

# 含多糖类中药抗肿瘤作用的研究进展

刘江\*,冯锐,郑颖,陈闻萍(河北医科大学附属第四医院药学部,石家庄 050011)

中图分类号 R285 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2013)47-4497-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2013.47.28

**摘要** 目的:了解含多糖类中药抗肿瘤作用的研究进展。方法:查阅近年来的相关文献,对多糖类中药的抗肿瘤作用及其机制进行综述。结果:中药多糖可分为动物多糖、植物多糖、微生物多糖等多种类别,且各类别中均有多种中药多糖具有抗肿瘤作用,这些多糖类物质可通过多种途径发挥作用。结论:应进一步提取分离多糖类物质,并进行抗肿瘤药理作用研究,为肿瘤治疗提供更安全、有效的药物。

**关键词** 多糖;中药;抗肿瘤机制;研究进展

多糖是一类天然高分子化合物,由醛糖或酮糖通过糖苷链连接在一起。多糖广泛存在于动物细胞膜、植物和微生物细胞壁中,已有300多种多糖类化合物从天然产物中被提取出来,其中从中药中获得的水溶性多糖最为重要。近年来的研究发现,多糖类化合物具有抗肿瘤、免疫调节、抗病毒、抗衰老、降血糖等多种药理活性。其抗肿瘤活性近年来受到研究

者的高度关注,发现其具有多种抗肿瘤途径,且毒副作用相对较少。目前,研究发现有抗肿瘤活性的多糖主要来自动物多糖、植物多糖和微生物多糖,包括蜈蚣多糖、黄芪多糖、枸杞多糖、人参多糖、香菇多糖、灵芝多糖等。

## 1 具有抗肿瘤活性的多糖类别

### 1.1 动物多糖

- 艺研究[J].天然产物研究与开发,2006,18(4):650.
- [37] 孙奎.柴达木盆地黑果枸杞色素最佳提取工艺研究[J].湖北农业科学,2011,50(11):2318.
- [38] 陈晨,文怀秀,赵晓辉,等.黑果枸杞色素中原花青素含量测定[J].光谱实验室,2011,28(4):1767.
- [39] 陈晨,文怀秀,罗智敏,等.白刺色素和黑果枸杞色素中花色苷与总多酚的测定[J].光谱实验室,2010,27(5):1798.
- [40] 陈晨,赵晓辉,文怀秀,等.黑果枸杞的抗氧化成分分析及抗氧化能力测定[J].中国医院药学杂志,2011,31(15):1305.
- [41] 李进,瞿伟菁,张素军,等.黑果枸杞色素的抗氧化活性研究[J].中国中药杂志,2006,31(14):1179.
- [42] 古丽达娜,贾琦珍,陶大勇,等.黑果枸杞色素对小鼠常压耐缺氧及游泳耐力的影响[J].时珍国医国药,2009,20(11):2682.
- [43] 李进,瞿伟菁,刘丛,等.黑果枸杞色素对高脂血症小鼠血脂及脂质过氧化的影响[J].食品科学,2007,28(9):514.
- [44] 马丽艳,陶大勇,陈瑛.黑果枸杞色素对三黄鸡体液免疫、细胞免疫的影响[J].塔里木大学学报,2008,20(4):6.
- [45] 王军,陶大勇,王选东.黑果枸杞色素对三黄鸡抗氧化酶的影响[J].中兽医医药杂志,2009,28(1):29.
- [46] 李进,原惠,曾献春,等.黑果枸杞色素的毒理学研究[J].食品科学,2007,28(7):470.
- [47] 赵晓辉,陶燕铎,邵赟,等.黑果枸杞红色素毒理学安全性评价[J].时珍国医国药,2011,22(2):373.
- [48] 刘增根,陶燕铎,邵赟,等.柴达木枸杞和黑果枸杞中甜菜碱的测定[J].光谱实验室,2012,29(2):694.
- [49] 孟庆艳,马国财,白红进.黑果枸杞中鞣质含量测定方法的优化[J].塔里木大学学报,2011,23(1):9.
- [50] 房江育,马雪泷.影响黑果枸杞缩合单宁测定的因素分析[J].中国农学通报,2006,22(8):105.
- [51] 浩仁塔本,赵颖,郭永盛,等.黑果枸杞的组织培养[J].植物生理学通讯,2005,41(5):631.
- [52] 耿生莲.黑果枸杞移植育苗实验[J].陕西林业科技,2008(3):32.
- [53] 刘荣丽,杨海文,司剑华.五种生长调节剂对黑果枸杞种子萌发及幼苗生长的影响[J].甘肃农业,2011(5):93.
- [54] 栾金水.山楂枸杞保健酸奶的工艺研究[J].中国酿造,2006,25(9):71.
- [55] 林燕文,王茂先,陆宝君.枸杞子、决明子对泡菜中乳酸菌生长的影响[J].食品研究与开发,2006,27(4):67.
- [56] 卢红梅,梁逸曾.枸杞的高效液相色谱指纹图谱[J].中南大学学报:自然科学版,2005,36(2):248.
- [57] 孙晓东,李军,施京红.枸杞基因组DNA的提取与分析[J].陕西中医,2003,24(12):1129.
- [58] 黄璐琦.分子生物学[M].北京:北京医科大学出版社,2000:57.
- [59] Horn D, Gottlieb A. Algorithm for data clustering in pat-tern recognition problems based on quantum mechanics[J]. *Phys Rev Lett*, 2002, 88(1):1.
- [60] 肖小河,夏文娟,秦松云,等.国产姜黄属药用植物叶表皮显微图像模式识别[J].中国中药杂志,2001,26(8):523.
- [61] 张亮,马国祥,张正行,等.中药石斛质量的化学模式识别[J].药学报,1994,29(4):290.
- [62] 王树林,张焕绑,李宗文.枸杞酸乳工艺及配方研究[J].青海科技杂志,1999,6(3):4.
- [63] 李刚,王树宁,曾维丽.凝固型枸杞酸奶的研制[J].食品科学,2005,26(9):272.

(收稿日期:2013-05-16 修回日期:2013-09-10)

\* 主任药师。研究方向:临床药理。电话:0311-86095320。  
E-mail:liujiang9953@163.com

动物多糖的存在和分布极为广泛,几乎存在于所有的动物组织器官中,包括糖原、肝素、甲壳素、玻璃酸、酸性黏多糖或糖胺聚糖、硫酸角质素等<sup>[1]</sup>。现已证实,动物多糖对多种肿瘤均有抑制作用。牛娟娟等<sup>[2]</sup>发现,海洋刺参多糖可抑制人宫颈癌细胞系 HeLa 细胞的增殖,它可能是通过降低增殖细胞核抗原、细胞周期抑制蛋白 Mdm2 的异常表达,使细胞周期发生 G<sub>1</sub> 期阻滞,从而起到抑制细胞增殖的作用。Zhao HX 等<sup>[3]</sup>发现,蜈蚣多糖能显著抑制小鼠 S180 荷瘤的增殖,且明显延长 H22 肝癌移植小鼠的存活时间。蜈蚣多糖可促进特异性和非特异性免疫应答而增强 NK 细胞、细胞毒 T 淋巴细胞活性和 Th1/Th2 细胞的比例,它能显著抑制 mRNA 和免疫抑制细胞因子(IL-10、TGF- $\beta$ )的表达,同时减少花生四烯酸(AA)代谢酶和前列腺素 E<sub>2</sub>(PGE<sub>2</sub>)、20-羟二十烷四烯酸在肿瘤相关巨噬细胞(TAM)中的表达。Wang MY 等<sup>[4]</sup>对大连海胆进行研究,结果发现海胆的卵中含有一种水溶性多糖成分 SEP,可显著促进小鼠脾淋巴细胞增殖,增加 CD4(+)/CD8(+)T 细胞数量,促进细胞毒性 T 淋巴细胞(CTL)、白细胞介素 2(IL-2)、肿瘤坏死因子  $\alpha$ (TNF- $\alpha$ )分泌,提高血清中免疫球蛋白 A、M、G 水平,从而有效抑制 H22 肝癌移植小鼠的肝癌细胞生长。Chen D 等<sup>[5-6]</sup>从壁虎中分离得到一种硫酸化多糖-蛋白复合物,这种化合物能在 S 期抑制 SMMC-7721 细胞增殖,伴随细胞内钙离子浓度降低可抑制 SMMC-7721 细胞的迁移,表明这种化合物对肝癌细胞的迁移有直接影响。他们进一步研究发现,这种化合物可通过修改肿瘤微环境,降低 IL-10 来部分恢复树突状细胞功能。Chen SG 等<sup>[7]</sup>从乌贼的墨汁中分离出一种硫酸多糖,其对 HepG2 肿瘤细胞的增殖无明显的直接影响,但能诱导剂量依赖性地抑制细胞侵袭和迁移,并能抑制鸡胚绒毛尿囊膜血管生成。Wang S 等<sup>[8]</sup>也发现,乌贼墨汁中所含多糖可通过抑制 MMP-2 蛋白水解活性,从而抑制人卵巢癌 SKOV3 细胞侵袭和迁移。Liu CH 等<sup>[9]</sup>从曼氏无针乌贼的墨汁中提取出一种新型糖胺聚糖化合物,此化合物经硫酸化衍生后,具有良好的肿瘤细胞杀伤作用,且能降低由环磷酰胺引起的荷瘤小鼠微核细胞发生频率,具有良好的抗诱变作用。Jiang CX 等<sup>[10]</sup>研究发现,青蛤多糖有很强的清除体外超氧阴离子自由基和羟自由基活性的作用,这可能是它在体外抑制人胃癌 BGC-823 细胞生长的作用机制。Qiu S 等<sup>[11]</sup>研究表明,三角帆蚌中含有的水溶性多糖可抑制 HepG2 细胞增殖,并诱导其凋亡。

## 1.2 植物多糖

植物多糖是从天然植物中提取到的多个单糖通过分子之间缩合或失水而形成的一类分子结构多样的天然高分子,它占植物干重的 80% 以上。现已发现许多植物多糖可通过抑制肿瘤生长、诱导细胞凋亡、增强免疫功能、协同化疗药物等多种途径发挥显著的抗肿瘤作用。Shen L 等<sup>[12]</sup>研究发现,枸杞多糖可阻止 MCF-7 细胞的 S 期生长,且可通过 p53 通路激活胞外信号调节激酶(ERK),从而达到抑制肿瘤细胞生长的目的。黄霞等<sup>[13]</sup>的研究结果表明,枸杞多糖以质量浓度依赖方式抑制人肝癌细胞的生长,阻滞细胞在 G<sub>0</sub>/G<sub>1</sub> 期,并诱导细胞凋亡。Xu C 等<sup>[14]</sup>研究发现,党参根中含有的一个多糖侧链有调节免疫活性的作用,能显著抑制荷瘤小鼠肿瘤生长和淋巴细胞增殖。Wei D 等<sup>[15]</sup>研究发现,红芪多糖的硫酸化衍生物可抑制 A549 细胞和人胃癌 BGC-823 细胞生长,这可能和它将细胞阻滞于 G<sub>1</sub> 期有关。Li C 等<sup>[16]</sup>从人参根中分离纯化出一种均一多

糖,它可抑制人膀胱癌 T24 细胞的增殖和转移,这可能和它在 T24 细胞表面使 M3 受体呈弱表达有关。Wang J 等<sup>[17]</sup>研究发现,人参多糖可刺激巨噬细胞,增强免疫功能,对 K562、HL-60 等细胞有细胞毒作用。Bai L 等<sup>[18]</sup>研究发现,苦参多糖在体内能有效抑制 H22 荷瘤小鼠肿瘤的生长,延长生存时间;在体外,苦参多糖通过上调诱导型一氧化氮合酶(iNOS)活性,能显著增强腹腔巨噬细胞吞噬 H22 肿瘤细胞的作用。Liang M 等<sup>[19]</sup>从黄花乌头的茎中提取出一种粗多糖,灌胃给小鼠后,能特异性地抑制 H22 肿瘤细胞的生长,明显延长 H22 腹水瘤小鼠的生存期。Zhu ZY 等<sup>[20]</sup>研究发现,黄芪多糖可显著减轻 H22 荷瘤小鼠的瘤重。Li SG 等<sup>[21]</sup>从黄芪根中提取出一种水溶性多糖,它能显著抑制人肝癌 HepG2 细胞和人胃癌 MGC-803 细胞的体外增殖。Cao W 等<sup>[22]</sup>研究发现,当归多糖可抑制人宫颈癌 HeLa 细胞生长,这可能与其调节 B 淋巴细胞瘤 2 基因(Bcl-2)家族蛋白表达以及诱导 HeLa 细胞中内在激活线粒体途径凋亡有关。Chen X 等<sup>[23]</sup>从天麻的根茎中分离得到一种水溶性葡聚糖,它能显著抑制胰腺癌细胞的增殖。Cai ZB 等<sup>[24]</sup>从地榆根中分离出一种水溶性多糖,并发现这种多糖不仅能明显抑制小鼠肉瘤 180 移植瘤的生长,而且可显著提高脾脏指数,促进脾细胞增殖、巨噬细胞吞噬功能和血清细胞因子 IL-2、TNF- $\alpha$  和 IFN- $\gamma$  的数量。Zhou FG 等<sup>[25]</sup>研究发现,白头翁多糖在体内、外可减少小鼠的体质量损失,提高胸腺和脾脏指数,而且可降低荷瘤小鼠肝、肾损伤的天冬氨酸氨基转移酶(AST)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)和尿素水平,提高超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)的活性,降低丙二醛(MDA)水平。从而达到显著抑制 C6 胶质瘤的生长,明显延长小鼠生存期的目的。Zeng JH 等<sup>[26]</sup>从广西莪术的根茎中提取出了莪术多糖,这种多糖能使凋亡相关蛋白 p53 的表达升高,而 Bcl-2 的表达减弱,从而能明显抑制人鼻咽癌细胞株 CNE-2 细胞增殖。

在植物多糖抗肿瘤方面,已发现从绞股蓝中提取的多糖可显著抑制肝癌 HeLa 细胞、B16 黑色素瘤的生长,并有增强机体免疫功能的作用<sup>[27-28]</sup>;远志多糖可呈浓度依赖性地抑制卵巢癌 SKOV3 细胞增殖<sup>[29]</sup>;龙葵草多糖可显著抑制宫颈癌 U14 细胞生长,延长 H22 荷瘤小鼠生存时间,且有增强免疫功能的作用<sup>[30-31]</sup>;川楝子多糖可显著抑制人胃癌 BGC-823 细胞的生长<sup>[32]</sup>;五味子中的水溶性多糖可增强巨噬细胞体外吞噬功能,能明显抑制体内淋巴瘤 L5178Y 细胞的生长,使荷瘤小鼠的生存率明显提高<sup>[33]</sup>;石斛多糖和红花多糖均可显著抑制 S180 移植瘤细胞的生长<sup>[34-35]</sup>;夏枯草和牛膝中所含的多糖可显著抑制路易斯肺癌 LLC 细胞的生长,这可能与其增强免疫功能、阻滞细胞周期有关<sup>[36-37]</sup>;天南星多糖可抑制人乳腺癌 MCF-7 细胞生长<sup>[38]</sup>;紫杉醇纳米粒与普鲁兰多糖结合,可对人结肠癌 HCT116 细胞表现出缓释的性能,这一作用较普通的紫杉醇更强<sup>[39]</sup>。另外,从红景天<sup>[40]</sup>、黄芩<sup>[41]</sup>、大枣<sup>[42]</sup>、仙人掌<sup>[43]</sup>、银杏<sup>[44]</sup>等许多药用植物中含有的多糖都发现了明显的抗肿瘤作用。

## 1.3 微生物多糖

微生物多糖是由细菌、真菌、蓝藻等微生物在代谢过程中产生的对微生物有保护作用的生物高聚物。其中的真菌多糖被广泛应用于临床,其有抗肿瘤、免疫调节、抗衰老、抗感染等生物学活性。吴荣杰等<sup>[45]</sup>研究发现,刺松藻水溶性多糖在体外对人肺腺癌 A549 细胞有一定的抑制作用,能提高小鼠细胞和分子免疫应答水平;在体内可改善 Lewis 肺癌荷瘤小鼠的免疫

功能,通过激活机体免疫系统实现有效的抗肺癌活性和免疫调节作用。李建军等<sup>[46]</sup>研究发现,灵芝多糖可通过促进荷瘤小鼠免疫细胞的增殖与分化,增加效应免疫细胞的数量,从而达到抗肿瘤作用。Ji NF等<sup>[47]</sup>研究冬虫夏草的多糖提取物在治疗非小细胞肺癌的辅助作用时发现,与顺铂单独处理的细胞相比,二者共同处理的癌细胞的存活率明显降低,血管内皮生长因子(VEGF)和碱性成纤维细胞生长因子(bFGF)蛋白的结合显著减少。王嵘等<sup>[48]</sup>研究发现,香菇多糖作用于SGC-7901胃癌细胞后,可引起S期细胞周期阻滞,激活ERK1/2磷酸化,从而起到抑制SGC-7901胃癌细胞生长的作用。学者们还发现,桑黄<sup>[49]</sup>、云芝<sup>[50]</sup>、猪苓<sup>[51]</sup>、金针菇<sup>[52]</sup>等所含多糖亦有抗肿瘤作用。

## 2 多糖抗肿瘤机制<sup>[53]</sup>

根据上述文献的报道,多糖抗肿瘤的作用机制有两个方面:一是对肿瘤细胞的直接作用,包括:(1)直接抑制肿瘤细胞的生长;(2)诱导肿瘤细胞凋亡和抑制肿瘤细胞诱导分化;(3)改变肿瘤细胞膜的生化特征;(4)影响肿瘤细胞内信号传递途径。二是增强机体免疫功能,间接发挥抗肿瘤作用,包括:(1)活化淋巴细胞;(2)激活巨噬细胞;(3)促进细胞因子分泌;(4)活化补体。

## 3 结语

中药多糖作为一种重要的天然大分子物质,在抗肿瘤方面的作用已得到肯定,不少中药多糖已应用于临床,并显示出良好的应用前景。中药多糖的种类较多,且作用机制较复杂,今后应借助于先进的提取分离技术,开发出更多、更纯的中药多糖。还应结合临床实践,寻找更安全、有效的抗肿瘤药。相信在不久的将来,对作为中药主要有效成分之一的多糖研究,可能为中药研究带来一个全新的时代——多糖生命科学时代。

## 参考文献

[1] 殷涌光,韩玉珠,丁宏伟.动物多糖的研究进展[J].食品科学,2006,27(3):256.

[2] 牛娟娟,宋扬.海洋刺参多糖对宫颈癌细胞周期的影响及其机制[J].齐鲁医学杂志,2010,25(5):386.

[3] Zhao HX, Li Y, Wang YZ, et al. Antitumor and immunostimulatory activity of a polysaccharide-protein complex from *Scolopendra subspinipes mutilans* L. Koch in tumor-bearing mice[J]. *Food Chem Toxicol*,2012,50(8):2 648.

[4] Wang MY, Wang H, Tang Y, et al. Effective inhibition of a srongylocentrotus nudus eggs polysaccharide against hepatocellular carcinoma is mediated via immunoregulation in vivo[J]. *Immunol Lett*,2011,141(1):74.

[5] Chen D, Yao WJ, Zhang XL, et al. Effects of gekko sulfated polysaccharide-protein complex on human hepatoma SMMC-7721 cells: inhibition of proliferation and migration[J]. *J Ethnopharmacol*,2010,127(3):702.

[6] Chen D, zhang X, Du Y, et al. Effects of gekko sulfated polysaccharide-protein complex on the defective biorheological characters of dendritic cells under tumor microenvironment[J]. *Cell Biochem Biophys*,2012,62(1):193.

[7] Chen SG, Wang JF, Xue CH, et al. Sulfation of a squid ink polysaccharide and its inhibitory effect on tumor cell metastasis[J]. *Carbohydr Polym*,2010,81(3):560.

[8] Wang S, Cheng Y, Wang F, et al. Inhibition activity of sulfated polysaccharide of *Sepiella maindroni* ink on matrix metalloproteinase (MMP) -2[J]. *Biomed Pharmacother*, 2008,62(5):297.

[9] Lin CH, Li XD, Li YH, et al. Structural characterisation and antimutagenic activity of a novel polysaccharide isolated from *Sepiella maindroni* ink[J]. *Food Chem*, 2008, 110(4):807.

[10] Jiang CX, Wang MC, Liu J, et al. Extraction, preliminary characterization, antioxidant and anticancer activities in vitro of polysaccharides from *Cyclina sinensis*[J]. *Carbohydr Polym*,2011,84(3):851.

[11] Qiu S, Huang S, Huang J, et al. Antitumor activity of the watersoluble polysaccharide from *Hyriopsis cumingii* in vitro[J]. *Toxicol Ind Health*,2010,26(3):151.

[12] Shen L, Du G. *Lycium barbarum* polysaccharide stimulates proliferation of MCF-7 cells by the ERK pathway[J]. *Life Sci*,2012,91(9/10):353.

[13] 黄霞,肖丙秀,赵军伟,等.枸杞多糖对人肝癌细胞HepG2生长的影响及其分子机制[J].中草药,2010,41(9):1 501.

[14] Xu C, Liu Y, Yuan G, et al. The contribution of side chains to antitumor activity of a polysaccharide from *Codonopsis pilosula*[J]. *Int J Biol Macromol*, 2012, 50(4): 891.

[15] Wei D, Wei Y, Cheng W, et al. Sulfated modification, characterization and antitumor activities of *Radix hedysari* polysaccharide[J]. *Int J Biol Macromol*,2012,51(4):471.

[16] Li C, Cai JP, Geng JS, et al. Purification, characterization and anticancer activity of a polysaccharide from *Panax ginseng*[J]. *Int J Bio Macromol*,2012,51(5):968.

[17] Wang J, Zuo G, Li J, et al. Induction of tumoricidal activity in mouse peritoneal macrophages by *Ginseng* polysaccharide[J]. *Int J Bio Macromol*, 2010, 46(4):389.

[18] Bai L, Zhu LY, Yang BS, et al. Antitumor and immunomodulating activity of a polysaccharide from *Sophora flavescens* Ait[J]. *Int J Bio Macromol*,2012,51(5):705.

[19] Liang M, Li SC, Shen B, et al. Anti-hepatocarcinoma effects of *Aconitum coreanum* polysaccharides[J]. *Carbohydr Polym*,2012,88(3):973.

[20] Zhu ZY, Liu RQ, Si CL, et al. Structural analysis and antitumor activity comparison of polysaccharides from *Astragalus*[J]. *Carbohydr Polym*,2011,85(4):895.

[21] Li SG, Wang DG, Tian W, et al. Characterization and anti-tumor activity of a polysaccharide from *Hedysarum polybotrys* Hand-Mazz[J]. *Carbohydr Polym*, 2009, 73(2):344.

[22] Cao W, Li XQ, Wang X, et al. A novel polysaccharide, isolated from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels induces the apoptosis of cervical cancer HeLa cells through an intrinsic apoptotic pathway[J]. *Phytomedicine*, 2010, 17(8/9): 598.

[23] Chen X, Cao DX, Zhou L, et al. Structure of a polysac-

- charide from *Gastrodia elata* Bl., and oligosaccharides prepared thereof with anti-pancreatic cancer cell growth activities[J]. *Carbohydr Polym*, 2011, 86(3):1 300.
- [24] Cai ZB, Li W, Wang HT, *et al*. Anti-tumor and immunomodulating activities of a polysaccharide from the root of *Sanguisorba officinalis* L. [J]. *Int J Bio Macromol*, 2012, 51(4):484.
- [25] Zhou FG, Lv O, Zheng YR, *et al*. Inhibitory effect of *Pulsatilla chinensis* polysaccharides on glioma[J]. *Int J Bio Macromol*, 2012, 50(5):1 322.
- [26] Zeng JH, Dai P, Ren LY, *et al*. Apoptosis-induced anti-tumor effect of *Curcuma kwangsiensis* polysaccharides against human nasopharyngeal carcinoma cells[J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 89(4):1 067.
- [27] Chen T, Li B, Li YY, *et al*. Catalytic synthesis and anti-tumor activities of sulfated polysaccharide from *Gynostemma pentaphyllum* Makino[J]. *Carbohydr Polym*, 2011, 83(2):554.
- [28] Li XL, Wang ZH, Zhao YH, *et al*. Isolation and anti-tumor activities of acidic polysaccharide from *Gynostemma pentaphyllum* Makino[J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 89(3):942.
- [29] Xin T, Zhang FB, Jiang QY, *et al*. Extraction, etpurification and antitumor activity of a water-soluble polysaccharide from the roots of *Polygala tenuifolia*[J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 90(2):1 127.
- [30] Li J, Li QG, Peng Y, *et al*. Protective effects of fraction 1a of polysaccharides isolated from *Solanum nigrum* Linne on thymus in tumor-bearing mice[J]. *J Ethnopharmacol*, 2010, 129(3):350.
- [31] Ding X, Zhu FS, Gao SG. Purification, antitumor and immunomodulatory activity of water-extractable and alkali-extractable polysaccharide from *Solanum nigrum* L. [J]. *Food Chem*, 2012, 131(2):677.
- [32] He L, Ji PF, Gong XG, *et al*. Physico-chemical characterization, antioxidant and anticancer activities in vitro of a novel polysaccharide from *Melia toosendan* Sidb. *Et Zucc* fruit[J]. *Int J Bio Macromol*, 2011, 49(3):422.
- [33] Xu CL, Li YH, Dong M, *et al*. Inhibitory effect of *Schisandra chinensis* leaf polysaccharide against L5178Y lymphoma[J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 88(1):21.
- [34] Wang JH, Luo JP, Zha XQ, *et al*. Comparison of anti-tumor activities of different polysaccharide fractions from the stems of *Dendrobium nobile* Lindl[J]. *Carbohydr Polym*, 2010, 79(1):114.
- [35] 石学魁, 阮殿清, 王亚贤, 等. 红花多糖抗肿瘤活性及对 T739 肺癌鼠 CTL, NK 细胞杀伤活性的影响[J]. *中国中药杂志*, 2010, 35(2):215.
- [36] Feng L, Jia XB, Shi F, *et al*. Identification of two polysaccharides from *Prunella vulgaris* L. and evaluation on their anti-lung adenocarcinoma activity[J]. *Molecules*, 2010, 15(8):5 093.
- [37] Jin LQ, Zheng ZJ, Peng Y, *et al*. Opposite effects on tumor growth depending on dose of *Achyranthes bidentata* polysaccharides in C57BL/6 mice[J]. *Int Immunopharmacol*, 2007, 7(5):568.
- [38] Chen G, Xu J, Miao X, *et al*. Characterization and anti-tumor activities of the water-soluble polysaccharide from *Rhizama Arisaematis*[J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 90(1):67.
- [39] Lee SJ, Hong GY, Jeong YI, *et al*. Paclitaxel-incorporated nanoparticles of hydrophobized polysaccharide and their antitumor activity[J]. *Int J Pharm*, 2012, 433(1/2):121.
- [40] Cai ZB, Li W, Wang HT, *et al*. Antitumor effects of a purified polysaccharide from *Rhodiola rosea* and its action mechanism[J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 90(1):296.
- [41] 宋高臣, 于英君, 王喜军. 半枝莲多糖的抗肿瘤作用及其调节免疫的实验研究[J]. *世界科学技术—中医药现代化*, 2011, 13(4):641.
- [42] Hung CF, Hsu BY, Chang SC, *et al*. Antiproliferation of melanoma cells by polysaccharide isolated from *Zizyphus jujube*[J]. *Nutrition*, 2012, 28(1):98.
- [43] 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.
- [44] Wu XJ, Mao G H, Zhao T, *et al*. Isolation, purification and in vitro anti-tumor activity of polysaccharide from *Ginkgo biloba* sarcotesta[J]. *Carbohydr Polym*, 2011, 86(2):1 073.
- [45] 吴荣杰, 杨丽丽, 佟欣, 等. 刺松藻水溶性多糖抗肿瘤及免疫调节作用研究[J]. *中草药*, 2012, 43(3):529.
- [46] 李建军, 雷林生, 余传林, 等. 灵芝多糖抗肿瘤作用的免疫学相关性研究[J]. *中药材*, 2007, 30(1):71.
- [47] Ji NF, Yao LS, Li Y, *et al*. Polysaccharide of cordyceps sinensis enhances cisplatin cytotoxicity in non-small cell lung cancer H157 cell line[J]. *Integr Cancer Ther*, 2011, 10(4):359.
- [48] 王嵘, 易敏, 潘贤英. 香菇多糖的体外抗肿瘤活性研究[J]. *重庆医科大学学报*, 2011, 36(5):572.
- [49] 孟庆龙, 潘景芝, 陈丽, 等. 桑黄胞内及胞外多糖对荷瘤小鼠减毒增效作用的研究[J]. *中国中药杂志*, 2012, 37(6):847.
- [50] 汪道峰, 李小东, 娄宁. 云芝多糖-B 对人食管癌细胞 Eca109 转移的影响[J]. *中山大学学报*, 34(3):339.
- [51] 刘洪超, 蔡林衡, 王淑英. 猪苓多糖抗肿瘤机制研究进展[J]. *河南科技大学学报*, 2011, 29(3):236.
- [52] 邹宇晓, 廖森泰, 何轩辉, 等. 纯化工艺对金针菇多糖体外抗肿瘤活性的影响[J]. *中国食品学报*, 2013, 13(6):9.
- [53] 林俊, 李萍, 陈靠山. 近 5 年多糖抗肿瘤活性研究进展[J]. *中国中药杂志*, 2013, 38(8):1 116.

(收稿日期:2013-05-16 修回日期:2013-10-26)