

木槿功能性营养成分与生物活性研究进展

Research progress in functional nutrients and biological activities of *Hibiscus syriacus* L.

张文彦¹ 王晓红¹ 李安平² 冯斌义³

ZHANG Wen-yan¹ WANG Xiao-hong¹ LI An-ping² FENG Bin-yi³

(1. 中南林业科技大学风景园林学院, 湖南长沙 410004; 2. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南长沙 410004; 3. 海南亿阁市政景观工程有限公司, 海南海口 570100)

(1. College of Landscape Architecture, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 2. College of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 3. Hainan Yige Municipal Landscape Engineering Co., Ltd., Haikou, Hainan 570100, China)

摘要:木槿是一种具有丰富的功能性营养成分与生物活性物质的园林观赏植物。文章综述了国内外木槿功能性营养成分及生物活性研究进展,概述提取物功能及相关加工产品开发现状,展望木槿开发利用前景,旨在为木槿的全面开发利用提供理论依据。

关键词:木槿; 园林植物; 功能性营养成分; 生物活性; 产物提取

Abstract: *Hibiscus syriacus* L. is a kind of ornamental plants with abundant functional nutrients and bioactive substances. The domestic and overseas research progress of functional nutrients and bioactive extracts of *H. syriacus* L were reviewed. Moreover, its function of extracts and the development status of related products were summarized, and the relative development and utilization prospect were prospected. Our study would provide theoretical basis for the comprehensive development and utilization of *Hibiscus syriacus* L.

Keywords: *Hibiscus syriacus*; ornamental plants; functional nutrients; bioactive; products extraction

木槿(*Hibiscus syriacus* L.) 别名无穷花、朝开暮落花、饭汤花,为锦葵科(Malvaceae),木槿属(*Hibiscus*)落叶木本植物^[1]。原产于中国,是一种兼具食用与药用功能的传统园艺花木,最早在《诗经·郑风》中以“薜”之名出现^[2],晋代郭璞《尔雅注》中记木槿“可食”,唐代陈藏器《本草拾遗》首次记载木槿药用。叶菱状卵形,单叶互生短枝簇生,明代李时珍

《本草纲目》记木槿叶“嫩叶可茹,作饮代茶”;花色有白色、红色、粉色、紫色和蓝色等,清代吴其濬的《植物名实图考》记“以白花者为蔬,滑美”。木槿品种繁多,全世界木槿品种有近 300 种^[3],在全球温带和亚热带均有分布,在中国自东北部至华南各地均有栽培。木槿花期 6~10 月,果 9~11 月成熟,在适宜的栽培环境中叶片采摘后可多次萌发,花期内开花不断,产量高,病虫害少且适应性强^[4]、分布广泛、易于栽培,已受到国内外科研人员的重视并开展深入研究。有大量研究证明木槿功能性营养成分与生物活性物质含量丰富,具有特定的食用价值和药用价值。本文拟对近年来国内外木槿功能性营养成分与生物活性物质的研究进展进行综述,为有效利用木槿资源提供参考。

1 木槿的功能性营养成分

1.1 蛋白质与氨基酸

木槿中蛋白质与氨基酸含量丰富。李朝阳等^[5]报道的木槿叶中主要的营养成分测定结果与蒋玉艳等^[6]报道的几种常食绿叶类蔬菜的营养成分对比,每 100 g 木槿叶可食部分含蛋白质 3.72 g,是芥菜的 4.4 倍;郑广填等^[7]研究发现木槿花花部的粗蛋白质含量与常见的蔬菜相比,是番茄的 1.7 倍。任凤莲等^[8]运用荧光猝灭法测定出木槿叶干粉中游离氨基酸的质量分数为 10.18%,肖劲等^[9]研究了木槿叶中混合氨基酸的提取分离工艺,木槿原料干粉使用盐酸回流提取氨基酸提取率可达 16.76%。

木槿中蛋白质、氨基酸含量与种类及品种有关,白花重瓣木槿叶片蛋白质含量最高。张小玲等^[10]测定产自浙江温州的白花重瓣木槿花朵干样测定含有 18 种氨基酸,氨基酸含量达 8.53 g/100 g,李秀芬等^[11]测定与分析引自浙江龙泉的粉紫重瓣木槿与江西南昌的雅致木槿新鲜花蕾中均含有 16 种氨基酸。换算成干质量后,粉紫重瓣木槿和雅致木槿

基金项目:国家林业局 948 项目(编号:20150417);国家林业局风景园林学重点学科资助项目(编号:林人发[2016]21 号);湖南省教育厅“十二五”重点学科资助项目(编号:2011-76)

作者简介:张文彦,女,中南林业科技大学在读硕士研究生。

通信作者:王晓红(1974—),女,中南林业科技大学副教授,博士。

E-mail: wxhznl@126.com

收稿日期:2017-01-04

新鲜花蕾中组氨酸含量高于白花重瓣木槿;雅致木槿的所有氨基酸含量均高于粉紫重瓣木槿。

1.2 矿质元素

木槿叶富含人体必需的矿质元素,如钙、铁、锌等。木槿叶中钙含量是空心菜的8倍、铁含量是红薯叶的9.5倍、锌含量是红薯叶的21.3倍、钠含量是空心菜的1.7倍;有害元素铅、镉的含量极低^[5]。张剑等^[12]采用火焰原子吸收光谱法测定木槿中茎和叶的5种金属元素含量,木槿中钙、镁、铁元素含量较高,叶中钙质量分数高达2 132.00 μg/g,是茎的6倍,经常食用可补充钙元素。

张庭廷等^[13]用电化学法测定了木槿花微量铜、锌的含量分别为0.23 μg/mL和0.48 μg/mL。景立新等^[14]测定大连市不同品种的木槿花所含的微量元素,含量略有差异,其中锌含量比张庭廷测的锌含量高,可能是木槿产地不同引起的;木槿花含有一定量的铬、铅,含量符合国家食品卫生标准,据木槿花食用动物学试验初步判断木槿花食用安全性是可靠的^[7]。李秀芬等^[15]报道雅致木槿花蕾中的矿质元素含量除锌含量外,均低于粉紫重瓣木槿。由此可见木槿花中的各项矿质元素成分含量与木槿品种及种源地相关,在选育食用木槿品种时应综合考量选择最合适的品种进行引种。

1.3 天然色素

木槿花朵色彩丰富,含有丰富的天然色素。Kim等^[16]从木槿花瓣中分离得到矮牵牛花色素、天竺葵色素、芍药花青素、锦葵色素。木槿花红色素是一种水溶性色素,蒋益花等^[17]研究了木槿花红色素的提取条件和理化性质,由光谱特性分析木槿花红色素应属花青素类色素,食盐、蔗糖和葡萄糖的存在对木槿花红色素无不良影响,光照对木槿花红色素则有一定影响。刘萍等^[18]测定出粉花垂枝木槿开花过程中花瓣部分花青素含量在盛开期前后基本维持在较高的水平。张婕等^[19]研究了木槿花中花青素的提取的最佳提取方式是以乙醇为提取溶剂搅拌提取。耿明江等^[20]研究了木槿花醇溶性色素最佳提取工艺条件。刘群录等^[21]优化木槿花色苷超声辅助提取工艺得出提取木槿花瓣中花色苷的最优条件,以响应面法优化木槿花瓣中提取花色苷的工艺可行。顾荣杰等^[22]指出常见紫色单瓣木槿叶片叶绿素含量最高;粉色重瓣木槿叶片胡萝卜素含量最高。木槿所含的各类色素经安全性实验验证后,可作为食用天然色素应用,具有较好的开发前景。

2 木槿生物活性物质

2.1 抗菌活性

Yokota等^[23]发现从木槿皮中分离得到的化合物具有抑制真菌增殖的作用。金月亭等^[24]指出,木槿皮提取物有抑菌作用,根皮、茎皮的乙醇提取液能抑制细菌。木槿花提取液含肥皂草甙、皂甙和异牡荆素,对细菌的抑制作用明显大于霉菌,在细菌中对金黄色葡萄球菌和伤寒杆菌有一定的抑制作用,对大肠杆菌抑菌圈达11.0 mm,抑制作用最强。Punasiya等^[25]报道木槿叶石油醚提取物和异丙醇提取物对革兰氏阳性细菌(MTCC 430)、金黄色葡萄球菌(MTCC 3160)革兰氏阴性细菌大肠杆菌(MTCC433)和Klebsilla肺炎(MTCC432)表现显著抗菌活性,木槿叶提取物抑菌浓度(MIC)为0.01~100.00 mg/mL,可替代抗生素治疗由微生物

引起的感染。Jang等^[26]报道木槿皮的热水和70%乙醇提取物对革兰氏阴性细菌和大肠杆菌KCCM 11234均有抑制作用,对细菌细胞生长抑制性与提取物浓度成正比。

2.2 抗氧化活性

木槿皮提取物有抗氧化作用。Lee等^[27]从木槿根皮中分离出1种命名为木槿苷(hibiscuside)的新型木脂素,以及3种对大鼠肝微粒体脂质过氧化反应抑制性显著的异黄酮6"-O-乙醚大豆苷,6"-O-乙酸染料木素和3'-羟基大豆素。Yun等^[28]提出,木槿根皮的氯仿提取物中分离出的香豆素并木脂素类化合物具有抑制单胺氧化酶活性和抗脂质氧化的能力。Kwon等^[29]指出通过热处理木槿根皮提取物可增强抗氧化性,热处理后木槿根皮提取物清除DPPH自由基的活性是未经处理的木槿根皮提取物的2.6倍。Umachigi等^[30]报道木槿叶甲醇提取物具有抗氧化活性,在清除DPPH自由基,抑制肝匀浆脂质过氧化等方面具有显著效果。Jang等^[26]报道木槿皮水提取物在DPPH自由基清除能力方面是70%乙醇提取物的3倍。

木槿叶中含有的总黄酮成分具有较好的抗氧化活性,陈磊等^[31]报道采用乙酸乙酯萃取得到的木槿叶总黄酮乙醇提取物对DPPH自由基的清除作用最强,清除DPPH自由基的能力随浓度的增加而增大。蒋新龙等^[32]用乙醇分别提取木槿叶片与木槿花的总黄酮,发现木槿花的总黄酮含量比叶高。吕惠卿等^[33]采用超声提取法强化乙醇浸提法,优化木槿花中总黄酮的提取工艺,提取得木槿花黄酮的含量为6.013 mg/g。赖岳晓等^[34]指出,木槿花提取液具有显著的抗氧化、清除自由基的能力,且此能力在一定范围内与浓度呈正比。

金月亭等^[24]对木槿花生物活性研究发现1g木槿花清除DPPH的能力相当于5.19 mg V_C。木槿花具有良好的清除自由基、抗氧化能力;耿明江等^[35]采用邻苯三酚自氧化法考察木槿花醇溶性色素清除超氧自由基活性,发现其具有一定的清除超氧自由基活性的功能,可以使用作为天然抗氧化剂。张雪娇等^[36]在研究木槿花多酚提取工艺时将溶剂提取法与超声波辅助提取法作比较试验,超声波辅助提取法提取木槿花多酚提取率高于溶剂提取法12.91%提取率,显著缩短了提取时间。

2.3 抗癌作用

木槿生物活性物质的抗癌作用主要表现在抑制肿瘤细胞的活性,以及对部分癌细胞的细胞毒性。张恩娟等^[37]从木槿皮中分得7个单体化合物,其中含有首次分离得到具备抗癌作用的古柯三醇。李海生等^[38]发现,木槿花果提取液对小鼠移植性肿瘤S87、S180和艾氏腹瘤有明显抑制作用。Yoo等^[39]发现,从木槿皮分离得到的萜类化合物syriacusins A可抑制人类肿瘤细胞系的生长。Yun等^[40]从木槿根皮中提取出一种具有抗菌、抗癌功能的新型环状胜肽;从木槿皮中分离出的两个三萜化合物对部分人体癌细胞有显著细胞毒性^[41];Cheng等^[42]发现,木槿根皮的丙酮提取物(HS-AE)比其甲醇提取物(HS-ME)表现出更好的抑制A549皮下移植性肿瘤细胞增长的毒性。Shi等^[43]用丙酮从木槿根皮和树皮提取分析出4个新的三萜系化合物和12个已知化合物,对A549皮下移植性肿瘤细胞表现出显著的细胞毒性效

应,可作为抗癌药物进一步研发。Hsu 等^[44]从木槿根皮提取物中发现了一些三萜类化合物包括白桦脂醇(K02)及白桦脂酸(K06)和衍生物(K03,K04)可诱导人三阴性乳腺癌细胞凋亡和抑制乳腺癌细胞迁移。Jang 等^[26]指出木槿皮乙醇提取物对于人恶性黑色素瘤 SK-MEL-2 具有细胞毒性。卫强等^[45]指出木槿叶 SFE-CO₂挥发油醇类、酯类成分比例高于 SDE 挥发油,酸类成分低于 SDE 挥发油,当浓度大于 15 mg/L 时,木槿叶 SFE-CO₂挥发油相对于 SDE 挥发油促 A549 皮下移植性肿瘤细胞凋亡作用更强。

2.4 调节血糖血脂

蔡定建等^[46]采用水蒸气蒸馏法从木槿花提取出的挥发油中分离鉴定出 43 种化合物,其主要成分为有机游离脂肪酸亚麻油酸和油酸等,这两种油酸为人体所必需且不能自身合成,除可供能量外,还能调整人体血浆中高、低密度脂蛋白胆固醇的浓度比例。卫强等^[47]从木槿叶中首次分离得到 15 个化合物,其中异牡荆素与 syriacusin A 抑制 α -葡萄糖苷酶活性作用较强。通过抑制该酶活性,可明显延缓双糖和多糖转化成单糖,从而降低餐后血糖值,可以控制餐后血糖过高。

2.5 其他作用

木槿花提取液还具有促凝血作用,促凝血率随着木槿花提取液浓度的增大而略有增大,最高促凝率为 21.57%^[24]。Yoon 等^[48]研究发现木槿花提取成分能显著增强 HacaT 细胞株细胞迁移与增值能力,促进愈伤恢复。廖茂梁等^[49-50]研究发现,木槿皮乙醇提取物具有预防皮肤成斑作用,可抑制酪氨酸酶蛋白质生成及上表皮黑素细胞数增加。Jang 等^[26]对比木槿皮经热水和 70%乙醇分别提取产生的提取物功效后,指出在抑制酪氨酸酶抑制活性方面热水提取物优于 70%乙醇提取物;两种提取液木槿皮提取物均对亚硝酸盐有清除作用。

3 影响因素与加工应用

国内外有关学者^[51]已经对锦葵科木槿属其他植物的功能性营养成分与生物活性物质的提取加工应用情况有所研究,但对木槿功能性营养成分与生物活性物质的应用情况研究较少,因此有必要进行整理和深入研究。

木槿的传统食用方法分为两大类:① 直接烹食采摘不久的木槿嫩叶,花蕾或刚开放的花朵;② 将新鲜的花或叶进行干燥处理以便于储藏运输,食用前以水泡发。已有的木槿食品多是直接利用木槿花与叶制作的木槿粗加工产品,不易携带食用与贮藏,市场接受度低。随着现代食品加工与包装工艺的进步,需探讨木槿科学合理的食用加工方式以保证功能性营养成分与生物活性物质的充分利用。李秀芬等^[55]对雅致木槿干、鲜花蕾营养成分进行了测定与分析,指出木槿花蕾在进行干燥加工后,与新鲜花蕾相比,营养价值降低,矿物质减少,总氨基酸含量减少 50%以上,因此木槿花以鲜食为好。潘胜利^[52]指出,木槿花可作食品添加调料。项雷文等^[53]测定木槿花制成花汁相对花泥和干花来说黄酮含量较高。通过感官评定和质构仪测定得出以花汁形式加入的木槿花蛋糕口感最佳并具有最高的抗氧化活性。林昌军^[54]提出木槿花保鲜工艺方法,经此工艺木槿花保鲜期能达到 4~5 d,效果好,成本低。近年来在食用木槿盛产地区如福建南平和江西宜春的木槿花采后进行低温真空冻干脱水化处理,

现已开发出易于储藏和运输的真空包装冻干木槿花产品,在现有最新技术的基础上最大程度上保留了木槿花的营养成分与活性物质,以便于加工与提取。

4 结论与展望

不同品种的木槿所含的功能性营养成分与生物活性物质在种类和含量方面有一定的差异。目前木槿营养成分与活性物质的研究集中在雅致木槿、白花重瓣木槿、粉紫重瓣木槿等几个传统食用木槿品种,在食用新品种开发,品种间营养成分和活性物质的比较分析研究亟待展开,应根据不同品种营养成分与栽培地环境进行分类研究,选出适宜不同区域栽培的品种和栽培方式,采用有机生产标准规范生产管理提高产量,同时将有有害残留成分控制达到检测标准以保证木槿作为提取物原材料的质量。木槿功能性营养成分与生物活性物质需进行更多药理研究与临床应用验证,将现代科技工艺与传统药食同源理论相结合,在木槿产品研发方面采用新的加工工艺和包装,开发如木槿汁饮料、木槿花茶和木槿罐头等食用方便的木槿食品,减少加工、运输和贮藏过程中营养成分的损失,还可深入研究木槿功能性营养成分与生物活性物质的提取与加工方法,制成天然食品添加剂应用于其他食品,进一步提高木槿利用率与附加价值。

参考文献

- [1] 中国植物志编委会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 77-79.
- [2] 刘振林, 高磊. 古代文献中木槿别称同名异物现象的考辨[J]. 农业考古, 2010(1): 248-250.
- [3] BAE S H, YOUNIS A, HWANG Y J, et al. Various Pollen Morphology in *Hibiscus syriacus*[J]. Flower Research Journal, 2015, 23(3): 125-130.
- [4] PUCKHABER L S, STIPANOVIC R D, BOST G A. Analyses for flavonoid aglycones in fresh and preserved hibiscus flowers [C]// Trends in New Crops and New Uses. Alexandria, VA: ASHS Press, 2002: 556-563.
- [5] 李朝阳, 杨朝霞. 木槿叶的营养成分测定[J]. 吉首大学学报: 自科版, 2002, 23(4): 95-96.
- [6] 蒋玉艳, 陈兴乐, 刘展华. 广西常见蔬菜营养成分分析与评价[J]. 中国食物与营养, 2012, 18(7): 71-74.
- [7] 郑广填, 陈日远, 黄邦海, 等. 五种食用花卉的营养与食用安全性研究[C]//中国园艺学会十届二次理事会暨学术研讨会论文集摘要集. 北京: [出版者不详], 2007: 299.
- [8] 任凤莲, 肖劲, 廖律, 等. 荧光法猝灭测定木槿叶中混合氨基酸的总量[J]. 分析试验室, 2007, 26(6): 73-76.
- [9] 肖劲, 任凤莲, 廖律. 木槿叶中混合氨基酸的提取分离工艺研究[J]. 食品工业科技, 2007(3): 153-159.
- [10] 张小玲, 刘庆, 唐征, 等. 木槿花营养成分分析[J]. 长江蔬菜, 2008(16): 53-54.
- [11] 李秀芬, 张德顺, 王少鸥, 等. 木槿两变型花蕾的营养成分分析[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(4): 85-87.
- [12] 张剑, 廖建华, 李银保, 等. 火焰原子吸收法测定木槿中微量元素的含量[J]. 广东微量元素科学, 2013, 20(4): 23-26.
- [13] 张庭廷, 郑艳, 李蜀萍. 木槿花微量元素分析[J]. 基层中药杂志, 1999(1): 22-23.
- [14] 景立新, 郑丛龙, 林柏全, 等. 木槿花中营养成分研究[J]. 食品

- 研究与开发, 2009, 30(6): 146-148.
- [15] 李秀芬, 张德顺, 王少鸥, 等. 木槿两变型花蕾的营养成分分析[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(4): 85-87.
- [16] KIM J H, OKUBO H, FUJIEDA K, et al. Anthocyanin Pigmentation Patternings in Petals of *Hibiscus syriacus* [J]. Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University, 1989, 33: 253-258.
- [17] 蒋益花, 蒋新龙. 木槿花红色素的提取及理化性质研究[J]. 中国食品添加剂, 2006(4): 52, 86-90.
- [18] 刘萍, 徐克东, 孙莉萍, 等. 木槿花花瓣生理生化变化的研究[J]. 河南师范大学学报: 自然版, 2008, 36(3): 86-89.
- [19] 张婕, 李瑞光, 陈卫航. 木槿花中原花青素的提取工艺研究[J]. 郑州大学学报, 2009, 30(4): 53-57.
- [20] 耿明江, 范秉琳, 李琴, 等. 木槿花醇溶性色素的提取及其清除超氧自由基活性研究[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(16): 3 378-3 380.
- [21] 刘群录, 张宝智, 张彦婷, 等. 响应面法优化木槿花色苷超声辅助提取工艺研究[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45(2): 54-59.
- [22] 顾荣杰, 王瑞, 甘黎明. 10种木槿属植物叶片营养成分分析[J]. 现代农业科技, 2015, (13): 184-185.
- [23] YOKOTA M, ZENDA H, KOSUGE T, et al. Studies on isolation of naturally occurring biologically active principles. IV. Antifungal constituents in the bark of *Hibiscus syriacus* L. [J]. Yakugaku Zasshi Journal of the Pharmaceutical Society of Japan, 1978, 98(11): 1 508-1 511.
- [24] 金月亭, 应铁进. 木槿花生物活性的初步研究[J]. 中国食品学报, 2008(3): 37-41.
- [25] PUNASIYA R, JOSHI A, SAINKEDIYA K, et al. Evaluation of anti bacterial activity of various extract of *Hibiscus syriacus* [J]. Research Journal of Pharmacy & Technology, 2011, 4(5): 819-822.
- [26] JANG A R, SONG Y S, KIM M K, et al. Evaluation on the Phenolic Acid Compositions and Possibility of Functional Cosmetic Ingredients of *Hibiscus syriacus* Bark [J]. Journal of the Korean Society of Cosmetology, 2015, 21(5): 895-902.
- [27] LEE S J, YUN Y S, LEE I K, et al. An antioxidant lignan and other constituents from the root bark of *Hibiscus syriacus* [J]. Planta Medica, 1999, 65(7): 658-660.
- [28] YUN B S, LEE I K, RYOO I J, et al. Coumarins with monoamine oxidase inhibitory activity and antioxidative coumarinignans from *Hibiscus syriacus* [J]. Journal of Natural Products, 2001, 64(9): 1 238-1 240.
- [29] KWON S W, HONG S S, KIM J I, et al. Antioxidant properties of heat-treated *Hibiscus syriacus*. [J]. Biology Bulletin, 2003, 30(1): 15-16.
- [30] UMACHIGI S P, JAYAVEERA K N, ASHOK K C K. Evaluation of antioxidant properties of leaves of *Hibiscus syriacus* L. [J]. Pharmacologyonline, 2008, 1: 51-65.
- [31] 陈磊, 孙崇鲁. 木槿叶总黄酮提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 中医药导报, 2016, 22(17): 49-52.
- [32] 蒋新龙, 蒋益花. 木槿花花叶总黄酮的提取工艺和含量测定[J]. 食品科技, 2007, 32(1): 88-91
- [33] 吕惠卿, 吴晓莉. 木槿花总黄酮超声提取工艺的优化[J]. 中国中医药科技, 2009, 16(6): 461-463.
- [34] 赖岳晓, 刘佩沂, 田素英, 等. 木槿花研究概况及存在问题[J]. 海峡药学, 2010, 22(1): 78-80.
- [35] GENG Ming-jiang, REN Ming-xing, LIU Zhen-ling, et al. Free radical scavenging activities of pigment extract from *Hibiscus syriacus* L. petals in vitro [J]. African Journal of Biotechnology, 2012, 11(2): 429-435.
- [36] 张雪娇, 金晨钟, 胡一鸿, 等. 响应面法优化超声提取木槿花多酚的工艺研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(21): 228-231, 236.
- [37] 张恩娟, 康钦树, 张昭. 川槿皮化学成分的研究[J]. 中国中药杂志, 1993, 18(1): 37-38.
- [38] 李海生, 申爱军, 李静. 木槿果花对小白鼠移植性肿瘤抑制作用的观察[J]. 河南肿瘤学杂志, 1994, 7(3): 175-176.
- [39] YOO I D, YUN B S, LEE I K, et al. Three naphthalenes from root bark of *Hibiscus syriacus* [J]. Phytochemistry, 1998, 47(5): 799-802.
- [40] YUN B S, RYO I J, HIBISPEPTIN B. A novel cyclic peptide from *Hibiscus syriacus* [J]. Tetrahedron, 1998, 54(50): 15 155-15 160.
- [41] YUN B S, RYOO I J, LEE I K, et al. Two bioactive pentacyclic triterpene esters from the root bark of *Hibiscus syriacus* [J]. Journal of Natural Products, 1999, 62(5): 764-766.
- [42] CHENG Yeung-Leung, LEE Shih-Chun, HARN Horng-Jyh, et al. The extract of *Hibiscus syriacus* inducing apoptosis by activating p53 and AIF in human lungcancer cells [J]. American Journal of Chinese Medicine, 2008, 36(1): 171-184.
- [43] SHI Li-shian, WU Chao-hsuan, YANG Te-chun, et al. Cytotoxic effect of triterpenoids from the root bark of *Hibiscus syriacus* [J]. Fitoterapia, 2014, 97: 184-191.
- [44] HSU R J, HSU Y C, CHEN S P. The triterpenoids of *Hibiscus syriacus* induce apoptosis and inhibit cell migration in breast cancer cells [J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2015, 15(1): 1-9.
- [45] 卫强, 鲁轮, 龙先顺, 等. 提取方法对木槿叶挥发油成分及其对肺癌 A549 细胞抑制作用的影响 [J]. 食品与机械, 2016, 32(4): 160-166.
- [46] 蔡定建, 戎致, 靖青秀, 等. 木槿花挥发油化学成分的 GC/MS 分析 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(21): 93-96.
- [47] 卫强, 纪小影, 徐飞, 等. 木槿叶化学成分及抑制 α -葡萄糖苷酶活性研究 [J]. 中药材, 2015, 38(5): 976-980.
- [48] YOON S W, LEE K P, KIM D Y, et al. Effect of Absolute From *Hibiscus syriacus* L. Flower on Wound Healing in Keratinocytes [J]. Pharmacogn Magazine, 2017, 13(49): 85-89.
- [49] 廖茂梁. 木槿提取物用作黑色素抑制剂预防雀斑等的形成 [J]. 现代药物与临床, 2004, 19(6): 270-270.
- [50] 猪木彩子, 贺玉琢. 木槿提取物抑制黑素生成的作用 [J]. 国际中医中药杂志, 2005(4): 246-246.
- [51] VASUDEVA N, SHARMA S K. Biologically Active Compounds from the Genus *Hibiscus* [J]. Pharmaceutical Biology, 2008, 46(3): 145-153.
- [52] 潘胜利. 秀色可餐: 百花食谱之三十六木槿花 [J]. 园林, 2009(1): 70-71.
- [53] 项雷文, 刘秋雅, 贺丹妮, 等. 木槿花蛋糕的配方及其抗氧化性研究 [J]. 食品工业, 2014(10): 68-72.
- [54] 林昌军. 木槿花保鲜工艺方法: 中国, 10395517 [P]. 2014-11-20.