

综述评论

# 活性多糖的构效关系\*



聂凌鸿, 宁正祥

(华南理工大学 食品与生物工程学院, 广东 广州 510640)

NIE L H

**摘要:** 近年来, 具有生物活性的多糖逐渐被发现, 有的已用于临床使用。活性多糖的生物活性与其结构密切相关。本文对活性多糖的结构层次、结构研究、生物活性及其构效关系的研究进展进行了综述。

**关键词:** 活性多糖; 结构; 生物活性; 构效关系

中图分类号: Q 53

文献标识码: A

文章编号: 0253- 2417(2003) 04- 0089- 06

## RELATIONSHIP BETWEEN STRUCTURE AND ACTIVITY OF ACTIVE POLYSACCHARIDES

NIE Ling-hong, NING Zheng-xiang

(College of Food and Biotechnology, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Polysaccharides with biological activities have recently been found, and some of them have been put to clinical application. Biological activities of polysaccharides are closely related to their structures. In this article, structure of polysaccharides, identification methods of the structure, biological activity, and relationship between their structure and activity are reviewed.

**Key words:** active polysaccharides; biological activity; structure activity relationship

多糖是一类天然的大分子物质, 几乎存在于所有的有机体中, 包括动物、植物(主要是高等植物)、微生物(细菌和真菌)及海藻。活性多糖是指存在于生物体中, 能促进或增强机体健康, 具有控制细胞分化, 调节细胞生长衰老的一类非特异性广谱免疫调节剂, 是一类重要的生命物质材料, 广泛参与细胞识别、细胞生长、分化、代谢、胚胎发育、细胞癌变、病毒感染、免疫应答等各项生命活动, 是现代医学和食品功能化学共同关注的焦点。

多糖的化学结构是其生物活性的基础。多糖的构效关系是指多糖一级结构和高级结构与其生物活性的关系, 是当前糖化学和糖生物学共同关注的焦点问题<sup>[1]</sup>。多糖构效关系的研究可为活性多糖的目的性筛选提供必要的理论指导。本文旨在对活性多糖的结构、生物活性及其构效关系的研究作一概述。

\* 收稿日期: 2003- 01- 15

作者简介: 聂凌鸿(1969- ), 男, 江西武宁人, 讲师, 博士生, 从事食品化学与食品工程技术方面研究。

E-mail: haitaonie@163.com

# 1 活性多糖的结构

多糖的结构是其生物活性的基础,认识和了解多糖的结构有助于更好地利用和开发多糖。

## 1.1 多糖的结构层次

多糖的结构分类沿用了蛋白质和核酸的分类方法。单糖是多糖的组成单元,单糖之间脱水形成糖苷键,并以糖苷键线性或分支形成寡糖或多糖。多糖的结构也可分为一级、二级、三级和四级<sup>[2]</sup>。多糖的一级结构是指多糖的单糖残基的组成、排列顺序、相邻单糖残基的连接方式、异头物的构型及糖链有无分支、分支的位置和长短等<sup>[3~4]</sup>;二级结构指多糖骨架链间以氢键结合所形成的各种聚合体,关系到多糖分子中主链的构象,不涉及侧链的空间排布<sup>[5]</sup>;三级结构是指多糖链一级结构的重复顺序,由于糖残基中的羟基、羧基、氨基以及硫酸基之间的非共价相互作用,导致有序的二级结构空间形成有规则而粗大的构象<sup>[6]</sup>;四级结构是指多糖链间非共价键结合形成的聚集体<sup>[7]</sup>。

## 1.2 多糖的结构研究

多糖的结构研究是多糖化学研究的关键。而多糖的化学研究首先是提取、分离、纯化以获得不同的多糖组分,经纯度鉴定证明为均一性多糖后,进行各组分的理化特性如溶解度、旋光度、粘度、分子质量的测定,然后进行平面和立体的化学研究以及结构改造和修饰。

完整的多糖结构分析包括对多糖的一级结构和高级结构的分析。到目前为止,已经建立的多糖一级结构分析的方法有化学法(如酸水解、过碘酸氧化、Smith降解、碱降解、甲基化反应、乙酰解等)<sup>[8]</sup>、物理法(包括高效液相色谱法<sup>[9~10]</sup>、气相色谱法<sup>[4,8,11]</sup>、红外光谱法<sup>[4,8]</sup>、核磁共振谱法<sup>[4,8,12~13]</sup>、质谱分析法<sup>[8,14~15]</sup>等)和生物法(主要是酶化学方法<sup>[16~17]</sup>)。多糖的二级、三级结构的研究更为困难,目前采用的方法有: X射线衍射法、荧光法、毛细管电泳法、<sup>13</sup>C NMR及2D NMR、旋光度(ORD)和圆二色谱(CD)、快原子轰击质谱(FAB-MS)、色质联用(GC-MS)、酶技术-NMR等<sup>[5,13,18~21]</sup>。

为了提高多糖的活性,开发多糖的新用途,其结构的改性研究也有了很大的进展。最常见的方法为多糖的硫酸化。此外,磷酸化、羧甲基化、乙酰化、羟乙基化等也有不同程度的进展。

# 2 活性多糖的生物活性

至今活性多糖已发现的生物活性有很多方面,如:增强免疫作用、降血糖、降血脂、抗肿瘤、抗病毒、抗细菌、抗辐射、抗衰老、抗凝血作用等<sup>[22~23]</sup>,但这些功能都并非独立。一方面,有些多糖具有多种不同的生物活性,另一方面多糖的生物活性中,许多作用机制可能是相同的,如抗肿瘤、抗辐射、抗病毒、抗衰老等活性都同多糖非特异性的免疫增强有关<sup>[23]</sup>。

Sorivastava R等<sup>[24]</sup>对不同来源的多糖的结构以及构效方面的研究比较分析后认为,一般来说,真菌多糖具有较高的抗肿瘤功能;而高等植物多糖的增强免疫调节作用较好;藻类多糖都具有硫酸基,因此具有较好的抗凝血和抗病毒作用。

多糖作为药物始于1943年。此后,多糖在药物和保健食品方面的产品越来越多。目前全球至少有12个以上的多糖产品正在进行临床试验,分别作为肿瘤、糖尿病的治疗或促进伤口愈合的药物。1997年全球从植物中提取的糖类药物的销售额达73亿美元<sup>[25]</sup>。总的说来,多糖的应用可分为两类:一类是在医药领域,利用多糖独特的理化性质,如易形成凝胶、高渗透压、高粘度和吸水性,制备医药材料、药物缓释剂、血浆代用品等;或利用多糖的抗原性、抗肿瘤等生物功能或活性制备疫苗或新药<sup>[26]</sup>。另一类是在保健食品领域,活性多糖作为功能性因子调节或增强人体免疫功能或起到抗肿瘤、抗突变、抗病毒、抗凝血、抗溃疡、抗氧化、降血糖、降血脂等保健作用。目前国内已有多种产品上市,药品类有猪苓多糖产品,如猪苓多糖注射液(增强免疫功能,同乙肝疫苗结合治疗慢性乙肝);香菇多糖产品,如香菇多糖注射液(治慢性肝炎及肿瘤治疗的辅助药);灵芝多糖产品,如灵芝多糖片、灵芝复方糖浆等(主要用于肿瘤辅助治疗,以及慢性气管炎、高血压、神经衰弱、糖尿病、高血脂等的治疗);云芝多糖产品,如云星胶囊、云星胶束、云芝苷肽冲剂等(用于治疗慢性乙型肝炎、癌症辅助治疗、免疫功能低下的老年病等);黄芪多

糖,如黄芪多糖注射液(增强免疫功能、保肝等作用)。

### 3 活性多糖的构效关系

研究活性多糖的构效关系十分有意义,何种结构的多糖才具有活性,结构的改变如何影响多糖活性,诸如此类的工作都是为了解释多糖化学结构和生物活性的关系,是寻找具有生物活性多糖和多糖药物及多糖功能性食品开发的基础。

#### 3.1 一级结构与生物活性的关系

多糖的一级结构包括单糖组成、连接方式、糖苷键类型、分支度等,每一因素对多糖的生物活性都有不同程度的影响。

3.1.1 主链结构与生物活性的关系 抗肿瘤多糖结构研究表明,从菌体中提取的活性多糖一般由葡萄糖组成,而且葡萄糖链上的 $\beta$ -1,3 苷键和支链上的 $\beta$ -1,6 苷键是抗肿瘤所必需的<sup>[23]</sup>。如从猪苓菌种的菌体中分离得到多种多糖级分,其抗肿瘤活性部分是带(1 $\rightarrow$ 6)支链的 $\beta$ -(1,3)-D-葡聚糖<sup>[27]</sup>;从香菇中提取到的抗肿瘤多糖,也是由 $\beta$ -1,3 结合的直链葡聚糖构成,以5个分子上有2个分子的比率,在6位有 $\beta$ 结合的侧链葡萄糖分子<sup>[28]</sup>。在单糖的连接位置方面,具有1 $\rightarrow$ 3连接方式的多糖大多具有生物活性,部分1 $\rightarrow$ 6连接方式的多糖也具有生物活性,而1 $\rightarrow$ 2、1 $\rightarrow$ 4等连接方式的多糖很少具有活性。

单糖的组成对多糖活性的影响远远小于糖苷键型和单糖连接方式。通常,具有不同化学结构的单糖组成的多糖具有免疫调节活性,这表明免疫应答对单糖的化学结构是非特异性的,它主要由分子大小决定而不是单糖的化学结构。

3.1.2 侧链基团与生物活性的关系 一些多糖的活性与其中是否含有某些化学基团有密切的关系,而这些化学基团可通过人为的化学反应来添加和消除。所以,多糖的结构修饰已成为提高多糖的活性和研究多糖构效关系的有力手段。将多糖进行衍生化,如降解、硫酸化、磺酰化、乙酰化、烷基化等,有可能大大提高多糖的生物活性。其他修饰方法,如磷酸酯化、硬脂酰化、棕榈酰化、二乙基氨基乙基化、碘化、氯化等,在多糖分子修饰中也有运用<sup>[29]</sup>。

多糖常因分子质量大、粘度高、溶解度低等,影响其应用。多糖降解是解决这一问题的有效途径。多糖降解多用酸、过碘酸氧化水解等化学方法。如梁宗岩等人将碱提取水溶性斜顶菌多糖部分酸水解后发现分子质量由原来的1450 kDa降低到17 kDa,且基本结构与分支率基本不变,但其抗肿瘤活性提高了32.7%<sup>[30]</sup>。

硫酸根对抗HIV病毒目前认为是必须的,并且其抑制HIV的作用同分子中硫酸盐含量有关。含量愈高,其抗HIV的作用愈强。这在爱滋病治疗上的应用已证实,所以硫酸酯化多糖的研究已成为当今多糖研究的又一个“兴奋点”。近年来,许多研究者半合成了一系列具有体外抗HIV活性的硫酸多糖,如Pentosan polysulfate, mannan sulfate, Hoe/Bay946, curdian arabinose sulfate, Curdian galactose sulfate等,这些多糖在硫酸化后具有或增强了活性,一般认为多糖在5~60 kDa,硫酸根含量在每单位糖残基平均含1.5~2.0为最佳<sup>[29]</sup>。

3.1.3 分支度与生物活性的关系 多糖分支与活性的关系并不是一种线性关系,分支度适中的多糖往往具有较高的活性,而分支度过高或过低的多糖其活性都有限。活性很强的裂褶菌多糖和香菇多糖仅在C<sub>6</sub>上有分支,分支度为0.33。来自担子菌类*Cryptipirus volvatus*的多糖,分支度为0.25,对肉瘤180的抑制率是裂褶菌多糖的94%。另一些活性多糖的分支度分布为0.75~0.04,变化范围较大。Bohn对几十种葡聚糖的分支度与其抗肿瘤活性进行了比较,认为分支度在0.2~0.33的 $\beta$ -1,3-D-多聚糖,具有更高的生物活性。由此可见,分支度大小与多糖生物活性紧密相关,分支度过大或过小都无法使多糖生物活性达到理想状态<sup>[31]</sup>。

#### 3.2 高级结构与生物活性的关系

多糖生物活性与化学结构关系的深入研究发现,二者不仅是建立在多糖分子的一级结构基础上,而且还与多糖分子的超级结构即空间构象有关。研究结果表明:高分子质量的 $\beta$ -1,3-D-葡萄糖的高度有

序结构(三股螺旋),对于免疫调节活性至关重要。只有分子质量大于  $9 \times 10^4$  的分子才能形成三股螺旋。三股螺旋结构靠  $\beta$ -葡萄糖苷的分支来稳定。低分子质量(小于  $5 \times 10^4$ )的裂褶菌多糖既无三股螺旋也无抗肿瘤活性。

多糖的高级结构与其生物活性的关系至今还不十分清楚,但二级或三级结构比一级结构在活性方面起更大的决定作用的观点则是一致公认的<sup>[23,32]</sup>。抗肿瘤活性研究中发现,分子质量 50 kDa 以上具有三重结构的多糖才有抗肿瘤活性。经 X-射线衍射分析,表明具抗肿瘤活性的香菇多糖及裂褶多糖均有  $\beta$ -三股螺旋型立体构型。如果在香菇多糖中加入尿素或二甲基亚砷,使分子的立体构型发生改变,则其活性就丧失<sup>[33]</sup>。又如茯苓多糖与香菇多糖相似,均具有  $\beta$ -1,6 侧链葡聚糖,无肿瘤活性,但若通过高碘酸氧化再经 Smith 降解后去除  $\beta$ -1,6 侧链,结果获得了具有抗肿瘤活性的多糖, X-射线衍射分析发现多糖此时已形成三重构造<sup>[34]</sup>。张丽萍等人研究发现金顶侧耳多糖在水中为无规线团构象,经硫酸酯化后,无规线团呈伸展状态,局部可能形成螺旋,因而使硫酸酯化金顶侧耳多糖抗病毒 CB 5 活性提高<sup>[35]</sup>。

### 3.3 理化性质与生物活性的关系

3.3.1 水溶性与生物活性的关系 经大量实验证明,多糖的侧链基团与其生物活性密切相关。对于具有螺旋结构的多糖来说,一方面侧链可以使螺旋结构更加稳定,另一方面分布于螺旋结构周围的亲水基对于维持多糖的生物活性是极其重要的。水溶性 D-葡聚糖是一种有抗肿瘤活性、无过长支链、不易被人体内 D-葡聚糖酶很快水解的多糖;而水溶性多糖,如糖原、淀粉、糊精无活性,可能与它们有过长的支链,易被酶解有很大关系。将  $\beta$ -1,3 葡聚糖侧链上的葡萄糖基转化成 3,6 脱羟基衍生物,则其抑瘤活性消失;而将  $\beta$ -1,3 葡聚糖支链糖基转化成多元醇,可提高其活力。由此说明提高水溶性能增强多糖的生物活性<sup>[31]</sup>。

通过硫酸化、磺酰化、磷酸化或羧甲基化等化学修饰方法可以提高多糖的水溶性。如  $\beta$ -1,3-D-葡聚糖 cardlan 不溶于水,如果将它部分羧甲基化,使其水溶性提高,则它的抗肿瘤活性也明显提高<sup>[36]</sup>。

此外,采用酸碱水解、酶解及超声波降解等方法降低多糖分子质量,也可以提高其分子水溶性,降低分子粘度,获得临床上可以应用的分子片段。Sandula 等<sup>[37]</sup>从工程菌啤酒酵母及丝状真菌黑曲霉中分离提取出 1,3- $\beta$ -D-葡聚糖。利用阶段性化学衍生法(羧甲基化)和超声波降解相结合处理,获得分子质量在 90~100 kDa 的易溶多糖衍生物,提高了其临床应用价值。

3.3.2 分子质量与生物活性的关系 多糖的生物活性很大程度上取决于其分子质量大小。Blaschek (1992), Fabre (1984), Kojima (1986) 研究发现,分子的大小是多糖具备生物活性的必要条件,这可能同多糖分子形成的高级构型有关。其中相对分子质量在 100~200 kDa 之间的多糖活性最强。同时研究发现,来源相同、相对分子质量范围为 5~10 kDa 的多糖都不具备生物活性。而相同来源的多糖其结构具有类似性,由此可知其分子大小对于其生物活性至关重要。

### 3.4 活性决定部位与生物活性的关系

活性多糖的生物活性体现在与其受体相互识别、相互作用的过程中。当多糖与受体作用时,往往是其中的特异性寡聚糖片段与受体相结合。由此推测,多糖象蛋白质和酶一样,可能在多糖分子中存在一个或几个寡糖片段的活性中心。

Hiroako K 等<sup>[38-39]</sup>在对中药多糖活性决定部位研究的基础上进行归纳总结发现,具有抗补体活性的甘草多糖、柴胡多糖、当归多糖的活性部分都表现出含半乳糖醛酸聚糖区和带中性糖侧链的鼠李半乳糖醛酸中心(ramified 区),且分支区与抗补体作用、促进有丝分裂和调节巨嗜细胞 Fc 受体兴奋性的活性有关。当这些活性中心被替代或受到空间阻碍时,多糖的生物活性受到很大影响。如从当归中获得的主要由  $\alpha$ -半乳糖(Gal)组成的寡糖醇片段有抗补体作用,但用相应标准寡糖代替则不具备生物活性。

不少研究表明,降低分子质量后仍保持活性或活性更强,如肝素抗凝血活性,只需五个寡糖片段,这五个寡糖片段可能就是肝素保持抗凝血活性所必须的活性中心部位<sup>[40]</sup>。从茅苍术根茎中分离的有刺激肠免疫系统的活性多糖,用结合有抗原的凝胶柱分析发现,该多糖含有 Ara $\alpha$ 3,6-Gal 元件和大量抗高碘酸钠氧化的 3-Gal 侧枝,这些结构为活性所需<sup>[41]</sup>。

## 4 展望

多糖作为一类重要的生物活性物质,虽然到目前为止,只有少数应用于临床,但它们在抗肿瘤、抗病毒、抗衰老、降血糖、愈溃疡等治疗方面已显示了诱人的前景。随着多糖的制备、结构、合成、药理学及临床学研究的不断深入,多糖药物将具有更广阔的前景。

目前对多糖研究侧重于分离、纯化、化学组成及生物活性等方面,对多糖溶液构象、空间结构和结构与功能的关系都未及深入<sup>[42]</sup>。国内外糖类研究的层次与水平,还远远落后于蛋白质和核酸,主要反映在多糖结构与功能的关系还不清楚,多糖在体内的作用机制大多未知<sup>[43]</sup>。我们可以用丰富的中草药为研究材料,以古代医书记载和临床经验为依据,分离出免疫活性高、疗效明确的多糖,继而进行结构与功能关系及作用机理的研究,从而带动糖化学的研究向深度发展,在分子水平上揭示多糖类化合物参与生命过程的奥秘。

### 参考文献:

- [1] 赵国华,陈宗道,李志孝,等.活性多糖的研究进展[J].食品与发酵工业,2002,27(7):45-48.
- [2] KENNEDY J F, WHITE C A. Bioactive Carbohydrates[M]. Chichester: Ellis Horwood Limited, 1983.
- [3] 吴东儒.糖类的生物化学[M].北京:高等教育出版社,1987.
- [4] 张惟杰.糖复合物生化研究技术[M].杭州:浙江大学出版社,1999.
- [5] 来鲁华,杨婷.寡糖的构象分析[J].生物化学与生物物理进展,1995,22(4):290-291.
- [6] PETERS T, MEYER B, STUIKE-PRILL R, et al. A monte carlo method for conformational analysis of saccharides[J]. Car Res, 1993, 238: 49.
- [7] IMBERTY A, PEREZ S. Flexibility in a tetrasaccharide fragment from the high mannose type of N-linked oligosaccharides [J]. Int J Biol Macromol, 1993, 15(2): 17.
- [8] 方积年.多糖体的结构分析[J].国外医学·药学分册,1981,7(4):222-228.
- [9] 陆德培,黄克武,李荣春.糖的高效液相色谱分析研究[J].生物化学与生物物理学报,1982,14(5):501-506.
- [10] ROFF S B. Chemically bonded stationary phase for carbohydrate analysis in liquid chromatography[J]. J Chromatogr, 1976, 117: 206.
- [11] 陶乐平,丁在富,张部昌.气相色谱在多糖结构测定中的应用[J].色谱,1994,12(5):351-354.
- [12] BRADRURY J H, JENKINS G A. Determination of the structures of trisaccharides by <sup>13</sup>C NMR spectroscopy[J]. Carbohydr Res, 1984, 126: 125.
- [13] 王展,方积年.高场核磁共振波谱在多糖结构研究中的应用[J].分析化学,2000,28(2):240-247.
- [14] 方一韦.糖结构与质谱分析[J].质谱学报,1995,16(1):1-8.
- [15] 蒋可, BURLINGAME A L. 糖复合物中糖链部分质谱测定[J].化学通报,1990,(6):30-38.
- [16] YANAMOTO K. Microbial endoglycosidases for analysis of oligosaccharide chains in glycoproteins[J]. J Biochem, 1994, 116: 229-235.
- [17] EDGE C J, RADEMACHER T W, WORMALD M R, et al. Fast sequencing of oligosaccharides: the reagent array analysis method[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1992, 89: 6388-6392.
- [18] 王顺春,方积年. X射线纤维衍射在多糖构型分析中应用的研究进展[J].天然产物研究与开发,2000,12(2):75-80.
- [19] 丁侃,方积年.多糖类药物毛细管电泳分析方法及其应用[J].色谱,1999,17(4):346-350.
- [20] 缪平,贺峰,金声.罂粟花粉中阿拉伯半乳糖的结构及圆二色性的研究[J].高等学校化学学报,1994,15(3):379-382.
- [21] 方积年.第15届国际碳水化合物研讨会介绍[J].中国药学杂志,1991,26(9):533.
- [22] 张倩,江萍,秦礼康,等.多糖功能的研究进展[J].贵州农业科学,1998,26(4):59-60.
- [23] 黄芳,蒙义文.活性多糖的研究进展[J].天然产物研究与开发,1999,11(5):90-98.
- [24] SORIVASTAVA R, KULSHERSHTHA D K. Bioactive polysaccharides from plants[J]. Phytochem, 1989, 28(11): 2877-2883.
- [25] HEIJDEN R. Bioactive carbohydrate polymers[J]. Carbohydr Eur, 1998, 23: 48.
- [26] 董群,方积年.多糖在医药领域中的应用[J].中国药学杂志,2001,36(10):649-652.

- [27] MASHIHI K N, LANGE W. Immunotherapeutic of Infection Diseases[M]. Berlin: Springer Verlag, 1990, 9: 23-51.
- [28] MISA KI H, KALUTA M, et al. Studies on interrelation of structure and antitumor effects of polysaccharides[J]. Car Res, 1981, 92: 115-129.
- [29] 王长云, 管华诗. 多糖抗病毒作用研究进展 I. 多糖抗病毒作用[J]. 生物工程进展, 2000, 20(1): 17-20.
- [30] 梁宗岩, 张翼伸. 斜顶菌水溶性多糖的构象研究[J]. 生物化学杂志, 1985, 1(5-6): 141-147.
- [31] BOHN J, BERMILLER J N. (1 $\rightarrow$ 3)- $\beta$  glucans as biological response modifiers: a review of structure functional activity relationships[J]. Carbohydrate Polymers, 1995, 28: 3-14.
- [32] 陈惠黎, 王克夷. 糖复合物的结构与功能[M]. 上海: 上海医科大学出版社, 1997.
- [33] NANBA H, KURODA H. The chemical structure of an antitumor polysaccharide in mycelia of *Cochliobolus myabeanus*[J]. Chem Pharm Bull, 1987, 35: 1285.
- [34] HAMURO J, CHIHARA G. Mechanisms of action of antitumor polysaccharide. I. Effects of antilymphocyte serum on the antitumor activity of lentinan[J]. Int J Cancer, 1971, 8(1): 41-46.
- [35] 张丽萍, 孙非, 张翼伸. 化学修饰对金顶侧耳多糖抗病毒(CB5)活性的影响[J]. 生物化学杂志, 1994, 10(2): 150-153.
- [36] 田庚元, 冯宇澄. 多糖类免疫调节剂的研究和应用[J]. 化学进展, 1994, 6(2): 114-124.
- [37] SANDULA J, KOGAN G, KACURAKOVA M, et al. Microbial(1 $\rightarrow$ 3)-glucans, their preparation, physico-chemical characterization and immunomodulatory activity[J]. Carbohydrate Polymers, 1999, 38: 247-253.
- [38] ZHAO J F, HIROAKO K, HARUKI Y. Heterogeneity and characterization of mitogenic and anti-complementary pectic polysaccharides from the roots of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch et D. C. [J]. Carbohydrate Research, 1991, 219: 149-172.
- [39] HIROAKO K, NORITO T, ZHAO J F, et al. Pectic polysaccharide from roots of *Glycyrrhiza uralensis*: possible contribution of neutral oligosaccharides in the galacturonase resistant region to anti-complementary and mitogenic activities[J]. Planta Med, 1996, 62: 14-19.
- [40] 张翼伸. 怎样研究植物多糖[J]. 生命的化学, 1999, 19(6): 296-297.
- [41] KWANG W Y, KIYOHARA H, MATSUMOTO T, et al. Intestinal immune system modulating polysaccharides from rhizomes of *Atractylodes lancea*[J]. Planta Med, 1998, 64: 714-719.
- [42] 国家自然科学基金委员会. 自然科学学科发展战略调研报告——有机化学[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 42-44.
- [43] 张芝, 杨明, 孟宪丽, 等. 日本研究多糖的新进展[J]. 国外医学中医中药分册, 1997, (3): 46-48.

## 欢迎订阅 2004 年下列刊物

《造纸科学与技术》是广东省造纸学会会刊, 中国科技核心刊物之一, 由广东省造纸学会、广东省造纸研究所、华南理工大学制浆造纸工程国家重点实验室合办。主要刊登制浆造纸科学与工程的文章与报告, 应用技术、经营管理与生产经验。是造纸行业中水平较高的期刊之一。

该刊于 1996 年 7 月起入编《中国学术期刊(光盘版)》, 并荣获《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》全文收录证书;《中国学术期刊综合评价数据库来源期刊证书》。双月刊, 逢双月底出版, 大 16 开, 全年订费 36 元(含邮费)。订阅者可通过邮局汇款至“全国非邮发行报刊联合征订服务部”(天津市大寺泉集北里别墅 17 号, 邮编 300385) 订阅。也可直接由邮局汇款至广州市华南理工大学制浆造纸工程国家重点实验室《造纸科学与技术》编辑部(邮编 510640), 汇款时请写清单位名称、地址、邮编及收件人姓名。欢迎订阅! 欢迎刊登各类广告! 订 阅 地 址: 300385 天津市大寺泉集北里别墅 17 号 全国非邮发行报刊联合征订服务部; 电话: (022)23962479; 开户银行: 工商银行天津尖山分理处; 账户: 天津市河西区联合征订服务部; 账号: 0302060509104619603, 请注明订 2004 年《造纸科学与技术》, 编号: 9172。

《河北化工》为化工综合性技术期刊, 由河北省化学工业研究院和河北省化学工业技术情报中心站主办, 国内外公开发行, 刊号: CN 13-1058/TQ; ISSN 1003-5095。该刊为大 16 开 64 页, 双月刊, 逢双月 20 日出版。每年订价 8.50 元, 全年 51 元(含邮费)。邮发代号: 18-333。全国各地邮局征订, 或直接向编辑部汇款订阅。

该刊是《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中文科技期刊数据库》收录期刊。主要报道化工新成果、新工艺、新产品、新设备和先进经验及行业发展方向、动态、市场信息等。主要栏目: 综述与论坛、科研与生产、经济与市场、分析与测试、综合利用、化工知识、信息等栏目。常年承办广告业务(广告经营许可证号 1301024D00007), 封面为 157 g 铜版纸, 设计、印刷精美。欢迎来人、来电、来函联系广告。编辑部地址: 050031 石家庄市建华南大街 18 号; 电话: (0311) 5051579; 传真: (0311) 5051096; E-mail: hgjbj@163.com; 户名: 河北省石油化学工业技术情报中心站; 账号: 0402022409221000187; 开户行: 工商银行石家庄建华办事处; 联系人: 赵健。