

野艾蒿挥发油的 GC-MS 分析及其体内抗氧化活性研究

毛跟年, 刘艺秀, 胡家欢

(陕西科技大学食品与生物工程学院, 陕西西安 710021)

摘要: 本文研究了野艾蒿挥发油的 GC-MS 分析及其在小鼠体内的抗氧化活性。采用水蒸气蒸馏法对野艾蒿中的挥发油进行提取, 并通过 GC-MS 对野艾蒿挥发油进行成分分析。结果表明, 从野艾蒿中鉴定出 8 种成分, 主要为桉叶脑、酮、醇、烷类等。采用连续六周腹腔注射 D-半乳糖的方法构建衰老模型, 并测定小鼠心、肝、肾的 SOD、GSH、PCO、MDA 含量以及对小鼠脏器组织形态进行观察。结果表明, 与空白对照组相比, 衰老模型组小鼠的心、肝、肾的 SOD 和 GSH 含量显著降低 ($p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$), MDA 和 PCO 含量显著升高 ($p<0.001$), 四个指标以心脏器官影响较大, SOD 和 GSH 含量分别降低了 57.72% 和 44.58%, MDA 和 PCO 含量分别升高了 43.59% 和 86.49%。说明小鼠衰老模型构建成功; 与衰老模型组小鼠相比, 野艾蒿挥发油保护组小鼠的心、肝、肾的 SOD 和 GSH 含量显著升高 ($p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$), MDA 和 PCO 含量显著降低 ($p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$), 其中 SOD 含量对肾脏影响较大, 升高了 80.42%; GSH 和 MDA 含量对心脏影响较大, 分别升高了 73.26%, 降低了 46.93%; PCO 含量对肝脏影响较大, 降低了 47.16%。说明野艾蒿挥发油在小鼠体内具有一定的抗氧化作用。病理切片结果表明, 野艾蒿挥发油可以保护氧化损伤小鼠心肌细胞、肝细胞及肾脏细胞形态的完整性。

关键词: 野艾蒿; 挥发油; GC-MS 分析; 抗氧化

文章编号: 1673-9078(2019)07-82-88

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.7.012

GC-MS Analysis of Volatile Oil from *Artemisia argyi* and Its Antioxidant Activity in Vivo

MAO Gen-nian, LIU Yi-xiu, HU Jia-huan

(School of Food and Biological Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: In this paper, the GC-MS analysis of volatile oil from *Artemisia argyi* and its antioxidant activity in mice were studied. The volatile oil in *Artemisia argyi* was extracted by steam distillation, and the volatile oil of *Artemisia argyi* was analyzed by GC-MS. The results showed that eight components were identified from *Artemisia argyi*, mainly eucalyptus brain, ketone, alcohol, and alkane. The aging model was established by intraperitoneal injection of D-galactose for six weeks, and the contents of SOD, GSH, PCO and MDA in the heart, liver and kidney of mice were measured and the morphology of mouse organs was observed. The results showed that the SOD and GSH contents in the heart, liver and kidney of the aging model group were significantly lower than those in the blank control group ($p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$), and the MDA and PCO contents were significantly increased ($p<0.001$), the four indicators were much more affected in cardiac organs, SOD and GSH levels were reduced by 57.72% and 44.58%, respectively, and MDA and PCO levels were increased by 43.59% and 86.49%, respectively. The aging mouse model was successfully constructed. Compared with the aging model group, the SOD and GSH contents in the heart, liver and kidney of the wild wormwood volatile oil protection group were significantly increased ($p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$), MDA and PCO levels were significantly reduced ($p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$), of which SOD content had a greater effect on the kidney, increased by 80.42%; GSH and MDA content had a greater impact on the heart, increased by 73.26% and decreased by 46.93%, respectively. The PCO content had a greater impact on the liver, which was reduced by 47.16%. It indicated that the volatile oil of *Artemisia argyi* has certain anti-oxidation effect in mice. The results of pathological section showed that the volatile oil of *Artemisia argyi* could protect the morphological integrity of oxidatively injured mouse cardiomyocytes, hepatocytes and kidney cells.

Key words: *Artemisia argyi*; volatile oil; GC-MS analysis; antioxidant

收稿日期: 2019-02-21

基金项目: 陕西省科技公关项目 (2016NY-167)

作者简介: 毛跟年 (1962-), 男, 教授, 研究方向: 中药新资源开发

通讯作者: 刘艺秀 (1993-), 女, 在读硕士, 研究方向: 中药新资源开发

野艾蒿 (*Artemisia lavandulaefolia* DC) 属于菊科蒿属多年生草本植物^[1]。其植株具有浓烈的特殊气味, 适应性强, 大多生于低或中海拔地区, 分布广泛。作为传统的中药, 其性温, 味苦、辛, 入肝、脾和肾经,

具有温经止血、散寒止痛、镇咳平喘、止漏安胎和燥湿止痒等功效^[2]。野艾蒿主要化学成分为挥发油类、黄酮类、苯丙素类、三萜类、微量元素等^[3]。每一类化学物质又包含多种组分,对应多种医学效用,因而野艾蒿是最具应用潜力的药用植物之一。具有抗菌、防霉、防虫和多种药用功能,如平喘、镇咳、祛痰,抗癌、抗凝血及抗过敏、护肝,影响和调整心血管和神经系统等^[4]。

挥发油(volatile oils)又称精油(essential oils),是一类具有芳香气味,在常温下可挥发,并能随水蒸气蒸馏,与水不相混溶的油状液体的总称^[5]。广泛存在于种子植物,尤其是芳香植物中。挥发油具有祛痰、止咳、平喘、驱风、健胃、解热、镇痛、抗菌、消炎等作用,还具有多种较强的药理活性,如抗肿瘤,抗氧化,抗菌等^[6]。例如香柠檬油对淋球菌、葡萄球菌、大肠杆菌等有抑制作用^[7];柴胡挥发油制备的注射液有好的退热效果;薄荷油有清凉、驱风、消炎、局麻作用等^[8]。挥发油在许多中草药里是不可缺少的有效成分,发挥着重要的治疗作用。

近年来,随着自由基生物学与自由基医学的研究迅速发展,已证明多种疾病的发生和发展与自由基对组织细胞的损伤关系密切。对机体适当补充外源性天然抗氧化剂或给予能促使机体内源性抗氧化物质恢复到一定水平的药物的研究备受关注^[9]。因此,天然抗氧化剂的研发已经成为医药领域的研究热点。本课题通过对野艾蒿中的挥发油进行提取,通过建立衰老模型,验证野艾蒿挥发油的抗氧化活性,为天然抗氧化剂的开辟提供一条新路径。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 原料与试剂

野艾蒿,购买于河南洛阳;挥发油,本实验室提取;丙酮,天津天力化学试剂有限公司;D-半乳糖,上海源叶生物科技有限公司;Vc,天津天力化学试剂有限公司;吐温 80,天津天力化学试剂有限公司;考马斯亮蓝 G-250,Fluka;95%乙醇,天津天力化学试剂有限公司;牛血清白蛋白,Amresco;85%磷酸,天津科密欧化学试剂有限公司;还原型谷胱甘肽,瑞士阿达玛斯公司;5,5'-二硫代双,2-硝基苯甲酸,南京天力试剂有限公司;正丁醇,天津天力化学试剂有限公司;三氯乙酸,上海山浦化工有限公司;磷酸氢二钠,天津市科密欧化学试剂有限公司;磷酸二氢钠,天津市科天力化学试剂有限公司;邻苯三酚,国药集

团化学试剂有限公司;2,4-二硝基苯肼,天津市华天化学试剂厂;浓盐酸,北京化工厂;盐酸胍,Wolsen;乙酸乙酯,国药集团化学试剂有限公司;硫代巴比妥酸,瑞士阿达玛斯公司;其他试剂均为分析纯。

1.1.2 实验动物

60 只昆明雄性小鼠,SPF 级,体重(20±5)g,购自西安交大医学院实验动物中心。动物生产许可证号:SCXK(陕)2018-001。

1.1.3 仪器

MH-2000 调温型电热套,北京科伟永兴仪器有限公司;YP802N 电子天平,上海精密科学仪器有限公司;HC-150T2 高速多功能粉碎机,永康绿可食品机械有限公司;GZX-GF101-2-BS-II/H 电热恒温鼓风干燥箱,上海跃进医疗器械有限公司;6892N/5975I 气相色谱-质谱联用仪,美国 Agilent 公司;YE178AF0071711 移液枪,大龙兴创仪器有限公司;HH-4 数显恒温水浴锅,金坛市江南仪器厂;UV-5100 紫外分光光度计,上海元析仪器有限公司;KH5200DE 超声波清洗仪,昆山禾创超声仪器有限公司;85-1 恒温磁力搅拌器,常州国华电器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 野艾蒿挥发油的提取

将野艾蒿自然阴干,用粉碎机将其粉碎,称取野艾蒿 100 g,置于 2000 mL 圆底烧瓶中,并加入一定量的水,接于水蒸气蒸馏装置上,持续蒸馏相应时间,所得挥发油用无水硫酸钠干燥过夜,得到深绿色油状物即为挥发油^[10]。

1.2.2 野艾蒿挥发油的 GC-MS 分析

色谱条件:色谱柱:毛细管柱(30 m×0.25 mm)柱初始温度为 60 °C,再以 10 °C/min 的速度上升到 260 °C,进样量为 0.5 μL,流速 1 mL/min,载气:氮气,气化室温度为 270 °C,检测室为 250 °C。质谱条件:进样口温度 250 °C,电离方式 EI,电离电压为 70 eV,离子源温度为:230 °C,采集模式为全扫描。

1.2.3 实验动物及分组情况

将 60 只小鼠随机分为 6 组,每组 10 只,分别为空白对照组、衰老模型组、Vc 对照组、野艾蒿挥发油低、中、高剂量组。除空白组外,各实验组小鼠腹腔注射灭菌 D-半乳糖 120 mg/(kg·d),连续注射六周,构建衰老模型^[11]。空白对照组注射等体积的灭菌生理盐水,注射体积为 0.1 mL/10 g。建模同时,野艾蒿挥发油低、中、高剂量组分别按照 50、100、150 mg/(kg·d)的剂量灌胃用吐温 80 乳化后的野艾蒿挥发油,Vc 对照组按照 100 mg/(kg·d)剂量灌胃 Vc 溶液,空白对照

组和衰老模型组分别灌胃生理盐水，灌胃体积为 0.1 mL/10 g。建模结束后，断颈处死，迅速解剖出小鼠肝脏、肾脏、及心脏，擦干称重，超低温保存。

1.2.4 组织中抗氧化酶活力的检测

小鼠心脏、肝脏和肾脏中 SOD、GSH、MDA、PCO 活力的测定分别采用邻苯三酚自氧化法、DTNB 法、TBA 比色法、2,4-二硝基苯肼比色法^[12]。

1.2.5 组织形态学观察

取小鼠组织用 10%中性福尔马林固定，经乙醇梯度脱水，二甲苯透明，石蜡包埋切片，HE 染色，用光学显微镜进行观察^[13]。

1.2.6 统计学方法

试验数据经 Excel 2013 初步处理，用 SPSS 22.0 单因子方差分析（one-way ANOVA）进行差异显著性分析， $p<0.05$ 为差异显著，用 Origin 9.0 进行作图。

2 结果与讨论

2.1 野艾蒿挥发油的 GC-MS 分析结果

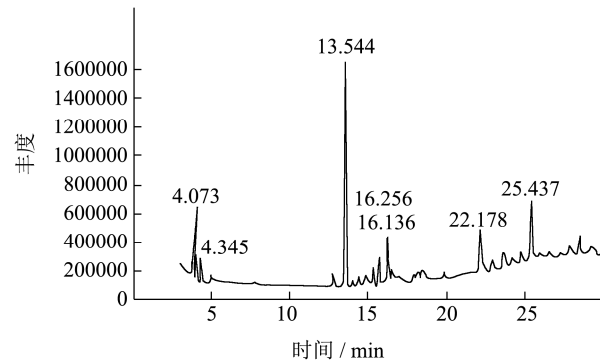


图1 野艾蒿挥发油总离子流色谱图

Fig.1 Total ion chromatogram of volatile oil from *A. argyi*

表 1 野艾蒿挥发油的 GC-MS 分析结果表

Table 1 GC-MS analysis results of volatile oil from *A. argyi*

峰号	化合物	保留时间/min	相对含量/%
1	碳酸二酰肼	4.08	13.39
2	甲基异丁基酮	4.35	3.39
3	桉叶脑	13.55	31.62
4	(1R)-1,7,7-三甲基-双环[2.2.1]庚烷-2-酮	15.74	5.09
5	冰片	16.13	3.67
6	4-甲基-1-(1-甲基乙基)-3-环己烯-1-醇	16.26	8.23
7	二十四烷	22.18	18.73
8	十八烷	25.44	15.88

将提取的野艾蒿挥发油用适量丙酮溶解，进行

GC-MS 分析^[14]，野艾蒿挥发油总离子流色谱图见图 1 所示。

排除溶剂峰影响，经标准质谱图库检索，并对检索结果进行人工核对，运用峰面积归一化法计算各色谱峰的相对质量分数，见表 1。根据表 1 的鉴定结果中可以看出，从野艾蒿挥发油中共鉴定出 8 种成分。主要为桉叶脑、酮、醇、烷类等，其中桉叶脑含量最高，为 31.62%，二十四烷含量次之，为 18.73%。

2.2 小鼠心脏、肝脏及肾脏中超氧化物歧化酶

(SOD) 活力的测定结果

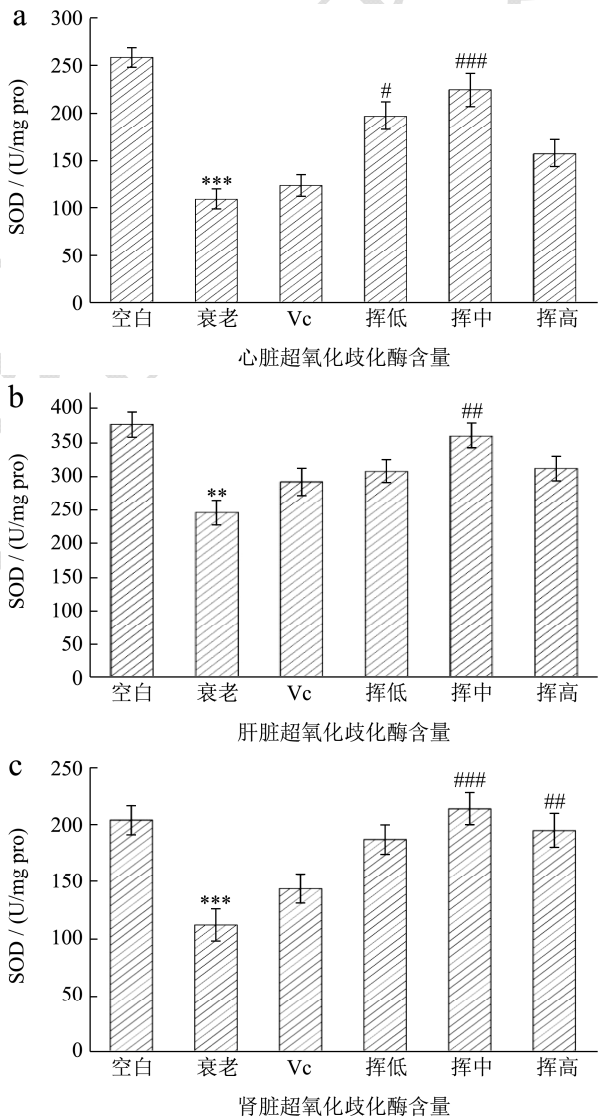


图 2 不同实验组小鼠心脏、肝脏、肾脏中 SOD 活力

Fig.2 SOD activity in heart, liver and kidney of mice in different experimental groups

注：与空白对照组相比，** $p<0.01$ ，*** $p<0.001$ ；与衰老模型组相比，# $p<0.05$ ，## $p<0.01$ ，### $p<0.001$ 。

超氧化物歧化酶（SOD）是生物体内重要的抗氧化

化酶,能清除具有毒性而损坏细胞的超氧阴离子自由基,及时修复受损细胞,延缓由于自由基侵害而出现的衰老现象,是生物体内清除自由基的首要物质^[15]。

根据图2可知,衰老模型组小鼠心脏、肝脏和肾脏的SOD活力显著低于空白组($**p<0.01$, $***p<0.001$)分别降低了57.72%、34.74%和45.09%,表明D-半乳糖导致衰老小鼠抗氧化能力下降,衰老模型构建成功。与衰老模型组相比,野艾蒿三个剂量组对提高小鼠心脏、肝、脏和肾脏的SOD活力存在差异,这说明野艾蒿挥发油在增强小鼠不同脏器中SOD的能力不同;野艾蒿挥发油中剂量组SOD活力对小鼠的心、肝、肾均有显著升高($^{##}p<0.01$, $^{###}p<0.001$)分别提高了78.32%、46.49%和80.42%。说明野艾蒿挥发油中剂量组为最适给药浓度,在一定程度上可提高小鼠的抗氧化能力,降低D-半乳糖对小鼠的氧化损伤。

2.3 小鼠心脏、肝脏及肾脏中谷胱甘肽(GSH)

含量的测定结果

谷胱甘肽(GSH)是生物体内重要的抗氧化剂,其清除自由基的原理是还原型谷胱甘肽与自由基作用,主要是氧自由基或者脂质过氧化物,生成水和脂肪酸,同时GSH转化为氧化型。氧化型谷胱甘肽可以在谷胱甘肽还原酶的作用下重新转变为还原型,如此循环,不断清除机体内产生的自由基^[16]。

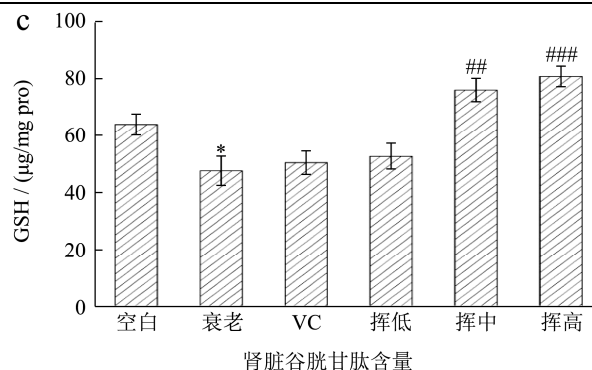
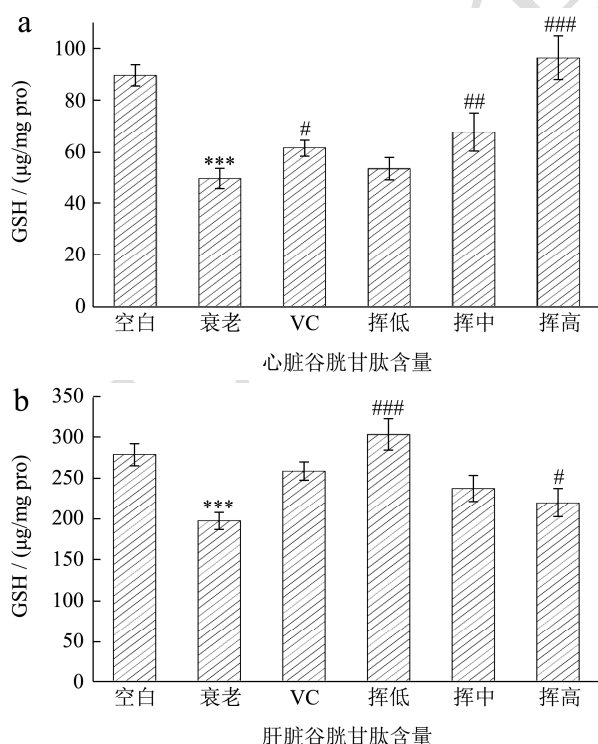


图3 不同实验组小鼠心脏、肝脏、肾脏中GSH含量

Fig.3 GSH content in heart, liver and kidney of mice in different experimental groups

注:与空白对照组相比, $*p<0.05$, $***p<0.001$;与衰老模型组相比, $^{\#}p<0.05$, $^{##}p<0.01$, $^{###}p<0.001$ 。

根据图3可知,与空白组相比,衰老模型组小鼠心脏、肝脏和肾脏的GSH含量显著降低($*p<0.05$, $***p<0.001$)分别降低了44.58%、29.36%和25.41%,这与朱淑云等^[19]研究的结果基本一致,表明小鼠衰老模型构建成功。与衰老模型组相比,VC对照组和野艾蒿挥发油各剂量组小鼠GSH含量均有不同程度的升高。野艾蒿挥发油高剂量组小鼠的心脏和肾脏中GSH含量显著升高($^{###}p<0.001$),分别为73.26%和69.71%;野艾蒿挥发油低剂量组小鼠肝脏的GSH含量显著升高($^{###}p<0.001$),升高了54.01%,其可能原因是小鼠肝脏对给予的野艾蒿挥发油药物较为敏感,当野艾蒿挥发油浓度增大时,对肝脏有一定的损害作用,因而抑制了GSH含量的升高。

2.4 小鼠心脏、肝脏及肾脏中丙二醛(MDA)

含量的测定结果

组织细胞受到活性氧攻击后会产生脂质过氧化产物,MDA是其产物之一,随着机体的衰老,MDA的浓度也会不断增加^[17]。因此,MDA浓度的增减代表着脂质过氧化作用的强弱,可间接反应出细胞氧化损伤的程度。

根据图4可知,衰老模型组小鼠心脏、肝脏和肾脏中的MDA含量显著高于空白组($***p<0.001$)分别升高了43.59%、34.46%和17.72%,说明从MDA含量升高来看,D-半乳糖导致衰老小鼠脏器组织细胞脂质过氧化产物增加,衰老模型构建成功。VC对照组和野艾蒿挥发油各剂量组小鼠MDA含量均低于衰老组,野艾蒿挥发油各剂量组对心脏、肝脏和肾脏的影响存在差异,这可能与不同剂量的野艾蒿挥发油降低

不同脏器器官的 MDA 含量有所不同。野艾蒿挥发油高剂量组效果最显著 ($^{###}p<0.001$), 分别降低了心脏、肝脏和肾脏的 MDA 含量为 46.93%、26.81% 和 22.37%。因此野艾蒿挥发油可以在不同程度上降低氧化损伤小鼠的 MDA 含量, 证明野艾蒿挥发油具有一定的抗氧化作用。

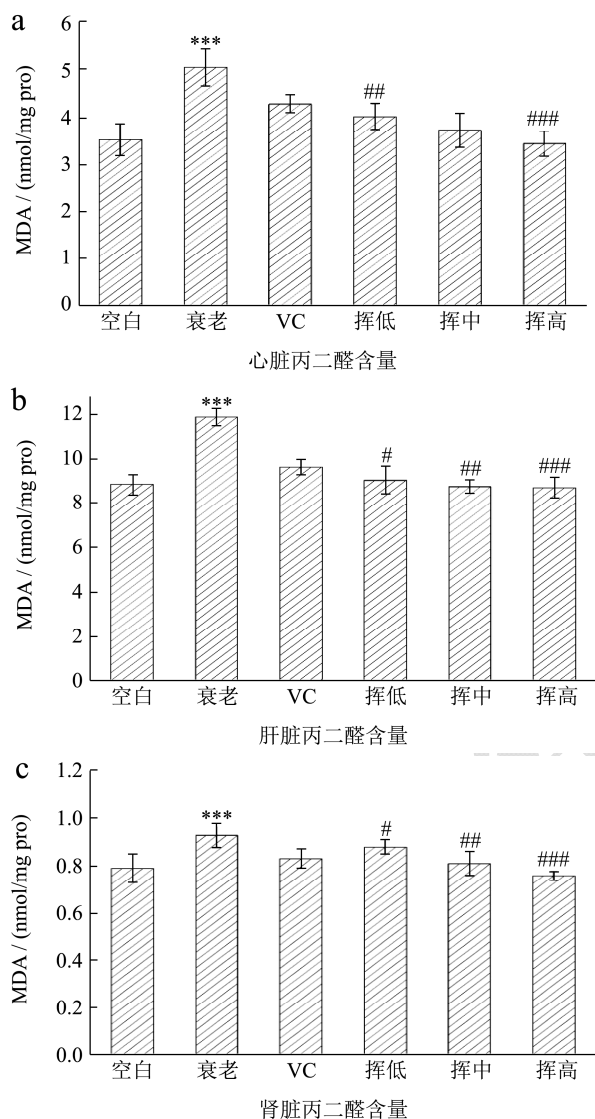


图4 不同实验组小鼠心脏、肝脏、肾脏中MDA含量

Fig.4 MDA content in heart, liver and kidney of mice in different experimental groups

注: 与空白对照组相比, $^{**}p<0.01$, $^{***}p<0.001$; 与衰老模型组相比, $^{\#}p<0.05$, $^{##}p<0.01$, $^{###}p<0.001$ 。

2.5 小鼠心脏、肝脏及肾脏中蛋白质羰基 (PCO) 含量的测定结果

蛋白质羰基化是蛋白质氧化损伤的一种, 其本身是氧化应激中的一种不可逆的化学修饰, 指的是氨基酸残基侧链受到氧自由基攻击后转变为羰基产物

(PCO)^[18]。蛋白质的羰基化修饰后会引引起蛋白质结构的改变, 使其失去原有的生物学功能, 最终导致组织细胞衰老等生理改变。因此, PCO 含量的多少可间接反应出脏器组织蛋白质氧化损伤的程度。

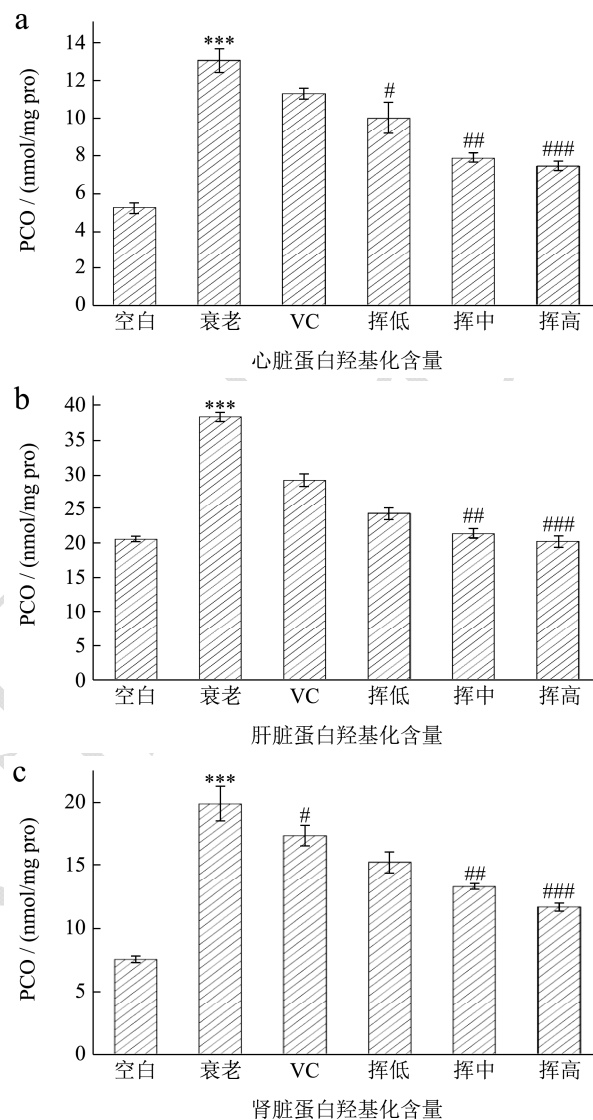


图5 不同实验组小鼠心脏、肝脏、肾脏中PCO含量

Fig.5 PCO content in heart, liver and kidney of mice in different experimental groups

注: 与空白对照组相比, $^{***}p<0.001$; 与衰老模型组相比, $^{\#}p<0.05$, $^{##}p<0.01$, $^{###}p<0.001$ 。

根据图5可知, 衰老模型组小鼠心脏、肝脏和肾脏中的 PCO 含量显著高于空白组 ($^{***}p<0.001$), 分别提高了 86.49%、80.34% 和 73.63%, 表明 D-半乳糖导致衰老小鼠脏器蛋白质羰基化产物增加, 衰老模型构建有效。与衰老模型相比, VC 对照组和野艾蒿挥发油各剂量组可在不同程度上降低小鼠 PCO 的含量。野艾蒿挥发油高剂量组效果最为显著 ($^{###}p<0.001$), 分别降低了 43.17%、47.16% 和 41.09%。说明野艾蒿挥发油可提高小鼠的抗氧化能力, 降低 D-

半乳糖对小鼠的氧化损伤。

2.6 组织形态学观察结果

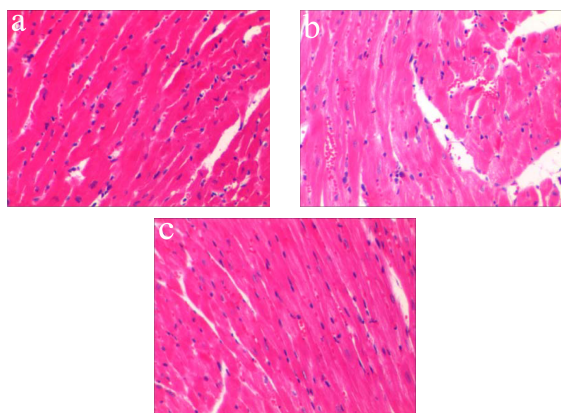


图6 心肌细胞石蜡切片 (H&E, ×200 倍)

Fig.6 Paraffin section of myocardial cells (H&E, ×200 times)

注: a: 空白对照组; b: 衰老模型组; c: 野艾蒿挥发油保护组。下图同。

从图6可以看出, 经过染色后, 空白对照组的小鼠心肌细胞排列整齐, 形态完整, 衰老模型组与空白对照组相比, 小鼠的心肌细胞排列紊乱, 细胞核固缩、变形, 且细胞间隙增大, 形成多处空泡, 给予野艾蒿挥发油保护后, 上述损伤现象明显好转, 空泡减少, 表明野艾蒿挥发油可以对衰老小鼠造成的心肌细胞的损伤起到保护作用。

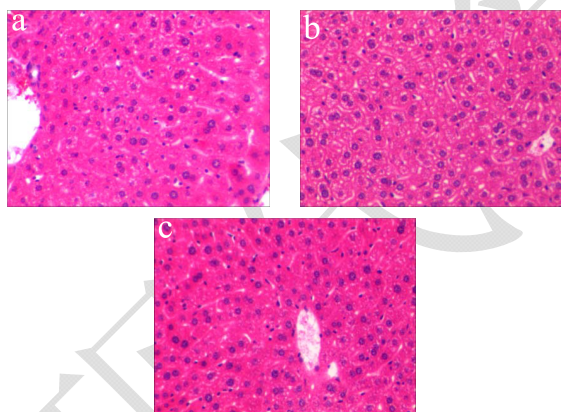


图7 肝脏细胞石蜡切片 (H&E, ×200 倍)

Fig.7 Paraffin section of liver cells (H&E, ×200 times)

从图7可知, 光镜下 H&E 染色的空白对照组的肝脏细胞结构完整, 肝小叶轮廓清晰, 细胞分界清晰, 细胞核圆而分明; 而衰老模型组的肝细胞皱缩, 细胞质疏松, 失去正常的结构, 经过野艾蒿挥发油保护后, 肝细胞皱缩的情况有所缓解, 结构较清晰。

从图8可以看出, 光镜下观察到的空白对照组的肾组织结构正常, 肾小球未见病理改变, 衰老模型组肾小球明显病变, 肾小球皱缩, 肾小管细胞增生肥大, 官腔变窄并有纤维组织增生。而给予野艾蒿挥发油保

护后肾小球结构基本正常。

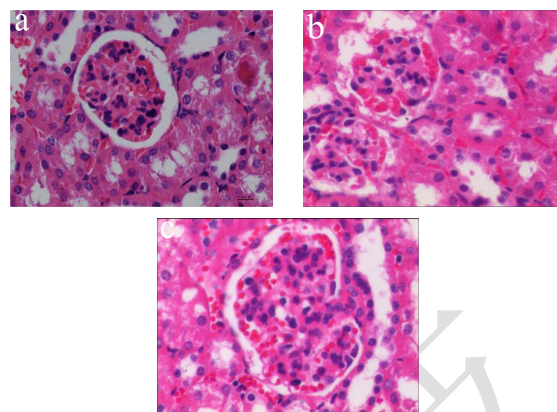


图8 肾脏细胞石蜡切片 (H&E, ×400 倍)

Fig.8 Paraffin section of kidney cells (H&E, ×400 times)

3 结论

本实验通过水蒸气蒸馏法对野艾蒿挥发油进行提取, 并进行 GC-MS 成分分析。采用连续六周腹腔注射 D-半乳糖的方法构建衰老模型, 测定野艾蒿挥发油的体内抗氧化活性。结果表明, GC-MS 分析共鉴定出 8 种成分。主要为桉叶脑、酮、醇和烷类等成分。通过对抗氧化酶活性的检测发现, 与空白对照组相比, 衰老模型组小鼠的心、肝、肾的 SOD 和 GSH 含量显著降低 ($p<0.5$ 、 $p<0.01$ 、 $p<0.001$), MDA 和 PCO 含量显著升高 ($p<0.001$), 说明衰老模型构建成功。与衰老模型组相比, 给予野艾蒿挥发油保护的小鼠的心、肝、肾的 SOD 和 GSH 含量显著升高 ($p<0.5$ 、 $p<0.01$ 、 $p<0.001$), MDA 和 PCO 含量显著降低 ($p<0.5$ 、 $p<0.01$ 、 $p<0.001$), 说明野艾蒿挥发油具有一定的体内抗氧化作用。通过组织形态学观察, 野艾蒿挥发油可以很好的保护小鼠心肌细胞、肝细胞及肾脏细胞形态的完整性。

参考文献

- [1] 戴喜末,熊子文,罗丽萍.响应面法优化野艾蒿多糖的超声波提取及其抗氧化性研究[J].食品科学,2011,32(8):93-97
DAI Xi-mo, XIONG Zi-wen, LUO Li-ping. Study on ultrasonic extraction and antioxidant activity of polysaccharide from *Artemisia argyi* by response surface methodology [J]. Food Science, 2011, 32(8): 93-97
- [2] 黎文炎,张应团,周大寨,等.野艾与家艾茎叶挥发油的 GC-MS 分析[J].食品与机械,2017,33(4):154-157,189
LI Wen-yan, ZHANG Ying-tuan, ZHOU Da-zhai, et al. GC-MS analysis of volatile oil from leaves of wild Ai and Jia Ai [J]. Food and Machinery, 2017, 33(4): 154-157, 189
- [3] 刘艳秋,段伟丽,包怡红.艾蒿精油最佳提取工艺条件优化

- [J].中国林副特产,2014,6:12-14
- LIU Yan-qiu, DUAN Wei-li, BAO Yi-hong. Optimization of the optimum extraction conditions for the essential oil of *Artemisia argyi* [J]. China Linfu Specialty, 2014, 6: 12-14
- [4] 王小生,熊维政,李静.CO₂超临界萃取法提取艾叶挥发油工艺研究[J].中医学报,2017,32(9):1701-1704
- WANG Xiao-sheng, XIONG Wei-zheng, LI Jing. Study on the extraction of volatile oil from *Artemisia argyi* with CO₂ supercritical extraction [J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2017, 32(9): 1701-1704
- [5] 高梅,潘久香,贾茹.挥发油提取方法的研究进展[J].生命科学仪器,2012,10(5):3-7
- GAO Mei, PAN Jiu-xiang, JIA Ru. Research progress in extraction methods of volatile oils [J]. Life Science Instruments, 2012, 10(5): 3-7
- [6] 吕敏兰.白蒿挥发油的提取及其生物活性研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2016
- LYU Min-lan. Extraction and bioactivity of volatile oil from *Artemisia selengensis* [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2016
- [7] 孙玉亮,池建淮,万毅,等.艾叶挥发油提取工艺的研究进展[J].淮海医药,2012,30(4):374-375
- SUN Yu-liang, CHI Jian-huai, WAN Yi, et al. Research progress in the extraction technology of volatile oil from *Artemisia argyi* [J]. Huaihai Medicine, 2012, 30(4): 374-375
- [8] 张燕.北艾蒿挥发油成分研究[J].广西植物,2006,1:110-112
- ZHANG Yan. Study on the volatile oil composition of *Artemisia argyi* [J]. Guangxi Plant, 2006, 1: 110-112
- [9] 谢小俊.葛根黄酮对高脂膳食小鼠体内抗氧化和体外抗氧化研究[D].南昌:江西农业大学,2015
- XIE Xiao-jun. Antioxidant and anti-oxidation *in vitro* of *Pueraria lobata* flavonoids in mice fed with high fat diet [D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2015
- [10] 阳一兰,石峰,詹国平,等.艾叶挥发油的提取及其化学成分分析[J].安徽农业科学,2013,41(12):5267-5271
- YANG Yi-lan, SHI Feng, ZHAN Guo-ping, et al. Extraction and chemical composition analysis of volatile oil from *Artemisia argyi* [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013, 41(12): 5267-5271
- [11] 朱淑云,周越,肖香,等.水飞蓟油的体外抗氧化活性及对氧化损伤小鼠的保护作用[J].食品科学,2018,39(5):234-238
- ZHU Shu-yun, ZHOU Yue, XIAO Xiang, et al. *In vitro* antioxidant activity of milk thistle oil and its protective effect on oxidative damage in mice [J]. Food Science, 2018, 39(5): 234-238
- [12] 龚频,白晓换,陈福欣,等.镉致小鼠肾脏损伤及姜黄素的保护作用研究[J].时珍国医国药,2015,26(9):2074-2076
- GONG Pin, BAI Xiao-huan, CHEN Fu-xin, et al. Study on the protective effect of cadmium-induced kidney damage and curcumin in mice [J]. Shizhen Guo Yi Guo Yao, 2015, 26(9): 2074-2076
- [13] 文和.基于代谢组学研究蜂胶和葡萄籽有效成分对糖尿病的作用机制[D].西安:陕西科技大学,2017
- WEN He. Based on metabolomics study on the mechanism of action of propolis and grape seed active ingredients on diabetes [D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2017
- [14] 孟慧,许勇.沪产艾蒿鲜叶挥发油成分的 GC-MS 分析[J].药实践杂志,2009,27(5):362-364
- MENG Hui, XU Yong. GC-MS analysis of volatile oil from fresh leaves of *Artemisia argyi* in Shanghai [J]. The Journal of Pharmaceutical Practice, 2009, 27(5): 362-364
- [15] 张扬,孙和平,刘卓,等.紫苏油在乙醇诱导氧化损伤模型小鼠体内的抗氧化作用[J].食品科学,2015,36(23):279-282
- ZHANG Yang, SUN He-ping, LIU Zhuo, et al. Antioxidant effects of perilla oil in ethanol-induced oxidative damage model mice [J]. Food Science, 2015, 36(23): 279-282
- [16] Aleh Kudelich. Complications of severe acute pancreatitis according to the results of pathomorphological researches [J]. Pancreatology, 2018, 18(4): S11
- [17] Natalia E Kosheleva, Dmitry V Vlasov, Ilya D, et al. Contamination of urban soils with heavy metals in Moscow as affected by building development [J]. Science of the Total Environment, 2018, 636: 854-863
- [18] Irina Perepechina. Crime stain as a forensic object: Some essential aspects of examination [J]. Forensic Science International: Genetics Supplement Series, 2017, 6
- [19] 朱淑云.水飞蓟籽仁蛋白和油的主要特性与生物活性研究[D].镇江:江苏大学,2013
- ZHU Shu-yun. Study on the main properties and biological activities of *Silybum marianum* seed kernel protein and oil [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2013