

莲子心水提液体外抗氧化活性的研究

张 敏, 郑铁松*, 陶锦鸿, 陈 静
(南京师范大学食品科学与营养系, 江苏 南京 210097)

摘 要: 本实验研究了莲子心水提液对氧自由基的清除作用及其对脂质过氧化反应(LPO)的抑制作用。结果表明: 莲子心水提液对 Fenton 体系产生的羟自由基和邻苯三酚自氧化产生的超氧阴离子均有清除作用, 半数清除量(IC₅₀)分别为 0.218g/ml 和 0.245g/ml; 对小鼠肝、肾匀浆自发性过氧化反应有较好的抑制作用, IC₅₀ 分别为 3.038mg/ml 和 3.577mg/ml; 通过紫外分光光度法测定了莲子心中抗坏血酸含量为 1.132mg/g。用 NBT 法测定了水提取液中 SOD 总活性为 2062.7U/g。

关键词: 莲子心水提液; 抗氧化活性; 氧自由基; 脂质过氧化

Study on Antioxidant Activities of Water Extracts from Lotus Germ *in vitro*

ZHANG Min, ZHENG Tie-song*, TAO Jin-hong, CHEN Jing
(Department of Food Science and Nutrition, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: The scavenging effect of water extracts from lotus germ on oxygen radicals and its inhibitory effect on lipid peroxidation (LPO) were studied. The results showed that the extracts can both scavenge hydroxyl free radical ($\cdot\text{OH}$) produced by Fenton reaction and superoxide anion free radical ($\text{O}_2\cdot^-$) produced by oxidation of pyrogallol, and the inhibitory concentrations of 50% (IC₅₀) are 0.218 g/ml and 0.245 g/ml respectively. They also have inhibitory effects on the spontaneous lipid peroxidation in liver and kidney homogenate, and the IC₅₀ values are 3.038 mg/ml and 3.577 mg/ml respectively. The content of ascorbic acid in the extracts determined by ultraviolet spectrophotometry is 1.132 mg/g, and the activity of SOD determined by NBT photoreduction assay is 2062.7 U/g.

Key words: water extracts from lotus germ; antioxidant activity; oxygen radicals; lipid peroxidation

中图分类号: R151.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2008)08-0083-04

莲子心(*Nelumbo nucifera*)为睡莲科植物莲种子中的绿色幼叶及胚根, 古名薏, 味苦、性寒。主要产于我国湖南、湖北、浙江、福建和江西等地。据《本草纲目》记载, 它能“清心去热”。而《随息居饮食谱》则记载它味“苦凉”, 能“敛液、止汗、消热、养神、止血、固精”。现代药理分析证明它有强心降压之功效^[1]。莲子心中含有莲心碱(liensinine)、异莲心碱(isoliensinine)、甲基莲心碱(neferine)、荷叶碱(nuciferine)、前荷叶碱(pronuciferine)、莲心季按碱(lotusine)等生物碱, 还含木犀草素(galuteoline)、芦丁(rutin)、金丝桃甙(hyperin)等黄酮类化合物及水溶性多糖成分和许多微量元素^[2-4]。研究证实, 莲子心中生物碱有降压, 抗心率失常, 改善心血管疾病等作用^[5], 但在抗氧化作用方面研究较少。因此, 本实验以莲子心

为原料, 提取水溶性成分, 并在研究其功能性组分的基础上, 对其清除自由基的效果, 抑制小鼠红细胞氧化溶血以及对小鼠肝、肾组织脂质过氧化影响进行研究, 为进一步研究开发莲子心提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

莲子心 市售, 水分含量约为 10%。

1.2 实验动物

ICR 小鼠, 雌雄各半, 体重 25 ± 2 g, 南京医科大学实验动物中心提供。

1.3 试剂

Tris Base Promega 公司; 硫代巴比妥酸(TBA) Sigma 公司; 抗坏血酸、甲硫氨酸、氮蓝四唑、EDTA、

收稿日期: 2008-04-03

基金项目: 江苏省教育厅自然科学基金项目(07KJD550115)

作者简介: 张敏(1982-), 女, 硕士, 主要从事食品生化与生物技术研究。E-mail: 05049@njnu.edu.cn

* 通讯作者: 郑铁松(1963-), 男, 教授, 博士, 主要从事食品生化与生物技术研究。E-mail: tieszheng@sina.com

核黄素等其余试剂均为国产分析纯。

1.4 仪器与设备

FZ102 型植物粉碎机 天津市泰斯特仪器有限公司；RE-52A 旋转蒸发仪 上海亚荣生化仪器厂；722 型可见分光光度计 上海精密科学仪器有限公司；Spectrumlab 54 型紫外-可见分光光度计 上海菱光仪器厂；回流抽提装置。

1.5 方法

1.5.1 莲子心水提液的制备

称取已粉碎的莲子心粉末 10g，按郑铁松等^[6]报道的最佳条件提取，过滤后用旋转蒸发仪浓缩至 10ml，定为提取原液，浓度为 1g/ml。

1.5.2 莲子心水提液中抗坏血酸含量测定

样品的测定：准确吸取 10 倍稀释后的样品提取液 1ml，放入盛有 2ml 10% HCl 的 50ml 容量瓶中，用蒸馏水稀释至刻度后摇匀。以蒸馏水为空白，在 243nm 处测定其吸光度 A_1 。

碱处理液的测定：分别吸取 1ml 样品提取液，10ml 蒸馏水和 4ml 1mol/L NaOH 溶液依次放入 50ml 容量瓶中，混匀，15min 后加入 4ml 10% HCl，混匀，并定容至刻度。以蒸馏水为空白，在 243nm 处测定其吸光度 A_2 。

由待测样品与待测碱处理样品的吸光度之差和标准曲线，即可计算出样品中抗坏血酸的含量。

1.5.3 莲子心水提液中 SOD 含量的测定

用 50 倍稀释后的样品提取液，按 Stewert 和 Bewley 的 NBT 光还原法测定^[7]。SOD 活性单位以抑制 NBT 光化还原的 50% 为一个酶活性单位表示。以所加样品体积为横坐标，以抑制 NBT 光化还原反应的抑制率为纵坐标，用 Oringe 软件处理，得到二次曲线。计算抑制率为 50% 时所加样品提取液的体积 V_i 。

$$\text{抑制率}(\%) = \frac{A_{CK} - A}{A_{CK}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{SOD 总活性}(\text{U/g}) = \frac{V}{V_i \times W} \quad (2)$$

式(2)中， V_i 为抑制 NBT 光化还原 50% 时所加样品提取液的体积(ml)； V 为样品提取液的总体积(ml)； W 为提取时所用样品质量(g)。

1.5.4 莲子心水提液清除 $\cdot\text{OH}$ 的作用

根据 Fenton 反应的原理，采用 Fe^{2+} 催化 H_2O_2 产生 $\cdot\text{OH}$ ，该反应产生的 $\cdot\text{OH}$ 可与甲基紫反应使其体系吸光度降低，利用吸光度的变化测定所产生的羟自由基^[6]。

1.5.5 莲子心水提液清除 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 的作用

用邻苯三酚自氧化的方法测定^[6,8]。

1.5.6 莲子心水提液对小鼠肝、肾组织匀浆自发性脂质过氧化的影响

取正常小鼠，禁食 16h 后，迅速放血处死，取肝和肾，用 4℃ Tris-HCl(20mmol/L、pH7.4)洗净后称重，冰浴中匀浆，制成 0.5% (W/V) 的组织匀浆。

样品管加入 1ml 组织匀浆和 0.1ml 不同浓度的莲子心水提液，样品参比管(零管)加入 1ml Tris-HCl 和 0.1ml 不同浓度的莲子心水提液；对照管加入 1ml 组织匀浆和 0.1ml 样品溶剂，对照参比管(零管)加入 1ml Tris-HCl 和 0.1ml 样品溶剂。混匀，37℃ 温育 2h，取出冷却。各管加 15% TCA 1ml 和 0.67% TBA 1ml，混匀后沸水浴 15min，冷却，3000 × g 离心 10min，取上清液在 532nm 下测定吸光度，样品管的吸光度记为 A_1 ，对照管的吸光度记为 A_2 。以吸光度表示 MDA 含量，计算莲子心水提液对小鼠肝、肾组织匀浆氧化的抑制作用^[9]。

$$\text{抑制率}(\%) = \frac{A_2 - A_1}{A_2} \times 100$$

1.5.7 莲子心水提液对 H_2O_2 诱导的红细胞氧化溶血的抑制作用

小鼠摘眼球取血，制成抗凝血液，3000 × g 离心得红细胞，用冷生理盐水洗三次，制成体积分数为 0.5% 的悬浮液。样品管加入 1ml 红细胞悬浮液(样品参比管加入 1ml 生理盐水)和 0.1ml 不同浓度的莲子心水提液；对照管加入 1ml 悬浮液(对照参比管加入 1ml 生理盐水)和 0.1ml 样品溶剂。混匀，37℃ 温浴 10min，各管加 0.5ml 50mmol/L H_2O_2 启动反应，37℃ 温浴 1h 后，用生理盐水稀释 4 倍，3000 × g 离心 5min，取上清液在 415nm 下测定吸光度，样品管的吸光度记为 A_1 ，对照管的吸光度记为 A_2 ，另设空白管，吸光度记为 A_3 。

$$\text{溶血率}(\%) = \frac{A_1}{A_2} \times 100$$

$$\text{抑制率}(\%) = \frac{A_2 - A_1}{A_2 - A_3} \times 100$$

1.6 数据分析

实验数据以 $\bar{X} \pm S D$ 表示。采用 SPSS 软件进行 t 检验。

2 结果与分析

2.1 样品中抗坏血酸的含量

以抗坏血酸的浓度($\mu\text{g/ml}$)为横坐标，以相应的吸光度为纵坐标绘制标准曲线，得回归方程为 $Y = 0.0469X - 0.0085$ ， $R^2 = 0.9993$ ，说明抗坏血酸浓度在 0.6~1.6 $\mu\text{g/ml}$ 范围内呈良好的线性关系。在 243nm 处测得样品提取

液的吸光度, 代入回归方程 $Y=0.0469X-0.0085$, 计算该样品提取液中抗坏血酸浓度为 $56.61 \mu\text{g/ml}$, 由此计算出莲子心中抗坏血酸含量为 1.132mg/g 。

2.2 样品中 SOD 的含量

以所加样品体积为横坐标, 以抑制 NBT 光化还原反应的抑制率为纵坐标, 用 Oringe 软件处理, 得到二次曲线, 结果见图 1。计算抑制率为 50% 时所加样品提取液的体积 V_i 为 0.02424ml 。由此, 可计算出 SOD 总活性为 2062.7U/g 。

莲子心经过 90°C 的提取, 仍具有较高的活性, 说明莲子心中的 SOD 有较好的耐热性, 黄上志等^[10]也曾对莲子心中 SOD 的活性以及热稳定性作了研究, 发现莲子胚轴中的 SOD 具有较高的耐热性, 到目前为止尚未见其他高等植物 SOD 的耐热性高于莲子心 SOD 的报告^[11-12]。

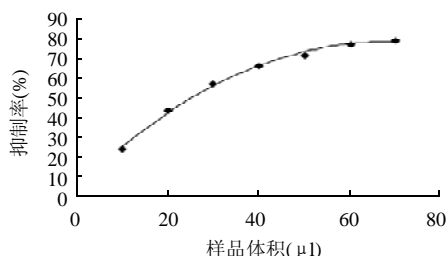


图 1 莲子心水提取液对 NBT 光化还原反应的抑制率

Fig.1 Inhibition rate of water extracts from lotus germ on NBT photoreduction

2.3 莲子心水提取液清除 $\cdot\text{OH}$ 的作用

研究不同浓度的莲子心水提取液对 Fenton 体系产生的 $\cdot\text{OH}$ 的清除作用。结果见表 1, 莲子心水提取液对 $\cdot\text{OH}$ 有较好的清除作用, 且随着莲子心水提取液浓度的升高, 对 $\cdot\text{OH}$ 的清除率明显提高, 呈现较好的量效关系, 达到 50% 清除率的浓度 (IC_{50}) 为 0.218g/ml 。 $\cdot\text{OH}$ 在动物体中对细胞的危害最大, 可直接作用于生物膜上的不饱和脂肪酸, 使其发生氧化, 生成脂质过氧化物 (LPO), 破坏膜结构, 导致细胞和组织器官损伤, 诱发各种疾病, 加快生物体的衰老^[13]。莲子心水提取液则可以有效地清除 $\cdot\text{OH}$, 保护人体各组织器官免受侵害。

2.4 莲子心水提取液清除 $\text{O}_2\cdot^-$ 的作用

表 1 莲子心水提取液对 $\cdot\text{OH}$ 的清除作用 ($n=6, \bar{X} \pm \text{SD}$)

Table 1 Scavenging activities of water extract from lotus germ on $\cdot\text{OH}$ ($n=6, \bar{X} \pm \text{SD}$)

样品浓度(g/ml)	ΔA_{580}	清除率(%)	R^2	$\text{IC}_{50}(\text{g/ml})$
对照	0.0762 ± 0.0029	—		
0.05	$0.0692 \pm 0.0037^*$	9.19		
0.1	$0.0628 \pm 0.0015^*$	17.59		
0.2	$0.0392 \pm 0.0025^*$	48.56	0.9951	0.218
0.3	$0.0218 \pm 0.0021^*$	71.39		
0.4	$0.0052 \pm 0.0013^*$	93.18		

注: 与对照相比, $*p < 0.01$ 。

超氧自由基也是一种与人体密切相关的有害自由基, 它们攻击生物大分子, 使其交链或断裂, 引起细胞结构和功能的破坏, 从而造成衰老。邻苯三酚自氧化法是测定清除 $\text{O}_2\cdot^-$ 活性的常用方法, 邻苯三酚在碱性条件下发生自氧化释放 $\text{O}_2\cdot^-$, 并生成有色中间产物, 当有抑制剂存在时, 可清除 $\text{O}_2\cdot^-$, 从而阻止中间产物的积累, 所以可通过比色法来检测有色中间产物的含量, 以检验物质清除 $\text{O}_2\cdot^-$ 的能力^[14]。

表 2 是不同浓度的莲子心水提取液对 $\text{O}_2\cdot^-$ 的清除作用结果。由表 2 可知, 莲子心水提取液对 $\text{O}_2\cdot^-$ 具有一定的清除作用, 且呈量效关系, 即随着莲子心水提取液浓度的升高, 对 $\text{O}_2\cdot^-$ 的清除率提高, 清除 $\text{O}_2\cdot^-$ 的 IC_{50} 为 0.245g/ml 。

表 2 莲子心水提取液对 $\text{O}_2\cdot^-$ 的清除作用 ($n=6, \bar{X} \pm \text{SD}$)

Table 2 Scavenging activities of water extracts from lotus germ on $\text{O}_2\cdot^-$ ($n=6, \bar{X} \pm \text{SD}$)

样品浓度(g/ml)	$\Delta A_{420}/\Delta t(\Delta A/\text{min})$	清除率(%)	R^2	$\text{IC}_{50}(\text{g/ml})$
对照	0.0570 ± 0.0007	—		
0.1	$0.0483 \pm 0.0008^*$	15.26		
0.2	$0.0360 \pm 0.0006^*$	36.84		
0.25	$0.0277 \pm 0.0008^*$	51.40	0.9954	0.245
0.3	$0.0195 \pm 0.0005^*$	65.79		
0.35	$0.0135 \pm 0.0005^*$	76.32		
0.4	$0.0082 \pm 0.0007^*$	85.61		

注: 与对照相比, $*p < 0.01$ 。

2.5 莲子心水提取液对小鼠肝、肾组织自发性脂质过氧化的影响

脂质过氧化物是生物膜和亚细胞膜中磷脂质所含多元不饱和脂肪酸被自由基损伤, 氧化形成的过氧化产物^[15]。丙二醛(MDA)脂质过氧化反应的终产物, 是一种短链的醛。MDA 很活跃, 常和 DNA 及蛋白质发生交联反应。另外, MDA 也可作为含有次胺类和亚硝酸盐的食物生成 N-亚硝胺反应的一种催化剂^[14]。由表 3、4 的可知, 莲子心水提取液对小鼠离体肝、肾组织中的 MDA 生成均有明显抑制作用, 并随样品浓度的增加抑制率相应增加, 有较好的量效关系, 对肝组织中 MDA 生成的 IC_{50} 为 3.038mg/ml , 对肾组织中 MDA 生成的 IC_{50} 为 3.577mg/ml 。

表 3 莲子心水提取液对小鼠肝组织自发性脂质过氧化的影响 ($n=6, \bar{X} \pm \text{SD}$)

Table 3 Effects of water extracts from lotus germ on spontaneous lipid peroxidation in liver ($n=6, \bar{X} \pm \text{SD}$)

样品浓度(mg/ml)	A_{532}	清除率(%)	R^2	$\text{IC}_{50}(\text{mg/ml})$
对照	0.776 ± 0.006	—		
1	$0.648 \pm 0.005^*$	16.49		
2	$0.544 \pm 0.006^*$	29.90		
3	$0.376 \pm 0.005^*$	51.55	0.9957	3.038
4	$0.263 \pm 0.004^*$	66.11		
5	$0.134 \pm 0.003^*$	82.73		

注: 与对照相比, $*p < 0.01$ 。

表4 莲子心水提液对小鼠肾组织自发性脂质过氧化的影响
($n=6, \bar{X} \pm SD$)

Table 4 Effects of water extracts from lotus germ on spontaneous lipid peroxidation in kidney ($n=6, \bar{X} \pm SD$)

样品浓度(mg/ml)	A ₅₃₂	清除率(%)	R ²	IC ₅₀ (mg/ml)
对照	0.919 ± 0.005	—		
1	0.785 ± 0.005*	16.49	0.9965	3.577
2	0.674 ± 0.004*	29.90		
3	0.546 ± 0.004*	51.55		
4	0.413 ± 0.005*	66.11		
5	0.259 ± 0.003*	82.73		

注: 与对照相比, * $p < 0.01$ 。

2.6 莲子心水提液对 H₂O₂ 诱导的红细胞氧化溶血的抑制作用

H₂O₂ 可对红细胞产生氧化损伤作用, 主要表现在细胞膜出现脂质过氧化、膜蛋白交联以及血红蛋白氧化, 此外氧化损伤也表现为蛋白质内巯基二硫化、细胞内 GSH 浓度降低和离子泵灭活等。在氧化损伤严重的情况下, 细胞骨架和细胞膜的破坏可引起细胞的死亡和破裂^[16]。表 5 说明, 红细胞中加入 H₂O₂ 后, 红细胞膜被氧化受损, 导致溶血现象, 在 415nm 处吸光度增加($p < 0.01$)。莲子心水提液能明显抑制 H₂O₂ 诱导的红细胞氧化溶血, 这可能是由于样品能减少谷胱甘肽的消耗, 抑制膜表面 LPO 的产生, 从而保护红细胞膜。样品组 415nm 处吸光度减少, 百分溶血率降低($p < 0.01$), 抑制率上升, 且呈量效关系。莲子心水提液对红细胞溶血的 IC₅₀ 为 7.442mg/ml。

表5 莲子心水提液对 H₂O₂ 诱导的红细胞氧化溶血的抑制作用
($n=6, \bar{X} \pm SD$)

Table 5 Inhibition of water extracts from lotus germ on hemolysis of RBC induced by H₂O₂ ($n=6, \bar{X} \pm SD$)

样品浓度(mg/ml)	A ₄₁₅	溶血率(%)	抑制率(%)	R ²	IC ₅₀ (mg/ml)
空白	0.056 ± 0.002	8.64	—		
对照	0.648 ± 0.020 [△]	100	—		
2	0.588 ± 0.042*	90.74	10.14	0.9958	7.442
4	0.521 ± 0.022*	80.40	21.45		
6	0.424 ± 0.015*	65.43	37.84		
8	0.325 ± 0.017*	50.15	54.56		
10	0.231 ± 0.013*	35.65	70.44		

注: 与空白相比, [△] $p < 0.01$; 与对照相比, * $p < 0.01$ 。

2.7 莲子心水提取液抗氧化机理探讨

由以上实验结果可见, 莲子心水提取液具有很强的自由基清除能力和抗脂质过氧化能力, 对组织细胞以及亚细胞膜性结构有保护作用。这可能是因为其中含有抗氧化能力较高的 SOD, SOD 是一种与氧化衰老密切相关的酶, 它可与超氧自由基产生歧化反应, 有效地清除自由基, 达到抗氧化的作用。本实验得出的最佳提取温度为 90℃, 在这么高的温度下得到的提取液中 SOD 仍具有这么高的活性, 可见莲子心中 SOD 具有很高的耐热性, 这与黄上志等^[17]的研究相符, 他认为莲子心中 SOD

的活性和热稳定性极高, 是因为莲子心中含有耐高温的 Fe-SOD。另外, 莲子心水提取液中还含有抗坏血酸、莲心碱、异莲心碱等多种生物碱及多糖类物质等^[18-19], 和天然抗氧化成分, 具有一定的还原能力, 能清除化学反应诱导的活性氧, 从而保护其他还原性成分而发挥抗氧化作用。

3 结 论

本实验发现, 莲子心水提液可较好地清除 Fenton 体系产生的羟自由基和邻苯三酚自氧化产生的超氧阴离子, 能明显降低小鼠肝、肾匀浆自氧化产生的 MDA, 同时对 H₂O₂ 诱导的小鼠红细胞溶血有较明显的抑制作用。这些作用均呈现一定的量效关系。说明莲子心水提液具有很强的自由基的清除能力, 对组织细胞以及亚细胞膜性结构有保护作用。其主要抗氧化成分可能为 SOD、抗坏血酸和多糖类物质等, 这与莲子心中含有 VC 和 SOD, 也有一定的抗氧化作用。至于其抗氧化的具体有效成分及分子机理还有待深入研究。目前, 国内外对此方面的研究还较少, 对其抗氧化成分和抗氧化机理的进一步确定还需深入研究。莲子心作为一种很好的营养保健品, 有着广阔的开发前景。

参考文献:

- [1] 江苏新医学院编. 中药大词典[M]. 上海: 上海科技出版社, 1997: 1806
- [2] 姜红祥, 苑辉卿. 莲子心化学成分的研究[J]. 山东医科大学学报, 1995, 33(4): 346-348.
- [3] 张先洲, 蔡鸿生, 周延安, 等. 高效液相色谱法测定莲子心中 3 种生物碱的含量[J]. 药物分析杂志, 1997, 17(2): 110-112.
- [4] 吕武清, 葛新. 莲子心的研究概况[J]. 中草药, 1996, 27(7): 438-440.
- [5] 陈济民, 姚崇舜, 许磊. 莲心碱的研究概况[J]. 中草药, 2000, 31(12): 956-958.
- [6] 郑铁松, 张敏. Scavenging effects of lotus germ extraction on superoxide anion and hydroxyl radical[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 357-361.
- [7] STEWERT R C, BEWLWY J D. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes[J]. Plant Physiol, 1980, 65(2): 245-248.
- [8] 李琳, 赵谋明. 几种中药浸提物的抗氧化活性研究[J]. 食品科技, 2004 (11): 89-92.
- [9] 陈媛, 周政. 自由基医学[M]. 北京: 人民军医出版社, 1991. 127-181.
- [10] 黄上志, 汤学军, 芦春斌, 等. 莲子超氧化物歧化酶的特性分析[J]. 植物生理学报, 2000, 26(6): 492-496.
- [11] KWIATOWSKI J, SAFLANOQSKA A, KANIUGA Z. Isolation and characterization of an iron-containing superoxide dismutase from tomato leaves, *Lycopersicon esculentum*[J]. Eur J Biochem, 1985, 146: 459-466.
- [12] BUENO P, VARELA J, GELLEGO G, et al. Peroxisomal copper, zinc superoxide dismutase[J]. Plant Physiol, 1995, 108: 151-1160.
- [13] 靳菊情, 边晓丽. 黑石耳多糖对氧自由基及脂质过氧化的影响[J]. 中药材, 2001, 24(9): 660-661.
- [14] 金青哲, 刘元法, 王兴国, 等. 芝麻素抗氧化性的初步研究[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(4): 89-92.
- [15] ZHENG R L, ZHENG T S. Retardation of cell aging by lipid peroxidation [J]. Molecular and Cellular Biochemistry, 1992, 115: 59-62.
- [16] 姚秀玲, 朱惠丽, 吕晓玲. 紫苏提取物对过氧化氢引起的溶血反应和小鼠肝匀浆脂质过氧化生成的抑制作用[J]. 天津中医学院学报, 2005, 24(3): 126-128.
- [17] 黄上志, 汤学军, 张玲, 等. 莲种子的耐热性及抗氧化酶活性[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2003, 29(5): 421-424.
- [18] 王辉, 刘刚, 杨柳, 等. 莲心碱的体外抗氧化作用[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(14): 1132-1135.
- [19] 王辉, 孙春艳, 刘刚. 异莲心碱的体外抗氧化活性[J]. 中国生化药物杂志, 2005, 26(1): 21-23.