

中图分类号: R932; R284.1; R286.0 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2024)07-0083-05
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2024.07.018



西藏羌根中总多糖含量测定方法及单糖指纹图谱研究*

吕倩倩^{1,2,3}, 谢和兵^{1,2,3,4△}, 尼玛次仁^{3,4}, 白玛旦增^{3,4}

(1. 安徽中医药大学, 安徽 合肥 230013; 2. 江苏省南通市海门长三角药物高等研究院, 江苏 南通 226133;
3. 江苏神猴医药研究有限公司, 江苏 南通 226133; 4. 西藏神猴药业有限责任公司, 西藏 日喀则 857000)

摘要:目的 建立测定西藏羌根中总多糖含量的紫外光谱法,以及单糖的高效液相色谱(HPLC)指纹图谱。方法 采用紫外分光光度法,以D-无水葡萄糖为对照品,以5%苯酚-硫酸为显色剂,于484 nm波长处测定6批样品中总多糖含量。采用柱前衍生HPLC法建立单糖的指纹图谱,色谱柱为Ultimate XB-C₁₈柱(250 mm×4.6 mm,5 μm),流动相为乙腈-pH为6.8的0.1%磷酸盐溶液(梯度洗脱),流速为1.0 mL/min,检测波长为250 nm,柱温为30℃,进样量为10 μL。采用中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012.0版),建立6批羌根药材单糖的HPLC指纹图谱并进行相似度评价,与对照品比对进行共有峰指认。结果 D-无水葡萄糖质量浓度在1.84~18.37 mg/L范围内与吸光度线性关系良好($r=0.9995, n=6$),精密度、重复性、稳定性试验结果的RSD均小于2.0%;平均加样回收率为100.88%,RSD为1.00($n=6$)。6批样品中总多糖的平均含量为285.48 mg/g。单糖HPLC指纹图谱共识别出19个共有峰,确定峰14为半乳糖、峰4为D-甘露糖、峰7为鼠李糖、峰16为阿拉伯糖、峰13为D-无水葡萄糖、峰10为D-葡萄糖醛酸、峰12为D-半乳糖醛酸;相似度为0.946~1.000。结论 该方法操作简便、结果稳定可靠,可用于西藏羌根中总多糖的质量控制与评价。

关键词: 羌根; 总多糖; 紫外分光光度法; 高效液相色谱法; 指纹图谱

Content Determination of Total Polysaccharide in *Brassica Rapa* and the Fingerprint of Its Monosaccharides

LYU Qianqian^{1,2,3}, XIE Hebing^{1,2,3,4△}, NIMA Ciren^{3,4}, BAIMA Danzeng^{3,4}

(1. Anhui University of Chinese Medicine, Hefei, Anhui, China 230013; 2. Yangtze Delta Drug Advanced Research Institute, Nantong, Jiangsu, China 226133; 3. Jiangsu God Monkey Medical Research Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, China 226133; 4. Tibet God Monkey Pharmaceutical Co., Ltd., Rikaze, Xizang, China 857000)

Abstract: Objective To establish an ultraviolet spectrometry method for the content determination of total polysaccharide in *Brassica rapa*, and the high-performance liquid chromatography (HPLC) fingerprint of its monosaccharides. **Methods** UV spectrophotometry was used to determine the content of total polysaccharide in six batches of samples at a wavelength of 484 nm, with D-anhydrous glucose as the reference substance and 5% phenol-sulfuric acid as the chromogenic agent. The fingerprint of monosaccharides was established by pre-column derivatization HPLC, the chromatographic column was Ultimate XB-C₁₈ column (250 mm×4.6 mm, 5 μm), the mobile phase was acetonitrile-0.1% phosphate solution with pH 6.8 (gradient elution), the flow rate was 1.0 mL/min, the detection wavelength was 250 nm, the column temperature was 30℃, and the injection volume was 10 μL. The Similarity Evaluation System of Chromatographic Fingerprint of Traditional Chinese Medicine (Version 2012.0) was used to establish HPLC fingerprint of monosaccharides in six batches of *Brassica rapa* and conduct similarity evaluation. Common

*基金项目: 西藏自治区科学技术厅-日喀则市人民政府区域科技协同创新专项项目[QYXTZX-RKZ2022-07]。

第一作者: 吕倩倩, 女, 硕士研究生在读, 研究方向为中药制剂工艺与质量标准, (电子信箱)2875476895@qq.com。

△通信作者: 谢和兵, 男, 博士研究生, 高级工程师, 研究方向为高原医学及传统藏药的产业化开发, (电子信箱)Binghe_8213@163.com。

品用添加剂使用标准[S].

- [15] 翟美娟, 陈博文, 唐 莲. 超高效液相色谱-质谱法测定药包材中的双酚A[J]. 药学研究, 2019, 38(4): 209-211.
- [16] 贺丽英, 蒋凤兵. 超高效液相色谱-串联质谱法测定化妆品中27种磺胺类药物[J]. 日用化学工业(中英文), 2023, 53(1): 100-108.
- [17] 候化蕊, 徐芳芳, 张 欣, 等. 基于近、中红外光谱技术的热毒宁注射液制备过程中金银花浓缩过程含量预测研究[J]. 中草药, 2023, 54(2): 520-533.
- [18] 王瑜婷, 黄贵发, 何荣荣, 等. 皂角刺不同部位高效液相色谱

谱特征图谱及化学模式识别[J]. 化学分析计量, 2023, 32(1): 11-16.

- [19] 郑郁清, 郭静英, 康爱圆, 等. 基于色度-化学成分关联的蜜糠炒白芍质量控制研究[J]. 中草药, 2023, 54(2): 534-543.
- [20] 王 恒, 刘 骞, 张 力, 等. 固相萃取-高效液相色谱-质谱联用法测量双酚A的方法优化[J]. 中国环境监测, 2021, 37(3): 179-185.
- [21] 林胜军, 周日东, 黄 诚, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定饮料中的4种环境类雌激素[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(3): 614-620.

(收稿日期: 2023-05-08; 修回日期: 2023-11-21)

peaks were identified by comparing the monosaccharides with the reference substance. **Results** The linear range of *D* - anhydrous glucose was 1.84 - 18.37 mg / L ($r = 0.999\ 5, n = 6$), and the *RSDs* of precision, repeatability, and stability test results were all lower than 2.0%. The average recovery of *D* - anhydrous glucose was 100.88% with an *RSD* of 1.00 ($n = 6$). The average content of total polysaccharides in six batches of samples was 285.48 mg / g. A total of 19 common peaks were identified in the HPLC fingerprint of monosaccharides, with peak 14 as galactose, peak 4 as *D* - mannose, peak 7 as rhamnose, peak 16 as arabinose, peak 13 as *D* - anhydrous glucose, peak 10 as *D* - glucuronic acid, and peak 12 as *D* - glucuronic acid, with similarity of 0.946 - 1.000. **Conclusion** The method is simple, stable and reliable, which can be used for the quality control and evaluation of total polysaccharides in *Brassica rapa*.

Key words: *Brassica rapa*; total polysaccharide; UV spectrophotometer; HPLC; fingerprint

芜根 *Brassica rapa* L. 又名芜菁、蔓菁, 藏语名为妞玛, 味甘, 性温, 有清热解毒、滋补增氧之功效, 是青藏高原地区特有的食、药、饲三用植物^[1]。芜根生长周期快, 适应性和抗逆性较强, 含有多糖^[2]、黄酮^[3]、皂苷^[4]、硫代葡萄糖苷^[5]等多种生物活性成分, 有效增强免疫力^[6], 起到抗辐射、抗疲劳、抗菌抗炎^[7]、降血糖^[8]、抗缺氧^[9-10]等作用, 在医疗、食品等行业中具有广泛的应用价值。芜根药材现行标准为《西藏自治区藏药材标准: 第2册》^[11], 但仅包括性状、薄层鉴别、炮制、性味, 无成分的定量指标, 药材质量控制水平较低, 亟须提高。本研究中采用紫外分光光度法测定芜根中总多糖的含量, 并建立单糖柱前衍生高效液相色谱指纹图谱, 旨在为西藏芜根药材的质量标准制订提供参考。

1 仪器与试剂

1.1 仪器

20B型高效万能粉碎机(常州市强迪干燥设备有限公司); LC-16A型高效液相色谱仪, UV-1900i型紫外可见分光光度计, 均购自日本Shimadzu公司; JA10003N型电子天平(精度为千分之一), DHG-9030A型电热恒温鼓风干燥箱, UC-250DE型超声清洗仪(功率为250 W, 频率为50 kHz), 均购自上海精其仪器有限公司; XSR205DU/AC型分析天平(美国Mettler Toledo公司, 精度为十万分之一); HH-6型数显恒温水浴锅(上海力辰邦西仪器科技有限公司); PHS-3C型雷磁酸度计(上海仪电科学仪器股份有限公司); XH-C型涡旋振荡器(常州中捷实验仪器制造有限公司)。

1.2 试剂

D - 无水葡萄糖对照品(批号为110833 - 202109, 纯度为99.9%), 半乳糖对照品(批号为100226 - 201807, 纯度为100.0%), *D* - 甘露糖对照品(批号为140651 - 201805, 纯度为100.0%), *D* - 葡萄糖醛酸对照品(批号为140648 - 202005, 纯度为99.1%), *D* - 半乳糖醛酸对照品(批号为111646 - 201702, 纯度为95.1%), 鼠李糖对照品(批号为111683 - 201502), 阿拉伯糖对照品(批号为111506 - 200202), 均购自中国食品药品检定研究院; 苯酚(批号为20220110), 甲醇

(分析纯, 批号为20220824), 氢氧化钠(分析纯, 批号为20210220), 硫酸(批号为20211202), 磷酸二氢钾(分析纯, 批号为20220514), 1 - 苯基 - 3 - 甲基 - 5 - 吡唑啉酮(PMP, 化学纯, 批号为20220316), 三氟乙酸(分析纯, 批号为20220105), 三氯甲烷(批号为20211208), 均购自国药集团化学试剂有限公司; 盐酸(上海泰坦科技股份有限公司, 批号为P2141688)。芜根药材由西藏神猴药业有限责任公司提供, 经该公司尼玛次仁副主任藏药师鉴定为正品, 样品信息见表1。

表1 芜根药材样品信息

Tab. 1 Information of *Brassica rapa* samples

编号	产地	批号	水分含量(%)
S1	西藏拉孜县	20220315	11.80
S2	西藏聂拉木县	202211171	6.81
S3	西藏聂拉木县	202211172	6.84
S4	西藏曲水县	202211173	5.69
S5	西藏山南市	20220708	8.54
S6	西藏昌都市	20220725	8.28

2 方法与结果

2.1 总多糖含量测定

2.1.1 溶液制备

取 *D* - 无水葡萄糖对照品 10.30 mg, 精密称定, 置 20 mL 容量瓶中, 加蒸馏水溶解并定容, 摇匀, 即得对照品贮备液; 精密吸取对照品贮备液 100 μ L, 置具塞试管中, 加蒸馏水 900 μ L, 摇匀, 加 5% 苯酚溶液 1 mL, 摇匀, 加 5 mL 浓硫酸, 混匀, 称定质量, 置沸水浴中加热 15 min, 室温冷却, 加蒸馏水补足减失的质量, 即得对照品溶液。

取芜根粉末(过4号筛)2.0 g, 精密称定, 置锥形瓶中, 加蒸馏水 60 mL, 称定质量, 90 $^{\circ}$ C 水浴加热回流 1 h, 放冷, 用水补足减失的质量, 滤过。精密吸取滤液 1.5 mL, 置 25 mL 容量瓶中, 加蒸馏水定容, 摇匀, 即得供试品贮备液^[12]; 精密吸取供试品贮备液 100 μ L, 置具塞试管中, 加蒸馏水 900 μ L, 摇匀, 加 5% 苯酚溶液 1 mL, 摇匀, 再加 5 mL 浓硫酸, 混匀, 称定质量, 置沸水浴中加热 15 min, 室温冷却, 加蒸馏水补足减失的质量, 即得供试品溶液。

2.1.2 方法学考察^[13-14]

线性关系考察:精密吸取25, 50, 100, 150, 200, 250 μL D -无水葡萄糖对照品贮备液,分别置具塞试管中,分别加入蒸馏水975, 950, 900, 850, 800, 750 μL ,按2.1.1项下方法制备系列浓度标准品溶液,于484 nm波长处测定吸光度,以吸光度(Y)为纵坐标、 D -无水葡萄糖质量浓度(X , mg/L)为横坐标进行线性回归,得回归方程 $Y = 0.0685X + 0.0015$ ($r = 0.9995$, $n = 6$),表明 D -无水葡萄糖质量浓度在1.84~18.37 mg/L 范围内与吸光度线性关系良好。

精密度试验:取2.1.1项下对照品溶液,于484 nm波长处测定吸光度6次。结果吸光度的 RSD 为0.18% ($n = 6$),表明仪器精密度良好。

重复性试验:取同一批(批号为202211171)芫根粉末(过4号筛),精密称定,按2.1.1项下方法平行制备供试品溶液6份,于484 nm波长处测定吸光度,并计算样品含量(以干品计)。结果样品含量的 RSD 为0.35% ($n = 6$),表明方法重复性良好。

稳定性试验:取2.1.1项下供试品溶液,分别于0, 1, 3, 6, 12, 18, 24 h时在484 nm波长处测定吸光度。结果供试品溶液吸光度的 RSD 为1.52% ($n = 7$),表明供试品溶液在24 h内稳定性良好。

加样回收试验:取同一批(批号为202211171)芫根粉末(过4号筛)适量,精密称定,按2.1.1项下方法平行制备供试品贮备液6份,分别精密吸取供试品贮备液50 μL 和2.1.1项下 D -无水葡萄糖对照品贮备液50 μL ,置同一具塞试管中,按2.1.1项下方法制备供试品溶液,于484 nm波长处测定吸光度,每份连续测定2次,计算平均加样回收率。结果见表2。

表2 总多糖加样回收试验结果($n = 6$)

Tab. 2 Results of the recovery test of total polysaccharide ($n = 6$)

样品含量(μg)	加入量(μg)	测得量(μg)	回收率(%)	\bar{X} (%)	RSD (%)
27.72	25.72	53.19	99.03		
27.59	25.72	53.70	101.52		
27.69	25.72	53.80	101.52		
27.57	25.72	53.39	100.39	100.88	1.00
27.51	25.72	53.60	101.44		
27.62	25.72	53.70	101.40		

2.1.3 总多糖含量测定

取6批(批号分别为20220315, 202211171, 202211172, 202211173, 20220708, 20220725)芫根粉末(过4号筛),按2.1.1项下方法制备供试品溶液,每批样品平行3份,于484 nm波长处测定吸光度,每份连续测定2次。结果总多糖的含量(以干品计)分别为323.12, 272.53, 274.91, 286.44, 234.68, 321.18 mg/g ($n = 6$),平均含

量为285.48 mg/g 。

2.2 指纹图谱建立与分析

2.2.1 色谱条件

色谱柱:Ultimate XB-C₁₈柱(250 mm \times 4.6 mm, 5 μm);流动相:乙腈(A)-pH为6.8的0.1%磷酸盐溶液(B),梯度洗脱(0~10 min时18%A~16%A, 10~30 min时16%A~19%A, 30~40 min时19%A~21%A, 40~45 min时21%A, 45~50 min时21%A~18%A, 50~55 min时18%A);流速:1.0 mL/min;检测波长:250 nm;柱温:30 $^{\circ}\text{C}$;进样量:10 μL 。

2.2.2 溶液制备

取半乳糖、 D -甘露糖、鼠李糖、阿拉伯糖、 D -无水葡萄糖、 D -葡萄糖醛酸、 D -半乳糖醛酸对照品各1.0 mg,精密称定,分别置50 mL容量瓶中,加蒸馏水溶解,并定容,即得各单糖的对照品贮备液;分别取上述单糖对照品各1.0 mg,精密称定,置同一50 mL容量瓶中,加蒸馏水溶解并定容,即得混合对照品贮备溶液。精密吸取各单糖对照品贮备液、混合对照品贮备液各400 μL ,分别置5 mL离心管中,依次加入0.3 mol/L氢氧化钠(NaOH)溶液400 μL 、0.5 mol/L PMP甲醇溶液400 μL ,混匀,置70 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中反应30 min,取出,冷却至室温,加入0.3 mol/L氯化氢(HCl)溶液400 μL ,混匀后加入1 mL三氯甲烷,涡旋混合1 min,静置1 min,吸取上层液,0.45 μm 有机系微孔滤膜滤过,即得各单糖对照品溶液、混合对照品溶液。

取芫根粉末(过4号筛)0.2 g,精密称定,置顶空瓶中,加2 mol/L三氟乙酸溶液6 mL,密封,静置30 min,置120 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中,加热4 h,取出,冷却至室温,滤过,残渣用水洗涤2次,每次约6 mL,合并滤液,用1 mol/L NaOH溶液调pH至7.0,加蒸馏水定容至50 mL容量瓶中,即得供试品贮备液。精密吸取供试品贮备液400 μL ,置5 mL离心管中,依次加入0.3 mol/L NaOH溶液、0.5 mol/L PMP甲醇溶液各400 μL ,混匀,置70 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中反应30 min,取出,冷却至室温,加入0.3 mol/L HCl溶液400 μL ,混匀后加入1 mL三氯甲烷,涡旋混合1 min,静置1 min,吸取上层液,0.45 μm 有机系微孔滤膜滤过,即得供试品溶液^[15-16]。

2.2.3 指纹图谱建立与共有峰指认

取6批芫根粉末(过4号筛),分别按2.2.2项下方法制备供试品溶液,另取2.2.2项下各单糖对照品溶液、混合对照品溶液,按2.2.1项下色谱条件进样测定。对数据进行积分处理后,以AIA格式导出,将指纹图谱依次导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012.0版)中^[17],以S1为参照,采用中位数法,时间窗宽度设为0.1,经多点校正和全谱峰匹配后^[18-19],生成6批芫根

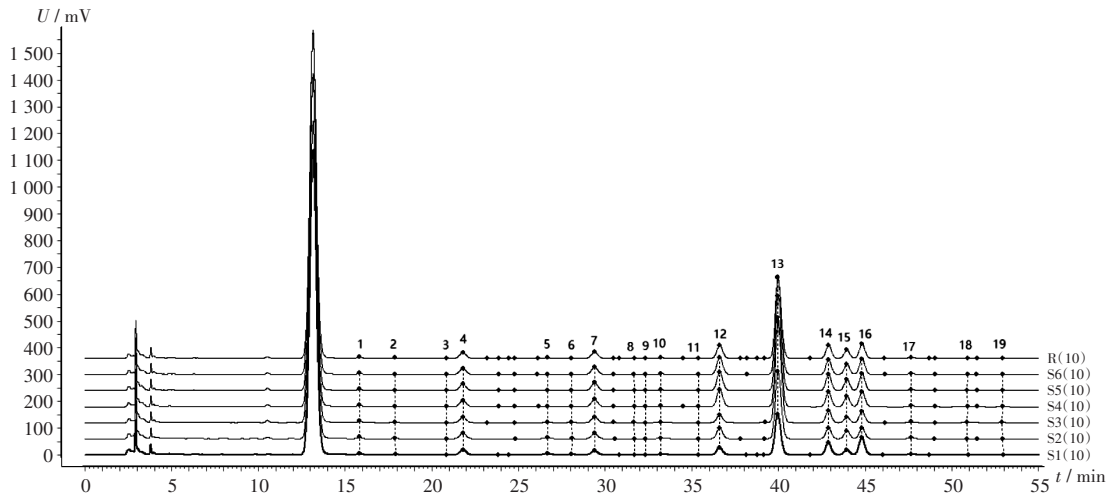
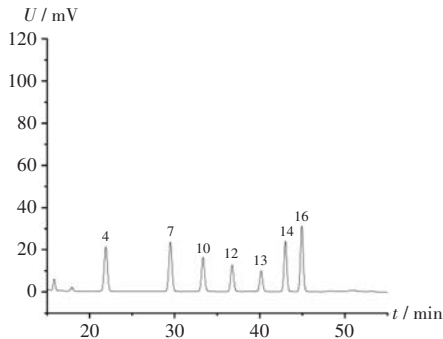


图1 6批芜根药材高效液相色谱叠加指纹图谱

Fig. 1 HPLC overlay fingerprints of six batches of *Brassica rapa*

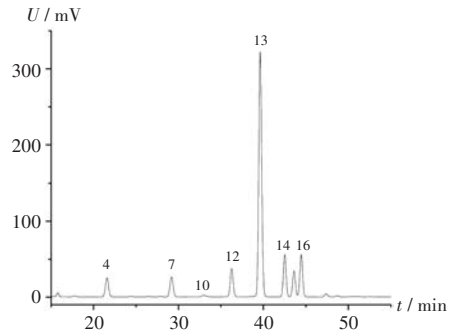


4. *D*-甘露糖 7. 鼠李糖 10. *D*-葡萄糖醛酸 12. *D*-半乳糖醛酸 13. *D*-无水葡萄糖 14. 半乳糖 16. 阿拉伯糖

图2 混合对照品溶液高效液相色谱图

4. *D*-mannose 7. Rhamnose 10. *D*-glucuronic acid 12. *D*-glucuronic acid 13. *D*-anhydrous glucose 14. Galactose 16. Arabinose

Fig. 2 HPLC chromatogram of mixed reference solution



4. *D*-甘露糖 7. 鼠李糖 10. *D*-葡萄糖醛酸 12. *D*-半乳糖醛酸 13. *D*-无水葡萄糖 14. 半乳糖 16. 阿拉伯糖

图3 芜根药材高效液相色谱对照指纹图谱

4. *D*-mannose 7. Rhamnose 10. *D*-glucuronic acid 12. *D*-glucuronic acid 13. *D*-anhydrous glucose 14. Galactose 16. Arabinose

Fig. 3 HPLC reference fingerprint of *Brassica rapa*

药材样品色谱图的叠加指纹图谱(图1),共识别出19个共有峰,通过与混合对照品溶液色谱峰(图2)比对,指认出峰4为*D*-甘露糖、峰7为鼠李糖、峰10为*D*-葡萄糖醛酸、峰12为*D*-半乳糖醛酸、峰13为*D*-无水葡萄糖、峰14为半乳糖、峰16为阿拉伯糖。色谱图见图3。

2. 2. 4 相似度评价

以6批芜根药材样品生成的共有模式为对照指纹图谱,计算各批间的相似度^[20],结果相似度为0.946~1.000,表明不同批次的芜根药材多糖化学成分具有一致性,组成多糖的单糖成分相同。详见表3。

3 讨论

芜根生长于3 500 m以上的高海拔地区,主产于西藏的曲水、昌都等地,本研究中收集的药材样品来自西藏拉孜县、聂拉木县、曲水县、山南市、昌都市5个地区,这些地区平均海拔均超过3 500 m,能代表高原芜根的高海拔产地的特征。

表3 6批芜根药材指纹图谱相似度评价结果

Tab. 3 Evaluation results of similarity in fingerprints of six batches of *Brassica rapa* samples

编号	S1	S2	S3	S4	S5	S6	R
S1	1.000	0.969	0.970	0.966	0.969	0.946	0.971
S2	0.969	1.000	1.000	1.000	0.999	0.990	0.999
S3	0.970	1.000	1.000	1.000	0.999	0.990	0.999
S4	0.966	1.000	1.000	1.000	0.999	0.993	1.000
S5	0.969	0.999	0.999	0.999	1.000	0.993	1.000
S6	0.946	0.990	0.990	0.993	0.993	1.000	0.993
R	0.971	0.999	0.999	1.000	1.000	0.993	1.000

芜根中含有总多糖、黄酮、多酚等成分,多糖为芜根中的主要活性成分,具有抗缺氧、抗辐射、提高免疫力等作用^[21-23]。多糖是由多个单糖缩合而成的生物大分子物质,常以糖苷键线性或分枝链接而成,如枸杞、黄芪、灵芝等中药的有效活性成分均为多糖。测定多糖含量的方法主要有紫外分光比色法、高效液相色谱法、

酶法等,目前常用苯酚-硫酸紫外分光比色法^[24-25],其原理是多糖在浓硫酸作用下水解成单糖,迅速脱水生成糠醛衍生物,与苯酚缩合成有色化合物,该方法操作简单快速,重复性好,显色后供试品溶液稳定性好。前期试验中,采用蒽酮-硫酸法测定总多糖含量,但供试品溶液稳定性较差,可能与样品中的蛋白质对显色反应有干扰相关^[26]。故本研究中采用苯酚-硫酸紫外分光比色法测定总多糖含量,将对照品溶液进行全波长扫描,扫描范围为200~800 nm,结果对照品溶液于484 nm波长处有最大吸收,故检测波长确定为484 nm。同时,本研究中通过单糖的高效液相色谱指纹图谱分析发现,D-无水葡萄糖的含量约为60%,故选择D-无水葡萄糖为标准对照品。

中药指纹图谱是选取其中某些重要的特征信息作为控制中药质量的重要鉴别手段,具有整体性、特征性及可量化的特点,是一种有效的质量控制方式。PMP在碱性条件下可与单糖定量缩合成PMP-单糖衍生物,该物质相对稳定,于250 nm波长处有强光吸收,故以PMP为衍生试剂。通过高效液相色谱法比较不同产地西藏羌根药材中单糖的指纹图谱,共识别出19个共有峰,并指出7个特征峰,初步分析出羌根多糖由D-无水葡萄糖、D-甘露糖、鼠李糖、D-半乳糖醛酸、D-葡萄糖醛酸、半乳糖和阿拉伯糖7种单糖构成,进一步明确了西藏羌根多糖中单糖的分布规律,为其多糖结构分析和质量控制提供了依据。

本研究中建立的方法操作简便、结果稳定可靠,可用于西藏羌根中总多糖的质量控制与评价。

参考文献

[1] 次仁德吉,米玛. 浅谈羌茸研究现状[J]. 西藏农业科技, 2021,43(1):89-92.

[2] 王宇,王张,邝婷婷,等. 蔓菁多糖抗高原缺氧作用研究[J]. 成都大学学报(自然科学版),2014,33(2):115-117.

[3] 解云,康金森,乌英,等. 维药恰麻古总黄酮对D-半乳糖致衰老小鼠氧自由基代谢的影响[J]. 新疆医科大学学报, 2014,37(8):977-980.

[4] 李古兵. 羌根皂苷提取优化及抗急性低压缺氧作用研究[D]. 成都:西南交通大学,2019.

[5] KLOPSCH R, WITZEL K, BÖRNER A, et al. Metabolic profiling of glucosinolates and their hydrolysis products in a germplasm collection of *Brassica rapa* turnips [J]. Food Res Int, 2017,100(Pt 3):392-403.

[6] TANAKA S, YAMAMOTO K, HAMAJIMA C, et al. Dietary Supplementation with Fermented *Brassica rapa* L. Stimulates Defecation Accompanying Change in Colonic Bacterial Community Structure[J]. Nutrients, 2021,13(6):1847-1860.

[7] ALOTAIBI B, MOKHTAR FA, EL-MASRY TA, et al. Antimi-

crobial Activity of *Brassica rapa* L. Flowers Extract on Gastrointestinal Tract Infections and Antiulcer Potential Against Indomethacin-Induced Gastric Ulcer in Rats Supported by Metabonomics Profiling[J]. J Inflamm Res, 2021,14:7411-7430.

[8] HASSANPOUR FARD M, NASEH G, LOTFI N, et al. Effects of aqueous extract of turnip leaf (*Brassica rapa*) in alloxan-induced diabetic rats [J]. Avicenna J Phytomed, 2015,5(2):148-156.

[9] 张旭,张华芳,刘阳,等. 川西高原羌根化学成分及抗氧化活性研究[J]. 食品科技,2019,44(2):104-110.

[10] 王伟,杨晓君,高蕾,等. 响应面法优化新疆羌茸多糖提取工艺及体外抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2018,39(2):229-233.

[11] 西藏自治区食品药品监督管理局. 西藏自治区藏药材标准:第2册[M]. 拉萨:西藏人民出版社,2012:5.

[12] 杨永东. 藏药蔓菁多糖的制备、组分分析及抗急性低压缺氧损伤作用的研究[D]. 成都:成都中医药大学,2013.

[13] 庞逸敏,林彩琴,潘娇红,等. 罗汉松实多糖含量测定方法研究[J]. 中国药业,2016,25(13):22-24.

[14] 张帆,毛卓炯,刘亚平,等. 正交试验优选地稔多糖提取工艺[J]. 中国药业,2021,30(4):49-53.

[15] 范芳芳,魏伯平,李宁,等. HPLC法测定藏药蔓菁中葡萄糖含量及其特征图谱分析[J]. 辽宁中医杂志,2018,45(7):1465-1468.

[16] 邝婷婷,王宇,王张,等. 柱前衍生HPLC法分析蔓菁多糖中单糖的组成[J]. 中成药,2014,36(10):2121-2125.

[17] 周丽娟,杨晓宁,王雅芝,等. 基于HPLC-CAD指纹图谱结合化学计量学方法分析不同产地北柴胡药材质量[J]. 中南药学,2022,20(10):2253-2258.

[18] 金倩倩,刘理燕,汪洋,等. 土一枝蒿药材指纹图谱和含量测定研究[J]. 中国药业,2023,32(4):74-79.

[19] 何凤云,彭珊珊,周爽,等. 不同生长年限虎杖高效液相色谱指纹图谱研究[J]. 中国药业,2023,32(1):79-83.

[20] 余玖霞,郭爽,苏联麟,等. 基于高效液相色谱指纹图谱结合化学计量学评价不同产地黄连药材质量[J]. 中国医院用药评价与分析,2022,22(10):1153-1156.

[21] 谭秀娟,李古兵,张森,等. 羌根总多糖对模拟高原缺氧小鼠的作用研究[J]. 华西药学杂志,2020,35(2):171-175.

[22] 张谦筱. 维药恰玛古中多糖组份调节巨噬细胞免疫功能的研究[D]. 乌鲁木齐:新疆医科大学,2017.

[23] 王萍,于新,陈于陇,等. 恰玛古食用与药用研究进展[J]. 仲恺农业工程学院学报,2021,34(1):63-70.

[24] 刘慧香,李启艳,牛水蛟,等. 分光光度法测定玉竹药材中多糖[J]. 化学分析计量,2023,32(1):17-20.

[25] 马建丽,李翔,段斯庭,等. 正交试验优化洋葱多糖提取工艺研究[J]. 中国药业,2018,27(22):5-7.

[26] 徐晓飞,陈健. 多糖含量测定的研究进展[J]. 食品科学, 2009,30(21):443-448.

(收稿日期:2023-05-30;修回日期:2023-10-28)