

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201703017

引文格式: 魏欢, 颜小捷, 杨建文, 等. 核桃叶多酚含量的测定和抗氧化能力的研究 [J]. 广西植物, 2018, 38(5): 596-601

WEI H, YAN XJ, YANG JW, et al. Determination of polyphenols content and antioxidant capacity of walnut leaf [J]. *Guihaia*, 2018, 38(5): 596-601

核桃叶多酚含量的测定和抗氧化能力的研究

魏欢^{1,2}, 颜小捷^{1*}, 杨建文², 李典鹏¹

(1. 广西植物功能物质研究与利用重点实验室, 广西壮族自治区广西植物研究所, 中国科学院

广西桂林 541006; 2. 桂林理工大学, 广西桂林 541006)

摘要: 核桃又称胡桃, 全身是宝, 除核桃仁可以直接食用外, 其青皮、叶、枝、花、壳等均可入药, 具有重要的经济和药用价值。为了进一步开发和利用核桃属植物资源, 该研究以核桃叶为材料, 采用 Folin-酚法, 测定核桃叶 75% 乙醇提取物及石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取后的各部分多酚的含量, 通过 DPPH · 和 ABTS · 自由基清除法评价其抗氧化能力, 并分析多酚含量与抗氧化能力的关系。结果表明: 核桃叶提取物及其各萃取部分均表现出一定的抗氧化活性, 其中乙酸乙酯部分、正丁醇部分的 IC₅₀ 均高于 VC, 核桃叶 75% 乙醇粗提物 (Ext.) 与 VC 相当, 且多酚的含量和抗氧化能力呈现正相关关系。这说明核桃叶的提取物可以作为天然的抗氧化剂应用于食品、医疗、化妆品、保健品等行业。该研究结果为进一步开发利用核桃资源和提高核桃的经济效益提供了一定的理论基础。

关键词: 核桃叶, 多酚, 含量测定, 抗氧化能力

中图分类号: Q946, R931.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2018)05-0596-06

Determination of polyphenols content and antioxidant capacity of walnut leaf

WEI Huan^{1,2}, YAN Xiaojie^{1*}, YANG Jianwen², LI Dianpeng¹

(1. *Guangxi Key Laboratory of Functional Phytochemicals Research and Utilization, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, Guangxi, China;*

2. Guilin University of Technology, Guilin 541006, Guangxi, China)

Abstract: Walnut is priceless and has important economic and medicinal values. Besides walnuts can be directly eaten, the green skin, leaves, branches, flowers, shells and so on can be used as medicines. In order to further develop the use of walnut plant resources, we determined polyphenols contents in 75% ethanol extracts of walnut leaves and petroleum ether, ethyl acetate, n-butanol respectively, evaluated the antioxidant abilities of the extracts, and analyzed the relationship between polyphenols contents and antioxidant capacities. Polyphenols contents were determined by F-C method, and

收稿日期: 2017-07-03

基金项目: 广西壮族自治区八桂学者专项项目; 广西植物研究所基本业务费项目(桂置业 15011); 广西植物功能物质研究与利用重点实验室主任基金(ZRJ2015-14)[Supported by Bagui Scholar Program of Guangxi; Fundamental Research Fund of Guangxi Institute of Botany(15011)]; Director Fund of Guangxi Key Laboratory of Functional Phytochemicals Research and Utilization (ZRJ2015-14)]。

作者简介: 魏欢(1989-), 女, 河南南阳人, 硕士研究生, 主要从事天然产物资源的开发与利用研究, (E-mail) whcdx2010@126.com。

*通信作者: 颜小捷, 硕士, 助理研究员, 主要从事植物资源开发与利用研究, (E-mail) xiaojie128@126.com。

the antioxidant capacities were evaluated by DPPH · and ABTS · radical scavenging. The extracts of walnut leaves and their extracts and fractions showed some antioxidant activities. IC_{50} of ethyl acetate extract fraction and n-butanol extract fraction were higher than VC, Ext. and VC, and the polyphenols contents and antioxidant capacities showed a positive correlation. The extract of walnut leaves could be used as natural antioxidant in food, drugs, cosmetics, health care and other industries. The results of this experiment can provide some theoretical basis for the further development and utilization of walnut resources.

Key words: walnut leaf, polyphenols, content determination, antioxidant capacity

核桃(*Juglans regia*)是胡桃科(*Juglandaceae*)核桃属(*Juglans*)落叶乔木,在我国栽培历史悠久,分布广泛,华北、西北、西南各省都有栽培,主要以山东、河南、陕西、甘肃、四川、贵州及新疆的南部所产最多(图尔贡江·伊力亚则等,2015;翟梅枝等,2011)。近年来对核桃的研究主要集中在核桃仁、核桃青皮、核桃油等果实的利用方面,然而对于核桃叶的研究相对较少。常仁龙等(2009)研究表明核桃叶中除了含有多种营养物质,如维生素、胡萝卜外,还含有大量的醌类、多酚类、苷类、黄酮类等具有生物活性的物质。核桃叶的药理功能,我国民间早有记载,其制剂能改善新陈代谢,促进肌体强壮,对患维生素缺乏症、喉头炎、淋巴结、甲状腺肿大、结核病、黄疸病、妇科病、皮肤病等均有较好疗效(潘亚琴等,2008);核桃叶制茶,保健食品等方面的开发也有报道。尉芹等(2001)用乙醇、丙酮、水等提取溶剂提取核桃叶,结果表明提取物均有很强的抗氧化作用,其中以丙酮提取物抗氧化作用最强。何丽波等(2012)通过比较不同的采摘月份核桃叶提取物的抗氧化性,分析采摘时间与抗氧化性之间的关系,结果表明9月份采摘的核桃叶丙酮提取物的抗氧化能力最强。然而关于抗氧化作用的具体化合物的酚类结构类型,以及多酚的含量与抗氧化能力之间的量效关系的研究很少报道。

植物多酚是多羟基类化合物的总称,又称为单宁,为植物体内复杂的酚类次生代谢产物,主要存在于植物的皮、根、叶、果实中,易溶于水、甲醇、乙醇、乙酸乙酯、丙酮,不溶于氯仿、苯等有机溶剂(赵扬帆和郑宝东,2006)。近年来的研究发现植物多酚具有防治心血管疾病、抗炎、抗癌、抗氧化、

抗衰老等广泛的药理活性,引起了人们的极大关注。为进一步地研究核桃叶中多酚的含量,并建立一个测量核桃叶中多酚的测定方法,同时研究多酚的含量与其抗氧化能力之间的关系。本研究采用乙醇作为提取溶剂,并分别用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇进行萃取,并测定各部分的多酚含量及抗氧化能力,研究其生物活性,既可为医疗、农业、食品等各行业提供研究思路和方法,又可以使核桃属植物的副产物得到合理的利用,减少资源的浪费和环境的污染。

1 材料与方 法

1.1 材料

新鲜的核桃叶于2016年7月购买于广西壮族自治区河池市凤山县,经广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所黄俞淞副研究员鉴定为胡桃科(*Juglandaceae*)胡桃属核桃(*Juglans regia*),凭证标本保存于广西植物功能物质研究与利用重点实验室。

1.2 仪器

HH-S型水浴锅(郑州长城科工贸有限公司);FN101-2A鼓风干燥箱(长沙仪器仪表厂);R-200型旋转蒸发仪(Buchi Labortechnik AG CH-9230);SHZ-D(Ⅲ)循环水式真空泵(巩义市英予华仪器厂);JA2003N电子天平(上海菁海仪器有限公司);电子天平XS225A-SCS(Precisa);T6新世纪紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)。

1.3 试剂

无水乙醇(AR,西陇化工股份有限公司,批号

为 110601);无水碳酸钠(AR,广州化学试剂厂,批号为 830902);没食子酸对照品(中国药品生物制品检定所);福林酚试剂(GOLDWHEAT);抗坏血酸(VC,中国药品生物制品检定所);纯净水;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH,美国 Sigma 公司);2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS,美国 Sigma 公司);其它试剂均为分析纯。

1.4 方法

1.4.1 多酚的含量测定 有关对照品溶液的配制以及标准曲线的建立,参考之前的研究(颜小捷等,2013;王亚凤等,2016),以没食子酸为标准品,采用稍加改进的 Folin-酚比色法测定核桃叶提取物及各萃取部分的多酚含量。

1.4.2 没食子酸标准曲线的建立 分别精密吸取 0,60,120,180,240,300 μL 没食子酸对照品溶液于试管中,加入 Folin-酚试剂 1 mL,混匀后静置 5 min,加入 7.5%的 Na_2CO_3 溶液 3 mL,加水至 10 mL,于 40 $^\circ\text{C}$ 水浴暗置 60 min。760 nm 波长下测定样品的吸光度,以没食子酸为标准品建立的标准曲线为 $Y = 14.339X + 0.0037$ ($n = 7, R^2 = 0.9994$),说明没食子酸在 0~36 μg 范围内吸光度与含量具有良好的线性关系。

1.4.3 供试样品溶液的配制 新鲜的核桃叶 2.35 kg,阴干后粉碎,加入 40 L 75%的乙醇,室温浸泡提取 3 次,每次 5 d,减压浓缩提取液后,得浸膏 434.7 g。浸膏分别用适量的石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取,然后浓缩干燥,得石油醚部分(24.9 g),乙酸乙酯部分(25 g),正丁醇部分(24.4 g),水部分(85.8 g)。分别精密称取石油醚部分、乙酸乙酯部分、正丁醇部分、水部分、Ext.干浸膏 20 mg,各加入 50%乙醇超声溶解,转移到 100 mL 容量瓶中,定容到刻度,摇匀,备用。分别精确移取上述供试样品 0.1 mL,按 1.4.2 显色方式显色,测得各部分样品吸光度。

1.4.4 DPPH·自由基清除能力 采用 80%的乙醇溶液分别配制核桃叶的提取物及各萃取部分一系列不同质量浓度的样品溶液(0、0.15、0.3、0.45、0.6、0.75 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$),精密移取 0.5 mL 的样品溶液于 PE 试管中,再加入 0.5 mL 的 DPPH·乙醇溶液(0.394 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)混匀,37 $^\circ\text{C}$ 水浴避光反应 30 min,

于室温下测定各样品在 517 nm 的吸光度,抗坏血酸(VC)作阳性对照,按照以下公式计算 DPPH·清除率,并计算提取物及各部分样品的半清除率质量浓度(IC_{50})值(刘春丽等,2014;朱霞等,2014;WANG et al,2015)。

$$\text{DPPH} \cdot \text{清除率} = [A_{\text{空白}} - (A_{\text{样品}} - A_{\text{对照}})] / A_{\text{空白}} \times 100\%$$

式中, $A_{\text{空白}}$ 为 0.5 mL DPPH·溶液与 0.5 mL 80%乙醇溶液的吸光度, $A_{\text{样品}}$ 为样品溶液的吸光度, $A_{\text{对照}}$ 为 0.5 mL 80%乙醇溶液和 0.5 mL 样品溶液的吸光度。

1.4.5 ABTS·自由基清除能力 采用 80%的乙醇溶液分别配制提取物及各部分一系列不同质量浓度的样品溶液(0、12.5、25、37.5、50、75、100 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)精密移取 0.2 mL 样品溶液,再加入 1 mL 的 ABTS·溶液,混匀,于室温下黑暗处理反应 30 min 后,在 734 nm 下测定样品的吸光度,抗坏血酸(VC)作阳性对照,按照以下公式计算 ABTS·清除率,并计算提取物及各部分样品的半清除率质量浓度(IC_{50})值(刘春丽等,2014;朱霞等,2014;Wang et al,2015)。

$$\text{ABTS} \cdot \text{清除率} = [A_{\text{空白}} - (A_{\text{样品}} - A_{\text{对照}})] / A_{\text{空白}} \times 100\%$$

式中, $A_{\text{空白}}$ 为 1 mL 的 ABTS·溶液与 0.2 mL 80%的乙醇溶液的吸光度, $A_{\text{样品}}$ 为样品溶液的吸光度, $A_{\text{对照}}$ 为 0.2 mL 样品溶液和 1 mL 80%乙醇溶液的吸光度。

2 结果与分析

2.1 核桃叶的多酚含量

2.1.1 没食子酸标准曲线 以没食子酸为标准品建立的曲线方程为 $Y = 14.339X + 0.0037$ ($n = 7, R^2 = 0.9994$),曲线如图 1 所示。

精密度实验中计算得到 RSD 值为 0.045%,说明该仪器精密度良好。稳定性实验中经过计算得到 RSD 值为 0.19%,表明该样品在显色后 210 min 内稳定性良好。重现性实验中计算得到 RSD 值为 0.52%,说明该方法重现性良好。通过精密度实验、稳定性实验、重现性实验表明该方法用来测定

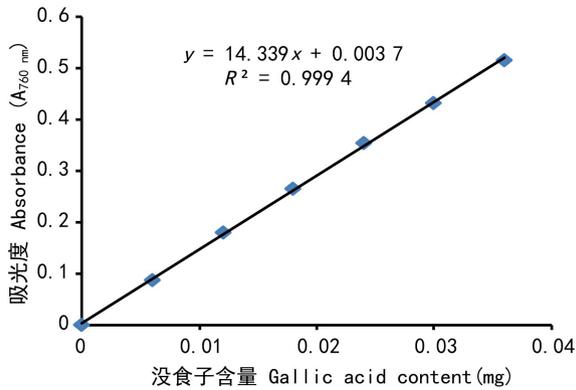


图 1 没食子酸标准曲线

Fig. 1 Standard curve of gallic acid

样品的总酚含量科学有效。加样回收率实验中,得到样品的平均回收率为 99.45%, RSD 为 0.97% 表明该方法具有较高的准确性。

2.1.2 核桃叶提取物及各萃取部分的多酚含量测定 由表 1 可知,核桃叶提取物及其各萃取部分均含多酚类物质,其中萃取后,乙酸乙酯部分和正丁醇部分多酚得到富集,含量更高。

2.2 抗氧化能力的测定

2.2.1 DPPH· 自由基清除能力 从比较表 1 和表 2 可以看出,核桃叶 75%乙醇粗提物及各萃取部分对 DPPH 自由基均表现了一定的清除能力。在同一质量浓度范围内,样品的多酚含量与 DPPH· 清

表 1 核桃叶提取物及不同部分多酚含量的比较

Table 1 Comparison between polyphenols contents of extracts from leaves and different fractions of walnut leaves

样品 Sample	总重 Total weight (mg)	总体积 Total volume (mL)	反应用 体积 Reaction volume (mL)	吸光度 $A_{760\text{ nm}}$	反应中 多酚含量 Polyphenol content in the reaction (mg)	每克中 多酚含量 Polyphenol content per gram ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	每部分多酚量 占总提取物中的百分比 Percentage of polyphenols amount in each fraction of total extract (%)
核桃叶 75%乙醇粗提物 Ext.	20	100	0.1	0.189	0.010 5	2.287	4.806
石油醚部分 Fraction of petroleum ether	20	100	0.1	0.157	0.008 2	1.030	4.120
乙酸乙酯部分 Fraction of ethyl acetate	20	100	0.1	0.357	0.022 2	3.328	11.09
正丁醇部分 Fraction of n-butanol	20	100	0.1	0.304	0.018 5	2.257	9.250
水部分 Fraction of water	20	100	0.1	0.164	0.008 7	3.710	4.324

除能力具有明显量效关系。提取物及各萃取部分对 DPPH· 的清除能力: 乙酸乙酯部分 > 正丁醇部分 > VC > 水部分 > 石油醚部分。乙酸乙酯部分、正丁醇部分的清除能力强于对照 VC, 提取物的清除能力与 VC 相当, 石油醚部分和水部分的清除能力明显比 VC 弱。

2.2.2 ABTS· 自由基清除能力 从比较表 1 和表 3 可以看出,核桃叶 75%乙醇粗提物及各萃取部分对 ABTS 自由基均表现了一定的清除能力。在同一质量浓度范围内,样品的多酚含量与 ABTS· 清除力具有很明显的量效关系。提取物及各部分样

品对 ABTS· 自由基的清除能力: 乙酸乙酯部分 > 正丁醇部分 > VC > 粗提物 > 水部分 > 石油醚部分。乙酸乙酯部分、正丁醇部分的清除能力比 VC 强,粗提物的清除能力与 VC 相当,而石油醚部分和水部分的清除能力明显比 VC 弱。

通过以上实验结果可以说明,核桃叶 75%乙醇提取物及各萃取部分对 DPPH· 和 ABTS· 自由基均表现出一定的清除能力,且清除能力比较强的部分主要集中在乙酸乙酯部分和正丁醇部分。这说明经过简单的萃取操作后,可使核桃叶中的活性物质得到一定的集中,可为后续分离纯化核桃

表 2 提取物及各部分样品的清除 DPPH · 能力

Table 2 DPPH · radical scavenging activities of extracts and fractions

样品 Sample	IC ₅₀ (mg · mL ⁻¹)
核桃叶 75%乙醇粗提物 Ext.	0.49
石油醚部分 Fraction of petroleum ether	11.20
乙酸乙酯部分 Fraction of ethyl acetate	0.19
正丁醇部分 Fraction of n-butanol	0.21
水部分 Fraction of water	7.57
VC	0.37

表 3 提取物及各部分样品清除 ABTS · 的能力

Table 3 ABTS · radical scavenging activities of extracts and fractions

样品 Sample	IC ₅₀ (mg · mL ⁻¹)
核桃叶 75%乙醇粗提物 Ext.	0.051
石油醚部分 Fraction of petroleum ether	0.193
乙酸乙酯部分 Fraction of ethyl acetate	0.011
正丁醇部分 Fraction of n-butanol	0.015
水部分 Fraction of water	0.099
VC	0.020

叶中的多酚类化合物提供一定的依据。

3 讨论与结论

根据上述研究结果,福林-酚法具有良好的稳定性和可靠性,可用于测定核桃叶和各萃取部分多酚含量。由于多酚类成分极性比较大,且结构不稳定,用不同极性的溶剂对核桃叶提取物干浸膏样品进行预处理,单从得率来看,效果较好,总回收率达到 95.46%。预处理所得各部分样品中,多酚含量最高的是乙酸乙酯部分(11.090%),其

次是正丁醇部分(9.250%),含量最少的是石油醚部分(4.324%)。经过不同的溶剂萃取后,多酚含量的测定结果表明,核桃叶中多酚类物质得到了一定的集中。通过 DPPH · 和 ABTS · 自由基清除结果表明,核桃叶粗提物及其各萃取部分都具有一定的抗氧化能力,而且经过溶剂萃取后,乙酸乙酯部分和正丁醇部分的抗氧化能力明显增强,甚至超过 VC 的抗氧化能力。这表明核桃叶粗提物与各萃取部分的多酚含量与其多酚的含量成正相关。

本研究前期的结果表明,核桃叶的多酚类物质具有抗菌、抗肿瘤、消炎镇痛和抗氧化等药理的功效。陈宇驰等(2017)通过使用 MTS(溴化噻唑蓝四氮唑)检测 H₂O₂ 诱导氧化应激损伤的 H9c2 细胞存活率,结果表明山核桃叶总黄酮可显著地提高氧化应激损伤细胞的存活率,减少细胞凋亡,增加细胞中 p-AKT 的表达,但其作用可被 PI3Ks 抑制剂 LY294002 抵消。张坤等(2013)采用小鼠扭体实验和小鼠福尔马林实验研究山核桃叶总黄酮苷元的镇痛作用,通过小鼠耳廓肿胀实验和棉球肉芽肿胀实验研究山核桃叶总黄酮苷元的抗炎作用,研究结果表明山核桃叶总黄酮苷元具有明显的抗炎镇痛作用。朱亚新等(2014)通过研究核桃多酚提取物及单体对于酪氨酸酶活性和黑色素合成的影响及作用机理,结果表明核桃多酚提取物有很好的抑制、抗氧化以及减少黑色素的沉积作用。Forino et al(2016)从核桃叶的提取物中分离鉴定出 5 种化合物,并通过深入评估其影响 HepG2 和 Caco-2 细胞系中葡萄糖摄取的潜力,表明核桃叶的提取物具有改善人类高血糖的潜力,可以通过制成含有核桃叶提取物相关功能性饮品来治疗糖尿病。

本研究更进一步地验证并且测定了核桃叶中的多酚类物质含量,以及多酚含量与抗氧化能力的关系,建立了一个测量核桃叶多酚含量的方法,表明核桃叶中含有丰富的多酚类物质,可以作为一种天然的抗氧化物质应用于食品、医疗、美容、保健品等各行业,可以为进一步开发利用核桃资源,提高核桃的资源利用率和经济效益,以及研究其抑菌、抗氧化、杀虫、抗肿瘤等生物方面的活性

提供一定的理论基础。

参考文献:

- CHANG RL, SUN JM, ZHANG B, et al, 2009. Chemical constituents of manchurian walnut leaf [J]. Chin Trad Pat Med, 31(7):1082-1085. [常仁龙, 孙佳明, 张博, 等, 2009. 核桃楸叶化学成分研究 [J]. 中成药, 31(7):1082-1085.]
- CHENG YC, HUANG YF, LÜ M, et al, 2017. Protective effect of total flavonoids from pecan leaves on oxidative damage of H9c2 cells [J]. Chin Trad Pat Med, 39(2): 255-259. [陈宇驰, 黄燕芬, 吕敏, 等, 2017. 山核桃叶总黄酮对 H9c2 细胞氧化损伤的保护作用 [J]. 中成药, 39(2): 255-259.]
- FORINO M, STIUSO P, LAMA S, et al, 2016. Bioassay-guided identification of the antihyperglycaemic constituents of walnut (*Juglans regia*) leaves [J]. J Funct Foods, 26:731-738.
- HE LB, GAO HH, YIN ZX, et al, 2012. Dynamic analysis of components of antioxidation in walnut leaves [J]. J Dali Univ, 11(10):31-32. [何丽波, 高海合, 尹正仙, 等, 2012. 核桃叶抗氧化成分的动态分析 [J]. 大理学院学报, 11(10):31-32.]
- LIU CL, YAN XJ, YANG ZM, et al, 2014. Antioxidant capacity and contents of polyphenols in pericarps and stones of *Dimocarpus longan* [J]. Food Sci Technol, (11):203-206. [刘春丽, 颜小捷, 杨子明, 等, 2014. 龙眼果皮及果核中植物多酚含量的测定及抗氧化能力研究 [J]. 食品科技, (11):203-206.]
- PAN YQ, LI QQ, ZHANG SY, et al, 2008. Study on chemical components in the leaves of *Carya cathayensis* and *C. illinoensis* [J]. Chin Archiv Trad Chin Med, (11): 2517-2519. [潘亚琴, 李全清, 张森尧, 等, 2008. 山核桃叶与美国山核桃叶中化学成分的初步分析 [J]. 中华中医药学刊, (11):2517-2519.]
- TUERGJ · YLYZ, SUN Y, NI H, et al, 2015. Research progress of walnut green husk [J]. Mod Chin Med, 17(1): 77-81. [图尔贡江·伊力亚则, 孙宇, 倪慧, 等, 2015. 核桃青皮的研究进展 [J]. 中国现代中药, 17(1):77-81.]
- WANG R, WANG S, XIA Y, et al, 2015. Antitumor effects and immune regulation activities of a purified polysaccharide extracted from *Juglan regia* [J]. Int J Biol Macromol, 72: 771-775.
- WANG YF, HUANG YL, LIU JL, et al, 2016. Content and antioxidant capacity of polyphenols from the seeds of Fagaceae plants [J]. Guangxi Sci, 23(2):180-183. [王亚凤, 黄永林, 刘金磊, 等, 2016. 壳斗科植物种子的多酚类含量及抗氧化能力 [J]. 广西科学, 23(2):180-183.]
- WEI Q, MA XH, HAN XW, et al, 2001. Study on antioxidant activity of walnut leaves [J]. Food Sci, 22(7):81-83. [尉芹, 马希汉, 韩学文, 等, 2001. 核桃叶抗氧化作用的研究 [J]. 食品科学, 22(7):81-83.]
- YAN XJ, GU ZX, LU FL, et al, 2013. Determination of total polyphenol from *Callicarpa nudiflora* by Folin-phenol colorimetry [J]. Chin J Exp Trad Med For, 19(18):74-78. [颜小捷, 谷陟欣, 卢凤来, 等, 2013. FOLIN-酚比色法测定裸花紫珠中总酚含量 [J]. 中国实验方剂学杂志, 19(18):74-78.]
- ZHAI MZ, YANG T, WANG Y, et al, 2011. Research advances on chemical ingredients and biological activity of green husk and leaves from *Juglans L* [J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 31(10):2133-2138. [翟梅枝, 晏婷, 王元, 等, 2011. 胡桃属植物青皮和叶的化学成分及其生物活性研究进展 [J]. 西北植物学报, 31(10):2133-2138.]
- ZHANG K, SHEN Y, XU M, et al, 2013. Study on anti-inflammatory and analgesic effects of total flavonoid aglycon in pecan leaves [J]. J Zhejiang Univ Trad Chin Med, (10): 1226-1229. [张坤, 沈勇, 徐敏, 等, 2013. 山核桃叶总黄酮苷元抗炎镇痛作用的研究 [J]. 浙江中医药大学学报, (10):1226-1229.]
- ZHAO YF, ZHENG BD, 2006. Advances in studies on plant polyphenols and their functional [J]. Light Text Indust Fujian, (11):107-110. [赵扬帆, 郑宝东, 2006. 植物多酚类物质及其功能学研究进展 [J]. 福建轻纺, (11):107-110.]
- ZHU X, LI HR, LUO Y, 2014. Determination of the total polyphenols in walnut green husk by Folin-Ciocalteu colorimetric method [J]. Food Mach, (4):122-125. [朱霞, 李焕荣, 罗游, 2014. Folin-Ciocalteu 比色法测定核桃青皮中多酚含量条件的优化 [J]. 食品与机械, (4):122-125.]
- ZHU YX, CHEN CY, ZHAO SL, 2014. Effects of polyphenols on tyrosinase in walnut [J]. Food Ind Sci Technol, 35(22): 382-385. [朱亚新, 陈朝银, 赵声兰, 2014. 核桃多酚对酪氨酸酶的作用 [J]. 食品工业科技, 35(22):382-385.]