

# 芡实的炮制沿革及现代研究进展<sup>△</sup>

邓秋童<sup>1\*</sup>, 齐英<sup>1</sup>, 王秋红<sup>1,2#</sup> (1. 广东药科大学中药学院, 广州 510006; 2. 黑龙江中医药大学教育部北药基础与应用研究重点实验室/黑龙江省中药及天然药物药效物质基础研究重点实验室, 哈尔滨 150040)

中图分类号 R943.1 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2022)15-1911-05

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2022.15.23



**摘要** 芡实为睡莲科植物芡 *Euryale ferox* Salisb. 的干燥成熟种仁, 生芡实的功效以涩精止带为主, 而炒芡实的功效则以补脾健胃为主, 由此可知, 炮制对芡实的功效具有重要影响。笔者通过查阅相关典籍及文献, 对芡实的炮制沿革、化学成分、药理作用、质量控制进行了归纳总结。结果发现, 历代芡实炮制方法主要有净制、药汁制、炒制、蒸制, 现代炮制方法主要沿用净制和炒制, 其中炒制还可分为清炒与麸炒。芡实主要含有多酚类、黄酮类、甾醇类等成分, 具有抗氧化、抗菌、降糖等药理作用。当前学者已建立多种指纹图谱对芡实的质量进行控制, 柚皮素、总氨基酸等成分可能是影响芡实质量的差异性成分, 重金属、二氧化硫含量则是影响芡实安全性的重要指标,  $\alpha$ -生育酚、没食子酸等可能是芡实的质量标志物。后续可根据芡实生、熟炮制品的基本属性, 利用药理学分析方法全面考察芡实炮制前后化学成分的差异及变化规律, 应用体内、体外模型评价芡实炮制前后的药效作用, 从而为芡实的炮制工艺传承、炮制标准制定及临床应用提供参考。

**关键词** 芡实; 炮制; 历史沿革; 化学成分; 药理作用; 质量控制

## Processing evolution and modern research progress of *Euryale ferox*

DENG Qiutong<sup>1</sup>, QI Ying<sup>1</sup>, WANG QiuHong<sup>1,2</sup> (1. School of Traditional Chinese Medicine, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China; 2. Key Laboratory of Basic and Applied Research of Northern Medicine of Ministry of Education/Heilongjiang Key Laboratory of Pharmacodynamic Material Basis Research of Traditional Chinese Medicine and Natural Drugs, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150040, China)

**ABSTRACT** *Euryale ferox* is the dry and mature seed kernel of *Euryale ferox* Salisb., the effect of raw *E. ferox* is mainly to astringe spontaneous emission or leukorrhoea, while the effect of fried *E. ferox* is mainly to tonify the spleen and stomach. Therefore, processing has an important impact on the effect of *E. ferox*. The author summarizes the processing evolution, chemical composition, pharmacological action and quality control of *E. ferox* by consulting past materia medica monographs and related research papers. The results show that the processing methods of *E. ferox* in the past include cleansing, medicinal juice, frying and steaming; modern processing methods mainly continue to use cleansing and frying, among which frying can be divided into stir-frying and bran-frying. *E. ferox* mainly contains polyphenols, flavonoids, sterols and other components, with antioxidant, antibacterial, hypoglycemic and other pharmacological effects. At present, scholars have established a variety of fingerprints to control the quality of *E. ferox*. Naringin, total amino acids and other components may be the differential components that affect the quality of *E. ferox*, while the contents of heavy metals and sulfur dioxide are important indicators that affect the safety of *E. ferox*, and  $\alpha$ -tocopherol and gallic acid may be the quality markers of *E. ferox*. Later, according to the basic properties of raw and processed products of *E. ferox*, pharmaceutical analysis methods can be used to comprehensively investigate the differences and change rules of chemical components in *E. ferox* before and after processing. The pharmacodynamic effects of *E. ferox* before and after processing can be evaluated by *in vivo* and *in vitro* models, so as to provide references for the inheritance of processing technology, the formulation of processing standards and clinical application of *E. ferox*.

**KEYWORDS** *Euryale ferox*; processing; historical evolution; chemical composition; pharmacological effects; quality control

<sup>△</sup> 基金项目 国家自然科学基金资助项目(No.81773904); 国家重点研发计划中医药现代化研究重点专项(No.2018YFC1707100); 广东省重点领域研发计划项目(No.2020B1111120002)

\* 第一作者 硕士研究生。研究方向: 中药炮制。E-mail: 963990187@qq.com

# 通信作者 教授, 博士。研究方向: 中药炮制。E-mail: qh-wang668@sina.com

芡实为睡莲科植物芡 *Euryale ferox* Salisb. 的干燥成熟种仁, 味甘、涩, 性平, 归脾、肾经, 具有益肾固精、补脾止泻、祛湿止带的功能, 常用于遗精滑精、遗尿尿频、带下、白浊、小便不禁兼有腥浊者。生芡实的功效以涩精止带为主, 而炒芡实的功效则以补脾健胃为主, 由此可知, 炮制对芡实的功效具有重要影响。另外, 由于芡实

分布区域广泛,各地的气候环境、生产条件及用药习惯等不同,造成芡实炮制工艺及质量标准参差不齐,因而难以保证其临床应用的有效性。基于此,本文对芡实的炮制沿革、化学成分、药理作用及质量控制等方面进行归纳总结,以期对芡实的炮制工艺传承、炮制标准制定及临床应用提供参考。

## 1 芡实炮制沿革

### 1.1 名称考证

芡实以“鸡头实”之名始载于《神农本草经》,列为上品<sup>[1]</sup>。芡实的别名、异名较多,如“卵菱”“鸡癭”“鸡头”“雁头”“乌头”“芡”等<sup>[1-4]</sup>。“鸡头”“鸡头实”等别称可能缘自芡实果实上花萼退化的部分形如鸡喙。

### 1.2 芡实炮制方法在历代文献中的记载情况

芡实的炮制最初记载为蒸制,在唐代《食疗本草》中描述为“可取蒸之,于烈日中曝之,其皮壳自开,掇去皮,取仁”,由此可知蒸制的目的是除去外壳,兼为熟用。芡实从宋代开始出现多种炮制方法,如净制、药汁制及炒制。其中,明代的炮制方法最多,包括蒸制、炒制、春粉以及防风汤浸制等。其中,芡实的炒制方法已沿用至今,而防风汤浸制则已不用。芡实炮制方法在历代文献中的记载情况见表1。

表1 芡实炮制历代文献记载

方法	年代	出处	炮制描述	文献
净制	宋	《图经本草》	捣烂,曝干,再捣,下筛	[5]
	宋	《太平圣惠方》	去壳	[6]
	明	《证治准绳集要》	去壳,取细末	[7]
蒸制	唐	《食疗本草》	可取蒸之,于烈日中曝之,其皮壳自开,掇去皮,取仁	[8]
	明	《医学入门》	蒸熟去壳,春粉益人	[9]
	清	《医家四要》	蒸熟,捣拌	[10]
药汁制	明	《本草纲目》	芡实一斗,以防风四两煎汤,浸过用,且经久不坏	[11]
炒制	明	《先醒斋医学广笔记》	炒黄	[12]
	明	《医宗必读》	炒	[13]
	明	《慎斋遗书》	米炒黄色	[14]
	清	《本草纲目拾遗》	微炒研末	[15]

### 1.3 芡实在药典和各地炮制规范中的收载情况

对《中国药典》《全国中药炮制规范》及21个省市炮制规范中收载的芡实炮制工艺进行整理及归纳,具体见表2。结果发现,《中国药典》(2020年版)、《全国中药炮制规范》和其他14个省市的炮制规范均收载了芡实的净制方法。《全国中药炮制规范》和其他11个省市的炮制规范记载了芡实的清炒方法,清炒程度多记载为“炒至微黄色”,也有记载为“黄色”“显火色”“炒至棕黄色”“炒至表面黄褐色至棕褐色”等。《中国药典》(2020年版)、《全国中药炮制规范》及北京、江西、湖南等7个省市的炮制规范收载了麸炒芡实的炮制方法,但其具体炮制方法略有不同,例如山东规定用武火加热,而广西等地则规定用中火加热。《福建省中药饮片炮制规范》还收录了蒸制芡实及盐炙芡实的炮制方法。

表2 芡实现代炮制方法及其各地炮制规范

炮制方法	年份	来源	炮制描述	
净制	2020年	中国药典	芡实,除去杂质	
	1988年	全国中药炮制规范	取原药材,除去杂质及硬壳	
	1984年	广东省中药炮制规范	除去杂质,用时略打碎	
	1986年	辽宁省中药炮制规范	除去杂质、硬壳及灰屑	
	1990年	山东省中药炮制规范	去杂质及硬壳	
	2002年	江苏省中药饮片炮制规范	取原药材,除去杂质及残留硬壳,筛去灰屑	
	2005年	贵州省中药饮片炮制规范	取原药材,除去杂质	
	2005年	河南省中药饮片炮制规范	除去杂质及硬壳	
	2006年	重庆市中药饮片炮制规范	除去杂质及硬壳,用时捣碎	
	2007年	广西中药饮片炮制规范	除去杂质,用时捣碎	
	2008年	江西省中药饮片炮制规范	除去杂质	
	2008年	北京市中药饮片炮制规范	取原药材,除去杂质	
	2009年	陕西省中药饮片标准(第二册)	取药材芡实,除去杂质及残留种壳	
	2010年	湖南省中药饮片炮制规范	取原药材,除去硬壳等杂质,筛去灰屑	
	2015年	四川省中药饮片炮制规范	取芡实,除去杂质,粉碎成细粉	
	2018年	上海市中药饮片炮制规范	将药材除去灰屑等杂质	
	清炒	1988年	全国中药炮制规范	取净芡实置锅内,用文火加热,炒至表面棕黄色,取出放凉
		1984年	广东省中药炮制规范	取净芡实,用文火炒至微黄色,取出,摊凉
		1986年	吉林省中药饮片炮制规范	除去外壳,筛去灰屑,置锅内,用文火炒至黄色,取出,晾凉。用时捣碎
		1986年	辽宁省中药炮制规范	取净芡实,置锅内炒至微黄色,取出,放凉
1990年		山东省中药炮制规范	将净芡实置锅内,文火炒至表面呈微黄色,有香气时,取出,放凉	
2005年		河南省中药饮片炮制规范	取净芡实,照清炒法炒至棕黄色	
2005年		云南省中药饮片标准(第一册)	取药材,挑选。将净芡实置锅内,用文火炒至表面黄褐色至棕褐色,取出,晾凉,筛去碎屑,即得	
2009年		陕西省中药饮片标准(第二册)	取饮片芡实,照清炒法炒至棕黄色	
2015年		浙江省中药炮制规范	取芡实饮片,照清炒法炒至表面微黄色时,取出,摊凉	
2018年		湖北省中药饮片炮制规范	取净芡实,照清炒法炒至微黄色	
2018年		天津市中药饮片炮制规范	取芡实置热锅内,炒至表面显火色,取出,放凉	
2019年		安徽省中药饮片炮制规范(第三版)	取净芡实,置炒制容器内,用文火炒至表面黄色,具香气,取出,放凉	
麸炒		2020年	中国药典	取净芡实,照麸炒法(通则0213)炒至微黄色
		1988年	全国中药炮制规范	取麸皮,撒入热锅内,用中火加热,待冒烟时,加入净芡实,拌炒至表面呈棕黄色时,取出,筛去麸皮,放凉。每100 kg芡实,用麸皮10 kg
		1990年	山东省中药炮制规范	先将锅用武火加热,均匀撒入麸皮,待冒烟时,投入净芡实,急速翻搅,熏炒至表面呈黄色时,及时取出,筛去麸皮,放凉。每100 kg芡实,用麸皮10 kg
	2005年	河南省中药饮片炮制规范	取净芡实,照麸炒法炒至微黄色	
	2006年	重庆市中药饮片炮制规范	取净芡实,照麸炒法炒至微黄色	
	2007年	广西中药饮片炮制规范	将锅烧热,撒入适量麦麸,待冒烟时加入生芡实,用中火炒至微黄色,取出,筛去麦麸,放凉。每100 kg芡实用麦麸10 kg	
	2008年	北京市中药饮片炮制规范	取麸皮,撒入热锅内,待冒烟时,加入净芡实,迅速翻动,用中火炒至断面微黄色,取出,筛去麸皮,晾凉	
	2008年	江西省中药饮片炮制规范	取净芡实,照麸炒法炒至微黄色	
	2010年	湖南省中药饮片炮制规范	取净芡实,照麸炒法炒至微黄色	
	蒸制	2012年	福建省中药饮片炮制规范	取净芡实,照蒸法蒸至无白心,取出,晾干
		2012年	福建省中药饮片炮制规范	取净芡实,照盐炙法炒干

综合对比《中国药典》(2020年版)、《全国中药炮制规范》和21个省市的地方炮制规范可看出,除了古法的净制、蒸制以及清炒外,近代还发展了麸炒,个别地区还有盐炙的方法。但目前芡实的炮制方法主要为净制和炒制,其中炒制可分为清炒与麸炒。芡实的蒸制方法仅

在《福建省中药饮片炮制规范》中仍有记载。另外,不同地区对芡实同一炮制方法的具体工艺也略有不同。

## 2 芡实的化学成分研究

芡实主要含有多酚类、黄酮类、甾醇类、木脂素类、脑苷脂类、生育酚类、挥发油类等100多种化合物。芡实多酚类成分主要包括鞣花酸、柯里拉京、老鹳草素、阿魏酸、没食子酸等;黄酮类成分主要包括柚皮素、5,7,3,4,5'-五羟基二氢黄酮、(-)-表儿茶素-3-O-没食子酸酯等;甾醇类成分主要包括菜油甾醇、 $\beta$ -谷甾醇等;环肽类成分主要包括环(苯丙氨酸-丝氨酸)二肽、环(丙氨酸-脯氨酸)二肽、环(苯丙氨酸-丙氨酸)二肽等;木脂素类成分主要包括 euryalins A、euryalins B、euryalins C 等;脑苷脂类成分主要包括(2*S*,3*R*,4*E*,8*E*,2'*R*)-1-*O*-( $\beta$ -吡喃葡萄糖基)-*N*-(2'-羟基二十二碳酰基)-4,8-sphingadiene、(2*S*,3*R*,4*E*,8*E*,2'*R*)-1-*O*-( $\beta$ -吡喃葡萄糖基)-*N*-(2'-羟基四糖基)-4,8-sphingadiene 等;生育酚类成分主要包括 $\alpha$ -生育酚、 $\beta$ -生育酚、 $\gamma$ -生育酚等;挥发油类成分主要包括水芹烯、十三酸、十五醛等<sup>[16-32]</sup>。

## 3 芡实的药理作用研究

### 3.1 抗氧化作用

林栋等<sup>[33]</sup>采用2,2'-联氮双-(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, ABTS)]法和芬顿(Fenton)反应法评价芡实多肽的抗氧化活性,发现芡实多肽具有较强的清除ABTS自由基和羟基自由基的能力,且其清除能力与剂量呈正相关。有研究者研究芡实多糖清除羟基自由基、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基、超氧阴离子和亚硝酸盐的能力,结果表明,芡实多糖具有较好的体外抗氧化活性<sup>[34]</sup>。

### 3.2 抗菌作用

李成良<sup>[35]</sup>研究表明,从芡实籽中提取的类黄酮成分对大肠埃希菌、沙门氏菌和根霉均表现出一定抑制作用;芡实95%醇提取物对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、酵母菌及弧菌的抑制作用较强。此外,另有研究表明,芡实种壳提取物对多种常见致病菌(如金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、李斯特菌、阪崎肠杆菌等)均具有一定抑制作用<sup>[36]</sup>。

### 3.3 降糖作用

芡实多糖可通过激活人肝癌 HepG2 细胞胰岛素抵抗模型中磷脂酰肌醇3-激酶(phosphatidylinositol 3-kinase, PI3K)/蛋白激酶B(protein kinase B, Akt)信号通路的活性,上调葡萄糖转运蛋白4的表达来增加葡萄糖消耗以改善胰岛素抵抗<sup>[37]</sup>。Ahmed等<sup>[38]</sup>从芡实中分离出的2 $\beta$ -羟基桦木酸3 $\beta$ -油酸酯可显著降低链脲佐菌素诱导的2型糖尿病模型大鼠的血糖和血脂水平。朱煜冬<sup>[39]</sup>使用

芡实超微粉对2型糖尿病模型小鼠进行灌胃,结果显示,芡实超微粉能降低模型小鼠的血糖和血脂,并减轻其炎症反应,其作用机制可能是通过抑制PI3K/Akt/哺乳动物雷帕霉素靶蛋白信号通路活性,从而治疗小鼠糖尿病。

### 3.4 抗肿瘤作用

芡实提取物可通过抑制 Akt 和激活 p53 蛋白诱导人肺癌细胞 A549 凋亡<sup>[40]</sup>。芡实壳提取物对人肝癌 HepG2 细胞和人胃癌 SGC7901 细胞的增殖具有明显的抑制作用<sup>[41]</sup>。芡实壳中提取的柯里拉京、老鹳草素对人卵巢癌 A2780 细胞具有显著的抑制作用<sup>[46]</sup>。

### 3.5 降血脂

王岁岁等<sup>[42]</sup>用芡实超微粉灌胃高脂血症模型小鼠,结果显示,芡实超微粉可降低模型小鼠的血脂水平,改善其肝脏脂肪堆积和动脉粥样硬化,并对高脂血症引起的脂质过氧化损伤具有防护作用。

### 3.6 其他

芡实石油醚部位提取物可通过调节腺苷单磷酸活化蛋白激酶-UNC-51 样激酶1途径激活自噬,起到抗抑郁作用<sup>[43]</sup>;其还能保护脑缺血再灌注损伤<sup>[44]</sup>。芡实超微粉能显著降低小鼠体内丙二醛和一氧化氮含量,提高超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶活性和总抗氧化能力水平,显著提高端粒酶含量,从而发挥抗衰老作用<sup>[45]</sup>。另外,从芡实壳中提取出来的柯里拉京具有显著的抗炎作用<sup>[46]</sup>。

## 4 芡实的质量控制研究

2020年版《中国药典》中芡实的质量控制方法仅为性状鉴别、显微鉴定和薄层色谱鉴别,对其主要成分及含量并未作要求。随着对芡实的研究不断深入,多种质量控制方法已被应用在芡实的质量分析中,使得芡实药材的质量标准更为科学。

由于中药材的化学成分复杂,单一有效成分的含量测定并不能全面地评价中药材的质量,现代学者多运用指纹图谱等方法来对中药材进行更全面的质量控制。如,陈蓉等<sup>[47]</sup>建立了基于近红外光谱指纹图谱、红外光谱指纹图谱的芡实药材分析方法;又采用高效液相色谱法对其中所含的柚皮素进行了定量分析,并结合主成分分析法和聚类分析法,比较了不同产地芡实的质量;同时以柚皮素、总氨基酸、水溶性蛋白含量为指标,建立了芡实的灰色关联度质量评价模型,并对12个产地的芡实进行了质量评价,结果发现芡实中柚皮素含量与产地、气温呈正相关,总氨基酸含量与日照时间呈正相关。宋晶等<sup>[48]</sup>建立了芡实粉末X射线衍射傅里叶图谱分析方法,可以通过此法计算芡实的结晶度,从而分析芡实中直链淀粉、支链淀粉含量的差异。

李冬琴等<sup>[49]</sup>根据芡实的化学成分、传统功效、传统

药性等预测了芡实的质量标志物可能属于生育酚类、多酚类、木脂素类物质。另有学者通过气相色谱-质谱法发现 $\alpha$ -生育酚是芡实中含量最高的生育酚类化合物,没食子酸是芡实中含量较高的多酚类化合物,且具有较好的抗氧化活性<sup>[16]</sup>,由此推测这2种成分可能是芡实的潜在质量标志物。

张志超等<sup>[50]</sup>应用等离子体质谱法同时测定不同产地22批次芡实药材中铅、镉、铬、铜、汞和砷等6种重金属的含量,结果显示,部分产地的芡实存在镉、铬、砷、汞含量超标的现象。金小花等<sup>[51]</sup>测定了28个不同产地芡实中二氧化硫的含量,结果发现芡实不合格率为10.7%。重金属和二氧化硫含量对于中药的安全性和有效性都有一定的影响,因此增加芡实重金属及二氧化硫含量检查项目非常有必要。

## 5 结语

本文对芡实炮制方法进行了归纳梳理,发现芡实的炮制方法有净制、切制、清炒、麸炒、蒸制等,且不同地区同一炮制方法在炮制工艺上也存在一定差异。古籍中多有记载的防风汤浸制芡实现在也未见沿用,其作用还需进一步论证。据《本草纲目》记载,芡实“入涩精药,连壳用亦可”<sup>[4]</sup>,但现在少见连壳用,后续可深入研究芡实连壳用是否具有独特功效。

芡实主要化学成分为多酚类、黄酮类、甾醇类、木脂素类、脑苷脂类、生育酚类、挥发油类等,具有抗氧化、抗菌、抗肿瘤、降糖、降血脂等药理作用。目前关于芡实炮制前后化学成分变化及炮制品药理活性等相关研究较少,仅有少数研究表明芡实炒制后总黄酮含量升高、多糖含量降低<sup>[52]</sup>。中医认为芡实经炒制后性偏温,其补脾和固涩作用增强,但具体物质基础尚未明确,因而可能出现调剂配方“以生代熟”的状况,不利于临床的规范用药。目前,芡实已建立多种指纹图谱对其质量进行控制,其中柚皮素、总氨基酸等成分可能是影响芡实质量的差异性成分,重金属、二氧化硫含量则是影响芡实安全性的重要指标, $\alpha$ -生育酚、没食子酸等可能是芡实的质量标志物。

后续可根据芡实生、熟炮制品的基本属性,利用药理学分析方法全面考察芡实炮制前后化学成分的差异及变化规律,应用体内、体外模型评价芡实炮制前后的药效作用,从而为芡实的炮制工艺传承、炮制标准制定及临床应用提供参考。

## 参考文献

[1] 黄奭.神农本草经[M].北京:中医古籍出版社,1982:138-139.  
[2] 房玄龄.管子[M].刘晓艺,校点.上海:上海古籍出版社,2015:300.

[3] 庄子.庄子[M].上海:上海古籍出版社,2000:362.  
[4] 周祖谟.方言校笺[M].北京:中华书局,1993:6.  
[5] 苏颂.图经本草[M].胡乃长,王致谱,辑注.福州:福建科学技术出版社,1988:477-478.  
[6] 王怀隐.太平圣惠方[M].北京:人民卫生出版社,1958:125.  
[7] 王肯堂.证治准绳集要[M].余瀛鳌,林菁,田思胜,等编选.沈阳:辽宁科学技术出版社,2007:511.  
[8] 孟诜.食疗本草[M].尚志钧,辑校.合肥:安徽科学技术出版社,2003:88.  
[9] 李梴.医学入门[M].何永,韩文霞,校注.北京:中国医药科技出版社,2011:259.  
[10] 江诚.医家四要:四卷[M].上海:上海卫生出版社,1957:15.  
[11] 李时珍.本草纲目[M].2版.北京:人民卫生出版社,2002:1902-1904.  
[12] 缪希雍.先醒斋医学广笔记[M].杨洁,校注.北京:中国医药科技出版社,2011:58.  
[13] 李中梓.医宗必读:十卷[M].上海:上海卫生出版社,1957:20.  
[14] 周之干.慎斋遗书[M].熊俊,校注.北京:中国中医药出版社,2016:68.  
[15] 赵学敏.本草纲目拾遗[M].2版.北京:人民卫生出版社,1983:443.  
[16] 单恬恬.芡实壳多酚分离鉴定及体外抑肿瘤机制研究[D].武汉:武汉轻工大学,2020.  
[17] 郭志辉.芡实多酚组分特征及其抗氧化特性研究[D].扬州:扬州大学,2018.  
[18] ZHANG C. *In vitro* antioxidant properties of *Euryale ferox* seed shell extracts and their preservation effects on pork sausages[J]. J Food Process Preserv, 2015, 39(6): 1172-1182.  
[19] LIU Y, WEI S L, LIAO M C. Optimization of ultrasonic extraction of phenolic compounds from *Euryale ferox* seed shells using response surface methodology[J]. Ind Crops Prod, 2013, 49: 837-843.  
[20] 李美红,杨雪琼,万直剑,等.芡实的化学成分[J].中国天然药物,2007,5(1):24-26.  
[21] 孙海林,张雅琼,谢小燕,等.芡实化学成分研究[J].中药材,2014,37(11):2019-2021.  
[22] 王瑀.芡实化学成分及生物活性研究[D].济南:山东大学,2019.  
[23] 张晓云,王书源,董英.南、北芡实提取物的抗氧化活性比较及其GC-MS分析[J].中国粮油学报,2012,27(6):31-35,50.  
[24] 陈蓉,吴启南,沈蓓.不同产地芡实氨基酸组成分析与营养价值评价[J].食品科学,2011,32(15):239-244.  
[25] ZHAO H R, ZHAO S X, SUN C Q, et al. Glucosylsterols

- in extracts of *Euryale ferox* identified by high resolution NMR and mass spectrometry[J]. *J Lipid Res*, 1989, 30(10):1633-1637.
- [26] 李美红,李璠,太志刚,等. 芡实中的三个环二肽[J]. 昆明学院学报, 2009, 31(3):39-41.
- [27] 林红强,王涵,谭静,等. 药食两用中药: 芡实的研究进展[J]. 特产研究, 2019, 41(2):118-124.
- [28] SONG C W, WANG S M, ZHOU L L, et al. Isolation and identification of compounds responsible for antioxidant capacity of *Euryale ferox* seeds[J]. *J Agric Food Chem*, 2011, 59(4):1199-1204.
- [29] ROW L C, HO J C, CHEN C M. Cerebrosides and tocopherol trimers from the seeds of *Euryale ferox*[J]. *J Nat Prod Res*, 2007, 70(7):1214-1217.
- [30] HAN Z, LUO J, KONG L Y. Two new tocopherol polymers from the seeds of *Euryale ferox*[J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2012, 14(8):743-747.
- [31] 王红,吴启南,伍城颖,等. 高效液相色谱法测定芡实中不同构型维生素E的含量[J]. 食品工业科技, 2014, 35(8):74-78.
- [32] 植中强,李红缨,覃亮. 芡实不同部位挥发性成分的GC-MS分析[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(16):132-133.
- [33] 林栋,李丽娟,何英,等. 芡实多肽的分步酶解法制备及抗氧化活性研究[J]. 食品科技, 2021, 46(2):217-224.
- [34] 刘洋,张余,何小宁,等. 芡实皮渣多糖的提取工艺优化及体外抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(22):142-149.
- [35] 李成良. 芡实醇提物的抗氧化、抑菌作用及PPO性质研究[D]. 扬州:扬州大学, 2011.
- [36] 张余,陈志宏,何晓伟,等. 芡实壳提取物抗氧化、抑菌活性及其组分分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(22):151-155, 159.
- [37] ZHANG W N, SU R N, GONG L L, et al. Structural characterization and *in vitro* hypoglycemic activity of a glucan from *Euryale ferox* Salisb. seeds[J]. *Carbohydr Polym*, 2019, 209:363-371.
- [38] AHMED D, KHAN M I, SHARMA M, et al. Novel pentacyclic triterpene isolated from seeds of *Euryale Ferox Salisb*. ameliorates diabetes in streptozotocin induced diabetic rats[J]. *Interdiscip Toxicol*, 2018, 11(4):275-288.
- [39] 朱煜冬. 芡实超微粉对2型糖尿病小鼠的降血糖与肾脏功能调节作用[D]. 合肥:合肥工业大学, 2020.
- [40] NAM G H, JO K J, PARK Y S, et al. *In vitro* and *in vivo* induction of p53-dependent apoptosis by extract of *Euryale ferox* salisb in A549 human Caucasian lung carcinoma cancer cells is mediated through Akt signaling pathway[J]. *Front Oncol*, 2019, 9:406.
- [41] 王俊南,胡晓潇,单恬恬,等. 水生蔬菜提取物抑制人肝癌HepG2细胞和人胃癌SGC7901细胞的增殖[J]. 现代食品科技, 2020, 36(9):9-16, 87.
- [42] 王岁岁,张余,戚良号,等. 芡实超微粉的体内降血脂功效[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(10):65-69.
- [43] HUANG Z H, HUANG X Y, WANG Q, et al. Extract of *Euryale ferox* Salisb exerts antidepressant effects and regulates autophagy through the adenosine monophosphate-activated protein kinase-UNC-51-like kinase 1 pathway[J]. *IUBMB Life*, 2018, 70(4):300-309.
- [44] 孙广达,蒋瑞智,吴啟南,等. 芡实石油醚部位对脑缺血再灌注模型大鼠SOD、CAT和GSH的影响[J]. 时珍国医国药, 2019, 30(9):2087-2089.
- [45] 朱煜冬,张余,戚良号,等. 芡实超微粉的小鼠体内延缓衰老功效[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(15):3732-3735.
- [46] 王俊南. 芡实壳源柯里拉京对LPS诱导的RAW264.7细胞炎症反应影响研究[D]. 武汉:武汉轻工大学, 2020.
- [47] 陈蓉,张超,张华锋,等. 高效液相指纹图谱结合化学计量学评价不同产地芡实的质量[J]. 西北药学杂志, 2017, 32(4):446-450.
- [48] 宋晶,吴启南. 中药材芡实的X射线衍射Fourier图谱分析研究[J]. 河南中医, 2010, 30(6):557-559.
- [49] 李冬琴,耿敬章,吴云霞,等. 芡实主要成分研究进展及其质量标志物预测分析[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(9):31-34.
- [50] 张志超,刘江红,吴丽霞,等. ICP-MS同时测定不同产地芡实药材中重金属的含量[J]. 中国药师, 2019, 22(12):2338-2342.
- [51] 金小花,祁梦情,代利洁,等. 基于二氧化硫含量及聚类分析的芡实比较[J]. 食品工业, 2021, 42(4):227-231.
- [52] 李秋红. 菟丝子等十三味中药最佳炒制工艺研究[D]. 哈尔滨:黑龙江中医药大学, 2009.

(收稿日期:2022-02-25 修回日期:2022-06-22)

(编辑:唐晓莲)