

款冬总黄酮提取优化 及其降脂抗氧化作用研究

刘蓓¹ 高超² 邱悦² 沈明浩^{2,*}(1.长春科技学院,吉林长春 130660;
2.吉林农业大学食品科学与工程学院,吉林长春 130118)

摘要:探讨利用醇提超声波辅助法提取的款冬总黄酮对高血脂模型小鼠降血脂及抗氧化作用。试验结果表明:在提取时间 30 min 乙醇体积分数 80% 料液比 41:1 (mL:g) 超声温度 58 ℃ 条件下 款冬总黄酮得率最大,为 7.18%;经 SP-825 大孔吸附树脂纯化后 款冬总黄酮纯度为 63.2%;款冬总黄酮可以有效调节高血脂模型小鼠血清中 TC、TG、LDL-C、HDL-C 浓度,且降脂作用与剂量呈依赖关系;也能降低其肝组织中 MDA 的含量,提高 GSH、T-SOD 的含量,说明款冬总黄酮可以降低高血脂模型小鼠的血脂水平,具有一定的降脂抗氧化作用。

关键词:款冬 总黄酮 提取 降血脂 抗氧化

Optimization of Extraction and Optimization of Total Flavonoids from *Tussilago Farfara* L. and Anti-hyperlipidemic and Anti-oxidative Effects

LIU Bei¹, GAO Chao², QIU Yue², SHEN Ming-hao^{2,*}

(1. Changchun Science and Technology College, Changchun 130660, China;

2. College of Food Science and Engineering, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Total flavonoids were extracted by alcohol extraction and ultrasonic assisted method from *Tussilago farfara* L. to investigate the anti-hyperlipidemic and anti-oxidative effects in hyperlipidemia mice. The results showed that the yield of total flavonoids from *Tussilago farfara* L. was about 7.18% under the conditions of extraction time 30 min, ethanol volume fraction 80% liquid ratio 41:1 (mL:g) and ultrasonic temperature 58 ℃, the best extraction process of total flavonoids from *Tussilago farfara* L. was stable and feasible. Purified by SP-825 macroporous resin, the purity of total flavonoids of *Tussilago farfara* L. was 63.2%. *Tussilago farfara* L. total flavonoids can effectively regulate the concentration of TC, TG, LDL-C, HDL-C and lipid-lowering effect in dose dependence; can also reduce the content of MDA in liver tissue, increased the contents of GSH and T-SOD, shows that *Tussilago farfara* L. total flavonoids can reduce blood lipid level in hyperlipidemia mice, and has a certain antioxidant effect.

Key words: *Tussilago farfara* L.; total flavonoids; extraction; lipid; antioxidant

中图分类号: TS201.1

文献标识码: B

文 章 编 号: 1002-0306(2018)20-0180-06

doi: 10.13386/j. issn1002-0306. 2018. 20. 030

引文格式: 刘蓓, 高超, 邱悦, 等. 款冬总黄酮提取优化及其降脂抗氧化作用研究 [J]. 食品工业科技, 2018, 39(20): 180-185.

款冬,别名冬花、蜂斗菜,是菊科款冬属多年生草本植物^[1],全属仅一种。我国传统上使用款冬花入药,叶柄多当做蔬菜食用,据《本草》记载,款冬润肺、泻热、止嗽,为治嗽要药^[2]。目前关于款冬的研究主要集中在款冬花的化学成分及药理活性这两方面,已有研究对款冬花中的黄酮类、有机酸、萜类、生物碱、挥发油、多糖等活化学成分进行了提取、分离及鉴定,其黄酮类物质含量高达 9.7%^[3-6];在药理活性

方面,Yun T 等^[7] 研究报道了款冬花挥发油能改善肺纤维化大鼠肺功能及细胞外基质代谢。罗强^[8]等研究表明款冬花多糖可诱导肿瘤细胞凋亡,其抗肿瘤效应可能与细胞凋亡相关基因表达的调控有关。更有关于抗炎、抗结核以及神经保护方面的报道^[9]。

然而关于款冬植物本身的研究报道较少, Chanajkaczmarek J 等^[10] 从款冬叶中提取分离并鉴定出了六种黄酮醇,三种槲皮素衍生物,并且检测到三种

收稿日期: 2017-10-08

作者简介: 刘蓓(1982-),女,硕士,讲师,研究方向:植物生理病理,E-mail: 1257971837@qq.com。

* 通讯作者: 沈明浩(1963-),男,博士,教授,研究方向:植物生理病理,E-mail: shenmh2003@163.com。

基金项目: 校内青年基金项目(20160426)。

酚酸物质。Adamczak A 等^[11] 使用 HPLC-DAD 方法检测款冬叶中生物碱含量。黄酮类物质是款冬植物中一类重要的活性物质, 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^[12], 多以糖苷形式存在于物质中, 是一类二级代谢产物, 广泛分布在各种植物中, 是植物中的一种有效的活性物质。目前报道黄酮类物质在降血脂^[13]、防治心脑血管疾病^[14]、抗氧化^[15]、抑菌抗病毒^[16] 等方面具有良好的作用效果。关于款冬中黄酮类物质的提取及生理功能作用无相关报道, 因此本文首次对款冬总黄酮进行提取, 优化提取条件, 并利用 SP-825 大孔吸附树脂进行纯化, 对纯化处理的总黄酮进行降脂及抗氧化作用研究, 以期为款冬植物的开发利用提供一定科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

绿色植物款冬 吉林省临江市, 晾干, 粉碎, 过 40 目筛, 石油醚脱脂(液料比 mL/g 为 5:1), 晾干备用; 昆明种小白鼠(SCXK-(吉) 2003-0001), 吉林大学试验动物中心提供; 益生牌试验动物饲料(1095) 长春市忆斯试验动物技术有限责任公司; 小鼠高脂饲料^[17]: 基础饲料 79.5%、猪油 10%、蛋黄粉 10%、胆盐 0.5% 试验室自制; 亚硝酸钠、硝酸铝、盐酸、氢氧化钠、碳酸钠、石油醚、无水乙醇、正丁醇、甲醇, 以上试剂均为分析纯, 北京化工; SP-825 大孔吸附树脂, 东鸿化工有限公司; 羧甲基纤维素钠(食品级)、芦丁标准品均来自于上海析明生物科技有限公司; 总胆固醇(TC) 试剂盒、甘油三酯(TG) 试剂盒、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C) 检测试剂盒、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C) 检测试剂盒、总超氧化物歧化酶(T-SOD) 测试盒、丙二醛(MDA) 测试盒、谷胱甘肽(GSH) 试剂盒, 均购买于南京建成生物工程研究所。

AUY-220 电子天平 岛津国际贸易有限公司; TY92-II 型超微粉碎机 宁波新芝生物科技公司; KQ-250B 型超声波清洗器 东京理化器械株式会社; 层析柱 上海辰乔生物科技有限公司; 恒流泵 广州沪瑞明仪器公司; RE52-ASDFGHJ98 型旋转蒸发仪 上海亚荣生化仪器公司; SP-722E 型可见分光光度计 上海光谱仪器有限公司; DK-S28 型电热恒温水浴锅 上海精宏试验设备公司; WD-2102 型自动酶标仪 北京市六一仪器厂; GL-20G-II 高速冷冻离心机 上海安亭科学仪器厂; 水流抽气机 A-1000S 日本 EYELA; DY89-II 型电动玻璃匀浆机 宁波新芝生物科技股份有限公司; 超纯水系统 法国 Millipore 公司; U410 超低温冰柜 美国 NBS 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 款冬总黄酮的提取 精确称量款冬粉末 1.0 g, 加入一定量适宜浓度的乙醇溶液, 在一定温度下, 超声一段时间, 抽滤得滤液, 减压回收乙醇至滤液剩 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, 70% 乙醇定容 100 mL, 加入 1 g 活性炭进行脱色处理, 过滤后, 醇沉除杂, 旋转蒸发至

25 mL 得样品液, 待测。将样品液旋转蒸发, 冷冻干燥处理后得款冬叶总黄酮粗提物。

1.2.2 款冬总黄酮得率的测定 配制浓度为 0.10 mg/mL(溶剂是浓度为 70% 的乙醇溶液) 的芦丁对照品标准溶液, 待用。参照张国建等^[18] 方法测定标准曲线, 制定得到吸光度 A-浓度 C (mg/mL) 的关系方程式为: $A = 0.0065C + 0.0243, R^2 = 0.9993$ 。根据绘制的芦丁标准曲线可以计算出款冬总黄酮的含量。按以下公式计算总黄酮得率:

$$\text{总黄酮得率} (\%) = \frac{\text{提取总黄酮质量}}{\text{样品质量}} \times 100$$

1.2.3 单因素实验设计 单因素条件设定: 乙醇体积分数(50%、60%、70%、80%、90%); 料液比(1:10、1:20、1:30、1:40、1:50 g/mL); 提取温度(40、50、60、70、80 °C); 提取时间(10、20、30、40、50 min)。分析单因素对得率值影响。固定单因素值为乙醇体积 70%、料液比 1:40 (g/mL)、提取温度 50 °C、提取时间 30 min。

1.2.4 Box-Behnken 设计 通过单因素实验选出对款冬叶黄酮得率值影响较大的三个因素, 利用响应面设计试验共 17 组。Box-Behnken 试验设计因素与水平见表 1。

表 1 Box-Behnken 试验设计因素与水平

Table 1 Experimental design factors and levels of Box-Behnken

因素	水平		
	-1	0	1
X ₁ 乙醇体积(%)	60	70	80
X ₂ 料液比(g/mL)	1:30	1:40	1:50
X ₃ 超声温度(°C)	40	50	60

1.2.5 款冬中总黄酮的纯化 按照 1.2.4 的最佳提取条件提取出款冬总黄酮, 采用丁彩丽等^[19] 方法进行纯化处理。纯化条件为: 选择 SP825 大孔吸附树脂, pH 为 3~4, 以 2 BV/h 的流速进行吸附, 最大上样量为 44 倍树脂体积, 3 BV 的 70% 乙醇溶液以 1~2 BV/h 流速进行洗脱。将洗脱液旋转蒸发, 冷冻干燥后得纯化后款冬总黄酮粉末。按以下公式计算总黄酮纯度:

$$\text{总黄酮纯度} (\%) = \frac{\text{纯化黄酮质量}}{\text{黄酮粗提物质量}} \times 100$$

1.2.6 高脂模型动物分组及造模 选取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 5 组(空白对照组, 模型对照组, 黄酮高、中、低剂量组)。试验阶段空白组连续给予基础饲料, 其他组连续饲喂自制的高脂饲料, 饲喂高脂饲料 4 周左右即可建模成功。降脂试验期间各试验组给予总黄酮低、中、高剂量组(100、200、400 mg/kg), 溶解各功效成分的灌胃溶剂为 0.5% 的羧甲基纤维素钠(食品级)。模型对照组和正常对照组灌胃溶液为 0.5% 的羧甲基纤维素钠。各试验组的灌胃剂量均为 10 mL/kg 灌胃 1 次/d, 连续 21 d。

1.2.7 降血脂指标的测定 试验周期结束后, 各高脂饲料组小鼠禁食 24 h, 基础饲料组小鼠禁食 12 h,

摘眼球取血 将血液放在 4°C 条件下以3500 r/min的转速离心15 min得血清(上清液)。按照试剂盒说明书测定血清中甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)的含量。

1.2.8 抗氧化的指标测定 试验周期结束后,高脂饲料组小鼠禁食24 h,基础饲料组小鼠禁食12 h,颈椎脱臼后立即取出肝脏,生理盐水漂洗肝脏表面血液,滤纸吸干生理盐水,以免影响组织液的浓度配比。取处理过的肝块组织,称重,按1:9的比例添加生理盐水,使用玻璃匀浆机制备得10%的肝组织匀浆液。同理可制1%、0.25%的肝组织匀浆液,该试验操作条件为 4°C 。按照试剂盒说明书测定总超氧化物歧化酶(T-SOD)、丙二醛(MDA)及谷胱甘肽(GSH)。

1.3 数据分析

统计软件为SPSS 19.0,单一样本组间比较均值,方差分析后使用 $\bar{x} \pm s$ 表示结果。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 乙醇体积分数对总黄酮得率的影响 由图1知,观察折线图的变化,发现当乙醇体积分数达到70%时,款冬总黄酮的得率值最大,当乙醇体积分数再增加时,折线走势出现明显的下降趋势。黄酮类物质易溶于有机溶剂,少数溶于水。出现上述的原因可能是乙醇体积加大,溶于有机溶剂部分的黄酮类物质达到饱和,而溶于水的部分的黄酮类物质不能充分溶于溶剂中。因此确定乙醇体积分数60%~80%作为优化范围。

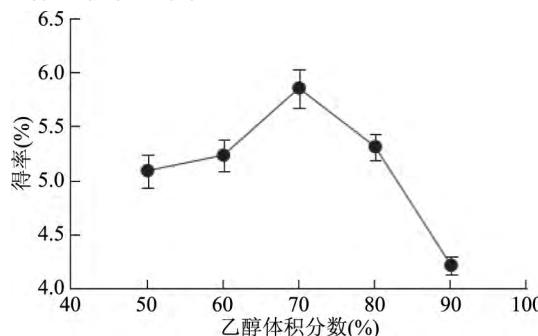


图1 乙醇体积分数对得率影响

Fig.1 Effect of ethanol volume fraction on yield

2.1.2 料液比对总黄酮得率的影响 由图2知,观察折线图走势发现当料液比达到1:40(g:mL)时,款冬总黄酮得率出现最大值。料液比小于1:40(g:mL)时,折线图的走势是逐渐上升的,当大于1:40(g:mL)时,得率值出现下降。分析原因可能是加大料液比可以使原料充分与溶剂混合,有利于总黄酮的溶出,一旦达到饱和后会使得率降低。故选择料液比为1:30~1:50(g:mL)作为优化试验的范围。

2.1.3 提取温度对总黄酮得率的影响 由图3可知,观察折线图可知当提取温度达到50℃时,款冬总黄酮得率值达到最大,之后随着温度升高,得率逐渐变小。出现此实验结果可能是乙醇挥发点较低,温度

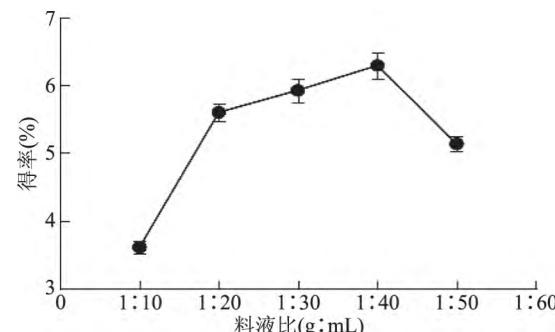


图2 料液比对得率的影响

Fig.2 Effect of solid-liquid ratio on yield

越高挥发越快,会致乙醇的浓度降低,进而影响总黄酮的得率。因此,可将提取温度在40~60℃作为优化试验的范围。

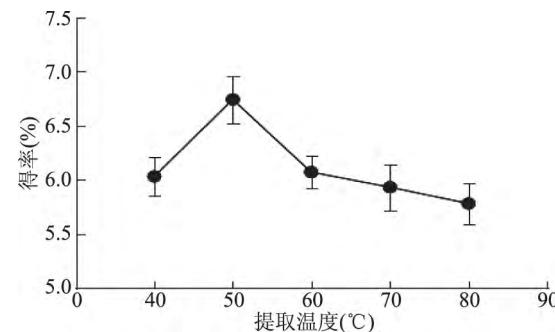


图3 提取温度对得率的影响

Fig.3 Effect of extract temperature on yield

2.1.4 提取时间对总黄酮得率的影响 由图4可知,观察提取时间与款冬总黄酮得率值的折线走势发现,当提取时间达到30 min时,得率值达到最大,当提取时间大于30 min以后,得率值增加幅度不大。综合考虑确定时间为30 min不再进行优化。

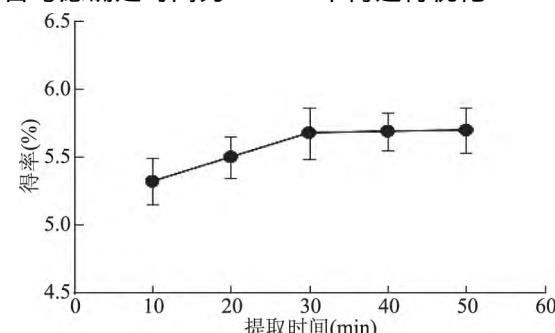


图4 提取时间对得率的影响

Fig.4 Effect of extract time on yield

2.2 款冬总黄酮响应面试验结果与分析

2.2.1 响应面试验设计与结果 Box-Behnken试验设计及响应值见表2。

2.2.2 回归方程拟合及响应面分析 选用软件Design-Expert 8.06对数据进行二次响应面回归方程分析,二次回归模型拟合及方差分析见表3。以乙醇体积分数(X_1)、料液比(X_2)和提取温度(X_3)为自变量,得率值(%)为响应值建立二次回归方程为: $Y = 7.18 + 0.13X_1 + 0.090X_2 + 0.14X_3 - 0.018X_1X_2 + 0.045X_1X_3 - 0.073X_2X_3 - 0.26X_1^2 - 0.062X_2^2 - 0.11X_3^2$, 方

表2 Box-Behnken 试验设计及响应值

Table 2 Experimental design and response value of Box-Behnken

实验号	X ₁	X ₂	X ₃	得率(%)
1	-1	-1	0	6.67
2	1	-1	0	6.98
3	-1	1	0	6.88
4	1	1	0	7.12
5	-1	0	-1	6.68
6	1	0	-1	6.82
7	-1	0	1	6.82
8	1	0	1	7.14
9	0	-1	-1	6.68
10	0	1	-1	7.01
11	0	-1	1	7.16
12	0	1	1	7.20
13	0	0	0	7.18
14	0	0	0	7.21
15	0	0	0	7.18
16	0	0	0	7.17
17	0	0	0	7.20

程复相关系数的平方(R^2)为0.9909,说明响应值在99.09%的变化范围内来源于所选变量,模型p值<0.0001,说明模型方程极显著,失拟误差p值0.1019>0.05,说明失拟项在水平上不显著,可以说响应面分析的试验模型成功。 R^2_{Adj} =0.9901,说明该试验模型可以解释在99.01%范围内的响应值变化,说明该方程具有可信度且拟合度良好。F值代表乙醇体积分数、料液比和提取温度对款冬叶黄酮得率的影响程度,比较F值可知提取温度影响最大,其次是乙醇体积分数,最后是料液比。模型根据回归建立对其p值和F值进行分析,回归模型方差分析结果见表3, $X_1 X_3$, $X_2 X_3$ 交互作用显著($p < 0.05$),说明乙醇体积分数和料液比、料液比和提取时间交互作用显

著,交互作用图见图5~图6。

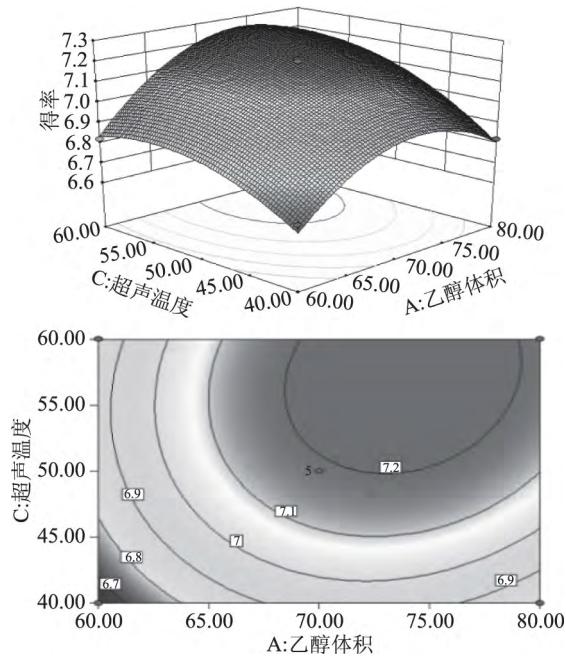


图5 乙醇体积与超声温度的交互作用图

Fig.5 Interaction of volume of ethanol and extract temperature hydrolysis

2.2.3 验证试验 响应面法得到款冬总黄酮提取最佳工艺为在提取时间30 min,乙醇体积分数80%,料液比41:1 (mL:g),超声温度58 °C。按此工艺重复三次平行实验,款冬总黄酮得率为7.18%,与响应面拟合理论值相等,因此实验结果可靠,提取工艺稳定可行。

2.3 款冬总黄酮纯化结果

按照最优条件提取款冬总黄酮,测定款冬总黄酮的纯度为29.8%。将该条件下提取的款冬总黄酮进行纯化处理,纯化条件参照1.2.5。纯化后款冬中总黄酮的纯度为63.2%,与纯化处理前相比款冬总

表3 Box-Behnken 试验方差分析

Table 3 ANOVA of Box-Behnken

来源	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F 值	p 值
模型	0.66	9	0.073	58.62	<0.0001
X ₁	0.13	1	0.13	102.66	<0.0001
X ₂	0.065	1	0.065	52.17	0.0002
X ₃	0.16	1	0.16	128.50	<0.0001
X ₁ X ₂	1.225E-003	1	1.225E-003	0.99	0.3538
X ₁ X ₃	8.1000E-003	1	8.1000E-003	6.52	0.0379
X ₂ X ₃	0.021	1	0.021	16.93	0.0045
X ₁ ²	0.18	1	0.18	148.78	<0.0001
X ₂ ²	0.016	1	0.016	13.03	0.0086
X ₃ ²	0.050	1	0.050	40.64	0.0004
误差	8.695E-003	7	1.242E-003		
失拟误差	6.575E-003	3	2.192E-003	4.14	0.1019
纯误差	2.120E-003	4	5.300E-004		
总和	0.66	16			

注: $p < 0.01$ 差异极显著, $p < 0.05$ 显著, $p > 0.05$ 不显著。

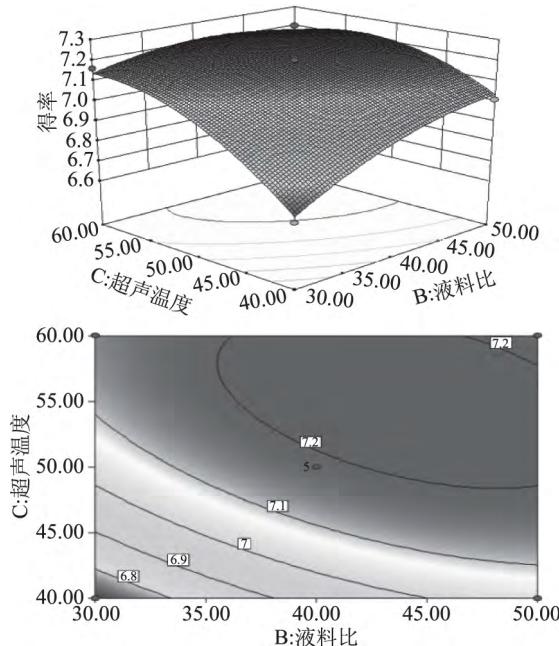


图6 料液比与超声温度的交互作用图

Fig.6 Interaction of ratio of solid to liquid and extract temperature

黄酮的纯度升高了2.12倍,大大提高了款冬总黄酮的含量。说明SP-825大孔吸附树脂具有较强的吸附作用,可以进一步起到分离纯化效果,提高纯化物纯度。

2.4 款冬总黄酮对降血脂作用的影响

近年来世界上高血脂症人群增加,高血脂症已成为危害人类的健康疾病之一^[20]。高血脂症是指血液内胆固醇和甘油三酯及相关脂蛋白的升高(也包括高密度脂蛋白的降低),目前报道中药和相关制剂对于高血脂症具有治疗保健预防的功能^[21]。天然植物存在功效成分如黄酮、皂苷、多糖等,在降脂方面表现出良好的作用效果。

2.4.1 款冬总黄酮对小鼠血清中甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)的影响 由表4可知,模型组的TG、TC含量都高于空白对照组且组间差异性极显著($p < 0.01$),说明高血脂模型小鼠建模成功。与模型组相比,款冬总黄酮高、中、剂量组的TG含量均差异性显著($p < 0.05$)或极显著($p < 0.01$),说明款冬总黄

表4 款冬总黄酮对小鼠血清中

甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)的影响($\bar{x} \pm s, n = 10$)

Table 4 Effect of *Tussilago farfara* L. total flavonoids on the contents of TG、TC in serum of mice($\bar{x} \pm s, n = 10$)

组别	TG(mmol/L)	TC(mmol/L)
空白对照组	1.22 ± 0.13	3.53 ± 0.35
模型对照组	1.74 ± 0.22 ^{##}	5.33 ± 0.43 ^{##}
总黄酮低剂量组	1.67 ± 0.16 [*]	5.06 ± 0.36 ^{**}
总黄酮中剂量组	1.63 ± 0.12 ^{**}	4.92 ± 0.26 ^{**}
总黄酮高剂量组	1.50 ± 0.11 ^{**}	4.58 ± 0.37 ^{**}

注:##与空白对照组相比,极显著差异;*与模型组比较,显著性差异($p < 0.05$);**与模型组比较,差异极显著性($p < 0.01$)表5表6同。

酮可以有效调节TG水平;与模型对照组相比,款冬总黄酮各剂量组的TC水平均差异性极显著($p < 0.01$),说明各剂量组在TC水平上作用效果明显。说明款冬总黄酮各剂量组可以有效调节模型小鼠的TC和TG水平,降脂作用效果显著,且降脂效果剂量呈正相关。

2.4.2 款冬总黄酮对小鼠血清中高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)的影响 由表5可知,与空白对照组相比,模型对照组的HDL-C和LDL-C均差异性极显著($p < 0.01$),说明模型可用。在HDL-C水平上,同模型组相比款冬叶总黄酮各剂量均差异性极显著($p < 0.01$),可以有效调节HDL-C这一指标。在LDL-C水平上,款冬总黄酮各剂量组均不同程度低于模型对照组且组间差异性显著($p < 0.05$)或极显著($p < 0.01$),可以有效降低模型小鼠LDL-C含量。说明款冬总黄酮各剂量组可以有效调节模型小鼠的LDL-C和HDL-C水平,降脂作用效果显著,且降脂效果与剂量呈正相关。

表5 款冬总黄酮对小鼠血清中HDL-C

和LDL-C的影响($\bar{x} \pm s, n = 10$)

Table 5 Effect of *Tussilago farfara* L. total flavonoids on the contents of HDL-C、LDL-C in serum of mice($\bar{x} \pm s, n = 10$)

组别	HDL-C(mmol/L)	LDL-C(mmol/L)
空白对照组	1.33 ± 0.11	1.85 ± 0.16
模型对照组	0.82 ± 0.06 ^{##}	3.31 ± 0.18 ^{##}
总黄酮低剂量组	0.84 ± 0.03	3.12 ± 0.12 [*]
总黄酮中剂量组	0.90 ± 0.06 ^{**}	2.79 ± 0.17 ^{**}
总黄酮高剂量组	1.01 ± 0.05 ^{**}	2.36 ± 0.11 ^{**}

2.5 款冬总黄酮对抗氧化作用的影响

机体中的超氧化物歧化酶SOD是清除机体中氧自由基的一类重要酶;MDA是由超氧自由基攻击多价不饱和脂肪酸而生成的脂质氧化物,代表机体的损伤程度;谷胱甘肽(GSH)可将机体内有害物质转化为无害物质并排泄出体外^[22-24]。因此,将T-SOD、MDA及GSH的含量作为抗氧化的指标。由表6可知,同空白对照组相比,模型组小鼠肝组织中的T-SOD和GSH含量降低,MDA含量显著升高,且组间差异性极显著($p < 0.01$),说明模型小鼠可用。与模型组相比,款冬总黄酮高、中、低剂量组均可显著增加模型小鼠血清中T-SOD和GSH含量,降低MDA含量,差异性上均为极显著($p < 0.01$)。说明款冬总黄酮具有一定抗氧化作用。综合各组数据分析最佳剂量组为款冬总黄酮高剂量组。

3 结论

对款冬中有效成分黄酮采用超声波辅助提取法优化的试验中,以得率值作为评定指标,提取时间30 min,乙醇体积分数80%,料液比1:41(g:mL),超声温度58℃,在相同条件下做三次验证试验得得率平均值为7.18%,试验模型可用,提取工艺稳定可行。经SP-825大孔吸附树脂纯化提高了款冬总黄酮纯度,为63.2%。

降脂试验以高脂饲料诱导构高脂模型小鼠,测

表 6 款冬总黄酮对小鼠肝组织总超氧化物歧化酶(T-SOD)、丙二醛(MDA)、谷胱甘肽(GSH)的影响($\bar{x} \pm S, n=10$)Table 6 Effect of coltsfoot total flavonoids on the contents of T-SOD, MDA, GSH in liver tissue of mice($\bar{x} \pm S, n=10$)

组别	T-SOD(U/mgprot)	MDA(nmol/mgprot)	GSH(mg/gprot)
空白对照组	65.44 \pm 1.24	8.17 \pm 0.26	26.86 \pm 1.36
模型对照组	47.59 \pm 0.89 ^{##}	10.36 \pm 0.68 ^{##}	16.36 \pm 0.82 ^{##}
总黄酮低剂量组	48.92 \pm 0.88 [*]	10.01 \pm 0.74 ^{**}	19.14 \pm 0.73 ^{**}
总黄酮中剂量组	53.33 \pm 0.79 ^{**}	9.43 \pm 0.57 ^{**}	21.19 \pm 0.82 ^{**}
总黄酮高剂量组	59.57 \pm 1.12 ^{**}	8.87 \pm 0.72 ^{**}	23.81 \pm 0.59 ^{**}

定试验组的指标(TC、TG、LDL-C、HDL-C) ,结果说明款冬总黄酮各剂量组指标与模型组相比均差异性显著。降脂作用效果与剂量呈正相关,款冬总黄酮具有良好的降脂效果。

抗氧化试验,款冬总黄酮高、中、低剂量组均可升高 SOD 和 GSH 的含量,并能降低有害物质 MDA 的含量,说明款冬总黄酮具有一定抗氧化作用。综合各组数据分析最佳剂量组为款冬总黄酮高剂量组。

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):634-636.
- [2] 赵国平戴慎陈仁寿南京中医药大学.中药大辞典.下册[M].上海科学技术出版社,2006.
- [3] 刘玉峰,杨秀伟,武滨.款冬花的化学成分(英文)[J].Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences,2007,16(4):288-293.
- [4] 吴笛,张勉,张朝凤,等.款冬花中黄酮和酚酸类成分的研究[J].中国中药杂志,2010,35(9):1142-1144.
- [5] 余建清,于怀东,邹国林.款冬花挥发油化学成分的GC-MS分析[J].中国中药杂志,2005,30(15):1216-1218.
- [6] 赵鹏.款冬花多糖提取纯化工艺研究及结构鉴定[D].西安:西北大学,2010.
- [7] Yun T, Yang B, Zhou J D, et al. Effects of volatile oil of coltsfoot flower on lung function and hydroxyproline content of lung tissue in pulmonary fibrosis rats [J]. Chinese Journal of Clinical Research, 2012.
- [8] 罗强,李迎春,任鸿,等.款冬花多糖对肺腺癌 A549 细胞生长及凋亡的影响[J].河北北方学院学报(自然科学版),2013(4):63-66.
- [9] 吴琪珍,张朝凤,许翔鸿,等.款冬花化学成分和药理活性研究进展[J].中国野生植物资源,2015(2):33-36.
- [10] Chanajkaczmarek J, Wojcieńska M, Matławska I. Phenolics in the *Tussilago farfara* leaves [J]. Herba Polonica, 2013, 59(1): 35-43.
- [11] Adamczak A, Opala B, Gryszczyńska A, et al. Content of pyrrolizidine alkaloids in the leaves of coltsfoot(*Tussilago farfara* L.) in Poland [J]. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 2013, 82(4): 289-293.
- [12] Erlund I. Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology [J]. Nutrition Research, 2004, 24(10): 851-874.
- [13] Janda E, Lascala A, Martino C, et al. Molecular mechanisms of lipid- and glucose-lowering activities of bergamot flavonoids [J]. Pharnutrition, 2016, 4: S8-S18.
- [14] 张怀民,杨虹,郑海洲.天然黄酮类化合物防治心脑血管疾病的研究进展[J].中国新药与临床杂志,2016(10):704-708.
- [15] 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,2015,36(21):26-32.
- [16] Jarial R, Thakur S, Sakinah M, et al. Potent anticancer, antioxidant and antibacterial activities of isolated flavonoids from *Asplenium nidus* [J]. Journal of King Saud University - Science, 2016.
- [17] 李大伟,张玲,夏作理.建立高脂血症模型的动物选择与常用造模方法分析及改进[J].中国组织工程研究,2006,48(10):145-147.
- [18] 张国华,乔建卫,张如松.响应面法优化超声提取杭白菊黄酮工艺条件的研究[J].亚太传统医药,2009,5(3):20-22.
- [19] 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):220-223.
- [20] 高云芳,梁固城.桔梗总皂苷对大鼠高脂血症的影响[J].中草药,2000,31(10):764-765.
- [21] 刘浩然,田育望.中药降脂活性成分药理作用研究概述[J].湖南中医药导报,2002,8(12):742-745.
- [22] 李艳飞.大豆异黄酮等复合抗氧化剂对 2 型糖尿病大鼠血清中 SOD、MDA、GSH 及 NO 的影响[C]//中南地区实验动物科技交流会.2011.
- [23] 王帅,陈根元,蒋慧,等.小花棘豆总黄酮体内抗氧化作用的研究[J].中国畜牧兽医,2012,39(10):133-136.
- [24] 丁彦.抗氧化指标水平变化(SOD、GSH、MDA)在 COPD 治疗过程中的临床意义[D].南昌:南昌大学,2015.