

L-rhamnopyranosyl-(1→6)-β-*D*-glucopyranoside。

化合物Ⅵ:无色透明固体,溶于甲醇。ESI-MS m/z :355[M+Na]⁺。¹H-NMR(500 MHz,CD₃OD) δ:5.91(1H,dd, J =11.0,18.0 Hz,H-2),4.95(2H,dd, J =11.5,18.0 Hz,H-1),4.27(1H,d, J =8.0 Hz,H-1'),3.80(1H,dd, J =12.0,3.5 Hz,H-6'b),3.60(1H,dd, J =12.0,5.5 Hz,H-6'a),3.35(1H,dd, J =11.0,4.0 Hz,H-6),3.20~3.22(3H,m,H-3',4',5'),3.06~3.09(1H,m,H-2'),2.09~2.13(1H,m,H-4b),1.91~1.96(1H,m,H-5b),1.69~1.78(1H,m,H-5a),1.50~1.56(1H,m,H-4a),1.20(3H,s,H-8),1.14(3H,s,H-9),1.06(3H,s,H-10)。¹³C-NMR(125 MHz,CD₃OD)δ:147.45(C-2),111.41(C-1),85.79(C-6),77.14(C-7),74.87(C-3),33.68(C-4),32.28(C-10),30.06(C-8),25.75(C-5),21.96(C-9),106.34(C-1'),78.12(C-3'),77.77(C-5'),75.34(C-2'),71.58(C-4'),62.75(C-6')。以上数据与文献报道一致^[10],确定该化合物为(3*S*,6*R*)-*trans*-linalool-3,7-oxide glucoside。

化合物Ⅶ:无色块状结晶(甲醇),mp 180~183℃。与蔗糖对照品共薄层色谱,在多个展开系统中色谱行为一致,混合测定熔点不下降,所以确定该化合物为蔗糖。

化合物Ⅷ:无色长方形块晶(甲醇),mp 103~

105℃。与果糖对照品共薄层色谱,3个系统中(醋酸乙酯-甲醇-水;氯仿-甲醇-水;醋酸乙酯-乙醇-水)展开,10%硫酸乙醇喷雾加热后都显土黄色,R_f值一致;混合测定熔点不下降。由以上实验结果确定该化合物为果糖。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [2] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1995.
- [3] 肖 瑛, 李建北, 丁 怡, 等. 毛大丁草化学成分的研究 [J]. 中草药, 2003, 34(2): 109-111.
- [4] 原 源, 陈万生, 郑水庆, 等. 巴天酸模的化学成分 [J]. 中国中药杂志, 2001, 26(4): 256-258.
- [5] 戴 忠, 王 峰, 王钢力, 等. 穗花蛇菰的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(21): 1798-1800.
- [6] 于德泉, 杨峻山. 分析化学手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1999.
- [7] Sasahara H, Mine M, Izumori K. Production of *D*-talitol from *D*-psicose by *Candida famata* R28 [J]. *J Ferment Bioengin*, 1998, 85(1): 84-88.
- [8] Lu Y R, Sun Y, Yeap Foo L, et al. Phenolic glycosides of forage legume *Onobrychis viciifolia* [J]. *Phytochemistry*, 2000, 55(1): 67-75.
- [9] Sang S M, Lapsley K, Woo-Sik J, et al. Antioxidative phenolic compounds isolated from almond skins (*Prunus amygdalus* Batsch) [J]. *J Agric Food Chem*, 2002, 50(8): 2459-2463.
- [10] Jiang L, Kojima H. Isolation of some glycosides as aroma precursors in young leaves of Japanese pepper (*Xanthoxylum piperitum* DC.) [J]. *J Agric Food Chem*, 2001, 49(12): 5888-5894.

党参多糖的分离纯化及其结构研究

任丽靖¹, 张 静², 刘志存¹, 孙润广^{1*}

(1. 陕西师范大学物理与信息技术学院 生物物理与生物医学工程实验室, 陕西 西安 710062;

2. 陕西师范大学 食品工程系, 陕西 西安 710062)

摘 要:目的 进行党参多糖的分离纯化及结构的研究。方法 经脱脂、热水抽提、乙醇沉淀、Sevage 法脱蛋白得到的粗提党参多糖(CPPS), 再经DEAE-纤维素柱色谱分离得到纯化的水洗党参多糖(CPPS1)。紫外光谱及Sephadex G-200 凝胶柱色谱鉴定其纯度。气相色谱、红外光谱和原子力显微镜(AFM)分析其结构。结果 CPPS1 不含蛋白质, 且为均一多糖。单糖组成为阿拉伯糖、核糖、甘露糖、果糖、半乳糖、葡萄糖。红外光谱显示CPPS1 具有典型的多糖吸收峰; 原子力显微镜(AFM)分析表明CPPS1 分子具有高度分枝的结构, 并且糖链间形成大小不等的环状结构。结论 CPPS1 是一种含呋喃环结构的均一多糖, 且具有高度分枝的结构。

关键词:党参; 多糖; 原子力显微镜

中图分类号: R931.6

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2008)07-0986-04

党参为桔梗科党参属植物党参 *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf. 的干燥根, 其性味甘、

收稿日期: 2007-10-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(20572067); 教育部科学技术研究重点项目(104167)

作者简介: 任丽靖(1982-), 女, 河南南阳人, 硕士研究生, 生物物理专业。 E-mail: renjing8208@126.com

* 通讯作者 孙润广 E-mail: sunrunguang@snnu.edu.cn

平,无毒^[1],具有补中益气、健脾益肺等功效^[2],主治脾胃虚弱,气短心悸,热病伤津,虚喘咳嗽等症,是我国传统的补益药^[3,4]。现代药理学研究证实党参具有抗肿瘤、增强免疫功能及抗氧化等多种生物学活性,其主要活性成分为党参多糖(*Codonopsis pilosula* polysaccharide, CPPS)^[5~8]。近几年,国内外在党参多糖生物活性方面进行了深入的研究,但有关党参多糖的结构研究报道的较少,未见用原子力显微镜观察党参多糖分子的表面形貌的报道。为此,本实验对党参多糖进行分离纯化,并对纯化级分的CPPS1结构进行了研究,这对系统研究党参多糖的结构以及进一步弄清其结构与功能的关系提供了实验资料。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂:党参购于西安市中药材批发市场),DEAE-纤维素,Sephadex G-200凝胶(北京鼎国生物技术有限公司,其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备:U-3010 Sdetrophotometer型紫外分光光度计(日本日立公司);SPM-9500J3型原子力显微镜(日本岛津公司);EQUINOX55傅立叶红外光谱仪(德国Brucher公司);GF-16RX型日立牌多用途小型冷冻离心机(日本日立工机有限公司);ALPHA 1-4型真空冷冻干燥机(德国CHRIST公司);E-52AA型旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂);DBS-100电脑全自动部分收集器(上海沪西分析仪器厂有限公司);Z系列色谱柱(50 cm×1.6 cm)(上海沪西分析仪器厂有限公司);SHB-Ⅲ型循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司);HH-S4型电热恒温水浴锅(北京科伟永型仪器有限公司);气相色谱仪(美国菲尼根)。

1.3 党参多糖的分离与纯化

1.3.1 党参的预处理:将党参在60℃烘箱中烘12 h后将其粉碎,然后按照料液质量体积比为1:6的比例加入95%乙醇回流提取2次,每次2 h以脱脂,药渣在自然条件下晾干备用。

1.3.2 党参多糖的提取^[9]:称取已干燥的党参药渣40 g,加入400 mL蒸馏水,放置于80℃的水浴中加热提取3次,每次2 h,滤过,合并3次提取液,减压浓缩至原体积的1/5,加入3倍体积95%乙醇,静置过夜,4 000 r/min离心(4℃,20 min),收集沉淀,沉淀用蒸馏水溶解,经Sevage法^[10]除蛋白,流水透析3 d,再加入3倍体积95%乙醇,离心,沉淀相继用无水乙醇、丙酮和乙醚洗涤,真空冷冻干燥,得到1.095 g灰白色的党参多糖粗品(CPPS)。

1.3.3 党参多糖的分离纯化^[11]:取0.25 g党参粗

多糖溶于少量蒸馏水中,进行DEAE-纤维素柱色谱分离,体积流量为0.5 mL/min,每10 min收集1管。先用蒸馏水洗至无糖检出,再用0.1、0.3、0.5 mol/L NaCl洗脱,最后用0.1 mol/L NaOH进行洗脱,隔管用改进的苯酚-硫酸法^[12]检测,收集各洗脱峰部分,浓缩,透析,冷冻干燥,得各级分多糖。

蒸馏水洗脱部分为多糖的主要组分,真空冷冻干燥后为白色粉末状的水洗党参多糖(CPPS1)。

1.4 纯度鉴定

1.4.1 紫外分光光度法:在紫外光谱仪上200~700 nm扫描。

1.4.2 Sephadex G-200凝胶柱色谱法^[11]:将CPPS1进行Sephadex G-200柱色谱分离,体积流量为0.3 mL/min,每10 min收集1管,用蒸馏水洗脱,隔管用改进的苯酚-硫酸法^[5]检测。

1.5 结构研究

1.5.1 气相色谱分析:称取20 mg CPPS1,放入具塞试管中,加入2 mol/L硫酸溶液5 mL后,封管,在105℃水解8 h,水解液加少量蒸馏水,用BaCO₃中和后离心除沉淀,上清液冷冻干燥,将干燥后的样品依次加入0.3 mL吡啶、0.2 mL六甲基二硅胺烷、0.1 mL三甲基氯硅烷后封管,60℃烘箱中反应10 min,进行硅烷化。反应产物4 000 r/min离心,上清液直接进行气相色谱分析。

气相色谱分析条件:色谱柱为石英毛细管柱,载气:氮气,流速:10 mL/min;检测器:FID,气体流速比:空气与氢气比为300:30;尾吹气为30;汽化室温度:250℃;检测器温度:260℃;程序升温:150~190℃,升温速度为7℃/min,190~260℃,保持2 min,升温速度为15℃/min;进样量为1 μL。

1.5.2 红外光谱测定^[13]:采用KBr压片法,在红外光谱仪上测定4 000~400 cm⁻¹的红外光谱。

1.5.3 原子力显微镜(AFM)观测:准确称取1 mg CPPS1,配制成20 μg/mL多糖溶液,冷却至室温,再稀释至2 μg/mL。用移液枪吸取3 μL多糖溶液,滴在新鲜解离的云母片上,空气中干燥大约20 min,待样品干燥后即可进行原子力显微镜(AFM)观测。

2 结果与分析

2.1 党参多糖的纯化结果:党参多糖经DEAE-纤维素分离纯化后得到5个洗脱峰。蒸馏水洗脱出现峰Ⅰ(CPPS1),0.1 mol/L NaCl洗脱出现峰Ⅱ(CPPS2),0.3 mol/L NaCl洗脱出现峰Ⅲ(CPPS3),0.5 mol/L NaCl洗脱出现峰Ⅳ(CPPS4),0.1 mol/L NaOH洗脱出现峰Ⅴ

(CPPS5),各部分所占比例为 44.3%、23.5%、14.25%、3.75%、15.2%,用 0.5 mol/L NaCl 洗脱时的峰已经很小。其中,峰 I (CPPS1)所占的比例最大,为党参多糖的主要组分,因此对该部分党参多糖的结构进行了研究。

2.2 纯度鉴定结果:由紫外光谱图可以看出水洗多糖 CPPS1 在 250~280 nm 无明显的吸收峰,表明样品中已无蛋白质、核酸。

由 CPPS1 的 Sephadex G-200 柱色谱图,可看出洗脱峰是单一对称的,表明水洗多糖 CPPS1 已得到纯化。

2.3 CPPS1 的结构分析

2.3.1 单糖组成分析:根据单糖对照品和样品的色谱保留时间,将 CPPS1 水解产物的硅烷化衍生物的气相色谱图(图 1)与混合单糖对照品的气相色谱图(图 2)对照比较,其结果列于表 1 中。从表中可看出 CPPS1 的单糖组成为阿拉伯糖、核糖、甘露糖、果糖、半乳糖、葡萄糖。

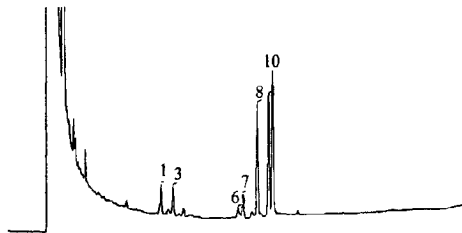
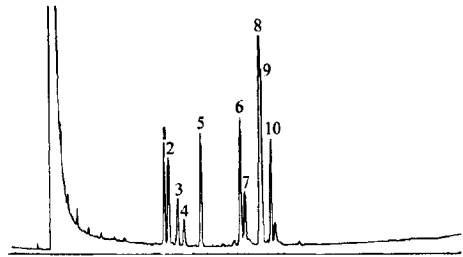


图 1 CPPS1 的气相色谱图

Fig. 1 GC Chromatogram of CPPS1

2.3.2 红外光谱图分析^[13,14]:从 CPPS1 的红外光谱中可看出 3 389.99、2 933.73、1 326.03 cm^{-1} 这 3 个吸收峰可初步判断该化合物是糖类化合物。3 389.99 cm^{-1} 处是一宽而强的吸收峰,由 O-H 的伸缩振动造成,说明 CPPS1 存在分子间的氢键;2 933.73 cm^{-1} 处是一弱的吸收峰,由 C-H 的伸缩振



1-阿拉伯糖 2-鼠李糖 3-核糖 4-核糖 5-木糖
6-甘露糖 7-果糖 8-半乳糖 9-山梨糖 10-葡萄糖
1-Ara 2-Rha 3-Rib 4-Rib 5-Xyl
6-Man 7-Fru 8-Gal 9-Sor 10-Glu

图 2 混合单糖对照品的气相色谱图

Fig. 2 GC Chromatogram of mix monose reference substance

表 1 单糖对照品及 CPPS1 中单糖的保留时间

Table 1 Retentive time of monose reference substance and monose of CPPS1

单糖	保留时间/min	CPPS1	单糖	保留时间/min	CPPS1
阿拉伯糖	4.183	4.176	甘露糖	6.277	6.267
鼠李糖	4.302		果糖	6.398	6.392
核糖	4.545	4.50	半乳糖	6.805	6.792
	4.713		山梨糖	6.848	
木糖	5.177		葡萄糖	7.108	7.09

动造成;1 326.03 cm^{-1} 处是不太尖的吸收峰,由 C-H 的变角振动造成。由 1 135~1 031 cm^{-1} 的 2 个吸收峰,940~810 cm^{-1} 的 3 个吸收峰,可判断该多糖有呋喃糖苷的存在。935.69 cm^{-1} 和 820.34 cm^{-1} 是两个较为明显的呋喃糖苷的特征吸收峰,分别由呋喃环的对称伸缩振动和呋喃环的 C-H 变角振动造成;870.74 cm^{-1} 是甘露糖的吸收峰,由次甲基的横向振动造成。

2.3.3 原子力显微镜(AFM)观察分析:CPPS1 的原子力显微镜(AFM)如图 3 和图 4 所示。

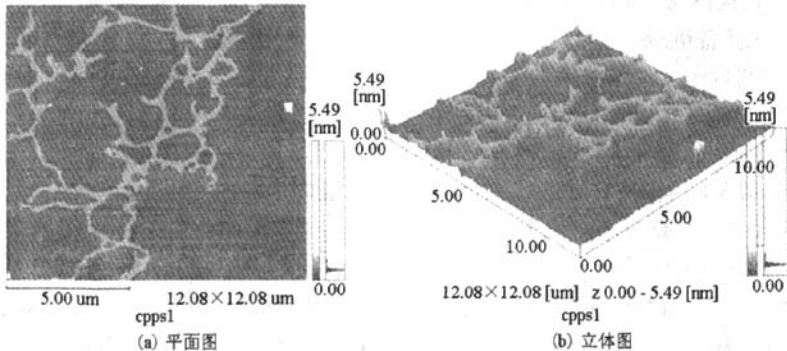


图 3 CPPS1 的原子力显微镜图(12.08 μm × 12.08 μm)

Fig. 3 AFM Images of CPPS1 (12.08 μm × 12.08 μm)

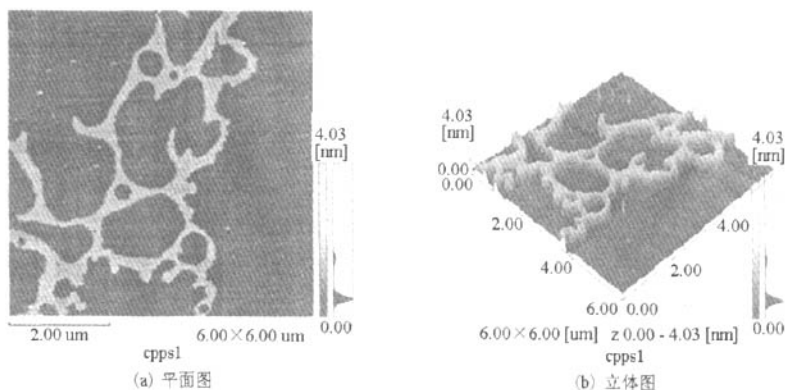


图4 CPPS1的原子力显微镜图(6.00 μm×6.00 μm)

Fig. 4 AFM Images of CPPS1 (6.00 μm×6.00 μm)

图3的扫描范围是12.08 μm×12.08 μm,从其平面图和立体图中分别可以较为清楚地看到CPPS1呈现多分枝的结构,并且糖链分布的密度大小不一。根据文献报道^[15],糖链的密度依赖于初始浓度及其沉积到云母片表面的量,因此制样对研究多糖分子表面形貌有很重要的意义。

图4的扫描范围是6.00 μm×6.00 μm,从图中能够更清楚地观察到CPPS1分子的链间通过糖单元不同的连接方式衍生出许多大大小小的环状结构。

3 讨论

本实验发现CPPS1除了由阿拉伯糖、核糖、甘露糖、果糖、半乳糖和葡萄糖这些单糖组成外,同时还有一个未知糖。从图1中很明显可以看到有一个很突出的未知单糖色谱峰,此峰尚待进一步确认。从气相色谱分析结果来看,阿拉伯糖、核糖等五碳糖一般比甘露糖、果糖、半乳糖、葡萄糖等六碳糖的保留时间更短,更容易出峰,因此推测这个未知的单糖可能属于六碳糖。

本实验利用原子力显微镜观察了CPPS1分子的表面形貌,能够很清楚地看到其糖链具有高度分枝的结构,并且糖链间形成大小不等的环。同时,马秀俐等^[15]用原子力显微镜观察到西洋参多糖的分子链聚集状态呈多股紧密并行螺旋形排列;Ludwing等^[16]利用原子力显微镜研究了多糖及超分子结构。多糖具有特殊的生物功能,与其结构密切相关,原子力显微镜是研究多糖高级结构的一个十

分有用的工具^[17]。有关党参多糖的结构与生物活性之间的关系,有待于我们进一步进行研究。

参考文献:

- [1] 张雅君,梁忠岩,赵伟,等.党参水溶性多糖的分离、纯化及组成分析[J].中国药理学杂志,2005,40(14):1107-1109.
- [2] 戚丰,李发胜.苯酚-硫酸法测定党参多糖含量[J].沈阳部队医药,2006,19(3):176-177.
- [3] 刘恩荔,秦雪.党参研究进展[J].山西医科大学学报,2002,33(6):765.
- [4] 韦美秀.党参的药理研究及临床应用概况[J].广西药学,1998,20(4):635-637.
- [5] 韩凤美,程伶俐,陈勇.板桥党参多糖的分离纯化及组成研究[J].中国中药杂志,2005,40(18):1381-1383.
- [6] 杨光,李发胜.党参多糖对小鼠免疫功能的影响[J].中药药理与临床,2005,21(4):39.
- [7] 刘景田,党小军,张洁.中药多糖增强淋巴细胞免疫效应与机制研究[J].中国药理学杂志,1999,34(12):807-809.
- [8] 贺庆,朱恩圆,王峰涛,等.党参化学成分的研究[J].中国药理学杂志,2006,41(1):10-12.
- [9] 杜清,秦民坚,郭巧生.明党参多糖提取工艺研究[J].现代中药研究与实践,2005,19(4):51-53.
- [10] Staub A M. Methods in carbohydrate [J]. *Phytochemistry*, 1965, 15(5): 5.
- [11] 燕航,钟耀广,王淑琴.香菇子实体多糖分离纯化的研究[J].食品研究与开发,2006,127(8):61-63.
- [12] 董群,郑丽伊,方积年.改良的苯酚-硫酸法测定多糖和寡糖含量的研究[J].中国药理学杂志,1996,31(9):38-41.
- [13] 张维杰.糖复合物生化研究技术[M].杭州:浙江大学出版社,1999.
- [14] 毛建山,吴亚林,黄静,等.白毛藤多糖的分离、纯化和鉴定[J].中草药,2005,36(5):654-656.
- [15] 马秀俐,白玉白,孙允秀,等.西洋参多糖的原子力显微镜观察[J].吉林大学自然科学学报,2000,36(1):105-106.
- [16] Ludwing M, Rief M A. A tool for single-molecule experiment [J]. *Appl Phys B*, 1999, 68(2): 173-184.
- [17] 孙润广,张静.甘草多糖螺旋结构的原子力显微镜研究[J].化学学报,2006,64(24):2467-2472.

党参多糖的分离纯化及其结构研究

作者：[任丽靖](#)，[张静](#)，[刘志存](#)，[孙润广](#)
作者单位：[任丽靖, 刘志存, 孙润广\(陕西师范大学物理与信息技术学院, 生物物理与生物医学工程实验室, 陕西, 西安, 710062\)](#)，[张静\(陕西师范大学食品工程系, 陕西, 西安, 710062\)](#)
刊名：[中草药](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名：[CHINESE TRADITIONAL AND HERBAL DRUGS](#)
年，卷(期)：2008, 39(7)
被引用次数：7次

参考文献(17条)

1. [张雅君;梁忠岩;赵伟](#) [党参水溶性多糖的分离、纯化及组成分析](#)[期刊论文]-[中国药学杂志](#) 2005(14)
2. [咸丰;李发胜](#) [苯酚-硫酸法测定党参多糖含量](#) 2006(03)
3. [刘恩荔;秦雪](#) [党参研究进展](#)[期刊论文]-[山西医科大学学报](#) 2002(06)
4. [韦美秀](#) [党参的药理研究及临床应用概况](#) 1998(04)
5. [韩凤美;程伶俐;陈勇](#) [板桥党参多糖的分离纯化及组成研究](#)[期刊论文]-[中国中药杂志](#) 2005(18)
6. [杨光;李发胜](#) [党参多糖对小鼠免疫功能的影响](#)[期刊论文]-[中药药理与临床](#) 2005(04)
7. [刘景田;党小军;张洁](#) [中药多糖增强淋巴细胞免疫效应与机制研究](#) 1999(12)
8. [贺庆;朱恩圆;王峰涛](#) [党参化学成分的研究](#)[期刊论文]-[中国药学杂志](#) 2006(01)
9. [杜清;秦民坚;郭巧生](#) [明党参多糖提取工艺研究](#)[期刊论文]-[现代中药研究与实践](#) 2005(04)
10. [Staub A M](#) [Methods in carbohydrate](#) 1965(05)
11. [燕航;钟耀广;王淑琴](#) [香菇子实体多糖分离纯化的研究](#)[期刊论文]-[食品研究与开发](#) 2006(08)
12. [董群;郑丽伊;方积年](#) [改良的苯酚硫酸法测定多糖和寡糖含量的研究](#) 1996(09)
13. [张惟杰](#) [糖复合物生化研究技术](#) 1999
14. [毛建山;吴亚林;黄静](#) [白毛藤多糖的分离、纯化和鉴定](#)[期刊论文]-[中草药](#) 2005(05)
15. [马秀俐;白玉白;孙允秀](#) [西洋参多糖的原子力显微镜观察](#)[期刊论文]-[吉林大学自然科学学报](#) 2000(01)
16. [Ludwing M;Rief M A](#) [A tool for single-molecule experiment](#) 1999(02)
17. [孙润广;张静](#) [甘草多糖螺旋结构的原子力显微镜研究](#)[期刊论文]-[化学学报](#) 2006(24)

本文读者也读过(9条)

1. [季宇彬. 孙剑楠. 汲晨锋. Ji Yubin. Sun Jiannan. Ji Chenfeng](#) [羊栖菜多糖\(SPFS-B1\)的原子力显微镜观察](#)[期刊论文]-[亚太传统医药](#)2008, 4(10)
2. [马秀俐. 白玉白. 孙允秀. 刘举正. 刘忠英. MA Xiu-li. BAI Yu-bai. SUN Yun-xiu. LIU Ju-zheng. LIU Zhong-ying](#) [西洋参多糖\(PPQ-d\)的原子力显微镜观察](#)[期刊论文]-[吉林大学自然科学学报](#)2000(1)
3. [王秀艳. 董丽松](#) [原子力显微镜在多糖结构研究中的进展](#)[期刊论文]-[高分子通报](#)2004(1)
4. [李国有. 陈勇. 王云起. 廖问陶. 蔡继业. Li Guoyou. Yong Chen. Wang Yunqi. Liao Wentao. Cai Jiye](#) [原子力显微镜在多糖分子结构研究中的应用](#)[期刊论文]-[现代仪器](#)2006, 12(5)
5. [宋艺君. 郭涛](#) [党参多糖提取纯化工艺的研究](#)[期刊论文]-[现代中医药](#)2010, 30(3)
6. [王丽蕃. 郑娟. 徐非凡. WANG Li-fan. ZHENG Juan. XU Si-fan](#) [藏党参和潞党参中活性成分含量的对比研究](#)[期刊论文]-[时珍国医国药](#)2008, 19(12)
7. [石磊. 王勇. 石勇. 李娟. 刘志强. 刘淑莹](#) [虎眼万年青多糖的原子力显微镜观察](#)[期刊论文]-[吉林大学学报\(医学版\)](#) 2003, 29(1)
8. [徐平平. 孙润广. 张静. 刘娜女. 张静. 李岱. 王小梅. XU Ping-ping. SUN Run-guang. ZHANG Jing. LIU Nanv. ZHANG](#)

[Jing. LI Dai. WANG Xiao-mei 女贞子多糖结构的原子力显微镜研究\[期刊论文\]-电子显微学报2009, 28\(2\)](#)

9. [戴玲. 廖洪梅. 沈业寿. 赵帜平. 朱晓光. DAI Ling. LIAO Hong-mei. SHEN Ye-shou. ZHAO Zhi-ping. ZHU Xiao-guang 原子力显微镜观察丹皮多糖分子的形貌结构及自组装行为\[期刊论文\]-激光生物学报2007, 16\(6\)](#)

引证文献(7条)

1. [杨淑娟. 胡元亮. 郭利伟. 赵晓娜. 范云鹏. 俞涛 正交试验优选党参多糖的硫酸化工艺研究\[期刊论文\]-中草药 2010\(7\)](#)

2. [严碧歌. 赵凯. 杜柯 超声波提取对麦冬多糖结构和抗氧化活性的影响\[期刊论文\]-压电与声光 2011\(6\)](#)

3. [孙志国. 陈志. 程东来. 钟学斌. 刘成武 党参道地药材资源的国家地理标志产品保护\[期刊论文\]-中草药 2010\(2\)](#)

4. [杨静. 苏强. 刘恩荔. 高建平 党参多糖滴丸成型工艺的研究\[期刊论文\]-山西医科大学学报 2010\(3\)](#)

5. [吴永娜. 李剑. 许瑞. 王引权. 张延红. 王惠珍. 张金林 党参肌动蛋白基因片段的克隆及序列分析\[期刊论文\]-中草药 2011\(12\)](#)

6. [杨丰榕. 苏强. 李瑞燕. 高建平 党参多糖的气相色谱-质谱联用分析\[期刊论文\]-中国医药导报 2011\(17\)](#)

7. [邹元锋. 曹朝生. 刘江. 李跃武. 周富贵. 陈兴福 党参质量评价研究进展\[期刊论文\]-中草药 2010\(3\)](#)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_zcy200807010.aspx