

藤本豆豆荚总黄酮对小鼠免疫功能的影响

Effect of total flavonoids from perennial *Lablab* sp. Hull on immune function in mice

曹柏营 姜秀娟 戚颖欣 昌友权

CAO Bai-ying JIANG Xiu-juan QI Ying-xin CHANG You-quan

(吉林工程技术师范学院食品工程学院, 吉林 长春 130052)

(Food Engineering College of Jilin Engineering Normal University, Changchun, Jilin 130052, China)

摘要:研究藤本豆豆荚总黄酮对正常小鼠免疫功能及体内抗氧化活性的影响。以小鼠免疫器官系数、脾淋巴细胞增殖活性、巨噬细胞吞噬能力、细胞因子水平、血清 SOD、GSH-Px 和 MDA 为指标评价藤本豆豆荚总黄酮的免疫功能和体内抗氧化活性。结果表明,与阴性对照组比较,灌胃给予正常小鼠藤本豆豆荚总黄酮 30 d 后,小鼠胸腺系数和脾脏系数分别增加 12.34% 和 8.67%,小鼠脾脏淋巴细胞的增殖活性和巨噬细胞的吞噬能力分别增加 114.68% 和 27.16%,小鼠血清 IFN- γ 、AKP、SOD 和 GSH-Px 的活性分别提高 8.25%, 82.52%, 10.47%, 12.16%, 血清 MDA 水平降低 32.97%。藤本豆豆荚总黄酮具有增强正常小鼠免疫功能和体内抗氧化活性的作用。

关键词:藤本豆;豆荚;黄酮;免疫功能;抗氧化活性

Abstract: The effect of total flavonoids from Perennial *Lablab* sp. Hull (FPLH) on the immune function and antioxidant activity in vivo were studied. With index of immune organ, spleen lymphocyte proliferation function, phagocytic activity of macrophages, cytokine levels in serum (IFN- γ and IL-4), the activity of alkaline phosphatase in serum, the activity of SOD, GSH-Px and the level of MDA in serum as the evaluated indices, the immune function and antioxidant activities of FPLH in mice was studied. The results showed that the thymus index and spleen index of FPLH was higher than the control group by 12.34% and 8.67% respectively; the spleen lymphocyte proliferation activity, macrophage phagocytic activity, IFN- γ , AKP, SOD and GSH-Px levels in serum were significantly increased by 114.68%, 27.16%, 8.25%, 82.52%, 10.47% and 12.16% respectively; the MDA level in serum was significantly decreased by 32.97%. FPLH showed strong immune function and antioxidant activity in vivo.

基金项目:吉林省教育厅十二五科技规划项目(编号:2013369)

作者简介:曹柏营(1979-),男,吉林工程技术师范学院讲师,硕士。

E-mail: caobaiying@163.com

收稿日期:2016-08-15

Keywords: Perennial *Lablab* sp. ; hull; flavonoids; immune function; antioxidant activity

多年生藤本豆是野生扁豆与大油豆杂交得到的植物新品种,藤本豆蛋白、多糖、多肽和黄酮类化合物具有调节免疫^[1]、降低血清胆固醇^[2-3]、抗氧化的作用^[4]。植物黄酮类化合物的药理作用包括降血脂、清除自由基、抗氧化作用、免疫调节作用、抗骨质疏松等,是保健食品的重要功效成分之一^[5]。植物黄酮类化合物可通过特异性免疫和非特异性免疫发挥免疫调节作用^[6]。藤本豆豆荚是藤本豆加工过程中的废弃物,其豆荚中含有丰富的黄酮类化合物,由于其提取率和纯度相对较低,一定程度上限制了植物黄酮的工业化生产和应用^[7-8]。因此本研究以藤本豆豆荚为原料提取总黄酮,利用大孔吸附树脂进行纯化,提高了黄酮类化合物的提取率和纯度,并对其免疫功能和体内抗氧化活性进行评价,旨在为藤本豆资源的综合利用及保健食品的开发提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

藤本豆豆荚:采自福建省永春县岵山镇藤本豆种植示范基地,采后自然晾干,临时用烘箱(60℃)干燥后粉碎备用;

昆明雌性小鼠:4周龄,SPF级,体重22~25g,许可证号scXK(吉)2011-0013,长春生物制品研究所有限责任公司。

1.2 试验试剂

伴刀豆蛋白 A(ConA):纯度99%,美国Sigma公司;
二甲基亚砜:分析纯,天津市致远化学试剂有限公司;
RPMI-1640培养基、Hank's液:美国Sigma公司;
MTT:纯度98%,美国Sigma公司;
胎牛血清:优级纯,生工生物工程(上海)股份有限公司;
碱性磷酸酶(AKP)、超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、小鼠IFN- γ 、IL-4

ELISA 检测试剂盒:南京建成生物工程研究所;

其他试剂均为分析纯。

1.3 试验仪器

可见分光光度计:WFJ2100 型,尤尼柯(上海)仪器有限公司;

酶标仪:SPECTRA MAX 190 型,美国 Molecular Devices 公司;

CO₂培养箱:SHELLAB2406-2 型,美国希尔顿制造股份有限公司;

高速冷冻离心机:Z36HK 型,德国 Hermle 公司。

1.4 试验方法

1.4.1 藤本豆豆荚总黄酮的提取 藤本豆豆荚粉(过 60 目),按 1:10(g/mL)加入 60%乙醇水溶液,水浴(90℃)回流提取 3 h,过滤,滤渣再按 1:10(g/mL)加入 60%乙醇水溶液,水浴(90℃)回流提取 2 h,过滤,合并滤液备用。藤本豆豆荚总黄酮得率计算:

$$R = \frac{(a - 0.011) \times 50 \times 250}{6.179 \times 1\,000 \times m} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

R——藤本豆豆荚总黄酮得率,%;

a——吸光度值;

m——称取样品质量,g。

1.4.2 藤本豆豆荚总黄酮的纯化 选用 AB-8 树脂对藤本豆豆荚总黄酮粗提物进行纯化,处理后的树脂装入层析柱(5 cm × 60 cm),上样流速为 2 BV/h,洗脱溶剂为 60 mL/100 mL 乙醇水溶液,洗脱流速为 2 BV/h。纯化后冻干备用。

1.4.3 动物试验

(1) 试验动物分组及给药:4 周龄昆明小鼠(22~25 g)适应性饲养 3 d 后随机分为 4 组,每组 30 只。阴性对照组(生理盐水 200 mg/kg)、藤本豆豆荚总黄酮纯化物高剂量组(400 mg/kg)、中剂量组(200 mg/kg)、低剂量组(100 mg/kg)。试验期间小鼠自由饮水、采食,每天灌胃给药一次。连续给药 30 d,期间每隔 10 d 随机选取 10 只进行免疫指标的检测。

(2) 小鼠胸腺系数和脾脏系数的测定:小鼠眼球取血后颈椎脱臼处死,解剖取其胸腺和脾脏,用滤纸吸干表面血污,称重,按式(1)计算胸腺系数和脾脏系数(mg/g)。

$$\text{胸腺(脾脏)系数} = \frac{\text{胸腺(脾脏)重量}}{\text{小鼠体重}} \quad (2)$$

(3) 小鼠腹腔巨噬细胞吞噬能力测定:小鼠腹腔巨噬细胞吞噬能力测定采用中性红吞噬试验测定。具体检测方法参照刘文辉等^[9]的试验方法。吞噬能力以 OD_{540 nm} 值表示,其值越大代表吞噬能力越强。

(4) T 淋巴细胞增殖能力测定:T 淋巴细胞增殖能力测定参照 Chalamiah 等^[10]的试验方法。增殖能力以 OD_{570 nm} 值表示,其值越大代表增殖能力越强。

(5) 血清生化指标测定:小鼠眼球取血后,3 000 r/min 离心取血清,严格按试剂盒操作说明,分别测定血清 AKP、

SOD、GSH-Px、MDA、IFN-γ、IL-4 等指标。

1.5 数据处理

所有试验数据均以 $\bar{X} \pm SD$ 表示,用 SPSS(19.0)软件进行方差分析。用 LSD 法分析组间差异显著性。

2 结果与分析

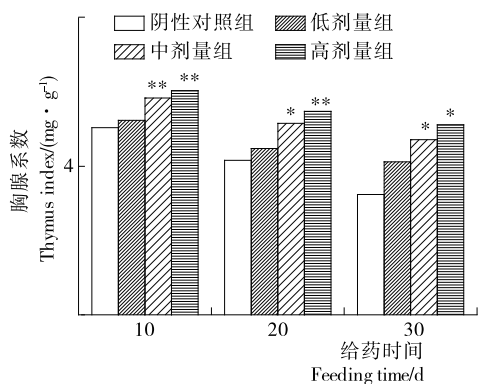
2.1 藤本豆豆荚总黄酮纯化

藤本豆豆荚总黄酮提取得率可达到 6.42%,提取率高于香薷中的总黄酮(5.36%)^[11]。经 AB-8 大孔吸附树脂纯化后,总黄酮纯度达到 35.73%,提高了 4.5 倍,与玉竹总黄酮的纯化效果相当^[12]。

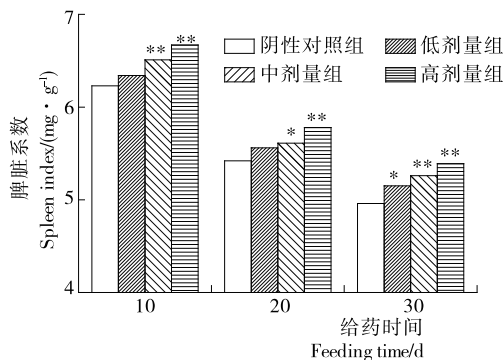
2.2 藤本豆豆荚总黄酮对小鼠胸腺和脾脏系数的影响

动物免疫器官的发育与机体的免疫能力密切相关,免疫器官是免疫细胞发育和增殖的场所,同时也是执行免疫功能的重要机构^[13]。胸腺和脾脏是动物体内的两个重要的免疫器官,胸腺对 T 细胞分化、成熟起到重要作用^[14];脾脏内含大量的免疫细胞,包括 T 细胞、B 细胞、巨噬细胞和 NK 细胞等。因此免疫器官的发育状况成为免疫功能评价的重要指标之一。

由图 1(a)可知,给药第 10 天,与阴性对照组比较,中、高剂量组可极显著增加小鼠胸腺系数(P<0.01),分别增加了 4.69%和 5.86%;给药第 20 天和第 30 天,中剂量组小鼠胸腺系数显著增加(P<0.05),分别增加了 6.19%和 9.71%;高剂



(a) 胸腺系数



(b) 脾脏系数

*. 与阴性对照组比较 P<0.05 ** . 与阴性对照组比较 P<0.01

图 1 藤本豆豆荚总黄酮对小鼠胸腺和脾脏系数的影响

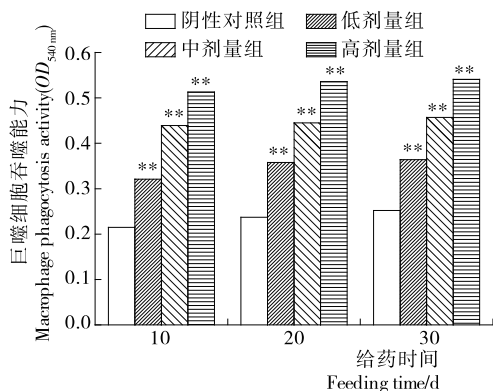
Figure 1 Effect of FPLH on index of thymus and spleen in mice

量组小鼠胸腺系数极显著增加($P < 0.01$),分别增加了 8.17%和 12.34%。由图 1(b)可知,给药第 10 天,中、高剂量组小鼠脾脏系数显著增加($P < 0.01$),分别增加了 4.5%和 7.06%;第 20 天,中剂量组小鼠脾脏系数显著增加($P < 0.05$),增加了 3.5%,高剂量组小鼠脾脏系数极显著增加($P < 0.01$),增加了 6.64%;第 30 天,低、中和高剂量组小鼠脾脏系数都显著增加,分别增加了 3.83%,6.05%,8.67%。藤本豆豆荚总黄酮可促进小鼠胸腺和脾脏的发育,增加胸腺和脾脏的相对质量,金银花黄酮也表现出相似的作用^[15]。

2.3 藤本豆豆荚总黄酮对小鼠腹腔巨噬细胞吞噬能力的影响

巨噬细胞能吞噬异物、处理抗原,是构成机体非特异性免疫的重要组成部分,吞噬细胞活性的大小反映机体非特异性功能的强弱^[16]。

由图 2 可知,与阴性对照组比较,给药 10,20,30 d 后,高、中 and 低剂量组的巨噬细胞吞噬活性都极显著增加($P < 0.01$),给药 30 d 高剂量组吞噬活性增加 114.68%,同时表现出一定的剂量反应效应,随黄酮浓度的增大,巨噬细胞的吞噬活性增加,高剂量组表现出最高的吞噬活性。藤本豆豆荚总黄酮能通过提高巨噬细胞的吞噬活性来增强小鼠的非特异性免疫功能,蕨菜黄酮也可增强小鼠的非特异性免疫功能^[17]。



*. 与阴性对照组比较 $P < 0.05$ ** . 与阴性对照组比较 $P < 0.01$

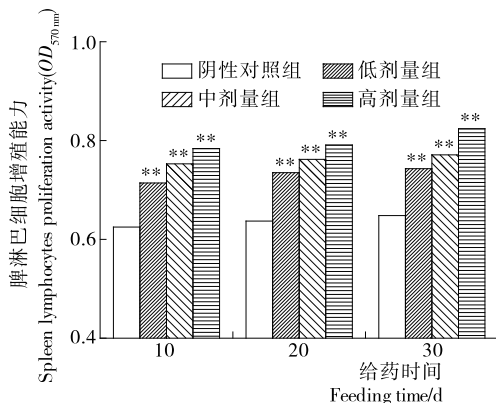
图 2 藤本豆豆荚总黄酮对小鼠腹腔巨噬细胞吞噬能力的影响

Figure 2 Effect of FPLH on macrophage phagocytosis function in mice

2.4 藤本豆豆荚总黄酮对小鼠脾淋巴细胞增殖的影响

淋巴细胞受抗原物质刺激后可分化增殖、产生特异性免疫应答或抗体,是细胞免疫的重要细胞,淋巴细胞增殖试验是评价细胞免疫的重要指标之一^[18]。

由图 3 可知,与阴性对照组比较,给药 10,20,30 d 后,高、中 and 低剂量组黄酮都能极显著促进小鼠脾淋巴细胞的增殖($P < 0.01$),给药 30 d 高剂量组淋巴细胞增殖能力提高 27.16%,并呈现剂量依赖关系,随剂量的增加,增殖作用逐渐增强。藤本豆豆荚总黄酮能刺激小鼠脾淋巴细胞增殖,增强小鼠的细胞免疫功能,蕨菜黄酮也可显著促进小鼠脾淋巴细胞的增殖^[19]。



*. 与阴性对照组比较 $P < 0.05$ ** . 与阴性对照组比较 $P < 0.01$

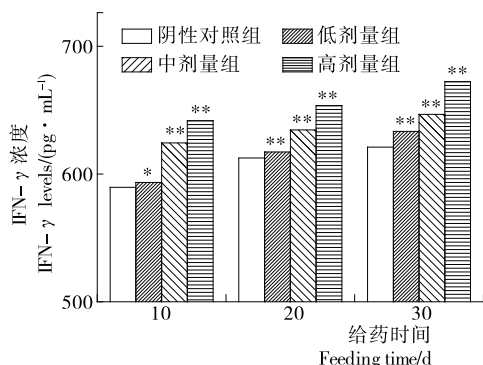
图 3 藤本豆豆荚总黄酮对小鼠脾淋巴细胞增殖的影响

Figure 3 Effect of FPLH on spleen lymphocytes proliferation in mice

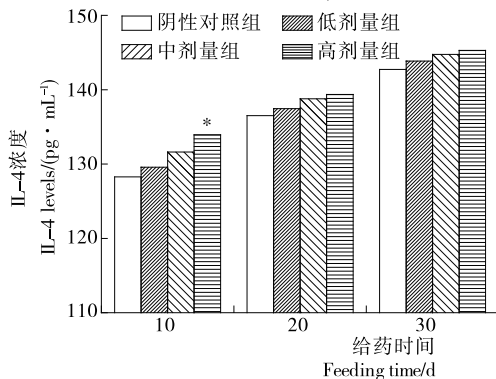
2.5 藤本豆豆荚总黄酮对小鼠血清细胞因子 IFN- γ 和 IL-4 的影响

Th 细胞可分泌不同的细胞因子,维持机体正常的免疫功能,其中 Th1 属于促炎因子,通过表达 TNF- α 和 IFN- γ 来促进细胞免疫和抑制体液免疫;Th2 属于抑炎因子,通过分泌 IL-4、IL-6 和 IL-10 来促进体液免疫和抑制细胞免疫^[20]。

由图 4(a)可知,与阴性对照组比较,低、中和高剂量组都可显著增加小鼠血清中 IFN- γ 因子的表达($P < 0.01$),给药



(a) IFN- γ 浓度



(b) IL-4 浓度

*. 与阴性对照组比较 $P < 0.05$ ** . 与阴性对照组比较 $P < 0.01$

图 4 藤本豆豆荚总黄酮对小鼠血清细胞因子 IFN- γ 和 IL-4 的影响

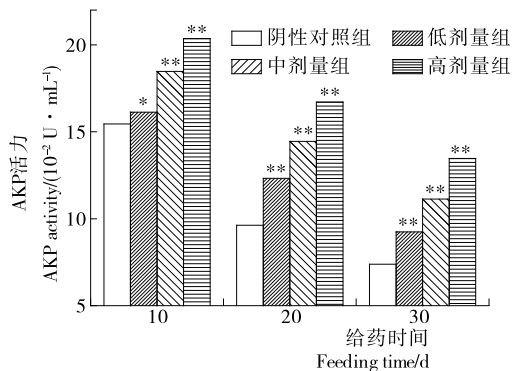
Figure 4 Effect of FPLH on the level of IFN- γ and IL-4 in serum

30 d 高剂量组可增加 8.25%，并呈现一定的剂量效应关系；由图 4(b)可知，给药 10 d 后，高剂量组可显著增加小鼠血清中 IL-4 的表达 ($P < 0.05$)，其他各给药组都无显著性差异。藤本豆豆荚总黄酮可诱导机体的炎症性反应，明显增加 IFN- γ 的表达，诱导 Th1/Th2 平衡向 Th1 方向偏移，促进机体的细胞免疫而抑制体液免疫，白花舌草也表现出相同的免疫活性^[21]。

2.6 藤本豆豆荚黄酮对小鼠血清 AKP 活力的影响

碱性磷酸酶(AKP)在细菌等异物的消化降解过程中发挥重要作用，另外 AKP 可增强机体对病原体的识别和吞噬能力，是免疫学研究的关键指标之一^[22]。

由图 5 可知，与阴性对照组比较，给药 10, 20, 30 d 后，高、中和低剂量黄酮组都可显著提高小鼠血清 AKP 的浓度 ($P < 0.01$)，给药 30 d 高剂量组小鼠血清 AKP 活力增加 82.52%，高于金银花黄酮高剂量组 (12.73 U/100 mL)^[15]。藤本豆豆荚总黄酮可提高小鼠血清 AKP 的活性，在调节小鼠免疫功能中发挥重要作用。



*. 与阴性对照组比较 $P < 0.05$ ** . 与阴性对照组比较 $P < 0.01$

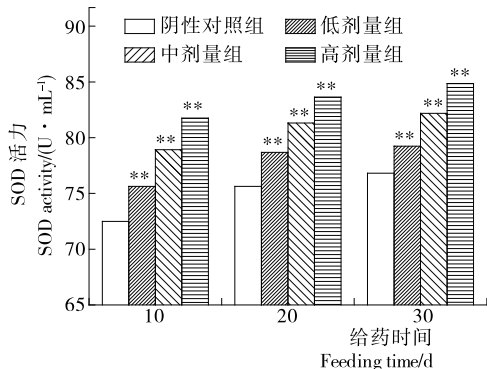
图 5 藤本豆豆荚总黄酮对小鼠血清碱性磷酸酶活力的影响

Figure 5 Effect of FPLH on the activity of AKP in serum

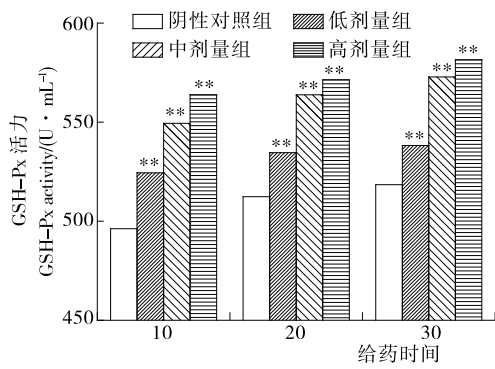
2.7 藤本豆豆荚黄酮对小鼠血清 SOD 和 GSH-Px 活性的影响

机体内活性氧(ROS)水平过高会导致细胞坏死，进而导致机体免疫机能的下降，保持机体内氧化—抗氧化的内稳态可以提高机体的免疫能力^[23]。SOD 和 GSH-Px 的活性强弱是衡量机体清除自由基、抗氧化能力的重要指标之一。

由图 6(a)可知，与阴性对照组比较，给药 10, 20, 30 d 后，低、中和高剂量组都能极显著提高小鼠血清 SOD 活性 ($P < 0.01$)，给药 30 d 高剂量组小鼠血清 SOD 活性提高 10.46%，随给药时间的延长，SOD 的活性逐渐增强，给药 30 d 后 SOD 的活性最强，且存在剂量效应关系。由图 6(b)可知，与阴性对照组比较，给药 10, 20, 30 d 后，低、中和高剂量组都能极显著提高小鼠血清 GSH-Px 活性 ($P < 0.01$)，给药 30 d 高剂量组小鼠血清 GSH-Px 活性增加 12.16%，GSH-Px 活性的增加与黄酮浓度之间存在明显的剂量效应关系。藤本豆豆荚总黄酮可提高小鼠血清 SOD 和 GSH-Px 的活



(a) SOD 活力



(b) GSH-Px 活力

*. 与阴性对照组比较 $P < 0.05$ ** . 与阴性对照组比较 $P < 0.01$

图 6 藤本豆豆荚总黄酮对小鼠血清 SOD 和 GSH-Px 的影响

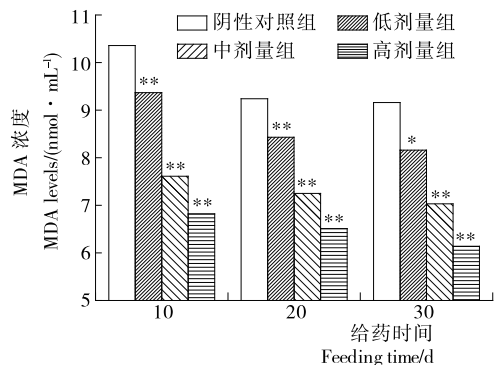
Figure 6 Effect of FPLH on the level of SOD and GSH-Px in serum

性，提高小鼠体内增强自由基反应的酶系统能力，降低机体内活性氧的水平，辅助增强小鼠的免疫功能，中华稻蝗也表现出相似的体内抗氧化活性^[24]。

2.8 藤本豆豆荚黄酮对小鼠血清 MDA 浓度的影响

MDA 是脂质过氧化反应的产物，其血清中浓度的高低可反映机体受氧自由基攻击的程度。是抗氧化功能评价的重要指标之一^[25]。

由图 7 可知，与阴性对照组比较，给药 10, 20, 30 d 后，低、中和高剂量组都能极显著降低小鼠血清 MDA 水平 ($P <$



*. 与阴性对照组比较 $P < 0.05$ ** . 与阴性对照组比较 $P < 0.01$

图 7 藤本豆豆荚总黄酮对小鼠血清 MDA 浓度的影响

Figure 7 Effect of FPLH on the level of MDA in serum

0.01), 给药 30 d 高剂量组小鼠血清随给药时间的延长, MDA 浓度逐渐降低, 给药 30 d 后 MDA 浓度最低(降低 32.97%), 且存在剂量效应关系。藤本豆豆荚总黄酮可减轻小鼠体内活性氧引起的氧化损伤, 阻断脂质过氧化反应, 减少细胞损伤, 杜仲叶黄酮也表现出相同的抑制氧化产物 MDA 积累的作用^[26]。

3 结论

本试验以藤本豆豆荚为原料提取植物黄酮类化合物, 利用 AB-8 树脂进行纯化, 利用小鼠体内试验评价其免疫活性和抗氧化活性, 结果表明, 藤本豆豆荚总黄酮能促进正常小鼠免疫器官(胸腺系数增加 12.34%、脾脏系数增加 8.67%) 的发育, 促进小鼠脾脏淋巴细胞的增殖(增加 114.68%), 增强巨噬细胞吞噬活力(提高 27.16%), 诱导机体的炎症性反应(IFN- γ 水平增加 8.25%), 促进机体的细胞免疫, 提高小鼠体内增强自由基反应的酶系统能力(SOD 和 GSH-Px 活性分别增加 10.46% 和 12.16%), 降低机体内活性氧的水平, 减轻小鼠体内活性氧引起的氧化损伤(MDA 水平降低 32.97%), 阻断脂质过氧化反应, 减少细胞损伤。藤本豆豆荚总黄酮具有大豆黄酮^[27]、芒果皮黄酮^[28]、淫羊藿黄酮^[29]、白花蛇舌草黄酮^[21]等植物黄酮类化合物相同的免疫调节功能, 并表现出较强的体内抗氧化活性。试验可为藤本豆资源的综合开发提供理论基础, 但有关藤本豆豆荚总黄酮中发挥免疫调节功能和抗氧化活性的成分鉴定及机理有待进一步研究。

参考文献

- [1] 孙秀娥, 昌友权, 吴涵娇, 等. 多年生藤本豆多糖对小鼠免疫作用的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 739-741.
- [2] 吴涵娇, 昌友权, 任保国, 等. 多年生藤本豆多肽保健功能的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 733-734.
- [3] 郑红雁, 昌友权, 孙秀娥, 等. 多年生藤本豆蛋白对小鼠免疫功能的影响[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 526-528.
- [4] 赵丹丹, 郑鸿雁. 多年生藤本豆与大豆中黄酮类化合物体外抗氧化活性比较研究[J]. 食品工业科技, 2013, 30(8): 154-157.
- [5] 张云彬, 李彩侠, 吴亚卿. 黄酮类化合物的研究进展[J]. 食品与机械, 2005, 21(5): 70-73.
- [6] 陈晓明, 倪峰. 植物黄酮类化合物对机体免疫调节作用研究进展[J]. 福建中医学院学报, 2010, 20(2): 69-70.
- [7] 王桃云, 陈鹏, 董五科, 等. 超声波提取豆荚总黄酮优化工艺及抗氧化性研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(6): 114-117.
- [8] 赵卫星, 任子君, 孙治强, 等. 大豆荚壳总类黄酮提取及纯化研究[J]. 江西农业大学学报, 2008, 30(4): 328-332.
- [9] 刘文辉, 高占玲, 王金凤, 等. 参梨活力饮对小鼠免疫功能影响的实验研究[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(3): 579-580.
- [10] CHALAMAIAH M, HEMALATHA R, JYOTHIRMAYI T, et al. Chemical composition and immunomodulatory effects of enzymatic protein hydrolysates from common carp (*Cyprinus carpio*) egg [J]. Nutrition, 2015, 31(2): 388-398.
- [11] 甘正伟, 陈学泽. 香薷总黄酮化合物提取工艺研究[J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 135-138.
- [12] 钟方丽, 王晓林, 王志敏, 等. 大孔吸附树脂纯化玉竹总黄酮工艺研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 131-134.
- [13] MALLETT J F, DUARTE J, VINDEROLA G, et al. The immunopotentiating effects of shark-derived protein hydrolysate [J]. Nutrition, 2014, 30(6): 706-712.
- [14] SAINT-SAUVEUR D, GAUTHIER S F, BOUTIN Y, et al. Immunomodulating properties of a whey protein isolate, its enzymatic digest and peptide fractions [J]. International Dairy Journal, 2008, 18(3): 260-270.
- [15] 皮建辉, 谭娟, 胡朝曦, 等. 金银花黄酮对小鼠免疫调节作用的研究[J]. 中国应用生理学杂志, 2015, 31(1): 89-92.
- [16] YANG Rui-yue, ZHANG Zhao-feng, PEI Xin-rong, et al. Immunomodulatory effects of marine oligopeptide preparation from Chum Salmon (*Oncorhynchus keta*) in mice [J]. Food Chemistry, 2009, 113(2): 464-470.
- [17] 张莉, 陈乃富, 谷仿丽, 等. 蕨菜黄酮提取物免疫调节作用的实验研究[J]. 中国中医药科技, 2009, 16(1): 30-31.
- [18] HOU Hu, FAN Yan, LI Ba-fang, et al. Purification and identification of immunomodulating peptides from enzymatic hydrolysates of Alaska pollock frame [J]. Food Chemistry, 2012, 134(2): 821-828.
- [19] 徐璐, 李艳明, 刘婧陶, 等. 黄芪总黄酮对小鼠免疫功能的影响[J]. 动物医学进展, 2013, 34(11): 36-39.
- [20] MAO Xue-ying, NI Jin-ren, SUN Wei-ling, et al. Value-added utilization of yak milk casein for the production of angiotensin-I-converting enzyme inhibitory peptides [J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1 282-1 287.
- [21] 王宇翎, 张艳, 方明, 等. 白花蛇舌草总黄酮的免疫调节作用[J]. 中国药理学通报, 2005, 21(4): 444-447.
- [22] 李赫, 宋文华, 于翔, 等. 几种免疫增强剂对草鱼 SOD、CAT 及 AKP 活性的影响[J]. 水产学杂志, 2010, 23(4): 6-9.
- [23] REBRIN I, ZICHER S, WEDEKIND JK, et al. Effects of antioxidant-enriched diets on glutathione redox status in tissue homogenates and mitochondria of the senescence-zccelerated mouse [J]. Free Radical Biology and Medicine, 2005, 39(4): 549-557.
- [24] 刘爱青, 段玉峰. 中华稻蝗黄酮降血脂及抗氧化作用的研究[J]. 山东农业大学学报, 2007, 38(2): 239-242.
- [25] GARAGUSO Ivana, NARDINI Mirella. Polyphenols content, phenolics profile and antioxidant activity of organic red wines produced without sulfur dioxide/sulfites addition in comparison to conventional red wines [J]. Food Chemistry, 2015, 179(15): 336-342.
- [26] 刘静, 濮智颖, 李爱玲, 等. 杜仲叶黄酮降血脂及抗氧化作用的研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(11): 5 631-5 632.
- [27] 陈静, 林源, 牛焕义, 等. 大豆异黄酮对 HepG-2 荷瘤小鼠非特异免疫调节作用的影响[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(8): 2 040-2 041.
- [28] 汪敏, 王维民, 谌素华, 等. 芒果皮黄酮的免疫调节作用[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(8): 23-25.
- [29] 王洪武, 贾亮亮, 徐媛青, 等. 淫羊藿总黄酮对环磷酰胺致免疫低下小鼠的免疫调节作用[J]. 天津医药, 2010, 38(12): 1 068-1 071.