DOI:10.3969/j.issn. 1673-1689.2018.03.016

油茶籽多糖Ⅰ的分离纯化、单糖组分及降脂作用

张宽朝， 文 汉*， 陶 俊， 王海林
（安徽农业大学 生命科学学院，安徽 合肥 230036）

摘要：对油茶籽多糖Ⅰ(Camellia Oleifera Seed Polysaccharide Ⅰ，CPSⅠ)的分离纯化、单糖组分分析及其降脂作用进行研究。从油茶籽中提取水溶性粗多糖，采用DE-52纤维素柱层析、Sephadex G-100柱层析和亲和层析纯化得油茶籽多糖Ⅰ(CPSⅠ)，毛细管电泳法研究CPSⅠ的单糖组分。使用高血脂小鼠模型，测定CPSⅠ对总胆固醇(T-CHO)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、3-羟基-3-甲基戊二酰辅酶A还原酶(HMG-CoA)和粪固醇的影响，研究CPSⅠ的潜在降脂机制。油茶籽多糖Ⅰ(CPSⅠ)为具有多种磷酸基团的复合多糖。CPSⅠ由木糖、半乳糖组成，CPSⅠ水解液中半乳糖和木糖的摩尔比为4.6:5.57。与高血脂组相比，CPSⅠ处理组小鼠血清T-CHO和LDL-C显著下降，粪固醇摩尔质量浓度升高，但HDL-C和HMG-CoA还原酶活性没有变化，CPSⅠ对预防小鼠高血脂有一定疗效，其可能在降低心血管疾病风险方面发挥一定的作用。

关键词：油茶籽；多糖；纯化；组分分析；降血脂
中图分类号：S 794.4　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1673—1689(2018)03—0329—07

Purification, Components Analysis and Hypolipidemic Activity of a Polysaccharide from *Camellia oleifera* Abel. Seeds(CPS Ⅰ)

ZHANG Kuanchao， *WEN Han**， *TAO Jun*， *WANG Hailin*
(Anhui Agricultural University, College of Life Science, Hefei, 230036, China)

Abstract: The purification, components analysis and hypolipidemic activity of a polysaccharide from *Camellia oleifera* Abel. seeds (CPSI) were studied. The crude polysaccharides were extracted from the seeds of *Camellia oleifera* Abel. using deionized water. The *Camellia oleifera* seeds polysaccharides (CPS) were further separated and purified by anion exchange chromatograph on DE-52, Sephadex G-100 column and affinity chromatography. The monosaccharide composition in the *Camellia oleifera* seed polysaccharide Ⅰ was determined by capillary electrophoresis.The potential mechanisms underlying lipid-lowering affect of CPSI were examined, specifically alterations in levels of the total cholesterol(T-CHO), High-density lipoprotein cholesterol(HDL-C), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), 3-hydroxy-3-methyl glutaryl coenzyme A reductase

收稿日期：2015-10-19
作者简介：张宽朝(1981—)，男，安徽涡阳人，农学硕士，高级实验师，主要从事应用生物化学方面的研究。E-mail:zhangkch1980@126.com
* **通信作者**：文 汉(1963—)，男，安徽霍邱人，理学学士，副教授，硕士研究生导师，主要从事应用生物化学方面的研究。
引用本文：张宽朝，文汉，陶俊，等. 油茶籽多糖Ⅰ的分离纯化、单糖组分及降脂作用[J]. 食品与生物技术学报，2018，37(03)：329-335.

(HMG-CoA) and coprosterol,using a mice model of hypercholesterolemia. CPS Ⅰ was conjugated polysaccharide which has many phosphate groups. The polysaccharide contained xylose and galactose,and the mole ratio of galactose and xylose was 4.6:5.57 in the hydrolytic solution of CPS Ⅰ.Serum T-CHO,LDL-C levels in mice treated with CPSI declined significantly when compared to hyperlipid control group,and coprosterol of mice in the groups treated with CPSI was higher than that in hyperlipid control group.Serum HDL-cholesterol and HMG-CoA activity,however,was unchanged.These results indicate that CPSI is useful for the prevention of hyperlipidemi in mice and it may therefore play a valuable role in reducing cardiovascular risk.

Keywords: *Camellia oleifera* seed,polysaccharide,purification,components analysis,lipid-lowering effect

油茶(*Camellia oleifera* Abel.)是山茶属植物,常绿灌木或小乔木,起源于中国,分布在广西、湖南、江西、安徽等中国南方的18个省(自治区、直辖市),在东南亚的北部也有少量存在。据山海经记载,中国利用油茶种子的历史已超过2 000年[1]。

从油茶籽中提取的油茶油,是一种高品质的食用油,被称为"东方橄榄油"[2],与棕榈油、橄榄油、椰子油并称世界四大木本油料[3]。油茶油因具有不饱和脂肪酸及多酚含量高等特点,所以是非常健康的[4-5]。油茶油中油酸、亚油酸、不饱和脂肪酸含量均比菜籽油、花生油、大豆油、红花籽油、猪油含量高[6]。

目前,油茶的种子主要用于制油。最近的研究表明,油茶籽中含有大量生物活性多糖以及蛋白质、脂肪、单宁酸、咖啡因和皂甙等活性成分[7]。因此,应进一步挖掘油茶籽的综合利用价值。

如今,伴随肉、脂肪和乳制品消耗的增加,心脑血管疾病正严重危害人类健康,而脂质代谢与心脑血管疾病密切相关,脂质代谢紊乱所致的动脉粥样硬化是引发心脑血管疾病的重要因素[8]。已知的降脂药物(他汀类、贝特类、烟酸和胆汁酸螯合剂等)调节脂质的代谢机理不同,还可能伴有严重的不良反应[9]。

研究与开发天然来源的降脂药物具有很大的市场需求。多糖是与人类生命功能密切相关的四种基本物质之一。多糖具有多目标、毒性低、临床应用前景广等特点。许多研究表明,多糖具有增强机体免疫功能、抗肿瘤、抗氧化、抗衰老、保护消化系统、抗菌、抗病毒、降血糖和脂肪、抗辐射、抗凝血等多种生物学效应。因此,对油茶籽多糖I(CPS Ⅰ)的分离、纯化、单糖成分分析及其对高脂血症小鼠的降血脂功能进行了研究,为油茶籽的综合开发利用提供参考,为进一步研究油茶籽多糖结构与其活性功能的关系提供一定依据。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

1.1.1 材料 油茶籽:由安徽黄山徽山食用油业有限公司提供,室温贮存;四周龄雄性小白鼠(体重20±2 g):购自安徽中医学院动物中心。

1.1.2 试剂 DE-52:Pharmacia公司产品;果糖、葡萄糖、半乳糖、木糖、甘露糖及阿拉伯糖:美国sigma-aldrich公司;低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)试剂盒、总胆固醇(T-CHO)试剂盒:长春汇力生物技术有限公司;生理盐水:安徽丰原药业股份有限公司;硫酸软骨素:蚌埠宏业生化制药厂;卵黄乳:上海信然生物科技有限公司;蒽酮、氯化钠、三氯乙酸、丙酮、浓硫酸、乙酸乙酯、异戊醇、氯仿、甲醇、乙醇、氢氧化钠、盐酸等:均为国产分析纯。

1.1.3 仪器 高效毛细管电泳仪:美国BECKMAN公司;紫外分光光度计:上海瑞利分析仪器公司;傅立叶变换红外光谱分析仪:美国热电公司;MC99-3自动液相色谱分离层析仪:上海沪西分析仪器厂有限公司;LXJ-IIB大容量低速离心机:上海安亭科学仪器厂;冷冻干燥机:北京德天佑科技发展有限公司;722S型分光光度计:上海精密科学仪器有限公司;数控超声波清洗器:昆仑市超声仪器有限公司;FA1 104分析天平:上海精科天平;旋转蒸发仪:上海亚荣生化仪器厂。

1.2 实验方法

1.2.1 多糖含量的测定 蒽酮比色法,以葡萄糖体积为横坐标,吸光度值为纵坐标,回归方程为:y=1.581 8x+0.010 4,R^2=0.993 4(式中,y 表示 $OD_{620\ nm}$,x 为葡萄糖体积 mL)。

1.2.2 油茶籽多糖的粗提、Sevage 法除蛋白质 取冷榨油茶籽饼粉末按 1:3 料液比加入蒸馏水,50 ℃恒温水浴浸泡 120 min,超声波恒温水浴浸提 30 min,4 层纱布过滤,残渣重复上述操作一次。滤液 4 800 r/min 离心 10 min,取上清液,加入 4 倍体积 95%乙醇,4 800 r/min 离心 10 min,收集沉淀。Sevage 法除蛋白质,得油茶籽多糖粗品。

1.2.3 DEAE-52 层析 商品 DE-52 常规处理,装柱,取一定量油茶籽多糖粗品溶液上样,3 mol/L NaCl 溶液和蒸馏水各 500 mL 梯度洗脱,洗至无糖检出为止。收集波峰管数的洗脱液,检测多糖含量,供 Sephadex G-100 柱层析使用。

1.2.4 Sephadex G-100 柱层析 常规方法处理 Sephadex G-100,装柱,取一定量 DE-52 层析纯化多糖溶液,上样。蒸馏水洗脱,控制其流速为 1.5 mL/min,收集洗脱液,洗至无糖检出为止。根据波峰形成的顺序,依次收集得油茶籽粗纯化多糖Ⅰ、油茶籽粗纯化多糖Ⅱ、油茶籽粗纯化多糖Ⅲ。

1.2.5 红外光谱分析 以傅立叶变换红外光谱仪对油茶籽粗纯化多糖Ⅰ进行分析。

1.2.6 亲和层析 Sephadex G-100 柱层析后油茶籽粗纯化多糖Ⅰ溶液上铜离子-琼脂糖凝胶亲和层析柱,0.2 mol/L、pH 6.0 磷酸盐缓冲液洗脱,得精制油茶籽多糖Ⅰ(CPSI)。

1.2.7 透析、浓缩、冷冻干燥 CPSI 经蒸馏水透析,50 ℃水浴浓缩。冷冻干燥,收集所得即为 CPSI 精品。

1.2.8 毛细管电泳测定油茶籽多糖Ⅰ的单糖组成

1)电泳条件。石英毛细管柱(58.5 cm×75 μm,有效长度 48.5 cm);运行缓冲液:100 mmol/L 硼砂溶液(pH=10.50);电压:15 kV;压力进样:0.5 Pa×20 s;柱温:25 ℃;检测波长:245 nm。样品及缓冲液于 4 ℃储存,使用前 0.45 μm 微孔滤膜滤过,备用。

2)多糖的水解。精确称取 CPSI 20.0 mg,加入 2.0 mL、2 mol/L 的 H_2SO_4 溶液,于 10 mL 具塞试管内 100 ℃水解 8 h 后,得水解样品溶液。以 4 mol/L NaOH 溶液中和至 pH 7.0,以水稀释至 5.0 mL,离心,上清液为多糖水解样品,备用。

3)衍生物的制备

标准单糖混合液的配制:分别精密称取 0.0 018 g 甘露糖、0.0 036 g 半乳糖、0.0 036 g 鼠李糖、0.0 030 g 木糖,加水溶解并定容至 10 mL。

标准单糖混合液的衍生:精密吸取 50 μL 单糖混合液,加入 50 μL、0.3 mol/L NaOH 和 50 μL 0.5 mol/L PMP 甲醇溶液,涡旋混合 30 s,具塞试管内 70 ℃水浴反应 30 min,冷却至室温,加入 50 μL、0.3 mol/L HC1 中和,以 100 μL 去离子水稀释混匀后,加入氯仿 1 mL 涡漩混匀 30 s,静置 5 min,重复萃取上层水相 2 次,0.45 μm 微孔滤膜过滤,进样。

多糖水解样品的衍生:将水解后的 CPSI 按标准单糖衍生化的方法处理,进样。

1.2.9 油茶籽多糖Ⅰ降血脂研究

1)试剂的配制。75%蛋黄乳注射液、2 mg/mL 硫酸软骨素注射液、低剂量 CPSI 注射液(0.5 mg/mL CPSI 注射液)、中剂量 CPSI 注射液(1 mg/mL CPSI 注射液)、高剂量 CPSI 注射液(2 mg/mL CPSI 注射液)。

2)高脂模型的建立。将小鼠分成两组,其中空白对照组小鼠每天注射 0.5 mL 的生理盐水,其它小鼠每天注射 0.5 mL 的 75%蛋黄乳,第三天禁食 12 h 后剪尾采血测小鼠 TC 含量,取其中造模成功的小鼠。

3)分组与指标测定。取造模成功的小鼠随机分组,分别为高剂量组、中剂量组、低剂量组、高脂组、阳性对照组。其中,高剂量组、中剂量组、低剂量组每天注射 0.5 mL 蛋黄乳和相应浓度的 CPS Ⅰ注射液;阳性对照组每天注射 0.5 mL 蛋黄乳和 0.2 mL 硫酸软骨素;高脂组每天注射 0.5 mL 蛋黄乳和 0.2 mL 生理盐水;空白组每天注射 0.7 mL 生理盐水;多糖对照组每天注射 0.5 mL 生理盐水和 0.2 mL 均剂 CPS Ⅰ注射液。

连续维持 7 d,禁食 12 h 后剪尾采血,测定 T-CHO,HDL-C,LDL-C 和 HMG-CoA。

注射 CPS Ⅰ后第 5 天起收集小鼠粪便,70 ℃烘干至恒质量。以料液比 1:30 加入冷丙酮,20 ℃超声波提取 60 min,离心,上清液即为粗粪固醇。

1.3 数据的处理与分析

实验数据用 v7.55 版 DPS 数据处理系统统计分析,以 EXCEL 2003 作图。

2 结果与讨论

2.1 DE-52 分离粗多糖

目前在多糖纯化中阴离子交换层析法是普遍采用的一种方法。经 DE-52 柱分离后,自动部分收集器收集各组分,蒽酮比色法测定多糖。DE-52 离子交换层析图谱见图 1。DE-52 为中等碱性阴离子交换剂,可用以分离中性多糖与酸性多糖,图 1 中出峰较为集中且仅有 1 个峰,表明冷榨油茶籽饼中主要为带负电荷的酸性粗多糖,且多糖各组分间等电点差异较小。因此,下一步对 DE-52 分离后的样品采用 Sephadex G-100 进行分离,以便根据相对分子质量大小差异进一步纯化油茶多糖各组分。

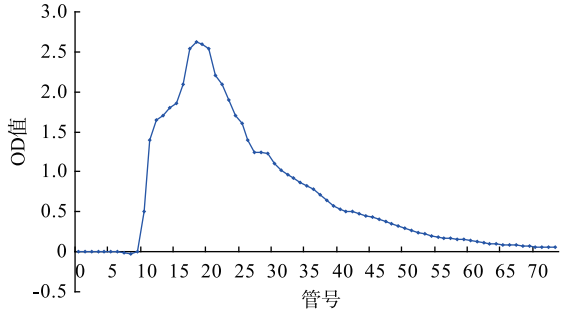


图 1 DE-52 分离粗多糖

Fig. 1 Elution of crude polysaccharide by DE-52 column

2.2 Sephadex G-100 纯化油茶多糖

DE-52 分离后的样品经 Sephadex G-100 柱分离,自动部分收集器收集各组分,蒽酮比色法测定多糖。Sephadex G-100 层析图谱见图 2。根据油茶籽粗多糖中各组分相对分子质量的差异,可得 3 个多糖峰,依次命名为油茶籽粗纯化多糖 I(CCPS I)、油茶籽粗纯化多糖Ⅱ(CCPS Ⅱ)、油茶籽粗纯化多糖Ⅲ(CCPS Ⅲ)。

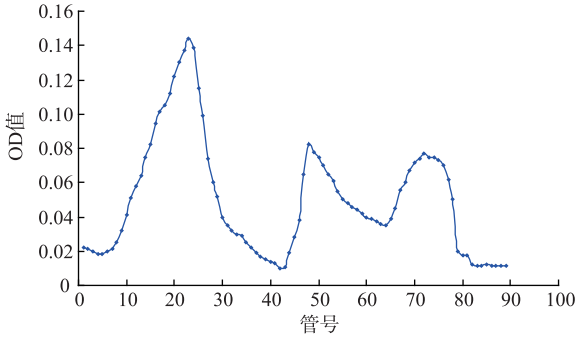


图 2 Sephadex G-100 纯化油茶多糖

Fig. 2 Purification diagram of CPS on Sephadex G-100 column

油茶籽粗多糖三个 Sephadex G-100 纯化组分中,CCPS I 含量较多、相对分子质量较大,而且经过预实验发现其较 CCPS Ⅱ、CCPS Ⅲ降血脂效果显著。因此,后续重点研究 CCPS I。

2.3 油茶籽粗多糖 I 的红外光谱分析

从红外光谱图 3-4 可以看出,CCPS Ⅰ样品在 1 000~1 200 cm^{-1} 有多糖类吸收峰,在 844±8 cm^{-1} 有吸收峰,说明 CCPS Ⅰ是 α-的端基差向异构体,C-H 是平伏的。与磷酸盐标准图对比发现,两者在 940-970 cm^{-1} 均存在非常强的 PO_4^{3+}对称伸缩,且吸收峰峰位对比发现,除多糖类吸收峰位外,两者峰位有较高一致性,因此认为,CCPS Ⅰ与磷酸盐具有较高的曲线匹配度,而实验操作中未引入磷酸盐,同时,CCPS Ⅰ可以和蒽酮发生显色反应,故推测 CPS Ⅰ可能为结合磷酸基团的复合多糖。

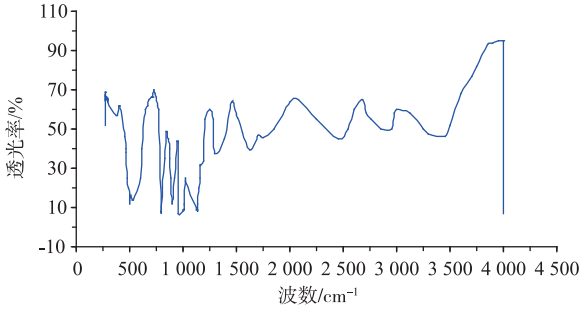


图 3 油茶籽粗纯化多糖 I(CCPS I)的红外光谱图

Fig. 3 CCPS I IR map

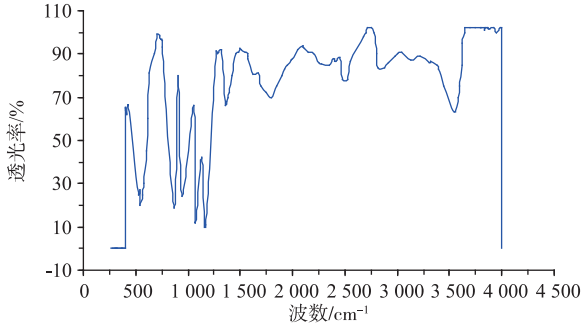


图 4 磷酸盐标准图

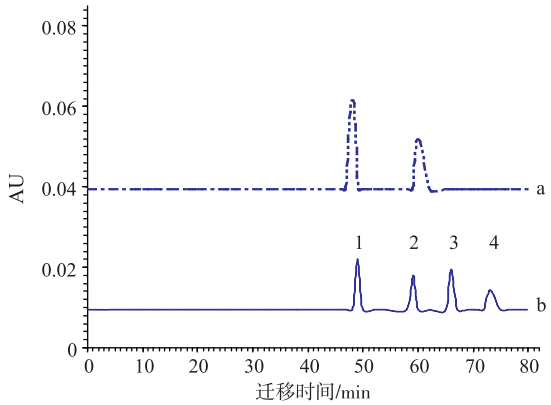
Fig. 4 Phosphate standard map

因此,根据磷酸基团能与金属离子螯合的特点,采用特异性较高的铜离子-琼脂糖凝胶亲和层析进一步纯化 CCPS Ⅰ,实验获得单一洗脱峰,波峰管溶液可与蒽酮-硫酸发生特异性显色反应,进一

步验证 CPSⅠ可能为结合磷酸基团的复合多糖。同时,通过亲和层析纯化,获得了经精制纯化的油茶籽多糖Ⅰ(CPSⅠ)。

2.4 CPSⅠ的单糖组成

在图 5 中,a 为油茶籽 CPSⅠ水解后的毛细管电泳图谱,b 是标准单糖混合液的毛细管电泳图谱。由图可知,油茶籽 CPSⅠ经酸水解成为两种单糖,其图谱中两个峰分别与混标中的木糖、半乳糖的出峰时间相对应,可以得出油茶籽 CPSⅠ由木糖和半乳糖两种单糖组成。



a 为 CPSⅠ水解后的毛细管电泳图谱;b 为标准单糖混合液的毛细管电泳图谱。b 中 1 木糖,2 半乳糖,3 鼠李糖,4 甘露糖。

图 5 4 种标准单糖混合液及 CPSⅠ水解后的电泳图谱

Fig. 5 Electrophoretogram of four standard mixture simple sugars and CPSⅠ

根据图 5 中各单糖的峰面积,计算可知油茶籽 CPSⅠ的水解液中半乳糖和木糖的摩尔比为 4.6:5.57。

2.5 CPSⅠ对高血脂小鼠 T-CHO、HDL-C、LDL-C 的影响

总胆固醇(T-CHO)是血液中所有脂蛋白所含胆固醇之总和。总胆固醇增高是导致动脉粥样硬化的一个非常重要的危险因素。表 1 数据表明,各种浓度多糖降脂程度依次是高剂量、中剂量、低剂量油茶籽多糖,其中中浓度和高浓度比硫酸软骨素降脂效果好。且多糖对照组较空白组小,更好地说明了 CPSⅠ具有较好的降脂效果。

高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C),能够驱动胆固醇逆转运,通过逆转运作用把血液和组织中多余的胆固醇携带经肝脏分解逆向排除体外。表 2 数据表明,各种浓度 CPSⅠ注射液不能提高血液中 HDL-C 的浓度,不具有生物统计学意义。

表 1 CPSⅠ对高血脂小鼠 T-CHO、HDL-C、LDL-C 的影响(n=6,$\bar{X}\pm s$)

Table 1 Effect of CPSⅠ on serum T-CHO, HDL-C, LDL-C in hyperlipidemia mice(n=6,$\bar{X}\pm s$)

处理	T-CHO/(mmol/L)	HDL-C/(mmol/L)	LDL-C/(mmol/L)
高脂组	5.68±1.08	2.26±1.37	2.69±0.27
高剂量组	2.33±0.76[b]	1.03±0.67	1.76±0.29[b]
中剂量组	3.31±0.25[b]	1.15±0.36	1.82±0.34[a]
低剂量组	4.06±1.87	1.94±1.53	1.81±0.56[b]
多糖对照组	2.16±0.31[b]	0.42±0.04[a]	1.38±0.37[b]
阳性对照	3.75±1.05[a]	1.63±0.80	2.13±0.41
空白组	2.45±0.37[b]	0.55±0.16[a]	1.49±0.24[b]

注:a 为 p<0.05,b 为 p<0.01。

低密度脂蛋白(LDL-C)是人体重要的脂蛋白,可运送胆固醇到全身供细胞利用。但如果血中 LDL 的浓度过高,则容易在血管壁造成堆积,与纤维蛋白原、血小板、巨噬细胞等发生作用,形成血管粥状硬化,阻塞血管。LDL-C 即低密度脂蛋白胆固醇,在整个 LDL 的分子结构中所占的比例相对稳定,因此,可以通过 LDL-C 来判断 LDL 的整体水平。LDL-C 过高,被视为血管阻塞的危险因子。研究结果表明,小白鼠在注射外源性胆固醇后,LDL-C 浓度显著升高。其中高剂量组、中剂量组、低剂量组均能很好的降低 LDL-C 水平。

2.6 CPSⅠ对高血脂小鼠 HMG-CoA 的影响

HMG-CoA 还原酶是动物与人体中肝细胞合成胆固醇过程中的限速酶,催化生成甲羟戊酸,抑制 HMG-CoA 还原酶能阻碍胆固醇合成。表 2 数据表明,与空白组相比,高脂组 HMG-CoA 还原酶活性下降,这可能是因为外源性胆固醇的增加,反馈抑制胆固醇的合成,从而降低 HMG-CoA 还原酶活性。同时注射蛋黄乳和 CPSⅠ可以极显著提高 HMG-CoA 还原酶活性。在多糖对照组时,HMG-CoA 还原酶活性稍微下降,但不显著。

2.7 CPSⅠ对高血脂小鼠粪固醇的影响

粪固醇是消化道中未被吸收的胆固醇在结肠被细菌利用,将 C-5 与 C-6 间的双键还原生成的产物之一,随粪排出。表 3 数据表明,与空白组比较,高剂量 CPSⅠ注射液能极显著提高小鼠排出粪固醇的能力,中剂量 CPSⅠ和低剂量的 CPSⅠ仅促进胆固醇排出的能力略有提升,可能是由于 CPSⅠ剂量

不足的原因。

表 2　CPS Ⅰ对高血脂小鼠 HMG-CoA 的影响(n=6,$\bar{X}\pm s$)

Table 2　Effect of CPS Ⅰ on serum HMG-CoA reductase activity in hyperlipidemia mice(n=6,$\bar{X}\pm s$)

处理	HMG-CoA 还原酶活性/(μmol/(min·mg))
高脂组	13.31±3.83[b]
高剂量组	44.93±2 1.62
中剂量组	27.74±3.85
多糖对照组	11.93±5.50[b]
空白组	17.84±7.10[b]

注:a 为 p<0.05,b 为 p<0.01。

表 3　CPS Ⅰ对高血脂小鼠粪固醇的影响(n=6,$\bar{X}\pm s$)

Table 3　Effect of CPS Ⅰ on coprosterol in hyperlipidemia mice(n=6,$\bar{X}\pm s$)

处理	粪固醇摩尔质量浓度/(μmol/g)
高剂量组	1 5.11±2.01[b]
阳性对照	1 3.92±3.30
中剂量组	1 2.04±5.09
多糖对照组	1 0.62±2.18
高脂组	1 0.56±2.13
低剂量组	9.77±2.89
空白组	8.80±0.57

注:a 为 p<0.05,b 为 p<0.01。

与高血脂组相比,CPSI 处理组小鼠血清 T-CHO 和 LDL-C 显著下降，粪固醇摩尔质量浓度升高,但 HDL-C 和 HMG-CoA 还原酶活性没有变化。同时，实验对硫酸软骨素与 CPSI 的降血脂作用进行了比较研究。临床医学证明,硫酸软骨素可以清除体内血液中的脂质和脂蛋白,清除心脏周围血管的胆固醇,防治动脉粥样硬化,并增加脂质和脂肪酸在细胞内的转换率。比较实验发现,CPSI 降低小鼠血清 T-CHO、LDL-C 的能力优于或接近硫酸软骨素降低小鼠血清 T-CHO、LDL-C 的能力,CPS Ⅰ提高小鼠排出粪固醇的能力也优于或接近硫酸软骨素的作用能力。因此,CPSI 对预防小鼠高血脂有一定疗效，每日补充注射 CPSI 可导致高血脂小鼠血清总胆固醇和 LDL 胆固醇浓度显著的降低,其可能在降低心血管疾病风险方面发挥一定的作用。

一般认为,降低血清胆固醇的机制可能是脂肪和/或胆汁酸吸收障碍,从血液到组织的脂类运输的减少,胆固醇生物合成的内源性抑制和胆固醇分解代谢的增强[10]。

虽然 CPSI 降脂作用的机制仍不完全明确,但在初步的实验中发现 CPSI 可能导致粪固醇排泄的增加。因此,喂饲高胆固醇饮食小鼠的降脂机制可能在于通过干扰肠道内胆固醇的吸收,增加粪固醇的排泄,抑制外源胆固醇的吸收从而促进体内胆固醇的直接消耗。据报道,包括藻多糖在内的膳食纤维降低血脂水平主要就是通过在空肠内干扰胆固醇的吸收,在回肠内重吸收胆汁酸,从而增强粪便中胆固醇和胆汁酸的的排泄[11-12]。

3 结　语

作者从冷榨油茶籽饼中提取、纯化得到了水溶性多糖 I(CPSI)。分析发现,CPSI 可能是一种具有多种磷酸基团的复合多糖。毛细管电泳分析结果表明,CPSI 由木糖、半乳糖组成,油茶籽 CPS Ⅰ的水解液中半乳糖和木糖的摩尔比为 4.6:5.57。

研究表明，油茶籽 CPSI 具有降低高脂血症的治疗作用,有一定的应用前途。CPSI 的配合使用可能是减轻高血脂症的一种安全有效的方法。CPSI 可以开发作为一种保健食品,广泛用于高胆固醇血症患者的辅助治疗，但对 CPSI 作用的代谢机制和生物活性的评估仍需要进一步的研究。

参考文献:

[1] JOHN M R. Trends in new crops and new uses[M]. Alexandria VA:ASHS Press,2002:222-224.

[2] WANG Xiangnan,CHEN Yongzhong,WU Liqi,et al. Oil content and fatty acid composition of *Camellia oleifera* seed[J]. **Journal of Central South University of Forestry & Technology:Natural Science Edition**,2008,28(3):11-17.(in Chinese)

[3] ZHANG D Q,TAN X F,PENG W X,et al. Improved application of *Camellia oleifera* on biomass energy by enlarging its production[J]. **Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni**,2007,46(z1):109-110.

[4] YU Y S,REN S X,TAN K Y. Study on climatic regionalization and layer and belt distribution of oil tea camellia quality in china [J]. **Journal of Asian Natural Products Research**,1999(14):123-127.

[5] XING Chaohong,LI Jinwei,WANG xingguo,et al. Determination of fatty acid composition and vitamin E content of *Camellia oleifera* oil by chromatographic technique[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2011,30(6):838-842.(in Chinese)
[6] MA J L,YE H,RUI Y K,et al. Fatty acid composition of *Camellia oleifera* oil[J]. **Journal für Verbraucherschutz und Lebens–mittelsicherheit**,2011,6(1):9-12.
[7] LI Tingting,ZHANG Hui,WU Caie,et al. Extraction optimization and antioxidant activity of glycoprotein from *Camellia oleifera* seed[J]. **Journal of Agricultural Machinery**,2012,43(4):148-155.(in Chinese)
[8] WANG Yafang,WANG Qiukuan,HE Yunhai,et al. Effects of a mixture of seaweed fucoidan combined with hawthorn extracts on hypercholesterolemia[J]. **Journal of Dalian Ocean University**,2015,30(3):309-313.(in Chinese)
[9] VISHNU K,SUSHMA S,ASHOK K K,et al. Hypolipidemic activity of *Anthocephalus indicus*(kadam) in hyperlipidemic rats[J]. **Medicinal Chemistry Research**,17(2-7):152-158.
[10] LEOPOLD F,NOACK R. Aktuelle Aspekte der Ballaststoffforschung[M]. Hamburg:Behr's-Verlag,1993:147-155.
[11] HIDEOMI A,MAKOTO K,DANIEL A C,et al. Effect of a seaweed mixture on serum lipid level and platelet aggregation in rats [J]. **Fisheries Science**,2005,71(5):1160-1166.
[12] KODAMA T,NAKAI H,KIRIYAMA S,et al. Hypocholesterolemic mechanisms of non-nutritive polysaccharides (konjac mannan,pectin and carboxymethyl cellulose) in foods[J]. **Eiyo Shokuryo**,1972,25:603-608.

会　议　消　息

会议名称(中文):2018 年世界环境与水资源大会

会议名称(英文):World Environmental & Water Resources Congress 2018
所属学科:水文与工程地质,生态学,水利工程,环境管理与规划,环境生态
开始日期:2018-06-03
结束日期:2018-06-07
所在城市:　美国
具体地点:Minneapolis, MN
主办单位:American Society of Civil Engineers
联系人:Drew Caracciolo
联系电话:703-295-6087
E-MAIL:dcaracciolo@asce.org
会议网站:https://www.ewricongress.org/
会议背景介绍:Created in 1999, the Environmental & Water Resources Institute (EWRI) is the recognized leader within ASCE for the integration of technical expertise and public policy in the planning, design, construction, and operation of environmentally sound and sustainable infrastructure impacting air, land and water resources.

Join leading environmental and water resource professionals to discuss the latest topics in water resources.