

大豆肽对高脂血症大鼠的降脂作用

包乐媛,张业尼,钱磊,王建玲,邹菁,路福平,杜连祥

(天津市工业微生物重点实验室,天津科技大学生物工程学院,天津 300457)

摘要 研究大豆肽对高脂血症大鼠的降血脂、抗氧化作用以及对血液流变学指标的影响。采用高脂饲料喂养SD大鼠造成高脂血症模型,然后随机分组:正常组、高脂模型组、血脂康组($100\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$)、大豆肽灌胃组($400\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$)、大豆肽灌胃组($800\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$)、大豆肽腹腔注射组($100\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$)、大豆肽腹腔注射组($400\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$),正常组给予普通饲料喂养,其余组给予高脂饲料。持续给药大豆肽30 d,期间每两周眼静脉取血一次,分离血清,检测TC、TG和HDL-C指标;实验结束当天腹主动脉取血,分离血清,检测SOD、MDA和NO指标。结果显示大豆肽能显著降低高脂血症大鼠的TC、TG和LDL-C,但对HDL-C没有显著影响;大豆肽给药组的SOD指标明显高于模型对照组,而MDA和NO指标则显著降低。表明大豆肽液对高脂血症大鼠具有一定的降脂作用,能降低血浆黏度,同时提高机体抗氧化能力。

关键词 大豆肽;血脂;抗氧化;血液流变学

中图分类号 R962 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)05-0752-05

EFFECTS OF SOYBEAN PEPTIDES ON BLOOD LIPIDS IN HYPERLIPIDEMIA RATS

BAO Le-yuan, ZHANG Ye-ni, QIAN Lei, WANG Jian-ling, ZOU Jing, LU Fu-ping, DU Lian-xiang

(Tianjin Key Lab of Industrial Microbiology, College of Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457)

Abstract To observe the effects of soybean peptides on regulation of liquid metabolism, hemorheological indexes, antioxidation in rats with hyperlipidemia. Sixty-three SD rats were randomly divided into seven groups as normal control group, model control group, Xuezhikang ($100\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$, i. p.) group, soybean peptide ($400\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$, i. g.) group, soybean peptide ($800\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$, i. g.) group, soybean peptide ($100\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$, i. p.) group and soybean peptide ($400\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$, i. p.) group. All rats were fed with high-lipid forage except normal control group. Soybean peptides were administered continually for 30 days and blood was collected to detect TC, TG and HDL-C in serum once every two weeks and the levels of serum SOD, MDA and NO were assayed at the last day. Results showed that soybean peptides could significantly decrease TC, TG and LDL-C levels in experimental hyperlipidemia rats ($P < 0.05$), but it had no significant effect on the level of HDL-C ($P > 0.05$). The activity of SOD in rats of soybean peptides administered groups were much higher than those of model control group ($P < 0.05$). Meanwhile, the MDA and NO levels in rats of soybean peptides administered groups were much lower than

收稿日期:2007-04-28

基金项目:天津科技大学自然科学基金资助(20060206)

作者简介:包乐媛(1979-),女,助教,研究方向为生物活性肽。E-mail: baoleyuan@tust.edu.cn

those of model control group ($P < 0.05$). The results suggested that the Soybean Peptides can regulate the liquid metabolism, improve hemorheological indexes, increase the activity of scavenging free radicals in rats with hyperlipidemia.

Key words Soybean peptides ;Lipid ;Antioxidation ;Lipid hemorheology

高脂血症是由于脂质代谢或运转异常使血清(或血浆)中一种或多种脂质高于正常的病症,一般表现为高胆固醇血症、高甘油三酯症或两者兼有(混合型高脂血症)。经大量的流行病学、临床和实验研究皆证实,高脂血症是动脉粥样硬化的首要危险因素^[1,2],与冠心病、脑血管病的发病率有直接相关关系。随着人们生活水平的不断提高、饮食结构的改变及受不良饮食习惯的影响,高脂血症患者日益增多,直接导致心脑血管疾病的发病率较大幅度上升,对人们的工作和生活产生了重大影响。临床上常采用贝特类药和他汀类药物预防和治疗高脂血症,效果良好,但难免有副作用^[3]。因此,在无副作用的前提下,预防血脂代谢异常,防治高脂血症,乃至预防心脑血管疾病,具有重要的理论价值和现实意义。

大豆肽是大豆蛋白经过控制性的水解、精制以后得到的一定分子量范围的多肽混合物,通常由 3 ~ 6 个氨基酸组成,其分子量分布以低于 1 000 的为主^[4]。与大豆蛋白相比,具有良好的理化性质和生物学活性,使其在食品、医药等领域有广泛的开发和应用前景。

有关大豆肽在防治高脂血症上的研究国内近年来已有一些报道^[5,6],但主要集中在对血脂指标的单一影响,与其它指标的联合报道研究目前研究尚少。本实验通过高脂血症大鼠病理模型,综合观察大豆肽液对血清 TC、TG、HDL-C 的影响,抗氧化的功效以及对血流变学指标的影响,对大豆肽液的降血脂作用进行探讨,为其进一步研究开发提供药效学依据。

1 材料

1.1 动物

SD 大鼠,体重 180 ~ 220 g,由北京维通利华实验动物技术有限公司提供。

1.2 试剂

血清总胆固醇(TC)酶法试剂盒,血清甘油三酯(TG)酶法试剂盒,高密度脂蛋白(HDL-C)直接法测定试剂盒,均由北京中生生物工程高科技发展有限

公司提供。丙二醛(MDA)测定试剂盒,超氧化物歧化酶(SOD)测定试剂盒,一氧化氮(NO)测定试剂盒均由南京建成生物工程研究所提供。胆固醇、胆酸钠、丙基硫氧嘧啶、蔗糖、猪油均由天津瑞科生物技术有限公司提供。

1.3 药品

血脂康胶囊,主要成份为红曲,北京北大维信生物科技有限公司提供,300 mg/粒,每粒含洛伐他汀不少于 2.5 mg。大豆肽^[7,8],脱脂豆粕经粉碎、预处理、酶解、离心浓缩、脱苦脱盐、除菌制得,根据要求配制成相应剂量。

2 方法

2.1 实验分组

63 只 SD 大鼠,分成两组,组间体重无明显差异。空白对照组 9 只,给予普通饲料喂养,其余 54 只为高脂组,给予高脂饲料(2 % 胆固醇、0.3 % 胆酸钠、0.2 % 丙基硫氧嘧啶、5 % 蔗糖、10 % 猪油)喂养 7 d,第 8 天高脂动物眼眶静脉采血 2.0 mL,测定血清总胆固醇(TC)和血清甘油三酯(TG),根据血脂水平,随机分成高脂模型组、血脂康组($100\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$)、大豆肽灌胃组($400\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$)、大豆肽灌胃组($800\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$)、大豆肽腹腔注射组($100\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$)、大豆肽腹腔注射组($400\text{ mg kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$),经统计学处理,组间无明显差异。分组当天开始给药,连续给药 4 周。

2.2 取血

自给药之日起,14 d、28 d 后眼眶静脉取血 2 mL,3000 r min⁻¹离心 15 min 取血清。末次给药后禁食 12 h,腹腔注射 1.5 g kg⁻¹乌拉坦麻醉,腹主动脉取血,分取 1 mL 加入 3.8 % 的柠檬酸钠 200 μL 的试管中作为抗凝血,其它部分加入另一试管中,待全部凝血后,3 000 r min⁻¹离心 15 min,分取血清。

2.3 指标测定

总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)的测定均采用酶法,高密度脂蛋白(HDL-C)的测定采用选择沉降法,LDL-C 按 Friedewald 公式:LDL-C = TC - [TG/2.2

+HDL-C]计算,动脉粥样硬化指数 AI = (TC-HDL-C)/HDL-C;丙二醛(MDA)的测定采用TBA法,超氧化物歧化酶(SOD)的测定采用羟胺法,一氧化氮(NO)的测定采用硝酸还原酶法,普力生智能血液粘度仪测定高、低切变率下的全血粘度(η_b)、全血还原粘度(η_r)、血浆粘度(η_p)、血细胞比容(HCT)。

2.4 统计学处理

数据经SPSS11.0软件统计,进行方差分析。

3 结果

3.1 对大鼠体重的影响

由表1看出,以800、400 mg kg⁻¹剂量的大豆肽液灌胃和以400、100 mg kg⁻¹剂量的大豆肽液注射给药SD大鼠14 d后,各组动物未见生长异常,各剂量组及血脂康组的动物体重与模型对照组相比,没有显著性差异,但均与空白对照组存在差异(P<0.05),可能是高脂饲料含有油性成分过多,影响大鼠的食欲导致其体重不增却有所下降。喂养28 d后,各剂量组及模型对照组的动物体重有明显增

表1 大豆肽对大鼠体重的影响
Table 1 Effect of soybean peptides on weight of experimental rats ($\bar{x} \pm s$, n=9)

组别 Group	给药剂量 Dosage /mg kg ⁻¹ d ⁻¹	体重 Weight /g		
		0 d	14 d	28 d
空白对照 Normal control	—	202.8 ± 15.2	220.1 ± 13.9	243.3 ± 10.7
模型对照 Model control	—	204.4 ± 12.6	195.6 ± 14.4	234.5 ± 16.5
血脂康 Xuezhikang (i. g.)	10	0204.4 ± 15.6	198.3 ± 15.7	241.5 ± 15.5
灌胃 Soybean peptide (i. g.)	400	200.0 ± 14.0	197.2 ± 16.8	235.9 ± 16.1
灌胃 Soybean peptide (i. g.)	800	202.8 ± 10.2	196.7 ± 12.3	237.2 ± 14.8
注射 Soybean peptide (i. p.)	100	203.3 ± 13.7	198.6 ± 14.4	237.1 ± 18.9
注射 Soybean peptide (i. p.)	400	201.2 ± 14.8	198.2 ± 16.8	239.2 ± 12.8

加,接近空白对照组的动物体重,与其相比不存在显著性差异(P>0.05),表明大鼠已经适应高脂饲料喂养,生长状况良好。

3.2 对高脂血症大鼠血脂的影响

由表2可以看出,给药14、28 d后,模型对照组的血清TC和TG始终比空白对照组高,并有极显

著差别(P<0.01),说明高脂模型的建立是成功的。灌胃高、低剂量组和注射高、低剂量组的血清TC和TG与模型对照组相比,降低幅度有显著差异(P<0.01),且高、低剂量之间有一定的量效关系。各剂量组血清的HDL-C与模型对照组相比没有显著提高(P>0.05)。

表2 大豆肽对高脂血症模型大鼠TC、TG和HDL-C的影响
Table 2 Effect of soybean peptides on TC, TG and HDL-C of rats with hyperlipemia ($\bar{x} \pm s$, n=9)

天数 Time	组别 Group	剂量 Dosage /mg kg ⁻¹ d ⁻¹	TC	TG	HDL-C
			/mmol L ⁻¹	/mmol L ⁻¹	/mmol L ⁻¹
14 d	空白对照 Normal control	—	1.54 ± 0.16	0.28 ± 0.04	0.97 ± 0.05
	模型对照 Model control	—	5.23 ± 0.17 ^{△△}	0.68 ± 0.09 ^{△△}	1.46 ± 0.04 ^{△△}
	血脂康 Xuezhikang (i. g.)	100	3.91 ± 0.29 ^{**}	0.32 ± 0.03 ^{**}	1.55 ± 0.03
	灌胃 Soybean peptide (i. g.)	400	4.58 ± 0.18 [*]	0.48 ± 0.08 [*]	1.47 ± 0.09
	灌胃 Soybean peptide (i. g.)	800	4.38 ± 0.12 [*]	0.48 ± 0.08 [*]	1.49 ± 0.10
	注射 Soybean peptide (i. p.)	100	4.35 ± 0.11 [*]	0.46 ± 0.11 [*]	1.51 ± 0.04
	注射 Soybean peptide (i. p.)	400	3.98 ± 0.21 ^{**}	0.39 ± 0.09 ^{**}	1.52 ± 0.07
	空白对照 Normal control	—	1.83 ± 0.17	0.47 ± 0.09	1.51 ± 0.102
8 d	模型对照 Model control	—	5.74 ± 0.16 ^{△△}	1.07 ± 0.17 ^{△△}	2.01 ± 0.16 ^{△△}
	血脂康 Xuezhikang (i. g.)	100	3.98 ± 0.27 ^{**}	0.52 ± 0.05 ^{**}	2.02 ± 0.05
	灌胃 Soybean peptide (i. g.)	400	4.75 ± 0.15 [*]	0.67 ± 0.10 ^{**}	2.02 ± 0.13
	灌胃 Soybean peptide (i. g.)	800	4.55 ± 0.17 [*]	0.62 ± 0.10 ^{**}	2.05 ± 0.16
	注射 Soybean peptide (i. p.)	100	4.51 ± 0.18 [*]	0.63 ± 0.03 ^{**}	2.01 ± 0.05
	注射 Soybean peptide (i. p.)	400	4.13 ± 0.11 [*]	0.58 ± 0.06 ^{**}	2.07 ± 0.06

与空白对照组相比, [△]P<0.05, ^{△△}P<0.01, 与模型对照组相比, ^{*}P<0.05, ^{**}P<0.01
[△], ^{△△} indicate significance at 0.05 and 0.01 probability compared to normal control; ^{*}, ^{**} indicate significance at 0.05 and 0.01 probability compared to model control. The same as bellow.
TC: Total Cholesterol, TG: Triglycerides, HDL-C: High-density Lipoprotein Cholesterol

表3 大豆肽液对高脂血症模型大鼠动脉硬化指数的影响

Table 3 Effect of soybean peptides on AI of rats with hyperlipemia ($\bar{x} \pm s$, n=9)					
组别 Group	给药剂量 Dosage	LDL-C /mmol L ⁻¹		AI	
	/mg kg ⁻¹ d ⁻¹	14 d	28 d	14 d	28 d
空白对照 Normal control	—	0.4427	0.1063	0.5876	0.2119
模型对照 Model control	—	3.4609 ^{△△}	3.2436 ^{△△}	2.5822 ^{△△}	1.8558 ^{△△}
血脂康 Xuezhikang (i. g.)	100	2.2145 ^{**}	1.7236 ^{**}	1.5226 ^{**}	0.9703 ^{**}
灌胃 Soybean peptide (i. g.)	400	2.8918 ^{**}	2.4255 ^{**}	2.1156 ^{**}	1.3515 ^{**}
灌胃 Soybean peptide (i. g.)	800	2.6991 ^{**}	2.2182 ^{**}	1.9396 ^{**}	1.2195 ^{**}
注射 Soybean peptide (i. p.)	100	2.6309 ^{**}	2.2136 ^{**}	1.8808 ^{**}	1.2438 ^{**}
注射 Soybean peptide (i. p.)	400	2.2827	1.7964 ^{**}	1.6184 ^{**}	0.9952 ^{**}

LDL-C:Low-density Lipoprotein Cholesterol,AI:Atherosclerosis Index

3.3 对血液流变学指标的影响

从表4可以看出,模型对照组SD大鼠全血黏度(高切)、血浆黏度、红细胞压积值均高于空白对照组($P<0.05$),全血黏度(低切)与空白对照无明显差异($P>0.05$);大豆肽液各剂量组与血脂康组全血黏度(高切)、血浆黏度、红细胞压积值显

著低于模型对照组($P<0.05$),全血黏度(低切)高于模型对照组;大豆肽液各剂量组对全血黏度、血浆黏度、红细胞压积有明显改善,且大豆肽灌胃高、低剂量组之间以及注射高、低剂量组之间有显著性差异($P<0.05$),不过与血脂康组相比仍有差异($P<0.05$)。

表4 大豆肽液对高脂血症模型大鼠血液流变学各项指标的影响

Table 4 Effect of soybean peptides on lipid hemorheolg in rats with hyperlipemia ($\bar{x} \pm s$, n=9)					
组别 Group	给药剂量 Dosage	Hb/mpa s ⁻¹		ηp	HCT
	/mg kg ⁻¹ d ⁻¹	Low	High	/mpa s ⁻¹	/%
空白对照 Normal control	—	10.42 ± 1.01	4.13 ± 0.23	1.98 ± 0.22	47.72 ± 2.12
模型对照 Model control	—	10.23 ± 0.16	5.23 ± 0.83 [△]	2.91 ± 0.27 [△]	52.32 ± 1.89 [△]
血脂康 Xuezhikang (i. g.)	100	13.42 ± 1.14 ^{**}	4.26 ± 0.57 ^{**}	2.23 ± 0.15 ^{**}	45.12 ± 1.70 ^{**}
灌胃 Soybean peptide (i. g.)	400	11.26 ± 1.08 ^{**}	4.86 ± 0.42 [*]	2.73 ± 0.21 [*]	49.22 ± 2.02 [*]
灌胃 Soybean peptide (i. g.)	800	11.84 ± 0.98 ^{**}	4.45 ± 0.52 ^{**}	2.49 ± 0.18 ^{**}	47.89 ± 1.89 ^{**}
注射 Soybean peptide (i. p.)	100	11.65 ± 1.21 ^{**}	4.64 ± 0.58 ^{**}	2.58 ± 0.21 ^{**}	48.01 ± 1.34 ^{**}
注射 Soybean peptide (i. p.)	400	12.23 ± 1.13 ^{**}	4.35 ± 0.84 ^{**}	2.31 ± 0.14 ^{**}	46.78 ± 2.31 ^{**}

HCT:Hematocrit in blood

3.4 对血清MDA、SOD和NO的影响

从表5看出,模型对照组血清MDA值显

著高于空白对照组,SOD、NO值显著低于空白对照组($P<0.01$)。大豆肽液各剂量组和血脂康组

表5 大豆肽液对高脂血症模型大鼠MDA、SOD和NO的影响

Table 5 Effect of soybean peptides on the activity of SOD,MDA and NO in rats with hyperlipemia ($\bar{x} \pm s$, n=9)				
组别 Group	给药剂量 Dosage	MDA	SOD	NO
	/mg kg ⁻¹ d ⁻¹	/mmol L ⁻¹	/U mL ⁻¹	/μmol L ⁻¹
空白对照 Normal control	—	4.55 ± 0.28	312.68 ± 15.6	13.84 ± 1.67
模型对照 Model control	—	5.74 ± 0.32 ^{△△}	265.63 ± 16.0 ^{△△}	15.59 ± 1.53 ^{△△}
血脂康 Xuezhikang (i. g.)	100	4.56 ± 0.63 ^{**}	300.87 ± 25.8 ^{**}	14.25 ± 0.54 ^{**}
灌胃 Soybean peptide (i. g.)	400	5.38 ± 0.51 ^{**}	297.90 ± 13.5 ^{**}	14.60 ± 0.78 ^{**}
灌胃 Soybean peptide (i. g.)	800	4.96 ± 0.43 ^{**}	303.24 ± 19.7 ^{**}	14.39 ± 1.16 ^{**}
注射 Soybean peptide (i. p.)	100	5.27 ± 0.21 ^{**}	300.54 ± 15.1 ^{**}	14.58 ± 1.01 ^{**}
注射 Soybean peptide (i. p.)	400	4.70 ± 0.34 ^{**}	306.38 ± 18.1 ^{**}	14.31 ± 1.39 ^{**}

MDA:Malondialdehyde,SOD:Superoxide Dismutase,NO:Nitrogen Monoxide

血清MDA值均显著低于模型对照组,SOD、NO值均显著高于模型对照组($P<0.01$),大豆肽液各剂量组与

血脂康组相比,MDA、SOD和NO值存在差异($P<0.05$)。大豆肽液灌胃高、低剂量组之间以及注射高、

低剂量组之间的 MDA 存在显著性差异($P < 0.05$),表明高、低剂量组之间有一定的量效关系,但给药组的 SOD 和 NO 值不存在显著差异。

4 讨论

4.1 大豆肽液对血脂的调节作用

利用高脂饲料喂养 SD 大鼠后,模型对照组大鼠血清 TC、TG、LDL-C 的含量均明显升高,而 HDL-C 显著下降,说明模型对照组大鼠存在着血脂代谢紊乱,提示高脂血症实验模型复制成功。采用大豆肽液治疗高脂血症大鼠,研究结果显示,该液可以显著降低高脂血症模型大鼠血清中 TC、TG、LDL-C 的水平,与模型对照组相比有显著性差异,对 HDL-C 没有明显提高,表明大豆肽液有明显地降低血脂的作用,对调节高脂蛋白的作用不明显^[9,10]。该药可以有效地纠正高脂血症动物的脂质代谢紊乱,对高脂饮食所致高脂血症具有良好的防治作用。

4.2 大豆肽液对血液流变学指标的影响

高脂血症可以引起血液流变学的异常,主要导致血浆粘度增加,纤维蛋白溶酶活性和血小板聚集功能异常改变,TC、TG 的升高及 HDL-C 的降低会使红细胞膜的流动性降低,红细胞变形能力下降,从而造成微循环障碍,组织缺氧,导致微循环瘀血,血流变慢,血流量降低,血液粘稠度增大;由于全血粘度值增高,血浆粘度变大,红细胞变形能力降低,使红细胞出现棘刺,表面积增大,导致脂质沉积,从而加速动脉粥样硬化,容易发生栓塞,而加快了心脑血管性疾病的发生^[11,12]。本实验结果表明,大豆肽液能有效地改善全血粘度(高切、低切)、血浆粘度、红细胞压积值,对血液流变性有良好的改善作用。

4.3 大豆肽液对高脂血症大鼠抗氧化作用的影响

高脂血症增加动脉壁细胞内自由基释放系统的活性,使氧自由基及其他活性氧成分释放增多,导致大量 LDL 被氧化,脂质过氧化作用增强,MDA 含量的增多;另一方面,高脂血症又直接损伤动脉壁抗氧化机能,使动脉壁内 SOD 活性降低,导致自由基清除障碍,加重局部血管病理损伤和血管机能异常。随着体内血脂升高,粥样硬化斑块形成,使体内自由基产生与消除失去平衡,则自由基清除酶 SOD 活性降低,生物膜发生脂质过氧化,导致细胞膜内酶与蛋白质变性,破坏细胞结构功能^[13]。

实验结果显示,大豆肽液可以有效降低高脂血症模型大鼠血清的 MDA 含量,与模型组比较有非常显著性差异;提高 SOD 活性,升高 NO 的含量,与模型组比较有非常显著性差异^[14]。提示该药可能通过提高自由基清除酶的活性,维护体内自由基稳态与平衡,增加 LDL 的抗氧化能力,减少脂质过氧化物的产生;促使 NO 合成增高,改善血管内皮细胞功能。因此,在高脂血症及动脉粥样硬化症治疗中具有重要意义。

参 考 文 献

[1] 李佃淳,张红,李玉中,等. 复方芪参降脂饮抗实验性动脉粥样硬化作用及其可能机制[J]. 中国临床药杂志,2006,15(3):156-159.

[2] 李宝华,郑广娟,张文高,等. 软脉降脂胶囊对实验性高脂血症大鼠血脂及 MDA、SOD、NO 的影响[J]. 中西医结合心脑血管病杂志,2004,2(4):220-222.

[3] 沃兴得,崔小强,唐利华. 姜黄素对食耳性高脂血症大鼠血浆蛋白代谢相关酶活性的影响[J]. 中国动脉硬化杂志,2003,11(3):223-226.

[4] 高春霞. 大豆多肽生理活性、应用与前景分析[J]. 大豆通报,2006,19(4):18-22.

[5] 江和源,吕飞杰,邵建祥. 大豆中生物活性成分及其功能[J]. 大豆科学,2000,19(2):160-164.

[6] 赵秀娟,王小雪,吴博学,等. 大豆活性肽粉对喂饲高脂饲料大鼠血脂的影响[J]. 中国卫生检验杂志,2002,12(4):421-422.

[7] 汪庆辉,崔东善,林杨,等. 大豆蛋白肽加工工艺技术概述[J]. 大豆通报,2001,19(4):18-19.

[8] 钱磊,包乐媛,郭旭,等. 脱脂豆粕酶法制备大豆肽[J]. 化学与生物工程,2007,24(3):39-43.

[9] 赵秀娟,贾莉,赵云财. 大豆活性肽对大鼠体内胆固醇代谢的影响[J]. 中国公共卫生,2004,20(9):1094-1096.

[10] 刘忆梅,陈朝晖. 大豆蛋白肽降血脂功能性的研究[J]. 大豆通报,2004,19(3):22.

[11] 任世存,任延明,乔晓鸣. 沙棘降脂胶囊对高脂血症大鼠脂代谢及血液流变学影响的研究[J]. 江苏中医药,2005,26(8):52-53.

[12] 朱艳娟,多杰,陈秋红. 金诃降脂胶囊对高脂血症大鼠血脂和血液流变学的影响[J]. 青海医学院学报,2004,25(2):101-103.

[13] 成龙,梁日欣,杨滨,等. 红花提取物对高脂血症大鼠降脂和抗氧化的实验研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2006,12(9):25-27.

[14] 朱慧娟,赵岩,李世芬,等. 大豆提取物抗氧化作用研究[J]. 江苏卫生保健,2007,9(1):5-6.