

# 花果山墨旱莲多糖的提取及体外 抗氧化活性比较

许瑞波<sup>1,2</sup>, 王新新<sup>2</sup>, 唐秋萍<sup>2</sup>, 胡喜兰<sup>2</sup>, 詹永成<sup>2</sup>

(1.江苏省海洋生物技术重点实验室, 江苏 连云港 222005;

2.淮海工学院化工学院, 江苏 连云港 222005)

**摘要:** 在单因素试验的基础上, 通过正交试验优化从连云港花果山墨旱莲中提取多糖的工艺条件, 并且对墨旱莲多糖(polysaccharides of *Eclipata Alba*, PEA)与墨旱莲黄酮类化合物(flavonoids of *Eclipata Alba*, FEA)的抗氧化活性进行比较。结果表明: PEA 的最适宜提取工艺条件为料液比 1:15、提取温度 90℃、提取时间 1h、提取 3 次; 用 Sevag 法去除 PEA 中蛋白质、核酸等杂质, 并用紫外光谱、红外光谱对其进行表征; 最后, 利用 Fenton 反应和邻苯三酚自氧化反应比较 PEA、FEA 对羟自由基( $\cdot\text{OH}$ )和超氧阴离子自由基( $\text{O}_2^{\cdot-}$ )的清除能力, 结果表明 PEA、FEA 对两种自由基都具有良好的清除能力, 而且对  $\cdot\text{OH}$  的清除能力大于对  $\text{O}_2^{\cdot-}$  的清除能力。当质量浓度大于 0.085mg/mL 时, FEA 的抗氧化活性强于 PEA。

**关键词:** 花果山墨旱莲; 多糖; 黄酮类化合物; 提取; 抗氧化活性

## Extraction of Polysaccharides from *Eclipata Alba* Grown in Huaguo Mountain and Comparison of Antioxidant Activity *in vitro* with Total Flavonoids from *Eclipata Alba*

XU Rui-bo<sup>1,2</sup>, WANG Xin-xin<sup>2</sup>, TANG Qiu-ping<sup>2</sup>, HU Xi-lan<sup>2</sup>, ZHAN Yong-cheng<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Key Laboratory of Marine Biotechnology, Lianyungang 222005, China;

2. School of Chemical Engineering, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China)

**Abstract:** Using one-factor-at-a-time experiments followed by orthogonal array design, the process conditions of polysaccharide extraction from *Eclipata Alba* grown in Huaguo Mountain were optimized in this study. Also, a comparison of antioxidant activity was carried out between polysaccharides (PEA) and flavonoids (FEA) from *Eclipata Alba*. The results showed that the optimum conditions for polysaccharide extraction were material-to-liquid ratio of 1:15 (g/mL), extraction time of 1 h, extraction temperature of 90 °C and extraction number of 3. After the removal of impurities such as proteins, nucleic acids, etc, the extracted polysaccharides were characterized using ultraviolet spectroscopy and infrared spectroscopy. Both PEA and FEA had a powerful ability to scavenge hydroxyl and superoxide anion radicals and could scavenge the former more powerfully. At the same concentrations exceeding 0.085 mg/mL, FEA indicated stronger antioxidant activity than PEA.

**Key words:** *Eclipata Alba* grown in Huaguo Mountain; polysaccharides; flavonoids; extraction; antioxidant activity

中图分类号: R284.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)22-0020-05

在生命活动的氧化过程中不断产生各种活性氧(reactive oxygen species, ROS), 如超氧阴离子自由基( $\text{O}_2^{\cdot-}$ )、羟自由基( $\cdot\text{OH}$ )等。在正常情况下, 人体内 ROS 处于不断产生和不断清除的动态平衡中, 如果 ROS 产生过多或清除过少, 过量的 ROS 会造成机体氧化

损伤, 会损害人体细胞、破坏免疫系统、导致感染与各种退化病变, 如血管粥样硬化、老化、癌症、艾滋病等疾病<sup>[1-4]</sup>。此外, ROS 可以引起食物的脂质过氧化反应, 导致食物变质<sup>[1]</sup>。因此, 抗氧化剂在食品、医药、美容、保健等领域得到广泛应用。目前, 人

收稿日期: 2011-01-20

基金项目: 江苏省海洋生物技术重点建设实验室开放课题(2009HS06); 江苏省青蓝工程优秀青年骨干教师资助项目(2008); 淮海工学院博士科研启动项目(KQ10130)

作者简介: 许瑞波(1972—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为天然产物提取及配位化学。E-mail: xuruibo9125@163.com

工合成的许多抗氧化剂虽然可以有效抑制 ROS, 但是具有一定的致癌、潜在毒性等副作用, 使其应用受到限制<sup>[4-5]</sup>。而天然植物来源的抗氧化剂不仅可以有效清除 ROS, 而且具有无毒副作用、无污染、安全等优点, 因而寻找天然存在的抗氧化剂取代合成抗氧化剂成为近十几年来食品、医药等领域科研人员的研究热点<sup>[1-6]</sup>。

墨旱莲(*Eclipata Alba*)为菊科一年生草本植物鳢肠(*Eclipata prostrata* L.)的干燥地上部分, 又名旱莲草、金陵草等, 分布于我国各省区, 主产于江苏、浙江、江西等地。据《唐本草》记载: 墨旱莲性寒、味甘、酸、入肝、肾经。具有滋补肝肾、凉血止血之功能<sup>[7-14]</sup>。而且卫生部已将其列入“可用于保健食品的名单”之中, 是一种药食两用的资源<sup>[9,14]</sup>。国内外对其化学成分研究表明墨旱莲中含有多种噻吩类、内酯类、三萜类以及黄酮、多糖等活性成分<sup>[7-8,10,12]</sup>, 现代药理研究也证明该植物具有较强的免疫调节、抗炎、抗诱变、保肝等药理活性<sup>[7-9]</sup>。而近年来的研究表明植物提取物中的抗氧化活性成分主要有黄酮、多糖、酚等类物质<sup>[2]</sup>, 因此, 本实验拟对连云港花果山生长的墨旱莲进行多糖(polysaccharides of *Eclipata Alba*, PEA)提取工艺优化, 并对其所含多糖、黄酮类化合物(flavonoids of *Eclipata Alba*, FEA)清除  $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot OH$  的能力进行研究, 为寻找廉价易得的高效天然抗氧化剂、为连云港这一丰富的药食同源植物的开发利用提供实验依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

墨旱莲(*Eclipata Alba*) 江苏连云港康缘药业有限公司。将墨旱莲置于烘箱中, 50℃干燥至质量恒定后粉碎, 保存于磨口瓶中, 置于干燥避光处, 备用。所用化学试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

WFJ 7200 型可见分光光度计 上海尤尼柯仪器有限公司; RE52CS 旋转蒸发器、B-220 恒温水浴锅 浙江舟山市海源仪器厂; UV-Vis2550 型紫外分光光度计 日本岛津公司; WGH-30A 型双光束红外分光光度计 天津市港东科技发展有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 墨旱莲多糖提取工艺

称取适量墨旱莲粉, 首先用石油醚回流脱除脂类、色素等杂质, 然后按一定料液比(墨旱莲粉:水, g/mL)在某温度下提取一定时间, 真空抽滤, 收集滤液; 相同条件下, 将滤渣再进行一次(不同提取次数)提取, 合并滤液。将滤液浓缩, 加入 4 倍体积的 95% 乙醇, 置于冰箱中过夜沉淀。次日, 离心得粗 PEA。用 Sevag 法(氯仿与正丁醇的体积比为 4:1)去除蛋白质、核酸等杂

质, 重复几次, 直至用紫外光谱检测在波长 260~280nm 内无明显吸收为止。最后, 将除杂多糖液离心、过滤, 用丙酮、乙酸乙酯洗涤滤渣 3 次, 烘干后既得纯化的 PEA。

#### 1.3.2 多糖含量测定及提取率的计算方法

以葡萄糖为标准品, 采用苯酚-硫酸法测定多糖含量<sup>[15]</sup>。参考文献[15]制备标准曲线, 得线性回归方程:  $A = 43.562C + 0.0019$ ,  $r = 0.9992$ 。式中:  $A$  为吸光度;  $C$  为糖质量浓度/(mg/mL)。

$$\text{PEA 提取率} / \% = \frac{\text{多糖质量浓度} \times \text{体积} \times \text{稀释倍数}}{\text{原料质量}} \times 100$$

#### 1.3.3 墨旱莲多糖提取的最佳工艺条件优化

通过单因素试验, 以多糖提取率为考察指标, 确定提取温度、提取时间和料液比对墨旱莲多糖提取率的影响。然后在单因素试验的基础上进行正交试验, 从而优选出墨旱莲多糖的最佳提取工艺条件。

#### 1.3.4 墨旱莲黄酮样品的制备

参考文献[14]的方法, 用 70% 乙醇溶液提取墨旱莲粉, 料液比为 1:30(g/mL), 80℃提取 3h, 然后将提取液浓缩成浸膏, 得墨旱莲黄酮(FEA)样品, 备用。

## 1.4 墨旱莲提取物 PEA 和 FEA 抗氧化活性分析

### 1.4.1 对 $\cdot OH$ 的清除作用

采用 Feton 反应即邻二氮菲- $Fe^{2+}$ - $H_2O_2$  法<sup>[9]</sup>测定花果山墨旱莲中 PEA 和 FEA 对  $\cdot OH$  的清除作用。取 6 支 10mL 比色管, 分别依次加入 0.3mL 7.5mmol/L 硫酸亚铁铵溶液、0.3mL 7.5mmol/L 邻二氮菲溶液、1mL pH7.47 Tris-HCl 缓冲溶液, 在 2、3、4、5、6 号比色管中各加入 0.2mL 7.5mmol/L  $H_2O_2$ , 然后在 3、4、5、6 号比色管中分别加入 1mL 质量浓度分别为 0.2、0.4、0.8、1.0mg/mL 的 PEA 或 FEA 溶液, 用蒸馏水定容, 在 37℃水浴锅中, 反应 1h。用紫外分光光度计在 450~550nm 波长范围内扫描, 测得在 510nm 处出现最大吸收峰。测该波长处吸光度  $A$ , 重复 3 次, 用平均值计算 PEA 或 FEA 对  $\cdot OH$  的清除率。

$$\cdot OH \text{ 清除率} / \% = \frac{A_{\text{样品}} - A_{\text{损}}}{A_{\text{未损}} - A_{\text{损}}} \times 100$$

式中:  $A_{\text{样品}}$  是加入 PEA 或 FEA 的体系, 即 3、4、5、6 号试管的吸光度;  $A_{\text{损}}$  是加入  $H_2O_2$  没加 PEA 或 FEA 的体系, 即 2 号试管的吸光度;  $A_{\text{未损}}$  是没加  $H_2O_2$  和提取物的体系, 即 1 号试管的吸光度。

### 1.4.2 对 $O_2^{\cdot-}$ 的清除作用

采用邻苯三酚自氧化法<sup>[9]</sup>研究花果山墨旱莲中 PEA 和 FEA 对  $O_2^{\cdot-}$  的清除作用。取 5 支 10mL 比色管, 依

次加入 1mL 质量浓度分别是 0.0、0.2、0.4、0.8、1.0mg/mL PEA 或 FEA 液、2mL pH8.24 的 Tris-HCl 缓冲液、1mL 0.2mmol/L 邻苯三酚溶液，用蒸馏水定容。在波长 320nm (PEA)或 322nm(FEA)处每隔 30s 记录一次吸光度  $A$ ，根据邻苯三酚自氧化速率计算清除率：

$$O_2^- \cdot \text{清除率} / \% = \frac{\Delta A_i / \Delta t - \Delta A_{\text{样品}} / \Delta t}{\Delta A_i / \Delta t} \times 100$$

式中： $\Delta A_i / \Delta t$  为邻苯三酚自氧化时反应速率； $\Delta A_{\text{样品}} / \Delta t$  为加入 PEA 或 FEA 后邻苯三酚自氧化反应速率。

## 2 结果与分析

### 2.1 提取墨早莲多糖的单因素试验

#### 2.1.1 提取温度对墨早莲多糖提取率的影响

料液比 1:30(g/mL)、提取时间 2h、提取 1 次条件下，考察提取温度(60、70、80、90、100℃)对多糖提取率的影响。从表 1 可以看出，随着温度的升高，多糖提取率明显增加。当温度在 90℃ 附近时，提取率最高；超过此温度时多糖提取率稍有减少，而且提取液颜色变深，考虑高温会影响多糖的活性，因此选择 90℃ 作为提取温度。

#### 2.1.2 提取时间对墨早莲多糖提取率的影响

料液比 1:30(g/mL)、提取温度 90℃、提取 1 次条件下，考察提取时间(0.5、1.0、2.0、3.0h)对多糖提取率的影响。由表 1 可知，提取时间在 0.5~2.0h 范围内时，从墨早莲中提取出来的多糖迅速增加；当提取时间超过 2.0h 时，多糖提取率又下降。故选择提取时间为 2.0h。

#### 2.1.3 料液比对墨早莲多糖提取率的影响

提取温度 90℃、提取时间 2h、提取 1 次条件下，考察料液比(1:15、1:30、1:45、1:60)对多糖提取率的影响。从表 1 可以看出，随着料液比的减小，多糖提取率先增加后减小，说明料液比过小，不利于多糖回收，故选择料液比为 1:30。

### 2.2 提取墨早莲多糖的正交试验

在单因素试验结果的基础上，设计花果山墨早莲多糖提取的正交试验，其因素水平见表 2，试验结果与分析见表 3，方差分析结果见表 4。

表 2 墨早莲多糖提取工艺优化正交试验因素水平表

Table 2 Code values and corresponding actual values of optimization parameters involved in orthogonal array design

水平	A 提取温度 /℃	B 提取时间 /h	C 料液比(g/mL)	D 提取次数
1	70	1	1:15	1
2	80	2	1:30	2
3	90	3	1:45	3

表 3 墨早莲多糖提取工艺优化正交试验设计及结果

Table 3 Orthogonal arrays and corresponding experimental results

试验号	A	B	C	D	多糖提取率 /%
1	1	1	1	1	2.75
2	1	2	2	2	1.85
3	1	3	3	3	5.40
4	2	1	2	3	5.20
5	2	2	3	1	1.82
6	2	3	1	2	5.62
7	3	1	3	2	6.85
8	3	2	1	3	6.15
9	3	3	2	1	2.79
$k_1$	3.333	4.933	4.840	2.453	
$k_2$	4.213	3.273	3.280	4.773	
$k_3$	5.263	4.603	4.690	5.583	
R	1.930	1.660	1.560	3.130	

表 4 正交试验结果方差分析表

Table 4 Analysis of variance for orthogonal array design experimental results

方差来源	偏差平方和	自由度	F 值	$F_{\text{临界值}}(\alpha=0.05)$
A	5.602	2	1.000	19.000
B	4.633	2	0.827	19.000
C	4.444	2	0.793	19.000
D	15.835	2	2.827	19.000

由表 3 极差分析和表 4 方差分析结果可知，影响提取墨早莲多糖提取率的因素主次顺序为提取次数>提取温度>提取时间>料液比，因此提取 PEA 的最适宜工艺参数为  $A_3B_1C_1D_3$ ，即料液比 1:15、90℃ 提取 1h、提取 3 次。

### 2.3 验证实验

在最适宜的工艺条件下进行墨早莲多糖提取的验证实验，重复提取 3 次，提取率分别是 9.61%、9.47%、9.73%，平均提取率为 9.60%。说明该工艺比较稳定，重现性好。

### 2.4 PEA 的光谱表征

表 1 提取墨早莲多糖的单因素试验结果

Table 1 Results of one-factor-at-a-time experiments concerning the effects of 3 process conditions on polysaccharide yield

考察因素	提取温度 /℃					提取时间 /h				料液比(g/mL)			
	60	70	80	90	100	0.5	1.0	2.0	3.0	1:15	1:30	1:45	1:60
多糖提取率 /%	1.51	1.79	2.33	3.86	3.81	1.85	3.12	3.86	2.77	3.52	3.86	3.15	2.78

把脱蛋白、核酸等杂质的PEA进行紫外光谱和红外光谱表征。从图1可以看出,在260nm和280nm处无明显特征吸收峰,说明基本去除了PEA中蛋白质与核酸。图2是用KBr压片法在400~4000cm<sup>-1</sup>红外波数范围内扫描而得的PEA红外光谱图,由图2可知,墨旱莲多糖具有一般多糖的特征吸收峰(3472、2368、1724、1600、1110、758、614cm<sup>-1</sup>)。其中,在3472cm<sup>-1</sup>处的吸收峰是羟基的伸缩振动引起的,谱带较强且宽,表明存在分子内或分子间氢键<sup>[16-17]</sup>;在1600cm<sup>-1</sup>处的强吸收峰为C=O伸缩振动<sup>[17]</sup>;1384cm<sup>-1</sup>处是CH<sub>2</sub>O—H中的O—H的变形振动吸收峰<sup>[18]</sup>;1110cm<sup>-1</sup>处是吡喃型糖苷环骨架振动,由于杂合了C—O键的伸缩振动,使吸收峰变宽,该处吸收谱带是糖类的特征吸收峰,也是葡聚糖典型的红外光谱信号<sup>[16-18]</sup>;758cm<sup>-1</sup>处是D-吡喃葡萄糖环C—O—C振动吸收峰<sup>[17]</sup>;616cm<sup>-1</sup>处是吡喃糖骨架对称伸缩振动的吸收峰<sup>[18]</sup>。综上可以证明,经纯化后的PEA是目标产物,且主要含D-吡喃葡萄糖,其具体组成有待于进一步研究。

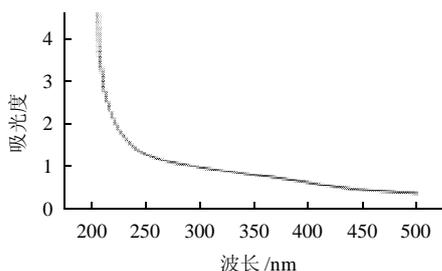


图1 PEA紫外光谱图  
Fig.1 UV spectrum of PEA

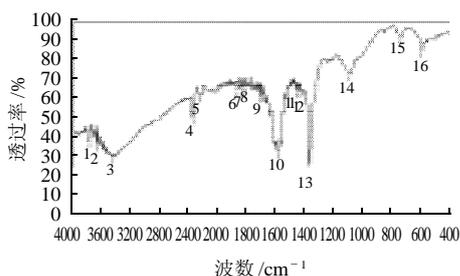


图2 PEA红外光谱图  
Fig.2 IR spectrum of PEA

## 2.5 墨旱莲提取物PEA和FEA体外抗氧化活性实验

### 2.5.1 对·OH的清除作用

从图3可以看出,PEA与FEA都具有较强的清除·OH能力,而且随质量浓度的增加,清除能力也增强。当质量浓度低于0.027mg/mL或超过0.056mg/mL时,FEA对清除·OH的效果要强于PEA的效果。而

当质量浓度处于二者之间的时候,PEA对·OH的清除能力强于FEA。但是,都不如相同质量浓度下VC对·OH的清除效果好。

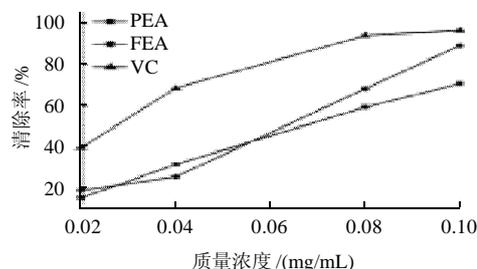


图3 墨旱莲提取物对·OH的清除能力  
Fig.3 Comparison of hydroxyl radical scavenging rates of PEA, FEA and VC at various concentrations

### 2.5.2 对O<sub>2</sub><sup>-</sup>·的清除作用

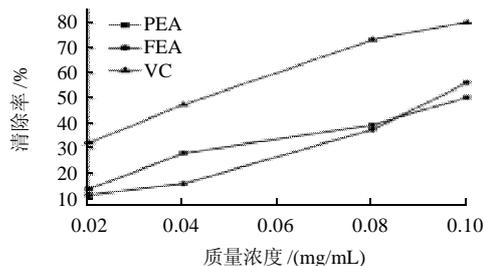


图4 墨旱莲提取物对O<sub>2</sub><sup>-</sup>·的清除能力  
Fig.4 Scavenging capacity of extracts from *Ecliptata Alba* to superoxide anion radical

从图4可以看出,PEA与FEA均可以清除O<sub>2</sub><sup>-</sup>·,但清除率远低于VC。二者随质量浓度的增加,清除O<sub>2</sub><sup>-</sup>·能力也增强。当二者的质量浓度低于0.085mg/mL时,PEA清除O<sub>2</sub><sup>-</sup>·的效果要比FEA好,当超过这个质量浓度时,FEA对O<sub>2</sub><sup>-</sup>·的清除效果又强于PEA的效果。

### 2.5.3 PEA和FEA抗氧化活性比较

通过比较,不难发现PEA和FEA清除·OH的能力要比清除O<sub>2</sub><sup>-</sup>·的能力强,而且当二者的质量浓度大于0.085mg/mL时,FEA对·OH和O<sub>2</sub><sup>-</sup>·的清除效果比PEA的效果好,也就是此时,FEA的抗氧化活性强于PEA的活性。与VC相比,PEA和FEA的抗氧化活性都低于VC。

## 3 结论

3.1 在单因素试验的基础上,通过正交试验结果与分析可知,各因素对PEA提取率的影响大小次序是提取次数>提取温度>提取时间>料液比,同时确定提取花果

山墨早莲中多糖的最适宜工艺条件为料液比 1:15、提取温度 90℃、提取时间 1h、提取 3 次,在此条件下,PEA 提取率为 9.60%。

3.2 用 Sevag 法脱除 PEA 中的蛋白质、核酸等杂质,通过紫外光谱检测可知去杂效果比较好。利用红外光谱对纯化后的 PEA 进行表征,发现具有一般多糖的特征吸收峰,说明该法提取的多糖是目标提取物,而且其主要含 D-吡喃葡萄糖。

3.3 花果山墨早莲中所含的多糖与黄酮类化合物的体外抗氧化性实验结果表明,PEA 和 FEA 都具有一定的抗氧化活性,当质量浓度低于 0.085mg/mL 时,PEA 清除  $O_2^{\cdot-}$  的能力大于 FEA,当超过此质量浓度时,FEA 的效果要优于 PEA;当质量浓度低于 0.06mg/mL 时,PEA 和 FEA 清除  $\cdot OH$  的效果类似,当超过该质量浓度时,FEA 作用显著。而且二者对  $\cdot OH$  的清除效果要优于对  $O_2^{\cdot-}$  的清除效果。但是,都不如同质量浓度下 VC 的抗氧化活性高。

3.4 本实验所得墨早莲多糖提取的工艺稳定、重复性好,而且所得的 PEA 和 FEA 具有良好的抗氧化活性,因此可以开发墨早莲多糖、黄酮药物或功能性食品及添加剂等,从而进一步开发利用这种常见、常用的药食同源植物,同时,在一定程度上可以促进连云港花果山资源的开发利用。

#### 参考文献:

- [1] GÜ İÇİN İ, OKTAY M, KIREÇL E, et al. Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts[J]. Food Chemistry, 2003, 83(3): 371-382.
- [2] 谭福新,叶涛,刘湘新,等. 植物提取物抗氧化成分及机理研究进展[J]. 食品科学, 2010, 31(15): 288-292.
- [3] 孙杰,王艳杰,朱路英,等. 石花菜醇提取物抑菌活性和抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 53-56.
- [4] GANESAN K, KUMAR K S, RAO P V S. Comparative assessment of antioxidant activity in three edible species of green seaweed, *Enteromorpha* from Okha, Northwest coast of India[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2011, 12(1): 73-78.
- [5] KUMAR K S, GANESAN K, RAO P V S. Antioxidant potential of solvent extracts of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty-an edible seaweed [J]. Food Chemistry, 2008, 107(1): 289-295.
- [6] 勾明玥,刘梁,张春枝. 采用 DPPH 法测定 26 种植物的抗氧化活性[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(3): 148-150.
- [7] 吴疆,侯文彬,张铁军,等. 墨早莲的活性成分研究[J]. 中草药, 2008, 39(6): 814-816.
- [8] 韩英,夏超,陈小媛,等. 墨早莲活性成分及药理活性的初步研究[J]. 中国中药杂志, 1998, 23(1): 680-682.
- [9] 林朝朋,芮汉明,许晓春. 墨早莲黄酮类提取物抗自由基作用及体内抗氧化功能的研究[J]. 军事医学科学院院刊, 2005, 29(4): 344-345; 362.
- [10] 张金生,郭倩明. 早莲草化学成分的研究[J]. 药学报, 2001, 36(1): 34-37.
- [11] 汤海峰,赵越平. 中药墨早莲的研究概况[J]. 西北药学杂志, 1999, 14(1): 32-33.
- [12] 陈献,王艳红. 墨早莲的化学成分与药理作用研究进展[J]. 广西中医学院院报, 2008, 11(1): 76-78.
- [13] 胡世莲,陈礼明,刘圣. 墨早莲研究进展[J]. 中医药学报, 1997(6): 28-29.
- [14] 林朝朋,芮汉明,许晓春. 墨早莲总黄酮提取工艺的研究[J]. 中国食品添加剂, 2005(1): 25-28; 32.
- [15] 魏兆军,胡海梅,柏晓辉,等. 桑葚多糖提取工艺的优化[J]. 食品科学, 2007, 28(11): 261-264.
- [16] 何晋浙,邵平,孟祥河,等. 灵芝多糖的结构特征分析[J]. 分析化学, 2010, 38(3): 372-376.
- [17] 孟庆勇,王亚飞,揭新明,等. 粗江蓠多糖的提取及光谱分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(10): 1903-1906.
- [18] 陈历水,马莺,刘天一,等. 一株抗氧化活性酵母菌产多糖的纯化与结构分析[J]. 分析化学, 2010, 38(3): 409-412.