

# 核桃楸不同部位的活性物质 及药用价值研究进展

于雪,胡文忠\*,金黎明,侯梦阳,李鹤  
(大连民族大学生命科学学院,辽宁大连 116600)

**摘要:**核桃楸是我国重要的药源植物,具有良好的生物活性和药用价值,其叶、果和皮均可入药。本文对核桃楸皮、叶和果中的化学成分以及药用价值进行了总结,结合近几年国内外关于核桃楸挥发油、醌类化合物、多糖、蛋白质和黄酮类化合物等的研究进展进行综述,并介绍了核桃楸的抗肿瘤、抗炎抑菌和抗氧化等作用,旨在为研究核桃楸相关的药用价值以及保健功能提供一定的理论依据。

**关键词:**核桃楸,化学成分,药用价值

## Research of the progress in bioactive substance and medicinal value of different parts of *Juglansmandshurica Maxim*

YU Xue, HU Wen-zhong\*, JIN Li-ming, HOU Meng-yang, LI He

(College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)

**Abstract:** *Juglansmandshurica maximis* is an important medicinal plant in China with good biological activity and medicinal value. All its leaves, fruit, and skin could be used as medicine. At first the chemical component and medicinal value of its leaves, fruit and skin were summarized. Then this paper further states their values on the basis of research on walnut catalpa volatile oil, quinone compounds, polysaccharides, proteins and flavonoids at home and abroad in recent years. Besides, *Juglansmandshurica maxim*'s medicinal functions such as resisting tumor, resisting inflammation and antibacterial and resisting oxidation were listed clearly, too. It tried to provide a theoretical basis for the development of *Juglansmandshurica maxim*'s related medicinal value and healthcare function.

**Key words:** *Juglansmandshurica maxim*; chemical composition; medicinal value

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)21-0368-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.21.063

核桃楸 (*Juglansmandshurica Maxim*), 又名胡桃桃、羌桃、胡桃楸、山核桃等, 是一种胡桃科的胡桃属植物。核桃楸主要分布于我国东北的长白山、小兴安岭和辽宁东部、河北、山西等地, 苏联的远东地区、朝鲜北部也有分布, 在我国东北是有名的三大硬阔之一, 是非常重要的药源植物, 具有很高的开发价值<sup>[1]</sup>。核桃楸皮、核桃楸的青龙衣及未成熟的核桃楸果均可作为入药的成分<sup>[2]</sup>。在我国民间早有记载, 核桃楸叶具有改善人体的代谢以及强壮机体的药理功能<sup>[3-4]</sup>。近几年, 国内外一些研究人员结合体内外的实验, 及生物学实验等研究手段对核桃楸的化学成分和药理活性进行研究, 发现核桃楸粗提物和其所含的化学成分都具有很好的生物活性<sup>[5]</sup>。研究发现从核桃楸的皮、叶、果等各个部位提取分离出的活性成分含量及其相关功能性各不相同, 如果仁中富含

多种不饱和脂肪酸, 已被开发成多种功能性油脂产品, 其蛋白质含量 15%~20%, 氨基酸种类齐全, 氨基酸模式与人体的较为接近, 所以可以用来研发具有良好开发利用和现实意义的脱脂饼粕蛋白产品<sup>[6]</sup>。核桃楸叶中富含丰富的鞣质类化合物和黄酮类物质, 在抗肿瘤<sup>[6]</sup>、抗炎抑菌<sup>[7]</sup>以及抗氧化等方面有显著的药理活性。核桃楸皮中富含丰富的醌类、挥发性成分可被广泛应用于医药及食品深加工领域。本文从核桃楸皮、叶、果等实际应用部位出发, 对国内外核桃楸的各部位活性成分及其相关研究成果做一综述, 旨在为该植物更深入的研究提供参考, 同时为核桃楸资源的合理利用及相关产品的高效开发提供新的思路。

### 1 核桃楸皮中的化学成分

#### 1.1 醌衍生物类

在中药中把具有醌式结构的化学成分叫做醌类

收稿日期: 2016-05-10

作者简介: 于雪(1990-), 女, 在读硕士, 研究方向: 食品加工与质量安全控制, E-mail: yuxuedlnu@163.com。

\* 通讯作者: 胡文忠(1959-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品加工与质量安全控制, E-mail: h wz@dlnu.edu.cn。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31471923); 中央高校基本科研业务费专项资金重大项目(DC201501020101)。

表1 不同方法提取核桃楸中的胡桃醌<sup>[11-13]</sup>Table 1 In order to extract the juglone of *Juglansmandshurica maximis* in different methods<sup>[11-13]</sup>

项目	回流法	超声法	冷浸法	索氏提取法
提取量(μg/g)	664.050	603.140	565.005	<500.00

化合物,四种主要的类型为菲醌、苯醌、葱醌和萘醌,目前的研究报道发现核桃楸皮中有十余种以上的萘醌及其苷类化合物<sup>[8]</sup>。其中胡桃醌(又名5-羟基-1,4-萘醌和5-羟基-1,4-萘二酮), $\alpha$ -1,4-萘,3,3'-双胡桃醌,3,6'-双胡桃醌等被研究的较多<sup>[9-10]</sup>。已有胡桃醌的提取工艺方法有超声法、冷浸法、回流法和索氏提取法,比较而言,回流法提取胡桃醌的效果较好<sup>[11]</sup>。

## 1.2 挥发油

核桃楸皮中含有丰富的挥发油,其具有抗菌、消炎、抗肿瘤的生物活性<sup>[14]</sup>。近年来有关于核桃楸皮中挥发油成分鉴定的报道鲜少,王淑萍<sup>[15]</sup>等采用水蒸气蒸馏法对核桃楸皮中挥发油成分进行了提取,鉴定出挥发油成分包含烃、酮、呋喃、醇、脞、酚、酯七大类39种化合物。香豆素类、石竹烯类和倍半萜类,三类已被确认为药用成分,可用在轻工医药业、合成香料和口服抗凝药物。李金凤<sup>[16]</sup>等通过对水蒸气蒸馏法和汽萃法进行比较,对核桃楸皮中挥发油成分进行了提取,其中汽萃法提取出34种有效成分,而蒸汽蒸馏法只提取出19种有效成分。汽萃法能够提取出低沸点易挥发的成分,包括1,1-二乙氧基乙烷,顺-Z- $\alpha$ -环氧化红没药烯,异喹啉等成分。这一方法为后续提取核桃楸皮中低沸点挥发油类等生物活性成分提供了一定的理论依据,为研发抗氧化、抗肿瘤、抑菌抗炎等保健功能产品的开发提供了一种新的方法。

## 1.3 多糖

有很多报道显示,核桃楸皮中的多糖具有抑制肝癌细胞<sup>[17]</sup>、清除自由基<sup>[18]</sup>和保护肝脏损伤<sup>[5]</sup>等作用。梁启超<sup>[19]</sup>等采用水提醇沉法提取鉴定出核桃楸皮中四种均一的多糖为核桃楸多糖-1、核桃楸多糖-2a、核桃楸多糖-2b和核桃楸多糖-3。雷涛<sup>[18]</sup>等采用索氏提取器乙醇回流提取核桃楸皮中的粗多糖,并分别对提取液的羟基自由基和超氧阴离子清除能力进行了研究,结果表明,核桃楸皮中的粗多糖可为临床上研发抗氧化药物提供一定的科学依据。

## 1.4 其他

核桃楸皮中的生物活性成分除醌类衍生物、多糖和挥发油之外还含有黄酮类、二芳基庚酸类化合物、鞣质、多酚类等物质。徐为峰等以核桃楸皮中槲皮素为标准品进行总黄酮含量测定方法的优化,验证核桃楸皮中黄酮类化合物中的主要药效成分为槲皮素、异槲皮素和杨梅苷等<sup>[20-21]</sup>。在核桃楸皮中发现了3,3'-二甲氧基鞣花酸、山核桃酚和4,8-二羟基萘酚-1-O- $\beta$ -D-[6'-O-(3'',5''-二甲氧基-4''-羟基苯甲酰基)]吡喃葡萄糖苷等多酚类物质<sup>[22]</sup>。研究表明,黄酮类、多酚类等化合物具有良好的抗氧化、抗菌、抗炎等作用,可用在医药、化妆品和食品香料等

行业<sup>[23]</sup>。

## 2 核桃楸叶中的化学成分

### 2.1 总鞣质

鞣质类成分的结构复杂,人工合成不易,目前国内外主要从植物中提取。核桃楸皮中的总鞣质含量仅次于葱醌类和黄酮类化合物,核桃楸皮中总鞣质的提取方法主要有回流法、超声法和冷浸法,而关于核桃楸叶中总鞣质的提取以及研究的报道甚少<sup>[24]</sup>,尚作华<sup>[25]</sup>等通过对核桃秋叶的总鞣质的大孔树脂纯化工艺的研究,实验采用干酵素法对核桃楸叶中总鞣质的含量进行测定,在760 nm处进行波长检测。王添敏<sup>[26]</sup>等通过对核桃楸不同药用部位的鞣质进行测定,发现不同部位的鞣质含量如表2,结果表明,核桃楸中鞣质的含量大小为叶>根>茎>皮。核桃楸叶中的鞣质含量丰富是否可以在临床上作为抗肿瘤治疗的辅助药物,其具体的药理作用还需要进一步的开发研究。

表2 核桃楸不同部位鞣质的含量<sup>[26]</sup>

Table 2 The content of tannin in <i>Juglansmandshurica maximis</i> ' different place <sup>[26]</sup>				
部位	核桃楸根	核桃楸茎	核桃楸叶	核桃楸皮
鞣质含量(mg/g)	45.66	23.40	58.24	3.58

### 2.2 黄酮类

核桃楸叶作为新的药用部位,富含丰富的黄酮类物质,其中典型的代表化合物有槲皮素和山奈酚。谢健<sup>[27]</sup>等通过HPLC法测定了核桃秋叶中的槲皮素和山奈酚的含量,并比较了不同产地核桃楸叶中槲皮素和山奈酚的含量。这一测定方法的探究为后续研究槲皮素和山奈酚在抗肿瘤、抗氧化等活性提供一定的方法依据。任晓蕾<sup>[28]</sup>等采用75%乙醇回流法提取了核桃楸中的总黄酮物质。实验测得核桃楸中不同药用部位的总黄酮含量因采收时间不同而呈现出不同,均呈现叶>皮>茎。孙墨珑<sup>[29]</sup>等采用常规提取法、索氏提取法和超声波提取法浸提了核桃楸中的总黄酮。通过对核桃楸叶中总黄酮的含量进行测定实验,对核桃楸新的药用部位进行功能产品研发,可提升核桃楸药用价值。

### 2.3 其他

核桃楸叶中除了含有黄酮、鞣质等主要活性成分外,还含有没食子酸和单宁等成分。尚作华等<sup>[30]</sup>采用HPLC方法测定核桃楸叶中没食子酸的含量为1.469~1.482 mg/g。咎志惠等<sup>[23]</sup>采用磷钼酸—磷钨酸比色法对核桃楸叶中的单宁进行了测定,并就其抗氧化活性进行了实验,结果表明核桃秋叶中的单宁具有较强的抗氧化性。核桃楸叶中富含药用活性成分,可在机体抗氧化等方面进行药物研发。

### 3 核桃楸果的化学成分

#### 3.1 蛋白质

目前国外关于核桃楸的研究主要集中在过敏原、核桃楸根、皮、叶方面的提取物,核桃楸种仁蛋白的研究鲜有报道,在国内虽有关于核桃楸蛋白提取工艺条件优化的相关文献报道,但是对核桃楸蛋白水解肽的抗氧化性研究鲜少,孙琳琳<sup>[31]</sup>通过碱提酸沉法对核桃楸种仁中的蛋白进行了提取,在优化提取工艺后采用 Osborn<sup>[32]</sup>法对蛋白组分进行分析,初步确定谷蛋白为核桃楸种仁蛋白的重要组分。同时对其进行了抗氧化性实验,核桃楸种仁分离蛋白酶解产物对 DPPH 和 ABTS 具有较强的清除作用,这一实验的研究为开发新的植物源型抗癌活性产品提供了一定的理论基础,可以用来制作具有抗癌性类的保健品。李京京<sup>[33]</sup>等采用 Shotgun 蛋白质组学方法对核桃楸种仁提取出的蛋白进行组分分析,鉴定识别出 61 个蛋白质,并就其具有功能作用的分子进行了分类。可进一步对核桃楸种仁的医药价值进行研究,开发新型的功能食品。

#### 3.2 核桃楸油

核桃楸种仁中不仅含有丰富的蛋白质和氨基酸,同时还含有硬脂酸、棕榈酸和豆蔻酸三种饱和脂肪酸,还含有亚麻酸、油酸、亚油酸和花生四烯酸等不饱和脂肪酸,可用来降低血液中胆固醇的含量,防止动脉粥样硬化和心脑血管疾病<sup>[34]</sup>。核桃楸种仁油的提取方法主要有有机溶剂浸提法、压榨法、水酶法、水剂法和超临界溶剂萃取法<sup>[35]</sup>,宁宇<sup>[35]</sup>等采用超声辅助法提取核桃楸种仁油脂,并对其脂肪酸组成进行了分析,确定核桃楸油中不饱和脂肪酸的含量达 80%。核桃楸油富含丰富的不饱和脂肪酸,既可以作为辅助治疗血栓的药物,也可作为高级食用油,同时又能开发保健产品。

#### 3.3 其他

周媛媛等<sup>[35]</sup>先后通过硅胶柱色谱和大孔吸附树脂分离出核桃楸果皮中 37 种化合物,其中豆甾-5-烯-3 $\beta$ -醇、豆甾-4-烯-3-酮、(24R)-5 $\alpha$ -豆甾烷-3,6 二酮、二氢去氢二愈创木基醇、内消旋二氢愈创木脂酸、松柏醇-9-O- $\beta$ -D-葡萄糖苷、massonioside D、5-羟基-3,7,3',4'-四甲氧基黄酮、(2S)-5,7,4'-三羟基二氢黄酮、对甲氧基苯乙酸、对苯二酚、达玛烷-20,24-二烯-3 $\beta$ -醇、2 $\alpha$ ,3 $\beta$ ,23-三羟基-12-烯-28-齐墩果酸、2 $\alpha$ ,3 $\beta$ -23-三羟基-12-烯-28-熊果酸、齐墩果酸、熊果酸为首次从胡桃属植物中分离得到<sup>[35-36]</sup>。

### 4 药用价值

#### 4.1 抗肿瘤性

大量的报道显示核桃楸提取物具有良好的抗肿瘤性,Zhu<sup>[37]</sup>等对核桃楸提取物进行体外培养 EVC-304 细胞实验,验证核桃楸提取物对由内源过氧化氢诱导的细胞损伤和凋亡是否有抑制作用,实验表明,EVC-304 细胞的内源过氧化氢减少,早期细胞的凋亡比例增加,说明核桃楸对保护内源性过氧化氢诱导的细胞损伤和凋亡有显著作用。Xu<sup>[38]</sup>等对核桃楸

皮提取物胡桃醌进行了分子实验,通过 MTT 法检测得出胡桃醌对雄激素敏感的前列腺癌细胞 LNCaP 有诱导抑制作用。这项实验结果的公布为后续研发治疗前列腺癌疾病奠定了基础,为后续分子机制的研究提供了理论指导。Yao<sup>[39]</sup>等核桃楸树皮中分离出一种天然葱醌 1,5-二羟基-9,10-葱醌-3-羧酸(JC),通过对 JC 结构活性关系的实验研究,发现 JC 对 HepG2(肝癌)细胞的抑制作用明显,且与 JC 呈剂量关系,JC 抑制 HepG2 细胞增殖与 S 期阻滞有关,降低增殖标记 Ki67 蛋白的表达,可明显通过增加染色质凝聚和 DNA 片段引起 HepG2 细胞凋亡的作用,结果表明 JC 可以有效的抑制增殖、诱导肝癌 HepG2 细胞凋亡。近来有报道指出,从核桃楸中分离出两种新的萘化合物,分别鉴定为 4-丁氧基-5,8 二羟基-3,4-二氢-萘酚和 4-乙氧基-5,8-二羟基-3,4-二氢-萘酚,二者在抗肿瘤上有显著的功效,可为进一步研发新型的抗肿瘤药物制剂<sup>[40]</sup>。

#### 4.2 抗炎抑菌性

核桃楸不同部位具有不同的药理特性,核桃楸叶不同极性部分具有不同的抗菌作用,有报道,核桃楸叶有机石油醚相萃取物对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和绿脓杆菌的有最低浓度的抑菌作用效果最好,最低浓度分别为 5.0、2.5、5.0 mg/mL<sup>[41]</sup>。核桃和核桃楸同属于胡桃属植物,孙广仁等<sup>[42]</sup>采用室内模拟实验、平板菌落计数法测得核桃楸青果皮对空气中的表皮葡萄球菌、黄色葡萄球菌、猪霍乱沙门氏菌、肺炎球菌、痢疾志贺氏菌 5 种人类致病细菌有抑制作用。核桃楸叶乙醇提取物及其乙酸乙酯萃取物对杨树叶枯病和樟子松枯梢病均有抑菌活性<sup>[43]</sup>。核桃楸叶和青果皮中不同的提取物对不同种类的致病细菌有不同的抑菌作用。这一抑菌活性可用来开发新型的抑菌制剂以用于果蔬等的杀菌。

#### 4.3 抗氧化性

雷涛等<sup>[18]</sup>研究核桃楸皮粗多糖体外清除自由基的能力,实验采用羟基自由基和超氧阴离子分别检测了核桃楸皮粗多糖的体外清除自由基的能力,当样品浓度为 1.87 mg/mL 时,羟基自由基清除率可达到 78.2%,超氧阴离子的清除率可达 71.4%。昝志惠等<sup>[23]</sup>研究核桃楸外果皮和叶中的单宁体外清除羟基自由基、超氧阴离子和亚硝酸根离子的能力,比较了对三种自由基的清除效果,结果表明清除 3 种自由基的 IC<sub>50</sub>值大小顺序为:超氧阴离子 > 羟基自由基 > 亚硝酸根离子,其中清除超氧阴离子的 IC<sub>50</sub>值分别为 4.62 mg·mL<sup>-1</sup>。孙琳琳等<sup>[31]</sup>研究了核桃楸种仁分离蛋白酶解产物对羟基自由基和超氧阴离子的清除能力,在加酶量为 4510 U/g,底物浓度为 4.6% 时对羟基自由基和超氧阴离子清除率可达到 90% 以上。核桃楸的外果皮、种仁以及叶中均含有丰富的抗氧化成分,是一种天然的抗氧化剂,医药价值前景广阔,相关的抗氧化保健药物有待开发。

### 5 结语

核桃楸作为一种传统的中药植物,分布广泛,资源丰富,是其未成熟果皮、根皮、外壳及叶片均可入

药,因此有较大的开发潜力。近年来,随着人们对天然药物成分的关注,核桃楸皮中胡桃醌的抗氧化、抗菌、抗肿瘤和抗炎作用的相关报道越来越多。而目前核桃楸产业在我国的发展面临着核桃楸产品资源利用率低、品种单一的问题,而核桃楸种仁中富含丰富的亚麻酸和亚油酸,可以用来研发高级食用油,可防止皮肤的老化。核桃楸的叶以及青皮的提取物和核桃一样具有丰富的营养物质,可用来研发罐头、蛋白粉等食品,充实核桃楸产品的市场。随着核桃楸各化学成分被陆续鉴定出,各反应机理已被研发,在未来可以在优化加工工艺的基础上将核桃楸产品的生产进行多元化。核桃楸的皮、叶、果以及根茎均具有药物活性,依据不同药用活性进行相关保健产品的研发具有良好的开发前景。

### 参考文献

- [1]李志美.核桃的开发利用[J].林业调查规划,2004, S1: 199-201.
- [2]于海玲.核桃楸的研究进展[J].延边大学医学学报,2005(2):154-156.
- [3]宛蕾,陈秀芬,杜江.胡桃青皮抗炎及镇痛作用的研究[J].中药药理与临床,1999(2):30-31.
- [4]陈奇.中药药理研究方法的发展概况与特点[J].中国药理学学会第十次全国学术会议专刊,2009:6.
- [5]Zhao P, Qia C, Wang G, et al. Enrichment and purification of total flavonoids from Cortex Juglandis Mandshuricae extracts and their suppressive effect on carbon tetrachloride-induced hepatic injury in Mice [J]. Journal of Chromatography B, 2015, 1007(15):8-17.
- [6]宋华,包永明,张红梅,等.核桃楸叶提取液对肿瘤细胞的抑制作用[J].大连轻工业学院学报,2001,20(02):109-111.
- [7]高岳芳,张丽,韩颖,等.核桃属植物叶的化学成分及生物活性研究进展[J].西北林学院学报,2010(04):165-169,180.
- [8]吴威,李巍,张易,等.胡桃科植物的化学成分与生物活性研究进展[J].中草药,2013(17):2480-2488.
- [9]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.
- [10]图尔贡江·伊力亚则,孙宇,倪慧,等.核桃青皮的研究进展[J].中国现代中药,2015,17(1):77-81.
- [11]王雨萌,时东方,李赛男,等.核桃楸树皮中胡桃醌提取工艺优化[J].北方园艺,2015(05):141-144.
- [12]冯迟,王舒雅,高俊,等.核桃楸青果皮中胡桃醌的提取工艺[J].江苏农业科技,2016,44(5):340-342.
- [13]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.
- [14]张伟,卢引,顾雪竹,等.地锦草挥发性成分的HS-SPME-GC-MS分析[J].中国实验方剂学杂志,2012(21):66-68.
- [15]王淑萍,孟祥颖,齐晓丽,等.核桃楸皮挥发油化学成分分析[J].分析化学,2005(7):961-964.
- [16]李金凤,施勃,杜瑞娟,等.不同方法提取核桃楸皮挥发油的气质联用分析[J].中国实验方剂学杂志,2013(9):62-65.
- [17]雷涛,潘艳明,孟繁钦,等.核桃楸皮粗多糖抑制小鼠肝癌细胞 H<sub>22</sub> 研究[J].实验室科学,2014(3):30-31,34.
- [18]雷涛,孟令锴,吴宜艳.核桃楸皮粗多糖清除自由基研究[J].实验室科学 2012(02):93-95.
- [19]梁启超,邹桂华,刘爽,等.核桃楸皮多糖的分离纯化及抗癌活性研究(英文)[J].天然产物研究与开发 2015(08):1340-1345.
- [20]石建辉,王金辉,袁征,等.核桃楸皮的化学成分[J].沈阳药科大学学报,2006(08):501-504.
- [21]徐为峰,王帅,孟宪生,等.中药核桃楸皮中总黄酮含量测定显色条件优化研究[J].辽宁中医药大学学报,2016,18(3):34-37.
- [22]王金兰,张淑霞,李铁军,等.山核桃树皮化学成分研究[J].中草药,2008,39(4):490-493.
- [23]咎志惠,高艳梅,孙墨琬.核桃楸单宁提取及其抗氧化性[J].植物研究,2015(03):431-435.
- [24]姜金慧,霍金海,王伟明.核桃青皮中总鞣质的提取工艺优化[J].中国实验方剂学杂志,2013(02):14-16.
- [25]尚作华,霍金海,王伟明.核桃楸叶总鞣质的大孔树脂纯化工艺考察[J].中国实验方剂学杂志,2014(16):36-38.
- [26]王添敏,孙晓丽,彭雪,等.胡桃楸的根、茎、枝、叶和果皮中总鞣质的含量测定[J].中国中药杂志,2011(01):32-36.
- [27]谢健,霍金海,王伟明.HPLC法测定核桃楸叶中槲皮素、山柰酚含量[J].黑龙江中医药,2014(02):54-55.
- [28]任晓蕾,曹贵阳,初东君,等.核桃楸不同药用部位总黄酮含量测定及变化规律[J].中国实验方剂学杂志 2012,24:104-106.
- [29]孙墨琬,宋湛谦,方桂珍.核桃楸总黄酮及胡桃醌含量测定[J].林产化学与工业,2006(02):93-95.
- [30]尚作华,霍金海,王伟明.HPLC法测定核桃楸叶中没食子酸的含量[J].黑龙江中医药,2014(05):67-68.
- [31]孙琳琳.长白山核桃楸种仁蛋白功能性质及其酶解产物的抗氧化活性研究[D].长春:吉林农业大学,2014.
- [32]Liu Y, Zhao G L, Ren J Y, et al. Effect of denaturation during extraction on the conformational and functional properties of peanut protein isolate [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2011, 12(3):375-380.
- [33]李京京,刘春雷,闵伟红,等.利用 Shotgun 蛋白组学策略分析长白山核桃楸(Juglans mandshurica Maxim)蛋白[J].现代食品科技,2015(09):256-262.
- [34]苏玖玲.核桃楸油的提取、稳定性及降血脂功能研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2008.
- [35]周媛媛,蒋艳秋,孟颖,等.青龙衣活性部位的化学成分研究[J].中成药,2015(02):332-335.
- [36]宁宇,蔺立杰,王丰俊.超声波辅助提取核桃楸油及其脂肪酸分析[J].食品科技,2014(10):184-188.
- [37]Zhu W H, Zhang W, Qin Y X, et al. Protective Effects of the Extract of Juglans mandshurica Maxim on Endothelial Cell Damage [J]. Advanced Materials Research, 2014, 912-914:1965-1968.
- [38]XU H, YU X, QU S, et al. Juglone, isolated from Juglans mandshurica Maxim, induces apoptosis via down-regulation of AR expression in human prostate cancer LNCaP cells [J]. Bioorganic

(下转第 376 页)

sausage and its relation to the amount of sodium chloride added [J]. Meat Science, 2006, 74(3):557-563.

[27] Casquete R, Benito M J, Martín A, et al. Effect of autochthonous starter cultures in the production of "salchichón", a traditional Iberian dry-fermented sausage, with different ripening processes [J]. Lebensmittel - Wissenschaft und - Technologie, 2011, 44(7):1562-1571.

[28] Casquete R, Benito M J, Martín A, et al. Role of an autochthonous starter culture and the protease EPg222 on the sensory and safety properties of a traditional Iberian dry-fermented sausage "salchichón" [J]. Food Microbiology, 2011, 28(8):1432-1440.

[29] Giulia T, Fabio C, Cristiana C, et al. Effects of starter cultures and fermentation climate on the properties of two types of typical Italian dry fermented sausages produced under industrial conditions [J]. Food Control, 2012, 26(2):416-426.

[30] Simon - Sarkadia L, Pásztor - Huszár K, Dalmadi I, et al. Effect of high hydrostatic pressure processing on biogenic amine content of sausage during storage [J]. Food Research International, 2012, 47(2):380-384.

[31] Bover - Cid S, Miguelez - Arrizado J, Latorre - Moratalla L, et al. Freezing of meat raw materials affects tyramine and diamine accumulation in spontaneously fermented sausages [J]. Meat Science, 2006, 72(1):62-68.

[32] Rabie M A, Siliha H, Saidy S E, et al. Effects of  $\gamma$ -irradiation upon biogenic amine formation in Egyptian ripened sausages during storage [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(4):661-665.

[33] Ruiz - Capillas C, Jimenez - Colmenero F. Effect of an argon containing packaging atmosphere on the quality of fresh pork sausages during refrigerated storage [J]. Food Control, 2010, 21(10):1331-1337.

[34] 孙钦秀,董福家,孔保华,等.添加亚硝酸钠和维生素E对哈尔滨风干肠中亚硝胺的影响[J].食品工业科技,2015,12:296-301+306.

[35] 邢必亮,徐幸莲.降低腌肉亚硝胺含量的复合抗氧化剂研究[J].食品科学,2011,32(1):104-107.

[36] 李妍姣.洋葱黄酮类物质对亚硝胺生成阻断活性的研究[D].长春:吉林农业大学,2014.

[37] Liu J, Lin S, Wang Z, et al. Supercritical fluid extraction of flavonoids from Maydis stigma and its nitrite-scavenging ability [J]. Food and Bioproducts Processing, 2011, 89(4):333-339.

[38] 刘近周,林希蕴,吴孔叨,等.大蒜阻断亚硝胺合成机理的研究[J].营养学报,1986,04:327-334

[39] Choi S Y, Chung M J, Lee S J, et al. N-nitrosamine inhibition by strawberry, garlic, kale, and the effects of nitrite-scavenging and N-nitrosamine formation by functional compounds in strawberry and garlic [J]. Food Control, 2007, 18(5):485-491.

[40] 黄娟,鲍小丹,赖强,等.紫外光解法研究醌类光敏剂对亚硝胺合成的阻断作用[J].辐射研究与辐射工艺学报,2009,05:303-308

[41] 滕涛,李娟,陆静,等.提取条件对橘皮醇提物在模拟胃液中清除亚硝酸盐能力的影响[J].食品科技,2016,02:255-259.

[42] 李暮春.风干肠中亚硝胺的动态变化及控制研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2014.

[43] 魏萌,吕珍珠,刘黄友,等.蓝莓对蒸煮火腿中亚硝酸盐和亚硝胺的抑制作用研究[J].食品安全质量检测学报,2014,5(11):3610-3614.

[44] 林燕如.黄皮果不同部位提取液清除亚硝酸盐和阻断亚硝胺合成的研究[J].食品工业,2014(9):50-53.

[45] Ahn H J, Kim J H, Jo C, et al. Effects of gamma irradiation on residual nitrite, residual ascorbate, color, and N-nitrosamines of cooked sausage during storage [J]. Food Control, 2004, 15(3):197-203.

[46] Byun M W, Ahn H J, Kim J H, et al. Determination of volatile N-nitrosamines in irradiated fermented sausage by gas chromatography coupled to a thermal energy analyzer [J]. Journal of Chromatography A, 2004, 1054(1):403-407.

[47] Wei Fx, Xu G, Zhou G, et al. Irradiated Chinese rugao ham: changes in volatile N-nitrosamine, biogenic amine and residual nitrite during ripening and post ripening [J]. Meat Science, 2009, 81(3):451-455.

[48] 李木子,孔保华,黄莉,等.弯曲乳杆菌对风干肠发酵过程亚硝胺降解及其理化性质的影响[J].中国食品学报,2016,03:95-102.

[49] 黄耀.饮用水处理中亚硝胺类物质的生物降解研究[D].新乡:河南师范大学,2014.

[50] Webster T S, Condee C, Hatzinger P B. Ex situ treatment of N-nitrosodimethylamine (NDMA) in groundwater using a fluidized bed reactor [J]. Water research, 2013, 47(2):811-820.

[51] Wijekoon K C, Fujioka T, McDonald J A, et al. Removal of N-nitrosamines by an aerobic membrane bioreactor. [J]. Bioresource Technology, 2013, 141(7):41-45.

[52] Homme C L, Sharp J O. Differential microbial transformation of nitrosamines by an inducible propane monooxygenase [J]. Environmental science & technology, 2013, 47(13):7388-7395.

(上接第371页)

& Medicinal Chemistry Letters, 2013, 23(12):3631-3634.

[39] Yao Y, Zhang Y W, Sun L G, et al. Juglanthraquinone C, a novel natural compound derived from Juglans mandshurica Maxim, induces S phase arrest and apoptosis in HepG2 cells [J]. Apoptosis, 2012, 17(8):832-841.

[40] Li - Na GUO, Rui ZHANG, et al. Xue - Ying GUO, Identification of new naphthalenones from Juglans mandshurica and evaluation of their anticancer activities [J]. Chinese Journal of

Natural Medicines, 2015, 13(9):707-710.

[41] 孙庆灵,霍金海,谢健,等.核桃楸叶提取物不同极性部位的抗菌活性研究[J].黑龙江中医药 2014(02):51-52.

[42] 孙广仁,姚大地,由士江.山核桃青果皮对几种人类致病细菌的抑制作用[J].东北林业大学学报 2009, 37(1):92-93.

[43] 孙墨琬,宋湛谦,方桂珍.核桃楸叶乙醇提取物的抑菌活性及活性成分分析[J].林产化学与工业 2007, 27(增刊):81-84.