

Review on Lipid-Lowing Effects by Polysaccharide

Siyi Zhang¹, Baofu Jia², Xiaofang Wang³, Fubiao Ni¹, Pinxiang Chi¹, Li Bao³, Xi Xu¹, Hong Lin³

¹Renji College, Wenzhou Medical University, Wenzhou Zhejiang

²Inner Mongolia Medical University, Hohhot Inner Mongolia

³Wenzhou Medical University, Wenzhou Zhejiang

Email: 604379355@qq.com

Received: Jan. 28th, 2016; accepted: Feb. 16th, 2016; published: Feb. 19th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Hyperlipidemia is a lipid metabolic disorder with increased blood lipid level in the body, which results in a series of clinical symptoms. Improper diet and other factors can cause body dysfunction and imbalance, which lead to lipid metabolic disorder and hyperlipidemia. Research shows that the direct injury of hyperlipidemia is to accelerate systemic atherosclerosis and is one of the risk factors for cardiovascular diseases. Hyperlipidemia has been shown to relate to stroke, diabetes, hypertension and fatty liver. Thus, how to effectively reduce lipid level is one of most important clinical problems. Polysaccharide is an important biological macromolecular compound and one of the four basic substances for life. It has been proved that polysaccharide has lipid-lowing effects. This review will make a brief introduction on lipid-lowering effect of polysaccharide.

Keywords

Hyperlipidemia, Polysaccharide, Lowering Blood Lipid

多糖降血脂作用的研究进展

张思怡¹, 贾宝福², 王小芳³, 倪福标¹, 池品翔¹, 鲍莉³, 徐熙¹, 林虹³

¹温州医科大学仁济学院, 浙江 温州

²内蒙古医科大学, 内蒙古 呼和浩特

³温州医科大学, 浙江 温州

Email: 604379355@qq.com

收稿日期: 2016年1月28日; 录用日期: 2016年2月16日; 发布日期: 2016年2月19日

摘要

高脂血症是体内脂质代谢紊乱导致血脂水平增高, 并由此引发一系列临床病理表现的病症。饮食不节等可导致机体功能减弱或失调, 脂质代谢紊乱, 发生高脂血症。研究表明高脂血症最主要、最直接的损害是加速全身动脉粥样硬化, 是心血管疾病最重要的危险因素之一, 同时与中风、糖尿病、高血压、脂肪肝等疾病有着密切关系。因此, 有效降低血脂是目前临床研究的热点之一。多糖是重要的生物高分子化合物, 是构成生命的四大基本物质之一。研究证实多糖具有降血脂作用, 本文就多糖降血脂作用的研究进展进行简要概述。

关键词

高脂血症, 多糖, 降血脂

1. 血脂与高脂血症

血脂是人体血浆内所含脂质的总称, 其中包括胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、胆固醇酯、 β -脂蛋白、磷脂、未脂化的脂酸等。高脂血症(hyperlipidemia)是体内脂质代谢紊乱导致血脂水平增高的一种病症, 也就是指血液中一种或多种脂质成分异常增高并由此引发一系列临床病理表现的病症[1]。近年来, 随着人们生活习惯特别是饮食结构的改变, 高脂血症的发病率有明显增高的趋势[2]。其中吸烟, 酗酒, 暴饮暴食是造成高脂血症的主要原因, 另外, 血管上皮细胞的功能也会随年龄渐长而退化, 从而使血脂伺机进入血管壁, 在血管壁内沉积[3]。研究表明, 高脂血症是脑卒中、冠心病、心肌梗死、心脏猝死的重要危险因素[4]。同时, 高脂血症也是促进高血压、糖尿病及糖耐量异常的一个重要危险因素[5]。此外, 高脂血症还可导致脂肪肝、肝硬化、胆石症、胰腺炎、眼底出血、失明、周围血管疾病、跛行及高尿酸血症等。甚至有些原发性和家族性高脂血症患者还可出现腱状、结节状、掌平面及眼眶周围黄色瘤、青年角膜弓等[6]。

目前临床上常用的降脂药物主要包括他汀类[7]、贝特类[8]、烟酸及其衍生物[9]-[11]和胆酸类、鱼油制剂等, 尽管降脂效果显著, 但副作用也都比较严重[12]-[14], 例如加重胃溃疡引起胃肠刺激、使糖耐量降低引起糖尿病、增加尿酸引起痛风, 严重者甚至可引起不可逆性肝损害。我国古代就有使用植物提取物降低血脂的记载, 故从传统药物和植物中寻找新的天然降脂活性成分治疗高脂血症的一条重要途径。

2. 多糖

多糖(Polysaccharide)是一类广泛存在于动物细胞膜、植物和微生物细胞壁中的高分子聚合物, 自 20 世纪 40 年代人类发现真菌多糖具有抗癌作用以来, 大量的药理和临床研究表明, 多糖能提高机体免疫力、促进细胞因子生成[15], 同时还具有抗肿瘤、抗氧化及抗疲劳等功能[16]-[18]。对多糖活性及其作用机理的研究已从一般药理研究发展到细胞、分子水平, 并逐步出现从药品向食品、从治疗向保健方向的转化, 其降血脂作用逐渐引起人们的重视, 且动物实验及人体观察表明, 一定种类的多糖及富含多糖的物质具有显著降血脂效果。其可能的机制包括: 改善肝代谢相关基因的表达, 通过改变肝代谢基因的变化来增强脂肪酸的氧化能力; 促进胆固醇酯化进入肝脏, 从而加速清除血中胆固醇而降低血脂[19]。

3. 多糖与高脂血症

3.1. 魔芋多糖

魔芋为天南星科，魔芋属，魔芋多糖是从魔芋精粉中提取的天然植物多糖物质，是可溶性的优质膳食纤维，具有亲水性、流变性、凝胶性、抗菌性、可食用性、低热值性等多种活性，这些活性决定了魔芋多糖的用途[20]。据国内外研究报道，魔芋多糖具有良好的减肥、降脂降糖和润肠通便作用[21]-[24]。林建维[25]等采用预防肥胖模型法，将昆明雌性小鼠随机分为正常对照组、高脂对照组及高、中、低剂量魔芋多糖与高脂联合处理组，将不同剂量魔芋多糖加入高脂饲料喂养小鼠。各组动物均自由进食，实验周期为20天。实验结束时检测小鼠空腹血糖、血脂、体脂、血清瘦素和小肠粘膜 $\text{Na}^+ \text{-K}^+ \text{-ATP}$ 酶等指标。结果显示魔芋多糖组小鼠体重、餐后血糖、血脂中的血清TC、TG水平、血清瘦素水平和小肠粘膜 $\text{Na}^+ \text{-K}^+ \text{-ATP}$ 酶活性与正常对照组相比显著降低，表明魔芋多糖起到了降脂作用。

3.2. 南瓜多糖

南瓜是葫芦科植物南瓜的果实，富含氨基酸、蛋白质、纤维素及维生素等多种营养成分，南瓜多糖是从南瓜中提取的主要降糖活性成分，以糖蛋白的形式存在[26]。孔庆盛[27]等研究南瓜多糖对小鼠血脂的影响，发现南瓜多糖(200 mg/kg 和 500 mg/kg 南瓜多糖水溶液)可以降低小鼠TC和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)的水平，并升高高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)的水平，这种降脂作用是由于南瓜多糖能改变载脂蛋白 A_1 的构象，使其更有利于与脂类结合，同时载脂蛋白 A_1 又能激活卵磷脂胆固醇酰基转移酶，促进HDL成熟，使胆固醇酯化运进肝脏，从而加速清除血中胆固醇而降低血脂[28]。

常慧萍[29]等将小鼠按血糖和体重随机分为四组，即空白对照组、模型对照组、南瓜多糖组和优降糖组。其中南瓜多糖组给药量为400 mg/kg、优降糖组为15 mg/kg、空白对照组和模型对照组均给予等体积的生理盐水。各组均为灌胃给药，于第9天晚上小鼠禁食12 h，次日晨测定血脂含量。模型对照组小鼠的TC、TG、LDL-C与正常对照组相比显著升高，而HDL-C显著下降；当给予小鼠400 mg/kg的南瓜多糖时，TC、TG、LDL-C分别比模型对照组降低了24.8%、49.7%、25.6%，HDL-C比模型对照组和正常对照组分别升高了93.5%、25%。由此可知，南瓜多糖具有显著降血脂作用。

3.3. 枸杞多糖

枸杞为茄科植物，是我国传统的名贵中药材。枸杞多糖是枸杞生物学作用的有效成分之一。以阿拉伯糖、鼠李糖、木糖、甘露糖、半乳糖、葡萄糖与半乳糖醛酸组成的酸性杂多糖同多肽或蛋白质构成的复合多糖为主，还含有中性杂多糖和葡聚糖同多肽或蛋白质构成的复合多糖[30] [31]。现代医学工作者通过对枸杞多糖药理作用的研究，为其抗癌、抗衰老、保肝等作用提供了理论依据。在比较枸杞及其提取物多糖的实验中发现，枸杞及其多糖对实验性高脂血症家兔的血脂均有明显的降低作用[32]。

在单独研究枸杞多糖对动脉粥样硬化家兔血脂影响实验中，发现枸杞多糖可降低TC、TG，升高HDL-C的作用。罗琼[33]等将枸杞多糖粗品和纯品对实验性家兔高脂血症进行降血脂实验，每天以10 mg/kg的粗品和纯品枸杞多糖分别给予灌胃处理，10天后，与对照组相比，兔血清TC含量平均分别下降了3.82 mmol/L、4.27 mmol/L，TG下降了1.69 mmol/L、3.50 mmol/L，同时HDL-C水平有所提高。结果表明，粗品和纯品均能降低实验性高脂血症兔的血脂水平，且纯品枸杞多糖的降脂效果优于粗品枸杞多糖。另有实验结果表明，6周高脂饲养可显著升高小鼠血脂水平，而给予枸杞多糖灌胃6周后，小鼠血中总胆固醇及甘油三酯明显降低[34]。此外，枸杞多糖可有效限制体重过分增长，同时可显著降低肝组织的脂质过氧化程度，显著提高肝组织中超氧化物酶SOD的活性，维持机体氧化及抗氧化系统的动态平衡，从而使组织的细胞免受自由基的侵害[32]。

3.4. 壳聚糖

壳聚糖又称几丁聚糖、脱乙酰甲壳素或聚氨基葡萄糖，是甲壳质脱乙酰基后得到的衍生物，一种来源于动物的属于高分子直链多糖的膳食纤维，是自然界存在的唯一碱性多糖，也是地球上仅次于植物纤维素的第二大可再生资源，安全无毒、具有良好的生物相容性并可生物降解，被广泛应用于医药、食品、农业、化工、纺织等领域[35] [36]。壳聚糖是一种线性氨基多糖，分子结构和纤维素相似，仅在纤维素分子的 C2 位连接上了氨基或乙酰氨基。正是由于壳聚糖所特有的氨基基团，使其具备了许多独特的性质，如既具有膳食纤维的功能特性，又能发挥特有的碱性多糖的功效。近年来随着壳聚糖在生物医学领域研究的深入，功能方面的应用更是热点，已有研究报道，壳聚糖具有降血脂、提高免疫力、防治糖尿病、抗溃疡、促进伤口愈合、促进上皮细胞生长等功能，被誉为生命第六要素[37] [38]。其中有关降脂减肥的功效深受关注[39] [40]。

研究表明，壳聚糖能显著降低高血脂模型动物的 TC、TG 和 LDL-C 水平，并能提高 HDL-C 的水平。魏涛[41]等将大鼠随机分为高脂对照组和低、中、高三个剂量实验组，各组之间在体重、血清总胆固醇含量均无显著性差异。此后分别给予含 1%胆固醇和 0.2%脱氧胆酸钠的合成高脂饲料同时给予壳聚糖，28 天后，分别测定各鼠空腹 12 h 后的 TC、TG、LDL-C 和 HDL-C 含量等指标。与高脂对照组相比，中、高剂量壳聚糖处理组的 TC 含量分别降低 10.5%、14.2%；低、中、高剂量组的 TG 含量分别降低 27.5%、18.8%和 26.1%；低、中、高剂量组的 HDL-C 分别升高 16.5%、32.7%、50.4%。可见，壳聚糖具有显著降低大鼠血脂并升高 HDL-C 水平的作用。

3.5. 龙胆多糖

中药龙胆为龙胆科植物条叶龙胆、龙胆、三花龙胆或坚龙胆的干燥根及根茎。现代药理学研究表明，龙胆具有保肝、利胆、健胃、降压、抗炎、抗过敏等多种药理作用。中药龙胆中含有的多糖类成分，具有丰富的药理活性[42]。

江蔚新[43]等将大鼠随机分为正常组、模型组、高剂量组、低剂量组，除正常组喂基础饲料外，其余各组均喂高脂饲料，平均每天每只 20 克。在给予高脂饲料的同时分别对低、高剂量组灌胃给予龙胆多糖，正常组和模型组每日灌胃给予同体积的生理盐水，连续给药 20 天，每周称体重一次。末次给药后，取外周血分离血清，通过比较分析 TC、TG、LDL-C、HDL-C 含量，结果显示，龙胆多糖能显著降低高脂血症小鼠血清中的 TC、TG、LDL-C 的水平，同时，还能升高 HDL-C 水平及降低肥胖性小鼠的体重，证明龙胆多糖具有减肥、降血脂的作用。

3.6. 白首乌多糖

白首乌为祖国传统中药，具有养血益肝、固肾益精、乌须黑发和延年益寿的功效[44] [45]。现代国内外研究发现白首乌中含有多种有效成分，具有抗肿瘤、抗衰老和保肝等多方面的药理活性[46]。

在白首乌多糖降血脂作用的研究中，将雄性小鼠随机分为正常对照组、高脂对照组、低、中、高剂量白首乌多糖组。除基础饲料组(正常对照组)外，其他各组均采用高脂饲料(猪油 10%，胆固醇 5%，基础饲料 75%)喂饲。以每天灌胃量为大鼠体重的 2%将白首乌多糖配置成相应浓度的溶液，低、中、高剂量组分别给予白首乌多糖的量为 50、100、200 mg/kg 体质量，正常对照组和高脂对照组给予相应体积的蒸馏水，实验期为 10 天。结果发现高脂对照组的 TC、TG 和 LDL-C 显著高于正常对照组，表明高血脂模型造模成功；高、中剂量白首乌多糖组中 TC、TG 和 LDL-C 均显著低于高脂对照组，HDL-C 显著高于正常对照组。这些结果表明白首乌多糖可以降低 TC、TG 和 LDL-C，提高 HDL-C，具有降血脂活性[47]。

3.7. 翡翠贻贝粗多糖

翡翠贻贝是海产双壳贝类，俗称青口螺，其干制品统称淡菜，有很好的药用和食疗功效。现代药理学研究表明，从贻贝中提取到的多种活性成分，具有抗菌、抗病毒、抗炎、抗氧化、抗肿瘤等作用[48]。

据报道，在翡翠贻贝粗多糖对小鼠降血脂作用的实验中，以高脂饲料喂养小鼠造成高脂血症动物模型，测定并分析 TC、TG、LDL-C、HDL-C 等指标的变化。除正常对照组外，其余各组于实验的首日开始给予高脂饲料，低、中、高剂量组给予的翡翠贻贝粗多糖的量分别为 50、100、200 mg/(kg·d)，低、中、高剂量组血清 TC、TG、HDL-C 含量显著低于模型对照组，说明翡翠贻贝粗多糖能有效降低小鼠 TC、TG、HDL-C 含量；此外，翡翠贻贝粗多糖中、高剂量组血清 HDL-C 含量显著高于模型对照组，由此可见，翡翠贻贝粗多糖对高脂血症的小鼠血清中 HDL-C 有明显提高，对 LDL-C 含量有明显降低作用，从而起到降血脂，降低动脉粥样硬化发生风险的作用[49]。

3.8. 青钱柳多糖

青钱柳是我国一种特有树种和宝贵的中药资源，多糖为其主要活性成分。对于青钱柳多糖的分离纯化已有研究[50] [51]，且证明有降血糖[52]-[55]、增强机体免疫力、降血压、耐缺氧等多种功效[56]。

黄明圈[57]等通过实验证明青钱柳多糖具有降脂效果。每日用高脂乳剂对小鼠进行灌胃，2 周后，随机分为高脂模型组；辛伐他汀阳性对照组；低、中、高剂量多糖组；辛伐他汀合并中剂量多糖组。另取体重相近的同类小鼠作为空白对照组。高、中、低剂量多糖组每日分别给予青钱柳多糖 300、200、100 mg/(kg·d)，辛伐他汀阳性组给予辛伐他汀 3 mg/(kg·d)，高脂模型组等体积蒸馏水进行灌胃，各组正常饲料喂养，自由饮水，4 周后，禁食 12 小时，取血并测定小鼠 TC、TG、LDL-C、HDL-C 值。结果显示，青钱柳多糖能显著降低高脂血症小鼠血清 TC、LDL 水平，虽不能显著降低 TG 及升高 HDL-C 水平，但仍具有一定的调节作用，且在治疗高血脂时呈现一定的量效关系，以高剂量[300 mg/(kg·d)]效果最佳。同时青钱柳多糖在治疗高血脂时，药效与辛伐他汀效果相似，且对辛伐他汀治疗有一定的辅助疗效。

3.9. 北五味子多糖

北五味子在我国传统医学中作为补益强壮剂已有悠久历史，它具有补肾、益气、生津、止泻等作用[58] [59]。北五味子多糖是利用北五味子干燥果实通过超临界二氧化碳流体萃取木脂素后，经高温、高压、瞬间挤出等处理后，得到的具有一定膨胀力、吸水性、持水性和生理活性的多糖类化合物，是一种较理想的果蔬膳食纤维，可作为保健食品或保健食品原料使用。

在北五味子多糖对蛋黄模型小鼠的降血脂作用的研究中，取 50 只小鼠，随机分为空白对照组、蛋黄模型组、北五味子多糖低、中、高(50、100、200 mg/kg) 3 个剂量给药组。除空白对照组给正常饲料外，其余各组均给予高脂饲料，每天饲喂北五味子多糖 1 次，连续给药 8 天，末次给药前 16 小时，除空白对照组外，所有各组小鼠均腹腔注射 75% 蛋黄生理盐水液 0.5 ml/只，并开始饥饿，造成小鼠吸收性急性高胆固醇、高血脂症。末次给药后 1 小时，取血离心分离血清，测定 TC 及 TG 含量。结果显示，北五味子多糖 100 mg/kg 剂量组对蛋黄造成小鼠 TC 和 TG 升高抑制作用显著，随着剂量增加(200 mg/kg)这种抑制作用加强，而剂量减少至 50 mg/kg 时则作用不明显。此外，在北五味子多糖对四氧嘧啶模型小鼠的实验研究中，同样取 50 只小鼠，随机分为空白对照组、四氧嘧啶组、北五味子多糖低、中、高(50、100、200 mg/kg) 3 个剂量给药组，每天饲喂北五味子多糖 1 次，连续给药 15 天，于给药第 6 天，除空白对照组外，所用各组小鼠均尾静脉注射四氧嘧啶 80 mg/kg 生理盐水溶液，末次给药后 1 小时，取血并离心分离血清。结果显示，北五味子多糖 100 mg/kg 剂量组对四氧嘧啶小鼠 TC、LDL 升高有明显抑制作用；50、100、200 mg/kg 剂量组都能明显促进 HDL 升高。由此可见，北五味子多糖具有明显的降血脂作用[60]。

3.10. 仙人掌多糖

仙人掌在临床上用途广泛, 仙人掌多糖是仙人掌活性成分之一, 仙人掌中多糖包括粘液质、果胶、阿拉伯半乳糖等杂聚多糖、纤维素、半纤维素及淀粉[61], 具有降血脂、降血糖、增强免疫力、抗氧化、抗肿瘤、促伤口愈合等作用[62]-[67], 具有开发应用前景。

在仙人掌多糖降血脂功能的实验研究中, 给 SD 大鼠脂肪乳剂灌胃, 成功诱导高脂血症模型。实验分为正常对照组、高脂模型对照组、药物对照组(脂必妥组)和低、中、高仙人掌多糖组(剂量分别为 100、200、400 mg/kg·d), 给药 4 周, 每天记录大鼠的饮水量和进食量, 每周记录大鼠体重。实验期间分别在第一周和第二周末测定空腹 TC 和 TG 的含量。第四周末腹腔主动脉取血测定 TC、TG、LDL-C 和 HDL-C 含量。结果显示: 第二周末, 仙人掌多糖高剂量组大鼠 TC 含量开始明显下降; 第四周末, 仙人掌多糖高剂量组大鼠血清 TC、TG 和 LDL-C 含量分别下降 78.7%, 26.3%, 35.2%, 差异显著。由此可见, 仙人掌多糖能够降低高脂血症大鼠的血脂, 具有降血脂功能[68]。

4. 结语

近年来, 随着生活水平的提高和饮食结构的变化, 高脂血症已成为常见病、多发病, 影响着人类的健康, 不仅如此, 由高血脂引起的诸多并发症如冠心病, 脑梗塞等更是严重威胁着人们的生命, 于是寻求安全有效的治疗高脂血症的方法已成为医药领域迫切需要解决的问题。鉴于多糖具有降低血脂作用及升高高密度脂蛋白水平的功能且兼备安全、副作用少等特点, 为预防和治疗高脂血症提供了可靠的途径, 并有望成为治疗高脂血症及其并发症患者的新型药物, 因此进一步阐述多糖的降脂机制, 为多糖降血脂作用广泛应用于临床医药和保健食品的研究和开发提供更充分的理论依据。

基金项目

温州医科大学仁济学院学生科研立项资助课题(wyrj20150103), 浙江省新苗人才计划项目(2015R413048, 2015R413028), 温州医科大学学生科研立项资助课题(wyx2015101052, wyx2015101061, wyx201401033), 温州市公益性科技计划项目(Y20140739, Y20150094), 温州医科大学人才启动项目(QTJ15001)。

参考文献 (References)

- [1] 苏容, 于德水. 高脂血症的危害及防治[J]. 疾病防控, 2009, 16(8): 127-129.
- [2] 武红玲. 浅谈血脂异常及其对健康的危害[J]. 中国实用医药, 2007(5): 67.
- [3] 沈民. 高血脂比高血压更可怕[J]. 百姓生活, 2010: 48.
- [4] Castro Cabezas, M., Erkelens, D.W. and Van Dijk, H. (2002) Free Fatty Acids: Mediators of Insulin Resistance and Atherosclerosis. *Ned Tijd-Schr Geneesk*, **146**, 103-109.
- [5] 任静. 高脂血症的防治[J]. 当代医学, 2009, 15(2): 71.
- [6] 刘兰勇, 赵喜荣, 李燕. 高脂血症的危害及其预防对策[J]. 综合医学, 2012, 9(26): 150.
- [7] Walsh, J.M.E. and Pignone, M. (2004) Drug Treatment of Hyperlipidemia in Women. *JAMA*, **291**, 2243-2252. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.291.18.2243>
- [8] Grundy, S.M., Vega, G.L. and Yuan, Z. (2005) Effectiveness and Tolerability of Simvastatin Plus Fenofibrate for Combined Hyperlipidemia (the SAFARI). *The American Journal of Cardiology*, **95**, 462-468. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.10.012>
- [9] Davidson, M.H. (2003) Niacin: A Powerful Adjunct to Other Lipid-Lowering Drugs in Reducing Plaque Progression and Acute Coronary Events. *Current Atherosclerosis Reports*, **5**, 418-422. <http://dx.doi.org/10.1007/s11883-003-0014-1>
- [10] Bays, H. (2002) Existing and Investigational Combination Drug Therapy for High-Density Lipoprotein Cholesterol. *American Journal of Cardiology*, **90**, 30-43. [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149\(02\)02971-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149(02)02971-5)

- [11] Miller, M. (2003) Niacin as a Component of Combination Therapy for Dyslipidemia. *Mayo Clinic Proceedings*, **78**, 735-742. <http://dx.doi.org/10.4065/78.6.735>
- [12] Milionis, H.J., Kakafika, A.I. and Tsouli, S.G. (2004) Effects of Station Treatment on Uric Acid Homeostasis in Patients with Primary Hyperlipidemia. *American Heart Journal*, **148**, 635-640. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ahj.2004.04.005>
- [13] Ellen, R.L.B. and Mcpherson, R. (1998) Long-Term Efficacy and Safety of Fenofibrate and a Statin in the Treatment of Com-Bined Hyperlipidemia. *American Journal of Cardiology*, **81**, 60B-65B.
- [14] Bruckert, E., Hayem, G. and Dejager, S. (2005) Mild to Moderate Muscular Symptoms with High-Dosage Station Therapy in Hyperlipidemic Patients—The PRIMO Study. *Cardiovascular Drugs and Therapy*, **81**, 403-414. <http://dx.doi.org/10.1007/s10557-005-5686-z>
- [15] 石磊, 谭岩, 刘志强, 刘淑莹. 虎眼万年青多糖对小鼠免疫功能的调节作用[J]. 中国免疫学杂志, 2002, 18(11): 799-800.
- [16] Xu, H.S., Wu, Y.W. and Xu, S.F. (2009) Antitumor and Immunomodulatory Activity of Polysaccharides from the Roots of *Actinidia Eriantha*. *Journal of Ethnopharmacology*, **125**, 310-317. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2009.06.015>
- [17] Zha, X.Q., Wang, J.H. and Yang, X.F. (2009) Antioxidant Properties of Polysaccharide Fractions with Different Molecular Mass Extracted with Hot-Water from Rice Bran. *Carbohydrate Polymers*, **78**, 570-575. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.05.020>
- [18] Xie, Y., Jiang, S.P. and Su, D.H. (2010) Composition Analysis and Anti-Hypoxia Activity of Polysaccharide from *Brassica rapa* L. *International Journal of Biological Macromolecules*, **47**, 528-533. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.07.008>
- [19] 许文凤. 青钱柳多糖对高血脂小鼠 PPAR γ 及 ATGL 基因表达的影响[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西农业大学, 2012.
- [20] 贾成禹. 魔芋及魔芋多糖[J]. 植物杂志, 1994(5): 26-27.
- [21] 刘红. 魔芋葡甘聚糖对肥胖及糖尿病小鼠的治疗作用[J]. 营养学报, 2002, 24(4): 437-438.
- [22] Chen, H.L., Cheng, H.C. and Wu, W.T. (2008) Supplementation of Konjac Glucomannan into a Low-Fiber Chinese Diet Promoted Bowel Movement and Improved Colonic Ecology in Constipated Adults: A Placebo-Controlled Trial. *Journal of the American College of Nutrition*, **27**, 102-108. <http://dx.doi.org/10.1080/07315724.2008.10719681>
- [23] 黄训端, 何家庆. 银杏黄酮魔芋精粉对大鼠抗氧化及减肥作用的探讨[J]. 营养学报, 2006, 28(5): 409-411.
- [24] 王卫华, 张力华, 周小红. 甘露低聚糖治疗老年人便秘的临床与实验研究[J]. 中国康复, 2006, 19(3): 145-146.
- [25] 林建维. 魔芋多糖对高脂饮食小鼠的降脂降糖作用与机理研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 青岛大学, 2009.
- [26] 江璐, 何计国, 范慧红. 南瓜多糖的研究进展[J]. 食品与药品, 2007, 9(8A): 51-53.
- [27] 孔庆胜, 王彦英. 南瓜多糖的分离、纯化及其降血脂作用[J]. 中国生化药物杂志, 2000, 21(3): 130-132.
- [28] 张勇, 尚德静, 李庆伟. 中药降血脂的研究进展[J]. 自然科学报, 2004, 27(2): 201-204.
- [29] 常慧萍. 南瓜多糖的降血脂作用研究[J]. 生物学杂志, 2008, 25(3): 57-58.
- [30] 方建国, 丁水平, 田庚元. 枸杞多糖药理作用与临床应用[J]. 医学导报, 2004, 23(7): 484-485.
- [31] 刘锡建, 肖稳发, 曹俭, 徐菁利, 王远强, 张红. 枸杞多糖的研究进展[J]. 上海工程技术大学学报, 2008, 22(4): 300-301.
- [32] 吴琦, 李志强, 崔忠慧. 枸杞多糖降血脂和抗动脉粥样硬化作用的研究进展[J]. 牡丹江医学院学报, 2008, 29(2): 68-69.
- [33] 罗琼, 李瑾玮, 张声华. 枸杞及其多糖对家兔血脂的影响[J]. 食品科学杂志, 1997, 18(4): 5-7.
- [34] 朱彩平, 张声华. 枸杞及其多糖对高脂血症小鼠血脂及脂质过氧化的影响[J]. 营养学报, 2005, 27(1): 79-80.
- [35] 黎秋平, 王润连, 张锐, 米雁, 王喜红. 壳聚糖的降脂作用及其机理研究进展[J]. 家禽科学, 2013(9): 45-49.
- [36] 来水利, 王克玲. 壳聚糖及其衍生物的降血脂作用机理[J]. 日用化学品科学, 2008, 31(10): 30-32.
- [37] Muzzarelli, R. (1996) Chitosan-Based Dietary Foods. *Carbohydrate Polymers*, **29**, 309-316. [http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8617\(96\)00033-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8617(96)00033-1)
- [38] 宋淑华, 高春刚. 壳聚糖研究进展[J]. 辽宁体育科技, 2004, 26(5): 50-51.
- [39] 夏文水. 壳聚糖的生理活性及其在保健食品中的应用[J]. 中国食品学报, 2003, 3(1): 77-81.
- [40] 田德峰, 王彦辉, 张景英, 任慧霞. 壳聚糖调血脂活性研究概况[J]. 中国海洋药物, 2000, 19(6): 37-41.

- [41] 魏涛, 唐粉芳, 高兆兰, 王卫平, 金宗濂. 壳聚糖降血脂、降血糖及增强免疫作用的研究[J]. 食品科学, 2000, 21(4): 49-52.
- [42] 刘涛. 中药龙胆的研究进展[J]. 辽宁中医杂志, 2004, 31(1): 85-86.
- [43] 江蔚新, 何文顺, 赵玺. 龙胆多糖的降血脂作用的研究[J]. 黑龙江医药, 2008, 21(4): 31-33.
- [44] 赵冰清, 张为, 周源, 朱舒虹, 熊银鹰, 谭波宇. 瑶族药白首乌的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2006, 17(12): 2396-2400.
- [45] 徐凌川, 梁传东, 吴明燕, 李凤华, 闫滨, 杨勇. 白首乌糖类的提取及含量测定[J]. 山东中医药大学学报, 2003, 27(3): 214-216.
- [46] 尹家乐, 李心, 张士侠, 张洪泉. 白首乌 C₂₁ 甙体酯苷对小鼠急性四氯化碳肝损伤的保护作用[J]. 安徽医药, 2007, 11(3): 198-200.
- [47] 杨小红, 周远明, 张瑜, 曾亚翎, 刘某治, 赵冰清, 唐宇辉. 白首乌多糖降血脂作用研究进展[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(6): 1381-1382.
- [48] 李江滨, 黄迪南. 贻贝的药用价值研究进展[J]. 水产科学, 2004, 23(11): 43-44.
- [49] 李梦婕, 范秀萍, 吴红棉, 胡雪琼. 翡翠贻贝粗多糖降血脂作用的研究[J]. 食品科学, 2012, 33(1): 257-260.
- [50] 李磊, 赵丽, 谢明勇. 青钱柳多糖组分活性及其元素化学形态分析[J]. 厦门大学学报, 2003, 42(1): 73-77.
- [51] 上官新晨, 陈木森, 徐睿庸. 超声波法提取青钱柳多糖[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(6): 809-812.
- [52] 易醒, 谢明勇, 温辉梁. 青钱柳对四氧嘧啶糖尿病小鼠降血糖作用的研究进展[J]. 天然产物研究和开发, 2001, 13(3): 52-54.
- [53] 上官新晨, 陈锦屏, 吴少福. 青钱柳提取物对家兔实验性糖尿病模型降血糖作用的研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2003, 31(6): 117-120.
- [54] 茅彩萍, 顾镇纶. 具有降血糖作用植物的研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2001, 20(5): 1-4.
- [55] Kurihara, H., Harukzau, L. and Shibata, H. (2003) Hypoglycemic Action of *Cyclocarya paliurus* in Normal and Diabetic Mice. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **67**, 877-880. <http://dx.doi.org/10.1271/bbb.67.877>
- [56] 黄贝贝, 肖凤仪, 张文平. 青钱柳对小鼠免疫功能的影响[J]. 江西中医学院学报, 2004, 16(5): 59-60.
- [57] 黄明圈, 上官新晨, 徐明生, 王文君, 沈勇根, 蒋艳, 陈琴, 陈婷婷. 青钱柳多糖降血脂作用的研究[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(1): 0157-0161.
- [58] 吴家荣, 邱德文. 中国常用中药彩色图谱[M]. 兰州: 兰州科技出版社, 1990.
- [59] 张兰杰, 张维华, 赵珊红. 北五味子果实中多糖的提取与纯化研究[J]. 鞍山师范学院学报, 2002, 4(1): 58-60.
- [60] 高晓旭, 孟宪军, 李继海. 北五味子活性多糖降脂减肥作用的研究[J]. 食品工业科技, 2008(11): 248-250.
- [61] Sepúlveda, E., Sáenz, C., Aliaga, E. and Aceituno, C. (2007) Extraction and Characterization of Mueilagein *Opuntia* spp. *Journal of Arid Environments*, **68**, 534-545. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.08.001>
- [62] Yang, N., Zhao, M.M. and Zhu, B.H. (2008) Anti-Dibetic Effects of Polysaccharides from *Opuntia megacantha* Cladode in Normal and Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **9**, 570-574. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2007.12.003>
- [63] Hung, X.J., Li, Q. and Guo, L.J. (2008) Protection of Cactus Polysaccharide against H₂O₂-Induced Damage in the Rat-cerebral Cortex and Hippocampus Differences in Time of Administration. *Neural Regeneration Research*, **3**, 14-18.
- [64] Schepetkin, I.A., Xie, G. and Kirpotina, L.N. (2008) Macrophage Immunomodulatory Activity of Polysaccharides Isolated from *Opuntia polyacantha*. *International Immunopharmacology*, **8**, 1455-1456. <http://dx.doi.org/10.1016/j.intimp.2008.06.003>
- [65] 梁蓓蓓, 刘华钢, 曹俊涛. 仙人掌果多糖对 S₁₈₀ 荷瘤小鼠抑瘤作用的实验研究[J]. 癌症, 2008, 27(6): 580-584.
- [66] 杨宁, 赵谋明, 刘洋. 野生仙人掌多糖抗氧化性研究[J]. 食品科技, 2007, 32(2): 147-150.
- [67] 杨小舟, 黄卫, 曾富华. 仙人掌多糖对高脂血症大鼠体内抗氧化作用的研究[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(10): 2440-2442.
- [68] 黄卫. 仙人掌多糖降血脂功能及其机制的研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.