

青钱柳多糖对高脂血症大鼠血脂及抗脂质过氧化作用的影响

叶振南, 李楠, 盛丹丹, 王文君

(江西农业大学南昌市农产品加工与质量控制重点实验室, 江西南昌 330045)

摘要: 为研究青钱柳多糖 (*Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja polysaccharide, CPP) 对高脂血症大鼠脂类代谢及抗脂质过氧化作用的影响, 将高脂血症大鼠分为高脂血症模型组、辛伐他汀组、青钱柳多糖高、中、低剂量组, 每组 16 只, 连续喂养 8 周。实验结束后测定血清 TG、TC、LDL-C 和 HDL-C, 同时测定血清及肝脏组织中 T-SOD、GSH-Px、CAT、T-AOC 及 MDA 含量。结果表明, 与高脂模型组相比, CPP 低、中、高剂量组可显著降低高脂血症大鼠的血清 TC、TG、LDL-C、MDA 含量 ($P < 0.01$), 其最大降幅分别为 29.17%、50.00%、57.25% 和 25.72%; 低、中、高剂量多糖均可显著提高血清 HDL-C 含量和 T-SOD、GSH-Px、T-AOC 活性 ($p < 0.01$), 其最大增幅分别为 72.22%、16.27%、16.38% 和 59.43%。结果提示青钱柳多糖对实验性高脂血症模型大鼠具有降血脂、抗脂质过氧化作用, 以高剂量 (800 mg/kg) 效果为最佳。

关键词: 青钱柳; 多糖; 高脂血症; 血脂; 脂质过氧化

文章编号: 1673-9078(2014)4-1-5

Effect of *Cyclocarya paliurus* Polysaccharide on Hyperlipidemia and Anti-lipid Peroxidation in Hyperlipidemic Rats

YE Zhen-nan, LI Nan, SHENG Dan-dan, WANG Wen-jun

(Key Lab for Agricultural Products Processing and Quality Control, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: The hyperlipidemic rats were randomly divided into model control, simvastatin, *Cyclocarya paliurus* polysaccharides (CPP) low dose, middle dose, high dose groups (16 rats per group). After 8 weeks treatments, the levels of TC, TG, HDL-C, LDL-C, T-SOD, GSH-Px, CAT, T-AOC and MDA were measured. The results showed that CPP decreased serum TC, TG, LDL-C, MDA remarkably ($P < 0.01$) with the decreasing rate of 29.17%, 50.00%, 57.25% and 25.72% respectively, while increased the levels of HDL, T-SOD, GSH-Px and T-AOC ($P < 0.01$) with the highest growing rates of 72.22%, 16.27%, 16.38% and 59.43%. It was indicated that CPP could regulate lipid metabolism, enhance the anti-oxidation and reduce the lipid peroxidation in rats with hyperlipidemia.

Key words: *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja polysaccharide; hyperlipidemia; serum lipids; lipid peroxidation

随着经济社会发展和生活水平的提高, 人们的饮食结构发生改变, 高脂和高蛋白质食物摄入量日渐增多, 导致体内脂质代谢异常, 抗氧化能力降低, 氧化脂质产物增多从而造成动脉硬化血管损伤。已有充分证据表明胆固醇升高, 特别是低密度脂蛋白胆固醇或甘油三酯升高, 高密度脂蛋白胆固醇减少, 是动脉粥样硬

收稿日期: 2013-11-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31160319); 江西省高等学校科技落地计划资助项目 (KJLD13027); 江西省教育厅科技计划资助项目 (GJJ13281); 研究生创新项目 (NDYC2013-S002)

作者简介: 叶振南 (1989-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 分子营养学

通讯作者: 王文君 (1971-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品化学与分子营养学

化性疾病发生发展的主要因素。世界卫生组织预测: 到 2030 年为止, 心血管疾病任然是导致人类死亡的主要原因, 近 2360 万人将死于心血管疾病^[1]。高脂血症作为导致动脉粥样硬化、心脑血管疾病的主要危险因素越来越受到人们的关注。临床上常用的降脂药主要为他汀类, 该类药长期服用有较多的副作用, 目前尚没有一种既无不良反应又对所有脂质代谢紊乱均有效的药物。因此, 研究开发安全有效的调节血脂保健食品及药物非常必要。多糖是一类天然高分子化合物, 是由醛糖或酮糖通过苷键连接在一起的多聚物, 广泛存在于植物、动物和微生物中, 具有多种生物活性如抗肿瘤、免疫调节、抗病毒、降血糖等^[2-6]。

青钱柳 (*Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja),

又名摇钱树、麻柳,为胡桃科青钱柳属植物,属于国家二级保护树种,是冰川四纪幸存下来的珍稀树种,仅存于中国,被誉为植物界的大熊猫,医学界的第三棵树。《中国中药资源志要》记载,青钱柳叶具清热消渴解毒之效。《全国中草药名鉴》记载:青钱柳树皮、叶、根有杀虫止痒,消炎止痛祛风之功效。民间将其制成保健茶饮,因其具有特殊的保健功能而被誉为“神茶”。实验发现青钱柳叶含多糖,三萜,皂苷,黄酮等多种重要药效成分,同时还检出氨基酸、维生素、锗、硒、铬、钒、锌、铁、钙等多种珍贵的微量元素。已有研究证实其具有降血糖、降血压、减肥,抗肿瘤、抗衰老、提高免疫力等多种功效^[7]。多糖是青钱柳叶中的重要活性成分之一,研究发现青钱柳多糖有较强的体外抗脂质过氧化作用^[8]。本实验通过观察青钱柳多糖对高脂血症大鼠血清脂质及其抗氧化能力的影响来探讨其降血脂作用,为进一步开发和利用青钱柳,研究新型辅助降血脂保健食品提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 实验动物

SD 雌性大鼠(SPF 级)130 只,体重 220~260 g,湖南斯莱克景达实验动物有限公司提供(生产许可证号:SCXK(湘)2009-0004)。大鼠饲养环境湿度 69~72%,温度 25~27 °C。

1.1.2 药物、主要试剂和仪器

V5600 型分光光度计,上海元析仪器总厂;AUY120 电子天平,岛津;TGL-16GB 型离心机,上海安亭科学仪器厂;HH60 型数显恒温搅拌循环水箱;青钱柳叶,江西修水;青钱柳多糖,由本实验室自行制备,采用水提醇沉法提取制备,Sevag 法除游离蛋白,经 D301-R 大孔树脂纯化^[9],苯酚硫酸法测得样品中总糖含量在 60%左右;猪油,猪板油,实验室炼制;胆固醇,上海蓝季科技发展有限公司;基础饲料,江西中医学院提供;高脂乳剂;血清总胆固醇试剂盒(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)试剂盒,中生北控生物科技股份有限公司;超氧化物歧化酶(T-SOD)试剂盒、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、总抗氧化能力(T-AOC)、丙二醛(MDA)试剂盒,南京建成生物工程研究所。实验所用其他化学试剂均为分析纯。

1.2 方法

1.2.1 高脂乳剂的配制

参照文献^[10]中高脂乳剂的配制方法,并在此基础上进行修改,取 400 g 猪油于 60 °C 水浴加热融化,置容器中,加入 100 g 胆固醇、10 g 丙硫氧嘧啶粉末,充分搅拌,溶解。再徐徐加入 20%脱氧胆酸钠水溶液 100 mL,并不断搅拌,然后加入 30 mL 吐温-80,搅拌乳化均匀。装入密闭容器中,冷藏。使用时先于 50 °C 水浴融化。

1.2.2 高脂血症模型大鼠的建立与分组给药

130 只 SD 大鼠适应性喂养 1 周后,随机分成空白对照组和造模组,空白对照组 20 只,造模组 110 只。空白对照组给予普通饲料,造模组灌胃高脂乳剂(20 mL/kg),自由采食,连续灌喂 15 d。第 16 d,130 只 SD 大鼠,乙醚麻醉后,眼眶静脉采血,并分离血清,检测 TC、TG、LDL-C、HDL-C。以模型组动物血清总胆固醇 TC 升高(与空白对照组比较 $P<0.01$)为高脂血症模型建立成功。将造模成功的 80 只大鼠按照 TC 水平随机分成模型对照、辛伐他汀、青钱柳多糖低、中、高剂量组,每组 16 只。除空白对照组外,各组每天上午灌胃高脂乳剂 20 mL/kg,下午三个青钱柳多糖组则分别以 200 mg/kg、400 mg/kg 和 800 mg/kg 剂量的青钱柳多糖水溶液灌胃,模型对照组给予等体积的蒸馏水,阳性对照组灌胃辛伐他汀水溶液 10 mg/kg。连续给药 8 周,每周称一次体重,以便调整给药剂量,灌胃期间各大鼠均自由摄食和饮水。

1.2.3 观察指标

实验结束后,大鼠禁食不禁水,用玻璃毛细管从大鼠眼底静脉丛采血。随后在 4 °C、3500 r/min 离心 10 min,分离血清。按试剂盒使用说明测定血清中 TC、TG、HDL-C、LDL-C、T-SOD、CAT、GSH-Px、T-AOC、MDA。大鼠处死后,立即取肝脏,生理盐水清洗后,在冰浴中制成不同浓度的组织匀浆,二喹啉甲酸(BCA)法测肝组织匀浆中蛋白含量。按试剂盒使用说明测定肝组织中 T-SOD、CAT、GSH-Px、T-AOC 活力及 MDA 含量。

1.2.4 统计分析

实验数据采用 DPS 统计软件(Version 7.05)进行 Duncan 新复极差法分析, $P<0.05$ 为差异显著,各项指标以平均数±标准差表示。

2 结果与讨论

2.1 青钱柳多糖对高脂血症大鼠体重的影响

从表 1 中可知,给药 8 周后,高脂模型组大鼠体重较正常对照组明显升高($P<0.01$),其他各组体重

与空白组大鼠无显著性差异 ($P>0.05$), 表明青钱柳多糖对高脂血症大鼠体重的增加有一定的抑制作用。实验过程中可以观察到: 三个 CPP 剂量组和辛伐他汀组表现较为活跃, 皮毛光滑, 取食饮水积极, 能够及

时清理皮毛上附着的杂物, 到实验后期, 和高脂模型组的差异就更为明显, 后者皮毛明显发黄、且附有高脂乳剂和饲料等附着物。

表 1 CPP 对高脂血症大鼠体重的影响 ($\bar{x} \pm SD$, $n=16$)

Table 1 Effect of CPP on weight of experimental hyperlipidemic rats

组别	剂量/ (mg/kg)	体重			
		2 wks	4 wks	6 wks	8 wks
空白对照组	-	294.69±14.59	294.28±15.17	324.82±18.37	304.64±14.18
高脂模型组	-	323.00±18.86**	348.13±16.57**	352.00±21.99**	329.55±18.68**
辛伐他汀组	10	310.14±17.67	319.93±19.01**	322.43±20.17	307.09±21.06
CPP 高剂量组	800	313.73±26.28*	318.73±30.13**	321.60±29.77	308.46±30.42
CPP 中剂量组	400	304.80±19.73	316.00±23.63**	322.80±25.50	306.11±25.39
CPP 低剂量组	200	307.40±21.13	308.00±18.61	313.50±19.03	298.85±19.82

注: 与空白对照组相比, ** $p<0.01$, * $p<0.05$ 。

2.2 血清血脂水平测定结果

青钱柳多糖对血清血脂水平的影响见表 2。从表中可知, 与空白组相比, 高脂模型组的 TC、TG、LDL-C 水平有明显提高 ($P<0.01$ 或 $P<0.05$), 说明高脂乳剂作用效果明显。低、中、高剂量青钱柳多糖和辛伐他汀均可显著降低高脂血症大鼠的血清总胆固醇 (TC)、甘油三酯 (TG)、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C), 其中总胆固醇 (TC) 的降幅分别为 19.44%、26.74%、

29.17%和 24.65%; 甘油三酯 (TG) 的降幅分别为 42.55%、41.49%、50.00%和 56.38%; 低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 的降幅分别为 44.93%、51.45%、57.25%和 53.62%。此外, 低、中、高剂量青钱柳多糖和药物辛伐他汀均可显著提高高脂血症大鼠血清中高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C) 含量, 其增幅分别为 48.61%、72.22%、68.06%和 68.06%。可见青钱柳多糖对高脂血症大鼠血脂水平的改善效果明显, 高、中剂量多糖效果与降血脂药物辛伐他汀效果相当。

表 2 CPP 对血清 TC、TG、HDL-C、LDL-C 的影响 ($\bar{x} \pm SD$, $n=16$)

Table 2 Effect of CPP on concentration of serum TC, TG, HDL-C, LDL-C

组别	剂量/ (mg/kg)	总胆固醇	甘油三酯	高密度脂蛋白	低密度脂蛋白
		TC/(mmol/L)	TG/(mmol/L)	HDL-C/(mmol/L)	LDL-C/(mmol/L)
空白对照组	-	1.90±0.22	0.49±0.13	0.96±0.18	0.47±0.15
高脂模型组	-	2.88±0.32**	0.94±0.19**	0.72±0.15*	1.38±0.21**
辛伐他汀组	10	2.17±0.39*	0.41±0.13	1.21±0.35*	0.64±0.28
CPP高剂量组	800	2.04±0.24	0.47±0.11	1.21±0.22*	0.59±0.30
CPP中剂量组	400	2.11±0.32	0.55±0.21	1.24±0.21*	0.67±0.16
CPP低剂量组	200	2.32±0.35**	0.54±0.23	1.07±0.32	0.76±0.36**

注: 与空白对照组相比, ** $p<0.01$, * $p<0.05$ 。

2.3 脂质过氧化相关指标测定结果

与空白对照组相比, 高脂血症大鼠血清和肝脏组织中 GSH-Px、T-SOD、CAT 活性均明显降低, MDA 含量显著升高, 差异有统计学意义 ($P<0.01$), 说明灌胃高脂乳剂不仅导致大鼠脂质代谢紊乱而且还加重了大鼠体内脂质过氧化作用程度。低、中、高剂量多糖和辛伐他汀均可不同程度的提高大鼠血清中 GSH-Px、T-SOD、CAT、T-AOC 活力。其中, 谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 的增幅分别为 6.57%、

9.30%、16.38%和 22.83%; 超氧化物歧化酶 (T-SOD) 的增幅分别为 9.63%、9.68%、16.27%和 20.72%; 过氧化氢酶 (CAT) 的增幅分别为 18.31%、20.00%、38.80%和 42.17%。相应的, 血清丙二醛 (MDA) 的降幅分别为 10.27%、16.35%、25.72%和 39.98%。可以看出 CPP 的效果呈现出一定的剂量依赖性, CPP 高剂量的效果要优于中、低剂量, 而降脂药物辛伐他汀的效果明显优于 CPP 各剂量组。此外, 在大鼠肝脏组织中也出现了相类似的情况, 可见青钱柳多糖具有较好的抗脂质过氧化作用。

表3 CPP对血清T-SOD、CAT、GSH-Px、T-AOC活性及MDA含量的影响(x±SD, n=16)

Table 3 Effect of CPP on serum SOD,CAT,GSH-Px ,T-AOC activities and MDA levels

分组	超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	丙二醛MDA /(nmol/mL)	过氧化氢酶 CAT/(U/mL)	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)
空白对照组	252.17±16.42**	6.09±0.64**	4.91±1.60	1030.29±100.64**	6.08±1.67
高脂模型组	191.16±13.59	10.03±1.13	4.15±1.66	735.16±73.88	5.30±1.76
辛伐他汀组	230.71±26.13**	6.02±1.33**	5.90±1.85*	902.98±96.66**	7.54±2.40*
CP高剂量组	222.20±17.50**	7.45±1.79**	5.76±2.33	855.55±92.74**	8.45±3.56**
CP中剂量组	209.61±16.05*	8.39±1.51**	4.98±1.49	803.60±108.01	7.05±1.53
CP低剂量组	209.53±18.45*	9.00±1.98	4.91±2.66	783.50±61.38	6.16±2.94

注:与空白对照组相比,**p<0.01,*p<0.05。

表4 CPP对肝脏组织中T-SOD、CAT、GSH-Px、T-AOC活性及MDA含量的影响(x±SD, n=16)

Table 4 Effect of CPP on hepatic SOD,CAT,GSH-Px ,T-AOC activities and MDA levels

分组	超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg protein)	丙二醛MDA /(nmol/mg protein)	过氧化氢酶CAT /(U/mg protein)	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg protein)	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg protein)
空白对照组	285.49±32.44**	2.644±0.72**	22.65±3.99**	1027.74±119.09**	2.85±0.53*
高脂模型组	244.04±24.57	5.18±1.26	14.23±4.03	827.72±108.49	1.66±0.48
辛伐他汀组	286.21±27.37**	3.85±1.09**	23.66±3.47**	922.41±68.14	2.88±0.91*
CP高剂量组	278.91±29.47**	4.00±0.53**	21.15±6.05**	840.18±85.98	3.52±2.25**
CP中剂量组	237.52±25.23	2.61±0.51**	20.29±7.33*	878.82±101.45	2.27±0.31
CP低剂量组	226.98±16.92	3.18±0.46**	18.55±3.73	853.92±71.74	2.64±1.57

注:与空白对照组相比,**p<0.01,*p<0.05。

3 讨论

高脂血症又称脂质代谢紊乱或异常,包括血清总胆固醇(TC)或甘油三酯(TG)水平过高或高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平过低。本实验中,在胆固醇、猪油的基础上加有丙硫氧嘧啶和胆酸钠的高脂乳剂在2周内导致大鼠血清TC、TG、LDL-C三项指标明显升高,快速形成大鼠高脂血症。机体维持一定的血脂水平,是通过血液中脂类的利用与转化、贮存之间的动态平衡来实现的,而高脂乳剂的摄入显然破坏了这种平衡。经过长达8周青钱柳多糖的预防性给药,实验数据显示CPP高、中、低剂量组均能显著性降低血清TC、TG、LDL-C水平,升高血清HDL-C水平,对脂质代谢失调有明显的改善和调节作用,这与葛霞等(2011)在对小鼠中研究结果相似^[11]。目前,国内外关于植物多糖具有降血脂这方面的研究较多,例如枸杞多糖、桑叶多糖、虫草多糖等^[12],然而多糖的种类繁多、组织结构复杂,相关的研发技术还不够成熟,目前尚无一种理论能够完善地阐述多糖降血脂的原因。李莉梅等(2013)在对仙人掌多糖降血脂作用的研究中认为仙人掌多糖可能是HMG-COA的抑制剂,而HMG-COA是胆固醇合成的限速酶,通过抑制HMG-COA的活性而减少机体内胆固醇的合成;另

一个可能的原因是仙人掌多糖能改变与脂类代谢相关的酶的活性,减少机体对脂类的吸收,增加机体内脂类的降解速度,从而达到降血脂的目的^[13]。此外,刘毅等(2007)发现黄芪多糖能够促进前脂肪细胞的增殖和分化,在mRNA及蛋白水平促进脂肪细胞分化关键因子PPAR γ 和C/EBP α mRNA的表达,增加脂肪细胞分化过程中脂质的堆积,脂质堆积导致大鼠血清中脂质代偿性减少可能是多糖调节血脂的重要机制之一^[14]。结合本次实验结果来看,CPP各剂量组对HDL-C的提高作用明显,均高于正常对照组,提示CPP调节血脂的作用也可能是通过增加HDL-C水平、促进游离胆固醇的转运来完成的。

近年来一些研究发现血脂异常情况下会导致机体抗氧化能力下降,氧自由基生成增加,脂质过氧化作用增强。超氧化物歧化酶(SOD)是机体细胞中主要抗氧化酶,能清除超氧阴离子(O $_2^-$)使其生成过氧化氢,之后能被过氧化氢酶(CAT)分解为水和氧气,是维持生物体自由基产生和过氧化物清除能力平衡的重要物质。谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)是体内广泛存在的一种重要的催化氧化酶,亦能清除自由基,阻断脂质过氧化的链式反应,保护细胞膜的结构和功能^[15]。CAT与T-SOD,GSH-PX构成人体重要抗氧化酶系统,三者协同作用维持体内自由基的动态平衡,

防止脂质过氧化物及其中间代谢产物对机体的损伤。丙二醛(MDA)是脂质过氧化反应链终止阶段产生的小分子产物,可严重破坏细胞膜结构,检测MDA含量可以间接反映机体组织细胞的过氧化程度。与杨强等(2013)在对银杏果多糖抗氧化活性研究中的结果相似^[16],本实验观测到高血脂模型组中大鼠血清及肝脏中丙二醛(MDA)水平显著升高,而抗氧化酶活性均呈现不同程度的下降,表现为血清和肝脏组织中总抗氧化能力(T-AOC)的下降,而青钱柳多糖的干预能够有效抑制高血脂大鼠血清或肝脏中MDA的升高($P<0.01$),提升CAT、T-SOD、GSH-PX活力($P<0.05$ 或 $P<0.01$),增强机体总抗氧化能力。

4 结论

通过本研究发现青钱柳多糖具有明显的改善血脂代谢和提高机体抗氧化能力的作用。因此,青钱柳多糖作为功能性食品在调节血脂和预防心血管疾病方面有着较好的应用前景,其作用机理有待进一步的实验证实。

参考文献

- [1] 王俊国,孟和毕力格,包秋华,等.植物乳杆菌 LIP 对高血脂大鼠血脂的调节作用[J].中国食品学报,2013,13(2):6-12
WANG Jun-guo, MENGHE Bi-lige, BAO Qiu-hua, et al. Effects of *L. Plantarum* LIP-1 on Blood Lipids Regulation in Hyperlipidemia Rats [J]. Journal of Chinese Institute Of Food Science and Technology, 2013, 13(2): 6-12
- [2] Xiao M Y, Wei Y, Zhong P O, et al. Antioxidant and Immunity Activity of Water Extract and Crude Polysaccharide from *Ficus carica* L. Fruit [J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2009, 64(2): 167-173
- [3] Tang Z, Gao H, Wang S, et al. Hypolipidemic and antioxidant properties of a polysaccharide fraction from *Enteromorpha prolifera* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013, 58: 186-189
- [4] Liu X, Sun Z L, Zhang M S, et al. Antioxidant and antihyperlipidemic activities of polysaccharides from sea cucumber *Apostichopus japonicus* [J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 90(4): 1664-1670
- [5] Sathivel A, Raghavendran H R, Srinivasan P, et al. Anti-peroxidative and anti-hyperlipidemic nature of *Ulva lactuca* crude polysaccharide on D-galactosamine induced hepatitis in rats [J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46(10): 3262-3267
- [6] Li H P, Zhang M M, Ma G J. Hypolipidemic effect of the polysaccharide from *pholiota nameko* [J]. Nutrition, 2010, 26(5): 556-562
- [7] 谢明勇,谢建华.青钱柳研究进展[J].食品与生物技术学报,2008,27(1):113-121
XIE M Y, XIE J H. Review about the Research on *Cyclocarya paliurus* (Batal.) *Ilijinskaja* [J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2008, 27(1): 113-121
- [8] Xie JH, Shen MY, Xie MY, et al. Ultrasonic-assisted extraction, antimicrobial and antioxidant activities of *Cyclocarya paliurus* (Batal.) *Ilijinskaja* polysaccharides [J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 89(1): 177-184
- [9] 陈木森,上官新晨,徐睿庸.大孔树脂纯化青钱柳多糖的研究[J].西北农业学报,2007,16(4):275-278
CHEN Mu-sen, SHANGGUAN Xin-chen, XU Rui-yong. Isolation and Purification of Polysaccharide from *Cyclocarya paliurus* (Batal.) *Ilijinskaja* with Macroporous Resin [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2007, 16(4): 275-278
- [10] Long Y Z, Wei H, Qing X Y, et al. Hypolipidaemic effects and mechanisms of the main component of *Opuntia dillenii* Haw polysaccharides in high-fat emulsion-induced hyperlipidaemic rats [J]. Food Chemistry, 2012, 134(2): 964-971
- [11] 葛霞,陈婷婷,蔡教英,等.青钱柳多糖抗氧化活性的研究[J].中国食品学报,2011,11(5):59-63
GE X, CHEN T T, CAI J Y, et al. Studies on the Anti-oxidant Activity of Polysaccharide from *Cyclocarya Paliurus*(Batal.) *Ilijinsk* [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2011, 11(5): 59-63
- [12] 王涛,赵谋明.多糖的研究进展[J].现代食品科技,2007,23(1):103-106
WANG T, ZHAO M M. Research Progress of Polysaccharide [J]. Modern Food Science and Technology, 2007, 23(1): 103-106
- [13] 李莉梅,李恒,朱苗,等.仙人掌多糖结构和降血脂作用的研究进展[J].湛江师范学院学报,2013,34(3):98-102
LI L M, LI H, ZHU M, et al. Research progress in structure and hypolipidemic mechanisms of polysaccharides from cactus [J]. Journal of Zhan Jiang normal University, 2013, 34(3): 98-102
- [14] 刘毅,王文建,陈伟华,等.黄芪多糖对 3T3-L1 前脂肪细胞增殖和分化的影响[J].中西医结合学报,2007,5(4):421-426
LIU Y, Wang W J, CHEN W H, et al. Effects of *Astragalus* polysaccharides on proliferation and differentiation of 3T3-L1 Preadipocytes [J]. Journal of Chinese Integrative

- Medicine, 2007, 5(4): 421-426
- [15] Chung S S, Kim M, Youn B S, et al. Glutathione Peroxidase 3 Mediates the Antioxidant Effect of Peroxisome Proliferator-Activated Receptor γ in Human Skeletal Muscle Cells [J]. Molecular and Cellular Biology, 2009, 29(1): 20-30
- [16] 杨强,李新华,王琳,等.银杏果多糖的物化性质及抗氧化活性研究[J].现代食品科技,2013,29(10):2395-2400
- YANG Q, LI X H, WANG L, et al. Physicochemical properties and Antioxidant Activity of *Ginkgo biloba* L. Nut [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(10): 2395-2400

现代食品科技