

# 当归多糖的分离、纯化及单糖成分分析

孙红国, 张 蔓, 纪 鹏, 华永丽, 宋志学, 魏彦明\*

甘肃农业大学动物医学院, 兰州 730070

**摘要:** 选取当归为原料, 采用水提醇沉法进行多糖提取, 经 Savage 法结合木瓜蛋白酶法脱蛋白,  $H_2O_2$  脱色, 透析, DEAE-52 纤维素柱分离得到 5 个级分。经紫外光谱法与葡聚糖凝胶-100 (SephadexG-100) 凝胶柱层析法鉴定 5 种成分均为单一成分; 通过红外光谱法、薄层色谱法、气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 法分析该五种成分, 5 级多糖成分均为果胶类多糖; WASP-1 可能是吡喃环当归多糖复合物; WASP-2 为  $\beta$ -型吡喃环当归多糖复合物; WASP-3 既是  $\beta$ -型吡喃环当归多糖复合物, 又是  $\alpha$ -型 D-吡喃环当归多糖复合物; WASP-4 为吡喃环当归多糖复合物; WASP-5 为  $\beta$ -型当归多糖复合物, 可能含有吡喃环; 经 GC-MS 鉴定, WASP-1、WASP-2 及 WASP-3 中单糖组成为山梨糖、阿拉伯糖、葡萄糖、半乳糖; WASP-4 中单糖组成为葡萄糖与半乳糖; WASP-5 中仅含葡萄糖。

**关键词:** 当归; 多糖; 分离; 纯化; 鉴定

中图分类号: R284.1

文献标识码: A

## Isolation and Purification of Angelica Polysaccharide and Analysis of Its Monosaccharide Composition

SUN Hong-guo, ZHANG Man, JI Peng, HUA Yong-li, SONG Zhi-xue, WEI Yan-ming\*

College of Veterinary Medicine, Gansu Agricultural University, Gansu Lanzhou 730070, China

**Abstract:** Angelica polysaccharide was extracted from Angelica by water extraction and ethanol precipitation. The obtained Angelica polysaccharide was deproteinized with Savage method combined with Papain method. It was then decolorized with  $H_2O_2$  followed by dialysis. Finally five fractions were obtained by using DEAE-cellulose52 column chromatography. The five fractions were identified by Ultraviolet spectroscopy and SephadexG-100. The results showed that they were all single component. The five fractions were further analyzed by infrared spectrometry, thin-layer chromatography and GC-MS. The results showed that the components of the five polysaccharide were all pectin polysaccharide. WASP-1 might be pyran ring Angelica polysaccharide compound; WASP-2 was  $\beta$ -type pyran ring Angelica polysaccharide compound; WASP-3 was  $\beta$ -type pyran ring and  $\alpha$ -type D-pyran ring Angelica polysaccharide compound; WASP-4 was pyran ring Angelica polysaccharide compound; WASP-5 was  $\beta$ -type Angelica polysaccharide compound, and might contain pyran ring; The GC-MS analysis results showed that sorbose, arabinose, glucose and galactose were found in WASP-1, WASP-2 and WASP-3; Glucose and galactose were found in WASP-4; Glucose was found in WASP-5.

**Key words:** *Angelica sinensis*; polysaccharide; isolation; purification; property identification

当归为伞形科植物当归 [*Angelica sinensis* (Oliv.) Diels] 的干燥根<sup>[1]</sup>, 具有补血、活血、调经止痛、润肠通便等功效, 主产于甘肃岷县、渭源等地, 是甘肃地道药材之一。当归多糖作为当归的主要水溶性成分, 近年来, 国内外对当归多糖的研究主要集中在生理及药理活性上, 研究表明当归多糖可以通过激活补体对机体免疫、造血系统发挥作用, 还具有抗

肿瘤、抗放射性损伤、促进胃溃疡愈合及保肝<sup>[2]</sup>等作用。但对当归多糖结构的研究, 仅杨兴斌<sup>[3]</sup>等对当归多糖的单糖进行分析, 孙元琳<sup>[4]</sup>等对当归多糖的水解特性及水解产物进行了分析。因此, 本研究通过当归多糖的提取纯化、水解、衍生化及红外光谱法、薄层色谱法、气相色谱-质谱联用分析, 研究其结构及单糖组成, 为当归及当归多糖的研究奠定基础。

## 1 材料与仪器

透析袋(截留分子量 8000 ~ 14000); YP1102H 型分析天平(上海精密科学有限公司); Lambda7 岛

收稿日期: 2013-03-01 接收日期: 2013-05-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(31272600, 204FKCA161 科技支撑计划-社会发展类)

\* 通讯作者 Tel: 86-931-7631954; E-mail: weiyim@gsau.edu.cn

津紫外/可见分光光度计(日本);RE-6000 旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂);FTIR-650 型傅里叶变换红外光谱仪(天津港东科技发展股份有限公司);6890N/5973N 型 GC-MS 气质联用仪、OV1701 色谱柱(25 m×0.2 mm,0.2 μm)(美国 Agilent 公司);939 全自动薄层制板器(重庆市南岸贝尔德仪器技术厂);BS-100A 自动部分收集器(上海华康生化仪器制造有限公司)等。

当归购自甘肃岷县,由甘肃农业大学动物医学院中兽医教研室魏彦明教授鉴定为 *A. sinensis* 的干燥根,粉碎后备用。

## 2 实验方法

### 2.1 当归粗多糖的提取

取当归 100 g,粉碎,过 40 目筛,加 300 mL 95% 乙醇、70 °C 回流 2 h 后抽滤,50 °C 真空干燥,得到预处理当归粉末。加入蒸馏水 837.6 mL,80 °C 加热回流提取 2 h,抽滤,收集液体浓缩至 229.12 mL,加无水乙醇 440.8 mL,使乙醇含量最终达到 65.80%,静置 24 h。抽滤、沉淀并依次用无水乙醇、丙酮、乙醚充分润洗,取固体物质于真空干燥箱中烘干,得粗多糖 10.77 g。

### 2.2 当归粗多糖的纯化

取 2 g 粗多糖,溶于 30 mL 蒸馏水中,充分溶解后离心除杂,Savage 法结合木瓜蛋白酶法脱蛋白<sup>[5]</sup>,过氧化氢脱色法脱色后,用预处理的透析袋透析后将袋内液体浓缩、醇沉并过夜后抽滤取沉淀,依次用无水乙醇、丙酮、乙醚充分润洗,真空干燥得多糖 WASP。

取 200 mg WASP,溶于 10 mL 蒸馏水中,充分溶解后离心,上清液过 DEAE-52 纤维素柱(30 cm×2 cm)分离,依次用蒸馏水、0.2 mol/L NaCl、0.3 mol/L NaCl、0.4 mol/L NaCl、0.5 mol/L NaOH 各 200 mL 洗脱,使用自动部分收集器接取洗脱液,每管接 8 mL,用苯酚硫酸法逐管测其 OD 值。绘制图形后,根据峰收集不同的洗脱成分,合并各吸收峰的洗脱液,蒸馏水透析至无 Cl<sup>-</sup>,减压浓缩冷冻干燥,得到 5 种精多糖洗脱级成分,命名为 WASP-1、WASP-2、WASP-3、WASP-4、WASP-5。

### 2.3 物质及纯度鉴定

#### 2.3.1 紫外检测法

采用紫外分光光度计在 180~640 nm 波长区间内进行扫描,观察在 260、280 nm 处有无吸收峰。

#### 2.3.2 SephadexG-100 色谱柱纯度鉴定实验

洗脱成分用 SephadexG-100 色谱柱进行层析分离,苯酚硫酸法逐管检测糖含量。

### 2.4 当归多糖成分分析

#### 2.4.1 薄层色谱分析

取 20 mg 各级多糖样品溶于 2 mL 2 mol/L TFA 溶液中,封管,110 °C 下水解 2 h,减压除尽 TFA 后各加入蒸馏水 2 mL 备用,再各取 20 mg 单糖标品,各加 2 mL 蒸馏水备用。取标准样品溶液及当归各级多糖水解后溶液各 10 mL,在制备好的硅胶 G 板进行点样,采用正丁醇-丙酮-蒸馏水(4:3:1),展开 2 h;晾干,采用苯胺-二苯胺-磷酸显色,显色温度 80 °C,时间 10 min。

#### 2.4.2 傅里叶红外光谱分析

分别称取 2 mg 加入 200 mg KBr 压片,采用傅里叶红外光谱仪在 400~4000 cm<sup>-1</sup> 之间扫描<sup>[6]</sup>。

#### 2.4.3 GC-MS 分析

分别称取各级多糖 20 mg 溶于 2 mL 2 mol/L TFA(三氟乙酸)溶液中,将多糖酸水解为单糖,封管,110 °C 下水解 2 h,减压除尽 TFA 后备用。标准单糖各取 20 mg,在各标准单糖与各洗脱成分水解产物中分别加 10 mg 盐酸羟胺,0.5 mL 吡啶,封管,85 °C 反应 40 min,冷却至室温,加 0.5 mL 乙酸酐,封管,85 °C 反应 40 min,冷却后转出上清液减压浓缩至干,再加 0.5 mL 三氯甲烷溶液将其分别溶解待测。

GC-MS 分析条件:进样量 1 μL,程序升温,初始温度为 100 °C,保持 5 min,以 25 °C/min 匀速升至 220 °C,保持 14 min;以 5 °C/min 匀速升至 290 °C;进样口温度:220 °C;接口温度:220 °C;离子源(EI)温度:230 °C;电离电压:70 eV;载气:高纯氦气;流速 1.0 mL/min;扫描范围 14~400 amu。

## 3 结果与讨论

### 3.1 当归粗多糖纯化后多糖含量

粗多糖经脱蛋白,脱色,透析后浓缩,醇沉后真空干燥制的精制当归多糖 WASP 0.651 g。

### 3.2 DEAE-52 纤维素柱层析纯化

WASP 经 DEAE-52 纤维素阴离子交换柱分离后所得洗脱曲线见图 1。其中 1~13 管为蒸馏水洗脱收集成分,14~36 管为 0.2 mol/L NaCl 洗脱收集成分,37~58 管为 0.3 mol/L NaCl 洗脱收集成分,59~72 管为 0.4 mol/L NaCl 洗脱收集成分,73~90 管

为 0.5 mol/LNaOH 洗脱收集成分。收集 5 个峰的洗脱液,进行透析、浓缩、醇沉得到 5 种成分:WASP-1、WASP-2、WASP-3、WASP-4、WASP-5,得率依次为:7.6%、18.7%、12.1%、2.65%、23.8%。WASP-5 含量最高,WASP-4 含量最低。

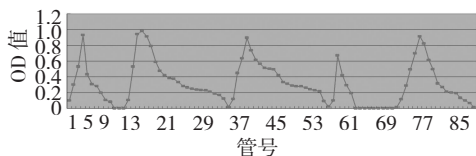


图 1 当归多糖经 DEAE-52 纤维素离子交换柱洗脱曲线图  
Fig. 1 Elution chromatogram of Angelica polysaccharides by DEAE-52 cellulose ion exchange column

### 3.3 纯度鉴定

#### 3.3.1 紫外光谱分析法

经紫外分光光度仪检测在 280 nm 与 260 nm 波长处没有吸收峰,表明该 5 种成分中无蛋白质与核酸成分。

#### 3.3.2 SephadexG-100 凝胶柱层析

WASP-1、WASP-2、WASP-3、WASP-4、WASP-5 分别经凝胶柱层析后,洗脱曲线均只有一个峰,表明该 5 个洗脱成分均为均一成分。

### 3.4 多糖的组成成分分析

#### 3.4.1 当归多糖各级洗脱成分的薄层色谱分析

薄层色谱分析结果见图 2。比较 5 个组分水解液与单糖标品的 Rf 值以及 TLC 的颜色,可推测 WASP-1、WASP-2、WASP-3、WASP-4、WASP-5 五者均含有葡萄糖与阿拉伯糖,该结果与商澎等人的研究结果相近<sup>[7]</sup>。

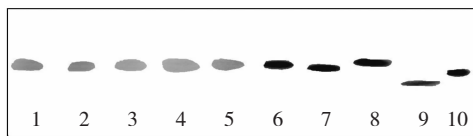


图 2 当归多糖各级洗脱成分的薄层色谱分析结果  
Fig. 2 TLC results of different fractions of Angelica polysaccharides and standards

注:1 到 10 依次为 WASP-1、WASP-2、WASP-3、WASP-4、WASP-5、葡萄糖、阿拉伯糖、半乳糖、山梨糖、及木糖的薄层图。

Note: 1 to 10 was WASP-1, WASP-2, WASP-3, WASP-4, WASP-5, glucose, arabinose, galactose, sorbic sugar, and xylose, respectively.

#### 3.4.2 当归多糖各级成分的红外光谱分析

##### 3.4.2.1 一维红外光谱分析

一维红外光谱图见图 3、4、5、6、7。

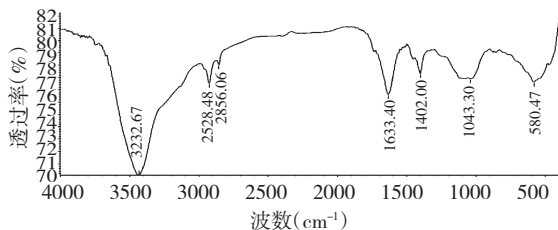


图 3 WASP-1 的红外光谱图

Fig. 3 IR spectrum of WASP1 from Angelica polysaccharides

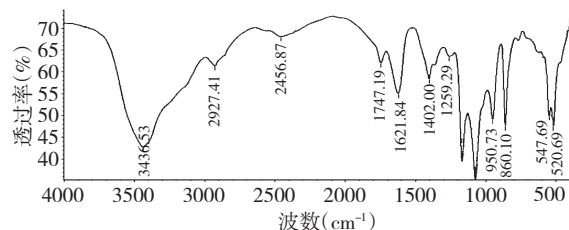


图 4 WASP-2 的红外光谱图

Fig. 4 IR spectrum of WASP-2 from Angelica polysaccharides

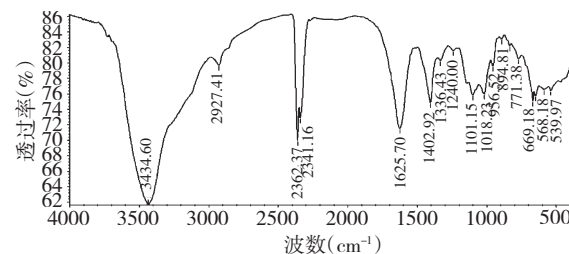


图 5 WASP-3 的红外光谱图

Fig. 5 IR spectrum of WASP3 from Angelica polysaccharides

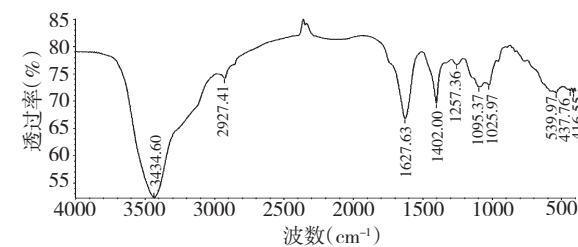


图 6 WASP-4 的红外光谱图

Fig. 6 IR spectrum of WASP-4 from Angelica polysaccharides

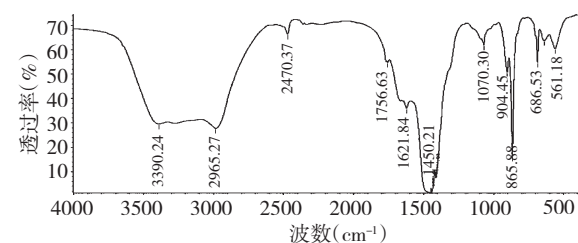


图 7 WASP-5 的红外光谱图

Fig. 7 IR spectrum of WASP-5 from Angelica polysaccharides

如图所示, WASP-1、WASP-2、WASP-3、WASP-4、WASP-5 在  $3450 \sim 3380 \text{ cm}^{-1}$ 、 $2990 \sim 2855 \text{ cm}^{-1}$ 、 $1635 \sim 1620 \text{ cm}^{-1}$ 、 $1455 \sim 1335 \text{ cm}^{-1}$ 、 $1175 \sim 945 \text{ cm}^{-1}$  这 5 个谱段均出现了糖类典型特征的吸收峰; WASP-2 与 WASP-5 在  $1750 \text{ cm}^{-1}$  附近出现了羰基的伸缩振动峰, 表明这两种多糖成分含有较多的醛基或酮基, 也说明二者含有酸性糖成分; WASP-2、WASP-3 与 WASP-4 在  $1260 \sim 1240 \text{ cm}^{-1}$  之间均出现了明显吸收峰, 可证明其含有 O-H 基团, 逐步可推测其含有 -COOH 基团, 也证明其含有酸性糖成分; WASP-2、WASP-3 与 WASP-4 在  $1100 \sim 1010 \text{ cm}^{-1}$  之间有 3 个很明显的吸收峰, 表明该多糖含有吡喃环结构; 由于当归多糖 5 个分级成分在  $1020.16 \text{ cm}^{-1}$  周围均有强吸收峰, 此峰是果胶多糖中的半乳糖醛酸 (GalA) 在指纹区的特征吸收峰, 故也可证明其均为果胶类多糖; WASP-2 与 WASP-5 在  $890.1 \text{ cm}^{-1}$  附近含有明显吸收峰, 表示其含有  $\beta$ -型糖苷键, 为  $\beta$ -型当归多糖; WASP-3 在  $890.1 \text{ cm}^{-1}$  附近与  $835 \text{ cm}^{-1}$  附近均有吸收峰, 显示其既有  $\alpha$ -型糖苷键, 也有  $\beta$ -型糖苷键。所以得出结论: 当归多糖 5 个成分均为果胶类多糖; WASP-1 可能是吡喃环当归多糖复合物; WASP-2 为  $\beta$ -型吡喃环当归多糖复合物; WASP-3 既是  $\beta$ -型吡喃环当归多糖复合物, 又是  $\alpha$ -型 D-吡喃环当归多糖复合物; WASP-4 为吡喃环当归多糖复合物; WASP-5 为  $\beta$ -型当归多糖复合物, 可能含有吡喃环。

### 3.4.2.2 二阶导数红外光谱分析

根据不同多糖级分的原红外光谱, 采用 omnic8.0 软件可得到当归多糖不同洗脱级分的二阶导数图谱, 如图 8。

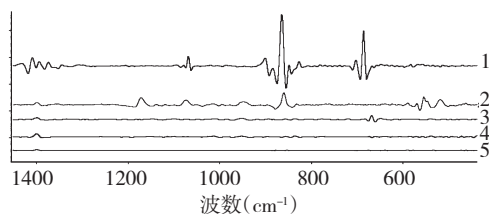


图 8 当归多糖不同洗脱级分的二阶导数图谱

Fig. 8 Second order derivative spectra of different fractions of Angelica polysaccharides

注: 1 到 5 依次为 WASP-5、WASP-2、WASP-3、WASP-4 与 WASP-1。

Note: 1 to 5 was WASP-5, WASP-2, WASP-3, WASP-4 and WASP-1, respectively.

从上图可以明显看出: 在  $1400 \text{ cm}^{-1}$  附近, WASP-5 中峰形最多, 其峰强很高, 并出现了很多肩

峰, 充分说明了 WASP-5 中 -COOH 成分含量很高; 在  $1240 \text{ cm}^{-1}$  附近, WASP-2 成分峰强最高, 说明 -OH 成分很高; 在  $1100 \sim 1000 \text{ cm}^{-1}$  这个谱段, WASP-5 峰强与峰形均最大, WASP-2 次之, 其他成分不明显, 说明 WASP-5 与 WASP-2 必有吡喃环结构; WASP-5 在  $890.1 \text{ cm}^{-1}$  附近有很强吸收峰, WASP-2 次之, 说明二者肯定有  $\beta$ -型多糖; 另外 WASP-5 与 WASP-2 在  $835 \text{ cm}^{-1}$  附近也有很强吸收峰, 并出现肩峰, 充分说明二者含有  $\alpha$ -型多糖成分; WASP-2 在  $600 \text{ cm}^{-1}$  以下有很强吸收峰, 说明还有某未知物; WASP-5 与 WASP-3 在  $700 \text{ cm}^{-1}$  左右有很强吸收峰说明也含有某未知物。

祁晶<sup>[8]</sup>研究当归多糖时也采用了红外光谱分析, 其结果显示多糖具有典型的特征吸收峰, 包括  $2936$ 、 $1743$ 、 $1642$ 、 $1106 \text{ cm}^{-1}$  处, 与本文分析结果相似。本文中得出当归多糖中洗脱成分 WASP-2、WASP-3 与 WASP-4 含有吡喃环结构, 该结论与其发现当归多糖在  $1250 \sim 950 \text{ cm}^{-1}$  之间存在吸收峰, 提出当归多糖糖链为吡喃构型的结论相符。

### 3.4.3 当归多糖 WASP 及各个分级成分的 GC-MS 分析

GC-MS 分析结果见图 9、图 10 及表 1、表 2。

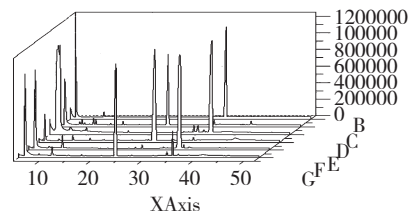


图 9 六种标准品的 GC-MS 图谱

Fig. 9 GC-MS chromatograms of the six standards

注: 图中 B-G 依次为: 葡萄糖、阿拉伯糖、半乳糖、木糖、甘露糖、山梨糖

Note: Diagrams B-G in order as: glucose, arabinose, galactose, xylose, mannose, sorbic sugar

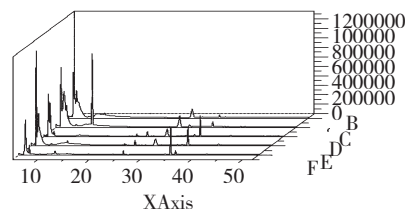


图 10 5 种洗脱级成分的 GC-MS 图谱

Fig. 10 GC-MS chromatogram of 5 fractions

注: B 到 F 依次为 WASP-5、WASP-2、WASP-3、WASP-4 与 WASP-1。

Note: 1 to 5 was WASP-5, WASP-2, WASP-3, WASP-4 and WASP-1, respectively.

表 1 各标准品 GC-MS 分析结果

Table 1 GC-MS analysis results of each standard substance

保留时间 Retention time (t/min)	单糖标准品名称 Name of monosaccharides	单糖衍生物名称 Name of monosaccharide derivatives	分子式 Molecular formula	相对分子量 Relative M/W
35.57	葡萄糖 glucose	2,3,4,5,6-Penta-O-acetyl-D-gluconitrile	C <sub>16</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>10</sub>	387
26.352	阿拉伯糖 arabinose	D-Arabinonitrile,2,3,4,5-tetraacetate	C <sub>13</sub> H <sub>17</sub> NO <sub>8</sub>	315
36.76	半乳糖 galactose	Galactitol,hexaacetate	C <sub>18</sub> H <sub>26</sub> O <sub>12</sub>	434
34.481	甘露糖 mannose	d-Mannitol,pentaacetyl-1-O-propyl-	C <sub>19</sub> H <sub>30</sub> O <sub>11</sub>	434
27.757	木糖 xylose	D-Xylonitrile,2,3,4,5-tetraacetate	C <sub>13</sub> H <sub>17</sub> NO <sub>8</sub>	315
24.135	山梨糖 sorbose	2-Deoxysorbitol pentaacetate	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>10</sub>	376

通过将当归多糖各级洗脱成分的 GC-MS 图谱与标准单糖 GC-MS 图谱进行对照,可以得出以下结

表 2 当归多糖各级洗脱成分的 GC-MS 图谱分析结果

Table 2 GC-MS analysis results of the different elution composition of Angelica polysaccharides

各级多糖名称 Name	保留时间 Retention time (t/min)	单糖标准品名称 Name of monosaccharides	分子式 Molecular formula	相对分子量 Relative M/W	峰面积百分比 Peak area percentage(%)
WASP-1	23.397	山梨糖 sorbose	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>10</sub>	376	1.8
	25.449	阿拉伯糖 arabinose	C <sub>13</sub> H <sub>17</sub> NO <sub>8</sub>	315	9.485
	34.732	葡萄糖 glucose	C <sub>16</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>10</sub>	387	29.678
	35.74	半乳糖 galactose	C <sub>18</sub> H <sub>26</sub> O <sub>12</sub>	434	12.244
WASP-2	23.331	山梨糖 sorbose	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>10</sub>	376	1.892
	25.395	阿拉伯糖 arabinose	C <sub>13</sub> H <sub>17</sub> NO <sub>8</sub>	315	10.619
	34.641	葡萄糖 glucose	C <sub>16</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>10</sub>	387	1.719
	35.764	半乳糖 galactose	C <sub>18</sub> H <sub>26</sub> O <sub>12</sub>	434	29.188
WASP-3	23.331	山梨糖 sorbose	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>10</sub>	376	4.473
	25.377	阿拉伯糖 arabinose	C <sub>13</sub> H <sub>17</sub> NO <sub>8</sub>	315	11.193
	34.629	葡萄糖 glucose	C <sub>16</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>10</sub>	387	3.775
	35.71	半乳糖 galactose	C <sub>18</sub> H <sub>26</sub> O <sub>12</sub>	434	28.35
WASP-4	34.671	葡萄糖 glucose	C <sub>16</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>10</sub>	387	1.299
	35.709	半乳糖 galactose	C <sub>18</sub> H <sub>26</sub> O <sub>12</sub>	434	4.614
WASP-5	34.623	葡萄糖 glucose	C <sub>16</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>10</sub>	387	0.816

外标法定量计算公式:绝对校正因子: $g_i = X_s / A_s$  ( $X_s$  为标品中组分  $i$  的组分含量; $A_s$  标品中组分  $i$  的峰面积);计算公式: $X_i = A_i \times g_i$  ( $A_i$  为样品中组分  $i$  的峰面积; $X_i$  为样品中组分  $i$  的组分含量)。

根据上面所列标品与样品的 GC-MS 图表,结合计算公式可以得出当归多糖各级洗脱成分中所含单糖的摩尔比。结果如下:WASP-1 中单糖组成为山梨糖、阿拉伯糖、葡萄糖、半乳糖,摩尔比为 0.039:0.295:0.655:0.011;WASP-2 中单糖组成为山梨糖、

阿拉伯糖、葡萄糖、半乳糖,摩尔比为 0.051:0.455:0.053:0.441;WASP-3 中单糖组成为山梨糖、阿拉伯糖、葡萄糖、半乳糖,摩尔比为 0.104:0.419:0.099:0.378;WASP-4 中单糖组成为葡萄糖与半乳糖,摩尔比为 0.360:0.640;WASP-5 中仅含有葡萄糖。

从实验结果可以看出 WASP-1 中葡萄糖含量最高,WASP-2 与 WASP-3 中阿拉伯糖含量最高,WASP-4 中半乳糖含量相对较高,该实验结果与陈

曦等人于 2011 年研究当归多糖时的结果较为相近<sup>[9]</sup>。

## 4 结论

本文研究了当归多糖的分离、纯化方法,并对其组成进行了分析。当归经水提、醇沉、Sevage 法结合木瓜蛋白酶法脱蛋白,DEAE-52 纤维素层析得到 WASP-1、WASP-2、WASP-3、WASP-4、WASP-5。采用紫外分光光度法与 SephadexG-100 凝胶柱层析法鉴定以上 5 种成分均为单一成分;用薄层色谱法和气相色谱法分析 5 种成分中均含有葡萄糖、阿拉伯糖和半乳糖;红外光谱分析结果显示 WASP-1 可能是吡喃环当归多糖复合物;WASP-2 为  $\beta$ -型吡喃环当归多糖复合物;WASP-3 既是  $\beta$ -型吡喃环当归多糖复合物,又是  $\alpha$ -型 D-吡喃环当归多糖复合物;WASP-4 为吡喃环当归多糖复合物;WASP-5 为  $\beta$ -型当归多糖复合物,可能含有吡喃环。

### 参考文献

- 1 Chinese Pharmacopoeia Commission (国家药典委员会). Pharmacopoeia of the People's Republic of China (中华人民共和国药典). Beijing: Chemical Industry Press, 2005. Vol I, 124-134.
- 2 Xue WX (薛文新). Study on the hepatoprotective effect of the Angelica polysaccharide and its different processed polysaccharide based on the metabolomics method. Gansu: Gansu Agricultural University (甘肃农业大学), PhD. 2012.
- 3 Yang XB (杨兴斌), Zhao Y (赵燕), Zhou SY (周四元), et

- al. Analysis of monosaccharide composition in Angelica polysaccharides by precolumnderivatizationhigh performance liquid chromatography. *Chin J Anal Chem* (分析化学), 2005, 33:1287-1290.
- 4 Sun YL (孙元琳), Shen RL (申瑞玲), Tang J (汤坚), et al. Hydrolytic characteristics and analysis of hydrolysis product of polysaccharide from *Angelica sinensis*. *Chin J Anal Chem* (分析化学), 2012, 36:348-352.
- 5 Cao W (曹蔚), Li XQ (李小强), Hou Y (侯颖), et al. Physicochemical properties and anti-tumor activity *in vitro* of polysaccharide APS-3c from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2008, 20:217-222.
- 6 Hu J (胡静). Studies on structure of Angelica polysaccharide and its effect on type 2 diabetic animal model. Shaanxi: Shaanxi Normal University (陕西师范大学), PhD. 2007.
- 7 Shang P (商澎), Yang TH (杨铁虹), Jia M (贾敏), et al. Purification and analysis of polysaccharides of *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels. *J Fourth Milit Med Univ* (第四军医大学学报), 2001, 14:1311-1314.
- 8 Qi J (祁晶). Study on the structure of *Angelica sinensis* polysaccharide and its effect on recurrent aphthousulcer animal model. Lanzhou: Lanzhou University (兰州大学), PhD. 2011.
- 9 Chen X (陈曦). The fragments preparation of polysaccharides APS-3b from *Angelica sinensis* and their anti-tumor activities. Shaanxi: The Fourth Military Medical University (第四军医大学), PhD. 2011.