



引用格式:高超. 款冬叶黄酮的抗氧化活性研究[J]. 轻工学报,2020,35(2):17-23.

中图分类号:TS201.1 文献标识码:A

DOI:10.12187/2020.02.003

文章编号:2096-1553(2020)02-0017-07

# 款冬叶黄酮的抗氧化活性研究

## Research on the antioxidant activity of coltsfoot leaf flavonoid

高超

GAO Chao

通化师范学院 食品科学与工程学院,吉林 通化 134000

*College of Food Science and Engineering, Tonghua Normal University, Tonghua 134000, China*

### 关键词:

款冬叶;黄酮;衰老模型小鼠;抗氧化活性

### Key words:

coltsfoot leaf;  
flavonoid;  
aging model mice;  
antioxidant activity

**摘要:**采用超声波辅助提取款冬叶黄酮,利用吸附树脂对其进行纯化,进而探讨款冬叶黄酮体外抗氧化活性(DPPH<sup>+</sup>清除力和Fe<sup>3+</sup>还原力)及其对亚急性衰老模型小鼠体内抗氧化活性(T-AOC, SOD活性, GSH-PX活性和MDA含量)的影响。结果表明:款冬叶黄酮具有良好的抗氧化活性,可提高DPPH<sup>+</sup>清除力和Fe<sup>3+</sup>还原力,并可显著提高亚急性衰老模型小鼠体内的T-AOC, SOD活性和GSH-PX活性,降低MDA含量。款冬叶黄酮良好的抗氧化活性可应用于抗衰老产品的研究,为我国中草药活性成分的提取与应用提供参考。

收稿日期:2019-07-19

作者简介:高超(1989—),女,吉林省公主岭市人,通化师范学院助理实验师,主要研究方向为食品毒理与安全评价。

**Abstract:** Using ultrasonic auxiliary to extract coltsfoot leaf flavonoid, and to purify it by adsorption resin, coltsfoot leaf flavonoid in vitro antioxidant activity (DPPH<sup>+</sup>· scavenging force and Fe<sup>3+</sup> reducing force) and its influence on antioxidant activity of subacute aging model mice (T-AOC, SOD activity, GSH-PX activity and MDA content) were explored. The results showed that the coltsfoot leaf flavonoid had good antioxidant activity, and they could improve the Fe<sup>3+</sup> reducing force and DPPH<sup>+</sup>· scavenging force, and obviously improve the T-AOC, SOD and GSH-PX activity of the subacute aging model mice and reduce MDA content. The good antioxidant activity of coltsfoot leaf flavonoid could be applied to promote anti-aging research and provide a reference for the extraction and application of active ingredient in Chinese herbal medicine.

## 0 前言

款冬 (*Tussilago farfara* L.), 别名冬花、蜂斗菜, 是菊科款冬属多年生草本植物<sup>[1]</sup>, 全属仅一种。款冬含有黄酮类、萜类、生物碱、挥发油、有机酸、多糖等活性成分, 具有镇咳祛痰、保护心血管、影响兴奋呼吸中枢、抗血小板聚集、抗肿瘤、镇痛抗炎等生理功能<sup>[2-3]</sup>。黄酮类化合物是母核结构为 2-苯基色原酮的多酚类化合物<sup>[4]</sup>, 作为一种有效的活性物质广泛分布在各种植物中。目前, 已报道的黄酮类物质具有保护酒精性肝损伤小鼠、抗肿瘤、抗癌、降血脂、治疗糖尿病、调节免疫、抑菌、抗病毒、抗氧化等方面的作用<sup>[5-10]</sup>。我国东北地区款冬属植物资源丰富, 传统上使用款冬花入药, 款冬叶茎部分则作为废弃物处理, 资源未能得到合理利用。近年来, 对于款冬的研究主要集中在款冬花的成分及其生理活性方面。例如, 宋道等<sup>[11]</sup>研究发现, 款冬花多糖具有一定的抗氧化活性, 对羟自由基、超氧自由基具有较强的清除力; 程晓叶等<sup>[12]</sup>从款冬花提取物中共鉴定出 34 种, 包括 12 种萜类化合物、8 种黄酮类化合物、7 种酚酸类化合物、2 种苯并吡喃类化合物、1 种苯并呋喃类化合物、1 种脂肪酮类化合物和 3 种生物碱; 乔月等<sup>[13]</sup>研究发现, 款冬花中普遍含有吡咯里西啶生物碱及其氮氧化物, 其中以具有显著肝毒性的克氏千里光碱为主要种类。然而对于款冬叶黄酮的抗氧化机制研究尚未见报道。

鉴于此, 本研究拟以款冬叶为实验材料, 采

用超声波辅助提取款冬叶黄酮, 利用吸附树脂对其进行纯化, 研究款冬叶黄酮体外抗氧化活性, 以及对亚急性衰老模型小鼠体内抗氧化活性的影响, 旨在探究款冬叶黄酮的抗氧化活性, 为款冬植物资源的合理利用和相关产品的开发提供理论依据和数据支撑。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 实验动物

昆明种小白鼠 (SCXK - (吉) 2003 - 0001), 体重 25 g 左右, 雌雄各半, 由吉林大学实验动物中心提供。

### 1.2 材料与试剂

款冬叶, 取材自吉林省临江市。

NaNO<sub>2</sub>, Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, HCl, NaOH, FeCl<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 铁氰化钾, 三氯乙酸, 石油醚, 无水乙醇, 正丁醇, 甲醇, 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH), 均为分析纯, 北京化工有限公司产; SP-825 大孔吸附树脂, 东鸿化工有限公司产; 羧甲基纤维素钠 (食品级)、芦丁标准品, 上海析明生物科技有限公司产; 总抗氧化能力 (T-AOC) 试剂盒、超氧化物歧化酶 (SOD) 测试盒、丙二醛 (MDA) 测试盒、谷胱甘肽过氧化物歧化酶 (GSH-PX) 试剂盒, 南京建成生物工程研究所产。

### 1.3 仪器与设备

AUY-220 型电子天平, 岛津国际贸易有限公司产; TY92-II 型超微粉碎机, 宁波新芝生物科技公司产; 索氏提取器 (1000 mL), 通化

师范学院实验室组装;KQ-250B型超声波清洗器,东京理化器械株式会社产;层析柱(直径3 cm),海辰乔生物科技有限公司产;SP-722E型可见分光光度计,上海光谱仪器有限公司产;DX-35BI型座式自动电热压力蒸汽灭菌锅,上海申安医疗器械厂产;Milli-Q型超纯水系统,法国Millipore公司产;U410型超低温冰柜,美国NBS公司产;GL-20G-II型高速冷冻离心机,上海安亭科学仪器厂产;WD-2102型自动酶标仪,北京市六一仪器厂产。

## 1.4 实验方法

### 1.4.1 款冬叶黄酮的提取

精确称量款冬叶粉末1.0 g,于80℃条件下使用石油醚脱脂3 h.烘干后加30 mL体积分数为70%的乙醇,于60℃条件下超声波辅助提取20 min,抽滤留滤液,减压回收乙醇至滤液为2 mL左右为止.正丁醇水饱和溶液萃取2次,旋转蒸发至2 mL,用体积分数为70%的乙醇定容至100 mL,加体积分数为1%的活性炭进行脱色处理.再于4℃条件下醇沉24 h,旋转蒸发至25 mL,即得待测液.将待测液冷冻干燥处理后,即得款冬叶黄酮粗提物,其得率的计算公式为

$$\text{得率} = \frac{\text{款冬叶黄酮粗提物质量}}{\text{款冬叶粉末质量}} \times 100\%$$

### 1.4.2 款冬叶黄酮的纯化

按1.4.1方法得到款冬叶黄酮粗提物,采用丁彩丽等<sup>[14]</sup>的方法进行纯化处理.纯化条件为:选择SP-825大孔吸附树脂,pH值为3~4,使用恒流泵控制流量,以2 BV/h的流速进行吸附,最大上样量为44倍树脂体积,用3 BV体积分数为70%的乙醇溶液以1~2 BV/h的流速进行洗脱.将洗脱液旋转蒸发,冷冻干燥后,即得纯化后的款冬叶黄酮粉末.款冬叶黄酮纯度计算公式为

$$\text{纯度} = \frac{\text{款冬叶黄酮粉末质量}}{\text{款冬叶黄酮粗提物质量}} \times 100\%$$

## 1.4.3 款冬叶黄酮体外抗氧化活性实验

**1.4.3.1 DPPH<sup>+</sup>清除力测定** 将4.0 mL不同质量浓度(分别为0.2 mg/mL,0.4 mg/mL,0.6 mg/mL,0.8 mg/mL,1.0 mg/mL,1.2 mg/mL)的款冬叶黄酮样品溶液和1.0 mL浓度为1 mol/L的DPPH溶液混匀,室温下避光反应30 min,即得反应液,并于517 nm处测定其吸光度值.以无水乙醇作空白对照,并对照款冬叶黄酮样品溶液,采用相同质量浓度的Vc溶液作阳性对照<sup>[15]</sup>.按以下公式计算DPPH<sup>+</sup>清除率.

$$Y = \left( 1 - \frac{A_i - A_x}{A_0} \right) \times 100\%$$

其中,Y为DPPH<sup>+</sup>清除率/%,A<sub>i</sub>为反应液吸光度值,A<sub>x</sub>为款冬叶黄酮样品溶液吸光度值,A<sub>0</sub>为空白对照吸光度值.DPPH<sup>+</sup>清除率越大,则DPPH<sup>+</sup>清除力越强,即体外抗氧化活性越强.

**1.4.3.2 Fe<sup>3+</sup>还原力测定** 采用普鲁士蓝法<sup>[16]</sup>,在2.0 mL浓度为0.2 mol/L且pH值为6.6的磷酸盐缓冲液中,加入1.0 mL不同质量浓度(0.2 mg/mL,0.4 mg/mL,0.6 mg/mL,0.8 mg/mL,1.0 mg/mL,1.2 mg/mL)的款冬叶黄酮样品溶液,再加入2.0 mL质量分数为1%的铁氰化钾溶液,于50℃水浴锅中恒温水浴30 min,经流水冷却后,加入2.0 mL质量分数为10%的三氯乙酸溶液后终止反应,即得反应液.取2.0 mL反应液,加入2.0 mL蒸馏水和1.0 mL质量分数为0.1%的FeCl<sub>3</sub>溶液,摇匀,于700 nm处测定其吸光度值.吸光度值增加,表明还原力增强.以蒸馏水作空白对照,并对照款冬叶黄酮样品溶液,采用相同质量浓度的Vc溶液作阳性对照.Fe<sup>3+</sup>还原力越强,则体外抗氧化活性越强.

## 1.4.4 款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内抗氧化活性的影响研究

**1.4.4.1 实验动物分组与模型建立** 选用健康的昆明种小白鼠,适应环境7 d后,随机分

组,每组10只(雌雄各5只),共6组(空白对照组,模型对照组,款冬叶黄酮高、中、低剂量组,阳性对照组).在空调动物房(18~22℃)内,雌雄分笼,分组饲喂基础饲料,自由摄食,自然采光.建模阶段,除空白对照组外,其余各实验小组以300 mg/(kg·d)的剂量皮下注射D-半乳糖,空白对照组注射同剂量生理盐水,1次/d,持续7周,构建D-半乳糖亚急性衰老小鼠模型.建模成功后,模型对照组和空白对照组以100 mg/(kg·d)的剂量灌胃质量分数为0.5%的羧甲基纤维素钠溶液,阳性对照组以200 mg/(kg·d)的剂量灌胃质量分数为0.02%的Vc溶液,款冬叶黄酮低、中、高剂量组分别以50 mg/(kg·d), 100 mg/(kg·d), 200 mg/(kg·d)的剂量灌胃溶解于质量分数0.5%的羧甲基纤维素钠溶液的款冬叶黄酮.各组均连续灌胃28 d.

**1.4.4.2 小鼠体内抗氧化指标的测定** 按照试剂盒说明书,测定各实验组小鼠血清、肝组织、脑组织和心脏组织中的T-AOC, SOD活性, GSH-PX活性和MDA含量.

**1.5 数据分析**

使用SPSS 19.0统计数据,单一样本组间比较平均值,作方差分析后使用(平均值±标准偏差)表示数据结果.

**2 结果与分析**

**2.1 款冬叶黄酮提取与纯化结果**

本实验每g款冬叶中黄酮粗提物质量为71.8 mg,其得率为7.18%.经纯化处理后,款冬叶黄酮纯度为63.2%.

**2.2 款冬叶黄酮体外抗氧化活性分析**

**2.2.1 DPPH<sup>+</sup>清除力分析**

款冬叶黄酮对DPPH<sup>+</sup>清除率的影响如图1所示.从图1可以看出,随着样品质量浓度的增大,款冬叶黄酮和Vc对DPPH<sup>+</sup>的清除率

逐渐增大,即二者的DPPH<sup>+</sup>清除力逐渐增强.当样品质量浓度为0.2 mg/mL和0.4 mg/mL时,Vc对DPPH<sup>+</sup>的清除率较高;当样品质量浓度为0.6 mg/mL和0.8 mg/mL时,款冬叶黄酮和Vc对DPPH<sup>+</sup>的清除率基本保持一致;持续增大样品质量浓度,款冬叶黄酮对DPPH<sup>+</sup>的清除率则强于Vc.这表明当款冬叶黄酮质量浓度大于1.0 mg/mL时,其具有较强的DPPH<sup>+</sup>清除力.

**2.2.2 Fe<sup>3+</sup>还原力分析**

款冬叶黄酮对Fe<sup>3+</sup>还原力的影响如图2所示.从图2可以看出,款冬叶黄酮和Vc对Fe<sup>3+</sup>

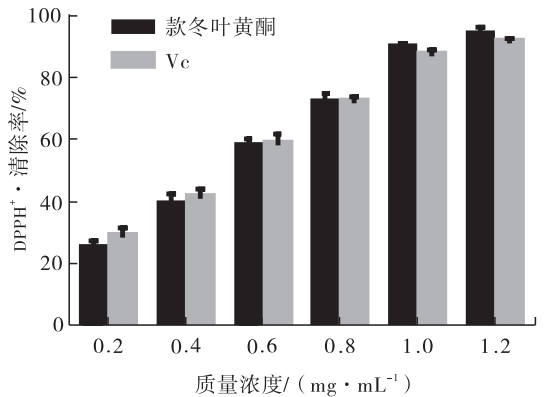


图1 款冬叶黄酮对DPPH<sup>+</sup>清除率的影响

Fig. 1 Effect of coltsfoot leaf flavonoid on DPPH<sup>+</sup> scavenging rate

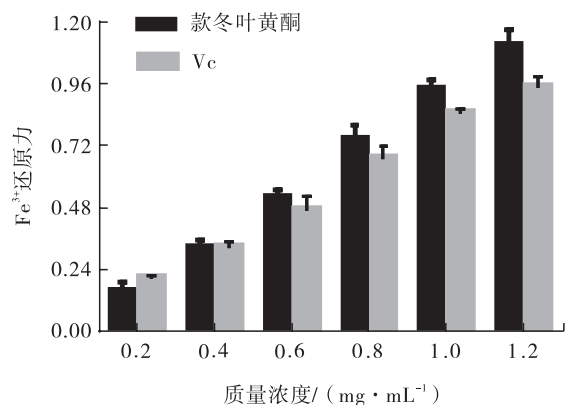


图2 款冬叶黄酮对Fe<sup>3+</sup>还原力的影响

Fig. 2 Effect of coltsfoot leaf flavonoid on Fe<sup>3+</sup> reducing force

的还原力与剂量呈正相关,即样品质量浓度越大,Fe<sup>3+</sup>还原力越强.当样品质量浓度为0.2 mg/mL时,Vc对Fe<sup>3+</sup>的还原力强于款冬叶黄酮;当样品质量浓度为0.4 mg/mL时,款冬叶黄酮和Vc对Fe<sup>3+</sup>的还原力基本相当;当样品质量浓度大于0.6 mg/mL时,款冬叶黄酮对Fe<sup>3+</sup>的还原力急速上升并显著强于Vc.这表明当款冬叶黄酮质量浓度大于0.6 mg/mL时,其具有较强的Fe<sup>3+</sup>还原力.

体外抗氧化实验结果表明,款冬叶黄酮可提高DPPH<sup>+</sup>清除力和Fe<sup>3+</sup>还原力,当质量浓度大于1.0 mg/mL时,款冬叶黄酮对DPPH<sup>+</sup>的清除力和对Fe<sup>3+</sup>的还原力均强于Vc,且当质量浓度为1.2 mg/mL时,款冬叶黄酮对DPPH<sup>+</sup>的清除力和对Fe<sup>3+</sup>的还原力最强,这说明较高质量浓度的款冬叶黄酮体外抗氧化活性较强,这一结论与其他植物黄酮的抗氧化活性研究<sup>[17]</sup>的结果一致.

## 2.3 款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内抗氧化活性的影响分析

### 2.3.1 款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内T-AOC的影响

款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内T-AOC的影响如表1所示.由表1可知,模型对照组小鼠血清、脑组织、肝脏组织和心脏组织的T-AOC均低于空白对照组,且小鼠血清、肝脏

组织和心脏组织的T-AOC组间差异极显著( $P < 0.01$ ),说明亚急性衰老模型小鼠建模成功.与模型对照组相比,款冬叶黄酮各剂量组和阳性对照组小鼠血清中的T-AOC均有不同程度的提高,且小鼠脑组织、肝脏组织和心脏组织的T-AOC组间均差异显著( $P < 0.05$ ).这表明款冬叶黄酮能不同程度地提高亚急性衰老模型小鼠血清、肝脏组织、脑组织和心脏组织的T-AOC,且款冬叶黄酮中、高剂量组对亚急性衰老模型小鼠血清中的T-AOC作用效果均强于阳性对照组.

### 2.3.2 款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内SOD活性的影响

款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内SOD活性的影响如表2所示.由表2可知,模型对照组小鼠血清、脑组织、肝脏组织和心脏组织中的SOD活性均低于空白对照组,且各指标均差异极显著( $P < 0.01$ ),说明亚急性衰老模型小鼠建模成功.与模型对照组相比,款冬叶黄酮高、中、低剂量组和阳性对照组小鼠血清、肝脏组织、脑组织和心脏组织中的SOD活性均有不同程度的提高,且款冬叶黄酮中、高剂量组小鼠血清、肝脏组织、脑组织和心脏组织的SOD活性差异极显著( $P < 0.01$ ).这表明款冬叶黄酮能显著提高小鼠血清、肝脏组织、脑组织和心脏组织的SOD活性,且除肝脏组织外,款冬叶黄酮

表1 款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内T-AOC的影响

Table 1 Effect of coltsfoot leaf flavonoid on T-AOC in subacute aging model mice

U/mg

| 组别        | T-AOC                       |                           |                           |                           |
|-----------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|           | 血清                          | 脑组织                       | 肝脏组织                      | 心脏组织                      |
| 模型对照组     | 16.68 ± 0.66 <sup>###</sup> | 3.15 ± 0.06               | 5.02 ± 0.09 <sup>##</sup> | 3.62 ± 0.10 <sup>##</sup> |
| 空白对照组     | 25.66 ± 1.05 <sup>**</sup>  | 3.29 ± 0.06               | 6.32 ± 0.11 <sup>**</sup> | 4.03 ± 0.12 <sup>**</sup> |
| 阳性对照组     | 27.74 ± 0.90 <sup>**</sup>  | 4.61 ± 0.14 <sup>**</sup> | 4.74 ± 0.10 <sup>**</sup> | 4.24 ± 0.08 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮高剂量组 | 34.12 ± 1.40 <sup>**</sup>  | 4.42 ± 0.89 <sup>**</sup> | 5.31 ± 0.67 <sup>*</sup>  | 4.38 ± 0.16 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮中剂量组 | 32.37 ± 0.74 <sup>**</sup>  | 3.78 ± 0.77 <sup>**</sup> | 4.74 ± 0.51 <sup>*</sup>  | 4.14 ± 0.09 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮低剂量组 | 29.16 ± 0.92 <sup>**</sup>  | 3.42 ± 0.17 <sup>*</sup>  | 4.26 ± 0.69 <sup>**</sup> | 3.86 ± 0.12 <sup>**</sup> |

注:与空白对照组相比,<sup>###</sup>表示差异极显著( $P < 0.01$ );与模型对照组相比,<sup>\*</sup>表示差异显著( $P < 0.05$ ),<sup>\*\*</sup>表示差异极显著( $P < 0.01$ ).下同

中、高剂量组的作用效果均强于阳性对照组。

### 2.3.3 款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内 GSH-PX 活性的影响

款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内 GSH-PX 活性的影响如表 3 所示。由表 3 可知,模型对照组小鼠血清、脑组织、肝脏组织和心脏组织中的 GSH-PX 活性均低于空白对照组,且各指标差异极显著 ( $P < 0.01$ ),说明亚急性衰老模型小鼠建模成功。与模型对照组相比,款冬叶黄酮各剂量组小鼠血清和各组织中的 GSH-PX 活性均有所提高,且差异极显著 ( $P <$

0.01);阳性对照组小鼠血清、脑组织、心脏组织中的 GSH-PX 活性均差异极显著 ( $P < 0.01$ )。对于款冬叶黄酮中、高剂量组,小鼠血清、肝脏组织、脑组织和心脏组织中的 GSH-PX 活性均高于阳性对照组。

### 2.3.4 款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内 MDA 含量的影响

款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内 MDA 含量的影响如表 4 所示。由表 4 可知,与空白对照组相比,模型对照组小鼠血清、脑组织、肝脏组织和心脏组织中的 MDA 含量均有所

表 2 款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内 SOD 活性的影响

Table 2 Effect of coltsfoot leaf flavonoid on SOD activity in subacute aging model mice U/mg

| 组别        | SOD 活性                       |                             |                             |                            |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|           | 血清                           | 脑组织                         | 肝脏组织                        | 心脏组织                       |
| 模型对照组     | 170.19 ± 3.00 <sup>##</sup>  | 63.91 ± 2.09 <sup>##</sup>  | 222.91 ± 2.50 <sup>##</sup> | 13.25 ± 0.98 <sup>##</sup> |
| 空白对照组     | 334.39 ± 9.66 <sup>**</sup>  | 85.32 ± 0.81 <sup>**</sup>  | 235.32 ± 4.54 <sup>**</sup> | 20.99 ± 3.25 <sup>**</sup> |
| 阳性对照组     | 525.07 ± 10.40 <sup>**</sup> | 125.07 ± 1.27 <sup>**</sup> | 245.07 ± 1.27 <sup>**</sup> | 18.41 ± 2.18 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮高剂量组 | 638.47 ± 24.20 <sup>**</sup> | 148.39 ± 9.47 <sup>**</sup> | 246.67 ± 4.47 <sup>**</sup> | 44.28 ± 1.87 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮中剂量组 | 531.42 ± 16.54 <sup>**</sup> | 136.35 ± 4.38 <sup>**</sup> | 239.53 ± 3.63 <sup>**</sup> | 38.61 ± 1.72 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮低剂量组 | 436.16 ± 8.20 <sup>**</sup>  | 122.97 ± 3.35 <sup>**</sup> | 221.97 ± 1.49               | 21.77 ± 2.43               |

表 3 款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内 GSH-PX 活性的影响

Table 3 Effect of coltsfoot leaf flavonoid on GSH-PX activity in subacute aging model mice U/mg

| 组别        | GSH-PX 活性                    |                            |                            |                            |
|-----------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|           | 血清                           | 脑组织                        | 肝脏组织                       | 心脏组织                       |
| 模型对照组     | 343.70 ± 11.73 <sup>##</sup> | 26.36 ± 0.97 <sup>##</sup> | 30.44 ± 1.10 <sup>##</sup> | 21.11 ± 0.48 <sup>##</sup> |
| 空白对照组     | 526.80 ± 9.53 <sup>**</sup>  | 33.47 ± 1.43 <sup>**</sup> | 36.14 ± 1.03               | 26.14 ± 1.03 <sup>**</sup> |
| 阳性对照组     | 439.80 ± 12.04 <sup>**</sup> | 30.47 ± 1.02 <sup>**</sup> | 38.14 ± 3.01               | 30.47 ± 1.02 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮高剂量组 | 522.71 ± 18.17 <sup>**</sup> | 38.86 ± 1.72 <sup>**</sup> | 60.22 ± 4.70 <sup>**</sup> | 36.48 ± 3.46 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮中剂量组 | 424.37 ± 16.21 <sup>**</sup> | 36.18 ± 1.98 <sup>**</sup> | 56.14 ± 3.99 <sup>**</sup> | 33.32 ± 2.85 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮低剂量组 | 388.94 ± 15.06 <sup>*</sup>  | 33.23 ± 1.72 <sup>**</sup> | 53.48 ± 3.18 <sup>*</sup>  | 31.49 ± 2.39 <sup>**</sup> |

表 4 款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内 MDA 含量的影响

Table 4 Effect of coltsfoot leaf flavonoid on MDA content in subacute aging model mice nmol/mg

| 组别        | MDA 含量                     |                           |                           |                           |
|-----------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|           | 血清                         | 脑组织                       | 肝脏组织                      | 心脏组织                      |
| 模型对照组     | 10.36 ± 0.19 <sup>##</sup> | 1.50 ± 0.03 <sup>##</sup> | 1.53 ± 0.05 <sup>##</sup> | 0.76 ± 0.04 <sup>##</sup> |
| 空白对照组     | 8.17 ± 0.10 <sup>**</sup>  | 1.17 ± 0.03 <sup>**</sup> | 1.20 ± 0.03 <sup>**</sup> | 0.43 ± 0.01 <sup>**</sup> |
| 阳性对照组     | 8.47 ± 0.31 <sup>**</sup>  | 1.12 ± 0.06 <sup>**</sup> | 1.11 ± 0.02 <sup>**</sup> | 0.43 ± 0.01 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮高剂量组 | 8.94 ± 0.41 <sup>**</sup>  | 1.07 ± 0.08 <sup>**</sup> | 1.24 ± 0.06 <sup>**</sup> | 0.37 ± 0.06 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮中剂量组 | 9.43 ± 0.32 <sup>**</sup>  | 1.28 ± 0.06 <sup>**</sup> | 1.40 ± 0.06 <sup>**</sup> | 0.43 ± 0.07 <sup>**</sup> |
| 款冬叶黄酮低剂量组 | 10.01 ± 0.25 <sup>**</sup> | 1.40 ± 0.07 <sup>**</sup> | 1.44 ± 0.07 <sup>*</sup>  | 0.65 ± 0.09 <sup>**</sup> |

提高,且差异极显著( $P < 0.01$ ),说明亚急性衰老模型小鼠建模成功。款冬叶黄酮高、中、低剂量组和阳性对照组的 MDA 含量均低于模型对照组,且差异极显著( $P < 0.01$ ),说明款冬叶黄酮能显著降低衰老模型小鼠血清、肝脏组织、脑组织和心脏组织中的 MDA 含量,且作用显著。款冬叶黄酮高剂量组对小鼠脑组织和心脏组织中的抗氧化作用效果强于阳性对照组。

### 3 结论

本文以款冬叶为实验材料,采用超声波辅助提取款冬叶黄酮,利用吸附树脂对其进行纯化,进而考察了款冬叶黄酮体外抗氧化活性(DPPH<sup>+</sup>·清除力和 Fe<sup>3+</sup>还原力)。同时,构建了亚急性衰老模型小鼠,研究了款冬叶黄酮对亚急性衰老模型小鼠体内抗氧化活性(T-AOC, SOD 活性, GSH-PX 活性和 MDA 含量)的影响。结果表明:款冬叶黄酮可提高 DPPH<sup>+</sup>·清除力和 Fe<sup>3+</sup>还原力,且较高质量浓度的款冬叶黄酮体外抗氧化活性较强;款冬叶黄酮具有良好的体内抗氧化活性,可显著提高亚急性衰老模型小鼠体内的 T-AOC, SOD 活性和 GSH-PX 活性,降低 MDA 含量。该研究结果有助于促进款冬叶黄酮良好的抗氧化活性在抗衰老方面的应用研究,可使款冬植物资源得到更合理的利用,为我国中草药活性成分的提取和应用提供参考。

### 参考文献:

- [1] 刘毅,王允,万德光,等. 款冬花本草考证[J]. 中药材,2010,33(4):634.
- [2] 刘佳,孙国强,秦梦,等. 款冬花的本草考证[J]. 中国现代应用药学,2018,35(2):204.
- [3] 刘玉峰,杨秀伟,武滨. 款冬花化学成分的研究[J]. 中国中药杂志,2007,32(22):2378.
- [4] 朱丹,袁芳,孟坤,等. 黄酮类化合物的研究进展[J]. 中华中医药杂志,2007,22(6):387.
- [5] 梁树才,宗自卫,于海英,等. 荷叶总黄酮对小鼠酒精肝损伤的保护作用[J]. 食品工业科技,2014,35(9):347.
- [6] 任虹,张乃元,田文静,等. 源于果蔬的黄酮类化合物及其抗肿瘤作用靶点研究进展[J]. 食品科学,2013,34(11):321.
- [7] 曾佑炜. 黄酮抗癌作用研究进展[J]. 天然产物研究与开发,2016(11):1838.
- [8] 卢秋玉,陈晓宇,申庆荣,等. 木棉花总黄酮降血脂作用及其机制研究[J]. 中药药理与临床,2016(1):88.
- [9] 李淑珍,李进. 黑果枸杞总黄酮降血脂作用[J]. 时珍国医国药,2012,23(5):1072.
- [10] 李鹏程,朴春红,张岚,等. 荞麦壳黄酮提取物对2型糖尿病大鼠的血糖改善作用及机制[J]. 食品科学,2017,38(5):244.
- [11] 宋逍,段玺,唐志书,等. 微波辅助提取款冬花多糖的工艺及抗氧化活性研究[J]. 中国医学创新,2016(23):27.
- [12] 程晓叶,张霞,廖曼,等. UPLC-Q-TOF-MS 法分析款冬花的化学成分[J]. 中草药,2017(12):2390.
- [13] 乔月,陈丽华,胡宏秀,等. 基于 UPLC-MS/MS 同时测定款冬花中吡咯里西啶生物碱及其氮氧化物的含量[J]. 中国实验方剂学杂志,2016(1):155.
- [14] 丁彩丽,吴鸣建,程向红,等. SP825 大孔吸附树脂纯化款冬花中总黄酮的研究[J]. 食品科技,2009,34(6):220.
- [15] CENH Z, BERTIN R, FROLDI G. EC50 estimation of antioxidant activity in DPPH · assay using several statistical programs [J]. Food Chemistry,2013,138(1):414.
- [16] MA Z, HUANG T, LI Y, et al. Study on antioxidant activity in vitro of methanol extract of jasminum sambac leaves [J]. Chinese Wild Plant Resources,2015,34(3):20.
- [17] 丁豪,杨海燕,辛志宏. 昆仑雪菊黄酮类化合物的抗氧化相互作用研究[J]. 食品科学,2015,21:26.