

· 综述 ·

荷叶中黄酮和生物碱的研究进展

陈曦¹, 戚进^{1,2*}

(1. 中国药科大学 中药复方研究室, 南京 211198;
2. 中国药科大学 江苏省中药评价与转化重点实验室, 南京 211198)

[摘要] 荷叶为睡莲科多年生水生植物莲 *Nelumbo nucifera* 的新鲜或干燥叶片,常在夏秋二季采收,是一种常见的药食两用药材。荷叶广泛分布于长江、黄河和珠江三大流域,在我国有着悠久的种植和应用历史。荷叶的主要活性成分为黄酮类和生物碱类物质,随着现代研究技术的发展,关于这两类成分的研究也在不断的深入,荷叶中黄酮类成分多为槲皮素、异槲皮素、山柰酚以及其他苷元的单糖或多糖苷类化合物,生物碱类成分多为异喹啉类生物碱、阿朴菲类生物碱及其衍生物。荷叶的药理作用广泛并且毒副作用小,具有较大的研究潜力。现代研究表明荷叶具有抗氧化、降脂减肥、抗人类免疫缺陷病毒(HIV)、抗癌和治疗心血管疾病等多种生物活性,具有较好的药用价值。通过检索近10年来国内外关于荷叶黄酮和生物碱类物质的文献及硕博学位论文,本文对荷叶中黄酮和生物碱类成分的相关研究进行了总结,从化学成分、提取分离、质量评价方法和药理活性等多个方面对荷叶的研究现状进行了综述,希望能为荷叶相关的研究和生产提供科学方面的参考。结合目前研究状况来看,荷叶中有效成分的提取纯化研究、质量控制方法的研究和基于主要药理活性的相关作用靶点确定等方面的研究都有待于加强,以期对荷叶植物资源进行深入研究和合理开发利用。

[关键词] 荷叶; 化学成分; 提取分离; 质量评价方法; 药理活性

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2015)18-0211-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2015180211

Flavonoids and Alkaloids in Lotus Leaves CHEN Xi¹, QI Jin^{1,2*} (1. *Research Room for Traditional Chinese Medicine (TCM) Compound, China Pharmaceutical University, Nanjing 211198, China*; 2. *Key Laboratory of TCM Evaluation and Transformation of Jiangsu, China Pharmaceutical University, Nanjing 211198, China*)

[Abstract] Lotus leaves (*Nelumbo nucifera*) are fresh or dried leaves of perennial aquatic plant *N. nucifera*, which are commonly used as a traditional Chinese herb as well as food. The optimal harvest seasons of lotus leaves are summer and autumn. Lotus leaves are mostly distributed and cultivated in drainage basins of Yellow River, Changjiang River and Zhujiang River in China. Modern research has shown that flavonoids and alkaloids are the principal constituents in lotus leaves. Along with the development modern research technologies, in-depth studies have showed that quercetin, isoquercetin and kaempferol are the main flavonoid aglycines, and isoquinoline alkaloids, aporphine alkaloids and its derivatives are the principal alkaloids. Lotus leaves have extensive pharmacological activities such as antioxidant, anti-obesity, anti-human immunodeficiency virus (HIV), anti-cancer and anti-cardiovascular disease activity, with a better medicinal value. Based on the domestic and foreign literatures, theses and dissertations in the past 10 years, relevant researches for flavonoid and alkaloid constituents of lotus leaves were summarized in order to provide references for further studies and production, which included the chemical composition, extraction and isolation progress, quality assessment methods and the pharmacological activity. Based on the current studies, for the purpose of rational development and utilization of its plant resources, further studies shall be made for the extraction and purification technology, the quality criteria technology and the target localization technology.

[收稿日期] 20150330(014)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81473317)

[第一作者] 陈曦, 硕士, 从事中药质量控制及药效物质基础研究, Tel: 025-86185158, E-mail: chenxi918700@163.com

[通讯作者] *戚进, 博士, 副教授, 硕士生导师, 从事中药质量控制及药效物质基础研究, Tel: 025-86185158, E-mail: yaoyuelingxing@163.com

[Key words] *Nelumbo nucifera*; chemical constituent; extraction and isolation progress; quality assessment methods; pharmacological activity

荷叶为睡莲科多年生水生植物莲 *Nelumbo nucifera* 的叶片,又名莲叶,藕叶,夏秋二季采收,除去叶柄,鲜用或晒干用。荷叶作为药材应用于治疗疾病已有悠久的历史,传统医学认为荷叶性苦平,归肝脾胃经,具有清暑化湿、生发清阳和凉血止血的功能,据《本草纲目》记载,“荷叶服之,令人瘦劣”。现代药理研究表明荷叶具有抗氧化^[1]、降脂减肥^[2]、抗人类免疫缺陷病毒(HIV)^[3]、抗癌^[4]和治疗心血管疾病^[5]等多种生物活性。近年来国内外学者对荷叶的化学成分和药理活性进行了大量的研究和综述^[6-7],为了全面总结荷叶黄酮及生物碱类成分的最新研究进展,本文通过检索和归纳近 10 年来国内外关于荷叶黄酮和生物碱类物质的文献及硕博学位论文,总结了荷叶中的 30 个黄酮类化合物和 22 个生物碱类化合物,对黄酮类和生物碱类成分的提取分离进行了比较总结,并对荷叶质量的各种评价的方法与结果进行了综述,最后探讨了荷叶的各种药理活性,以期对荷叶资源的进一步利用提供参考。

1 化学成分

1.1 黄酮类 目前已从荷叶中分离得到了 30 个黄酮类化合物^[8-14],以其苷元类型分类主要有:槲皮素类化合物 9 个[槲皮素-3-丙酯^[8],槲皮素^[9],异槲皮苷^[9],芦丁^[9],金丝桃苷^[9],槲皮素-3-*O*-葡萄糖醛酸苷^[10],槲皮素-3-*O*-鼠李糖苷^[11],槲皮素-3-*O*-阿拉伯糖-(1→2)-半乳糖苷^[11],槲皮素-3-*O*-木糖-(1→2)-葡萄糖苷^[12]];异槲皮素类化合物 6 个[异鼠李素^[12],异鼠李素-3-*O*-葡萄糖醛酸苷^[9],异鼠李素-3-*O*-葡萄糖苷^[11],异鼠李素-3-*O*-鼠李糖-(1→6)-葡萄糖苷^[11],异鼠李素-3-*O*-来苏糖-(1→2)-葡萄糖苷^[11],异鼠李素-3-鼠李糖-(1→6)-[来苏糖-(1→2)-葡萄糖苷^[11]];山柰酚类化合物 6 个(山柰酚^[13],山柰酚-3-*O*-半乳糖苷^[9],紫云英苷^[9],山柰酚-7-*O*-葡萄糖苷^[9],山柰酚-3-*O*-葡萄糖醛酸苷^[9]);杨梅酮类化合物 3 个(杨梅酮-3-*O*-葡萄糖苷^[9],杨梅酮-3-*O*-半乳糖苷^[9],杨梅酮-3-*O*-葡萄糖醛酸苷^[9])以及其他黄酮类化合物 6 个(香叶木素-7-*O*-六碳糖苷^[9],香叶木素^[9],丁香亭-3-*O*-葡萄糖苷^[9],柯伊利素-7-*O*-葡萄糖苷^[12],黄芩新素 II^[14],粘毛黄芩素 III^[14])。

1.2 生物碱类 荷叶生物碱的研究始于 19 世纪,自福田真雄等^[15]从荷叶中分离出荷叶碱,*O*-去甲基荷叶碱以及莲碱 3 个成分以来,荷叶生物碱的提取分离受到越来越多人的关注。国内外学者先后从荷叶中分离得到 22 个生物碱类成分^[16-26],主要分为以下几种:单苜基异喹啉类生物碱 6 个(乌药碱^[16],*N*-甲基衡州乌药碱^[16],*N*-甲基异衡州乌药碱^[16],去甲基乌药碱^[16],亚美罂粟碱^[16],*N*-去甲基亚美罂粟碱^[16]);阿朴啡类生物碱 6 个(番荔枝碱^[16],莲碱^[16],荷叶碱^[16],*N*-去甲基荷叶碱^[16],*O*-去甲基荷叶碱^[16],鹅掌楸宁碱^[17]);氧化阿朴啡类 2 个(氧化荷叶碱^[18],鹅掌楸碱^[18]);原阿朴啡类生物碱(原荷叶碱^[18]);去氢阿朴啡类生物碱 4 个(去氢荷叶碱^[19],去氢莲碱^[19],去氢番荔枝碱^[20],睡莲碱^[21])以及双苜基异喹啉类生物碱 3 个(莲心碱^[22],异莲心碱^[22],甲基莲心碱^[22])。

2 提取分离研究

荷叶中的黄酮类化合物多以糖苷类形式存在,也存在少量的游离苷元,目前所报道的提取方法主要为热水提取,醇类等有机溶剂提取^[23],超声提取^[24]和微波提取^[25]等,并可通过响应面设计和正交设计等方法^[26]来优化提取效率。游林红等^[23]采用乙醇水浴的方法对荷叶总黄酮的提取工艺进行了研究。通过单因素和正交试验确定各因素对总黄酮得率的影响顺序:料液比 > 乙醇浓度 > 提取温度 > 提取时间,从而得到乙醇提取荷叶总黄酮的最佳工艺条件:提取时间 90 min,乙醇浓度 80%,料液比 1:40,提取温度 40℃。

荷叶中生物碱的碱性较弱,不能直接溶解于水中。目前从荷叶中提取生物碱主要采用酸提碱沉结合有机溶剂萃取的方法^[27],此外回流、微波、超声等提取方法^[27]也被应用于荷叶生物碱的提取,并进一步结合响应面设计^[27]和正交设计^[28]优化荷叶中生物碱类成分的提取效率。黄鑫等^[28]采用罐组逆流提取技术提取荷叶中的生物碱,通过正交设计实验得出荷叶生物碱的最佳提取条件为提取时间 25 min,温度 80℃,固液比 1:50,乙醇体积分数为 70%。该方法是一种新型提取方法,优点在于可以保持固液两相较高的浓度差,进而提高提取效率,缩短提取时间。

柱色谱尤其是大孔树脂柱色谱^[29]是荷叶中黄酮类和生物碱类成分分离的主要手段。此外随着分离纯化技术的发展,制备液相色谱^[30]和高速逆流色谱^[31]等新型提取分离技术也越来越被应用在荷叶的黄酮类和生物碱类物质的分离制备中。

肖文军等^[29]比较了多种大孔吸附树脂对荷叶中黄酮类化合物的吸附效果,结果显示 HP-20 大孔树脂分离效果最好,并采用该树脂建立了荷叶醇提物的分离纯化工艺,确定了相关技术参数。结果表明:该工艺操作简单,耗费时间较短,荷叶黄酮含量可提高到 98.87%。

在荷叶生物碱的提取分离方面,刘婧娟等^[30]采用了制备高效液相技术分离纯化荷叶碱。荷叶经 1% 盐酸水溶液提取后,用三氯甲烷萃取,得到的产物用制备液相分离制备,得到的荷叶碱纯度 > 98%,制备收得率 > 49%。结果表明此方法具有生产周期短,产物纯度高和简便的优点。

pH 区带逆流色谱(pH-zone-refining counter-current chromatography)是一种基于高速逆流色谱技术发展起来的新型制备型分离技术,利用待分离物质的酸(碱)解离常数及疏水性的不同对目标成分进行分离。Xu X 等^[31]利用 LC-MS 的方法来指导分离和鉴别 pH 区带逆流色谱法制备的产物,从荷叶粗提取物中制备了 *N*-去甲基亚美罂粟碱、荷叶碱和莲碱,纯度分别为 90%,92% 和 96%。结果表明 pH 区带逆流色谱法相比于传统的逆流色谱具有载样量大,分离纯度和分离效率高等优点。

3 质量评价研究

荷叶中的黄酮和生物碱的定性分析方法主要是采用薄层色谱法^[32],核磁共振波谱法^[21],高效液相色谱法^[32]和液质联用^[32]等方法。周永刚等^[16]通过高效液相-飞行时间质

谱技术鉴别了荷叶中的 13 个生物碱和 1 个黄酮类成分。王莉等^[32]建立了荷叶炮制品总生物碱化学成分的高效液相-电喷雾离子阱质谱技术,分析了生荷叶和荷叶炭中的总生物碱,共鉴别出生荷叶中的 10 种生物碱以及荷叶炭中的 6 种生物碱。结果表明,荷叶的炮制品荷叶炭中的荷叶碱,*N*-去甲基荷叶碱,番荔枝碱和甲基莲心碱的相关色谱峰消失,另外有 6 种生物碱色谱峰面积明显降低。

目前荷叶中黄酮和生物碱类成分的定量研究主要采用比色法^[33]和高效液相色谱法^[34],也有文献报道采用液质联用的方法进行定性定量分析^[9,17]。Chen S 等^[9]采用 HPLC-DAD-ESI-MSⁿ 的方法同时鉴别了莲属不同组织中的花青素类成分和非花青素类的黄酮成分。结果发现,叶肉,叶脉和叶茎中的黄酮种类一致,但叶肉中的黄酮含量要远高于叶脉和叶茎中的黄酮含量。叶肉中 3 种主要的槲皮素类糖苷(金丝桃苷,异槲皮苷,槲皮素葡萄糖醛酸苷)的含量占有被检测到的黄酮含量的 66.5% 以上。

4 药理作用

近年来已有大量文献报道荷叶抗氧化、降脂减肥、抗癌、保护肝脏和心血管等一系列药理活性,在此本文对近年来涉及荷叶相关药理报道进行简要总结。

4.1 抗氧化活性 肖桂青等^[1]采用化学发光法考察了荷叶总生物碱对氧自由基的清除作用,并与荷叶水提液、荷叶醇提液及维生素 C 的抗氧化活性进行比较。结果表明,荷叶总生物碱对 3 种氧自由基 $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot OH$ 和 H_2O_2 均具有清除活性,其中对 $\cdot OH$ 的清除能力最强,是维生素 C 活性的 11 倍;荷叶水提液、荷叶醇提液仅对 $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot OH$ 具有一定的清除能力,其中对 $\cdot OH$ 的清除能力也强于维生素 C。

有研究结果表明荷叶提取物可以保护高血压大鼠和正常大鼠因氧化应激导致溶血的红细胞膜,具有抗氧化作用,且这种抗氧化作用来自于其中的酚类化合物^[2]。

4.2 降脂减肥活性 Wu C H 等^[2]研究了富含黄酮的荷叶提取物对高脂饮食致肥小鼠的降脂减肥作用。结果显示该提取物可以降低小鼠体重,减少脂肪堆积,降低血清天冬氨酸氨基转移酶和丙氨酸氨基转移酶的活性,同时抑制脂肪酰合酶,乙酰辅酶 A 羧化酶和 HMG-CoA 还原酶的表达,增加肝脏中 AMP 激活的蛋白激酶磷酸化作用。表明该提取物可以靶向作用脂肪调节酶,具有降脂减肥的活性。

相关应用 2 型糖尿病(NIDDM)大鼠模型比较研究了醇提荷叶总生物碱和酸提生物碱盐的降脂作用,结果显示两者均有降脂作用,并且生物碱盐降血脂作用强于生物碱^[2]。

4.3 抗 HIV 活性 Kashiwada Y 等^[3]研究发现乌药碱,去甲乌药碱和槲皮素-3-*O*-葡萄糖醛酸苷具有抗 HIV 活性。在进行构效关系的试验中发现 3 个双苄基异喹啉类生物碱(甲基莲心碱,莲心碱和异莲心碱)和 1 个阿朴菲类生物碱荷叶碱同样具有抗 HIV 的活性。这些化合物可作为未来治疗 AIDS 的潜在前体药物进行进一步的研发。

4.4 抗癌活性 Nakamura S 等^[4]研究了荷叶黄酮提取物(NNE)对抑制乳腺癌的作用,体外实验表明 NNE 处理后的 MCF-7 细胞被阻滞于 G_0/G_1 期,NNE 诱导 p53 磷酸化和 p21 的表达,下调细胞周期蛋白(cyclins)和细胞周期蛋白依赖性激酶(cdk)的表达。体内实验显示经 NNE 处理后小鼠的肿

瘤体积和质量显著减少,表明荷叶提取物具有明显的抗肿瘤活性。

研究发现荷叶碱可以通过抑制尼古丁介导的 Wnt/ β -catenin 信号通路来抑制非小细胞肺癌细胞的增殖,表明荷叶碱不仅可以抑制非小细胞肺癌细胞的扩增,还可以有效的减轻尼古丁导致的肝脏损伤^[4]。

4.5 心血管保护活性 Subashini R 等^[5]研究荷叶提取物对异丙肾上腺素导致的大鼠心肌梗死的保护作用。结果显示每天预处理荷叶提取物(100,200,390 mg·kg⁻¹)可以改善异丙肾上腺素介导的大鼠心肌的各种生理参数,荷叶对实验中诱导的大鼠心脏毒性具有心肌保护作用。

荷叶中的双苄基异喹啉类生物碱如莲心碱^[6],异莲心碱和甲基莲心碱^[9],具有十分显著的抗心律失常作用。4 种药物及冠动脉结扎的方法构建动物心律失常模型,比较了异莲心碱和阳性药物奎尼丁的抗心律失常效果,研究表明异莲心碱具有显著的抗各种实验性心律失常作用,且活性优于奎尼丁,其抗心律失常机制可能与阻滞 Ca^{2+} 、 Na^+ 电流有关^[11]。

4.6 其他作用 荷叶还有细胞色素 CYP2D6 代谢酶抑制剂作用^[35]、抗炎^[36]等多种药理活性。

5 讨论

荷叶作为我国一种常见的药食两用植物,不仅资源丰富,价格低廉,而且具有十分广泛的药理活性。荷叶中黄酮和生物碱类物质是荷叶的主要活性成分,随着现代研究技术的发展,关于这两类成分的研究也在不断的深入。降脂减肥是目前荷叶的一类主要临床应用,大量研究数据也证明荷叶中黄酮和生物碱类物质均具有良好的降脂减肥活性,但这两类物质在荷叶降脂减肥功效中发挥的作用以及两类物质间是否存在协同效应仍需要进一步研究。此外,荷叶中有效成分的提取纯化研究,相关作用靶点的寻找,以及荷叶长期服用的毒副作用研究都有待进一步加强。

[参考文献]

- [1] 肖桂青,田云,卢向阳. 荷叶总生物碱清除氧自由基作用的研究[J]. 化学与生物工程, 2011, 28(10): 35-38.
- [2] Wu C H, Yang M Y, Chan K C, et al. Improvement in high-fat diet-induced obesity and body fat accumulation by a *Nelumbo nucifera* leaf flavonoid-rich extract in mice [J]. J Agr Food Chem, 2010, 58(11):7075-7081.
- [3] Kashiwada Y, Aoshima A, Ikeshiro Y, et al. Anti-HIV benzylisoquinoline alkaloids and flavonoids from the leaves of *Nelumbo nucifera*, and structure-activity correlations with related alkaloids [J]. Bioorgan Med Chem, 2005, 13(2):443-448.
- [4] Nakamura S, Nakashima S, Tanabe G, et al. Alkaloid constituents from flower buds and leaves of sacred lotus (*Nelumbo nucifera*) with melanogenesis inhibitory activity in B16 melanoma cells [J]. Bioorgan Med Chem, 2013, 21(3):779-787.
- [5] Subashini R, Rajadurai M. Evaluation of

- cardioprotective efficacy of *Nelumbo nucifera* leaf extract on isoproterenol-induced myocardial infarction in Wistar rats [J]. *Int J Pharma Biosci*, 2011, 2:285-294.
- [6] 李珊珊, 吴倩, 袁茹玉, 等. 莲属植物类黄酮代谢产物的研究进展[J]. *植物学报*, 2014, 49(6):738-750.
- [7] 周健鹏. 荷叶化学成分和药理作用研究进展[J]. *天津药学*, 2014, 26(2):65-68.
- [8] 张赟彬, 戴妙妙, 李彩侠. 荷叶中黄酮类化合物的化学结构鉴定[J]. *食品研究与开发*, 2006, 27(6):45-48.
- [9] Chen S, Xiang Y, Deng J, et al. Simultaneous analysis of anthocyanin and non-anthocyanin flavonoid in various tissues of different lotus (*Nelumbo*) cultivars by HPLC-DAD-ESI-MSⁿ [J]. *PloS One*, 2013, 8(4):e62291.
- [10] Goo H R, Choi J S, Na D H. Simultaneous determination of quercetin and its glycosides from the leaves of *Nelumbo nucifera* by reversed-phase high-performance liquid chromatography [J]. *Arch Pharm Res*, 2009, 32(2):201-206.
- [11] 赵小亮, 王智民, 马小军, 等. 荷叶化学成分研究[J]. *中国中药杂志*, 2013, 38(5):703-708.
- [12] 王玲玲, 刘斌, 石任兵, 等. 荷叶黄酮类化学成分研究[J]. *北京中医药大学学报*, 2008, 31(2):116-118.
- [13] 赵小亮. 荷叶化学成分和黄山药皂苷类化学成分及生物活性的研究[D]. 北京:北京协和医学院, 2011.
- [14] 马迪, 彭双, 韩立峰, 等. 荷叶中化学成分的分离与鉴定(II)[J]. *沈阳药科大学学报*, 2014, 31(5):355-359.
- [15] 福田真雄, 渡边真男, 福田真次, 等. 莲的生物碱(第1报)[J]. *药学杂志(日)*, 1961, 81(4):469-473.
- [16] 周永刚, 刘畅, 毛飞, 等. 荷叶化学成分的高性能液相色谱-质谱分析[J]. *药学实践杂志*, 2011, 29(5):342-346.
- [17] Luo X, Chen B, Liu J, et al. Simultaneous analysis of *N*-normuciferine, *O*-normuciferine, nuciferine, and roemerine in leaves of *Nelumbo nucifera* Gaertn by high-performance liquid chromatography-photodiode array detection-electrospray mass spectrometry [J]. *Anal Chim Acta*, 2005, 538(1):129-133.
- [18] 袁谱龙, 陈亮, 刘小宇, 等. 荷叶生物碱分离及相关活性研究[J]. *中成药*, 2014, 36(11):2330-2333.
- [19] 王玲玲, 刘斌, 石任兵. 荷叶的化学成分研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2009, 21(3):416-419.
- [20] Kunitomo J, Yoshikawa Y, Tanaka S, et al. Alkaloids of *Nelumbo nucifera* [J]. *Phytochemistry*, 1973, 12(3):699-701.
- [21] 吴昊, 刘斌, 王伟, 等. 荷叶中的一个新阿朴啡型生物碱[J]. *中草药*, 2010, 41(4):514-516.
- [22] 郑振佳, 王晓, 王明林, 等. 固相萃取-快速分离液相-四级杆串联飞行时间质谱联用分析荷叶中的生物碱[J]. *中草药*, 2011, 42(6):1066-1068.
- [23] 游林红, 揭晶, 杨明利, 等. 荷叶总黄酮提取工艺研究[J]. *现代农业科技*, 2014(6):97-98.
- [24] 李大海, 李妍, 许晖. 比较超声提取和双水相萃取荷叶总黄酮的研究[J]. *广州化工*, 2014, 42(16):59-61.
- [25] 赵晓云, 赵博, 邢媛媛, 等. 荷叶多酚的微波辅助提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. *中国酿造*, 2010, 29(3):79-83.
- [26] 许金蓉. 荷叶黄酮提取工艺及抗氧化性研究[J]. *轻工科技*, 2014(10):15-16.
- [27] 罗峰, 方克敏, 唐律平, 等. 荷叶生物碱的提取工艺[J]. *湘南学院学报:医学版*, 2014, 16(2):20-23.
- [28] 黄鑫, 周永传, 陈德煦. 罐组逆流提取荷叶生物碱的研究[J]. *中草药*, 2009, 40(8):1229-1232.
- [29] 肖文军, 傅冬和, 胡译文, 等. HP-20树脂分离与纯化荷叶黄酮的技术研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2008, 19(4):692-695.
- [30] 刘婧靖, 罗旭彪, 陈波, 等. 制备高效液相色谱分离纯化荷叶碱[J]. *中草药*, 2006, 37(1):55-57.
- [31] Xu X, Sun C R, Dai X J, et al. LC/MS guided isolation of alkaloids from lotus leaves by pH-zone-refining counter-current chromatography [J]. *Molecules*, 2011, 16(3):2551-2560.
- [32] 王莉, 张学兰, 孙玉丽, 等. 高效液相色谱-电喷雾离子阱质谱法分析荷叶炮制前后生物碱成分的变化[J]. *中成药*, 2013, 33(4):780-784.
- [33] 樊淑彦, 曹晓芳, 刘淑萍, 等. 比色法测定荷叶中总黄酮的含量[J]. *河北医科大学学报*, 2004, 25(4):215-217.
- [34] 柴金玲, 李伟, 谷学新. 高效液相色谱法测定荷叶中荷叶碱的含量[J]. *药物分析杂志*, 2005, 25(8):932-934.
- [35] Ye L H, He X X, Kong L T, et al. Identification and characterization of potent CYP2D6 inhibitors in lotus leaves [J]. *J Ethnopharmacol*, 2014, 153(1):190-196.
- [36] Zhou M, Jiang M, Ying X, et al. Identification and comparison of anti-inflammatory ingredients from different organs of lotus *nelumbo* by UPLC/Q-TOF and PCA coupled with a NF- κ B reporter gene assay [J]. *PloS One*, 2013, 8(11):e8197.

[责任编辑 邹晓翠]