

深层发酵灵芝胞内多糖的组成与结构分析

隋晓辰¹, 张 珏², 郭庆彬³, 崔武卫³, 刘艳芳¹, 夏咏梅^{*1}

(1. 食品科学与技术国家重点实验室/化学与材料工程学院, 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 卫生部核医学重点实验室, 江苏省原子医学研究所, 江苏无锡 214063; 3. 圭尔夫食品研究中心, 加拿大农业部-农业食品部, 安大略 N1G5C9)

摘要: 测定了深层发酵灵芝胞内多糖的分子量和单糖组成, 首次详细分析了深层发酵灵芝胞内多糖的结构特性, 为深入研究深层发酵灵芝多糖的生物活性及其构效关系奠定了基础。经单糖组成分析和光谱初步解析, 灵芝胞内多糖是由 5 种单糖组成, 其摩尔比为葡萄糖:半乳糖:甘露糖:阿拉伯糖:木糖=83.75:4.76:4.15:2.04:5.30; 通过 IR、GC-MS、HPAE-PAD、NMR 等分析其是以 α -(1 $\rightarrow$ 4) 位键合吡喃葡萄糖主链为主, 以 T-Glcp 为主要的残基, 同时存在半乳糖、甘露糖、阿拉伯糖和木糖的分支残基。

关键词: 灵芝; 深层发酵; 单糖组成; 结构分析

中图分类号: O 657.3 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2016)07—0728—06

Structure Features and Monosaccharide Composition of the Intracellular Polysaccharide from Submerge-Cultured *Ganoderma lucidum*

SUI Xiaochen¹, ZHANG Jue², GUO Qingbin³, CUI Steve W³, LIU Yanfang¹, XIA Yongmei^{*1}

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology / School of College of Chemical & Material Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Key Laboratory of Nuclear Medicine of Ministry of Health, Jiangsu Institute of Nuclear Medicine, Wuxi 214063, China; 3. Guelph Food Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, Guelph N1G5C9, Canada)

Abstract: The molecular weight and monosaccharide composition of intracellular polysaccharide from submerge-cultured *Ganoderma lucidum* (GLP) was investigated in this study, whose structure features was also thoroughly studied for the first time. This work could build a solid theoretical foundation for the further research on the biological activity and structure-activity relationship of GLP. The components of intracellular GLP were preliminary determined as glucose, galactose, mannose, arabinose and xylose with a molar ratio of 83.75:4.76:4.15:2.04:5.30 using monosaccharide composition analysis and spectrum analysis. The structure feature was confirmed with a backbone of 1,4- α -glucan and main terminal sugar residues of T-Glcp, and other branch residues containing galactose, mannose, xylose and arabinose by characterization of IR, GC-MS, HPAE-PAD and NMR,

收稿日期: 2015-01-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(20875038, 31371837); 2014 年美大地区科研合作项目(5922059999140060); 食品科学与技术国家重点实验室 2015 自主研究课题(SKLF-ZZB-201504)。

* 通信作者: 夏咏梅(1965—), 女, 江苏南京人, 工学博士, 教授, 主要从事精细化学品合成及生物催化研究。

E-mail: ymxia@jiangnan.edu.cn

respectively.

Keywords: *Ganoderma lucidum*, submerge-cultured, monosaccharide compositions, structure features

多糖是由多个单糖分子缩合、失水以糖苷键结合而成的大分子化合物,广泛存在于生命体的细胞中,承担着能量存储、运输以及结构支撑等作用。许多多糖已被认为是免疫调节剂^[1]和抗氧化剂^[2],同时它们的体外抗肿瘤活性已成为近年来的研究热点^[3-10]。灵芝多糖由于其具有抗肿瘤、抗病毒、抗氧化和提高免疫调节等多种生物活性,两千多年来一直受到人们的高度关注。很多研究已经报道了不同结构和来源的灵芝多糖的抗癌和免疫调节活性,例如子实体^[11-13]、孢子^[14-16]、固态发酵的菌丝体^[17-20]、液态发酵的菌丝体^[21-22]等。

灵芝多糖的生物活性强弱与其溶解度、相对分子质量、分子组成、分子构型、支化度、黏度等密切相关^[23]。但是由于多糖的化学结构本身就很复杂、微观不均一性等使多糖的化学结构难以得出完全正确的结构式。大多数灵芝多糖主要通过(1→3)、(1→4)和/或(1→6)- α/β 糖苷键连接的葡聚糖,主要的单糖组分为葡萄糖,甘露糖,半乳糖,木糖,果糖和阿拉伯糖,相对分子质量从几千到上百万不等^[24]。目前对灵芝多糖的生物活性研究报道较多,但对其多糖结构作全面深入的分析研究报道并不多见。深层发酵的胞外灵芝多糖比胞内灵芝多糖分子量低的多,然而目前没有报道胞内灵芝多糖的详细结构特征。作者将灵芝多糖甲基化、乙酰基化反应,通过高效液相色谱(HPLC)、脉冲安培-高效阴离子交换色谱(HPAE-PAD)、气相色谱-质谱联用(GC-MS)、核磁共振(NMR)等对胞内灵芝多糖的结构特性进行了全面的研究,为研究灵芝多糖的生物活性及其构效关系提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料 发酵灵芝多糖(GLPs):实验室自制;乙醇、硫酸、碳酸钠、苯酚等:均为分析纯,购自中国医药集团上海化学试剂公司。透析袋(截留相对分子质量 500):购自华美生物工程公司上海分公司;葡聚糖标准品:购于中国食品药品检验所;灵芝子

实体多糖(GLP-Fr,总糖含量 95.9%):上海农科院食用菌研究所提供。

1.1.2 仪器 Waters 600 高效液相色谱仪,配置 Waters 600 四元泵,2410 示差折光检测器:美国 Waters 公司产品;Dionex ICS-5000 脉冲安培-高效阴离子交换色谱(HPAE-PAD):美国 Dionex 公司产品;Finnigan trace DSQII 气相色谱-质谱联用仪:美国热电公司产品;SP-2330 色谱柱;Bruker ARX500 核磁共振仪:瑞士 Bruker 公司产品。

1.2 实验方法

1.2.1 灵芝多糖的提取 灵芝深层发酵液经高速离心后取菌丝体固体沉淀,将菌丝体洗净、烘干;用组织捣碎机破壁,在 95 ℃热水提取 3.5 h,离心取上清液;上清液超滤分离,再减压蒸馏浓缩。用 savage 试剂除蛋白,用体积分数 95%的乙醇分级醇沉,收集乙醇体积分数为 80%的醇沉组分,经过冷冻干燥后,即为胞内多糖(GLP-In)。胞外(GLP-Ex)的制备参照文献^[21,25],稍作修改,其中 GLP-Ex 仅是低相对分子质量的多糖,GLP-Ex1 是用体积分数 80%乙醇溶液沉淀透析后得到的胞外多糖,两者都用透析袋透析。

1.2.2 灵芝多糖总糖含量的测定 用苯酚-硫酸法检测灵芝多糖的总糖含量^[26]。

1.2.3 灵芝多糖的单糖组分和相对分子质量测定 多糖的水解:称取 2 mg 灵芝多糖,加入 1 mL 三氟乙酸(2 mol/L),封管,110 ℃下水解 4 h。用碳酸钠中和水液,过滤,冷冻干燥。蒸干后的残留物在 60 ℃下真空干燥 8 h,然后置干燥瓶中冷却备用。

灵芝多糖的单糖组成使用脉冲安培-高效阴离子交换色谱检测(HPAE-PAD),检测条件:色谱柱 CarboPac PA20(3 mm×150 mm),淋洗液为 5 mmol/L NaOH,柱温 30 ℃,流量 0.5 mL/min。根据标准单糖、GLPs 中单糖的保留时间和出峰面积及内标峰面积确定 GLPs 的单糖组成种类及物质的量比。

相对分子质量测定采用 HPLC 凝胶过滤法。Water 600Controller,2410RefractiveIndex 检测器,Waters UltrahydrogelTMLinear 7.8 mm×300 mm 柱;

流动相为 0.1 mol/L NaNO₃; 流量 0.9 mL/min, 进样量 10 μ L。

1.2.4 IR 分析胞内灵芝多糖 取 3 mg 样品, 用溴化钾压片, 测定范围为 4 000~400 cm⁻¹。

1.2.5 GC-MS 分析胞内灵芝多糖 灵芝多糖经过甲基化反应、水解、NaBH₄ 还原、乙酰基化等反应处理后供 GC-MS 分析。检测条件为: SP-2330 色谱柱 (Supelco 公司; 30 m $\times$ 0.25 mm 液膜厚度 0.2 μ m), 程序升温, 160~210 $^{\circ}$ C 保持 2 $^{\circ}$ C/min, 210~240 $^{\circ}$ C 保持 5 $^{\circ}$ C/min, 氮气流量 1 mL/min。

1.2.6 NMR 分析胞内灵芝多糖 灵芝多糖溶解于 Me₂SO-*d*₆/D₂O (30 mg/mL) 中, 用 Bruker ARX500 核磁共振仪测试。Me₂SO 作为内标 ($\delta_{\text{H}}=2.50 \times 10^{-6}$ for ¹H)。

2 结果与讨论

2.1 灵芝多糖的总糖质量分数和单糖组分

灵芝多糖 GLP-In、GLP-Ex 和 GLP-Ex1 总糖质量分数分别为 93.9%、94.96% 和 93.55%。不同来源的灵芝多糖它们的结构特点是不同的, 它们的相对分子质量从几千到百万之间不等 (表 1)。

表 1 灵芝多糖的相对分子质量和相对分子质量分布

Table 1 Molecular weights and distribution of the GLPs

样品	<i>M_n</i>	<i>M_w</i>	百分比/% [*]
GLP-In	301 $\times 10^3$	849 $\times 10^3$	52.46
	2.6 $\times 10^3$	8.0 $\times 10^3$	47.54
GLP-Fr	426 $\times 10^3$	658 $\times 10^3$	100
GLP-Ex	2.7 $\times 10^3$	3.3 $\times 10^3$	100
GLP-Ex1	6.8 $\times 10^3$	9.1 $\times 10^3$	91.79
	1.6 $\times 10^3$	1.7 $\times 10^3$	8.21

* 摩尔比: 利用每个单糖的保留时间、浓度和峰面积计算。

利用脉冲安培-高效阴离子交换色谱检测 (HPAE-PAD) 深层发酵灵芝多糖的单糖组成 (表 2)。GLP-In 由葡萄糖、半乳糖、甘露糖、阿拉伯糖和木糖 5 种单糖组成; 其摩尔比为, 葡萄糖: 半乳糖: 甘露糖: 阿拉伯糖: 木糖=83.75:4.76:4.15:2.04:5.30, 因此 GLP-In 的单糖组成以葡萄糖为主。GLP-Ex 则由葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖、木糖和岩藻糖等单糖组成, 各单糖摩尔比为葡萄糖: 半乳糖: 阿拉伯糖: 木糖: 岩藻糖=91.76:1.83:1.85:3.02:1.54。GLP-Ex1 的单糖组成和摩尔比为葡萄糖: 半乳糖: 甘露糖: 阿拉伯糖: 木糖: 岩藻糖=71.77:10.40:2.95:5.33:8.68:0.86。与

表 2 灵芝多糖的单糖组成^a

Table 2 Monosaccharide compositions of GLPs

样品	葡萄糖	半乳糖	甘露糖	阿拉伯糖	木糖	鼠李糖	岩藻糖
GLP-In	83.75	4.76	4.15	2.04	5.30	ND	ND
GLP-Ex	91.76	1.83	ND	1.85	3.02	ND	1.54
GLP-Ex1 ^b	71.77	10.40	2.95	5.33	8.68	ND	0.86
GLP-Fr	100	ND	ND	ND	ND	ND	ND

a 摩尔比: 利用每个单糖的保留时间、浓度和峰面积计算; b 来源相同的灵芝在不同的发酵和培养条件下制得胞外多糖 GLP-Ex 和 GLP-Ex1^[27]

GLP-Ex 一样, GLP-Ex1 中葡萄糖摩尔比最高, 因此它们都以葡萄糖为主, 而 GLP-Fr 仅由葡萄糖组成。

2.2 灵芝多糖 GLP-In 的结构分析

Liu^[1]报道了从灵芝子实体中提取的 β -葡聚糖 (GLP-Fr)。在众多深层发酵的灵芝多糖中 GLP-In 属于高分子量的多糖, 并且它的组成和结构可能和 GLP-Fr 相似, 但可能具有不同的生物活性。目前尚未见报道深层发酵的胞内灵芝多糖 GLP-In 结构特征, 作者将利用 IR、GC-MS、NMR 手段来表征其结构。

2.2.1 IR 分析 胞内灵芝多糖的红外光谱见图 1。

3 400 cm⁻¹ 处的宽峰为 O-H 伸缩振动峰, 2 900 cm⁻¹ 处出现的吸收峰为 C-H 的伸缩振动峰; 1 643 cm⁻¹ 处为 O-H 弯曲振动峰; 1 369 cm⁻¹ 处出现 C-H 变角振动峰; 1 243 cm⁻¹ 处吸收峰为 C-O 伸缩振动峰; 1 153 cm⁻¹ 处是 C-O-C 伸缩振动峰; 1 024 和 1 079 cm⁻¹ 处吸收峰为 O-H 变角振动峰; 1 153 cm⁻¹ 为 C-O-C 伸缩振动峰。以上这些均为糖类的特征吸收峰。762 cm⁻¹ 处为 D-吡喃葡萄糖的特征峰; 929 和 857 cm⁻¹ 处出现 α -吡喃环糖苷键特征吸收峰, 这表明 GLP-In 糖链由 α -型糖苷键连接。

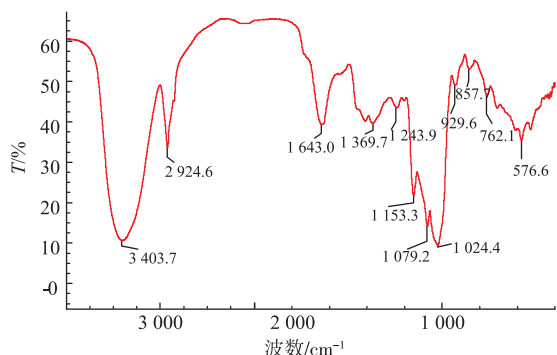


图1 GLP-In 的红外光谱图

Fig. 1 FT-IR spectra of GLP-In

2.2.2 GC-MS 分析 GLP-In 经甲基化并水解后的 GC-MS 的主要离子峰如下(表 3)。

表 3 胞内灵芝多糖 GLP-In 的主要连接方式

Table 3 Main linkage patterns of the submerge-cultured intracellular GLP

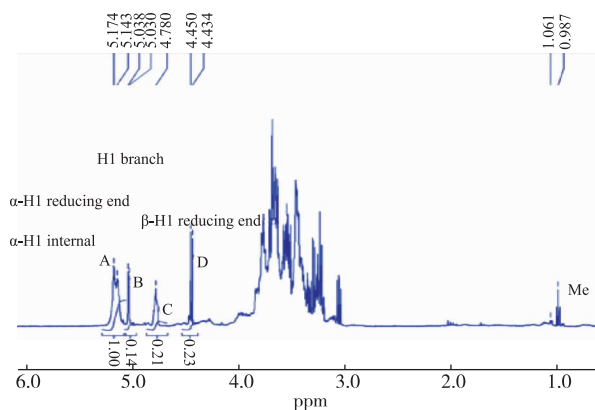
GC-MS 保留时间/min	连接方式	摩尔分数 %/%
0.63	T-Araf	5.77
1.00	T-Glcp	20.94
1.12	5-Araf	0.57
1.09	T-Galp	0.76
1.23	4-Xylp	2.62
1.35	3-Glcp	5.00
1.43	3-Galp	0.44
1.51	6-Glcp	4.10
1.61	4-Glcp	35.83
1.65	3,4-Xylp	1.09
1.69	6-Galp	2.17
1.78	3,4-Glcp	3.08
1.79	3,4-Galp	0.42
1.87	2,4-Glcp	0.75
1.96	3,6-Glcp	1.50
2.07	4,6-Glcp	10.87
2.12	2,6-Glcp	0.51
2.13	3,6-Galp	0.11
2.23	2,6-Galp	0.60
2.42	3,4,6-Glcp	0.98
2.66	2,3,4,6-Glcp	1.89

* 利用峰面积计算的相对摩尔分数

表 3 表明, 在 GLP-In 的骨架结构主要的 3 个葡萄糖基连接型态为:T-Glcp (20.94%), 4-Glcp (35.83%) 和 4,6- Glcp(10.87%) ,这和单糖组成的

数据相吻合(见表 2)。主要的糖残基是葡萄糖,也检测到少量的半乳糖、木糖和阿拉伯糖基的糖残基。末端糖基 (T-Araf,T-Glcp 和 T-Galp) 百分比之和为 27.5%,而分支部分(3,5- Araf,3,4- Glcp,2,4- Glcp,3,6- Glcp,4,6- Glcp,3,6- Glcp,2,6- Glcp 和-3,4,6- Glcp0) 为 26.56%。

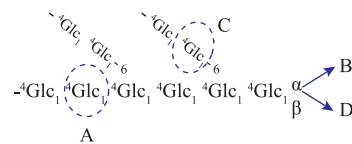
2.2.3 核磁共振分析 GLP-In 的核磁共振谱图更能清晰的表明其结构特点(图 2)。¹H-NMR 谱显示, 质子信号几乎都出现在 δ 3.30-5.50 区间内,这是典型的多糖信号, 且 H-1 质子化学位移 δ > 4.95,可判断为 α 型-链接的吡喃糖苷键构型^[28]。结合前面数据分析,作者提出一个 α-葡聚糖状结构(图3)。



A、B、C、D 为 4 个糖残基;在异头区域中检测到(¹H:4.3×10⁻⁶~ 5.5×10⁻⁶

图 2 胞内灵芝多糖 GLP-In 的 ¹H-NMR 谱图

Fig. 2 ¹H NMR spectrum of GLP-In, four sugar residues were detected in anomeric region



A、B、C、D 为 4 个糖残基,Glc 为 α-Glcp

图 3 胞内灵芝多糖 GLP-In 的预计结构

Fig. 3 Proposed structure of GLP-In

3 结 语

从灵芝深层发酵液中获得的灵芝胞内外多糖和子实体多糖, 经单糖组成分析和光谱初步解析, 胞内外多糖的组成主要是葡萄糖,子实体多糖的单糖组成全部是葡萄糖, 灵芝胞内多糖由葡萄糖、半乳糖、甘露糖、阿拉伯糖和木糖这 5 种单糖组成,其

摩尔比为葡萄糖:半乳糖:甘露糖:阿拉伯糖:木糖=83.75:4.76:4.15:2.04:5.30;通过 IR、GC-MS、NMR 等分析其是以 α -(1 $\rightarrow$ 4)位键合吡喃葡萄糖主链为主,以 T-Glcp 为主要的残基,同时存在半乳糖、甘露

糖、阿拉伯糖和木糖的分支残基。胞内多糖的组成和结构的确定,为灵芝多糖样本库的建立提供了相关数据,也将为后续构效关系的确立提供理论参考。

参考文献:

- [1] HUYAN T, LI Q, YANG H, et al. Protective effect of polysaccharides on simulated microgravity-induced functional inhibition of human NK cells[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2014, 101(1): 819-827.
- [2] PAN D, ZHANG D, WU J, et al. A novel proteoglycan from *Ganoderma lucidum* fruiting bodies protects kidney function and ameliorates diabetic nephropathy via its antioxidant activity in C57BL/6 db/db mice [J]. **Food and Chemical Toxicology**, 2014, 63: 111-118.
- [3] LIN M, XIA B, YANG M, et al. Anti-ovarian cancer potential of two acidic polysaccharides from the rhizoma of *Menispermum dauricum*[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2013, 92(2): 2212-2217.
- [4] LEE H J, LUCI J J, TANTAWY M N, et al. Detecting peritoneal dissemination of ovarian cancer in mice by DWIBS [J]. **Magnetic Resonance Imaging**, 2013, 31(2): 227-234.
- [5] CHEN Y, HU M, WANG C, et al. Characterization and in vitro antitumor activity of polysaccharides from the mycelium of *Sarcodon aspratus*[J]. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2013, 52(1): 52-58.
- [6] ZONG A, CAO H, WANG F. Anticancer polysaccharides from natural resources: A review of recent research [J]. **Carbohydrate Polymers**, 2012, 90(4): 1395-1410.
- [7] SUN L X, LIN Z B, DUAN X S, et al. *Ganoderma lucidum* polysaccharides counteract inhibition on CD71 and FasL expression by culture supernatant of B16F10 cells upon lymphocyte activation [J]. **Experimental and Therapeutic Medicine**, 2013, 5(4): 1117-1122.
- [8] JOSEPH S, SABULAL B, GEORGE V, et al. Antitumor and anti-inflammatory activities of polysaccharides isolated from *Ganoderma lucidum*[J]. **Acta Pharmaceutica**, 2011, 61(3): 335-342.
- [9] JIN X, RUIZ Beguerie J, SZE D M, et al. *Ganoderma lucidum* (Reishi mushroom) for cancer treatment[J]. **Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)**, 2012, 6: 1-38.
- [10] OLAKU O, WHITE J D. Herbal therapy use by cancer patients: A literature review on case reports [J]. **European Journal of Cancer**, 2011, 47(4): 508-514.
- [11] LIU Y, ZHANG J, TANG Q, et al. Physicochemical characterization of a high molecular weight bioactive β -D-glucan from the fruiting bodies of *Ganoderma lucidum*[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2014, 101(1): 968-974.
- [12] WANG J, YUAN Y, YUE T. Immunostimulatory activities of β -D-glucan from *Ganoderma lucidum* [J]. **Carbohydrate Polymers**, 2014, 102(1): 47-54.
- [13] ZHU L, LUO X, TANG Q, et al. Isolation, purification, and immunological activities of a low-molecular-weight polysaccharide from the lingzhi or reishi medicinal mushroom *ganoderma lucidum* (Higher Basidiomycetes) [J]. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, 2013, 15(4): 407-414.
- [14] HELENO S A, BARROS L, MARTINS A, et al. Fruiting body, spores and in vitro produced mycelium of *Ganoderma lucidum* from Northeast Portugal: A comparative study of the antioxidant potential of phenolic and polysaccharidic extracts [J]. **Food Research International**, 2012, 46(1): 135-140.
- [15] DONG Q, WANG Y, SHI L, et al. A novel water-soluble β -D-glucan isolated from the spores of *Ganoderma lucidum* [J]. **Carbohydrate Research**, 2012, 353: 100-105.
- [16] CHEN X, LIU X, SHENG D, et al. Distinction of broken cellular wall *Ganoderma lucidum* spores and *G. lucidum* spores using FTIR microspectroscopy[J]. **Spectrochimica Acta-Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, 2012, 97: 667-672.
- [17] BAI W F, GUO X Y, MA L Q, et al. Chemical Composition and Sensory Evaluation of Fermented Tea with Medicinal Mushrooms[J]. **Indian Journal of Microbiology**, 2013, 53(1): 70-76.
- [18] ZAPATA P, ROJAS D, ATEHORTUA L. Production of biomass, polysaccharides, and ganoderic acid using non-conventional

- carbon sources under submerged culture of the lingzhi or reishi medicinal mushroom, *ganoderma lucidum* (W.Curt.:Fr.)P. Karst. (Higher Basidiomycetes)[J]. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, 2012, 14(2): 197-203.
- [19] DIAMANTOPOULOU P, PAPANIKOLAOU S, KAPOTI M, et al. Mushroom polysaccharides and lipids synthesized in liquid agitated and static cultures. Part I: Screening various mushroom species [J]. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, 2012, 167(3): 536-551.
- [20] CAMARGO M R, KANENO R. Antitumor properties of *Ganoderma lucidum* polysaccharides and terpenoids[J]. **Annual Review of Biomedical Sciences**, 2011, 13: 1-8.
- [21] ZHANG J, LIU Y J, PARK H S, et al. Antitumor activity of sulfated extracellular polysaccharides of *Ganoderma lucidum* from the submerged fermentation broth[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2012, 87(2): 1539-1544.
- [22] 乔双逵, 彭林, 丁重阳, 等. 液体发酵条件对灵芝菌体形态及胞外多糖活性的影响[J]. **食品与生物技术学报**, 2014, 33(10): 1070-1076.
- QIAO Shuangkui, PENG Lin, DING Zhongyang, et al. Effect of different culture conditions on mycelium morphology and activity of exopolysaccharides from *Ganoderma lucidum* in submerged culture [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**. 2014, 33(10): 1070-1076. (in Chinese)
- [23] YE L, ZHANG J, YE X, et al. Structural elucidation of the polysaccharide moiety of a glycopeptide (GLPCW-II) from *Ganoderma lucidum* fruiting bodies[J]. **Carbohydrate Research**, 2008, 343(4): 746-752.
- [24] NIE S, ZHANG H, LI W, et al. Current development of polysaccharides from *Ganoderma*: Isolation, structure and bioactivities[J]. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, 2013, 1(1): 10-20.
- [25] LIU Y J, SHEN J, XIA Y M, et al. The polysaccharides from *Ganoderma lucidum*: Are they always inhibitors on human hepatocarcinoma cells?[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2012, 90(3): 1210-1215.
- [26] DUBOIS M, GILLES K A, HAMILTON J K, et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances[J]. **Analytical chemistry**, 1956, 28(3): 350-356.
- [27] LI Y Q, FANG L, ZHANG K C. Structure and bioactivities of a galactose rich extracellular polysaccharide from submergedly cultured *Ganoderma lucidum*[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2007, 68(2): 323-328.
- [28] 刘玉红, 王凤山. 核磁共振波谱法在多糖结构分析中的应用[J]. **食品与药品**, 2007, 9(8): 39-43.
- LIU Yuhong, WANG Fengshan. Applications of nuclear magnetic resonance spectroscopy in structural analysis of polysaccharides[J]. **Food and Drug**. 2007, 9(8): 39-43. (in Chinese)

会 议 信 息

会议名称(中文): 中国生物化学与分子生物学会 2016 年全国学术会议

所属学科: 生物物理学、生物化学及分子生物学、细胞生物学

开始日期: 2016-10-20 结束日期: 2016-10-23

所在城市: 浙江省 杭州市

主办单位: 中国生物化学与分子生物学会

承办单位: 浙江省生物化学与分子生物学学会 浙江大学 中科院上海生科院生物化学与细胞生物学研

主题: 整体生物化学

会议主席: 李林

联系电话: 021-54921088/54922818

E-MAIL: csbmb@sibs.ac.cn

会议网站: <http://www.csbmb.org.cn/newsmore.asp?id=996>

会议背景介绍: 为促进我国生物化学与分子生物学领域专家的交流与合作, 中国生物化学与分子生物学会 2016 年全国学术会议将于 2016 年 10 月 20-23 日在浙江省杭州召开。