

# 阿里红中多糖的分离纯化及其组分分析

依力奴尔·艾尼瓦尔, 帕丽达·阿不力孜\*, 祖丽胡玛尔·阿卜杜合力力,  
丛媛媛, 米仁沙·牙库甫

(新疆医科大学药学院, 乌鲁木齐 830011)

**摘要:** **目的** 对阿里红中的多糖进行分离纯化, 并对得到的两种多糖组分进行基础结构分析。**方法** 阿里红经水提醇沉法除蛋白后, 再经 DEAE 纤维素-52、Sephrose CL-6B 和葡聚糖凝胶 Sephadex G-100 柱层析分离纯化得到两种多糖组分 FOPS-a 和 FOPS-b。采用凝胶过滤法分析其纯度和相对分子量, 经气相色谱法分析其单糖组成, 并对多糖组分进行部分酸水解, 高碘酸氧化和 Smith 降解分析。**结果** 分离纯化得到的阿里红多糖组分 FOPS-a、FOPS-b 的相对分子质量为 199 kDa 和 87 kDa。单糖组成均为甘露糖、阿拉伯糖、半乳糖。FOPS-a 主链单糖残基为甘露糖, 末端残基和分支单糖残基为阿拉伯糖、半乳糖、甘露糖和鼠李糖; FOPS-b 主链单糖残基为甘露糖, 末端残基和分支单糖残基为阿拉伯糖、半乳糖、甘露糖和葡萄糖。**结论** 该研究可为阿里红多糖的开发与利用提供技术参考。

**关键词:** 阿里红; 多糖; 分离纯化; 结构分析

## Isolation, purification and basic composition analysis of polysaccharides from *Fomes officinalis*

YILINUER Ainiwaer, PALIDA Abulizi\*, ZULIHUMAER Abuduhelili,  
CONG Yuanyuan, MIRENSHA Yakufu

(College of Pharmacy, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China)

**ABSTRACT: Objective** To isolate and purify two polysaccharides fractions from *Fomes officinalis* and clarify their basic chemical structures. **Methods** Two polysaccharides including FOPS-a and FOPS-b were obtained after extraction with boiling-water, precipitation with alcohol, and sequentially purification by DEAE cellulose-52, Sepharose CL-6B and Sephadex G-100 gel column. Their homogeneity and relative molecular weights were analyzed by gel filtration and the monosaccharide compositiona were analyzed by gas chromatograph (GC). Partial hydrolysis with acid, periodate oxidation and Smith degradation were used to analyze their chemical structures. **Results** The molecular weights of FOPS-a and FOPS-b were respectively 199 kDa, 87 kDa. They were composed of mannose, arabinose, and galactose. The main chain of FOPS-a was mainly made up of mannose, and the side chain was composed of arabinose, galactose, mannose, and xylopyranose. The main chain of FOPS-b was mainly made up of mannose, and the side chain was composed of arabinose, galactose, mannose, and glucose. **Conclusion** This research can provide technical references for the development and utilization of

基金项目: 国家自然科学基金项目(81460635); 新疆自治区科技支疆项目(201591190)

**Fund:** Supported by the National Natural Science Foundation of China (81460635) and Science and Technology Project of Xinjiang Autonomous Region (201591190)

\*通讯作者: 帕丽达·阿不力孜, 教授, 主要研究方向为维吾尔药药效物质基础。E-mail: palida3345@163.com

\*Corresponding author: PALIDA Abulizi, Professor, Department of Pharmacognasy, College of Pharmacy, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China. E-mail: palida3345@163.com

polydaccarides of *Fomes officinalis*.

**KEY WORDS:** *Fomes officinalis*; polysaccharides; isolation and purification; structure analysis

## 1 引言

阿里红(*Fomes officinalis*)为多孔菌科层孔菌属植物苦白蹄的干燥子实体。作为新疆地区的常用药材,阿里红具有温胃祛痰、降气平喘、祛风除湿、消肿利尿和解蛇毒之功用<sup>[1]</sup>,能够用于治疗慢性支气管炎、腹痛、感冒、肺结核和癌症等疾病,且被收录于《中华人民共和国药品标准维吾尔药分册》<sup>[2]</sup>。

多糖是阿里红的主要活性成分之一。有研究显示,阿里红多糖(*Fomes officinalis* polysaccharides, FOPS)具有良好的增强机体免疫活性、抗肿瘤和抗衰老作用<sup>[3]</sup>。近年来,由于药用真菌多糖及其衍生物等大分子化合物在免疫调节和抗肿瘤等方面的重要作用,传统药用真菌阿里红中多糖组分的研究也受到了关注。在研究多糖功效时,需要对多糖结构进行研究。然而,由于多糖结构的高度复杂性和不均匀性,目前对阿里红多糖的结构研究尚少见文献报道。本研究对阿里红多糖进行分离纯化和组成分析,以期为研究阿里红多糖抗衰老功效的物质基础及其作为抗阿尔茨海默氏病药物的后续开发提供依据。

## 2 材料与方 法

### 2.1 材料、试剂与仪器

阿里红:购于新疆维吾尔自治区。

DEAE 纤维素-52(美国 Whatman 公司); Sephadex G-100(美国 Pharmacia 公司); Sepharose CL-6B(美国 Pharmacia 公司); L-鼠李糖(上海蓝季科技发展有限公司); L-阿拉伯糖(A-3256, 美国 Sigma 公司); D-木糖(美国 ICN 公司); D-甘露糖(上海化学试剂总厂附属上海试剂二厂); D-半乳糖(G0625, 美国 Sigma 公司); 葡萄糖(G8270, 美国 Sigma 公司)以及标准 DextranT 系列: T<sub>5</sub>、T<sub>10</sub>、T<sub>40</sub>、T<sub>70</sub>、T<sub>500</sub>(美国 Pharmacia 公司); 5×Tris-甘氨酸电泳缓冲液(北京索莱宝公司); SDS-PAGE 凝胶制备试剂盒(北京索莱宝公司); 氯化钠、氢氧化钠(分析纯,天津市永晟精细化工有限公司); 葱酮(分析纯,国药集团化学试剂有限公司); 吡唑(化学纯,天津市光复精细化工研究所)。

AL104 电子天平(梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司); HH-S4 数显电热恒温水浴锅(金坛市医疗仪器厂); DZK88-A 电热恒温真空干燥箱(上海医疗器械七厂); 夹心式垂直板电泳槽(美国 BIO-RAD 公司); WD-9405A 脱色摇床(北京市六一仪器厂); Agilent 6890 N 型气相色谱仪(美国安捷伦公司); 紫外-可见分光光度计(Lab-tech 9100D, 北京莱伯泰科公司); 红外分光光度计(IR Prestige-21 型,

日本岛津公司)。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 粗多糖提取

称取 1.5 kg 干燥的阿里红药材,经水提醇沉法除蛋白后,浓缩至干,得粗多糖 12.7 g,得率为 0.85%。

#### 2.2.2 阿里红多糖的分离、纯化

取浓缩得到的阿里红粗多糖 10 g,加入 125 mL 蒸馏水溶解,离心,取上清液过 DEAE-52 纤维素柱。依次以蒸馏水、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mol/L NaCl 溶液梯度洗脱,对各级洗脱部分进行回收。以 Molish 反应来鉴别是否洗脱完全,若没有紫色或棕色环产生说明洗脱完全。将 NaCl 洗脱部分浓缩透析除盐,再浓缩,冻干备用。再将水洗脱部分过 Sepharose CL-6B 柱对阿里红多糖进行分离<sup>[4,5]</sup>,用蒸馏水作为洗脱液,流速为 0.5 mL/min,洗脱 75 管,每管 3 mL。以蒸馏水为空白,采用葱酮-硫酸法跟踪监测,以管数为横坐标,吸光度为纵坐标绘制洗脱曲线。根据洗脱曲线合并各峰相对应的洗脱液浓缩冻干备用,再将各冻干洗脱组分分别过 Sephadex G-100 柱葡聚糖凝胶柱,以蒸馏水洗脱,流速 0.2 mL/min,每管 2 mL,洗脱 65 管,每管 2 mL,葱酮-硫酸法跟踪监测,绘制洗脱曲线。合并各峰相对应的洗脱液浓缩冻干备用。

#### 2.2.3 纯度检查

##### (1) 葡聚糖凝胶柱检测

取适量经过 DEAE 纤维素柱和凝胶柱分离纯化的多糖,配成 1 mg/mL 的多糖溶液,过 Sephadex G-100 葡聚糖凝胶柱,绘制洗脱曲线。观察洗脱曲线是否为形态对称,单一峰形。

##### (2) SDS-PAGE 凝胶电泳法<sup>[6,7]</sup>

分别配置浓度为 8%和 5%的分离胶和浓缩胶以及 pH 8.3 的 Tris-甘氨酸溶液。称取适量多糖组分 FOPS-a, FOPS-b 用去离子水配置成浓度为 10 mg/mL 的多糖溶液,从中取 40 μL,加入加样缓冲液 5 μL,每孔进样量 45 μL,样品在浓缩胶段电压为 90 V,进入分离胶后变为 110 V,电泳 1.5 h,用考马斯亮蓝 R-250 法染色,观察结果。

##### (3) 多糖的紫外光谱鉴定法

取纯化后的多糖 10 mg 溶解于 10 mL 蒸馏水中,以蒸馏水作为空白对照,在紫外可见分光光度计 200~400 nm 波长范围内进行扫描,判断各多糖样品中所含的杂质情况。

#### 2.2.4 阿里红多糖的相对分子质量测定<sup>[8]</sup>

采用凝胶过滤法测定阿里红多糖的分子量。分别精密称取标准葡聚糖 T<sub>5</sub>、T<sub>10</sub>、T<sub>40</sub>、T<sub>70</sub>和 T<sub>500</sub>各 5 mg,用 1 mL

的蒸馏水溶解后分别过 Sephadex G-100 层析柱(1.5 cm×40 cm), 蒸馏水作为洗脱溶剂, 流速 0.2 mL/min, 每管 2 mL 收集洗脱液。采用蒽酮-硫酸法跟踪检测<sup>[4]</sup>。绘制洗脱曲线, 计算出各标准葡聚糖的洗脱体积为( $V_e$ ), 已知分子量为 2000 KDa 的蓝色葡聚糖来测定凝胶柱的空体积( $V_0$ ), 以葡萄糖来测凝胶柱的总体积  $V_t$ 。以有效分配系数( $V_e/V_0$ )为横坐标, 分子量的对数  $\lg M_r$  为纵坐标, 制作标准曲线。

取各多糖样品 5 mg, 加蒸馏水 1 mL(浓度为 5 mg/mL), 离心, 取上清液, 按上述洗脱条件进行分离, 测定洗脱体积  $V_e$ 。根据标准曲线求出各多糖组分的相对分子质量。

### 2.2.5 阿里红多糖的理化性质测定

对多糖组分 FOPS-a 和 FOPS-b 的颜色、状态、溶解性等物理性质进行检验, 并对多糖进行 Molish 反应、Fehling 反应、碘仿反应等定性分析。

### 2.2.6 阿里红多糖的单糖组成测定

采用糖脲乙酸酯衍生化(盐酸羟胺法)柱前衍生气相色谱(gas chromatograph, GC)法<sup>[9,10]</sup>分析 2 个多糖组分, 进行单糖组成测定。气相色谱条件为: 色谱柱为石英毛细管柱(30 m×250  $\mu$ m); 检测器: FID(氢火焰检测器); 固定液: AE.OV-1701; 载气:  $H_2$ (流量: 30 mL/min, 柱压: 0.06 MP); 进样量: 1  $\mu$ L; 进样方式: 分流。

### 2.2.7 多糖组分的结构分析

#### (1) 部分酸水解<sup>[11]</sup>

取多糖 FOPS-a、FOPS-b 各 5 mg, 加入 0.2 mol/L 三氟醋酸 1.5 mL。封关, 100  $^{\circ}$ C 烘箱水解 2 h, 放冷后反复加入适量的甲醇减压蒸干除去过量的三氟乙酸, 蒸馏水透析 24 h, 分别收集袋内袋外部分, 浓缩干燥, 进行糖脲乙酸酯衍生化反应(方法同“2.2.4”项), 供 GC 分析。

#### (2) 高碘酸氧化和 Smith 降解<sup>[12,13]</sup>

分别取 20 mg FOPS-a、FOPS-b 溶于 25 mL 15 mmol/L 高碘酸钠溶液中, 置于 4  $^{\circ}$ C 恒温避光氧化, 间隔取适量用紫外分光光度计在 225 nm 处测吸光度, 直至吸光值基本稳定。并用标准曲线算出高碘酸的消耗量。同时用 0.00963 mol/L 氢氧化钠标准液滴定算出甲酸生成量。经高碘酸钠氧化剩余的样品经过 Smith 降解后供 GC 分析。

#### (3) 红外光谱分析

取精制多糖组分 FOPS-a 和 FOPS-b 各 2 mg, 分别与 200 mg 干燥溴化钾研磨混匀, 压片, 在红外光谱仪上进行红外光谱扫描(400~4000  $cm^{-1}$ ), 初步分析精制多糖的结构。

## 3 结果与讨论

### 3.1 阿里红多糖的分离、纯化

将水提醇沉法得到的粗多糖经 DEAE-52 纤维素柱和 Sepharose CL-6B 分离, Sephadex G-100 葡聚糖凝胶柱纯化, 所得阿里红多糖组分 FOPS-a 的得率为 6.4%, FOPS-b 的得率为 5.3%。阿里红多糖的 Sepharose CL-6B 洗脱曲线见图 1。

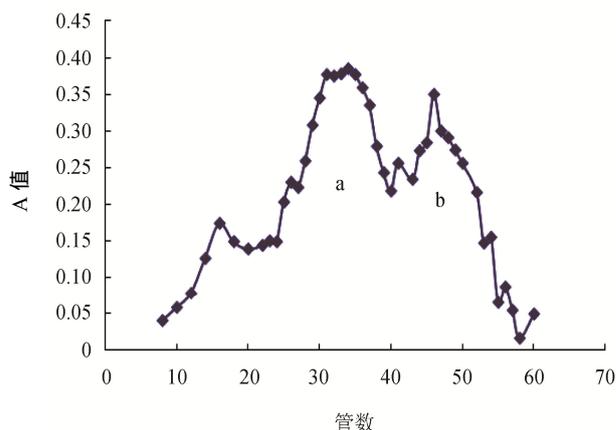


图1 阿里红多糖的 Sepharose CL-6B 洗脱曲线

Fig. 1 Elution curve of *Fomes officinalis* polysaccharides by Sepharose CL-6B

### 3.2 阿里红多糖的纯度检查

#### 3.2.1 葡聚糖凝胶柱检测

FOPS-a 和 FOPA-b 的洗脱曲线见图 2。由图可观察到两个多糖组分的洗脱曲线形态对称, 峰形单一, 表明其纯度较好, 分子量分布较为均一。

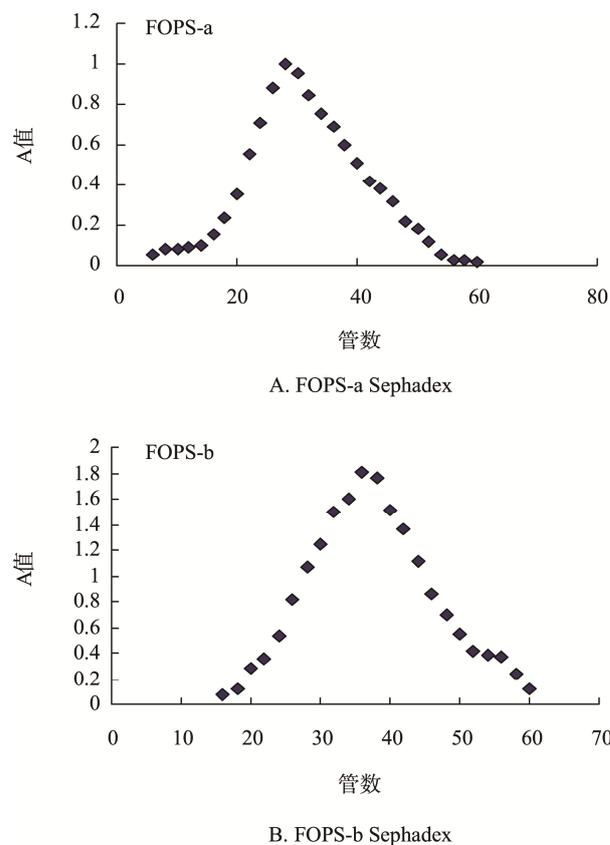


图2 FOPS-a 和 FOPS-b 的 Sephadex G-100 洗脱曲线

Fig.2 Elution curves of FOPS-a and FOPS-b by Sephadex G-100 column

3.2.2 SDS-PAGE 凝胶电泳法

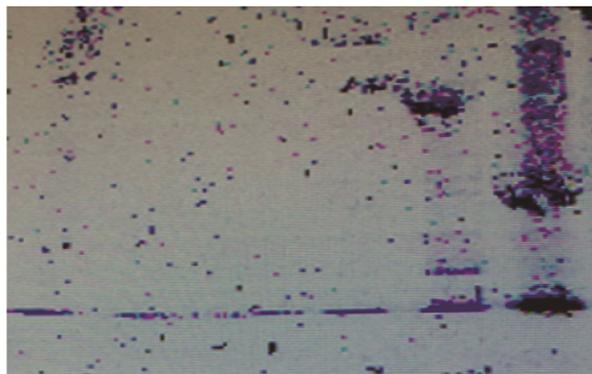
SDS-PAGE 凝胶电泳分析结果表明(见图 3), 阿里红多糖 FOPS-a 和 FOPS-b 组分呈现单一谱带, 说明 FOPS-a 和 FOPS-b 的组成为均一组分, 达到了电泳纯级。

3.2.3 多糖的紫外光谱鉴定法

由图 4 可知, 分离纯化后得到的多糖组分 FOPS-a 和 FOPS-b 在 260 nm 和 280 nm 处均无吸收峰, 表明经过分离纯化后得到的多糖组分均不含有核酸和蛋白质等杂质, 进一步验证了本实验中将阿里红多糖分离纯化得到的 2 种组分纯度较高。

3.3 阿里红多糖的相对分子质量测定

以有效分配系数( $V_e/V_0$ )为横坐标, 分子量的对数  $\lg M_r$  为纵坐标, 制作的标准曲线见图 5。



b B a A FOPS-A 粗

图 3 FOPS-a 和 FOPS-b 多糖组分的聚丙烯酰胺凝胶电泳图  
Fig.3 SDS-PAGE results of FOPS-a and FOPS-b polysaccharide

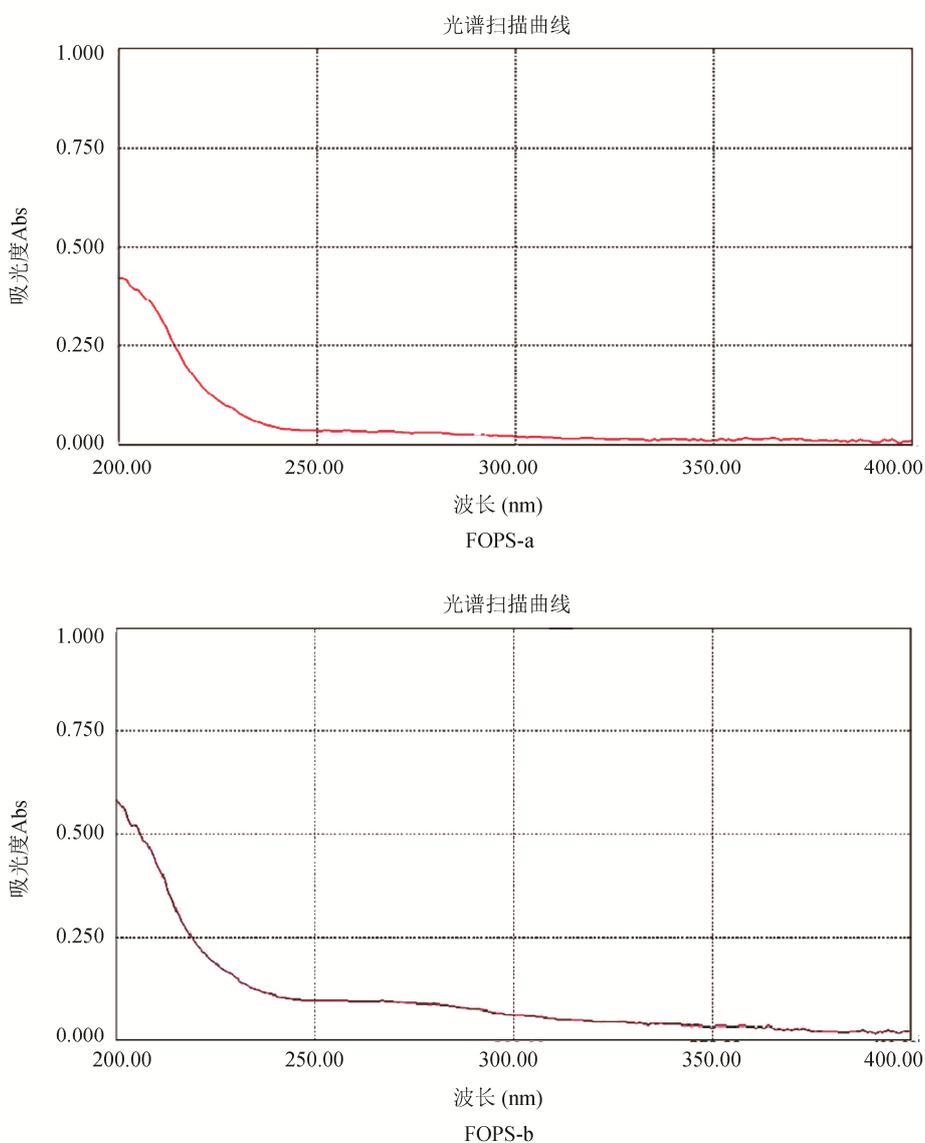


图 4 FOPS-a 和 FOPS-b 多糖组分的紫外吸收光谱图  
Fig.4 Ultraviolet absorption spectrums of FOPS-a and FOPS-b polysaccharide

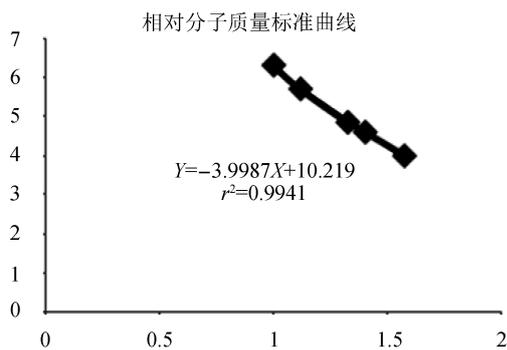


图 5 凝胶过滤法测定多糖分子量的工作曲线

Fig. 5 Curve of standard molecular weight with gel filtration

各标准 DextranT 系列葡聚糖和两个多糖组分的洗脱体积  $V_e$ ，根据标准曲线求出各多糖组分的分子量见表 1。

### 3.4 阿里红多糖的理化性质测定

阿里红多糖的理化检验结果表明，FOPS-a 和 FOPS-b 均为褐色粉末，易溶于水、稀酸及稀碱溶液，不溶于乙醇、正丁醇、丙酮及氯仿等有机溶剂，定性分析结果见表 2。

### 3.5 阿里红多糖的单糖组成分析

单糖标准品糖肼乙酸酯衍生化后的色谱图见图 6。由

图 6 可知，鼠李糖、阿拉伯糖、木糖、甘露糖、葡萄糖和半乳糖的保留时间依次为 17.118、17.483、17.737、19.830、19.978 和 20.211 min，分离效果良好。

在规定色谱条件下，得到 2 个精制多糖水解产物的气相色谱图(图 7)。采用色谱峰面积归一化法测定样品中单糖的摩尔比，结果如下：FOPS-a 含有葡萄糖、木糖、阿拉伯糖、甘露糖和半乳糖，它们的峰面积比为 0.012:1:1.90:2.38:6.25；FOPS-b 含有鼠李糖、阿拉伯糖、甘露糖、葡萄糖、木糖和半乳糖，它们的峰面积比为 0.003:1:2.01:0.93:1.24:4.3。其中半乳糖所占面积最大。

表 1 相对分子质量的测定结果

Table 1 Determination results of relative molecular mass

样品名称	$V_e/V_0$	lgMr	相对分子质量/kDa
Dextran T <sub>2000</sub>	1.00	6.30	200 0.0
Dextran T <sub>500</sub>	1.117	5.70	500.0
Dextran T <sub>70</sub>	1.324	4.85	70.0
Dextran T <sub>40</sub>	1.4	4.60	50.0
Dextran T <sub>10</sub>	1.572	4.00	10.0
FOPS-a	1.0714	5.300	199
FOPS-b	1.254	4.941	87

表 2 定性分析结果

Table 2 Results of qualitative analysis

名称	现象	结果
Molish 反应	FOPS-a, FOPS-b 溶液交界处均出现紫色或棕色环	阳性，说明溶液中含糖或苷类
菲林反应	FOPS-a, FOPS-b 溶液均无砖红色沉淀产生	阴性，说明溶液中不含还原性基团
碘-碘化钾反应	FOPS-a, FOPS-b 溶液均变为浑浊，b 明显产生白色沉淀	阳性，说明 FOPS-a, FOPS-b 溶液中含有生物碱
茚三酮反应	FOPS-a, FOPS-b 溶液均无颜色变化	阴性，说明 FOPS-a, FOPS-b 溶液均不含蛋白质
三氯化铁反应	FOPS-a, FOPS-b 均无颜色变化	阴性，说明 FOPS-a, FOPS-b 溶液均无酚类化合物
硫酸-咪唑反应	FOPS-a, FOPS-b 溶液均无紫红色变化	阴性，说明 FOPS-a, FOPS-b 溶液均不含糖醛酸或者糖醛酸含量很少

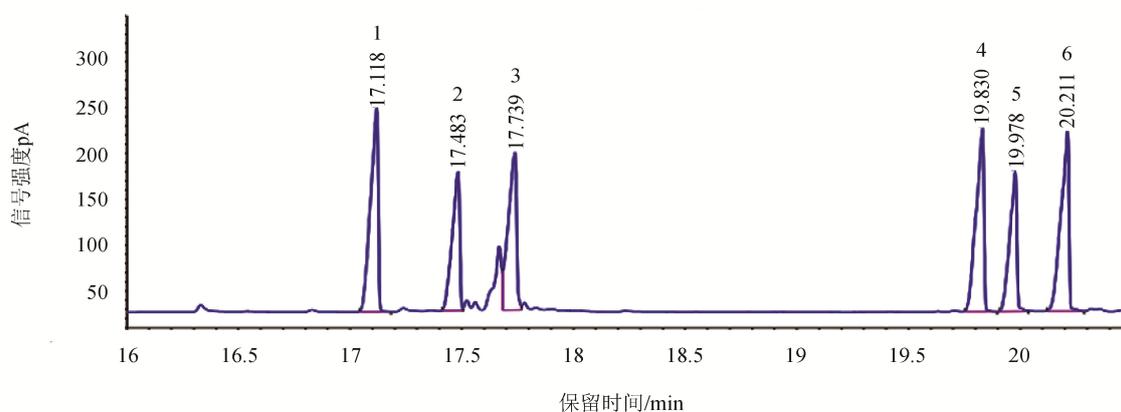


图 6 混合单糖标准溶液的色谱图

Fig. 6 Chromatogram of mixed monosaccharide standard solution (1.鼠李糖; 2.阿拉伯糖; 3.木糖; 4.甘露糖; 5.葡萄糖; 6.半乳糖)

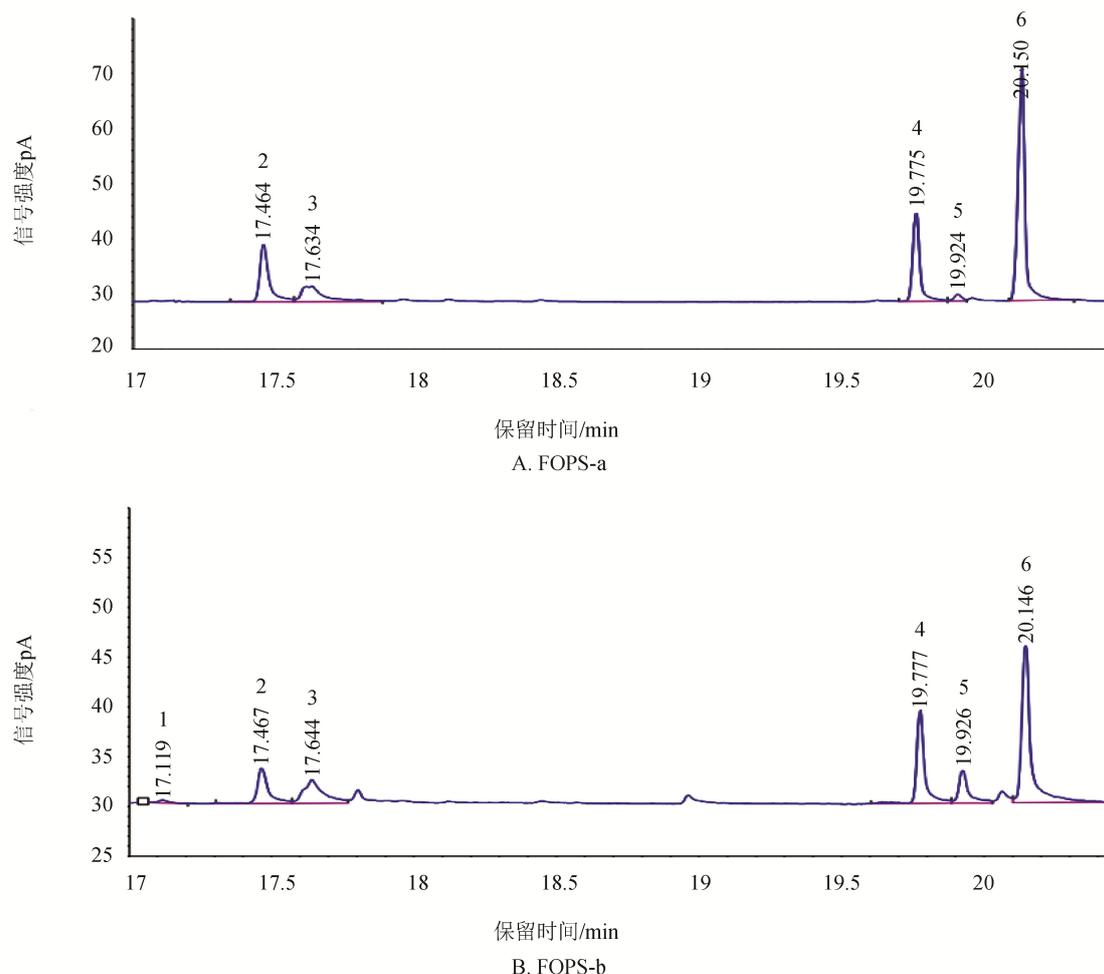


图 7 FOPS-a 和 FOPS-b 的单糖组成色谱图

Fig. 7 Chromatograms of monosaccharide compositions of FOPS-a and FOPS-b

### 3.6 多糖组分的结构分析

#### 3.6.1 部分酸水解

FOPS-a、FOPS-b 和各混合标准单糖经部分酸水解衍生化后袋内袋外部分供 GC 分析结果如图 8、9 所示, FOPS-a 和 FOPS-b 袋内水解产物中只出现了甘露糖的峰, 说明两种多糖组分主链单糖残基可能主要是甘露糖。

FOPS-a 袋外水解产物中有甘露糖、阿拉伯糖、木糖和半乳糖, 说明 FOPS-a 的末端残基和分支单糖残基为甘露糖、阿拉伯糖、木糖和半乳糖; FOPS-b 袋外水解产物中有甘露糖、阿拉伯糖、葡萄糖和半乳糖, 说明 FOPS-b 的末端残基和分支单糖残基为甘露糖、阿拉伯糖、葡萄糖和半乳糖。

#### 3.6.2 高碘酸氧化和 Smith 降解

FOPS-a 和 FOPS-b 分别进行高碘酸氧化后均有甲酸生成, 说明两种多糖结构中可能含有 1→6 或末端链接糖苷键; 由于高碘酸消耗量远远大于甲酸生量的两倍,

所以可以判断 FOPS-a 和 FOPS-b 均含有消耗高碘酸而不生成甲酸的糖苷键, 如: 1→2、1→4、1→2,6、1→4,6 类型糖苷键。

经高碘酸钠氧化剩余的样品经过 Smith 降解后供 GC 分析。GC 分析色谱图表示, Smith 降解产物中存在大量的赤藓醇和少量的甘油, 并且发现有单糖存在, 说明这些单糖在多糖中的连接方式均有不被高碘酸钠氧化的键型, 例如 1→3、1→3,6、1→2,3、1→2,4、

1→3,4、1→2,3,4 位连接的糖苷键中的某些键型; 赤藓醇的检出表示含有以 1→4 或

1→4,6 位糖苷键连接的单糖, 甘油的产生表示多糖中含有以 1→2 或 1→2,6 位糖苷键连接的单糖, 这一结果与高碘酸氧化结果一致。

#### 3.6.3 红外光谱

红外光谱是研究糖类结构的有效途径, 根据吸收峰的位置推测特征基团和苷键连接类型。图 10 为阿里红多糖纯化得到的多糖 FOPS-a 和 FOPS-b 的红外光谱图。

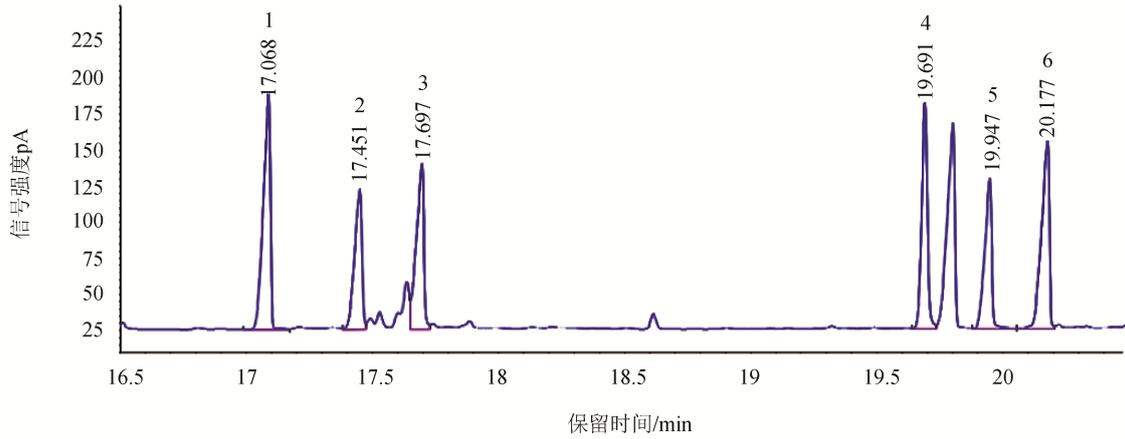


图8 各混合标准单糖的色谱图

Fig. 8 Chromatogram of mixed monosaccharide standard solution  
(1.鼠李糖; 2.阿拉伯糖; 3.木糖; 4.甘露糖; 5.葡萄糖; 6.半乳糖)

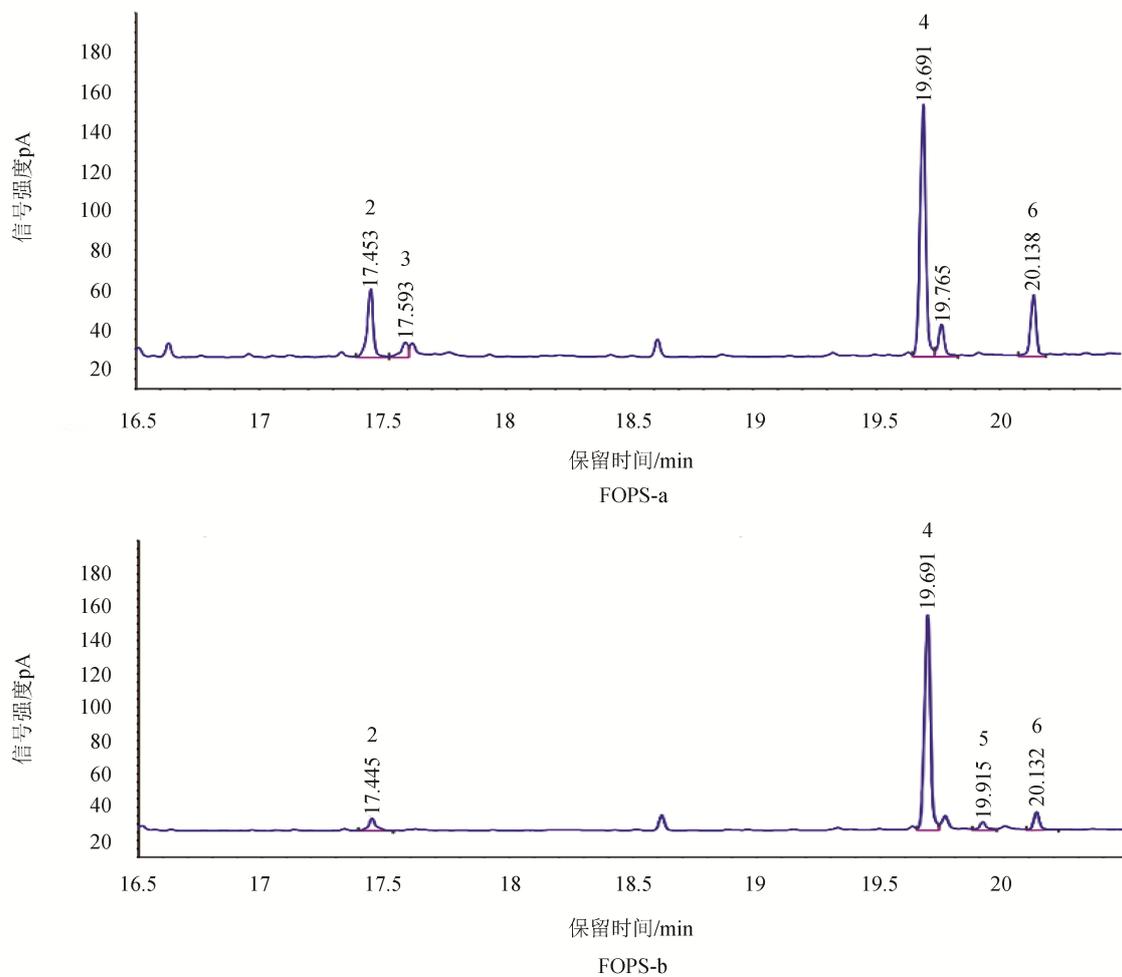


图9 FOPS-a和FOPS-b的部分酸水解产物的色谱图

Fig. 9 Chromatograms of partial hydrolysis of FOPS-a and FOPS-b

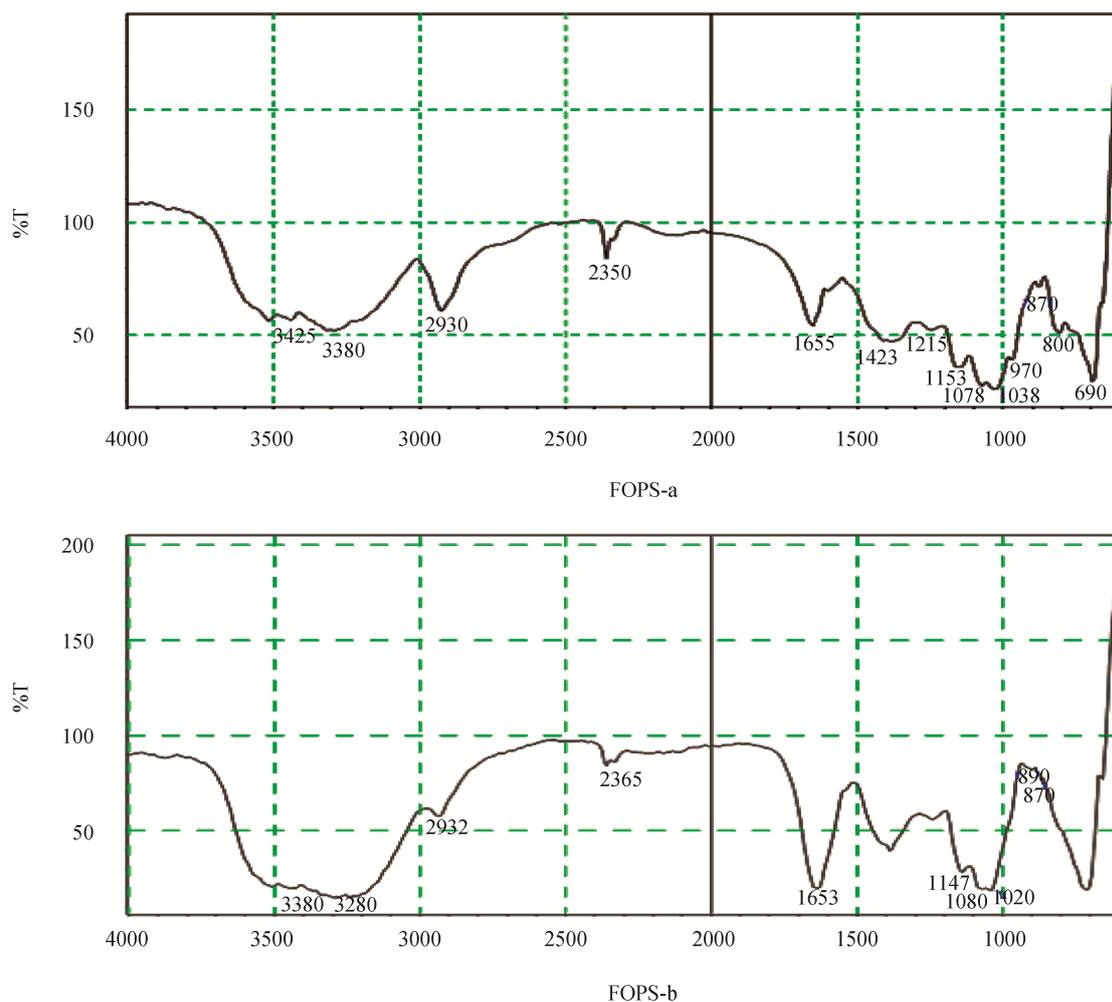


图 10 FOPS-a 和 FOPS-b 的红外光谱图

Fig. 10 Infrared spectrograms of FOPS-a and FOPS-b

由图 10 可知, 两种样品在  $4000\sim 600\text{ cm}^{-1}$  区域具有多糖类物质的一般特征,  $1650\sim 1600\text{ cm}^{-1}$  ( $1655\text{ cm}^{-1}$ 、 $1650\text{ cm}^{-1}$ ) 处有较强的酰胺基  $\text{C}=\text{O}$  特征吸收峰;  $3000\sim 2800\text{ cm}^{-1}$  ( $2930\text{ cm}^{-1}$ 、 $2932\text{ cm}^{-1}$ ) 处有糖类  $\text{C}-\text{H}$  伸缩振动吸收峰; FOPS-a 和 FOPS-b 在  $1730\sim 1700\text{ cm}^{-1}$  处无吸收峰, 说明 a, b 两个组分可能不含糖醛酸或者糖醛酸含量很少, 致使吸收峰被掩盖。多糖独特的吸收带  $1200\sim 1000\text{ cm}^{-1}$  如  $1150$ 、 $1080$  和  $1020\text{ cm}^{-1}$  位糖环上  $\text{C}-\text{OH}$  与  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  振动吸收光谱, 表明有吡喃糖单元结构片段。由红外图谱可知, FOPS-a 在  $802\text{ cm}^{-1}$  和  $870\text{ cm}^{-1}$  的吸收峰表明 FOPS-a 是  $\alpha$ -型和  $\beta$ -型共存的吡喃型糖; FOPS-b 在  $897\text{ cm}^{-1}$  的吸收峰表明其糖单元之间以  $\beta$ -苷键连接, FOPS-b 是  $\beta$ -型吡喃型糖。

#### 4 结 论

采用 DEAE-52 纤维素离子交换柱色谱和凝胶色谱柱

分离纯化阿里红多糖得到 FOPS-a 和 FOPS-b 两个不同的组分。经鉴定, 它们的平均相对分子量分别为  $199\text{ kDa}$  和  $87\text{ kDa}$  且二者为均一多糖。溶于水, 不溶于有机溶剂, 不含蛋白质、氨基酸、淀粉、酚类物质, 无糖醛酸或糖醛酸含量很少。经单糖组成分析、部分酸水解、高碘酸氧化和 Smith 降解结果得知 FOPS-a 和 FOPS-b 主链单糖残基均为甘露糖, FOPS-a 末端残基和分支单糖残基为阿拉伯、半乳糖、甘露糖和鼠李糖, FOPS-b 末端残基和分支单糖残基为阿拉伯糖、半乳糖、甘露糖和葡萄糖。主要存在的糖苷键类型为  $1\rightarrow 6$  或末端链接糖、 $1\rightarrow 2$ 、 $1\rightarrow 4$ 、 $1\rightarrow 2, 6$ 、 $1\rightarrow 4, 6$  类型糖苷键。红外光谱分析显示 FOPS-a 和 FOPS-b 含有多糖的特征吸收峰, 且均为吡喃型糖环结构, FOPS-a 是  $\alpha$ -型和  $\beta$ -型共存的吡喃型糖环, FOPS-b 是  $\beta$ -型吡喃型糖。各单糖之间的连接类型和结构还有待进一步验证, 以上研究结果可为阿里红多糖的进一步研究以及多糖的开发提供理论依据。

## 参考文献

- [1] 新疆维吾尔自治区卫生厅编. 维吾尔药材标准[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1991.  
The Xinjiang Uygur Autonomous Region health of Department. Uygur medicine standard [M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Health Publishing House, 1991.
- [2] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国卫生部药品标准维吾尔药分册[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1999.  
People's Republic of China Pharmacopoeia Commission. Drug standard of Ministry of health of People's Republic of China Uygur Medicine Branch [M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Health Publishing House, 1999.
- [3] 王勇. 维药阿里红中多糖提取及生物活性的初步研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2010.  
Wang Y. Extraction and preliminary biological activities of polysaccharides from *Fomes officinalis* Ames [D]. Urumqi: Xinjiang Medical University, 2010.
- [4] 古娜娜·对山别克. 维药恰麻古多糖分离纯化和结构分析[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2014.  
Gu `na `na. Isolation, purification and structural investigation of polysaccharides from Xinjiang *Brassica rapa* L. [D]. Urumqi: Xinjiang Medical University, 2014.
- [5] 丛媛媛. 新疆张果甘草多糖的分离纯化, 结构分析和生物活性研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2008.  
Cong YY. Studies on isolation, purification, structural elucidation and biological activities of polysaccharides from *Glycyrrhiza inflata* Bat. in Xinjiang [D]. Urumqi: Xinjiang Medical University, 2008.
- [6] 赵李霞. 碎米荠晒多糖的提取、分离纯化、结构鉴定及生物活性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.  
Zhao LX. Studies on extraction is, purification, structure as well as bio-activities of *Cardamine Urbaniana O.E.Schlz-selenium* polysaccharide [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2006.
- [7] 李永泉, 吴炬, 花立明, 等. 白阿魏菇菌丝体多糖分离纯化工艺的优化和结构分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2003, 39(5): 50-54.  
Li YQ, Wu J, Hua LM, et al. Optimum isolation and purification and structural analysis of polysaccharides from *Pleurotus nebrodensis* mycelium [J]. J Lanzhou Univ(Nat Sci), 2003, 39(5): 50-54.
- [8] 孙莲, 于小蓉, 孟磊, 等. 新疆药桑叶多糖的分离纯化及结构研究[J]. 化学研究与应用, 2014, 26(8): 1282-1286.  
Sun L, Yu XR, Meng L, et al. Study of separation, purification and structural of polysaccharides of *Morus nigra* Linn leaves of Xinjiang [J]. Chem Res Appl, 2014, 26(8): 1282-1286.
- [9] 马河, 程艳琳, 张金杰, 等. 白花蛇舌草总多糖的分离纯化、结构鉴定及初步免疫活性分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(22): 37-40.  
Ma H, Cheng YL, Zhang JJ, et al. Effect of preliminary immune activity and structural identification of a polysaccharide extracted from *Oldenlandia diffusa* [J]. Chin J Exper Tradit Med Form, 2014, 20(22): 37-40.
- [10] 高呈琳, 张小爽, 陈健, 等. 梭柄松苞菇多糖 CVP-II<sub>2</sub> 的理化性质及其结构研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(3): 133-136.  
Gao CL, Zhang XS, Chen J, et al. Physico-chemical and structural characterization of polysaccharide CVP-II<sub>2</sub> from *Catathelasma ventricosum* [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(3): 133-136.
- [11] 王世伟. 毛轴蕨多糖的提取、分离纯化与结构研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2015.  
Wang SW. Studies on extraction, isolation, purification and structure analysis of polysaccharides from *Pteridium revolutum* [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2015.
- [12] 明建, 曾凯芳, 赵国华, 等. 羊肚菌水溶性多糖 PMEP-1 的分离纯化与结构特征分析[J]. 食品科学, 2009, 30(15): 104-108.  
Ming J, Zeng KF, Zhao GH, et al. Isolation, purification and structure analysis of polysaccharide PMEP-1 from *Morchella esculenta* (L.) Pers [J]. Food Sci, 2009, 30(15): 104-108.
- [13] 李世超. 桑黄菌丝体多糖的分离纯化、活性研究和结构分析[D]. 镇江: 江苏大学, 2015.  
Li SC. Isolation, purification, bioactivity structure analysis of polysaccharides from *Phellinus igniarius* mycelium [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2015.

(责任编辑: 姚菲)

## 作者简介



依力奴尔·艾尼瓦尔, 硕士, 主要研究方向为维吾尔药基础。

E-mail: 429172761@qq.com



帕丽达·阿不力孜, 教授, 主要研究方向为维吾尔药药效物基础。

E-mail: palida3345@163