

· 中药农业 ·

不同来源银耳中银耳多糖差异分析[△]

苟兴^{1,2}, 赵树海², 李先天³, 袁小慧¹, 李祖泉¹, 李小海^{1*}

(1. 四川千方中药饮片有限公司, 四川 成都 610500;

2. 巴中市通江银耳科学技术研究所, 四川 巴中 636700;

3. 通江县食品药品监督管理局, 四川 巴中 636700)

[摘要] **目的:** 建立 HPLC 法测定银耳中银耳多糖单糖含量的方法, 并比较不同来源银耳中单糖含量的差异。**方法:** 根据银耳特性, 优化酸水解-PMP 柱前衍生方法以及 HPLC 色谱条件, 对 12 批次通江段木培育银耳样品以及 8 批次福建棉籽壳代料银耳进行多糖的单糖组成分析。**结果:** 优化后的实验方法适用于银耳多糖中单糖组分的检测。**结论:** 通过数据对比分析可以看出, 不同来源和培育方式的银耳在甘露糖、葡萄糖、岩藻糖等含量上存在着比较明显的差异; 通过论证认为, 这些差异可以为制定银耳质量标准提供必要的参考和借鉴。

[关键词] 银耳多糖; 柱前衍生; 高效液相色谱; 差异分析

Variance Analysis of Polysaccharide in Different Sources of Tremella

GOU Xing^{1,2}, ZHAO Shuhai², LI Xiantian³, YUAN Xiaohui¹, LI Zuquan¹, LI Xiaohai¹

(1. Sichuan Qianfang Traditional Chinese Medicine Co., Ltd, Chengdu 610500, China;

2. Bazhong Tongjiang tremella institute of science and technology, Bazhong 636700, China;

3. Tongjiang Food and Drug Administration, Bazhong 636700, China)

[Abstract] **Objective:** To establish an HPLC method for determination of monosaccharide content of polysaccharides in *Tremella fuciformis*, and compare the difference of monosaccharide content in Tremella from different sources. **Methods:** The optimized method of the acid hydrolysis, and PMP precolumn derivative HPLC method were applied to analyze the monosaccharide composition of 12 batches Tremella cultivated from woods log in Tongjiang and 8 batch ones cultivated from artificial media (cottonseed hull) in Fujian. **Results:** The experiments results showed that the optimized method was appropriate, and there were significant differences in the content of mannose, glucose, fructose in different Tremella samples. **Conclusion:** There exist a significant differences in composition of Tremella polysaccharide of different sources and cultivating way of Tremella. The study provides reference for the establishment of the Tremella quality standard.

[Keywords] Tremella polysaccharide; precolumn derivatization; HPLC; variance analysis

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.2017.6.018

银耳(*Tremella fuciformis*Berk), 又名白木耳, 是担子菌门真菌, 其子实体长期以来都被作为食药两用。随着分析技术的发展, 人们对银耳的药用价值也在不断地深入。根据现有报道^[1-3], 银耳中最重要的活性物质是银耳多糖, 也是到目前为止研究最多的银耳成分。银耳多糖主要分为五大类, 分别是: 酸性杂多糖, 中性杂多糖, 胞壁多糖, 胞外多糖, 酸性低聚糖。其含量和构成是影响银耳药用、食用及保健作用的重要因素。

银耳多糖种类偏多, 结构复杂, 要直接分析银耳多糖的含量和结构有很大的难度。经过对五大类银耳多糖的分子结构分析后发现, 银耳多糖虽然结构复杂, 但是构成多糖的主要寡糖成分比较简单, 主要是: 甘露糖、葡萄糖醛酸、葡萄糖、木糖、果糖、岩藻糖、半乳糖, 并且绝大部分银耳多糖的主链都是由甘露糖聚合而成^[4]。因此, 通过测量银耳多糖中甘露糖的含量就可以间接判断银耳多糖在银耳中的含量高低。同时, 对其他寡糖含量的分析也

[△] [基金项目] 《四川省中药饮片炮制规范》2015年版银耳质量标准

* [通信作者] 李小海, 执业药师; Tel: 13308236893, E-mail: qftcm@qq.com

可有助于判断银耳多糖质量的高低。这样就可以把复杂大分子的测量转化为对简单小分子的测量。

目前测量多糖内部单糖构成主要采用的是酸水解-柱前衍生的方法。1989年 Honda 等^[5-7]采用 PMP 柱前衍生法,使具有感光性的 PMP 衍生剂与糖类的羰基发生加成作用,就能够通过 HPLC-紫外检测器对糖类的含量进行精确测定。近年来,PMP 柱前衍生的方法越来越多的运用到了中药多糖组分的分析中^[8-10]。虽然 PMP 柱前衍生在糖类检测方面具有一定的优势,但是仍存在一定的缺陷,特别是在样品的处理过程中可能产生美拉德反应^[11]以及萃取过程中单糖衍生物在三氯甲烷中有微小的溶解度,都会造成实际测定值偏低。并且 PMP 与糖类羰基的反应是可逆反应,衍生之后的化合物如果放置时间过长,PMP 会与羰基脱离,同样可能造成测定的误差。

本实验以银耳的质量分析为目的,根据银耳及银耳多糖的特点,改进了酸解-PMP 柱前衍生方法和液相条件。利用改进后的方法对来源不同的银耳样品进行定量检测,分析差异,制定银耳特征图谱,为银耳质量标准的制订提供必要的依据。

1 材料与仪器

1.1 试剂试药

对照品:*D*-甘露糖(批号:140651-201403)、*D*-葡萄糖(批号:110833-201205)、*L*-岩藻糖(批号:112014-201601)、半乳糖(批号:100226-201105)、*D*-葡萄糖醛酸(批号:140648-200602),购自中国食品药品检定研究院。

试剂(色谱纯):甲醇、乙腈,购自科隆化工有限公司;试剂(分析纯):1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮(PMP)、磷酸二氢钾、氢氧化钠、三氟乙酸、三氯甲烷,购自科隆化工有限公司。

1.2 仪器与设备

SSI 高效液相色谱仪、紫外检测器,系统:Chromatography Data System-Version3.6; Waters 高效液相色谱仪、紫外检测器,系统:Empower 3;漩涡混合器;鼓风干燥箱;超声清洗器;水浴锅,等。

1.3 实验材料

从银耳道地药材原产地四川通江采集得到 12 批段木银耳样品,经通江县食品药品监督管理局抽样,由通江县食品药品监督管理局主任李先天工程师鉴定,均符合段木银耳特征。批号:T2016-

31、T2016-32、T2016-41、T2016-42、T2016-51、T2016-52、T2016-61、T2016-62、T2016-X2、T2016-A2、T2016-X1、T2016-A1

从福建古田采购得到 8 批棉籽壳代料银耳样品,由通江县食品药品监督管理局主任李先天工程师鉴定,均符合棉籽壳代料银耳特征。批号:F2015-01、F2015-02、F2015-71、F2015-72、F2015-91、F2015-82、F2015-81、F2015-92

2 方法与结果

2.1 色谱条件与系统适应性实验

以十八烷基硅烷键合硅胶为填充剂,以 15% 乙腈-85% 磷酸盐缓冲液为流动相 A,以 40% 乙腈-60% 磷酸盐缓冲液为流动相 B。磷酸盐缓冲液:0.05 mol·L⁻¹ 磷酸二氢钾缓冲液(pH 6.7)(磷酸二氢钾 6.8 g 和 NaOH 0.9 g 溶解于 1 L 水中)。按表 1 中的方案进行梯度洗脱,流速为 1 mL·min⁻¹,柱温为 30 ℃,检测波长为 250 nm,进样量为 20 μL。理论塔板数按特征图谱中的 6 个特征峰计算,均不得低于 5000。

表 1 流动相梯度洗脱方案

时间/min	流动相 A(%)	流动相 B(%)
0~25	100	0
25~27	100~80	0~20
27~60	80	20
60~60.1	80~100	20~0
60.1~75	100	0

2.2 对照品溶液制备

取甘露糖、葡萄糖对照品,精密称定,加水制成每 1 mL 含 200 μg 的溶液。精密量取 400 μL,加入 0.5 mol·L⁻¹ PMP(1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮)甲醇溶液 400 μL,再加入 0.3 mol·L⁻¹ NaOH 溶液 400 μL,涡旋混合 30 s,置 70 ℃ 水浴中加热 30 min,取出,冷却至室温,加入 0.3 mol·L⁻¹ HCl 溶液 400 μL,再加入水 800 μL 稀释混匀,加入三氯甲烷洗涤 2 次,每次 2 mL,弃去三氯甲烷,水层离心,取上清液即得。

2.3 供试品溶液制备

取 60 ℃ 干燥至恒重的本样品粉末(过 5 号筛)约 0.1 g,精密称定,置顶空瓶或安培瓶中,加 2 mol·L⁻¹

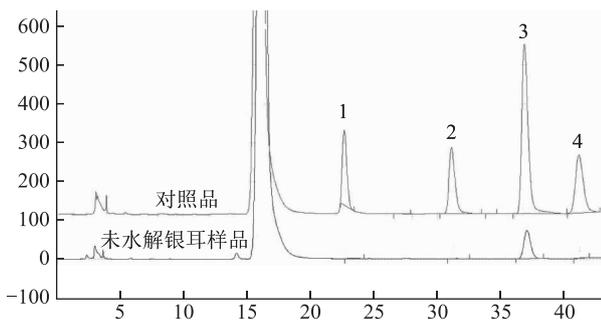
三氟乙酸 6 mL, 漩涡震荡 30 s 混匀; 置 120 °C 烘箱中加热 4 h。取出, 放冷, 30 °C 以下低温减压浓缩至干, 残渣加水 1 mL 洗涤, 继续低温减压浓缩至干。残渣加水 50 mL, 使充分溶解, 滤过, 精密吸取续滤液 400 μL , 照参照物溶液的制备方法, 自“加入 0.5 mol·L⁻¹ PMP(1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮) 甲醇溶液”起, 依法操作, 即得。

2.4 线性关系考察

精密吸取 *D*-甘露糖对照品溶液, 加水稀释成浓度分别为 114.3125、228.625、457.25、914.5、1371.75 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, 精密吸取 *D*-葡萄糖对照品溶液, 加水稀释成浓度分别为 73.625、147.25、294.5、589、883.5 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, 在上述条件下测定峰面积, 以峰面积(Y)与 *D*-甘露糖浓度(X)作标准曲线, 计算回归方程为 $Y = 151.48X$ ($r = 0.9995$), 以峰面积(Y_1)与 *D*-葡萄糖浓度(X_1)作标准曲线, 计算回归方程为 $Y_1 = 12455 X_1$ ($r = 0.9997$)。结果表明 *D*-甘露糖在 114 ~ 1371 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, 葡萄糖在 73 ~ 883 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度范围内线性关系良好。

2.5 专属性试验

用未经酸水解的银耳提取液进行 PMP 柱前衍生-HPLC 测定, 结果如图 1。



注: 峰 1. 甘露糖; 峰 2. 葡萄糖醛酸; 峰 3. 葡萄糖; 峰 4. 岩藻糖。

图 1 未水解银耳样品单糖成分

由图 1 结果可知, 未经酸水解的银耳提取液中几乎不含游离的甘露糖, 因此用酸水解-PMP 柱前衍生法测定所得甘露糖几乎全部是由甘露聚糖水解而来, 证明本实验用于测定银耳多糖中的甘露糖含量具有可靠的专属性。

2.6 精确度试验

设计了 3 组不同浓度的淀粉处理样品 (S11、S12、S13 为一组, 高效液相进样时浓度以淀粉计为 240 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 左右; S21、S22、S23 为一组, 高效液

相进样时浓度以淀粉计为 200 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 左右; S31、S32、S33 为一组, 高效液相进样时浓度以淀粉计为 170 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), 用 9 个测定结果评价酸水解-PMP 柱前衍生法用于淀粉测定的回收率, 中间浓度 (S21、S22、S23) 与供试品含量之比接近 1:1。检验结果如表 2。

表 2 淀粉回收率实验

淀粉对照品编号	样品进样浓度 (以淀粉计) / $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	葡萄糖峰面积	葡萄糖浓度 / $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	根据葡萄糖浓度计算淀粉回收率 (%)	实际淀粉回收率 (扣除多糖水解造成的分子量上升因素) (%)
S11	241	2 697 106	246.5	102.0	92.0
S12	239	2 628 676	240.3	100.5	90.5
S13	242	2 756 168	252.0	103.7	93.7
S21	199	2 307 680	211.0	105.6	95.6
S22	199	2 197 259	200.9	100.7	90.7
S23	200	2 257 513	206.4	103.0	93.0
S31	169	1 959 508	179.1	105.2	95.2
S32	168	1 927 690	174.9	103.5	93.5
S33	169	1 912 713	174.9	103.3	93.3
葡萄糖对照品		2 147 604	196.3	—	—

由表 2 计算可得, 经过酸水解和柱前衍生, 再用高效液相测定, 回收率如果仅以葡萄糖的含量计算为 100.9% ~ 107.5%。因为葡萄糖的分子式为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, 淀粉的分子式为 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, 淀粉水解为葡萄糖后分子量会上升 10%, 扣除分子量上升的因素, 则淀粉实际回收率为 90.5% ~ 95.6%。银耳多糖是由甘露糖、葡萄糖、木糖、岩藻糖等以糖苷键聚合而成, 构成方式与淀粉相同, 因此酸水解-PMP 柱前衍生法用于银耳多糖检测的回收率应与淀粉相近, 精确度良好。

2.7 重复性试验

取同一批供试样品 (批号: T2016-X1), 平行 6 份, 按供试品溶液同法制备, 注入高效液相色谱仪, 测定甘露糖峰面积, RSD 为 2.3731%, 表明本法重现性较好。

2.8 加样回收试验

取三份银耳样品 G1、G2、G3 作葡萄糖的加样回收试验。G1⁺、G2⁺、G3⁺ 分别为样品 G1、G2、G3 中精密加入 0.02 g 左右的 *D*-葡萄糖对照品。按

供试品溶液同法制备,测定葡萄糖含量,结果表明,三组样品的平均回收率为92.1%,结果见表3。

表3 葡萄糖加样回收实验

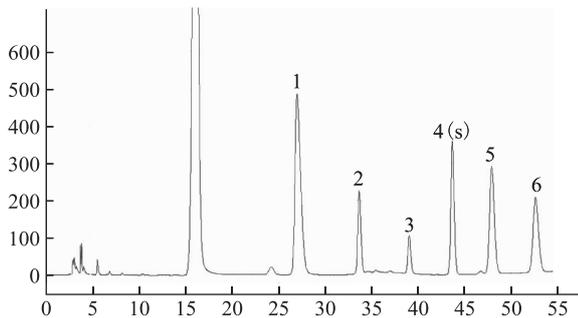
样品编号	样品重量/g	葡萄糖添加量/g	实测葡萄糖含量(%)	加样回收率(%)
G1 ⁺	0.1032	0.0219	30.41	93.3
G1	0.1009	0	17.07	
G2 ⁺	0.0996	0.0222	30.29	91.4
G2	0.1042	0	16.67	
G3 ⁺	0.1018	0.0266	32.05	91.7
G3	0.1015	0	16.46	

2.9 耐用性

分别用5个不同品牌和规格的C₁₈柱子在Waters 2695和奥泰SSI两种高效液相色谱仪上进行实验,均可得到标准的特征图谱,未发生色谱峰重叠及交换现象,证明本实验用于银耳多糖的测量具有较好的耐用性。

2.10 特征图谱建立

供试品特征图谱中应呈现6个特征峰,其中峰1、峰4应与参照物甘露糖、葡萄糖保留时间一致;以葡萄糖的特征峰为S峰,计算各特征峰与S峰的相对保留时间,相对保留时间为:0.753(峰2)、0.898(峰3)、1.0(峰S)、1.082(峰5)、1.182(峰6),各峰与S峰的相对保留时间应在规定值的±5%范围之内。



注:峰1.甘露糖;峰2.未知峰;峰3.葡萄糖醛酸;
峰4(S).葡萄糖;峰5.木糖;峰6.岩藻糖。

图2 银耳对照特征图谱

2.11 样品含量测定

从银耳地道药材原产地四川通江采集得到12批银耳样品,以及从福建采购棉籽壳代料银耳8批依照方法进行检测,测定结果如表4。

甘露糖含量测定计算公式:

$$\text{含量}(\%) = \frac{A_{\text{样品封面}}}{A_{\text{对照品封面}}} \times C_{\text{对照品浓度}} \times 50 \\ \div M_{\text{样品}} \times 10^{-6} \times 100\%$$

表4 段木银耳与棉籽壳代料银耳检测数据对比

样品来源	样本编号	甘露糖含量(A)(%)	甘露糖峰面积/葡萄糖峰面积(B)	葡萄糖峰面积/岩藻糖峰面积(C)
段木	T2016-31	21.47	3.1671	0.9346
银耳	T2016-32	23.40	2.9323	0.9551
	T2016-41	23.76	2.9220	1.1026
	T2016-42	25.90	3.0759	1.0130
	T2016-51	21.67	2.0481	1.1839
	T2016-52	22.17	2.3032	1.1914
	T2016-61	21.55	3.1294	0.9200
	T2016-62	27.20	2.7134	0.9537
	T2016-A1	24.78	2.2672	1.1568
	T2016-A2	22.40	2.2672	1.1565
	T2016-X1	21.40	2.6760	1.0088
	T2016-X2	20.46	2.5682	1.0331
	数据范围	20.46 < A < 27.20	2.048 < B < 3.167	0.920 < C < 1.191
棉籽	F2015-01	19.82	1.359	1.809
壳代	F2015-02	21.44	1.439	1.957
料银耳	F2015-71	21.96	1.624	1.607
	F2015-72	19.91	1.403	1.609
	F2015-91	20.51	1.385	1.744
	F2015-92	22.71	1.499	1.773
	F2015-81	22.22	2.181	1.198
	F2015-82	21.91	2.144	1.184
	数据范围	17.91 < A < 22.91	1.359 < B < 2.181	1.198 < C < 1.957

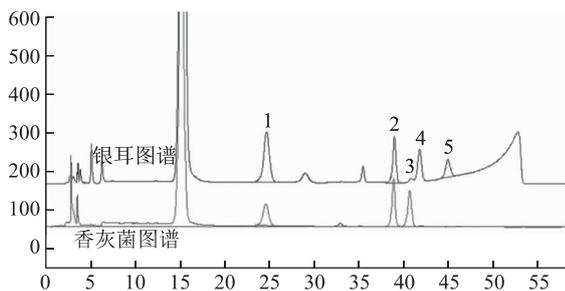
3 讨论

根据《中国药典附录标准起草指导原则》的要求进行的可靠性实验结果可以证明:优化后的酸水解-PMP柱前衍生法及HPLC方法对于银耳中多糖组分的检测具有比较高的可靠性。

由表1中段木银耳和代料银耳的数据范围可以大体判断出,通江段木培育银耳相比棉籽壳代料银耳在多糖指标上具有如下特点:1)甘露糖含量总体较高;2)甘露糖峰面积/葡萄糖峰面积比值总体较高;3)葡萄糖峰面积/岩藻糖峰面积比值总体较低(其中葡萄糖含量为银耳中结合葡萄糖与游离葡萄糖总和)。

由于银耳含有大量的胶质成分,且吸水性很强,在液体中加热会迅速膨胀,如果取样量过大会在一定程度上影响酸解效果,因此经过试验,最终将酸解体系定为:2 mol·L⁻¹三氟乙酸6 mL,样品0.1 g。用同一银耳样品和相同的酸解体系进行酸解,设置不同的酸解终止时间,再进行PMP柱前衍生-HPLC测定,最后结果表明,在酸解3 h后,所得单糖的量并无明显增加,因此本实验酸解时间定为4 h。在三氯甲烷萃取PMP过程中,对比了两次和三次萃取对最终回收率的影响。结果表明,两次萃取回收率要略高于三次萃取,残留PMP的浓度要明显高于三次萃取,但并不影响液相效果,因此本实验采用两次三氯甲烷萃取。根据银耳多糖的单糖组成,在乙腈-磷酸盐溶液作混合流动相的基础上重新制订了液相梯度条件,尽可能使各个单糖组分在HPLC图谱中分开且排列整齐,见图2。

结合前文中提到,绝大多数银耳多糖都是以甘露糖为主链(极少数以半乳糖为主链),可以间接判断通江段木银耳含有的银耳多糖总量较多。由银耳的生活规律可知,银耳菌本身含有的木质素酶、纤维素酶活性不高^[12],不能直接从培养基上来获得营养,必须通过香灰菌分解木质素和纤维素才能获得必需养分。利用酸水解-PMP柱前衍生方法分别进行银耳与香灰菌的单糖组分测定,HPLC图谱如图3。



注:峰1.甘露糖;峰2.葡萄糖;峰3.半乳糖;
峰4.木糖;峰5.岩藻糖。

图3 银耳与香灰菌单糖对照图

由色谱图可以看出,香灰菌主要含有甘露糖、葡萄糖(香灰菌样品中检出较多量的半乳糖,根据分析有可能是样品中自带的培养基成分),几乎不含有木糖和岩藻糖成分。根据前文所述,自然存在的甘露糖一般都是以聚合物形式存在,此前未见报道银耳中含有降解甘露聚糖的酶,因此可以推断,银耳菌从香灰菌中获得的糖类成分主要是葡萄糖,再通过葡萄糖的烯醇化等途径转化为甘露糖、木糖、岩

藻糖等,最终聚合成银耳多糖。岩藻糖及其聚合物具有很高的药用价值^[13-14],其含量的多少直接影响着银耳在抗癌、抗肿瘤等方面的药用效果。“葡萄糖峰面积/岩藻糖峰面积”这一比值间接反应了银耳菌将葡萄糖转化为岩藻糖的转化效率,通江段木银耳的比值要明显低于棉籽壳代料银耳说明,段木培育的银耳将葡萄糖转化为岩藻糖的效率会更高。

综上所述,酸水解-PMP柱前衍生法是一种可行的分析银耳多糖总量和质量的方法。由测定所得的数据可以看出,在不同来源和培育方式的银耳样品之间存在着明显的差异,可以依据这些差异并结合银耳的实际用途制定相应的标准。

参考文献

- [1] Hirano E, Saito H, Ito Y, et al. PB-2, a polysaccharide fraction from lichen *Flavoparmelia baltimorensis*, peripherally promotes the induction of long-term potentiation in the rat dentate gyrus in vivo[J]. *Brain Research*, 2003, 963(1-2): 307-311.
- [2] Leao A M, Buchi D F, Iacomini M, Gorin P A, Oliveira MB. Cytotoxic effect against HeLa cells of polysaccharides from the lichen *Ramalina celastri*[J]. *J Submicroscopic Cytology Pathology*, 1997, 29(4): 503-509.
- [3] Olafsdottir E S, Ingolfsdottir K. Polysaccharides from lichens: structural characteristics and biological activity[J]. *Planta Medica*, 2001, 67(3): 199-208.
- [4] 马素云,贺亮,姚丽芬.银耳多糖结构与生物活性研究进展[J]. *食品科学*, 2010, 31(23): 411-416.
- [5] Honda S, Akao E, Su-uzki S, et al. High-performance liquid chromatography of reducing carbohydrates as strongly ultraviolet-absorbing and electrochemically sensitive 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone derivatives [J]. *Analytical Biochemistry*, 1989, 180(2): 351-357.
- [6] Honda S, Togashi K, Taga A. Unusual separation of 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone derivatives of aldoses by capillary zone electrophoresis[J]. *J Chromatogr*, 1997, 791(1-2): 307-311.
- [7] Honda S, Suzuki S, Taga A. Analysis of carbohydrates as 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone derivatives by capillary/microchip electrophoresis and capillary electrochromatography [J]. *J Pharm. Biomed. Anal*, 2003, 30(6): 1689-1714.
- [8] 杨兴斌,赵燕,周四元,等.柱前衍生化高效液相色谱仪分析当归多糖的单糖组成[J]. *分析化学*, 2005, 33(9): 1287-1290.

(下转第848页)

3 讨论

黄酮类化合物已被证明具有抗肝脏毒性、抗炎、抗菌、抗病毒、解痉、清除自由基、降血压、软化血管等生理活性。近年的研究发现,某些黄酮类化合物具有良好的体内外抗肿瘤活性,且对正常细胞毒性较小^[4]。

根据“相似相溶”原则,黄酮类物质属于中等极性物质,易溶于中等或中等偏极性的溶剂中。乙醇水溶液由于引入了羟基,乙醇分子之间不但彼此以氢结合,而且和水分子也形成氢键,降低了水的极性,故黄酮类物质的溶解度增加。本工艺充分考虑到总黄酮和多糖溶解性的差异,在总黄酮提取过程中选择最适体积分数的乙醇作为溶剂,除了能最大限度地提取总黄酮外,还能尽量减少多糖的溶出,使测定结果更准确^[5]。

总黄酮含量测定研究中,稳定性考察时随着时间的延长供试溶液的吸光度呈下降趋势,虽然在120 min内,数值变化RSD值仅为0.18%,较稳定,但最好能在显色后60 min内完成测定工作,以减小测量误差。

本实验优选的提取工艺稳定、合理、可行性较

高,适用于拟缺香茶菜总黄酮的提取。综上所述,采用正交设计优化拟缺香茶菜总黄酮的提取工艺,能优选最佳工艺提取拟缺香茶菜中的总黄酮,为拟缺香茶菜的深入研究和开发利用提供实验依据,也有利于拟缺香茶菜药材的优劣鉴别,此外,本实验结果显示,拟缺香茶菜药材总黄酮含量较高,具有很好的开发潜力。

参考文献

- [1] 李火云,焦珂,张鹏,等.拟缺香茶菜化学成分研究[J].中草药,2014,45(2):154-160.
- [2] 陈慧平,马方,邹敏,等.拟缺香茶菜提取物体外对3种肿瘤细胞增殖的抑制作用[J].郑州大学学报(医学版),2015,50(5):624-626.
- [3] 陈文龙,陈燕芬,卢传坚,等.土茯苓总黄酮提取工艺的正交设计优化[J].时珍国医国药,2014,25(3):544-546.
- [4] 张志东,林少珠,吴晓松.正交试验优化桑寄生黄酮的提取工艺[J].中药材,2012,35(5):810-812.
- [5] 付亮,袁璟亚,杨瑞武,等.正交试验优化淫羊藿总黄酮和多糖的分步提取工艺优化[J].食品科学,2012,33(24):56-60.

(收稿日期 2016-10-12)

(上接第832页)

- [9] 戴军,朱松,汤坚,等.PMP柱前衍生高效液相色谱法分析杜氏盐藻多糖的单糖组成[J].分析测试学报,2007,26(2):206-210.
- [10] 钱韵旭,刘裴,李莉,等.白花蛇舌草多糖的分离纯化及PMP柱前衍生高效液相分析[J].云南中药学院学报,2010,33(3):43-46.
- [11] 吴松,秦军.Maillard反应的机理研究[J].贵州工业大学

学报(自然科学版),2005,34(4):17-20.

- [12] 梁勤.我国银耳种质资源遗传多样性分析及木质素、纤维素酶活性测定[D].雅安:四川农业大学,2010.
- [13] Alline R. Pacheco, Meredith M. Curtis, Jennifer M. Ritchie, et al. Fucose sensing regulates bacterial intestinal colonization[J]. Nature,2012,492(7427):113-117.
- [14] 刘颖,张敏,吴茜茜,等.岩藻多糖的研究进展[J].食品与发酵工业,2011,37(6):146-151.

(收稿日期 2016-11-10)