

党参中菊粉型果聚糖含量测定方法的建立及应用



谢兴芳, 吉姣姣, 许晋芳, 白云娥, 高建平, 李建宽

山西医科大学药学院 (山西晋中 030600)

【摘要】目的 建立党参中菊粉型果聚糖含量测定方法, 为全面评价党参药材的质量提供参考。**方法** 采用超滤膜技术制备党参菊粉型果聚糖对照品, 并构建基于高效凝胶渗透色谱 (HPGPC) 的定量分析方法。通过对 20 批不同产地党参药材中菊粉型果聚糖的含量测定, 开展不同产地药材的质量对比分析研究。**结果** 本研究以党参菊粉型果聚糖为对照品建立了党参中菊粉型果聚糖含量测定的方法, 且该方法符合方法学考察要求, 党参菊粉型果聚糖在 2.00~10.00 μg 范围内具有良好的线性关系 ($r \geq 0.999\ 9$), 平均加样回收率为 101.12% ($RSD=2.65\%$, $n=9$)。不同产地党参中的菊粉型果聚糖含量存在差异, 山西产党参菊粉型果聚糖平均含量 ($8.43\% \pm 3.10\%$) 明显高于甘肃产党参菊粉型果聚糖平均含量 ($3.52\% \pm 0.36\%$)。**结论** 该方法可用于党参中菊粉型果聚糖的含量测定, 具有良好的重复性和准确性, 为完善党参药材的质量评价体系提供了科学依据。

【关键词】 党参; 菊粉型果聚糖; 高效凝胶渗透色谱法; 超滤; 含量测定; 质量标准

【中图分类号】 R284.1

【文献标识码】 A

Establishment and application of a method for determining inulin-type fructan content in Codonopsis pilosula

XIE Xingfang, JI Jiaojiao, XU Jinfang, BAI Yune, GAO Jianping, LI Jiankuan

School of Pharmaceutical Science, Shanxi Medical University, Jinzhong 030600, Shanxi Province, China

Corresponding author: LI Jiankuan, Email: lijiankuan2004@163.com

【Abstract】Objective To establish a method for determining the content of inulin-type fructan in Codonopsis pilosula, and provide a reference for comprehensive quality evaluation of Codonopsis pilosula. **Methods** The reference substance of inulin-type fructan from Codonopsis pilosula was prepared using ultrafiltration membrane technology, and a quantitative analysis method based on high-performance gel permeation chromatography (HPGPC) was established. The content of inulin-type fructan in 20 batches of Codonopsis pilosula from different origins was determined, and a comparative analysis of the quality of medicinal materials from different origins was conducted. **Results** In this study, a method for the determination of inulin-type fructan content in Codonopsis pilosula was established with inulin-type fructan from Codonopsis pilosula as the control substance. The established method met the requirements of methodological validation, showing a good linear relationship within the range of 2.00-10.00 μg ($r \geq 0.999\ 9$). The average recovery rate was 101.12% ($RSD=2.65\%$, $n=9$). Significant differences were observed in the content of inulin-type fructan among Codonopsis pilosula from different origins. The average content of inulin-type fructan from Shanxi ($8.43\% \pm 3.10\%$) was

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202501030

基金项目: 山西省中医药科技创新工程项目 (3C342016001); 山东省技术创新引导计划项目 (YDZX2023027)

通信作者: 李建宽, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, Email: lijiankuan2004@163.com

significantly higher than that in Gansu samples ($3.52\% \pm 0.36\%$). **Conclusion** This method can be used for the determination of inulin-type fructan in *Codonopsis pilosula*, and demonstrates good repeatability and accuracy, which provides scientific evidence for improving the quality evaluation system of *Codonopsis pilosula*.

【Keywords】 *Codonopsis pilosula*; Inulin-type fructan; High-performance gel permeation chromatography; Ultrafiltration; Content determination; Quality standard

党参为桔梗科植物党参 *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.、素花党参 *C. pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L. T. Shen 或川党参 *C. tangshen* Oliv. 的干燥根^[1], 主产于山西、陕西和甘肃等地^[2]。作为中国传统的药食两用大宗补益类药材之一, 党参性平味甘, 具有补中益气、健脾益肺、生津止渴等功效^[3]。党参化学成分主要包括多糖类、聚炔类、三萜类、苯丙素类及生物碱类等。其中, 党参多糖是党参药材发挥药理活性的主要活性成分之一^[4], 具有免疫调节^[5]、抗氧化^[6]、抗衰老^[7]、抗炎^[8]以及调节肠道菌群^[9]等多种药理作用。

《中国药典(2020年版)》一部^[11]对党参的性状、鉴别、检查和浸出物等进行了规定, 但缺乏含量测定。党参多糖是党参中的重要活性成分, 其中菊粉型果聚糖是党参多糖的主要组成部分之一, 其含量的高低对党参药材的质量至关重要。目前, 关于党参多糖的含量测定方法已建立了较为完善的研究体系。早期研究主要采用苯酚-硫酸比色法进行党参多糖含量测定, 并探讨了其与传统品质评价指标(如“味甜者佳”)的相关性^[10]。后续研究进一步应用该方法系统考察了栽培方式、产地生态因子、生长年限及加工工艺等因素对党参多糖含量的影响^[11-14]。随着分析技术的发展, HPLC、高效凝胶渗透色谱(high-performance gel permeation chromatography, HPGPC)及气相色谱-质谱联用(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)等现代分析手段被成功应用于党参多糖的精确测定和结构表征^[15-16]。但值得注意的是, 关于党参菊粉型果聚糖的含量测定方法研究仍未见相关文献记载。此外, 由于多糖结构复杂、分子量大且具有高度异质性, 其提取工艺和质量控制标准尚未形成统一规范, 且市场上缺乏党参菊粉型果聚糖对照品, 这进一步制约了相关研究的深入开展。因此, 建立一种准确、可靠的党参菊粉型果聚糖含量测定方法具有重要的科学意义和应用价值。

本文通过对党参中菊粉型果聚糖进行纯化制

备作为对照品, 并通过 HPGPC 结合示差检测器进行方法学考察, 建立了党参菊粉型果聚糖的 HPGPC 含量测定方法, 并对 20 批不同产地党参中的菊粉型果聚糖进行含量测定。本研究拟为党参的质量评价方法提供重要依据, 对党参药材的质量控制和标准化研究具有重要的参考价值。

1 材料

1.1 主要仪器

Agilent 1260 高效液相色谱仪(包括 1260 RID-G1362A 示差折光检测器, 美国 Agilent 公司); BT600-2J 和 2JMP-14-056 切向流超滤系统(美国 Millipore 有限公司); KQ5200DE 数控超声清洗仪(昆山市超声仪器有限公司); Mettler AG135 十万分之一天平(瑞士梅特勒-托利多公司); 400 MHz 窄腔液体核磁共振波谱仪(德国 Bruker 有限公司); Nicolet iS5 傅里叶红外光谱仪(美国 ThermoFisher 公司); 3600-plus 紫外可见分光光度计(日本岛津公司)。

1.2 主要药品与试剂

对照品葡萄糖(批号: 1321882, 纯度 $\geq 98.0\%$)和果糖(批号: B74571, 纯度 $\geq 98.0\%$)购自上海源叶生物科技有限公司; 乙腈为色谱纯, 其余试剂均为分析纯, 水为超纯水、蒸馏水和去离子水。

共收集山西产党参 13 批(编号: 1~13)、甘肃产党参 7 批(编号: 14~20), 经山西医科大学高建平教授鉴定其基原均为党参 *C. pilosula* (Franch.) Nannf., 且所有样品均保存于山西医科大学中药学研究室标本库。样品具体信息见表 1。

2 方法与结果

2.1 色谱条件

采用 HPGPC 法, 色谱柱: TSK gel G4000PWXL 柱(30 cm $\times$ 7.8 mm, 10 μ m); 流动相: 超纯水; 流速: 0.3 mL/min; 柱温: 35 $^{\circ}$ C; 检测器温度: 35 $^{\circ}$ C; 进样量: 10 μ L。

表1 20批党参药材信息表

Table 1. The source of 20 batches of Codonopsis pilosula

编号	批号	产地
1	L-001	山西省长治市平顺县玉峡关镇石门口村
2	L-002	山西省长治市平顺县西沟乡韩家村
3	L-003	山西省长治市平顺县龙溪镇棕上村
4	L-004	山西省长治市平顺县龙溪镇新城村
5	L-005	山西省长治市平顺县龙溪镇新城村
6	L-006	山西省长治市平顺县玉峡关镇黑虎村
7	L-007	山西省长治市平顺县玉峡关镇黑虎村
8	L-008	山西省长治市平顺县龙溪镇棕上村
9	L-009	山西省长治市平顺县龙溪镇新城村
10	L-010	山西省长治市平顺县界畔畔村
11	L-011	山西省长治市平顺县老马岭村
12	L-012	山西省长治市平顺县虹梯关村
13	L-013	山西省长治市平顺县玉峡关镇石门口村
14	B-001	甘肃省陇南市宕昌县理川镇
15	B-002	甘肃省定西市渭源县北寨
16	B-003	甘肃省兰州市榆中县
17	B-004	甘肃省定西市岷县中寨镇
18	B-005	甘肃省定西市渭源县
19	B-006	甘肃省定西市临洮县
20	B-007	甘肃省定西市临洮县新寨

2.2 党参菊粉型果聚糖的制备

2.2.1 党参总多糖的提取

称取党参药材 100 g，切断（约 2 cm）；用甲醇以 3 : 1（v/w）的比例回流提取 3 次，每次 1.5 h，过滤，合并提取液并回收甲醇；用蒸馏水按相同比例（3 : 1，v/w）回流提取滤渣 3 次，每次 1.5 h，合并 3 次提取液，过滤，旋转蒸发仪浓缩提取液至原体积的 1/5；加 95% 乙醇至终浓度为 80% 进行醇沉，4℃静置 24 h，抽滤，沉淀用无水乙醇洗涤 3 次，沉淀自然晾干，称重，得党参总多糖。

2.2.2 党参菊粉型果聚糖的制备

采用膜分离技术对党参总多糖进行分离纯化，纯度约为 99.5%。称取 10 g 党参总多糖，用 50% 乙醇充分溶解，13 r/min、5 000 Da 滤膜进行超滤分级，收集分子量小于 5 000 Da 的渗透液；渗透液稀释后继续超滤；不断重复上述超滤步骤，直至渗透液用 HPGPC 分析得到单峰；将渗透液浓缩至原体积的 1/4，加 95% 乙醇醇沉至终浓度为 80%，4℃静置 24 h，抽滤，沉淀用无水乙醇洗涤 3 次，自然晾干，即得。

2.3 党参菊粉型果聚糖对照品的结构表征

2.3.1 紫外光谱分析

精确称定 10.0 mg 对照品，加蒸馏水制成 10 mg/mL 的溶液。以蒸馏水作为空白对照，采用

紫外可见分光光度计在漫反射 / 吸收模式下进行光谱分析。结果表明，对照品在 260 nm（核酸特征吸收波长）和 280 nm（蛋白质特征吸收波长）处均未出现明显吸收峰，样品纯度较高，符合后续试验分析要求，具体见图 1。

2.3.2 单糖组成分析

精确称定 5.0 mg 的对照品，加入 2.0 mL 3 mol/L 三氟乙酸溶液，在 80℃条件下水解 2 h；水解完成后，将溶液转移到样品瓶中，并用氮气吹扫至干燥；残余物用 5 mL 去离子水重新溶解，涡旋混合均匀后 16 000 × g 离心 5 min，取上清液进行离子色谱分析。结果表明，对照品由葡萄糖和果糖组成，其摩尔比约为 1 : 12。具体见图 2。

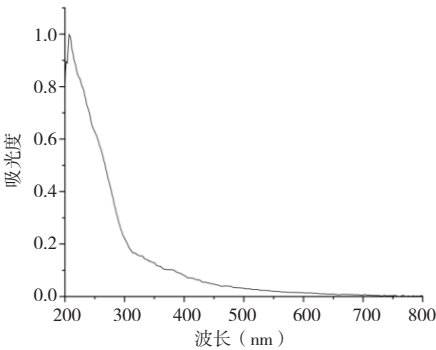


图1 对照品的紫外光谱图

Figure 1. UV spectrum of reference substance

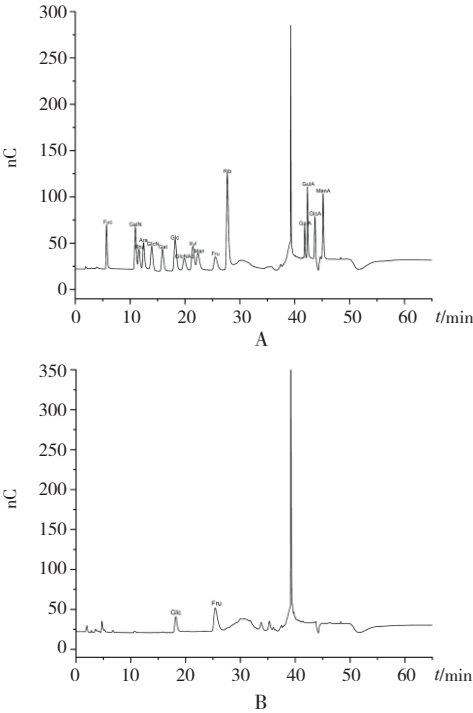


图2 对照品单糖组成的离子色谱图

Figure 2. Ion chromatogram of monosaccharide composition of reference substance

注：A. 混合标记离子色谱图；B. 对照品离子色谱图。

2.3.3 核磁共振波谱分析

将对照品溶解于重水中，配制成浓度为 5 mg/mL 的溶液。异核单量子关系 (heteronuclear singular quantum correlation, HSQC) 和 ^1H 的异核多碳相关谱 (^1H detected heteronuclear multiple bond correlation, HMBC) 在 2048×256 点矩阵上采集，每个增量进行 64 次扫描，以确保全光谱的高分辨率捕获。 ^1H -核磁共振波谱 (nuclear magnetic resonance spectroscopy, NMR) 谱图显示，大部分质子信号集中在 3.50~4.20 ppm 化学

位移区间； ^{13}C -NMR 谱图中，主要碳信号分布于 50~110 ppm 化学位移范围内，且 DEPT135 图谱显示化学位移 103 ppm 为 1 个季碳信号，化学位移 62 ppm 和 60 ppm 显示为 2 个仲碳信号，化学位移 81、76、74 ppm 显示为 3 个叔碳信号，这 6 个碳信号为果糖基的特征信号。进一步结合 HMBC 分析结果表明，果糖基的 2 位碳信号与 1 位氢信号存在远程相关，进一步证实了菊粉型果聚糖的结构特征。具体见图 3。

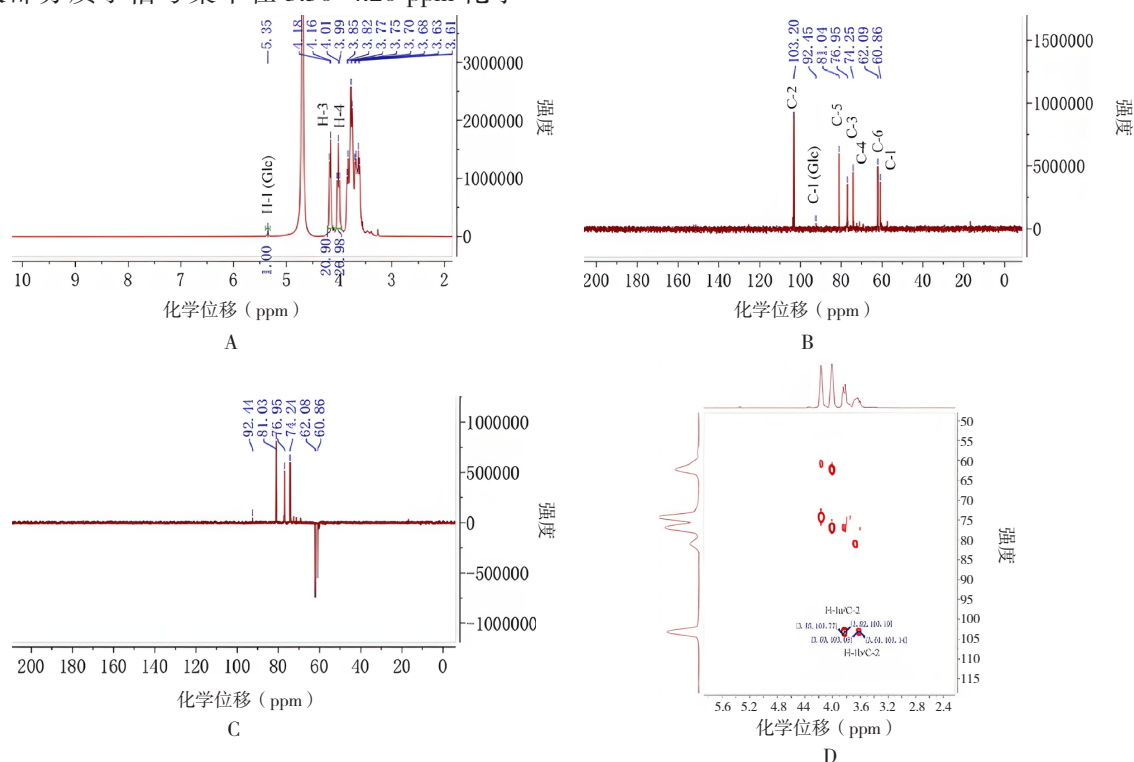


图3 对照品的NMR谱图

Figure 3. NMR spectrum of reference substance

注：A. ^1H -NMR谱图；B. ^{13}C -NMR谱图；C. DEPT 135谱图；D. HMBC谱图。

2.3.4 甲基化分析

精确称定 3.0 mg 对照品，超声处理使其完全溶解于 1.0 mL 二甲基亚砜中；随后依次加入 0.5 mL 无水氢氧化钠溶液和 0.2 mL 碘甲烷溶液进行甲基化反应，并将反应混合物置于 30 °C 水浴中磁力搅拌反应 60 min；接着甲基化多糖用 1.0 mL 2 mol/L 三氟乙酸在 100 °C 条件下水解 90 min；水解产物经过旋转蒸发仪浓缩后，在室温下用 60.0 mg 硼氢化钠于 2.0 mL 去离子水中还原 8 h；反应液用冰醋酸中和后蒸干，并于 101 °C 烘干；加入 1.0 mL 乙酸酐，100 °C 反应 1 h；冷却后加入 3.0 mL 甲苯，通过减压蒸馏去除过量试剂；甲基化醛糖醇乙酸酯采用 RXI-5 SIL 毛细

管色谱柱 (30.0 m $\times$ 0.25 mm, 0.25 μm) 联用离子阱质谱仪进行 GC-MS 分析。结果表明，对照品是一种主要由 β -(2 $\rightarrow$ 1) 键合的呋喃果糖残基组成的果聚糖型多糖，具体见图 4。

2.4 溶液的配制

2.4.1 对照品溶液

取“2.2.2”项下制备的党参菊粉型果聚糖对照品适量，精密称定，加蒸馏水制成每 1 mL 含党参菊粉型果聚糖 1.0 mg 的溶液，即得。

2.4.2 供试品溶液

山西产党参供试品溶液：取党参总多糖粉末约 1.0 mg，精密称定，加蒸馏水制成每 1 mL 含 1.0 mg 的溶液，即得。

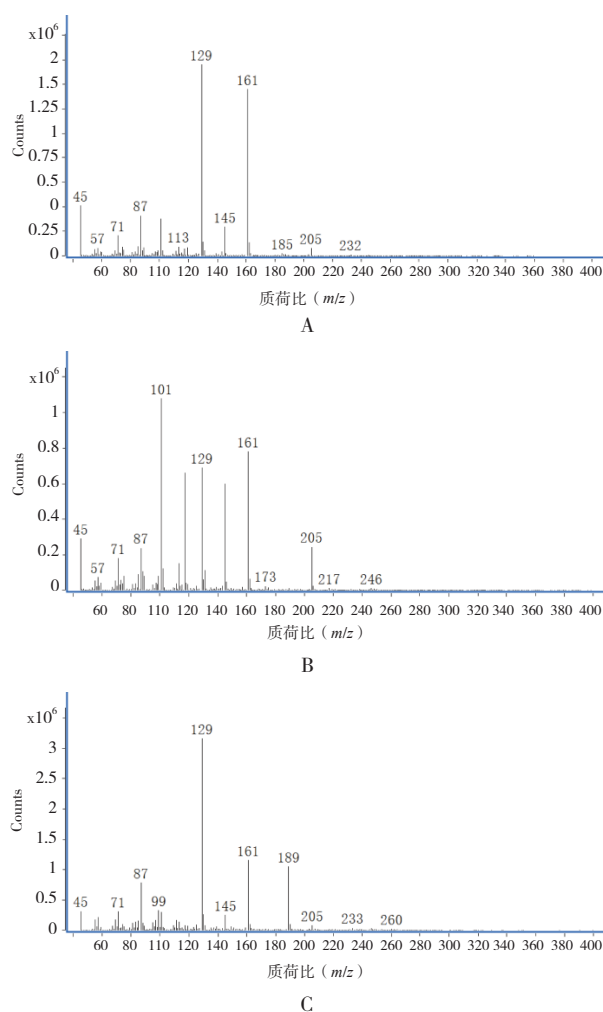


图4 对照品的GC-MS谱图

Figure 4. GC-MS spectrum of reference substance

注：A. Fruf-(2→；B. Glc-(1→；C. →1)-Fruf-(2→。

甘肃产党参供试品溶液：取党参总多糖粉末约 2.5 mg，精密称定，加蒸馏水制成每 1mL 含党参菊粉型果聚糖 2.5 mg 的溶液，即得。

2.5 方法学验证

2.5.1 专属性试验

精密量取按“2.4.1”和“2.4.2”项下制备的对照品溶液和供试品溶液（批号：L-009）以及空白溶液（蒸馏水），按“2.1”项下色谱条件进行 HPGPC 分析，记录色谱图（图 5）。结果表明，在该色谱条件下，空白溶液不干扰主峰的测定；供试品溶液色谱图中，党参菊粉型果聚糖与相邻峰的分度为 2.92，方法专属性高。

2.5.2 线性关系考察

取“2.4.1”项下制备的对照品溶液，使用 0.45 μm 微孔滤膜进行过滤。分别取 10.0、8.0、6.0、4.0、2.0、1.0 μL 进样，按照“2.1”项下的色谱条

件进行 HPGPC 分析，记录峰面积和保留时间，并以党参菊粉型果聚糖质量为横坐标（ X ，μg）、峰面积为纵坐标（ Y ）绘制标准曲线，计算得线性回归方程为 $Y=6.270 \times 10^7 X-3\ 545.750$ ， $r=0.999\ 9$ ，结果表明党参菊粉型果聚糖在 2.00~10.00 μg 范围内线性关系良好。

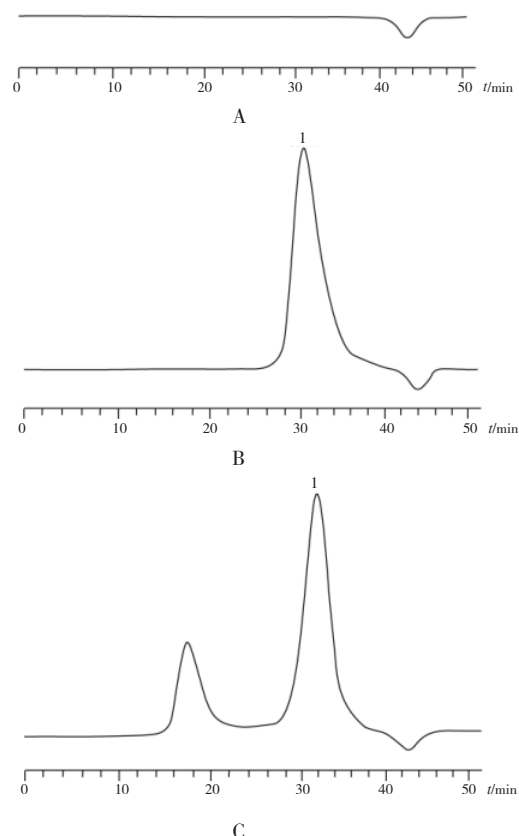


图5 含量测定的HPGPC色谱图

Figure 5. HPGPC chromatogram for content determination

注：A. 空白溶液；B. 对照品溶液；C. 供试品溶液；1. 党参菊粉型果聚糖。

2.5.3 精密度试验

精密称取“2.2.2”项下制备的对照品 1.25、0.64、0.28 mg，分别溶解于 1 mL 超纯水中配制成高、中、低浓度的对照品溶液。按照“2.1”项下的色谱条件连续进样 6 次，记录峰面积。计算得党参菊粉型果聚糖的 RSD 分别为 0.47%、2.11%、1.32%（ $n=6$ ），结果表明该仪器日内精密度良好。

2.5.4 稳定性试验

精密量取按“2.4.1”和“2.4.2”项下制备的对照品溶液和供试品溶液（批号：L-009），并在室温下存放。分别于 0、3、6、12、24、48 h 按照“2.1”项下色谱条件进行 HPGPC 分析，计算得供试品液和对照品液峰面积的 RSD 分别为

2.82% 和 2.20% ($n=6$)，结果表明在室温条件下，供试品和对照品溶液在 48 h 内稳定性良好。

2.5.5 重复性试验

精密称取同一份“2.2.1”项下制备的党参总多糖 1.32、0.72、0.33 mg (批号: L-009)，每个水平各 6 份，分别溶解于 1 mL 超纯水中，制备成高、中、低浓度的供试品溶液。按照“2.1”项下色谱条件进样测定，记录峰面积。计算得党参菊粉型果聚糖峰面积的 RSD 分别为 1.07%、0.97%、1.78% ($n=6$)，结果表明该方法重复性良好。

2.5.6 加样回收率试验

精密称取已知含量的“2.2.1”项下制备的党参总多糖 (批号: L-009)，每份 0.6 mg，共 9 份。分别按已知含量的 80%、100%、120% 加入对照品，并按“2.4.2”项下方法制备加样回收溶液，每个

比例平行制备 3 份。按照“2.1”项下色谱条件进行 HPGPC 分析并记录峰面积。计算得党参菊粉型果聚糖的平均加样回收率为 101.12%， RSD 为 2.65% ($n=9$)，结果表明该方法准确度良好。

2.6 样品测定

将 20 批党参样品按照“2.2.1”项下的方法制备党参总多糖，并按照“2.4.2”项下的方法制备供试品溶液，每批次制备 3 份。同时按照“2.1”项下色谱条件进行 HPGPC 分析，记录对照品相应位置的色谱峰峰面积并计算其含量。结果显示，山西产党参和甘肃产党参中菊粉型果聚糖的平均含量分别为 $8.43\% \pm 3.10\%$ 和 $3.52\% \pm 0.36\%$ ，两者之间的含量有明显差异。这一发现为党参药材的质量控制和标准化研究提供了重要的参考依据。具体结果见表 2。

表2 党参菊粉型果聚糖的含量测定结果 ($n=3$)

Table 2. Content determination results of inulin-type fructan in *Codonopsis pilosula* ($n=3$)

编号	党参总多糖含量 (g/100 g药材)	党参总多糖中菊粉型 果聚糖含量 (mg/g)	党参药材中菊粉型 果聚糖含量 (%)
1	20.33	38.02	7.73
2	22.01	33.63	7.40
3	23.51	22.81	5.36
4	26.70	34.45	9.20
5	17.22	28.84	4.97
6	23.51	32.27	7.59
7	22.15	20.52	4.55
8	43.09	21.13	9.10
9	20.67	42.87	8.86
10	37.58	43.26	16.25
11	39.30	33.22	13.05
12	24.23	30.94	7.50
13	25.43	27.32	6.95
14	14.04	25.81	3.62
15	13.77	27.23	3.75
16	13.43	30.01	4.03
17	13.42	26.36	3.54
18	13.38	27.84	3.72
19	12.59	22.45	2.83
20	12.37	26.76	3.31

3 讨论

党参作为多年生药用草本植物，其质量受到产地环境、生长年限、采收时间、加工方法以及植物生长剂使用的影响。党参多糖是党参发挥药理活性的关键成分之一，其多靶点、多通路的作用特点彰显了中药“整体调节”的优势。其能够通过激活巨噬细胞、促进淋巴细胞增殖，增强肿瘤坏死因子- α 、白细胞介素-6 等细胞因子分泌，

体现其“扶正固本”的传统功效；通过清除活性氧，上调超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶活性，减轻氧化应激损伤，与其“益气生津”功效相关；通过增强黏膜屏障功能，调节肠道菌群，支持传统“健脾益胃”的临床应用。此外，党参多糖作为质量评价的核心指标，其含量与党参的传统药理功效紧密相关，能够为药材品质评估提供客观依据。通过建立标准化的多糖定量分析方法，可以有效规范党参的种植、采收及加工工艺，确保

不同批次药材的质量稳定性。研究表明,不同基原和产地的党参在多糖含量及单糖组成上存在显著差异,这一特性为药材真伪鉴别和道地性评价提供了科学依据。此外,党参多糖的质量控制对于确保党参制剂的临床疗效稳定性具有重要意义,可为循证医学研究提供物质基础。因此,建立完善的党参多糖质量控制体系对于构建科学、规范的党参质量评价标准具有重要的理论和实践价值。

菊粉型果聚糖是党参中重要的一类多糖成分,但目前尚未见其含量测定的相关报道。研究表明,菊粉型果聚糖具有作为党参化学标志物的潜力,能在一定程度上用于区分和比较不同品种的党参。菊粉型果聚糖分子量约为 103 Da,而党参中其他多糖的分子量相对较大,约为 105~106 Da^[17]。通过菊粉型果聚糖对照品的制备、标准曲线的建立及方法学考察,本文成功建立了一种用于测定党参中菊粉型果聚糖含量的 HPGPC 方法。该方法能够灵敏准确地测量党参中菊粉型果聚糖的含量,为党参药材的质量控制和评价提供了可靠的技术支持。

参考文献

- 1 中国药典 2020 年版.一部[S]. 2020: 24–25.
- 2 吴晓俊,张小波,郭兰萍,等.党参药材分布区划研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(22): 4368–4372. [Wu XJ, Zhang XB, Guo LP, et al. Study on distribution division of *Codonopsis radix*[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2017, 42(22): 4368–4372.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjcm.2017.0186](#).
- 3 吴仪洛,主编.本草从新[M].北京:中国中医药出版社,2013: 4.
- 4 郝艳艳,聂春霞,武晓伟,等.党参多糖及其结构改性对免疫调节作用影响的研究进展[J]. 中国医药导报, 2018, 15(28): 25–28. [Hao YY, Nie CX, Wu XW, et al. Research progress of *Codonopsis pilosula* polysaccharide and its structure modification on immune regulation[J]. China Medical Herald, 2018, 15(28): 25–28.] DOI: [CNKI:SUN:YYCY.0.2018–28–007](#).
- 5 Deng X, Fu Y, Luo S, et al. Polysaccharide from *Radix codonopsis* has beneficial effects on the maintenance of T-cell balance in mice[J]. Biomed Pharmacother, 2019, 112: 108682. DOI: [10.1016/j.biopha.2019.108682](#).
- 6 Yang S, Sun J, Gu D, et al. Antioxidant activities of sulfated *Codonopsis* polysaccharides in acute oxidative stress[J]. J Food Biochem, 2021, 45(12): e13974. DOI: [10.1111/jfbc.13974](#).
- 7 Meng J, Liu J, Chen D, et al. Integration of lncRNA and mRNA profiles to reveal the protective effects of *Codonopsis pilosula* extract on the gastrointestinal tract of mice subjected to D-galactose-induced aging[J]. Int J Mol Med, 2021, 47(3): 4834. DOI: [10.3892/ijmm.2020.4834](#).
- 8 Meng Y, Xu Y, Chang C, et al. Extraction, characterization and anti-inflammatory activities of an inulin-type fructan from *Codonopsis pilosula*[J]. Int J Biol Macromol, 2020, 163: 1677–1686. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2020.09.117](#).
- 9 Nie C, Lan J, Guo H, et al. *Codonopsis pilosula* polysaccharides (CPP) intervention alleviates sterigmatocystin (STC)-induced liver injury and gut microbiota dysbiosis[J]. Int J Biol Macromol, 2024, 275: 133190. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2024.133190](#).
- 10 王峥涛,徐国钧,服部征雄,等.党参类多糖比色法含量测定[J]. 植物资源与环境, 1993, (1): 62–64. [Wang ZT, Xu GJ, Hattori Masao, et al. Colorimetric determination of polysaccharides in *Codonopsis radix*[J]. Journal of Plant Resources and Environment, 1993 (1): 62–64.] DOI: [CNKI:SUN:ZWZY.0.1993–01–014](#).
- 11 韩桂茹,穆成林,陈学峰.台党参与潞党参中单糖及多糖含量测定[J]. 中国药学杂志, 1995, (5): 266–268. [Han GR, Mu CL, Chen XF. Determination of monosaccharide and polysaccharide content in *Radix hedysari* by Taiwan party participation[J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 1995, (5): 266–268.] DOI: [CNKI:SUN:ZGYX.0.1995–05–004](#).
- 12 窦武宇,崔治家,侯嘉,等.甘肃不同产地党参药材中多糖含量测定[J]. 中兽医医药杂志, 2016, 35(3): 55–59. [Dou WY, Cui ZJ, Hou J, et al. Determination of polysaccharide content in *Radix codonopsis* from different producing areas in Gansu province[J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2016, 35(3): 55–59.] DOI: [10.13823/j.cnki.jtcvm.2016.03.017](#).
- 13 针嫫,高建平,曹玲亚.潞党参多糖含量测定[J]. 中华中医药学刊, 2014, 32(3): 498–500. [Zhen X, Gao JP, Cao LY. Determination of polysaccharide content in *Lu Dangshen*[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2014, 32(3): 498–500.] DOI: [CNKI:SUN:ZYHS.0.2014–03–017](#).
- 14 张丽,罗秋红,段吴燕,等.党参多糖口服液含量测定方法的研究[J]. 江西化工, 2019, (2): 94–97. [Zhang L, Luo QH, Duan WY, et al. Study on the determination method of *Codonopsis* polysaccharide oral solution content[J]. Jiangxi Chemical Industry, 2019, (2): 94–97.] DOI: [10.3969/j.issn.1008–3103.2019.02.027](#).
- 15 李家宇.不同基原党参异性分析和甜度评价方法构建[D].长沙:湖南中医药大学,2018. DOI: [CNKI:CDMD.2.1018.201331](#).
- 16 黄延盛,张欣,刘耀军,等.我国不同产地党参药材中糖类成分比较分析[J]. 南昌大学学报(工科版), 2022, 44(4): 326–334. [Huang YS, Zhang X, Liu YJ, et al. Comparative analysis of carbohydrate components in *Codonopsis* root from different producing areas in China[J]. Journal of Nanchang University (Engineering & Technology), 2022, 44(4): 326–334.] DOI: [10.3969/j.issn.1006–0456.2022.04.004](#).
- 17 张霞,李建宽,曹玲亚,高建平.不同基原、产地对党参总多糖中低分子量果聚糖的影响[J]. 中成药, 2020, 42(1): 145–149. [Zhang X, Li JK, Cao LY, Gao JP. Effects of different origins and provenances on low-molecular-weight fructans in the total polysaccharides of *Codonopsis*[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2020, 42(1): 145–149.] DOI: [10.3969/j.issn.1001–1528.2020.01.031](#).

收稿日期: 2025 年 01 月 08 日 修回日期: 2025 年 05 月 30 日
 本文编辑: 钟巧妮 李 阳