min, 在 518 nm 处测定吸光度, 结果记为 A_0 。

(2)在比色管中依次加入 4 mL 95%乙醇和 1 mL 样液, 混合后反应 40 min, 在 518 nm 处测定吸光度, 结果记为 A_r 。

(3)在比色管中依次加入 4 mL DPPH 溶液和 1 mL 样液, 混合反应 40 min, 在 518 nm 处测定吸光度, 结果记为 A_s 。

(4)自由基清除率(Y)计算公式:

$$Y(\%) = \left(1 - \frac{A_s - A_r}{A_0}\right) \times 100$$

2.2.3 月柿提取物中没食子酸含量的测定

(1) 没食子酸测定液相色谱条件

色谱柱: C_{18} (4.6 mm×250 mm, 5 μ m); 检测波长: 273 nm; 流动相: 流动相 A 为 0.2%磷酸, 流动相 B 为甲醇。流速: 1.0mL/min; 进样量: 10 μ L; 洗脱条件见表 1。

表 1 液相洗脱条件

Table 1 Liquid elution conditions

时间/min	流动相 A/%	流动相 B/%
0	98	2
10	90	10
15	80	20
20	90	10
22	98	2
30	98	2

(2) 没食子酸含量的计算

$$X = \frac{\rho \times V}{m \times 1000}$$

式中: X 为试样中没食子酸的含量, g/kg; ρ 为标准曲线查得试样中没食子酸的浓度, μ g/mL; V 为定容体积, mL; m 为样品的称样量, g; 1000 为质量换算因子。

3 结果与分析

3.1 DPPH 法测定抗氧化剂清除自由基条件的确定

DPPH 法是测试抗氧化活性常用的一种方法, DPPH

分子在溶液中可生成一个稳定的含氮自由基, 它的乙醇溶液具有典型紫色, 其浓度与吸光度呈现很好的线性关系^[15]。在 DPPH 乙醇溶液中加入抗氧化剂后, 会与 DPPH 自由基结合, 使 DPPH 自由基的数量减少, 使溶液的典型紫色变浅, 且吸光值变小, 直至达到平衡^[16,17]。因而, 可用紫外分光光度计检测 DPPH 自由基与试样反应后吸光值的变化, 检测样品清除自由基能力。不同研究中, 测定 DPPH 溶液吸光度的最大吸收波长是不同, 大多集中在 515~520 nm 波长范围内。郭雪峰^[18]报道 DPPH 在 518.4 nm 波长条件下有最大吸收峰, Seong 等^[19]和陈从瑾等^[20]报道 DPPH 在 517 nm 波长条件下有最大吸收峰, 故本文选用 518 nm 波长条件下检测抗氧化剂对 DPPH 自由基的清除效果。由于底物间的反应速率往往不同, 冯改利等^[21]推荐的反应时间为 30 min, 也有反应 20 min^[22], 报道指出, DPPH 反应体系的吸收值在 40 min 后可达到稳定状态^[13], 故本文选用反应时间 40 min 进行测定。

3.2 抗氧化能力的评价方法

本文采用将样液进行稀释成不同浓度然后和 DPPH 溶液进行反应, 反应 40 min 后在 518 nm 波长处测定其吸光值, 探究抗氧化剂浓度对 DPPH 自由基清除率的影响, 并以 IC_{50} 值作为判定抗氧化能力的标准。 IC_{50} 是当抗氧化剂对 DPPH 清除率为 50% 时, 对应的抗氧化剂浓度值, 因此 IC_{50} 值越低, 抗氧化能力越强。故将待测样液配制一系列溶液, 按照 2.4 方法测定各浓度抗氧化剂对 DPPH 自由基清除率, 以抗氧化剂浓度为横坐标, 清除率为纵坐标绘制线性曲线, 计算出清除率为 50% 时抗氧化剂的浓度, 得到该抗氧化剂的 IC_{50} 值, 从而评价各抗氧化剂的抗氧化能力。

3.3 DPPH 标准曲线的制作

将 DPPH 贮备液用 95% 乙醇进行逐级稀释, 得到浓度为 2.557、3.220、5.154、8.590、25.770、51.540 mg/L 一系列 DPPH 标准溶液, 在 518 nm 波长条件下测定其吸光值,

以 DPPH 溶液质量浓度为横坐标, 吸光值为纵坐标, 绘制标准曲线, 结果见图 1, 得到线性回归方程 $Y=0.0273X+0.0026$, $R^2=0.9997$ 。

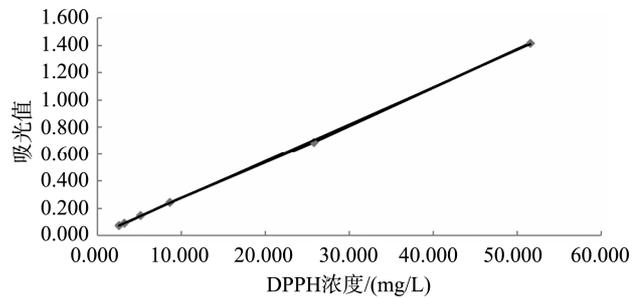


图 1 DPPH 标准曲线($n=3$)
Fig.1 DPPH standard curve ($n=3$)

3.4 月柿提取物抗氧化能力的评价

将月柿提取液进行逐级稀释得到不同浓度系列溶液, 按照 2.2.2 进行测定, 计算不同浓度月柿提取液对 DPPH 的清除率的影响, 以月柿提取液浓度为横坐标, DPPH 自由基清除率为纵坐标作图, 结果见图 2。

从图 2(a)可以看出, 随着月柿提取物浓度的增大, 其对 DPPH 自由基的影响越大, 清除率增大, 当月柿提取物浓度大于 0.5005 mg/mL 之后, 它对 DPPH 的清除率逐渐趋于平缓。这是由于 DPPH 溶液浓度一定的情况下, 添加低浓度的月柿提取物溶液, 其中的抗氧化物质可以与 DPPH 自由基迅速的结合, 溶液颜色变浅, 表现为清除率随着浓度增大而变大。当继续增大月柿提取物溶液的浓度, 相应的 DPPH 自由基减少到一定程度, 清除率则趋于平缓^[23,24]。从图 2(b)可以看出, 月柿提取液对 DPPH 清除率 20%~80% 范围内, DPPH 自由基清除率与月柿提取物浓度呈良好的线性关系, 相关系数 r^2 达到 0.9904。

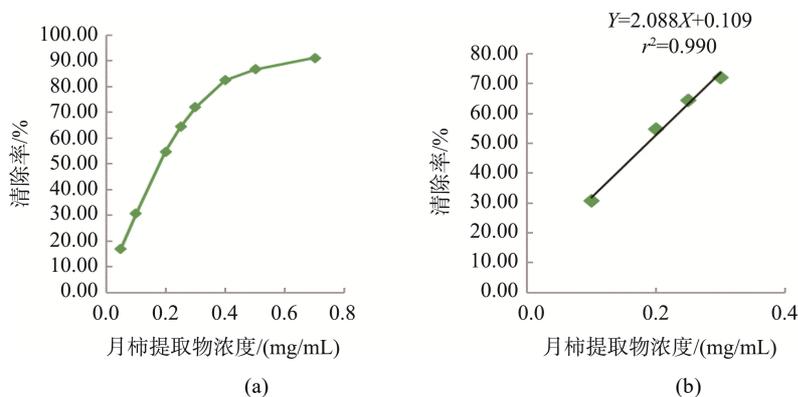


图 2 月柿提取物浓度对 DPPH 清除率的影响($n=3$)
Fig.2 Effect of the concentration of Persimmon extract on DPPH clearance ($n=3$)

抗氧化能力是通过 IC₅₀ 值进行评价, 由于月柿提取物溶液浓度较高时, 其浓度与 DPPH 清除率不成线性关系, 而清除率 20%~80% 范围内, 线性关系良好。故在清除率为 20%~80% 范围内制作线性方程, 得到线性方程 $Y=2.0885X+0.1099$, 相关系数 $r^2=0.9904$, 如图 2(b) 所示, 由此测得月柿提取物 IC₅₀ 值为 0.1868 mg/mL。

3.5 合成抗氧化剂抗氧化能力的评价

将 2,6-二叔丁基对甲酚、抗坏血酸和没食子酸丙酯分别进行逐级稀释得到一系列不同浓度的样液, 然后按照 2.2.2 进行测定, 计算不同浓度抗氧化剂溶液对 DPPH 自由基清除率的影响。以抗氧化剂浓度为横坐标, DPPH 自由基清除率为纵坐标作图, 不同浓度 BHT、VC、PG 系列溶液与 DPPH 清除率的关系分别如图 3、图 4、图 5 所示。

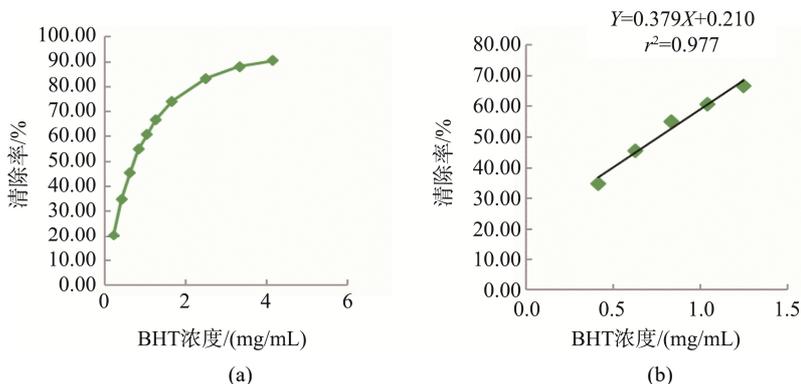


图 3 2,6-二叔丁基对甲酚浓度对 DPPH 清除率的影响(n=3)

Fig.3 Effect of 2,6-di-tert-butyl-p-cresol concentration on DPPH clearance (n=3)

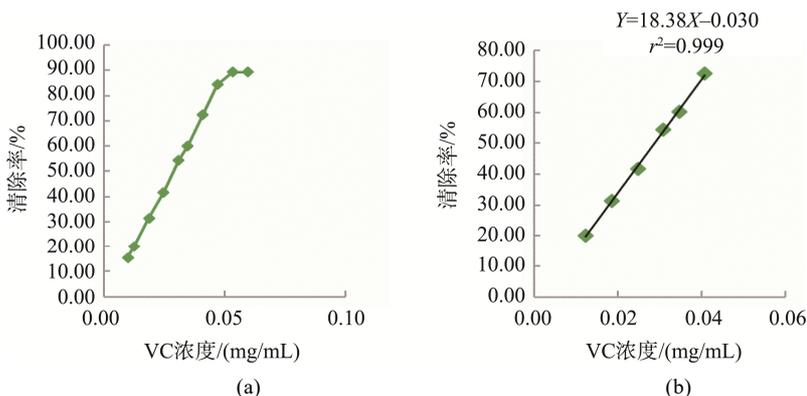


图 4 抗坏血酸浓度对 DPPH 清除率的影响(n=3)

Fig.4 Effect of ascorbic acid concentration on DPPH clearance (n=3)

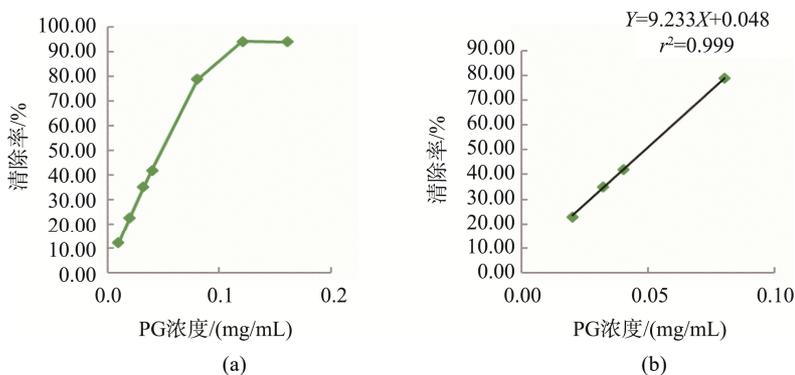


图 5 没食子酸丙酯浓度对 DPPH 清除率的影响(n=3)

Fig.5 Effect of propyl gallate concentration on DPPH clearance (n=3)

由图 3(a)、图 4(a)、图 5(a)可知, DPPH 清除率均随着抗氧化剂浓度的增大而增大, 当 2,6-二叔丁基对甲酚浓度大于 3.3242 mg/mL, 抗坏血酸浓度大于 0.0533 mg/mL, 没食子酸丙酯浓度大于 0.1206 mg/mL 时, 他们对 DPPH 清除率的影响逐渐趋于平缓, 导致 DPPH 自由基清除率与抗氧化剂浓度的线性关系变差。合成抗氧化剂 BHT、VC、PG 对 DPPH 自由基清除率在 20%~80%范围内对应的抗氧化剂浓度线性方程分别为 $Y=0.3792X+0.2105$, $Y=18.383X-0.0301$, $Y=9.2332X+0.0482$, 分别如图 3(b)、图 4(b)、图 5(b)所示, 相关系数 r^2 分别为 BHT 0.9779, VC 0.9991, PG 0.9996, 由此测得合成抗氧化剂 BHT、VC、PG 的 IC_{50} 值分别为 0.7634、0.0288、0.0489 mg/mL。

3.6 月柿提取物中没食子酸含量测定结果

将 2.2.1 制得的没食子酸标准溶液, 逐级稀释, 得到浓度为 10、30、50、80、120、150、200 $\mu\text{g/mL}$ 一系列的没食子酸标准工作液, 按照 2.2.3 液相色谱条件进样, 以没食子酸浓度 x 为横坐标, 峰面积 Y 为纵坐标绘制标准曲线。得到线性方程 $Y=31048X-72668$, $r^2=0.9998$ 。没食子酸在 10~200 $\mu\text{g/mL}$ 浓度范围内与其峰面积呈良好的线性关系。

将 2.2.1 制得的月柿提取液试样 3 份, 按照 2.2.3 液相色谱条件进样, 根据没食子酸标准曲线线性方程, 测得月柿提取物中没食子酸含量为 1.65 g/kg, 结果见表 2。

表 2 样品中没食子酸含量测定结果($n=3$)

Table 2 Results of determination of gallic acid in samples ($n=3$)

称样量/g	没食子酸含量/(g/kg)	平均没食子酸含量/(g/kg)	相对标准偏差/%
1.0031	1.65		
月柿提取物样品	1.0031	1.65	0.50
	1.0039	1.66	

4 结论

采用紫外分光光度法, 用清除自由基 DPPH 法评价月柿提取物抗氧化能力, 检测波长为 518 nm, 反应时间为 40 min, 以 IC_{50} 值作为抗氧化剂清除 DPPH 自由基能力的评价指标, 并与合成抗氧化剂 2,6-二叔丁基对甲酚(BHT)、抗坏血酸(VC)、没食子酸丙酯(PG)进行比较。结果表明, 月柿提取物对 DPPH 自由基具有清除作用。用此法测得月柿提取物、BHT、VC 和 PG 的 IC_{50} 值分别为 0.1868、0.7634、0.0288 和 0.0489 mg/mL 月柿提取物的抗氧化能力强于 BHT, 低于 VC 和 PG。但由于合成抗氧化剂 BHT、VC、PG 纯度较高, 月柿提取物只是个粗提物, 且月柿提取物多酚类物质没食子酸的含量为 1.65 g/kg。因而可以说明月柿提取物具有很强的抗氧化活性, 作为天然抗氧化物质在功

能性食品及化妆品领域中具有较好的市场前景。

参考文献

- [1] 李仁杰, 陈锦屏, 张娜, 等. 超声波辅助提取月柿原花青素及其纯化[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(3): 225-229.
Li RJ, Chen JP, Zhang N, et al. Ultrasonic extraction and purification of proanthocyanidins from persimmon [J]. Food Ferment Ind, 2011, 37(3): 225-229.
- [2] 卢文青, 周晓敏, 张怀玉, 等. 高效液相色谱法同时测定水果中 9 种多酚物质[J]. 中国卫生检验杂志, 2017, 27(3): 317-320.
Lu WQ, Zhou XM, Zhang HY, et al. Simultaneous determination of 9 polyphenols in fruits by high performance liquid chromatography [J]. Chi J Health Lab Technol, 2017, 27(3): 317-320.
- [3] 杨恒, 赵萍, 刘裕慧, 等. 柿子资源开发利用现状[J]. 生物资源, 2019, 41(5): 402-410.
Yang H, Zhao P, Liu YH, et al. Current status of development and utilization of persimmon resources [J]. Biol Res, 2019, 41(5): 402-410.
- [4] 王恒超, 严静, 陈锦屏, 等. 微波辅助法提取柿子黄酮及抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 18(36): 232-235.
Wang HC, Yan J, Chen JP, et al. Study on micro-assisted extracting and antioxidant activity of flavonoids from the persimmon fruit [J]. Food Ind Sci Technol, 2012, 18(36): 232-235.
- [5] Cecilia JS, Jesus LS, Marti N, et al. Characterization of polyphenols, sugars, and other polar compounds in persimmon juices produced under different technologies and their assessment in terms of compositional variations [J]. Food Chem, 2015, 182: 282-291.
- [6] 曾鸣凤. 几种天然抗氧化剂在化妆品中的应用研究[J]. 合成材料老化与应用, 2014, 43(4): 73-77.
Zeng MF. Application research of several natural antioxidants in cosmetics [J]. Synthetic Mat Aging Appl, 2014, 43(4): 73-77.
- [7] 刘微微, 任虹, 曹学丽, 等. 天然产物抗氧化活性体外评价方法研究进展[J]. 食品科学, 2010, 31(17): 415-419.
Liu WW, Ren H, Cao XL, et al. Progress in evaluation techniques for antioxidant activity of natural products *in vitro* [J]. Food Sci, 2010, 31(17): 415-419.
- [8] 任薇, 包晓玮, 张志芳, 等. 沙棘多糖清除自由基及抗脂质过氧化作用研究[J]. 食品工业科技, 2019, 40(8): 272-277.
Ren W, Bao XW, Zhang ZF, et al. Study on free radical scavenging and anti-lipid peroxidation of seabuckthorn polysaccharide [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(8): 272-277.
- [9] 罗冬兰, 黎晓燕, 曹森, 等. 贵州不同种类茶叶的几种抗氧化成分及其抗氧化能力分析[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(17): 35-40.
Luo DL, Li XY, Cao S, et al. Comparison on several antioxidant components and activity for different kinds of guizhou tea [J]. Food Res Dev, 2019, 40(17): 35-40.
- [10] 金亮, 李小白, 丁华侨, 等. 不同种类茶叶抗氧化活性及茶汤颜色参数比较[J]. 中国食品学报, 2016, 16(2): 242-250.
Jin L, Li XB, Ding HQ, et al. Comparison on antioxidant activity and color parameters for different types of tea [J]. Chin J Food Sci, 2016, 16(2): 242-250.
- [11] 赵二芳, 展俊玲, 杨洁, 等. 黄芥紫柏黄铜提取及其抗氧化活性[J]. 中国粮油学报, 2019, 12(9): 149-154.
Zhao EL, Zhan JL, Yang J, et al. Extraction and antioxidant activity of

- flavonoids from brassica junceaL. seed meal [J]. *Chin J Cereal Oil*, 2019, 12(9): 149–154.
- [12] Ozeuk B, Lee JH, Min DB. Effects of light, oxygen and Ph on the absorbance of 2–2–diphenyl–1–picrylhydrazyl [J]. *J Food Sci*, 2003, 68(2): 487–490.
- [13] 谭曜, 陈平, 许赛慧, 等. DPPH 法测定自制蜂王幼虫美白、抗衰老除皱面霜清除 DPPH 自由基的能力[J]. *广东化工*, 2019, 18(46): 143–144. Tan Y, Chen P, Xu SH, *et al.* Determination of DPPH free radical scavenging ability of homemade queen bee larva cream with whitening, anti-aging and anti wrinkle functions by the DPPH assay [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2019, 18(46): 143–144.
- [14] Wettasinghe M, Shahidi F. Scavenging of reactive-oxygen species and DPPH free radicals by extracts of borage and evening primrose meals [J]. *Food Chem*, 2000, 70(1): 17–26.
- [15] 包黎明, 包晓华, 白迎春, 等. 基于 DPPH 法的 16 种蒙药材抗氧化活性比较研究[J]. *亚太传统医药*, 2017, 13(6): 9–11. Bao LM, Bao XH, Bai YC, *et al.* Comparative study based on antioxidant activity of 16 kinds of Mongolian medicine [J]. *Asia-Pacific Traditi Med*, 2017, 13(6): 9–11.
- [16] Zielinski AAF, Haminiuk CWI. A comparative study of the phenolic compounds and the in vitro antioxidant activity of different Brazilian teas using multivariate statistical techniques [J]. *Food Res Int*, 2014, 60(6): 246–254.
- [17] Chandrasekar D, Madhusudhana K, Ramakrishna S, *et al.* Determination of DPPH free radical scavenging activity by reversed-phase HPLC: A sensitive screening method for polyherbal formulations [J]. *J Pharm Bio Anal*, 2006, 40: 460–464.
- [18] 郭雪峰, 岳永德, 汤锋, 等. 用清除有机自由基 DPPH 法评价竹叶提取物抗氧化能力[J]. *光谱学与光谱分析*, 2008, 28(7): 1578–1582. Guo XF, Yue YD, Tang F, *et al.* Detection of antioxidative capacity of bamboo leaf extract by scavenging organic free radical DPPH [J]. *Spectros Spectr Anal*, 2008, 28(7): 1578–1582.
- [19] Seong SH, Seog CL, Yongwa C, *et al.* Antioxidant activity of crude extract and oure compounds of acer ginnala max [J]. *Bull Korean Chem Soc*, 2004, 25(3): 389–391.
- [20] 陈丛瑾, 黄克瀛, 李德良, 等. 香椿叶提取物清除 DPPH 自由基能力的测定方法[J]. *林产化学与工业*, 2006, 26(3): 69–72. Chen CJ, Huang KY, Li DL, *et al.* Determining method of DPPH free radical scavenging activity of toonasinensisroem leaves extracts [J]. *Chem Ind of Forest Prod*, 2006, 26(3): 69–72.
- [21] 冯改利, 宋小妹, 邓羽中, 等. DPPH 法筛选大血藤抗氧化活性有效部位[J]. *陕西中医*, 2011, 32(9): 1233–1235. Feng GL, Song XM, Deng YZ, *et al.* Screening effective parts of antioxidant activity of caulis sargentodoxae by DPPH [J]. *Shanxi J Traditi Chin Med*, 2011, 39(9): 1233–1235.
- [22] 余兰彬, 徐国良, 谭志伟, 等. DPPH 法对 5 种抗衰老中药抗氧化活性的研究[J]. *江西中医药*, 2016, 47(404): 74–76. Yu LB, Xu GL, Tan ZW, *et al.* Study on the antioxidant activity of 5 anti-aging Chinese medicines by DPPH method [J]. *Jiangxi J Traditi Chin Med*, 2016, 47(404): 74–76.
- [23] 李春阳, 许时婴, 王璋, 等. DPPH 法测定葡萄籽原花青素清除自由基的能力[J]. *食品与生物技术学报*, 2006, 25(2): 102–106. Li CY, Xu SY, Wang Z, *et al.* Measuring the antiradical efficiency of proanthocyanidin from grape seed by the DPPH assay [J]. *J Food Sci Bio Technol*, 2006, 25(2): 102–106.
- [24] 孙涛, 付雪艳, 张蓓, 等. DPPH 法测定沙棘籽原花青素清除自由基的能力[J]. *宁夏医科大学学报*, 2009, 31(1): 26–28. Sun T, Fu XY, Zhang B, *et al.* Measurement of the antiradical efficiency of proanthocyanidin in seabuckthorn seed by the DPPH assay [J]. *Ningxia J Med Uni*, 2009, 31(1): 26–28.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



侯俐南, 硕士, 主要研究方向为食品化妆品安全检测。
E-mail: houlinan@nifdc.org.cn



张伟清, 副主任药师, 主要研究方向为食品化妆品的理化检测及质量标准提高。
E-mail: zhangweiqing@nifdc.org.cn