

## 当归多糖类成分及其药理作用研究进展

韦 玮<sup>1</sup>, 龚苏晓<sup>2</sup>, 张铁军<sup>2\*</sup>, 胡 静<sup>1</sup>

1 天津中医药大学, 天津 300193

2 天津药物研究院, 天津 300193

**摘 要** 当归多糖为当归主要水溶性成分, 具有明显的补血活血、免疫促进、抗肿瘤、抗辐射损伤等广泛的药理活性, 因而成为当归药效成分研究的热点。通过对近年来相关文献的分析、总结, 从当归多糖类化学成分和药理作用等方面, 对当归多糖的研究进展进行综述, 为其进一步开发利用提供参考。

**关键词** 当归多糖; 化学; 药理; 综述

中图分类号: R2.710.3 文献标志码: A 文章编号: 1674-6376(2009)02-0130-05

## Research progress on the compositions of angelica polysaccharide and their pharmacological action

WEI Wei<sup>1</sup>, GONG Su-xiao<sup>2</sup>, ZHANG Tie-jun<sup>2\*</sup>, HU Jing<sup>1</sup>

1 Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300193, China

2 Tianjin Institute of Pharmaceutical Research, Tianjin 300193, China

**Abstract** Angelica polysaccharide, as the main water-soluble component from the root of *Angelica sinensis*, has the comprehensive pharmacological activities of enriching blood and promoting blood circulation, immunoenhancement, antitumor, and antiradiation, etc. The research progresses on the compositions of angelica polysaccharide and their pharmacological action are reviewed by analyzing and summarizing the related literatures, which provided the reference for the development and utilization of angelica polysaccharide.

**Key words** angelica polysaccharide; chemical (chemistry); pharmacology; review

当归为伞形科植物当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 的干燥根, 主产于我国甘肃岷县、云南、四川、陕西、湖北等地, 味甘、辛、性温, 有补血活血、调经止痛、润肠通便之效, 用于血虚萎黄、眩晕心悸、月经不调、肠燥便秘等病症。近年来, 国内外学者应用现代提取分离、含量测定方法对当归的化学成分进行研究, 发现多糖是其主要成分之一<sup>[1]</sup>。当归多糖具有明显的补血活血、免疫促进、抗肿瘤、抗辐射损伤等广泛的药理活性。当归多糖为当归主要水溶性成分, 且具有广泛的生物活性, 故成为当归药效成分研究的热点。本文主要对近年来当归多糖的化学成分和药理作用的研究进展作综述, 为其进一步研究开发提供参考。

### 1 当归多糖类化学成分研究

按照各种不同方法所得到的当归粗多糖, 是含有多种不同相对分子质量大小的多糖混合物。药理学研究中, 一般要求其具有均一、可控的理化性质, 以保证实验结果的一般性和可比性。为此, 需要对多糖进行分级分离, 以达到纯化的目的。

商澎<sup>[2]</sup>等用十六烷基三甲基溴化铵(CTAB)、H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>和醋酸对粗多糖 AP-0 进行分级分离, 得到 3 种多糖组分: AP-1, AP-2 和 AP-3。采用纸色谱和薄层色谱分析多糖各组分的单糖组成, 高效凝胶过滤色谱和高效离子交换色谱分析多糖各组分的相对分子质量分布和电荷性质, 红外光谱法分析多糖各组分的糖苷键构成。得出 AP-0, AP-1, AP-2 和 AP-3 分别由 5 种不同相对分子质量多糖部分组成; 在电荷特性上又可分为 4 个不同部分; 红外光谱提示

收稿日期: 2009-04-23

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAI37B07)

作者简介: 韦玮(1982—), 女, 天津中医药大学, 硕士研究生, E-mail: weiweihelen@yahoo.com.cn

\*通讯作者 张铁军, 研究员。E-mail: tiezheng4@sina.com

4 构型为  $\alpha$ -D-葡萄吡喃型。

张林维<sup>[3]</sup>等将当归经热水提取、乙醇沉淀、DEAE种多糖的糖链纤维素和 Sephadex G-150 柱色谱, 得到 As-IIIa 和 As-IIIb 两个多糖组份, 经琼脂糖凝胶柱色谱测得其相对分子质量分别为  $8.5 \times 10^4$  和  $4.9 \times 10^4$  左右; 经电泳和凝胶柱色谱分析, 证明都是均一的; 组成分析表明 As-IIIa 由葡萄糖组成; As-IIIb 由葡萄糖、甘露糖和阿拉伯糖组成, 摩尔比为 10:10:4。

陈汝贤<sup>[4]</sup>等用热水提取、乙醇沉淀、DEAE-Sephadex A-25 柱色谱从当归中分离得到多糖组分 XC-1, 凝胶色谱法测得相对分子质量为  $1.0 \times 10^5$ , 组成分析表明 XC-1 只含葡萄糖, 且经红外测定为  $\alpha$  型葡萄糖, 连接点分析证明葡萄糖主链是以 1,6 位连接。又采用同样的方法首次从该植物中分离得到均一性多糖组分 X-C-3-II; 凝胶色谱法测定相对相对分子质量为  $1.0 \times 10^5$ ; 利用气相色谱法鉴定多糖组分中所含单糖的种类和它们之间的摩尔比为葡萄糖:半乳糖:阿拉伯糖:鼠李糖:半乳糖醛酸为 56.0:22.1:18.9:1.9:1.1<sup>[5]</sup>。

刘娟<sup>[6]</sup>等对当归中获得的当归多糖(ASP)进行分离纯化, 并测定其部分理化参数。结果所得当归多糖, 总糖含量为 96.8%; 192 nm 处有明显吸收峰, 260、280 nm 处均无吸收峰, 证明被测物为多糖, 且不含核酸及蛋白质; 红外吸收光谱分析, 在 3352、2940、1747、1626、1414、1237、1021、536  $\text{cm}^{-1}$  处表现为典型的多糖吸收峰; 糖残基间的苷键可能为  $\alpha$ -糖苷键; 相对分子质量为  $1 \times 10^4 \sim 1.1 \times 10^5$ , 80% 的组分集中在  $4.3 \times 10^4$  左右; 当归多糖主要由葡萄糖、阿拉伯糖、半乳糖、鼠李糖和木糖组成, 其摩尔比值为 17.8:5.8:12.0:1.0:2.2。

杨兴彬<sup>[7]</sup>等采用三氟乙酸水解当归多糖, 糖脲乙酰衍生化水解单糖产物, 用气相色谱法测定当归粗多糖 CAP 及其组分 APF1、APF2 和 APF3 的单糖组成。结果表明, 当归粗多糖 CAP 及其组分的单糖组成摩尔比各不相同。CAP 由鼠李糖(Rha)、阿拉伯糖(Ara)、甘露糖(Man)、葡萄糖(Glc)、半乳糖(Gal)组成, 其摩尔比为 1.00:2.72:0.72:4.00:2.32; APF1 由 Rha、Ara、Glc、Gal 组成, 其摩尔比为 1.00:2.27:7.80:2.69; APF2 由 Rha、Ara、Man、Glc、Gal 组成, 其摩尔比为 1.00:5.29:3.66:9.11:5.17; APF3 由 Rha、Ara、Man、Glc、Gal 组成, 其摩尔比为 1.00:4.54:2.98:11.09:7.45。

Cao<sup>[8]</sup>等采用水提醇沉, DEAE-Sephadex A-25 柱色谱、Sephacryl S-400 和 Sephadex G-100 柱色谱纯化的方法从当归中分离得到当归多糖 APS-2a, 苯酚-硫酸法检测多糖含量, HPSEC 法检测多糖相对分子质量, 气相色谱法检测单糖组成。结果显示, APS-2a 为单一组分, 其相对分子质量为  $7.4 \times 10^5$ , 单糖组成为葡萄糖、乳糖、阿拉伯糖、鼠李糖、半乳糖醛酸。

Sun<sup>[9]</sup>等采用热水提取的方法, 从当归中得到水溶性粗多糖 ASP, 通过阴离子交换色谱分离出中性多糖和酸性多糖。中性多糖 ASP1 组成为葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖, 表明是葡聚糖和阿拉伯半乳糖的混合物; 酸性多糖 ASP2、ASP3 组成为半乳糖醛酸、鼠李糖、阿拉伯糖、半乳糖。用 HPSEC 检测 ASP3 的相对分子质量为  $3.4 \times 10^4$ , 是粗多糖的主要组成部分。

Cao<sup>[10]</sup>等从当归的根中提取出两种水溶性糖(APS-1c I、APS-1c II), 并采用离子交换和凝胶滤过色谱法进一步纯化, 相对分子质量分别为  $1.7 \times 10^5$  和  $3.9 \times 10^4$ 。采用甲基化分析、部分酸水解及 GC-MS, IR, NMR 等对当归多糖 APS-1c I、APS-1c II 进行结构分析, 得到 APS-1c I 组成的单糖仅为 (1 $\rightarrow$ 6)- $\alpha$ -D-Glcp; APS-1c II 组成的单糖为 (1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-Glcp 和 (1 $\rightarrow$ 6)- $\alpha$ -D-Glcp, 摩尔比为 4.0:1.0。

Chen<sup>[11]</sup>等从当归中得到当归多糖 X-C-3-III 和 X-C-3-IV, 它们的相对相对分子质量分别为  $8.5 \times 10^4$  和 65 765, 同时确定了 2 种多糖的单糖组分及各组分的百分量, 单糖组成为葡萄糖、阿拉伯糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸, 摩尔比分别为 24.3:15.8:4.2:3.1:52.6 和 12.6:10.7:7.2:8.3:61.2。

## 2 当归多糖的药理作用

### 2.1 当归多糖的免疫促进活性

大量药理及临床实验证明当归多糖不仅能激活 T、B 淋巴细胞、巨噬细胞(M $\Phi$ )、自然杀伤细胞(NK)、细胞毒细胞(CTL)、淋巴因子激活的杀伤细胞(LAK)、树突状细胞(DC)等免疫细胞, 还能促进细胞因子生成, 激活补体系统, 促进抗体产生, 对免疫系统发挥多方面的调节作用<sup>[12]</sup>。

#### 2.1.1 当归多糖对免疫器官的影响

研究发现, 当归多糖能够影响机体的免疫器官。凌小曼<sup>[13]</sup>等研究发现当归多糖可明显提高大鼠胸

腺指数和脾脏指数,能抑制环磷酰胺引起的小鼠脾脏萎缩和胸腺萎缩,也能对抗氢化可的松引起的小鼠脾脏萎缩,增加小鼠脾重,而对于正常及免疫抑制小鼠胸腺影响不大。商澎<sup>[14]</sup>等在研究当归多糖 APO 组分对小鼠移植肿瘤的抑制作用时发现给药组的脾脏质量明显大于对照组,胸腺质量均明显小于对照组。当归多糖对免疫功能的机制与其对免疫器官以及淋巴细胞和细胞介质的作用有关。

另据报道<sup>[15]</sup>,AP-PBMC 条件培养液可促进 PBMC (外周血单核细胞)增殖,AP 注射 BALB/c 小鼠后脾细胞增殖能力和巨噬细胞吞噬能力均得到了不同程度的增强,此特性可能与单核细胞的活化密切相关。

### 2.1.2 当归多糖对体液及细胞免疫的影响

夏雪雁等<sup>[16]</sup>的研究也发现当归多糖可以提高大剂量泼尼松龙(PSL)所致的免疫缺陷小鼠体内的补体 C<sub>3</sub> 含量。对抗 PSL 对细胞及体液免疫的抑制,使 PSL 抑制状态下的小鼠脾淋巴细胞 IL-2 的分泌功能改善。对阿霉素诱导的大鼠血瘀证模型,当归多糖可使免疫球蛋白 IgG、IgM、补体 C<sub>3</sub> 的含量明显升高。

### 2.1.3 当归多糖对巨噬细胞的影响

王瑾<sup>[17]</sup>等用 10% NBS-1640 液将当归多糖稀释,加各浓度当归多糖于有小鼠腹腔巨噬细胞的培养板中,并设 10% NBS-1640 液诱导对照。置培养箱中孵育 4 h 后,再加 10% NBS-1640 液,继续培养 48 h 后,分别收集上清液,分别采用 NO<sub>2</sub> 测定法和 MTT 胸腺细胞增殖法测一氧化氮(NO)及白细胞介素 1(IL-1)。结果表明,当归多糖能诱导巨噬细胞产生 NO 及 IL-1,从而促进免疫应答和免疫调节。

## 2.2 当归多糖对血液系统的作用

### 2.2.1 当归多糖对造血系统的影响

当归多糖能够影响动物机体的造血系统,对小鼠造血干细胞、小鼠与人髓系造血祖细胞的增殖分化有显著促进作用。当归多糖能增加外周血细胞、白细胞、血红蛋白及骨髓有核细胞数,这种作用特别是在外周血细胞减少和骨髓受到抑制时尤为明显。洪艳<sup>[18]</sup>等实验研究表明,当归多糖对放射性损伤小鼠红细胞 C3b 受体花环率和外周血白细胞、血小板数有明显的增加作用,显著提高放射损伤小鼠的造血功能。张晓君<sup>[19]</sup>等选用溶血性贫血小鼠作为模型研究发现,当归多糖有升高 Hb,缓解贫血症状作用。郑敏<sup>[20,21]</sup>等采用造血祖细胞体外培养、造血生长因子生物学活性检测、免疫细胞化学、核酸探

针原位杂交等实验技术,研究当归多糖对胎儿胸腺细胞、脾细胞表达造血生长因子 GM-CSF、IL-3 的影响。结果表明当归多糖诱导的胸腺细胞、脾细胞培养上清液可促进早期造血祖细胞 CFU-Mix 增殖分化;当归多糖诱导可促进胸腺细胞、脾细胞表达 GM-CSF、IL-3 蛋白及 mRNA,进而促进人早期造血细胞产生。

### 2.2.2 当归多糖对凝血和血小板聚集的影响

当归多糖有较强的抗凝血和止血作用,其止血作用与促进血小板聚集作用有关。当归在凝血方面表现出双向调节作用,其抗凝血作用主要是影响内源性凝血系统,显著延长 APTT,对外源性凝血系统影响较弱,并能促进血小板聚集,这可能是它止血的作用途径,这与其抗凝血活性并不矛盾。杨铁虹<sup>[22]</sup>等采用红外比浊法测定血小板聚集率、凝血酶原时间(PT)、凝血酶时间(TT)、活化部分凝血活酶时间(APTT);断尾法测出血时间;玻片法测凝血时间;肝素抗凝测血液流变学指标来探讨当归多糖及其硫酸酯对凝血和血小板聚集的影响,得出当归多糖及其硫酸酯在凝血方面表现出双向调节作用。

## 2.3 当归多糖的抗肿瘤作用

多糖类成分能提高机体免疫功能,这是其应用于抗肿瘤的根据。当归多糖能抑制肿瘤增殖,是诱导肿瘤细胞凋亡或分化的天然诱导剂。

骆传环<sup>[23]</sup>等将当归粗粉用水煎醇沉法提取制备,经 Millipore 分子超滤器分离得到相对分子量在 5 000 以下的当归多糖,得率以生药量计为 0.48%,定性实验为多糖阳性,纸色谱显示糖组分为葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖、木糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸。其对于小鼠 S180 实体瘤的抑制实验结果显示抑制率在 36%~44%,瘤重指数为 0.64,停药后 1~7 d 肿瘤放射性率在各时间点均低于对照组,有显著差异( $P<0.05$ ),表明当归多糖对 S180 实体瘤有抑制作用,并在停药后有持续效应。

商澎<sup>[14]</sup>等建立小鼠肉瘤 S180、小鼠艾氏腹水癌 EAC、小鼠白血病 L1210 三种模型,每日 1 次 ip 当归多糖,阳性对照组 ip 环磷酰胺(Cy)、氟尿嘧啶(5-FU),第 11 天活杀小鼠,称瘤质量、胸腺和脾质量,结果表明当归多糖对小鼠移植性的腹水型肿瘤 EAC 和 L1210 有较好的抑制作用,可以明显抑制腹水的产生,延长荷瘤小鼠的生存时间;当归多糖 AP-0 对实体性肿瘤 S180 虽无明显的抑制作用,但

对荷瘤鼠的免疫器官有一定影响。

郑敏<sup>[24]</sup>等应用细胞计数、流式细胞术、形态学、细胞化学、细胞分化免疫表型等现代实验血液学检测技术,研究当归多糖对人红白血病细胞株 K562 细胞的增殖与分化的作用。结果表明,当归多糖对 K562 细胞有明显的增殖抑制作用;经当归多糖诱导后 K562 细胞向红系、粒单系细胞方向分化增加,是有开发和应用前景的天然诱导剂。

#### 2.4 当归多糖的镇痛作用

乐江<sup>[25]</sup>等采用己烯雌酚和缩宫素诱发小鼠扭体反应,醋酸致小鼠扭体反应及小鼠热板法进行当归粗多糖镇痛作用的实验研究。结果表明,不同剂量的当归粗多糖可明显减少己烯雌酚和缩宫素引起疼痛模型小鼠扭体反应次数,延长扭体反应潜伏期;当归粗多糖尚可显著抑制醋酸所致小鼠扭体反应及提高热板法所致小鼠痛觉反应的痛阈,作用强度与剂量有关。

#### 2.5 当归多糖的抗辐射损伤作用

洪燕<sup>[26, 27]</sup>等研究结果证实当归多糖能显著提高受照小鼠外周血象,促进造血功能;能提高辐射损伤小鼠红细胞免疫粘附作用,促进 IL-2 的产生;拮抗 <sup>60</sup>Co 照射对小鼠 ConA 诱导的胸腺 T 淋巴细胞增殖的抑制作用,促进细胞免疫功能。从而减少辐射的毒副作用及加强机体免疫监视的能力,减少肿瘤的血路、淋巴结转移,提高肿瘤患者化疗的效果。可见当归多糖对放射性损伤造成的免疫功能下降有一定的预防作用。

#### 2.6 当归多糖的抗氧化作用

刘少平<sup>[28]</sup>等通过建立大鼠 TNBS 性结肠炎模型,检测超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化酶(GSH-Px)和丙二醛(MDA)的含量变化,以反映大鼠结肠组织中氧自由基的改变及不同剂量当归多糖的影响,并以髓过氧化物酶(MPO)及病理组织学损伤评分(HS)分别评价结肠组织炎症程度及粘膜损伤程度。结果表明,模型组 SOD、GSH-Px 显著降低,MDA、MPO 和 HS 明显升高,SOD、GSH-Px 与 MPO 成负相关,MDA、HS 与 MPO 成正相关。不同剂量的当归多糖均可不同程度地改善模型组各项检测指标。所以,当归多糖具有一定清除氧自由基的能力,减轻结肠炎症反应及组织损伤。

#### 2.7 当归多糖的保肝作用

操刚<sup>[29]</sup>等实验研究发现,当归多糖能对抗四氯化碳所致肝损害,降低血清 AST,使之恢复到近正

常水平,血清 GST 也逐渐恢复正常,同时进一步观察到,当归多糖能明显阻止四氯化碳引起过氧化产物 MDA 含量的升高,使之恢复正常。提示当归多糖可能通过抑制脂质过氧化过程,维持细胞膜的完整性,从而使肝细胞内 AST、GST 溢出减少,血清 AST、GST 恢复正常,进而发挥保肝作用。

### 3 展望

植物多糖作为一类重要的天然活性物质,其最大优点是毒副作用小,来源广泛。当归多糖在当归中的含量较高,在中药制剂工艺中常被作为醇沉淀物弃去,因此对当归多糖的开发将对当归资源的充分利用产生深远的影响。近年来,随着糖科学和糖技术的发展,当归多糖已日益为人们所重视,其增强机体免疫功能及抗肿瘤等药理作用已有研究和报道,并已作为免疫调节剂和抗放射损伤剂应用于临床,而且当归资源丰富,多糖含量较高,开发前景广阔。但其多属于粗多糖的形式利用,质量难以控制,药效重复性差,因此,研究当归多糖的提取工艺,提高得率和纯度,进行批量生产制备,跟踪其生物活性,加强当归多糖的分离、纯化和化学结构鉴定并在此基础上开展生物活性及作用机制的研究,从分子水平揭示当归多糖的药理作用与结构的关系,对于当归多糖药物的开发有重大的意义。可以展望,当归多糖研究必将成为药物研究的热点同时也是难点,但必将在为人类消除疾患中发挥巨大的作用。

#### 参考文献:

- [1] Wang Q, Ding F, Zhu N, et al. Determination of the compositions of polysaccharides from Chinese herbs by capillary zone electrophoresis with amperometric detection[J]. *Biomed Chromatogr*, 2003, 17(7): 483-488.
- [2] 商 澎, 杨铁虹, 贾 敏, 等. 当归多糖的分离、纯化及分析鉴定[J]. 第四军医大学学报, 2001, 22 (14): 1311-1314.
- [3] 张林维, 赵帜平, 沈业寿. 当归多糖的分离纯化及其部分性质的研究[J]. 生物学杂志, 1998, 15 (3): 12-14.
- [4] 陈汝贤, 徐桂云, 王海燕, 等. 当归多糖 XC-1 的分离与结构研究[J]. 化学通报, 2001, (6): 372-374.
- [5] 陈汝贤, 刘叶民, 王海燕, 等. 当归多糖 X-C-3-II 的分离纯化与组成研究[J]. 中国新药杂志, 2001, 10 (6): 431-432.
- [6] 刘 娟, 彭仁琇, 乐 江, 等. 当归多糖的分离纯化

- 及其部分理化性质的研究[J]. 华西药理学杂志, 2004, 19(6): 412-414.
- [7] 杨兴斌, 赵燕, 王海芳, 等. 柱前衍生化气相色谱法测定当归多糖的单糖组成[J]. 中国新医药, 2004, 3(8): 31-32.
- [8] 曹蔚, 李小强, 侯颖, 等. 当归多糖APS-2a的结构分析及抗肿瘤作用研究[J]. 中药材, 2008, 31(2): 261-266.
- [9] Sun Y, Tang J, Gu X, et al. Water-soluble polysaccharides from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels: Preparation, characterization and bioactivity[J]. *Int J Biol Macromol*, 2005, 36(5): 283-289.
- [10] Cao W, Li X Q, Liu L, et al. Structural analysis of water-soluble glucans from the root of *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels[J]. *Carbohydr Res*, 2006, 341(11): 1870-1877.
- [11] 陈汝贤, 王海燕, 许鸿章, 等. 岷当归两个多糖组分的分离、纯化与鉴定[J]. 中药材, 2001, 24(1): 36-37.
- [12] 李杰, 张楚菁. 中药多糖的免疫调节及抗肿瘤作用[J]. 中国兽医杂志, 2004, 40(11): 31-33.
- [13] 王燕, 单体中. 当归多糖的生物学功能研究进展[J]. 中国饲料, 2006, (9): 18-21.
- [14] 商澎, 杨铁虹, 贾敏, 等. 当归多糖AP-0对小鼠移植性肿瘤的抑制作用[J]. 第三军医大学学报, 2001, 23(11): 1299-1302.
- [15] 郭建巍, 吕同德, 张银霞, 等. 当归多糖对免疫细胞增殖作用的实验研究[J]. 微生物学免疫学进展, 2003, 31(4): 39-42.
- [16] 夏雪雁, 彭仁琇, 王智勇. 当归多糖及其分离组分对小鼠免疫功能的调节效应[J]. 武汉大学学报:医学版, 2001, 22(3): 204-207.
- [17] 王瑾, 刘君炎, 夏丰年, 等. 当归多糖体外诱导巨噬细胞的实验研究[J]. 云南中医中药杂志, 1999, 20(4): 34.
- [18] 洪艳. 当归多糖对放射性损伤小鼠红细胞免疫粘附功能和外周血象的影响[J]. 现代中西医结合杂志, 2001, 10(8): 70-81.
- [19] 张晓君, 祝晨蓀, 胡黎, 等. 当归多糖的免疫活性和对造血功能影响[J]. 中药药理与临床, 2002, 18(5): 24-25.
- [20] 郑敏, 王亚平, 姜蓉, 等. 当归多糖诱导胎儿胸腺细胞、脾细胞表达 GM-CSF、IL-3 的实验研究[J]. 重庆医科大学学报, 2002, 27(4): 373.
- [21] 郑敏, 王亚平. 当归多糖对人髓系多向造血祖细胞增殖分化的影响及其机理研究[J]. 解剖学杂志, 2002, 25(2): 105.
- [22] 杨铁虹, 商澎, 梅其炳, 等. 当归多糖硫酸酯对凝血和血小板聚集的作用[J]. 中草药, 2002, 33(11): 1010.
- [23] 骆传环, 崔玉芳, 黄荣清, 等. 当归多糖的制备及抑瘤作用[J]. 科学技术与工程, 2003, 3(6): 51-52.
- [24] 郑敏, 王亚平. 当归多糖对K562细胞增殖抑制与诱导分化的实验研究[J]. 中国中西医结合杂志, 2002, 22(1): 54-57.
- [25] 乐江, 彭仁琇, 孔锐, 等. 当归粗多糖镇痛作用的实验研究[J]. 中国药理学杂志, 2002, 37(10): 1096-1098.
- [26] 洪燕, 刘煜敏, 王红玲. 当归多糖对辐射损伤小鼠红细胞免疫粘附功能和 IL-2 的影响[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2001, 21(4): 305-306.
- [27] 洪燕, 刘君炎, 张渝侯. 当归多糖增强放射损伤小鼠胸腺细胞增殖及红细胞 C3b 受体粘附功能的实验研究[J]. 中国当代儿科杂志, 2001, 3(3): 250-252.
- [28] 刘少平, 董卫国. 当归多糖对大鼠实验性结肠炎中氧自由基的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2003, 13(22): 28-31.
- [29] 操刚, 赵骥, 陈红光, 等. 当归多糖对小鼠实验性肝损伤的影响[J]. 咸宁学院学报: 医学版, 2004, 18(5): 332-334.