

# 核桃青皮活性物质提取方法及其 抑菌作用研究进展

杜慧平<sup>1</sup>,赵瑞芬<sup>2\*</sup>,燕照玲<sup>3</sup>

(1. 山西省农业科学院 现代农业研究中心,山西 太原 030031; 2. 山西省农业科学院  
农业环境与资源研究所/土壤环境与养分资源山西省重点实验室,山西 太原 030031;  
3. 河南省农业科学院 农业经济与信息研究所,河南 郑州 450002)

**摘要:**核桃青皮作为核桃生产中的副产物,一直被视为废料而弃之,不仅造成了环境污染,同时也浪费了自然资源。随着核桃青皮的利用价值逐渐被发现,国内外学者对其进行了深入研究和探索,并取得了一定的成果。就核桃青皮中活性物质的有效成分、提取方法及其抑菌作用方面的研究进展进行了综述,并对核桃青皮研究的前景进行展望,为核桃青皮的农业开发利用提供一定参考。

**关键词:**核桃青皮;胡桃醌;活性物质;提取;抑菌作用

**中图分类号:**S664.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-3268(2017)09-0001-05

## Research Progress on Extraction Methods and Antibacterial Effect of Active Substances from Walnut Green Husks

DU Huiping<sup>1</sup>, ZHAO Ruifen<sup>2\*</sup>, YAN Zhaoling<sup>3</sup>

(1. Research Center of Modern Agriculture, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China;  
2. Institute of Agricultural Environment and Resources, Shanxi Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of  
Soil Environment and Nutrient Resources of Shanxi Province, Taiyuan 030031, China;  
3. Institute of Agricultural Economics and Information, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Walnut green husks are a kind of by-product of walnut production, and have been regarded as waste and abandoned, which not only pollutes the environment, but also is a waste of natural resources. With the discovery of its values, some deep-researches and explorations were carried out, and certain results were achieved. The paper reviewed the progress on effective ingredients, extraction methods and bacteriostasis of active substances from walnut green husks, and looked forward to the development prospects of walnut green husks, which could provide some references for further development and utilization of abundant resources of walnut green husks in agriculture.

**Key words:** walnut green husks; juglone; active substance; extraction; antibacterial effect

核桃(*Juglans regia L.*)又名胡桃,属于被子植物门双子叶植物纲胡桃科植物,素有“木本油料之王”的称号,与腰果、榛子、扁桃并称为世界著名的“四大干果”。核桃全身是宝,核桃仁中含有丰富的

蛋白质、脂肪酸及多种对人体有益的营养物质,具有很高的药用价值和营养价值。核桃外果皮是一种厚厚的绿色果皮,在中医验方中被称为“青龙衣”,其味辛、苦、涩,性平、微寒,具有清热、解毒、抗肿瘤之

收稿日期:2017-06-20

基金项目:山西省科技攻关项目(20150311014-4);山西省农业科学院农业科技创新研究课题(ZDFYS1511)

作者简介:杜慧平(1974-),女,山西长治人,助理研究员,硕士,主要从事土壤污染修复研究及农业期刊编辑出版工作。

E-mail:sxnykxdu@126.com

\*通讯作者:赵瑞芬(1977-),女,山西寿阳人,副研究员,硕士,主要从事植物营养和土壤污染修复研究。

E-mail:tfszrf@163.com

功效,能够治疗痢疾、目赤、泄泻、白带等疾病<sup>[1-2]</sup>;另外,核桃青皮还被应用于染发、染料、制革纺织以及肥料生产中<sup>[3-4]</sup>。

我国是世界上核桃生产大国,其主要分布在新疆、云南、山西、陕西以及河北等地区。核桃资源丰富,每年只有少量的青皮用于医药、染料等行业中,大量的核桃青皮乱堆乱放,造成了环境污染。近年来,人们对核桃青皮的成分开展了大量的研究,结果表明,核桃青皮中含有抑菌活性物质,其浸出液可以抑制枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等多种病原菌<sup>[5]</sup>。针对核桃青皮的主要化学成分提取方法及其抑菌作用研究进展进行了综述,旨在为核桃青皮中抑菌活性物质的提取、开发和利用提供一定理论支撑。

## 1 核桃青皮中活性物质的有效成分及含量

### 1.1 萍醌类物质

醌类物质是核桃青皮中最主要的一种物质,也是学者们研究最多的一类物质。目前研究发现,核桃青皮中含有胡桃醌和3,3'-双胡桃醌、3,6'-双胡桃醌<sup>[6]</sup>;4,5-二羟基- $\alpha$ -四氢萘醌、4-乙氧基-8-羟基- $\alpha$ -四氢萘醌、4,5-O-异丙叉基- $\alpha$ -四氢萘醌、5,8-二羟基-4-甲氧基- $\alpha$ -四氢萘醌<sup>[7]</sup>;2,5-二羟基-1,4-萘醌、2-羟基-1,4-萘醌、3,5-二羟基-1,4-萘醌、5-甲氧基-1,4-萘醌、5,8-二羟基-1,4-萘醌<sup>[8]</sup>。在各种萘醌类、酮类、醛类、酸类、醇类、呋喃类等物质中,胡桃醌的含量最高,占27.11%~31.20%<sup>[9]</sup>。胡桃醌的分离、提纯及鉴定报道最早见于1957年的国外文献<sup>[10]</sup>,而我国学者们从1986年开始对胡桃科树种不同部位的胡桃醌进行分离提纯研究<sup>[6]</sup>。温文兵等<sup>[11]</sup>研究表明,不同树种青皮中胡桃醌含量差异显著,核桃青皮中的胡桃醌高于山核桃。胡桃醌含量不稳定,受采摘时间、干燥方法及贮藏年限的影响<sup>[12]</sup>,存储9 a不同时段的核桃青皮中胡桃醌含量随着存储年限的延长而减少<sup>[13]</sup>,因此,开发利用时应在核桃成熟期间采摘,当季阴干,立即使用<sup>[14]</sup>。

### 1.2 黄酮和多酚类物质

核桃青皮中的主要黄酮类化合物包括黄酮醇、黄酮醇苷、芦丁、山奈酚、金丝桃苷、槲皮素等<sup>[15]</sup>。多酚类物质主要有单宁类、酚酸类、黄烷醇类以及花色苷类物质等<sup>[16]</sup>。多酚是植物体内合成的一种重要的次级代谢产物,具有独特的功能活性<sup>[17]</sup>,在常见的可食性植物组织中都可以提取到。植物单宁,

又称植物多酚,在青皮中为水解类,采用不同测定方法获取的单宁含量不同,其中,采用分光光度法测定的核桃青皮中单宁含量为4.06%<sup>[18]</sup>,而采用Zn<sup>2+</sup>络合法测定的核桃青皮中单宁含量为19.24%<sup>[19]</sup>。

Cosmulescu等<sup>[20]</sup>研究发现,核桃青皮含有杨梅素、香草酸、丁香酸、香豆素、阿魏酸5种酚类物质,不同品种所含的5种物质比例不同,但总酚含量无显著性差异,5种酚类总量约为41.2 mg/kg。万政敏<sup>[21]</sup>研究发现,核桃青皮中含有没食子酸、阿魏酸、绿原酸、香豆酸、咖啡酸、对羟基苯甲酸6种酚类,总量约为751 mg/kg,此外,含有芦丁、槲皮素、桑色素等黄酮类物质约502 mg/kg。

### 1.3 二芳基庚烷类

李义秀等<sup>[22]</sup>研究发现,核桃青皮中含有11a-20E-dihydroxydamar-24-ene-3-one(-)、Jugcathayenin A、Myricatomentogenin和Regiolone共4种二芳基庚烷类化合物。周媛媛等<sup>[23]</sup>采用核桃青皮乙醇提取物,经氯仿及醋酸乙酯萃取分离得到胡桃苷A、枫杨素、3',4'-环氧-1-(4'-羟苯基)-7-(3"-甲氧苯基)-庚烷-3-羟基、茸毛香杨梅酮、3',4'-环氧-1-(4'-羟苯基)-7-(3"-甲氧苯基)-庚烷-2-羟基-3-酮等5个二芳基庚烷类化合物,总含量约为79.26%。王磊<sup>[24]</sup>采用活性跟踪法从核桃青皮乙醇提取物乙酸乙酯萃取相中分离出2,6,10,14-四甲基十六烷(9.12%)和D-阿洛糖(6.92%)。

## 2 核桃青皮中活性物质的提取及检测方法

### 2.1 胡桃醌的提取方法

孙墨珑等<sup>[25]</sup>在料液比为1:15条件下,采用60%乙醇水溶液60℃振荡浸提、索氏抽提、超声浸提3种方法提取核桃楸外果皮、树枝及树叶中的总黄酮和胡桃醌,结果表明,超声浸提法优于常规浸提法和索氏抽提法,采用该方法提取后,测得外果皮中总黄酮含量为3.05%,胡桃醌含量为0.00229%。王文泽等<sup>[26]</sup>通过高效液相色谱(HPLC)法测定胡桃醌含量,在料液比为1:15条件下,研究了浸提方法、浸提剂、温度及时间对青皮中胡桃醌浸提率的影响,结果显示,索氏抽提、冷浸提和超声浸提3种方法中,超声浸提法所用时间短、提取率高;氯仿、丙酮、甲醇、乙醇、乙醚和乙酸乙酯6种浸提剂中,丙酮浸提率最高,为0.540%,其次为乙酸乙酯,浸提率为0.490%;最佳温度为60℃,最佳浸提时间为30 min。李秀凤等<sup>[27]</sup>采用5%NaOH恒温回流,减压过滤

后,用浓盐酸滴定沉淀获取滤渣中的胡桃醌提取物,胡桃醌提取率为52%,含量为0.062%。丁存宝等<sup>[28]</sup>在料液比为1:5条件下,采用乙酸乙酯、石油醚、正丁醇、95%乙醇常温振荡提取核桃青皮中的活性物质,结果发现,乙酸乙酯提取的胡桃醌含量最高,正丁醇最低;乙酸乙酯提取的黄酮含量最高,石油醚最低;正丁醇提取的多糖含量最高,95%乙醇最低。综上所述,胡桃醌的提取受浸提剂极性及浸提方法的影响,浸提剂极性越强,胡桃醌浸提率越高;超声浸提法所用的时间较短,操作简便,且浸提率较高。

## 2.2 胡桃醌的检测方法

索绪斌等<sup>[13]</sup>建立了HPLC测定核桃青皮中胡桃醌的方法,其色谱条件为Shimpack-ODS反相色谱柱、甲醇-5%磷酸二氢钠(3:1)流动相、室温进样、紫外检测器检测,该方法加样回收率为97.21%,RSD为1.23%,测得的胡桃醌含量为0.43%。刘丹萍等<sup>[29]</sup>用氯仿超声浸提山核桃外果皮后,采用HPLC法测得山核桃青皮干样中胡桃醌的含量为0.00104%。孙墨珑等<sup>[30]</sup>建立了用甲醇溶解样品,分光光度计在426 nm波长下测定核桃树皮中胡桃醌含量的方法,该法加样回收率为99.6%,简单易行,测定准确。孙墨珑等<sup>[31]</sup>建立了减压蒸馏、气质联用仪测定胡桃醌含量的方法,测定条件为采用DB-17MS型毛细管色谱柱、设定气化室温度为260℃、电离源为EI,该方法测得胡桃醌相对含量高达96.42%。核桃青皮中的胡桃醌因检测设备不同,测定的结果差异很大。

## 2.3 其他活性物质的提取及检测方法

高小宁<sup>[9]</sup>采用80%的乙醇回流提取核桃青皮,通过反复硅胶层析、聚酰胺柱层析、Sephadex LH-2凝胶柱分离得到9种化合物:胡桃醌、胡桃素、β-谷甾醇、核桃酮、胡桃酮、3,5-二甲氧基-4-羟基苯甲酸、香草酸、槲皮素、山柰酚;采用气相色谱-质谱(GC-MS)鉴别出氯仿相中含有15种化合物,包括5种酯类,3种酚类,2种酮类,萘醌、醇、呋喃、酸、醛各1种,其中,胡桃醌为主要物质,约占27.11%;鉴别出乙酸乙酯相中含有24种化合物,胡桃醌为主要物质,占31.20%。张建斌等<sup>[32]</sup>采用硅胶柱色谱、葡聚糖凝胶色谱和薄层色谱等分离方法从核桃青皮中分离得到4,5-O-异丙叉基-α-四氢萘醌、二氢红花菜豆酸、白桦脂酸、泰国树脂酸、4-甲氧基-α-四氢萘醌-5-O-α-葡萄糖苷、胡萝卜苷、4-乙氧基-8-羟基-α-四氢萘醌和2,3-二羟基-1-(4-羟基取代苯基)-1-丙酮8个单体化合

物。王宏歌等<sup>[33]</sup>建立了减压蒸馏、GC-MS测定核桃青皮中挥发性物质的方法,其中,GC-MS的条件为HP-5MS型毛细管色谱柱、气化室温度280℃、EI离子源,该方法测得的挥发性油状物质含量为2 mL/kg;测定出45种挥发性物质,占总馏分的95.22%,其中,6种酯类占总馏分的21.46%,9种醇类占总馏分的18.01%,7种烯烃类占总馏分的12.38%,4种含氧衍生物占总馏分的11.98%,3种酚类占总馏分的5.31%,3种酮类占总馏分的5.26%。张卫星等<sup>[34]</sup>采用无水甲醇在料液比1:15条件下65℃回流浸提核桃青皮,得到的粗提物中总酚含量为41.56 mg/g;应用氯仿、石油醚、正丁醇相、乙酸乙酯对青皮甲醇提取物进一步萃取,760 nm下分光光度法测得乙酸乙酯相总酚含量最高,为193.52 mg/g,其后依次是氯仿、正丁醇相,石油醚相中总酚含量最低,为37.35 mg/g。丁芸等<sup>[35]</sup>以亚临界水作为提取剂建立了一种环保、简单、易操作的核桃青皮中活性物质提取方法:青皮粒度为0.178 mm,萃取温度为194℃,萃取时间为55 min;该方法得到的总黄酮、单宁酸和蒽醌的提取率分别为87.43、56.03、4.12 mg/g,总提取率为147.58 mg/g。

## 3 核桃青皮中活性物质的抑菌作用及机制

核桃青皮中的活性物质胡桃醌、黄酮类及二芳基庚烷类物质具有抑菌作用,浸提剂的极性不同、浸提方法及分离方法不同,从核桃青皮中浸提出的活性物质种类及总量不同,因而对不同的菌种也产生不同的抑制效果<sup>[36]</sup>。

当核桃青皮甲醇提取物的质量浓度为0.1 g/mL时,对黄瓜灰霉病菌菌丝生长的抑制率为85.40%,对小麦白粉病菌的抑制率为75.00%,对黄瓜霜霉病菌的抑制率为56.62%;且抑菌活性随着提取物质量浓度的增加而增强<sup>[37]</sup>。翟梅枝等<sup>[38]</sup>研究表明,当核桃青皮乙醇提取物质量浓度为40 mg/mL时,其乙酸乙酯萃取相对棉花立枯菌、小麦纹枯菌和番茄灰霉菌3种病原真菌的抑制率均达到100%;乙酸乙酯萃取相的质量浓度不同,对不同种类病原菌的抑制效果也不同,其抑制小麦纹枯菌、棉花立枯菌、番茄灰霉菌、苹果炭疽菌和小麦赤霉菌5种病原菌的50%有效质量浓度(EC<sub>50</sub>)分别为5.591 2、6.219 1、7.263 4、9.069 5、10.310 2 mg/mL。当核桃青皮提取物质量浓度为50 mg/mL时,其可以显著抑制大肠杆菌、铜绿假单胞菌、枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌<sup>[34]</sup>。王宏歌等<sup>[33]</sup>研究结果表明,

10% 的核桃楸外果皮挥发性馏液可显著抑制杨树叶枯病菌和樟子松枯梢病菌。

胡桃醌是核桃青皮中的主要毒性物质,具有较强的抑菌和抗癌作用,其毒性一般大于醌类衍生物<sup>[39]</sup>。胡桃醌及其衍生物 5,8 - 二羟基 - 1,4 - 萍醌对供试的红景天立枯病菌等 12 种病原菌都有抑制作用,对玉米小斑病菌和镰刀属 4 种病原菌孢子萌发的抑制率为 60%<sup>[40]</sup>。刘丹萍等<sup>[29]</sup>研究了胡桃醌对 9 种病菌菌丝生长的抑制作用,结果表明,胡桃醌对水稻纹枯病菌菌丝生长的抑制作用最强,其 EC<sub>50</sub> 为 7.022 6 mg/L;对苹果炭疽病菌孢子萌发的抑制作用最强,其 EC<sub>50</sub> 为 0.508 0 mg/L。核桃青皮的乙酸乙酯浸提液显著抑制酵母菌、青霉、木霉的生长,其中,胡桃醌为主要的抑菌活性物质<sup>[28]</sup>。核桃青皮乙醇粗提物及其三氯甲烷、石油醚、乙酸乙酯萃取物显著抑制辣椒疫霉病菌、葡萄蔓枯病菌和葡萄溃疡病菌的菌丝生长,从中分离获得的胡桃素对葡萄蔓枯病菌和辣椒疫霉病菌菌丝生长的 EC<sub>50</sub> 分别为 0.060、0.124 mg/mL<sup>[41]</sup>。

吴朝霞等<sup>[42-44]</sup>研究表明,当胡桃醌最低质量浓度为 75 μg/mL 时可抑制大肠杆菌的生长,表现为大肠杆菌细胞内的电解质和大分子蛋白质出现泄漏,随胡桃醌质量浓度的增大,细胞膜受损加重;胡桃醌作用于大肠杆菌 24 h,菌体的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性降低,丙二醛(MDA)含量升高。推测胡桃醌对细菌的抑制作用主要发生在生长的延缓期和对数期,其可能通过破坏菌体的细胞壁或细胞膜结构抑制其生长,最终导致细菌无法正常生长,直接进入衰亡期。许紫峻等<sup>[45]</sup>研究表明,随核桃青皮提取物浓度增加,其对霉菌的抑菌率由 29.0% 增加到 62.4%;用核桃青皮 70% 乙醇提取液处理霉菌,霉菌的电导率在 10 h 内持续增加,并且在 2 h 时电解质外渗率达到高峰,MDA 含量明显增加且达最大值,CAT 活性显著降低,同时霉菌细胞结构模糊不清。因此,核桃青皮乙醇提取液对霉菌的作用机制是破坏其细胞膜,而霉菌细胞自身的抗逆能力不足以对抗这种作用,从而导致死亡。

#### 4 展望

核桃青皮是核桃生产过程中产生的副产品,含有胡桃醌、黄酮、多酚类及二芳基庚烷类等活性物质,这些活性物质具有抗菌活性,在农业生产中具有重要的利用价值。因此,核桃青皮中活性物质的提取及其抑菌作用成为研究的热点。关于核桃青皮中

活性物质的提取,科研工作者们在浸提试剂、浸提方式、检测方法方面做了大量的研究工作,所发现的活性物质成分数量和种类大大增多,浸提方法更环保、更快速,分离和鉴别技术也日趋精密,但是由于核桃青皮中活性物质受品种、采后储存时间、储存方式和提取方法的影响,仍需完善浸提技术和分离技术,以期得到高纯度、高提取率的活性物质。青皮中含有大量具有抑菌、抗氧化作用的活性物质,应深入研究不同活性物质的抑菌机制,进一步发挥核桃青皮在药用和植物保护中的作用<sup>[46]</sup>。另外,核桃青皮营养元素丰富,应加强青皮施入土壤对土壤和植物的影响研究,以期在肥料加工业有新进展<sup>[47]</sup>。核桃青皮色素是一种天然的着色剂,应加强其环保、绿色浸提方法及着色条件的研究,进一步探索青皮在纺织和化妆业上的应用。随着采用高新技术手段对核桃青皮成分及其作用机制的深入研究,核桃青皮将会在多个领域发挥更大的作用。

#### 参考文献:

- [1] Yang J A, Qiu K Q. Preparation of activated carbons from walnut shells via vacuum chemical activation and their application for methylene blue removal [J]. Chemical Engineering Journal, 2010, 165(1):209-217.
- [2] Pereira J A, Oliveira I, Sousa A, et al. Walnut (*Juglans regia* L.) leaves: Phenolic compounds, antibacterial activity and antioxidant potential of different cultivars [J]. Food and Chemical Toxicology, 2007, 45(11):2287-2295.
- [3] 潘富贊,张培正.核桃青皮的综合应用及开发前景[J].中国食物与营养,2010(12):21-24.
- [4] 吕丽华,叶方,陈昕.青核桃皮色素用于柞蚕丝织物染色性能的研究[J].印染助剂,2011,28(5):42-44.
- [5] 翟梅枝,李晓明,林奇英,等.核桃叶抑菌成分的提取及其抑菌活性[J].西北林学院学报,2003,18(4):89-91.
- [6] 许绍惠,唐婉屏,韩忠环.核桃楸毒性成分研究[J].沈阳农业大学学报,1986,17(2):34-39.
- [7] 张建斌.甘肃青龙衣(核桃青皮)化学成分的研究[D].兰州:西北师范大学,2009.
- [8] 董梅,袁日,齐凤琴,等.青龙衣中细胞毒活性成分的研究[J].天然产物研究与开发,2011,23(5):805-808.
- [9] 高小宁.核桃楸青果皮化学成分的研究[D].苏州:苏州大学,2008:5.
- [10] 陆婉,曲中原,邹翔,等.胡桃醌的研究进展[C]//中国药学会委员会.2008 年中国药学会学术年会暨第八届中国药师周论文集.北京:中国药学会,2008.
- [11] 温文兵,刘淑萍.青龙衣中胡桃醌的研究进展[J].河北理工大学学报(自然科学版),2011, 33(1):

- 141-144.
- [12] 李福荣,王庆国,韩纪举,等.青龙衣有效成分的初步提取分离及体外抗肿瘤活性研究[J].时珍国医国药,2011,22(3):608-609.
- [13] 索绪斌,高奎滨,张云凌,等.高效液相色谱法测定青龙衣中胡桃醌含量[J].中药材,2003,26(11):793.
- [14] 季宇彬,陆婉,曲中原,等.不同干燥方法、贮藏年限及采收时间对青龙衣中胡桃醌的影响[J].现代药物与临床,2009,24(2):110-112.
- [15] 蒋丽萍,刘宝瑞,胡文静.青龙衣的化学成分及其抗肿瘤作用的研究进展[J].现代肿瘤医学,2014,22(11):2735-2737.
- [16] 孙墨珑.核桃楸的杀虫活性及活性成分研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2007.
- [17] 赵扬帆,郑宝东.植物多酚类物质及其功能学研究进展[J].福建轻纺,2006(11):107-110.
- [18] 王杰兴,王全杰,杜山山,等.分光光度法测定板栗刺壳、核桃青皮及葡萄皮中的单宁含量[J].西部皮革,2013,35(6):20-23.
- [19] 王全杰,李超,王纯,等.核桃青皮中单宁的类型及含量测定[J].皮革与化工,2011,28(3):25-27.
- [20] Cosmulescu S N,Trandafir I,Achim G,et al. Phenolics of green husk in mature walnut fruits[J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca,2010,38(1):53-56.
- [21] 万政敏.核桃青皮中多酚类物质及其抗氧化性的分析[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2007.
- [22] 李义秀,阮汉利,张勇慧,等.野核桃青果皮的二芳基庚烷化合物[C]//湖北省药学会委员会.湖北省药学会第十一届会员代表大会暨2007年学术年会论文汇编.武汉:湖北省药学会,2007:150.
- [23] 周媛媛,王栋.青龙衣中二芳基庚烷类化学成分的研究[J].时珍国医国药,2009,20(8):1936-1937.
- [24] 王磊.核桃青皮次生物质的抑菌活性研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [25] 孙墨珑,宋湛谦,方桂珍.核桃楸总黄酮及胡桃醌含量的测定[J].林产化学与工业,2006,26(2):93-95.
- [26] 王文泽,刘洪章,刘淑英,等.核桃楸青果皮中胡桃醌的提取工艺研究[J].北方园艺,2013(15):153-157.
- [27] 李秀凤,张艳舫,刘淑萍.碱提酸沉淀法提取核桃青皮中胡桃醌的研究[J].食品科技,2014,39(3):173-175.
- [28] 丁存宝,吴尚卓,李桂秋,等.核桃青皮提取物抑真菌活性研究[J].现代食品科技,2013,29(4):722-724,755.
- [29] 刘丹萍,张立钦,陈安良,等.山核桃外果皮中胡桃醌含量测定及抑菌活性[J].农药,2010,49(9):686-688.
- [30] 孙墨珑,袁海舰,宋湛谦,等.分光光度法测定核桃楸树皮中胡桃醌的含量[J].东北林业大学学报,2007,35(6):37-38.
- [31] 孙墨珑,宋湛谦,方桂珍,等.减压蒸馏法提取核桃楸树皮中的胡桃醌[J].林产化学与工业,2007,27(6):113-115.
- [32] 张建斌,柳军玺,查飞,等.青龙衣的化学成分研究[J].中草药,2009,40(6):847-849.
- [33] 王宏歌,孙墨珑.核桃楸外果皮挥发性成分的GC-MS分析及其抑菌活性[J].江苏农业科学,2013,41(3):272-274.
- [34] 张卫星,何开泽,蒲蔷.核桃青皮提取物的抗菌和抗氧化活性[J].应用与环境生物学报,2014,20(1):87-92.
- [35] 丁芸,李海妹,刘玉梅.核桃青皮活性成分的亚临界水提取工艺优化及抗氧化活性[J].中国酿造,2016,35(5):75-80.
- [36] Li C,Liu J X,Zhao L,et al. Capillary zone electrophoresis for separation and analysis of four diarylheptanoids and an  $\alpha$ -tetralone derivative in the green walnut husks (*Juglans regia* L.) [J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis,2008,48(3):749-753.
- [37] 马良进,吴美卿,苏秀,等.山核桃外果皮提取物活体抑菌活性[J].浙江林学院学报,2009,26(5):620-624.
- [38] 翟梅枝,王磊,何文君,等.核桃青皮乙醇提取物抑菌活性研究[J].西北植物学报,2009,29(12):2542-2547.
- [39] 陈卫东,李建飞,吴桂军.核桃青皮萃取物防治板栗叶螨试验[J].河北果树,2009(5):8,11.
- [40] 全炳武,李翔国,玄伟,等.胡桃醌及其衍生物5,8-二羟基-1,4-萘醌抑菌活性研究[J].植物保护,2007,33(2):81-84.
- [41] 黄支权,任建军,成军,等.核桃青皮抑真菌物质的分离鉴定与抑菌活性[J].北京农学院学报,2016,31(1):23-27.
- [42] 吴朝霞,张敏,金楠,等.胡桃醌对大肠杆菌细胞膜的作用研究[J].食品科学,2012,33(17):193-197.
- [43] 吴朝霞,黄姗,高跃,等.胡桃醌对大肠杆菌氧化损伤的研究[J].食品科技,2012,37(2):247-250.
- [44] 吴朝霞,金楠,张敏,等.胡桃醌抑制细菌生长作用的研究[J].食品工业科技,2012,33(6):131-134.
- [45] 许紫峻,王溪远,陈娇,等.核桃青皮乙醇提取物抑制霉菌作用机理初步探索[J].江西农业大学学报,2016,38(2):290-296.
- [46] 梁永峰.核桃青皮提取物对枸杞蚜虫的触杀和拒食活性研究[J].河南农业科学,2010(11):70-72.
- [47] 李茹,程滨,赵瑞芬,等.不同剂量的核桃青皮对氮在土壤中转化的影响[J].山西农业科学,2017,45(5):791-794.