

迎春花总黄酮的生物活性研究

侯蓓¹, 赵成爱^{1,*}, 韩璐¹, 马炳阳¹, 徐伟强¹, 卢泽²

(1. 吉林农业大学 资源与环境学院, 吉林长春 130118

2. 延边大学 理学院, 吉林延吉 133002)

摘要:目的:对迎春花粗分离各萃取相中总黄酮抗氧化活性进行研究。方法:通过各萃取相中总黄酮对 DPPH 自由基、羟基自由基和超氧阴离子自由基的清除作用以及总还原力的测定来研究其抗氧化活性。选出抗氧化性最好的萃取相对 D-半乳糖诱导的小鼠进行抗衰老实验,对 MDA、SOD、CAT、POD、GSH、Hyp 指标进行检测。结果:迎春花各萃取相对 DPPH 自由基、羟基自由基和超氧阴离子自由基的清除以及总还原力均有较强的作用,其中乙酸乙酯相在清除 DPPH 自由基达到 98%,并在小鼠抗衰老实验中,乙酸乙酯相能有效提高衰老小鼠的 SOD、CAT、POD 以及 GSH 活性,MDA、Hyp 含量降低。结论:通过体外抗氧化实验确定了迎春花乙酸乙酯相抗氧化能力最强,并在小鼠体内实验中确定了乙酸乙酯相具有较强的抗衰老能力。

关键词:迎春花,总黄酮,抗氧化,抗衰老

Biological activity of total flavonoid from *Jasminum nudiflorum* Lindl

HOU Bei¹, ZHAO Cheng-ai^{1,*}, HAN Lu¹, MA Bing-yang¹, XU Wei-qiang¹, LU Ze²

(1. College of Resources and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2. College of Science, Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: Objective: The antioxidant activity of total flavonoid of each extraction phase separated from *Jasminum nudiflorum* Lindl was studied. Methods: The antioxidant activity was investigated through testing the scavenging activity and reducing power of total flavonoid to DPPH radicals, hydroxyl radicals and superoxide anion radical. The extraction phase with the best antioxidant activity was selected to do the anti-aging experiments to the mice induced by D-galactose, including testing the value of MDA, SOD, CAT, POD, GSH, Hyp. Results: Each of the extraction phase separated from *Jasminum nudiflorum* Lindl had a high scavenging activity and total reducing power to the DPPH radicals, hydroxyl radicals and superoxide anion radical. The scavenging activity of ethyl acetate phase could reach to 98%. In the anti-aging experiments to the mice, ethyl acetate phase could greatly enhance the activity of SOD, CAT, POD and GSH to the ageing mice and reduce the quantity of MDA, Hyp. Conclusion: Through *in vitro* antioxidant experiments, ethyl acetate phase separated from *Jasminum nudiflorum* Lindl had the strongest oxidative capacity. The *in vivo* experiment to the ageing mice further determined the strong anti-aging ability of ethyl acetate phase.

Key words: *Jasminum nudiflorum* Lindl; flavonoids; antioxidant activity; anti-aging

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)09-0353-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.09.069

迎春花 (*Jasminum nudiflorum* Lindl.) 为木樨科茉莉属落叶灌木,原产于我国中部和北部各省,现各地均有栽培。迎春花具有解热发汗、利尿、活血散毒、消肿止痛等功效^[1]。现代研究证明迎春花中含有丰富的黄酮类化合物^[2],它具有诸多生物活性,如抗氧化、降血脂、降血压、抑制血小板聚集及血栓的形成、抗肝脏病毒、抗炎抗菌等^[3],尤其是抗氧化性。张志信等^[4-5]研究了迎春花的花、叶、茎中黄酮类化合物及其不同季节含量,3至4月间花中含量最高;郑

敏燕等^[6-7]研究了迎春花叶总黄酮提取物对猪油的抗氧化性能,发现迎春花叶总黄酮提取物有较强的抗氧化性;回瑞华等^[8]采用了化学发光法研究了迎春花黄酮类化合物的抗氧化性。目前,还未发现对迎春花总黄酮体内实验的文献记载,本实验不仅对迎春花各萃取相的总黄酮进行测定,并对各萃取相进行了体外抗氧化实验,还对乙酸乙酯相进行了小鼠的体内实验。

本实验首先通过各萃取相及总提取物对 DPPH

收稿日期: 2014-07-22

作者简介: 侯蓓(1989-),女,在读硕士,研究方向:天然产物化学。

* 通讯作者: 赵成爱(1964-),女,硕士,教授,主要从事天然产物化学研究。

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20120907)。

自由基、羟基自由基和超氧阴离子自由基清除以及总还原力这四个指标进行抗氧化活性分析,并选出抗氧化性最强的萃取相对D-半乳糖诱导小鼠衰老进行抗衰老实验,旨在为迎春花的抗氧化生物活性研究及开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

迎春花 购买于安徽亳州中药材市场,由吉林农业大学中药材学院杨利民教授鉴定,粉碎机粉碎,备用;芦丁标准品(含量 $\geq 95\%$) 国药集团化学试剂有限公司;亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、乙醇等,均为分析纯。D-半乳糖(M&C Gene Technology)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、丙二醛(MDA) ELISA 试剂盒 R&D Systems 产品。

JFSD-100 粉碎机 上海淀久中药机械制造有限公司;KQ5200B 型超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司;RE-2000 旋转蒸发器、SHZ-III 型循环水真空泵 上海亚荣生化仪器厂;紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司;TDL-5A 低速大容量离心机 上海悦丰仪器仪表有限公司;Infinite M200 PRO 酶联免疫检测分析仪 NanoQuant。

1.2 实验方法

1.2.1 迎春花总黄酮的提取及测定 通过预实验可知,采用超声波法辅助提取迎春花总黄酮,提取条件为乙醇体积分数68%、液料比20:1、提取时间40min、提取温度50℃。

总黄酮含量的测定采用 $\text{NaNO}_2-\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 的比色法。以芦丁作为标准品,510nm 处测其吸光度,以吸光度(A)为纵坐标,质量浓度(C)为横坐标,绘制标准曲线,得线性回归方程: $A = 11.779C + 0.0072$, $R^2 = 0.9996$ 。

$$\text{总黄酮得率}(\%) = \frac{C \times V_1 \times V_3}{V_2 \times m} \times 100$$

式中:C 为比色皿中测量液的总黄酮浓度,mg/mL; V_1 为测量液的定容体积,10.00mL; V_2 为测量时量取的体积,1.00mL; V_3 为提取液的定容体积,50.00mL; m 为迎春花干粉的质量,1000.00mg。

1.2.2 迎春花粗分离 取 100.00g 迎春花提取物浸膏,加 200.00mL 蒸馏水溶解,得到悬浮液,分别用石油醚、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇各萃取五次,得到萃取液,浓缩至浸膏。

1.2.3 迎春花各萃取相体外抗氧化能力的测定 迎春花各萃取相对 DPPH 自由基清除能力的测定:精确称取 0.0100g DPPH,用无水乙醇溶解,移至 250.00mL 棕色容量瓶,定容至刻度,配制浓度为 0.04mg/mL 的 DPPH 溶液。分别取 2.00mL 不同浓度各萃取相的溶液,加入 2.00mL DPPH 溶液,混合均匀,室温避光放置 30min,无水乙醇做参比液于 517nm 处测吸光度值,用 V_c 作为阳性对照。以上方法重复 3 次取平均值^[9-11]。样品对 DPPH 自由基的清除率用以下公式计算:

$$\text{DPPH 清除率}(\%) = \frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100$$

式中: A_0 -2.00mL 无水乙醇 + 2.00mL DPPH 溶液的吸光度值; A_1 -2.00mL 样品溶液 + 2.00mL DPPH 溶液的吸光度值; A_2 -2.00mL 样品溶液 + 2.00mL 无水乙醇的吸光度值。

迎春花各萃取相对羟基自由基清除能力的测定:反应体系中含 8.80mmol/L H_2O_2 1.00mL、9.00mmol/L FeSO_4 1.00mL、9.00mmol/L 水杨酸-乙醇溶液 1.00mL,不同浓度的样品溶液 1.00mL。最后加 H_2O_2 启动反应,37℃ 反应 15min,蒸馏水作参比,在 510nm 下测定各浓度的吸光度。以 9.00mmol/L FeSO_4 、9.00mmol/L 水杨酸-乙醇溶液、不同浓度的样品溶液和蒸馏水各 1.00mL 作为样品的本底吸收值, V_c 作为阳性对照^[12]。实验重复三次取平均值。

按下式计算·OH 清除率:

$$\cdot\text{OH 清除率}(\%) = \left(1 - \frac{A_x - A_{x_0}}{A_0}\right) \times 100$$

式中: A_0 -1.00mL 蒸馏水 + 1.00mL H_2O_2 溶液 + 1.00mL FeSO_4 溶液 + 1.00mL 水杨酸-乙醇溶液的吸光度值; A_x -1.00mL 样液 + 1.00mL H_2O_2 溶液 + 1.00mL FeSO_4 溶液 + 1.00mL 水杨酸-乙醇溶液的吸光度值; A_{x_0} -1.00mL 蒸馏水 + 1.00mL 样液 + 1.00mL FeSO_4 溶液 + 1.00mL 水杨酸-乙醇溶液的吸光度值。

迎春花各萃取相对超氧阴离子自由基清除能力的测定:取 5.00mL 50.00mmol/L Tris-HCl 缓冲液(pH = 8.2),于 25℃ 水浴中保温 20min,分别加入 2.00mL 样品溶液和 1.00mL 25.00mmol/L 邻苯三酚溶液,混匀后于 25℃ 水浴中反应 5min,加入 1.00mL 10.00mmol/L HCl 终止反应,于 420nm 处测定吸光度(A_x),以 Tris-HCl 缓冲液做参比,空白对照组以相同体积蒸馏水代替样品, V_c 作为阳性对照^[13-14]。实验重复三次取平均值。

按下式计算 O_2^- 清除率:

$$\text{O}_2^- \text{清除率}(\%) = \frac{A_0 - A_x}{A_0} \times 100$$

式中: A_0 -空白对照液吸光度; A_x -样品溶液吸光度。

迎春花各萃取相对总还原力测定:于 13.00mL 离心管中分别加入 0.20mol/L pH6.6 的磷酸缓冲液 2.00mL 和不同浓度的样液 2.00mL,加入 2.00mL 1% 铁氰化钾,混合均匀后于 50℃ 反应 20min。取出后加入 2.00mL 10% 三氯乙酸终止反应,4000r/min 离心 10min。取上清液 5.00mL,加入 5.00mL 蒸馏水和 1.00mL 0.1% 的 FeCl_3 ,混匀后静置 10min,以蒸馏水为参比溶液,在 700nm 处检测吸光值, V_c 作为阳性对照^[15]。实验重复三次取平均值。

1.2.4 迎春花乙酸乙酯相体内抗衰老实验 迎春花乙酸乙酯相对 D-半乳糖诱导小鼠衰老模型的分组、建立和标本处理:

动物分组:取体重 22~25g 健康雄性 ICR 小鼠,实验条件下饲养一周,采用随机数字表取 60 只 ICR 小鼠随机分为 6 组:空白对照组(A 组)、模型对照组(B 组)、给药组 100mg/kg(C 组)、给药组 200mg/kg

(D组)、给药组 300mg/kg(E组), 每组 10 只小鼠。

造模: 实验开始每天对 B、C、D、E 组小鼠背部皮下进行 D-半乳糖(500mg/kg) 注射, A 组用注射等剂量的生理盐水。连续造模 60d。

给药: 15d 后, C、D、E 组灌胃给予迎春花乙酸乙酯相化合物(体重的 0.1%), A、B 组使用 0.4% 生理盐水给以灌胃(体重的 0.1%)。每日 1 次, 连续 45d。每 3d 称一次体重, 记录体重。

小鼠的处理: 实验 60d, 眼眶静脉取血, 将取得血液于 3500r/min 的 4℃ 冷冻离心机中, 分离出血清, -20℃ 保存待用。取小鼠背部皮肤, 用 8% 硫化钠溶液去除毛发, 称重后, 放于锡纸上, 包裹封袋, -20℃ 冰柜保存待用。取上清液用于 MDA、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、谷胱甘肽(GSH)、羟脯氨酸(Hyp) 检测。

MDA、SOD、CAT、POD、GSH 以及 Hyp 含量的测定: 将取得血液于 3500r/min 的 4℃ 冷冻离心机中, 分离出血清, 用于 MDA、SOD、CAT、POD、GSH 含量的测定。将 4℃ 的生理盐水与皮肤组织 1:9 研磨成组织匀浆, 于 3500r/min 的 4℃ 冷冻离心机中分离, 取上清液, 用于 MDA、SOD、CAT、POD、GSH、Hyp 的测定。

MDA、SOD、CAT、POD、GSH、Hyp 检测按照 ELISA 试剂盒说明进行。

2 结果与分析

2.1 各萃取相总黄酮含量的测定

由表 1 可知, 各萃取相中总黄酮含量为: 乙酸乙酯相 > 正丁醇相 > 总提取物 > 氯仿 > 石油醚, 各萃取相中均含有黄酮类化合物, 但乙酸乙酯相总黄酮含量最高, 达到 0.0615mg/mL。

表 1 迎春花各萃取相中总黄酮含量

Table 1 The total flavonoids of different extractions from *Jasminum nudiflorum* Lindl

萃取相	石油醚	氯仿	乙酸乙酯	正丁醇	总提取物
浓度 (mg/mL)	0.0127	0.0188	0.0615	0.0319	0.0217

2.2 体外抗氧化活性

2.2.1 各萃取相对 DPPH 自由基的清除能力 由图 1 可以看出, 在样品浓度为 0.1mg/mL 时, 总提取物、氯仿相、乙酸乙酯相清除 DPPH 自由基的能力比阳性对照 V_c 略高; 当浓度达到 0.3mg/mL 时, 总提取物、氯仿相、乙酸乙酯相清除 DPPH 自由基的能力与阳性对照 V_c 相同, 达到 98%; 当浓度大于 0.3mg/mL 时, 其清除率一直保持在 98% 不变。石油醚相和正丁醇相比总提取物、氯仿相、乙酸乙酯相清除略低, 但在浓度增大时, 清除自由基的能力也随之增大; 当浓度小于 0.5mg/mL 时, 石油醚相的清除率比正丁醇相要低, 但石油醚相清除率的增长速率最快; 当浓度达到 0.5mg/mL 时, 石油醚相和正丁醇相清除力相同, 当浓度大于 0.5mg/mL 时, 均趋于平缓。该图说明迎春花各萃取相均对 DPPH 自由基具有较强的清除能力。

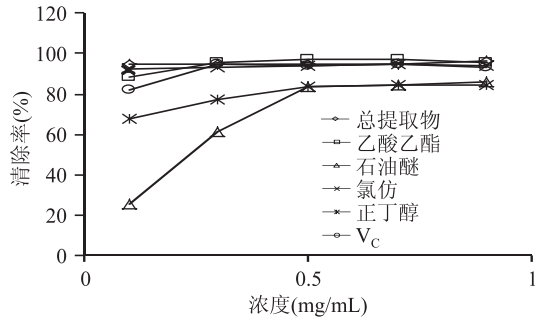


图 1 迎春花各萃取相对 DPPH 自由基的清除能力

Fig.1 DPPH free radical scavenging rates of different extractions from *Jasminum nudiflorum* Lindl

2.2.2 各萃取相对总还原力的测定 由图 2 可知, 总还原力能力是 V_c > 乙酸乙酯相 > 总提取物 > 正丁醇相 > 氯仿相 > 石油醚相, 当浓度为 0.1mg/mL 时, 乙酸乙酯相的吸光度略高于 V_c , 当浓度达到 0.3mg/mL 时, V_c 吸光度值达到最大, 之后基本保持不变; 乙酸乙酯相的吸光度值随着浓度的增大而增大。

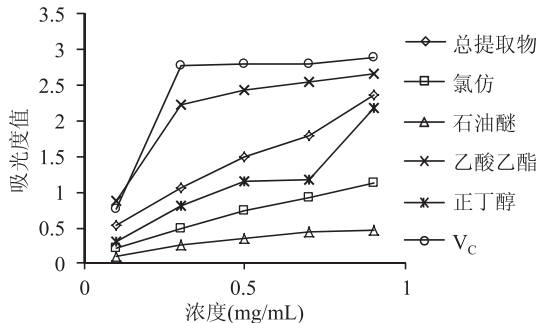


图 2 迎春花各相还原能力测定

Fig.2 Reducing power of different extractions from *Jasminum nudiflorum* Lindl

2.2.3 各萃取相对羟基自由基的清除能力 由图 3 可知, 随着样品浓度的增大, 各萃取相清除羟基自由基的能力也随之增大, 样品的浓度与清除率成线性关系, V_c 的清除率最高, 各萃取相清除羟基自由基的能力为乙酸乙酯相 > 正丁醇相 > 总提取物 > 氯仿相 > 石油醚相, 乙酸乙酯相清除率最高达到 75% 以上, 由此可以看出, 迎春花的各萃取相对羟基自由基有较强清除能力。

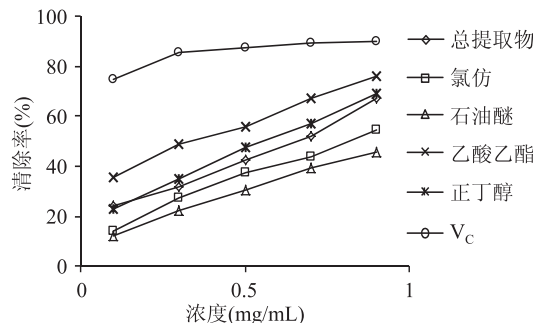


图 3 迎春花各相对羟基自由基的清除作用

Fig.3 Hydroxyl free radicals scavenging activity of different extractions from *Jasminum nudiflorum* Lindl

2.2.4 各萃取相对超氧阴离子自由基清除能力 由

图4可知, V_c 的清除率最高, 达到80%以上, 其他各萃取相均随着样品浓度的增加, 清除率越来越高, 各萃取相清除超氧阴离子的能力为乙酸乙酯相 > 正丁醇相 > 总提取物 > 氯仿相 > 石油醚相, 由此表明, 各萃取相对超氧阴离子也具有较强的清除能力。

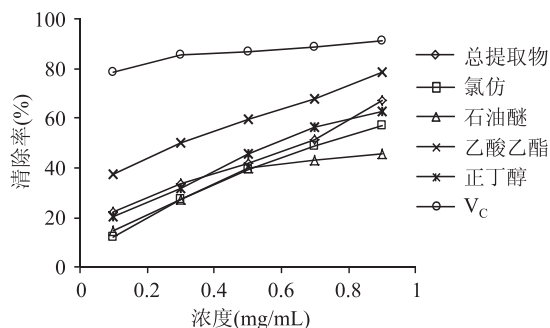


图4 迎春花各相对超氧阴离子自由基的清除作用

Fig.4 Superoxide anion free radicals scavenging activity of different extractions from *Jasminum nudiflorum* Lindl

2.3 体内抗衰老实验

2.3.1 小鼠的体重增长率的测定 由表2可知, 与空白对照组(A组)比较, 模型对照组(B组)的小鼠体征为毛发枯黄无光、呆滞嗜睡, 饮水量较少, 体形消瘦, 体重增长的缓慢, 给药组随浓度的增大, 小鼠体重的增长率逐渐增大。这些现象都与衰老小鼠特征相符^[16]。

2.3.2 MDA、SOD、CAT、POD以及GSH含量的测定结果 超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、谷胱甘肽(GSH)是抗氧化系统中重要的抗氧化酶, 是生物体产生的天然抗氧化酶, 它能清除体内超氧化物自由基, 防止氧自由基对机

体直接或间接的损伤, 阻断脂质过氧化连锁反应, 从而起到保护机体免受氧自由基损伤的作用^[17]。MDA为脂质过氧化反应的产物, 能引起细胞的损伤, MDA含量升高说明机体脂质过氧化反应较多, 因而氧自由基损伤就多^[18-19]。

由表3可知, 连续注射D-半乳糖60d后, 模型对照组血清SOD、CAT、POD以及GSH活性均有所降低, 均显著低于正常对照组($p < 0.05$), 而MDA含量高于正常对照组。随着给药浓度的增大, 小鼠血清SOD、CAT、POD及GSH含量逐渐升高, 且与模型对照组差异性显著($p < 0.05$, $p < 0.01$); MDA的含量逐渐降低, 但与模型对照组差异性不显著($p > 0.05$)。表明迎春花乙酸乙酯相可提高小鼠血清SOD、CAT、POD以及GSH活性, 能抑制小鼠血清MDA含量的上升。

由表4、表5可知, 连续注射D-半乳糖60d后, 模型对照组皮肤组织中SOD、CAT、POD以及GSH活性均有所降低, 均显著低于正常对照组($p < 0.05$), 而MDA、Hyp含量高于正常对照组。随着给药浓度的增大, 小鼠血清SOD、CAT、POD及GSH含量逐渐升高, 且与模型对照组差异性显著($p < 0.05$, $p < 0.01$); MDA的含量逐渐降低, 但差异不显著($p > 0.05$), Hyp含量也逐渐降低并且高剂量组效果显著($p < 0.05$)。表明乙酸乙酯相可提高小鼠皮肤组织SOD、CAT、POD以及GSH活性, 能抑制小鼠皮肤组织MDA、Hyp含量的上升。

3 结论

本实验通过各萃取相对DPPH自由基、羟基自由基、超氧阴离子自由基、总还原力的四种抗氧化实验

表2 乙酸乙酯相对D-半乳糖诱导小鼠衰老的体重影响($\bar{x} \pm s$, $n = 10$)

Table 2 Effect of ethyl acetate phase on aging mice induced by D-galactose on weight($\bar{x} \pm s$, $n = 10$)

项目	空白对照组(A组)	模型对照组(B组)	低剂量组(C组)	中剂量组(D组)	高剂量组(E组)
体重增长率(%)	1.381 ± 0.13 *	1.082 ± 0.181	1.035 ± 0.163 *	1.186 ± 0.183 *	1.199 ± 0.114 **

注: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, 与模型对照组作比较。表3~表5同。

表3 乙酸乙酯相对小鼠血清指标的影响($\bar{x} \pm s$, $n = 10$)

Table 3 Effect of ethyl acetate phase on serum index in mice($\bar{x} \pm s$, $n = 10$)

项目	MDA(nmol/L)	SOD(U/mL)	CAT(U/L)	POD(U/L)	GSH(U/L)
空白对照组(A组)	5.43 ± 0.77	171.29 ± 32.21 **	6.29 ± 1.27 **	215.76 ± 25.59 **	132.16 ± 11.29 **
模型对照组(B组)	6.81 ± 3.84	58.37 ± 3.05	4.26 ± 1.24	86.80 ± 14.22	86.72 ± 14.62
低剂量组(C组)	6.04 ± 0.79	82.24 ± 6.40 **	4.93 ± 0.40 **	111.54 ± 15.91 *	95.14 ± 13.81 *
中剂量组(D组)	5.26 ± 0.79	88.52 ± 16.20 **	5.02 ± 0.34 *	138.06 ± 55.13 *	102.43 ± 15.13 *
高剂量组(E组)	5.06 ± 0.19 *	126.71 ± 7.21 **	5.89 ± 1.23 *	175.92 ± 37.24 *	125.92 ± 14.24 *

表4 乙酸乙酯相对小鼠皮肤组织指标的影响($\bar{x} \pm s$, $n = 10$)

Table 4 Effect of ethyl acetate phase on skin tissue parameters in mice($\bar{x} \pm s$, $n = 10$)

项目	MDA(nmol/L)	Hyp(mg/mL)	GSH(U/L)
空白对照组(A组)	6.24 ± 0.97	58.104 ± 12.36 **	72.35 ± 11.29 **
模型对照组(B组)	8.85 ± 0.42	94.33 ± 20.01	56.12 ± 10.12
低剂量组(C组)	5.9 ± 1.29	85.25 ± 31.30	68.14 ± 13.81 *
中剂量组(D组)	5.56 ± 0.68 *	80.53 ± 23.52	79.65 ± 18.53 *
高剂量组(E组)	5.04 ± 1.23	65.96 ± 10.66 *	84.42 ± 19.34 *

表5 乙酸乙酯相对小鼠皮肤组织指标的影响($\bar{x} \pm s, n = 10$)Table 5 Effect of ethyl acetate phase on skin tissue parameters in mice($\bar{x} \pm s, n = 10$)

分类	SOD(U/mL)	CAT(U/L)	POD(U/L)
空白对照组(A组)	70.31 ± 13.21 **	5.49 ± 1.01 **	113.74 ± 19.69 **
模型对照组(B组)	32.34 ± 3.15	3.15 ± 0.44	52.81 ± 16.23
低剂量组(C组)	46.24 ± 5.62 **	3.92 ± 0.30 **	71.24 ± 12.51 *
中剂量组(D组)	58.42 ± 12.24 **	4.51 ± 0.34 *	88.19 ± 35.13 *
高剂量组(E组)	67.66 ± 5.21 **	4.89 ± 0.43 *	113.97 ± 32.14 *

说明了迎春花各萃取相均有较好的抗氧化能力,并对其各萃取相进行了总黄酮含量的测定,发现黄酮含量越高,抗氧化能力越强,其中乙酸乙酯相总黄酮含量最高,达到6%,其抗氧化能力也最好。在抗氧化实验中,乙酸乙酯相抗氧化能力最强,乙酸乙酯相、氯仿相和总提取物在清除 DPPH 自由基时清除率均达到98%以上,达到抗氧化剂水平,在羟基自由基、超氧阴离子自由基、总还原力实验中乙酸乙酯相也是各萃取相中抗氧化能力最好的,氯仿相和正丁醇相也对其具有较强的抗氧化能力,并随着浓度的增长,抗氧化能力逐渐增强。因此选择乙酸乙酯相进行小鼠体内实验。

超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、谷胱甘肽(GSH)是人体内重要的抗氧化酶,提高它的活性可以增强机体免疫功能,丙二醛(MDA)是脂质过氧化的终产物,MDA 含量的高低间接反映细胞衰老程度。在小鼠体内抗衰老实验中,乙酸乙酯相可提高小鼠血清和皮肤组织中 SOD、CAT、POD 和 GSH 活性,并且随着给药浓度的增加,效果逐渐增强,与模型对照组差异性显著($p < 0.05, p < 0.01$);而在小鼠血清中 MDA 和小鼠皮肤组织 MDA、Hyp 含量,随着给药浓度的增加,其值逐渐降低,实验表明,乙酸乙酯相具有较好的抗氧化作用。本实验研究为开发迎春花抗氧化保健品的研究提供了理论依据。

参考文献

[1] 宁可夫. 吃迎春花可祛病[J]. 中国食品, 2000, (3): 18.
 [2] 郑敏燕, 魏永生. 迎春花中黄酮类化合物含量的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2003, 15(6): 494-497.
 [3] 努尔阿米娜·阿尤甫, 阿不都拉·阿巴斯曼陀罗种子中总黄酮含量的测定及提取工艺的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(3): 260-263.
 [4] 张志信, 张仕秀, 宋关斌, 等. 迎春花植物茎叶中黄酮类物质初步研究[J]. 生物技术, 2004, 14(4): 30-31.
 [5] 张志信. 不同季节迎春花茎叶中总黄酮含量的测定[J]. 文山师范高等专科学校学报, 2006, 19(4): 97-99.
 [6] 胡春. 黄酮类化合物的抗氧化性质[J]. 中国油脂, 1996, 21

(4): 18-21.

[7] 郑敏燕, 魏永生, 耿薇, 等. 迎春叶黄酮的提取纯化及清除自由基活性研究[J]. 林产化学与工业, 2009, 29(6): 47-51
 [8] 回瑞华, 侯冬岩, 李铁纯, 等. 迎春花黄酮类化合物抗氧化性的研究[J]. 鞍山师范学院学报, 2007, 9(6): 18-21.
 [9] Tsai S Y, Huang S J, Mau J L. Antioxidant properties of hot water extracts from *Agrocybe cylindracea* [J]. Food Chemistry, 2006, 98(4): 670-677.
 [10] Amarowicz R, Pegg R B, Rahimi-Moghaddam P, et al. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies [J]. Food Chemistry, 2004, 84(4): 551-562.
 [11] Ercan Bursal, Ekrem Köksal. Evaluation of reducing power and radical scavenging activities of water and ethanol extracts from sumac (*Rhus coriaria* L.) [J]. Food Research International, 2011, 44(7): 2217-2221.
 [12] 孟良玉, 卢佳琨, 兰桃芳, 等. 蜂胶提取物抗氧化稳定性研究[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 127-130.
 [13] 吴亚楠, 鲁晓翔, 连喜军, 等. 玉米须黄酮清除自由基活性的研究[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(1): 5-8.
 [14] 方玉梅, 张春生, 谭萍, 等. 金针菇黄酮类化合物的抗氧化性作用[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(3): 15-18.
 [15] Lee Y L, Yen M T, Mau J L. Antioxidant properties of various extracts from *Hypsizygus marmoreus* [J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 1-9.
 [16] 刘金珠, 林湘, 李续娥, 等. 决明子蛋白质和葱醌苷对 D-半乳糖衰老小鼠学习记忆及代谢产物的影响[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(6): 516-519.
 [17] Rios L, Cluzel J, Vennat JC, et al. Comparison of intraocular treatment of DMTU and SOD following retinal ischemia in rats [J]. Ocul Pharma col Ther, 1999, 15(6): 547-556
 [18] Aydemir O, Naziroglu M, Celebi S, et al. Antioxidant effects of al pha -, gamma - and succinate - tocopherols in guinea pig retina during ischemia - reperfusion injury [J]. Pathophysiology, 2004, 11(3): 167-171.
 [19] Pannicke T, Uckermann O, Iandiev I, et al. Altered membrane physiology in Muller glial cells after transient ischemia of the rat retina [J]. Glia, 2005, 50(1): 1-11.