

网络出版时间:2018-04-20 16:29

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2018.09.012

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20180420.1628.024.html>

火炬树芽的减肥降脂功能分析

王莹,王思予,申秀娟,张磊,徐亚杰,刘斌,李大军

(吉林农业大学 食品科学与工程学院,吉林 长春 130118)

【摘要】【目的】研究火炬树芽对高脂模型小鼠的降血脂、减肥及护肝作用,为其开发利用提供参考。【方法】测算火炬树芽的水分含量及多糖、总黄酮、皂苷得率。取昆明小鼠 60 只,雌雄各半,随机分组。将质量分数 0%,2.5%,5%和 10%火炬树芽掺入到高脂饲料中,对 4 组高脂模型小鼠进行饲喂,以基础鼠粮作为空白对照,高脂饲料中掺入质量分数 2.5%的柳树叶作阳性对照,研究火炬树芽对高脂模型小鼠血清中甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)和高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)含量,肝脏总超氧化物歧化酶(T-SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性、丙二醛(MDA)含量、肝脏指数及小鼠体质量的影响。【结果】火炬树芽水分质量分数为 60%,干品多糖得率为 3.47%,总黄酮得率为 3.19%,皂苷得率为 2.43%。与对照组小鼠相比,2.5%、5%和 10%火炬树芽处理组小鼠体质量及血清 TG、TC、LDL-C 水平均明显降低,HDL-C 含量显著或极显著升高,肝脏指数显著或极显著降低;10%火炬树芽组与 2.5%柳树叶处理组小鼠相比,肝脏指数降低,T-SOD 和 GSH-Px 活性极显著升高($P < 0.01$),MDA 含量有所下降。【结论】火炬树芽含有丰富的具有保健功能的活性物质,能够减轻高脂试验动物的肝脏负担,对高脂模型小鼠具有明显的降血脂减肥作用,并能增强高脂模型小鼠的肝脏抗氧化能力。

【关键词】 火炬树芽;减肥;降脂;抗氧化

【中图分类号】 TS201.4

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2018)09-0115-06

Functions of *Rhus typhina* sprout in reducing obesity and blood lipids

WANG Ying, WANG Siyu, SHEN Xiujuan, ZHANG Lei, XU Yajie, LIU Bin, LI Dajun

(College of Food Science, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China)

Abstract: 【Objective】The lipid-lowering, weight loss and liver protection of hyperlipidemia mice were studied with *Rhus typhina* sprout as feed supplement to provide reference for its development and utilization. 【Method】The contents of water, yield of polysaccharides, total flavonoids and saponins of the sprout were determined. A total of 60 Kuming mice (male and female) were randomly divided. The sprout of *Rhus typhina* was incorporated into high-fat rat food at mass fractions of 0%, 2.5%, 5% and 10%, while common animal basal food was set as normal group and that with willow leaves mass fraction of 2.5% was set as positive control group. Then, the changes of body weight, TG, TC, LDL-C, HDL-C levels and liver index, T-SOD, GSH-Px activity and MDA content in liver of hyperlipidemic mice were analyzed. 【Result】The examined sprout of *Rhus typhina* contained 60% water, and the dried product yields of polysaccharides, total flavonoids and saponins were 3.47%, 3.19% and 2.43%, respectively. Compared with the 0% sprout treatment, the body weights as well as serum TG, TC and LDL-C of mice with other sprout treated food decreased extremely significantly ($P < 0.01$), while HDL-C increased extremely significantly ($P < 0.01$). The liver index of the sprout treatments decreased significantly compared with the 0% sprout treat-

【收稿日期】 2017-06-08

【基金项目】 吉林省林业科技项目(2011-04)

【作者简介】 王莹(1993—),女,吉林长春人,硕士,主要从事药物残留与微生物危害检验及控制研究。E-mail:984058651@qq.com

【通信作者】 李大军(1968—),男,吉林长春人,教授,博士后,硕士生导师,主要从事功能多糖与微生物调控技术研究。

E-mail:lidajunfeed@sina.com

ment and that of the 10% sprout treatment was less than that of the 2.5% willow treatment. The T-SOD and GSH-Px activities in the 10% sprout level treatment were higher than those in the 0% treatment ($P < 0.01$), while MDA contents decreased. 【Conclusion】 The sprout of *Rhus typhina* can alleviate the liver burden caused by hyperlipidemia, reduce the blood lipids and obesity of hyperlipidemic mice, and improve the antioxidant capacity.

Key words: sprout of *Rhus typhina*; weight loss; lipid-lowering; antioxidant

火炬树(*Rhus typhina* L.)别名鹿角漆,漆树科木本植物,在我国东北、华中和西南等地区广泛种植,在东北地区其芽枝于5月初萌发。火炬树具有较强的气候适应能力,芽枝鲜嫩、出芽量大,可人工繁殖取材。研究表明,火炬树中富含蛋白质等营养物质,树皮等部位有止血效果^[1];果实中含有苏氨酸、赖氨酸和丙氨酸等15种人体所需的氨基酸,被人们称为“无毒漆果”^[2-3];树叶可入药,具有降低人体血糖的功效^[4],此外其树叶提取液具有抑菌、清除自由基等作用^[5-7]。

近年来,高血脂症的发生率呈明显上升趋势^[8]。有研究证实,血脂异常与动脉粥样硬化性疾病有关^[9]。现有的木本植物类食品通常富含多酚、皂苷类物质,具有保健功能,如刺嫩芽具有补气、活血等功效,能够缓解神经衰弱、肝炎等疾病的症状^[10];香椿的根皮及果实可入药,能够有效去湿止痛,有保肝、健脾、抗菌的功效^[11];柳树在民间常被作为食物和饲料使用,其叶片中的氨基多糖等物质有降血脂作用^[12]。火炬树具有气候适应性广泛、繁殖能力强等优点,其树叶含有木本植物特有的功能成分。然而,目前尚未见针对火炬树芽食用功能的研究报道。因此,本研究以小鼠作为试验动物,将火炬树芽加工成饲料添加剂,以柳树叶为对照,探讨其对高脂模型小鼠抗氧化性能及血脂水平的影响,以期将火炬树芽开发为降血脂减肥新型食材或产品提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

火炬树芽于5月份采摘于吉林省长春市净月区,于3~4年树龄火炬树侧枝分生出的枝芽长到8~15 cm时采摘,清洗、沥水后切碎,以干物质(蛋白质质量分数0.6%)为基础,按照质量分数0%、2.5%、5%、10%比例混入小鼠高脂饲料。柳树叶对照按质量分数2.5%的比例混入小鼠高脂饲料。

健康SPF级昆明小鼠60只,体质量为 (18 ± 2) g/只。基础饲料为玉米-鱼粉-豆粕型(粗蛋白18%、粗脂肪4%、粗纤维5%、粗灰分8%,均为质量分

数);高脂饲料配方为:78.8%基础饲料、1%胆固醇、0.2%牛胆盐、10%蛋黄粉和10%猪油,均为质量分数。2种饲料均由吉林大学实验动物中心提供。

1.2 试剂与仪器设备

丙二醛(MDA)测试盒、总超氧化物歧化酶(T-SOD)试剂盒、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)测试盒、总蛋白(BCA)定量试剂盒、甘油三酯(TG)测试盒、总胆固醇(T-CHO)测试盒、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)和高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)测试盒,均购自南京建成生物工程研究所。乙醇、石油醚、正丁醇、甲醇、高氯酸、冰乙酸、丙酮和乙醚,皆为分析纯级试剂。

WD-2102型自动酶标仪,北京市六一仪器厂;FA2104电子天平,上海精天电子仪器有限公司;DY89-II型电动玻璃匀浆机,宁波新芝生物科技股份有限公司;台式高速冷冻离心机,上海力申科学仪器有限公司;超纯水系统,法国Millapore公司。

1.3 试验方法

1.3.1 火炬树芽成分分析 按照GB 5009.3-2010的方法检测水分含量,采用水提醇沉法^[13]测定多糖得率,超声辅助提取法^[14]测定总黄酮得率,分光光度法^[15]测定皂苷得率。

1.3.2 动物分组与处理 昆明小鼠60只,雌雄各半,随机均分为6组,先期投喂基础饲料适应7 d,空调动物房温度为18~22℃,自然光照。分别设置如下6组:基础饲料空白组(1组,空白对照)、高脂饲料掺质量分数2.5%柳树叶阳性对照组(2组)及高脂饲料掺质量分数0%(3组),2.5%(4组),5%(5组),10%(6组)火炬树芽处理组。其中柳树叶阳性对照组和火炬树芽处理组小鼠进入正试前,先连续30 d喂食高脂饲料进行建模,然后按试验设计给予不同的饲料,连续给料28 d,自由饮水、采食,称取小鼠初始体质量,之后每隔1周称小鼠体质量1次。

1.3.3 测定指标 试验结束后,小鼠禁食12 h,称体质量。摘眼球取血,3 500 r/min离心10 min后得到血清。按照试剂盒说明,用GPO-PAP酶法检测血清中TG含量,COD-PAP法检测血清中TC含

量,并直接测定血清中 LDL-C 和 HDL-C 含量。

取小鼠肝脏,称质量并计算肝脏指数,然后加入 9 倍体积生理盐水作匀浆处理,羟胺法检测其 T-SOD 活力,TBA 法检测 MDA 含量,比色法测定 GSH-Px 含量。肝脏指数的计算公式为:

肝脏指数=肝脏质量/小鼠体质量。

1.4 数据统计分析

采用 Graphpad Prism 5.0 统计软件对数据进行统计学分析,各组数据均进行方差分析,用 LSD 法进行检验。

2 结果与分析

2.1 火炬树芽成分分析

测定结果表明,火炬树芽中水分质量分数达到

60%,干品中多糖得率为 3.47%,总黄酮得率为 3.19%,皂苷得率为 2.43%。

2.2 火炬树芽对高脂模型小鼠体质量的影响

如表 1 所示,连续喂养 30 d 高脂饲料后,2.5%柳树叶组(2 组)和火炬树芽处理组(3~6 组)小鼠体质量均极显著高于空白对照组(1 组)。第 58 天时,火炬树芽处理组小鼠体质量均有所下降;与 0%火炬树芽处理组(3 组)相比,2.5%柳树叶处理组小鼠体质量下降了 6.18%,5%火炬树芽处理组(5 组)体质量显著下降($P<0.05$),10%火炬树芽处理组(6 组)小鼠体质量极显著下降($P<0.01$),且低于 2.5%柳树叶处理组(4 组),体质量接近空白对照组小鼠水平。

表 1 火炬树芽饲料处理对高脂模型小鼠体质量的影响

Table 1 Effect of sprout of Rhus typhina on body weight of hyperlipidemic mice				g/只			
组别 Group	初始平均 体质量 Initial mean weight	第 30 天平均 体质量 30 d mean weight	第 58 天平均 体质量 58 d mean weight	组别 Group	初始平均 体质量 Initial mean weight	第 30 天平均 体质量 30 d mean weight	第 58 天平均 体质量 58 d mean weight
1	19.15±0.67	33.37±1.96	35.58±0.47	4	18.81±0.88	43.35±1.99 ^{##}	39.73±2.07 ^{##}
2	19.74±0.49	41.26±1.87 ^{##}	39.09±0.14 ^{##*}	5	18.90±0.75	42.02±0.95 ^{##}	38.41±1.16 [*]
3	19.33±0.58	40.41±2.68 ^{##}	41.67±1.16 ^{##}	6	19.32±0.69	40.79±0.95 ^{##}	35.02±1.91 [*]

注:与空白对照组(1 组)相比, # 表示差异显著($P<0.05$), ## 表示差异极显著($P<0.01$);与 0%火炬树芽处理组(3 组)相比, * 表示差异显著($P<0.05$), * * 表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。

Note: Compared with normal group(group 1), # indicates significant difference($P<0.05$), and ## indicates extremely significant difference ($P<0.01$). Compared with the 0% sprout treatment(group 3), * indicates significant difference($P<0.05$) and * * indicates extremely significant difference($P<0.01$). The same below.

2.3 火炬树芽对高脂模型小鼠血清生化指标的影响

高脂血症主要表现为血脂水平异常,火炬树芽对高脂模型小鼠血清生化指标的影响结果见表 2。表 2 表明,与空白对照组(1 组)相比,2.5%柳树叶处理组(2 组)和火炬树芽处理组(3~6 组)小鼠的 TG、TC、LDL-C、HDL-C 均极显著升高,但升高幅度不同。与 0%火炬树芽处理组(3 组)相比,2.5%,5%,10%火炬树芽处理组(4,5,6 组)小鼠 TG 含量分别下降 1.42%,16.11%和 29.86%,其中 10%火炬树芽处理组极显著下降($P<0.01$),TG 含量低于

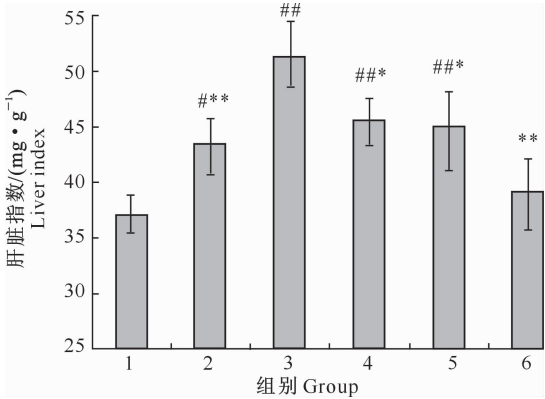
2.5%柳树叶处理组;2.5%,5%,10%火炬树芽处理组小鼠 TC 值均有下降,其中 5%和 10%火炬树芽处理组极显著下降 ($P<0.01$);5%和 10%火炬树芽处理组小鼠的 LDL-C 含量分别极显著下降了 27.64%和 31.71%($P<0.01$),10%火炬树芽处理组与 2.5%柳树叶处理组小鼠的 LDL-C 含量下降至同一水平;2.5%,5%,10%火炬树芽处理组小鼠的 HDL-C 含量显著或极显著升高。说明火炬树芽可以改善高脂模型小鼠的血脂水平。

表 2 火炬树芽对高脂模型小鼠血清 TG、TC、LDL-C、HDL-C 的影响

Table 2 Effect of sprout of Rhus typhina on TG,TC,LDL-C and HDL-C levels in serum of hyperlipidemic mice					mmol/L				
组别 Group	TG	TC	LDL-C	HDL-C	组别 Group	TG	TC	LDL-C	HDL-C
1	1.02±0.06	2.33±0.14	0.57±0.05	1.20±0.11	4	1.50±0.03 ^{####}	3.10±0.16 ^{####}	0.84±0.05 ^{####}	2.56±0.10 ^{####}
2	1.50±0.03 ^{####}	3.10±0.16 ^{####}	0.84±0.05 ^{####}	2.56±0.10 ^{####}	5	2.11±0.08 ^{##}	4.60±0.41 ^{##}	1.23±0.10 ^{##}	1.83±0.07 ^{##}
3	2.11±0.08 ^{##}	4.60±0.41 ^{##}	1.23±0.10 ^{##}	1.83±0.07 ^{##}	6	2.08±0.11 ^{##}	4.21±0.24 ^{##}	1.14±0.07 ^{##}	1.99±0.06 ^{##*}
4	2.08±0.11 ^{##}	4.21±0.24 ^{##}	1.14±0.07 ^{##}	1.99±0.06 ^{##*}		1.77±0.13 ^{##*}	3.58±0.22 ^{####}	0.89±0.07 ^{####}	2.14±0.05 ^{####}
5	1.77±0.13 ^{##*}	3.58±0.22 ^{####}	0.89±0.07 ^{####}	2.14±0.05 ^{####}		1.48±0.12 ^{####}	3.35±0.26 ^{####}	0.84±0.06 ^{####}	2.35±0.10 ^{####}
6	1.48±0.12 ^{####}	3.35±0.26 ^{####}	0.84±0.06 ^{####}	2.35±0.10 ^{####}					

2.4 火炬树芽对小鼠肝脏指数的影响

如图 1 所示,与空白对照组(1 组)相比,0%火炬树芽处理组(3 组)小鼠在连续 58 d 饲喂高脂饲料后,承担脂肪代谢的肝脏负担较大,造成肝脏指数升高。与 0%火炬树芽处理组相比,2.5%,5%,10%火炬树芽处理组(4,5,6 组)小鼠的肝脏指数均显著或极显著降低,且 10%处理组小鼠肝脏指数小于 2.5%柳树叶组(2 组)。



与空白对照组(1 组)相比, # 表示差异显著($P<0.05$), ## 表示差异极显著($P<0.01$);与 0%火炬树芽处理组(3 组)相比, * 表示差异显著($P<0.05$), ** 表示差异极显著($P<0.01$)。下同 Compared with normal group(group 1), # indicates significant difference($P<0.05$), and ## indicates extremely significant difference ($P<0.01$). Compared with the 0% sprout treatment (group 3), * indicates significant difference($P<0.05$), and ** indicates extremely significant difference($P<0.01$). The same below

图 1 火炬树芽对小鼠肝脏指数的影响
Fig. 1 Effect of sprout of *Rhus typhina* on liver index of hyperlipidemic mice

2.5 火炬树芽对小鼠肝脏抗氧化性能的影响

2.5.1 T-SOD 和 GSH-Px 活力 火炬树芽对小鼠肝脏 T-SOD、GSH-Px 活力的影响见图 2。

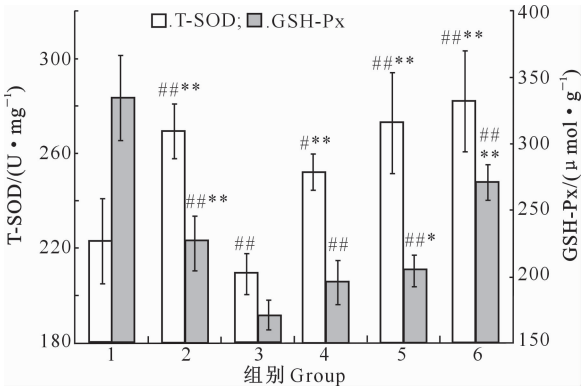


图 2 火炬树芽对小鼠肝脏 T-SOD 和 GSH-Px 活力的影响
Fig. 2 Effect of sprout of *Rhus typhina* on T-SOD and GSH-Px activities in liver of hyperlipidemic mice

从图 2 可以看出,2.5%,5%和 10%火炬树芽处理组(4,5,6 组)小鼠 T-SOD 活力显著或极显著高于空白对照组(1 组),极显著高于 0%火炬树芽处理组(3 组),且 10%火炬树芽组 T-SOD 活力略高于 2.5%柳树叶组(2 组)。结果表明,火炬树芽能够有效提升机体 T-SOD 活力,且呈现一定的量效关系。

图 2 显示,火炬树芽处理组小鼠肝脏 GSH-Px 活力均高于 0%火炬树芽处理组,其中 5%处理组升高 20.0% ($P<0.05$),10%处理组升高 58.42% ($P<0.01$)。结果表明,火炬树芽能够提升机体的抗氧化能力。

2.5.2 MDA 含量 图 3 显示,由于长期摄食高脂饲料,0%火炬树芽处理组(3 组)小鼠肝脏 MDA 含量极显著高于空白对照组(1 组),肝脏受损较为严重。经饲喂火炬树芽饲料 28 d 后,小鼠肝脏 MDA 含量出现不同程度下降,其中 5%和 10%火炬树芽处理(5,6 组)组极显著下降($P<0.01$),且 10%火炬树芽处理组小鼠 MDA 含量低于 2.5%柳树叶组(2 组)。结果表明,火炬树芽能够降低小鼠肝脏 MDA 含量,有效保护肝脏。

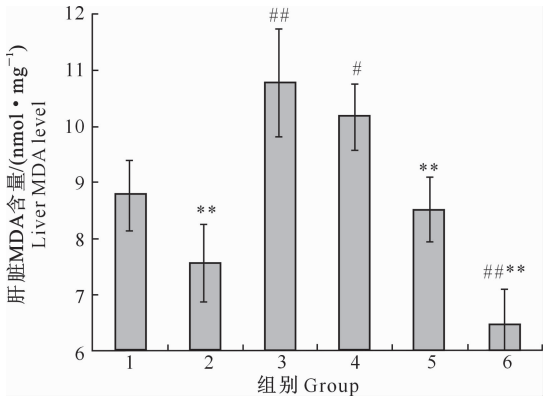


图 3 火炬树芽对小鼠肝脏 MDA 含量的影响
Fig. 3 Effect of sprout of *Rhus typhina* on MDA content in liver of hyperlipidemic mice

3 讨论与结论

当人体摄入大量饱和脂肪酸或过量摄入糖时会引起血脂水平升高,致使血清中 TG、TC、LDL-C 过高或 HDL-C 过低,进而诱发心脑血管等疾病。目前,高血脂症已成为人类的一种普遍性疾病^[16]。

本研究发现,高脂模型小鼠经 2.5%,5%和 10%火炬树芽处理后,体质量分别降低了 4.66%,7.82%和 15.96%,由于试验过程中小鼠自由饮食,能量摄入水平未作控制,因此该结果表明火炬树芽

具有一定的减肥作用,且效果优于2.5%柳树叶处理组。

本研究结果表明,与0%火炬树芽处理组小鼠相比,2.5%~10%火炬树芽处理能够降低小鼠血清中TG、TC、LDL-C水平,同时提高对健康有益的HDL-C水平,表明火炬树芽能够有效调节血脂水平。此外,饲喂火炬树芽还能降低小鼠肝脏指数,显著提升肝脏T-SOD和GSH-Px活性,并降低肝脏MDA的含量。由于T-SOD和GSH-Px活性能够反映抗氧化能力,而MDA含量可反映氧化损伤程度^[17-19],因此该结果说明火炬树芽能够增强肝脏的抗氧化能力,降低肝脏的氧化损伤程度,表明火炬树芽在人工诱导的高血脂模型中对肝脏有一定的保护作用。

木本植物中已经得到普遍认可的具有食用保健功能的刺嫩芽、香椿芽富含皂苷、粗纤维等营养成分^[10-11],能够影响食品物料的消化速度,降低血脂水平。而火炬树作为木本植物,亦含有比较丰富的具有保健功能的多糖、总黄酮及皂苷,在不控制试验动物能量摄入的情况下,其具有显著的降血脂、减肥及护肝功效。这些功效的发挥与多种活性成分密切相关,但具体机制还有待深入研究。

综上所述,将火炬树芽作为饲料添加剂饲喂小鼠,能显著降低小鼠血脂水平和高脂模型小鼠体质量及肝脏指数,改善肝脏中GSH-Px、T-SOD、MDA等指标,且效果优于柳树叶,说明火炬树芽具有降血脂减肥和抗氧化功效,具有被开发成新型功能性食材及相关产品的潜力。

[参考文献]

- [1] Young J S, Ho-Kyung D, Se-Young A, et al. Inhibitory effect of aqueous extract from the gall of *Rhus chinensis* on alpha-glucosidase activity and postprandial blood glucose [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2003, 85: 283-287.
- [2] Kossah R, Zhang H, Chen W. Antimicrobial and antioxidant activities of Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruit extract [J]. Food Control, 2011, 22(1): 128-132.
- [3] Wu T, McCallum J L, Wang S, et al. Evaluation of antioxidant activities and chemical characterization of *Staghorn sumac* fruit (*Rhus typhina*) [J]. Food Chem, 2013, 138(2/3): 1333-1340.
- [4] 赵 岩, 韩玲玲, 邵玉钢, 等. 火炬树叶乙醇提取物的降血糖活性研究 [J]. 上海中医药杂志, 2016, 50(6): 85-89.
Zhao Y, Han L L, Gao Y G, et al. Hypoglycemic effects of the alcohol extract from the leaves of *Rhus typhina* [J]. Shanghai Journal of Traditional Chinese Medicine, 2016, 50(6): 85-89.
- [5] 赵爱云. 火炬树叶的抗氧化性及其与Vc协同作用的研究 [J]. 青岛大学学报(工程技术版), 2004, 19(2): 30-31.
Zhao A Y. Studies on antioxidant of *Rhus typhina* Linn and synergistic effect with Vc [J]. Journal of Qingdao University, 2004, 19(2): 30-31.
- [6] 郑 义, 郭阿君, 王 志, 等. 火炬树叶提取物对5种微生物抑菌活性的研究 [J]. 林业科技, 2007, 32(5): 30-32.
Zheng Y, Guo A J, Wang Z, et al. Study on the bacteriostatic action *in vitro* of *Rhus typhina* leaf extracted [J]. Forestry Science & Technology, 2007, 32(5): 30-32.
- [7] 许桂芳, 王鸿升, 刘明久, 等. 火炬树叶片丙酮浸提液抑菌作用的初步研究 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(12): 242-246.
Xu G F, Wang H S, Liu M J, et al. Primary study on the inhibition effect of acetone extracts from *Rhus typhina* leaves [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(12): 242-246.
- [8] 李 婧, 张金树, 龙炫辉. 50岁以上健康体检人群血脂水平调查研究 [J]. 中国循证心血管医学杂志, 2014, 6(3): 359-361.
Li J, Zhang J S, Long X H. Level of blood fat in health people with physical examinations aged over 50 [J]. Chin J Evid Based Cardiovasc Med, 2014, 6(3): 359-361.
- [9] 孙吉叶, 蔡旭东, 康秀娟, 等. 治疗高脂血症的新药研究进展 [J]. 现代药物与临床, 2012, 27(5): 435-441.
Sun J Y, Cai X D, Kang X J, et al. Advances in studies on new drugs used for treatment of hyperlipidemia [J]. Drugs & Clinic, 2012, 27(5): 435-441.
- [10] 孟宪军, 刘 静, 颜廷才, 等. 大孔吸附树脂纯化刺嫩芽皂甙的工艺研究 [J]. 食品研究与开发, 2008, 29(3): 29-32.
Meng X J, Liu J, Yan T C, et al. Study on the purification of total saponins from *Aralia elata* (MIQ) with macroporous adsorption resin [J]. Food Research and Development, 2008, 29(3): 29-32.
- [11] 王鹏程, 涂炳坤, 叶要妹, 等. 不同时期不同种源香椿芽营养成分分析 [J]. 湖北农业科学, 2001(6): 56-57.
Wang P C, Tu B K, Ye Y M, et al. Study on the nutritive composition of *Toona sinensis* bud in different periods and various provenances [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2001(6): 56-57.
- [12] 李大军, 白 静. 树枝浸提液对小鼠血清学指标的影响 [J]. 吉林农业大学学报, 2015, 37(4): 430-433.
Li D J, Bai J. Effect of tree extract solution on mice serum index [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2015, 37(4): 430-433.
- [13] 王建明, 古 力, 康智明, 等. 铁皮石斛多糖的提取工艺优化及其抗氧化活性研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(12): 143-148.
Wang J M, Gu L, Kang Z M, et al. Optimization of polysaccharides extraction from *Dendrobium officinale* Kimura et Migo and investigation on its antioxidant activity [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2013, 41(12): 143-148.
- [14] 卢朝成, 符华林, 范巧佳, 等. 响应面法优化促孕灌注液中总黄酮的提取工艺 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015, 43(3): 7-12, 19.
Lu C C, Fu H L, Fan Q J, et al. Optimization of total fla-

vonoids extraction from fertility-promoting intrauterine infusion liquid using response surface methodology [J]. Journal of Northwest A&F University(Natural Science Edition), 2015, 43(3):7-12, 19.

[15] 李 霄,薛成虎,弓 莹,等. 响应面分析法优化黑豆中皂苷的提取工艺及其抗氧化性研究 [J]. 食品工业科技, 2017, 38(9):235-241.

Li X, Xue C H, Gong Y, et al. Optimization of extraction technology by response surface methodology and inoxidizability of saponins from black bean [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(9):235-241.

[16] Makni M, Fetoui H, Gargouri N K, et al. Hypolipidemic and hepatoprotective effects of flax and pumpkin seed mixture rich in ω -3 and ω -6 fatty acids in hypercholesterolemic rats [J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46:3714-3720.

[17] 李晓梅,郭曙光,康文艺. 山楂提取物的体外和体内抗氧化作用 [J]. 精细化工, 2009, 26(4):348-350.

Li X M, Guo S G, Kang W Y. Antioxidation of *Hawthorn extracts in vitro and vivo* [J]. Fine Chemicals, 2009, 26(4):348-350.

[18] Schriener S E, Linfordnj, Martin G M, et al. Extension of murine life span by overexpression of catalase targeted to mitochondria [J]. Science, 2005, 308:1909-1911.

[19] 王君明,崔 瑛,申玲玲,等. 中药致药源性肝损伤的氧化应激机制研究进展 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(5):247-249.

Wang J M, Cui Y, Shen L L, et al. Research progress in mechanism based on oxidative stress of liver injury induced by Chinese medicine [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2011, 17(5):247-249.

.....

(上接第 114 页)

[34] 郑永华,席 芳,李三玉. 采后果蔬贮藏时冷害与多胺的关系 [J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(5):485-490.

Zheng Y H, Xi F, Li S Y. The chilling injury of fruits and vegetables during storage in relation to polyamines [J]. Plant Physiology Communications, 2000, 36(5):485-490.

[35] 杨青珍. 猕猴桃果实采后冷害发生生理机制及调控作用 [D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学, 2013.

Yang Q Z. Physiological mechanism and regulation of chilling injury in posyharvest kiwifruit [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2013.

[36] Arnao M B, Hernandez-Ruiz J. Melatonin: plant growth regulator and/or biostimulator during stress [J]. Trends in Plant Science, 2014, 19(12):789-797.

[37] 刘建龙. 外源褪黑素对于早胁迫下番茄抗氧化系统及产量和果实品质的影响 [D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学, 2015.

Liu J L. Influence of exogenous melatonin on tomato antioxidant system and yield and fruit quality under drought stress [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2015.

[38] 瓜谷郁三. 植物逆境生物化学及分子生物学:着重热带薯类 [M]. 北京:中国农业出版社, 2004.

Gua G Y S. Plant stress biochemistry and molecular biology: focuses on tropical potato [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004.

[39] Zhao Z L, Jiang W B, Cao J K, et al. Effect of cold-shock treatment on chilling injury in mango (*Mangifera indica* L. cv. ‘Wacheng’) fruit [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006, 86(14):2458-2462.

[40] 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害 [J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(2):84-90.

Chen S Y. Injury of membrane lipid peroxidation to plant cell [J]. Plant Physiology Communications, 1991, 27(2):84-90.