

植物活性多糖的研究进展

李昕宇,任建武*,罗 婧,张 梦,张遥遥

北京林业大学生物科学与技术学院 北京 100083

摘 要:植物多糖是生物体中广泛存在的物质,是一类由醛糖或酮糖通过糖苷键连接而成的天然高分子多聚物,它是生物体内重要的生物大分子,是维持生命活动正常运转的基本物质之一。不同的植物多糖其单糖组分种类大致相同,但各组分含量相差较大。植物多糖的提取分离方法大致有溶剂法、酶法、超声法、微波法、闪式提取法、超高压技术、膜分离技术以及多种技术联用等,在实际操作中,可根据具体不同的物质选择不同的方法。植物多糖有多种活性功能,如抗氧化、抗衰老、抗疲劳作用,抗肿瘤作用,降血糖、降血脂作用,免疫调节作用,抑菌、抗病毒作用。此外还有其他功能作用,如预防肝损伤、抗辐射、抗突变等。

关键词:植物;活性多糖;单糖组成;提取分离;活性功能

中图分类号:Q629.12;Q946.3

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2018.S.035

Research Progress of Plant Active Polysaccharides

LI Xin-yu, REN Jian-wu*, LUO Jing, ZHANG Meng, ZHANG Yao-yao

College of Biological Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: Plant polysaccharides were widely distributed in organisms. They were natural macromolecular polymers linked by aldose or ketose through glycosidic bonds. They were important biological macromolecules in living organisms, one of the basic things in normal operation. Different plant polysaccharides had almost the same monosaccharide composition, but the content of each component varies greatly. Methods of plant polysaccharide's extraction and separation includes solvent method, enzymatic method, ultrasonic method, microwave method, flash extraction method, ultra-high pressure technology, membrane separation technology and a variety of technologies combined. In practice, different methods can be chosen depending on the specific substance. Plant polysaccharides had a variety of active functions, such as anti-oxidation, anti-aging, anti-fatigue effect, anti-tumor effect, hypoglycemic effect, hypolipidemic effect, immunomodulatory effect, antibacterial and antiviral effect, and some other functions such as prevention of liver injured, anti-radiation, anti-mutation and so on.

Key words: plant; active polysaccharide; monosaccharide composition; extraction; separation; active function

植物多糖,又称植物多聚糖,是植物细胞代谢产生的聚合度超过10个的聚糖。根据其组成成分可分为同多糖和杂多糖,其中同多糖包括淀粉、纤维素等,杂多糖包括半纤维素糖胺聚糖等。多糖是一种可再生资源,极具实用价值。在植物中,糖类物质可以作为其能量物质以及结构成分,还有一些多糖可以参与细胞的代谢以及生理生化功能的调节。糖类作为生命物质的重要组成部分之一,不仅广泛参与各种生命活动^[1],而且还具有多种生物活性,其无毒、无害、无残留、无抗药性作用,还有提高机体免疫

力、抗肿瘤、抗病毒、抗衰老、降血糖及降血脂等作用^[2],备受国内外研究者青睐,是医药、农业、食品等研究领域的热点^[3]。本文归纳总结了部分植物活性多糖的单糖组成,概括了多糖结构,综述了活性多糖的现代提取分离方法及其生物活性功能,为今后深入研究及应用开发植物天然活性多糖提供理论参考价值。

1 多糖的来源

天然活性多糖的来源非常广泛,常见的食物(蔬菜水果、农产品副产物、食用性真菌、海洋植物资源、药食两用资源等)中含量很高,具有非常重要的生物活性^[4]。根据来源可分为真菌多糖、植物多糖和海洋生物多糖等。而植物来源的多糖种类繁

多,研究较深入的有黄芪多糖、人参多糖、枸杞多糖、甘草多糖、当归多糖、五味子多糖、黄精多糖、龙眼多糖、花粉多糖、苹果多糖、南瓜多糖、枣多糖、茶多糖、芦荟多糖、苜蓿多糖、大米草多糖、竹多糖、牛蒡菊糖、桑叶多糖、石斛多糖、魔芋多糖、山药多糖等^[5]。植物多糖根据其存在部位可分为细胞内多糖、细胞壁多糖和细胞外多糖^[6]。

2 植物多糖的单糖组成及其结构

2.1 植物多糖的单糖组成

近年来,对植物多糖的单糖组成成分的研究发现,不同的植物多糖的相对分子质量各不相同,从几万到几百万以上都有,它的主要组成成分有葡萄糖、果糖、半乳糖、甘露糖、木糖、岩藻糖、鼠李糖、阿拉伯糖、糖醛酸等。不同植物多糖的主要成分存在着较大的差异,且各成分的摩尔比也存在很大不同。

夏陈^[7]等利用高效凝胶渗透色谱和高效液相色谱法从红阳猕猴桃的总多糖中分离出 ACP-1、ACP-2、ACP-3、ACP-4 这 4 种单组分多糖;其中 ACP-3 纯度最高,分子质量为 2663 kD,主要含有 L-鼠李糖(17.78%)、D-半乳糖醛酸(25.25%)、D-半乳糖(25.45%)、L-阿拉伯糖(20.51%)、D-葡萄糖(6.14%)、D-甘露糖(2.13%)、D-木糖(1.03%)、D-葡萄糖醛酸(0.97%)及少量 D-岩藻糖(0.74%) (百分比为物质的量分数)。许子竞^[8]等利用水提取金花茶叶得粗多糖 CCTLP,经 DEAE-纤维素层析得 CCTLP-0、CCTLP-0.15、CCTLP-0.3、CCTLP-0.45 四个组份,进一步通过 HPLC 分析 CCTLP-0 和 CCTLP-0.15 酸水解后的单糖,得出其主要由鼠李糖、果糖、半乳糖组成,其单糖摩尔质量比大致为 1.00:1.066:0.384 和 1.00:1.186:0.544。张庆琳^[9]等利用 HPLC 分析黑枸杞、宁夏枸杞与西伯利亚白刺三种果实粗多糖样品的单糖组成,结果表明,三种多糖均由甘露糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖、木糖及阿拉伯糖 8 种单糖组成,但相对含量差异明显,黑枸杞多糖中 8 种单糖的含量分别为:4.68%、6.14%、1.87%、11.09%、11.82%、25.57%、3.04%、34.04%;宁夏枸杞多糖中 8 种单糖的含量分别为:1.70%、3.43%、2.02%、1.74%、15.54%、29.90%、1.92%、42.44%;西伯利亚白刺多糖中 8 种单糖的含量分别为:2.90%、6.29%、0.94%、11.94%、28.71%、23.25%、1.50%、23.29%。余婉莎^[10]等利用 UPLC-TUV 快

速分析和测定药桑椹多糖的单糖组分,准确高效地获得药桑椹多糖的单糖组成主要为 D-甘露糖、L-鼠李糖、D-葡萄糖醛酸、D-葡萄糖、D-木糖、D-半乳糖、L-阿拉伯糖,相对摩尔比为 3.3:1.1:0.29:37.2:0.76:39.7:0.2,但在 D-葡萄糖醛酸和 D-葡萄糖峰之间有少数未知峰未检测出,值得进一步研究证实。邓旭坤^[11]等人通过气相色谱法分析得山楂多糖的单糖组成为木糖、核糖、阿拉伯糖、鼠李糖、果糖、葡萄糖、半乳糖,其质量分数分别为 5.53%、13.85%、14.26%、9.29%、8.37%、19.91%、21.93%。张国强^[12]等研究表明,百合多糖由鼠李糖、阿拉伯糖、葡萄糖、木糖、半乳糖 5 种单糖组成,其含量分别为 4.82%、12.79%、47.02%、13.01%、22.36%。

2.2 植物多糖的结构

多糖是由单糖分子聚合而成的大分子基团,其结构单位是单糖,单糖分子之间通过 α -糖苷键或 β -糖苷键连接在一起形成糖单元^[13],常见的糖苷键有 α -1,4-糖苷键、 β -1,3-糖苷键、 β -1,4-糖苷键和 α -1,6-糖苷键。结构单位可以连成直链,也可以形成支链,直链一般以 α -1,4-苷键和 β -1,4-苷键连成,支链中链与链的连接点常是 α -1,6-苷键^[14-15],多数具有突出生物活性的多糖都具有 β (1 \rightarrow 3)-D-葡聚糖的主链结构^[16]。

植物多糖的结构较为复杂,其结构可分为四级,其中一级结构又称初级结构,指糖残基组成、糖残基的连接顺序和连接方式、糖环的构象和糖苷键的构型等^[17]。一级结构较为复杂,在糖基上可连接部分功能基团,如磷酸基团、硫酸基团、甲基化基团等。高级结构分为二、三、四级结构。二级结构是指多糖骨架链间以氢键结合而形成的各种有规则构象的聚集体,确定寡糖的二级结构,即确定主链二面角 Φ 、 Ψ 或 ω 的值^[18]。多糖的三级结构是在二级结构的基础上,通过非共价键结合,进一步盘曲折叠而形成具有一定形状和大小空间构象。多糖的四级结构是指多聚链间以非共价键结合而形成的聚集体。多糖复杂的结构关系着其不同的生物活性。

3 植物多糖的提取分离方法

近些年,多糖的提取方法多种多样,对于不同的物质其提取方法也不尽相同。常见的提取方法有溶剂法、酶法、超声法、微波法、闪式提取法、超高压技术、膜分离技术以及多种技术联用等。

3.1 溶剂法

溶剂法是提取多糖常用的方法,包括水提法、酸提法、碱提法。多糖是极性大分子,容易与水分子形成氢键而溶于水,而在醇、酮等溶剂中不易形成氢键,溶解度较低^[19]。梁婷婷等^[20]研究认为,采用水提醇沉法提取太子参多糖的最佳温度是 90 ℃、时间是 180 min,提取次数为 3 次,料液比为 1:9。李启艳^[21]等利用水提醇沉法提取党参多糖(CPP),并进行单因素与正交试验,结果表明,CPP 的最佳提取工艺为,党参药材经干燥、粉碎,然后经过石油醚脱脂,95%乙醇脱去低聚糖,挥干溶剂,在提取温度为 85 ℃,料液比为 1:12,提取时间为 1.5 h 的情况下提取 2 次,CPP 的提取率达到 22.57%。

酸提法与碱提法容易造成多糖结构的破坏,因此适合特殊多糖的提取。崔媛^[22]等利用热水浸提、酸提、碱提等方法对薏苡仁多糖进行提取,通过比较发现,酸水提取范围内多糖提取物纯净,且提取率整体优于水提取,碱水提取比水提取的多糖提取率略高,但碱性环境下溶出物较复杂,离心处理后难以得到澄清的溶液,且醇沉的粗多糖深黄色,其含有脂溶性色素和蛋白质等杂质较多。王炜强^[23]等先用水提法从黄秋葵果中提取多糖,再分别用酸提法、碱提法从水提后的残渣中提取多糖,得到了三种黄秋葵多糖,结果表明,三种方法得到的多糖组成基本一致,分子量大小顺序为:碱提多糖>酸提多糖>水提多糖,碱提多糖对提高絮凝率和缩短絮凝时间的效果最好,其次是酸提、水提多糖。

3.2 酶法

酶法提取具有条件温和、提取率高^[24]、后续步骤易处理、可用于工业化生产等优点^[25]。张楠楠^[25]等采用 Minitab15 软件的效应优化器对酶法提取五味子多糖试验进行优化,结果表明,溶液 pH 为 5.7、酶用量为 1.3%、提取温度为 53.3 ℃,多糖提取率的预测值为 14.45%,实际提取率平均为 14.30% (RSD = 1.84%, $n = 6$),与模型预测值间的偏离率为 1.04%,表明模型可靠。赵晨淏^[26]等利用水提法、酶提法、碱提法、酸提法、超声法 5 种提取工艺提取龙眼多糖,结果表明,酶提法的提取率最高,为 6.78%,是水提法的 2.13 倍,且提出多糖的抗氧化活性最高。

3.3 超声法

超声波提取技术是集物理系、化学和工程学于一体的一门综合技术,将超声波应用于提取植物的

有效成分,操作简单快捷,无需加热,提取率高,速度快,效果好,且结构未被破坏,显示出明显的优势^[27]。邱现创等^[28]利用超声辅助水提醇沉法提取铁皮石斛多糖,并采用响应面法优化提取工艺,分析并结合实际实验操作情况得出,提取铁皮石斛多糖的最优工艺条件为:提取温度 40 ℃、液料比 50:1 (mL/g)、超声波处理时间 30 min,实际测得多糖得率为 $(25.28 \pm 0.26)\%$,误差为 1.02%,且可以更好地保护铁皮石斛多糖的抗氧化性。焉鑫^[29]等通过响应面优化了杨树花多糖的提取工艺,结果表明超声辅助提取法是一种有效、操作方便、可靠和可行的方法,其最佳提取工艺条件为超声功率 195 W,提取温度 66 ℃,提取时间 43 min,在此条件下,杨树花多糖的得率为 63.18 ± 1.57 mg/g ($N = 3$),与预测值 62.84 mg/g 相近,说明实验结果与模型符合性良好,所优化的工艺参数准确、可靠。

3.4 微波法

微波法是利用微波的热效应使细胞内部的极性物质吸收能量产生大量的热量从而细胞内部的压力升高,导致细胞壁的破裂,使细胞内部的有效成分溶出^[30]。微波与传统萃取技术相结合,具有时间短、溶剂和能耗低、提取率高等优点,是一种新型的绿色技术^[31-33]。谭莉^[34]等利用响应面法优化微波辅助提取橘皮多糖工艺,选择 3 因素 3 水平的 Box-Behnken Design (BBD) 实验设计考察微波功率、提取温度和提取时间对多糖提取率的影响,得到最佳提取条件为:微波功率 704 W、提取温度 52 ℃、提取时间 41 min,在此条件下橘皮粗多糖的提取率为 $(19.86 \pm 0.23)\%$ 。郑玲利^[35]等利用微波辅助提取枸杞多糖,响应曲面法优化提取条件并研究了多糖抗氧化性,结果表明微波辅助提取枸杞多糖的最佳工艺为:微波功率 320 W,微波时间 5 min,料液比为 1:10,在该提取工艺下,枸杞多糖的提取率可以达到 10.14%,得到的枸杞多糖对羟基自由基的清除效果较好。

3.5 闪式提取法

闪式提取技术是一种用于植物软、硬组织破碎的新型提取技术,能最大限度保留植物有效成分,使其不会受热破坏,具有溶剂用量小、提取时间短、效率高、刀具耐磨、结构紧凑及使用安全可靠的特点^[36,37]。卫强^[38]等采用回流、微波、超声、闪式 4 种方法对皖南山区红豆杉的 TP 粗茎、YX 粗茎、TP 细茎、YX 细茎、TP 叶、YX 叶中的多糖进行了提取,结

果显示,闪式提取的提取率远大于其他三种,其中 TP 细茎和 YX 叶中提取量达到 7.09、10.25 mg/g, TP 叶中多糖的提取量达到 7.12 mg/g。王宇亮^[39]等利用响应面法优化糖槭叶总多糖的闪式提取工艺,得到最佳工艺参数:料液比为 1:21.40,提取时间为 81.68 s,提取电压为 152.23 V,在此参数下进行提取的糖槭叶总多糖的提取率最高,可达到 6.27%。

3.6 超高压技术

超高压技术在天然活性成分提取方面与其它方法相比较,高效率、高纯度是其主要优点,尤其是提取过程可以在室温条件下进行,避免了热效应对天然活性成分的破坏,得到众多研究者的青睐^[40]。由于细胞内外压差巨大导致细胞膜破裂,从而使植物多糖从细胞内渗透到提取液中,达到提取植物多糖的效果,且得率比较高,具有绿色环保、不需要有机溶剂等优势^[41]。翟占亮^[41]通过利用响应面法优化并结合实际试验操作情况,确定了超高压辅助提取黄秋葵嫩荚粗多糖工艺的最佳条件参数为:超高压时间 6 min,超高压压力 400 MPa,液料比 55:1 (mL:g),在这些提取工艺参数下进行 3 次平行实验,验证预测值的可靠性,结果表明,粗多糖验证得率为 7.15%,与预测值 7.32358% 相似,证明此工艺参数可靠。王新新等^[42]采用超高压技术提取瓜蒌多糖,正交实验结果显示,瓜蒌多糖最佳提取工艺条件为:以水为提取溶剂,提取压力 100 MPa,保压时间 3 min,料液比 1:40 (g/mL),瓜蒌多糖的提取率达 19.11%,且超高压提取得率明显高于超声提取,略低于加热回流提取,但其提取时间分别为加热回流提取和超声波辅助提取的 1/10 和 1/20,提取时间短,且采用本方法提取的多糖性质比较稳定,是提取瓜蒌多糖的适宜方法。

3.7 膜分离技术

膜分离技术以选择透过性膜为分离介质,以膜两侧存在的浓度差、压力差、电位差等为推动力,将原料侧组分选择性透过膜以达到分离提纯的目的^[43]。由于膜分离通常具有可常温操作、分离效率高、操作方便、能有效去除杂质、降低有效成分损失、能有效去除细菌和热源、能有效回收溶剂而节约资源和减少环境污染、适用性强等优点,被认为是目前所掌握的节能的物质分离和浓缩技术之一^[44]。使用膜分离纯化技术可实现不同分子量的多糖的机械分离,可有效改善分离纯化效果^[43]。李晶等^[45]首

次将无机陶瓷膜微滤技术应用于麦冬多糖的纯化,以麦冬多糖的透过率和微滤过程中的膜通量为指标,比较了 0.1 μm 孔径、0.2 μm 孔径和 0.5 μm 孔径的陶瓷膜对麦冬多糖纯化的适宜性,研究结果表明,使用 0.1 μm 孔径的无机陶瓷膜微滤纯化麦冬水提液,在室温及 0.15 Mpa 运行压力的条件下,可达到满意的纯化效果,多糖的透过率为 98.5%,纯度可达 84.8%,从所得多糖的纯度和量方面比较,其纯化效果优于高速离心法、直接减压浓缩法。杜成兴等^[46]为获得含量和纯度较高的瓜蒌皮多糖,保证其生物活性,采用 UF-100 膜分离法对瓜蒌皮粗多糖进行分离纯化,比较不同操作压力、料液温度和运行时间下超滤膜和纳滤膜对多糖渗透通量的影响,测定瓜蒌皮多糖各截留液总糖含量,并与水提醇沉法进行比较,结果表明:超滤膜在操作压力 0.14 Mpa,溶液温度 25 $^{\circ}\text{C}$,每次过膜时间不超过 2 h 的多糖膜通量最大,为 88.5 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;纳滤膜在操作压力 0.4 Mpa,溶液温度 25 $^{\circ}\text{C}$,每次过膜时间不超过 2 h 的多糖膜通量最大,7.1 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,UF-100 膜分离和水提醇沉的瓜蒌皮多糖得率分别为 10.06% 和 7.81%,膜分离瓜蒌皮多糖的得率较高。

3.8 多种技术联用

由于实际被提取的物质性质具有多样性和复杂性,有时候需将多种方法结合起来,弥补各种方法间的不足,使多糖加速溶出,以达到最好的提取效果。如汪荔等^[47]将传统工艺与膜分离技术联用对马齿苋多糖进行分离纯化,通过正交试验对提取工艺进行优化,结果显示,合适的微滤超滤膜联用可以达到纯化马齿苋多糖的目的。

4 植物多糖的活性功能

4.1 抗氧化、抗衰老、抗疲劳作用

植物多糖可抑制体内自由基的产生,也可以直接清除自由基;可促进超氧化物歧化酶 SOD 的释放,提高抗氧化酶的活性,以增强机体对自由基的清除能力和抗氧化能力,从而保护机体膜系统的稳定性,增强体力,抗疲劳,延缓衰老^[5]。Yang 等^[48]采用水提法和碱提法从红豆中提取出水溶性多糖 AWP-1、AWP-2 以及碱溶性多糖 AAP-1,并测定其生物活性后发现 AWP-1 表现出最强的 DPPH 清除能力。黄赛金等^[49]人经 Morris 水迷宫和小鼠跳台实验测试小鼠的学习记忆能力,实验结果表明,衰老小鼠的学习记忆能力增强,说明淡竹叶多糖具有显著的抗衰

老作用。

4.2 抗肿瘤作用

多糖通常是通过作用于宿主免疫系统来发挥其抗肿瘤功效。多糖是生物细胞组分,几乎没有任何毒性,能提高机体抗病能力,具有增强机体细胞抵御癌变的能力^[50]。阎力君等^[51]研究发现,黄芪多糖可以通过阻滞细胞周期于 G2/M,从而抑制结肠癌 SW620 细胞的增殖,通过线粒体途径诱导促进肿瘤细胞发生凋亡,其诱导凋亡机制可能是通过线粒体凋亡通路实现的。牛广才等^[52]从马齿苋中分离纯化出 2 种多糖组分 POPII 和 POPIII,其 2 个剂量组与阴性对照组之间的差异均达显著水平($P < 0.05$),表明 POPII 和 POPIII 均对荷 Lewis 肺癌小鼠足趾皮下接种小鼠有显著的抑瘤效果。

4.3 降血糖作用

研究人员指出,植物多糖通过增加肝糖原、促进外周组织器官对多糖的利用、促进降糖激素和抑制升糖激素作用等途径起到降血糖作用^[53]。张勇^[54]研究枸杞多糖对 2 型糖尿病大鼠的血糖、胰岛素水平、肝糖原等的影响,结果表明枸杞多糖能明显降低血糖、增加大鼠血清中胰岛素含量、减轻大鼠体重。朱振元等^[55]采用小鼠高血糖模型降糖实验方法考察雪莲果多糖的降血糖活性,结果显示,雪莲果粗多糖低、中剂量组空腹血糖值显著降低($P < 0.05$),证明雪莲果多糖体内降血糖效果,还能抑制糖尿病小鼠餐后血糖升高,并显著增强糖尿病小鼠葡萄糖的负荷糖耐量,对高热能饲料辅助链脲佐菌素诱导的糖尿病小鼠肝细胞病理性变化有一定的改善作用,还对糖尿病肾损伤有一定的改善作用,对脾脏有一定程度的保护作用。

4.4 降血脂作用

朱振元等^[55]采用预防性高血脂动物模型实验方法考察雪莲果中提取多糖的降血脂活性,结果显示,雪莲果中糖类成分对高脂饮食所致小鼠血脂升高有明显抑制作用,且纯多糖效果优于粗多糖,能有效预防高血脂症,雪莲果糖类成分尤其雪莲果纯多糖,在降血脂同时,还抑制了胆固醇对肝脏造成的损伤。刘延吉等^[56]研究发现软枣猕猴桃多糖可降低糖尿病模型小鼠血清中总胆固醇、甘油三酯,升高高密度脂蛋白,降低血脂,防止脂类代谢紊乱,对糖尿病并发症有防治作用。

4.5 免疫调节作用

刘蓓等^[57]通过 MTT 法观察了不同浓度的金银

花多糖对体外小鼠脾淋巴细胞的影响,结果表明,不同浓度的金银花多糖(10 ~ 250 $\mu\text{g/mL}$)对小鼠脾淋巴细胞增殖均有显著的促进作用,并且随着金银花多糖浓度的升高促进小鼠脾淋巴细胞增殖的能力先升后降,在浓度为 100 $\mu\text{g/mL}$ 促进效果最为显著。牛广才等^[52]从马齿苋中分离纯化出 2 种多糖组分 POPII 和 POPIII,免疫实验表明,POPII 和 POPIII 对荷 Lewis 肺癌小鼠 NK 细胞毒活性有明显的激活作用,二者均能显著提高 NK 细胞活性,与阴性对照组之间的差异均达显著水平($P < 0.05$);POPII 和 POPIII 能促进荷瘤小鼠淋巴细胞的转化,与阴性对照之间的差异均达显著水平($P < 0.05$);同时,POPII 和 POPIII 对胸腺、脾脏等免疫器官具有一定的刺激增生作用。表明马齿苋多糖 POPII 和 POPIII 具有显著提高机体免疫力的作用。

4.6 抑菌、抗病毒作用

刘海清^[58]用沙棘叶中提取的多糖做过抑菌测试,发现沙棘叶多糖除对白色葡萄球菌 (*Staphylococcus albus*) 无抑菌作用外,对大肠杆菌 (*Escherichia coli*)、四叠菌 (*Micrococcus tetragenu*) 和枯草杆菌 (*Bacillus subtilis*) 均有很强的抑制作用。Zhao 等^[59]对党参脱硫多糖和含硫多糖的抑菌活性的比较研究中发现,脱硫多糖的抗菌活性远高于含硫多糖,且最小抑菌浓度 MIC 分别为 35 和 70 mg/mL 。

4.7 其他作用

除了上述活性功能之外,植物活性多糖还有许多其他功能。Sun 等^[60]发现丹参多糖能够通过上调 PRDX6、抑制脂质过氧化和促进 iNOS 的表达来抑制 NF- κ B 的活性从而达到预防免疫性肝损伤的作用。当归多糖具有抗辐射活性^[61]。多糖还具有抗疲劳、抗溃疡^[62]、抗血管增生^[63]、抗辐射、抗突变等作用。

5 总结与展望

植物多糖是生物体中广泛存在的物质,是生物体内重要的生物大分子,是维持生命活动正常运转的基本物质之一。植物多糖的来源非常广泛,生活中常见的富含多糖的植物性食物有枣、大蒜、南瓜等。不同的植物多糖其单糖组分种类大致相同,主要成分有葡萄糖、果糖、半乳糖、甘露糖、木糖、岩藻糖、鼠李糖、阿拉伯糖、糖醛酸等,但各组分含量相差较大。植物多糖的提取分离方法大致有溶剂法、酶法、超声法、微波法、闪式提取法、超高压技术、膜分

离技术以及多种技术联用等,在实际操作中,可根据具体不同的物质选择不同的方法。经研究试验表明,植物多糖有多种活性功能,如抗氧化、抗衰老、抗疲劳作用,抗肿瘤作用,降血糖、降血脂作用,免疫调节作用,抑菌、抗病毒作用。此外还有一些其他功能,如预防肝损伤、抗辐射、抗突变等。但是多糖的生物合成方式和许多生理活性作用机制并不十分明确,仍需要进一步深入研究。

参考文献

- Whitman CM, et al. J. Chemical glycobiology[J]. *J Am Chem Soc*, 2010, 6: 175-224.
- Huang XJ(黄晓君), et al. Optimized extraction and compositional analysis of polysaccharides from dried stems of *Dendrobium officinale*[J]. *Food Sci*(食品科学), 2013, 22: 21-26.
- Zhang SJ(张淑杰), et al. Advances in bio-active polysaccharides[J]. *Sci Technology Food In*(食品工业科技), 2017, 2: 379-389.
- Xie MY(谢明勇), et al. Research progress on structural analysis of polysaccharides from natural products sources[J]. *J Chin Inst Food Sci Tech*(中国食品学报), 2017, 3: 1-19.
- He YT(何余堂), et al. Biological activity and structure of plant polysaccharides[J]. *Food Sci*(食品科学), 2010, 31: 493-496.
- Liu SZ(刘淑贞), et al. Research advance on biological activity and structure-activity relationships of bioactive polysaccharide[J]. *Food Res Dev*(食品研究与开发), 2017, 38: 211-218.
- Xia C(夏陈), et al. Isolation, purification, monosaccharide composition and anticancer proliferation activity of polysaccharide fraction from hongyang kiwi fruits(*Actinidia chinensis*)[J]. *Food Sci*(食品科学), 2017, 38: 126-131.
- Xu ZJ(许子竞), et al. Extraction, purification and component analysis of polysaccharide from *Camellia chrysantha* (Hu) Tuyama leaves[J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2017, 29: 1148-1153.
- Zhang QL(张庆琳), et al. Crude polysaccharides extracted from three characteristic plants in Qinghai province and their activities[J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2017, 29: 34-39.
- Yu WS(余婉莎), et al. Composition analysis of polysaccharides from fruits of black mulberry and the apoptosis inducing action in tumor cells[J]. *Acta Nutri Sin*(营养学报), 2017, 39: 287-293.
- Deng XK(邓旭坤), et al. Content determination of polysaccharide in hawthorn and component analysis of its monosaccharide[J]. *J South-Central Univ for Nation: Nat Sci*(中南民族大学学报:自科版), 2017, 36(3): 52-56.
- Zhang GQ(张国强), et al. Extraction and composition analysis of polysaccharides in *Bulbus lili*[J]. *Hubei Agric Sci*(湖北农业科学), 2012, 51: 3298-3299.
- Shen S, et al. Optimization of extraction process and antioxidant activity of polysaccharides from leaves of *Paris polyphylla*[J]. *Carbohydr Polym*, 2014, 104: 80-86.
- Yang B, et al. Structural characterisation of polysaccharides purified from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit pericarp. [J]. *Food Chemistry*, 2009, 115: 609-614.
- Kamiryo Y, et al. Soluble branched (1,4)- β -D-glucans from *Acetobacter* species enhance antitumor activities against MHC class I-negative and positive malignant melanoma through augmented NK activity and cytotoxic T-cell response[J]. *Int J Cancer*. 2005, 115: 769-776.
- Rout D, et al. Chemical analysis of a new (1 \rightarrow 3)-, (1 \rightarrow 6)-branched glucan from an edible mushroom, *Pleurotus florida* [J]. *Carbohydr Res*, 2005, 340: 2533-2539.
- Liu WJ(刘文娟), et al. Review of the analytical techniques for advanced structures of botanical polysaccharides [J]. *J Northwest Pharm*(西北药学杂志), 2017, 32: 810-813.
- Yang FS(阳佛送), et al. Advances and methods in study on structure analysis of polysaccharides [J]. *Food Sci Technol*(食品科技), 2008, 3: 200-203.
- Guo FL(郭凤领), et al. Research progress on extraction and function of plant polysaccharides [J]. *J Changjiang Vegetables*(长江蔬菜), 2016, 20(16): 37-40.
- Liang TT(梁婷婷), et al. Polysaccharide extraction from *Radix pseudostellariae* with water extracting-ethanol precipitation method[J]. *J Mountain Agric and Biology*(山地农业生物学报), 2013, 32(1): 79-82.
- Li QY(李启艳), et al. Optimization of extraction process of *Codonopsis pilosula* polysaccharides and study on its composition[J]. *Chin Tradit Herb Drugs*(中草药), 2016, 47: 2663-2667.
- Cui Y(崔媛), et al. Optimization of ultrasound-assisted acid extraction of polysaccharide from coix seed [J]. *Chin Arch Tradit Chin Med*(中华中医药学刊), 2015, 9: 2143-2145.
- Wang WQ(王伟强), et al. Extraction and flocculation properties of okra polysaccharide[J]. *Sci Technol Food In*(食品工业科技), 2017, 21: 76-79.
- Zhang JQ(张锦雀), et al. Research progress on extraction and purification of Chinese herbal medicine[J]. *J Chin Med Mater*(中药材), 2008, 31: 1760-1765.
- Zhang NN(张楠楠), et al. Optimization of enzymatic extrac-

- tion technology of polysaccharides from *Schisandra chinensis* by central composite design-response surface methodology [J]. *China Pharm*(中国药房), 2016, 27: 3142-3144.
- 26 Zhao CH(赵晨洪), *et al.* Effect of different extraction methods on the properties of longan polysaccharides [J]. *Modern Food Sci Technol*(现代食品科技), 2012, 10: 1298-1301.
- 27 Xu R(许睿), *et al.* Progress in extraction and separation of chemical constituents from traditional Chinese medicine during the past 20 years [J]. *Chin Tradit Patent Med*(中成药), 2006, 28: 1646-1651.
- 28 Qiu XC(邱现创), *et al.* Optimization of extraction of polysaccharide from *Dendrobium officinale* and its antioxidant effect on *Drosophila melanogaster* [J]. *Food Sci*(食品科学), 2018, 39: 273-280.
- 29 Yan X(焉鑫), *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction(UAE) of polysaccharides from *Flos populi* with response surface methodology [J]. *Sci Technology Food In*(食品工业科技), 2016, 37: 164-169.
- 30 Chen YW(陈燕文), *et al.* Overview of extraction method, purification method and pharmacological activity of *Lonicera Japonica* polysaccharide [J]. *J Liaoning Univ TCM*(辽宁中医药大学学报), 2017, 1: 155-159.
- 31 Wang LY(王丽昀). Microwave-assisted extraction of effective components from natural product [D]. Beijing: Beijing University Of Chemical Technology(北京化工大学), 2010.
- 32 Weng L(翁梁), *et al.* Empirical study of different extraction methods influence on the antioxidation of polysaccharide in cordyceps militaris [J]. *Food Sci Technol*(食品科技), 2008, 33: 180-182.
- 33 Zhang H(张慧), *et al.* Microwave extraction in food industry [J]. *Food & Machinery*(食品与机械), 2006, 22: 147-150.
- 34 Tan L(谭莉), *et al.* Optimization of microwave-assisted extraction, isolation and purification of polysaccharides from tangerines peel [J]. *Food Sci Technol*(食品科技), 2017, 3: 214-218.
- 35 Zheng LL(郑玲利), *et al.* Microwave-assisted extraction of polysaccharides from *Lycium barbarum* and their antioxidant activity [J]. *Pharm J Chin People's Liberation Arm*(解放军药学报), 2016, 1: 1-4.
- 36 Fan Y, *et al.* Tissue-smashing based ultra-rapid extraction of chemical constituents in herbal medicines [J]. *J Pharmaceut Biomed*, 2014, 95: 213.
- 37 Tang W, *et al.* Evaluation of fatty acid profiles of four kinds of *Osmanthus fragrans*, seeds by combined smash tissue extraction and GC/MS analysis [J]. *Eur J Integr Med*, 2014, 6: 724-724.
- 38 Wei Q(卫强), *et al.* Extraction and purification of polysaccharides from stems and leaves of *Taxus* grown in mountain areas in southern Anhui province and their monosaccharide composition [J]. *Food Sci*(食品科学), 2017, 38: 190-197.
- 39 Wang YL(王宇亮), *et al.* Study on optimization of homogenate extraction of total polysaccharides from *Acer saccharum* marsh leaves [J]. *J Liaoning Tradit Chin Med*(辽宁中医杂志), 2016, 2: 369-372.
- 40 Duan Z(段振), *et al.* EHV technology and its application progress in extracting natural active components from plants [J]. *Food Ferment Ind*(食品与发酵工业), 2017, 43: 245-252.
- 41 Zhai ZL(翟占亮). Study on the extraction and utilization of okra pods polysaccharide [D]. Shandong: Shandong Normal University(山东师范大学), 2016.
- 42 Wang XX(王新新), *et al.* Technology of extracting by ultrahigh pressure and viscosity of polysaccharide from *Trichosanthes kirilowii* Maxim [J]. *Food Sci Technol*(食品科技), 2015, 40: 191-196.
- 43 Zhou JJ(周娟娟), *et al.* Application of membrane separation technology in plant extraction and separation [J]. *Guangdong Chem Ind*(广东化工), 2017, 44(1): 61-63.
- 44 Xu LQ(徐龙泉), *et al.* Application of membrane separation technology in the production and research of traditional Chinese medicine [J]. *Chin Tradit Patent Med*(中成药), 2013, 35: 1989-1993.
- 45 Li J(李晶), *et al.* Study on membrane separation technology in the separation and purification of ophiopogonis Japonicus Polysaccharide [J]. *Guid J Tradit Chin Med Pharm*(中医药导报), 2017, 4: 53-55.
- 46 Du CX(杜成兴), *et al.* Extracting methods of crude polysaccharides from Pericarpium *Trichosanthes* and screening conditions of membrane separation and purification [J]. *Guizhou Agri Sci*(贵州农业科学), 2016, 44: 125-128.
- 47 Wang L(汪荔), *et al.* Extraction and isolation of polysaccharide from *Portulaca oleracea* by traditional process combined with membrane separation technology and evaluation of its anti-oxidant activity [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*(中草药), 2016, 47: 1676-1681.
- 48 Yao Y, *et al.* Antioxidant and immunoregulatory activity of polysaccharides from adzuki beans (*Vigna angularis*) [J]. *Food Res Int*, 2015, 77: 251-256.
- 49 Huang SJ(黄赛金), *et al.* Anti-aging effects of polysaccharides from *Lophatherum gracile* Brongn [J]. *Modern Food Sci Technol*(现代食品科技), 2015, 11: 51-55.
- 50 Liang M, *et al.* Anti-hepatocarcinoma effects of *Aconitum coreanum*, polysaccharides [J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 88: 973-976.