

不同产地刺五加中多糖含量测定、聚类分析及其超声提取工艺优化^Δ

李俊萍^{1*}, 郭盛磊^{1,2}, 王谦博³, 付士朋¹, 王振月^{1#}(1.黑龙江中医药大学药学院, 哈尔滨 150040; 2.黑龙江珍宝岛药业股份有限公司博士后科研工作站, 哈尔滨 150040; 3.广东药科大学附属第一医院药学部, 广州 510000)

中图分类号 R284.2 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2019)18-2541-05

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2019.18.17

摘要 目的:建立测定刺五加中多糖含量的方法,并对其进行聚类分析及超声提取工艺优化。方法:采用硫酸-苯酚法测定刺五加中多糖的含量。采用SPSS 23.0软件对17个不同产地刺五加进行聚类分析。采用L₉(3⁴)正交试验设计以提取温度、料液比、提取时间为考察因素,多糖含量为考察指标对其超声提取工艺进行优化并验证。结果:葡萄糖质量浓度线性范围为0.007 75~0.151 mg/mL($r=0.999 1$);定量限、检测限分别为2.854、0.856 μg/mL;精密度、稳定性、重复性试验的RSD均小于2%;加样回收率为98.41%~101.58%(RSD=1.23%, $n=6$)。聚类分析结果显示,17批药材样品可聚为3类,S1、S6、S10、S12、S13聚为一类,S3~S5、S7聚为一类,其余聚为一类。最优超声提取工艺为提取温度55℃、料液比1:10(g/mL)、提取时间35 min;3次验证试验结果显示,最优工艺所得多糖平均含量为4.36%(RSD=0.92%, $n=3$)。结论:所建含量测定方法操作简便、重复性较好,可用于测定刺五加中多糖含量;优化后的超声提取工艺稳定、可行。

关键词 刺五加;多糖;硫酸-苯酚法;含量测定;正交试验;超声提取工艺;聚类分析

Determination of Polysaccharide Content, Cluster Analysis in *Acanthopanax senticosus* from Different Producing Areas and Optimization of Its Ultrasonic Extraction Technology

LI Junping¹, GUO Shenglei^{1, 2}, WANG Qianbo³, FU Shipeng¹, WANG Zhenyue¹ (1. College of Pharmacy, Heilongjiang University of TCM, Harbin 150040, China; 2. Postdoctoral Programme of Heilongjiang ZBD Pharmaceutical Co., Ltd., Harbin 150040, China; 3. Dept. of Pharmacy, the First Affiliated Hospital of Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510000, China)

- [6] 杨琳.黄精的产地初加工工艺研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2015.
- [7] 王景媛,翟思程,王昌利,等.黄精产地加工与炮制一体化可行性探讨[J].现代中医药,2017,37(5):105-108.
- [8] 衡银雪,郑旭煦,殷钟意,等.不同干燥方法对黄精干燥特性和品质的影响[J].食品工业科技,2018,39(7):158-161,167.
- [9] 张洪坤,王其丰,郭长达,等.不同加工方法牡丹皮中7种指标性成分的含量测定及质量评价[J].中国药房,2018,29(22):3063-3068.
- [10] 徐兵兵,于勇杰,吴帆,等.黄精多糖研究综述[J].中国野生植物资源,2015,34(4):38-41,46.
- [11] 梁引库.黄精多糖提取工艺的研究[J].中国农学通报,2012,28(12):269-272.
- [12] 朱新焰,字淑慧,王家金,等.白及与2种近缘种的多糖组织化学定位及含量测定研究[J].中药材,2018,41(12):2774-2778.
- [13] 蓝松.苯酚-硫酸法测定黄精多糖含量研究[J].广东化工,2013,40(18):132-133.
- [14] 郭未艳,孙秋燕,徐晓红,等.滇黄精多糖提取的工艺组合及其优化[J].时珍国医国药,2013,24(6):1391-1393.
- [15] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:四部[S].2015年版.北京:中国医药科技出版社,2015:202,204.
- [16] 陈丽霞,王建科,耿晓玲.综合评分法优选黄精蒸制工艺[J].微量元素与健康研究,2017,34(5):38-40.
- [17] 彭星星,王德群,彭华胜.历代本草中“九蒸九晒”药材加工的沿革与变迁浅谈[J].皖西学院学报,2018,34(2):92-99.

Δ 基金项目:国家重点研发计划子课题(No.2016YFC0500303-05);国家科技重大专项和重点研发项目(No.GX17C006);黑龙江省博士后资助项目(No.LBH-Z17208)

* 硕士研究生。研究方向:中药资源与开发。E-mail:15645015705@163.com

通信作者:教授,博士生导师。研究方向:中药资源与开发。电话:0451-87266873。E-mail:wangzhen_yue@163.com

(收稿日期:2018-12-20 修回日期:2019-08-09)

(编辑:余庆华)

ABSTRACT OBJECTIVE: To establish a determination method for content of polysaccharide in *Acanthopanax senticosus*, and to conduct cluster analysis and ultrasonic extraction technology optimization. **METHODS:** The content of polysaccharide in *A. senticosus* was determined by phenol-sulfuric acid method. Cluster analysis was conducted by using SPSS 23.0 software of the polysaccharide in *A. senticosus* from 17 habitats. The ultrasonic extraction technology was optimized with $L_9(3^4)$ orthogonal test using extraction temperature, the ratio of material to liquid, extraction time as factors, the content of polysaccharides as index, and then validated. **RESULTS:** The linear range of glucose ranged from 0.007 75 to 0.151 mg/mL ($r=0.999\ 1$); the limits of quantification and detection were 2.854, 0.856 $\mu\text{g/mL}$; RSDs of precision, stability, and repeatability tests were less than 2%; recovery rates of the sample were 98.41% -101.58% (RSD=1.23%, $n=6$). Cluster analysis results showed that 17 batches of samples could be clustered into three classes; S1, S6, S10, S12 and S13 were clustered into one class; S3-S5 and S7 were clustered into one class; and the rest samples were clustered into one class. The optimal ultrasonic extraction technology was extraction temperature 55 $^{\circ}\text{C}$, ratio of material to liquid 1:10 (g/mL), extraction time 35 min. Results of validation tests showed the content of the polysaccharide under the best process condition was 4.36% (RSD=0.920%, $n=3$). **CONCLUSIONS:** Established method is simple, reproducible and suitable for determination of polysaccharide in *A. senticosus*; the optimized ultrasonic extraction technology is stable and feasible.

KEYWORDS *Acanthopanax senticosus*; Polysaccharide; Phenol-sulfuric acid method; Content determination; Orthogonal test; Ultrasonic extraction technology; Cluster analysis

刺五加为五加科植物刺五加 [*Acanthopanax seuticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms] 的干燥根、根茎或茎, 具有益气健脾、补肾安神的功效^[1], 是我国东北地区珍贵的药用植物^[2]。刺五加中含有多糖、三萜皂苷类、黄酮类、木脂素类、香豆素类等多种活性成分^[3-4]。现代研究表明, 刺五加中的多糖成分具有调节免疫、抗肿瘤、抗氧化、降血糖等药理作用, 现已成为研究的热点^[5]。

目前, 关于刺五加中多糖的研究多集中在药理作用等方面^[6-7], 而对其含量的研究较少。虽然霍文等^[8]比较了产自本溪、穆枝、珲春刺五加中多糖的含量, 但样本量较少、结论缺乏代表性。此外, 刺五加中多糖的提取常采用煎煮法和回流法, 但提取时间长、操作繁琐, 提取率低^[9-10]。有研究认为, 与上述提取方法相比, 超声提取法具有省时、高效、能耗低等优点, 并且可以大幅度地提高多糖的提取率^[11]。基于此, 本研究采用硫酸-苯酚法测定了刺五加中多糖的含量, 并对 17 个不同产地刺五加进行聚类分析; 同时, 采用正交试验设计以提取温度、料液比、提取时间为考察因素, 多糖含量为考察指标对其超声提取工艺进行优化, 旨在为其相关产品的开发利用提供参考。

1 材料

1.1 仪器

H1650 型台式高速离心机 (湖南湘仪实验室仪器开发有限公司); BGZ-240 型真空干燥箱 (上海博迅医疗生物仪器股份有限公司); FW100 型高速万能粉碎机 (天津市泰斯特仪器有限公司); Spectra Max M2 型多功能酶标仪 [美谷分子仪器 (上海) 有限公司]; KM-822C 型超声波清洗器 (广州市科洁盟实验仪器有限公司); AE240 型电子天平 (瑞士 Mettler-Toledo 公司)。

1.2 药品与试剂

葡萄糖对照品 (天津市大茂化学试剂厂, 批号:

20170801, 纯度: $\geq 99\%$); 浓硫酸、苯酚均为分析纯, 水为蒸馏水。

1.3 药材

刺五加药材采自黑龙江省和吉林省的 17 个不同产地, 经黑龙江中医药大学药学院王振月教授鉴定为五加科植物刺五加 [*Acanthopanax seuticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms] 的茎。将药材样品于 45 $^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒定质量, 粉碎后过 60 目筛, 备用。药材样品来源见表 1。

表 1 药材样品来源

Tab 1 Origin information

编号	采集地点	采集时间	茎直径/cm
S1	黑龙江省黑河市爱辉胜山林场	2017年9月1日	1.0~1.2
S2	黑龙江省黑河市逊克三间房林场	2017年9月1日	1.0~1.2
S3	黑龙江省伊春市红星清水河	2017年9月1日	1.0~1.2
S4	黑龙江省伊春市上甘岭美林林场	2017年9月1日	1.0~1.2
S5	黑龙江省伊春市金山屯峰岩山寨	2017年9月1日	1.0~1.2
S6	黑龙江省七台河市勃利通天二林场	2017年9月1日	1.0~1.2
S7	黑龙江省七台河市勃利福兴林场	2017年9月1日	1.0~1.2
S8	黑龙江省哈尔滨市尚志帽儿山	2017年9月1日	1.0~1.2
S9	黑龙江省哈尔滨市尚志横道河子	2017年9月1日	1.0~1.2
S10	黑龙江省哈尔滨市黑龙江中医药大学药用植物园	2017年9月1日	1.0~1.2
S11	黑龙江省牡丹江市林口奋斗林场	2017年9月1日	1.0~1.2
S12	黑龙江省双鸭山市饶河大顶子山	2017年9月1日	1.0~1.2
S13	黑龙江省双鸭山市宝清县宝密桥林场	2017年9月1日	1.0~1.2
S14	吉林省敦化市松江林场	2017年9月1日	1.0~1.2
S15	吉林省松江河林业局抚南	2017年9月1日	1.0~1.2
S16	吉林省吉林石岗镇	2017年9月1日	1.0~1.2
S17	吉林省白山市露水河红光林场	2017年9月1日	1.0~1.2

2 方法与结果

2.1 刺五加中多糖含量测定

采用硫酸-苯酚法测定刺五加中多糖的含量^[12]。

2.1.1 供试品溶液的制备 取药材样品 1.0 g, 置于干燥锥形瓶中, 称定质量, 超声 (功率: 480 W, 频率: 40 kHz, 下同) 提取, 提取温度 55 $^{\circ}\text{C}$, 料液比 1:10 (g/mL, 下同), 提取时间 35 min 后, 取出放冷, 再次称定质量, 用水补

足减失的质量,混匀,取提取液2 mL,置于离心管中,以4 000 r/min离心10 min,取上清液1.0 mL,置于50 mL量瓶中,加水定容,即得供试品溶液。

2.1.2 对照品溶液的制备 精密称取经105 ℃干燥至恒定质量的葡萄糖对照品7.55 mg,置于50 mL量瓶中,加水溶解并定容,制成质量浓度为0.151 mg/mL的对照品溶液。

2.1.3 空白对照溶液 以水为空白对照溶液。

2.1.4 检测波长的确定 精密吸取上述对照品溶液、供试品溶液各2.0 mL,分别置于10 mL具塞试管中,加苯酚1.0 mL,混匀,加浓硫酸5.0 mL,摇匀后于室温下放置30 min,于200~800 nm波长下进行全波长扫描。另取空白对照溶液2.0 mL,于200~800 nm波长下进行全波长扫描。结果显示,对照品溶液和供试品溶液在490 nm波长处有最大吸收,空白对照溶液在490 nm波长处没有吸收,故选择检测波长为490 nm,详见图1。

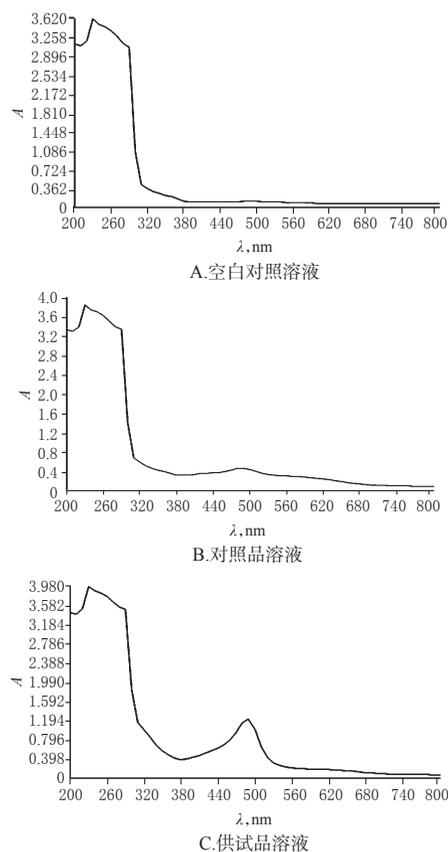


图1 紫外吸收光谱图

Fig 1 UV absorption spectra

2.1.5 线性关系考察 分别精密量取“2.1.2”项下对照品溶液0.1、0.2、0.6、1.0、1.4、2.0 mL,置于2 mL具塞试管中,加水稀释至2 mL,得到质量浓度分别为0.007 75、0.015 1、0.045 3、0.075 5、0.105 7、0.151 mg/mL的系列线性关系工作溶液,按“2.1.4”项下方法显色后,于490 nm波长处测定吸光度。以葡萄糖质量浓度(x, mg/mL)为

横坐标、吸光度(y)为纵坐标进行线性回归,得多糖回归方程为 $y=8.730 4x+0.026 2$ ($r=0.999 1$),表明葡萄糖质量浓度在0.007 75~0.151 mg/mL范围内线性关系良好。

2.1.6 定量限与检测限考察 取“2.1.2”项下对照品溶液适量,按“2.1.4”项下方法显色后,于490 nm波长处测定吸光度并计算标准偏差。以标准偏差与标准曲线斜率之比的10倍对应的质量浓度作为定量限,以标准偏差与标准曲线斜率之比的3倍对应的质量浓度作为检测限。结果,定量限为2.854 μg/mL,检测限为0.856 μg/mL。

2.1.7 精密度试验 精密量取“2.1.2”项下对照品溶液2.0 mL,按“2.1.4”项下方法显色后,于490 nm波长处连续测定6次吸光度。结果,吸光度的RSD为0.047% ($n=6$),表明仪器精密度良好。

2.1.8 稳定性试验 精密量取“2.1.1”项下供试品溶液(编号:S1)2.0 mL,按“2.1.4”项下方法显色后,分别在室温下放置2、4、6、8、12、24 h时于490 nm波长处测定吸光度。结果,吸光度的RSD为0.126% ($n=6$),表明供试品溶液在室温下放置24 h内稳定性良好。

2.1.9 重复性试验 取药材样品(编号:S1)1.0 g,共6份,按“2.1.1”项下方法制备供试品溶液,再按“2.1.4”项下方法显色后,于490 nm波长处测定吸光度并按标准曲线法计算样品中多糖的含量。结果,多糖的平均含量为4.36%,含量的RSD为1.36% ($n=6$),表明本方法重复性良好。

2.1.10 加样回收率试验 取已知含量的药材样品(编号:S1),共6份,每份约1.0 g,精密加入葡萄糖对照品44.0 mg,按“2.1.1”项下方法制备供试品溶液,再按“2.1.4”项下方法显色后,于490 nm波长处测定吸光度并计算加样回收率,结果见表2。

表2 加样回收率试验结果($n=6$)

Tab 2 Results of recovery tests($n=6$)

称样量,g	已知样品含量,mg	加入量,mg	测得量,mg	加样回收率,%	平均加样回收率,%	RSD,%
1.006	43.63	44.11	88.21	101.07		
1.007	43.65	44.02	88.36	101.58		
1.003	43.66	44.09	87.08	98.49	99.87	1.23
1.007	43.64	44.10	87.04	98.41		
1.002	43.67	44.00	87.35	99.27		
1.008	43.69	44.20	88.07	100.40		

2.1.11 样品含量测定 取17批药材样品适量,按“2.1.1”项下方法制备供试品溶液,再按“2.1.4”项下方法显色后,于490 nm波长处测定吸光度并按标准曲线法计算多糖含量,各样品平行操作3次,结果见表3。

2.2 聚类分析

以多糖含量为变量,采用SPSS 23.0软件对数据进

表3 样品含量测定结果($\bar{x} \pm s, n=3$)

Tab 3 Results of content determination of samples ($\bar{x} \pm s, n=3$)

编号	多糖含量, %	编号	多糖含量, %	编号	多糖含量, %
S1	4.36±0.92	S7	7.91±0.98	S13	4.34±0.71
S2	5.17±0.88	S8	5.35±0.73	S14	5.44±0.78
S3	6.51±0.76	S9	5.18±0.83	S15	5.29±0.67
S4	6.44±0.74	S10	4.79±0.86	S16	5.11±1.03
S5	6.67±0.79	S11	5.79±0.76	S17	5.47±0.53
S6	4.34±0.69	S12	4.26±1.20		

行标准化处理,以平方欧氏距离为测度进行聚类分析,结果见图2。由图2可知,17批药材样品可聚为3类,S1、S6、S10、S12、S13聚为一类,刺五加中多糖平均含量为4.26%~4.79%;S3~S5、S7聚为一类,刺五加中多糖平均含量为6.44%~7.91%;其余聚为一类,刺五加中多糖平均含量为5.11%~5.79%。

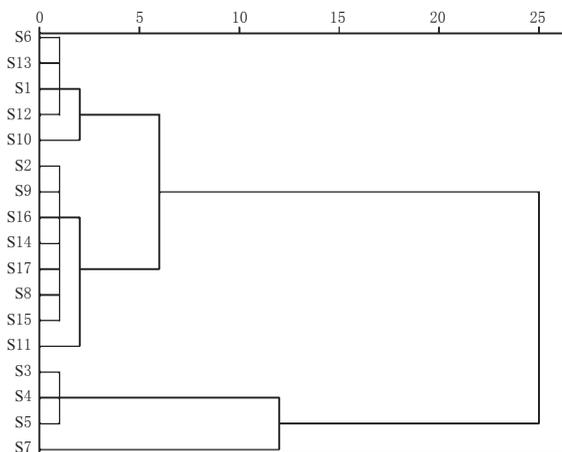


图2 聚类分析树状图

Fig 2 Cluster analysis dendrogram

2.3 单因素试验

2.3.1 提取温度对刺五加中多糖含量的影响 取药材样品(编号:S1)1.0 g,置于干燥锥形瓶中,在超声提取30 min,料液比1:20条件下,考察不同提取温度(25、35、45、55 ℃)对刺五加中多糖含量的影响,各水平重复操作3次(下同),结果见图3A。由图3A可知,当提取温度为55 ℃时,刺五加中多糖含量最高,故选择提取温度范围为45~65 ℃。

2.3.2 料液比对刺五加中多糖含量的影响 取药材样品(编号:S1)1.0 g,置于干燥锥形瓶中,在超声提取30 min,提取温度55 ℃条件下,考察不同料液比为(1:10、1:20、1:30、1:40、1:50)对刺五加中多糖含量的影响,结果见图3B。由图3B可知,当料液比为1:20时,刺五加中多糖含量最高,故选择料液比范围为1:10~1:30。

2.3.3 提取时间对刺五加中多糖含量的影响 取药材样品(编号:S1)1.0 g,置于干燥锥形瓶中,在提取温度55 ℃,料液比为1:20条件下,考察不同提取时间(15、

25、35、45、55 min)对刺五加中多糖含量的影响,结果见图3C。由图3C可知,当提取时间为45 min时,刺五加中多糖含量最高,故选择提取时间范围为35~55 min。

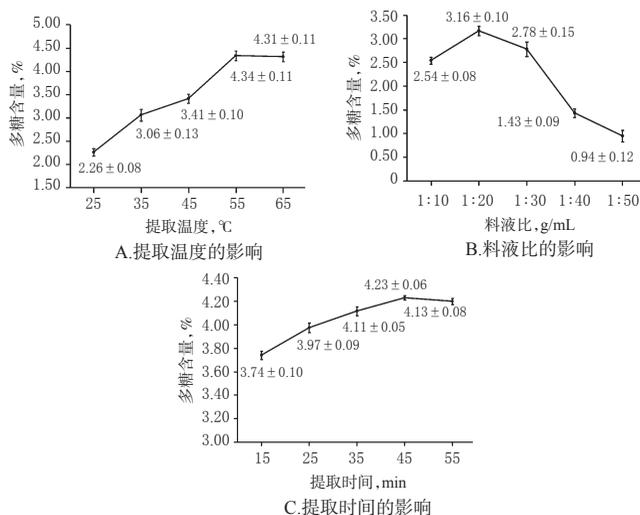


图3 单因素试验结果

Fig 3 Results of single factor tests

2.4 刺五加多糖提取工艺优化

2.4.1 正交试验设计 在单因素试验基础上,以提取温度(A)、料液比(B)、提取时间(C)为考察因素,多糖含量为考察指标,采用 $L_9(3^3)$ 正交试验设计优化工艺,因素与水平见表4,正交试验设计方案与结果见表5,方差分析结果见表6。

表4 因素与水平

Tab 4 Factors and levels

水平	因素		
	A, ℃	B, g/mL	C, min
1	45	1:10	35
2	55	1:20	45
3	65	1:30	55

表5 正交试验设计方案与结果

Tab 5 Orthogonal test design scheme and results

试验号	A	B	C	D	多糖含量, %
1	3	3	1	1	4.30
2	3	2	3	2	5.92
3	1	2	1	3	5.76
4	3	1	2	3	8.31
5	1	3	2	1	4.25
6	2	1	1	2	8.85
7	2	3	3	2	5.06
8	2	2	2	3	5.93
9	1	1	3	1	8.57
K_1	18.58	25.73	18.91	17.12	
K_2	19.83	17.61	18.49	19.82	
K_3	18.53	13.61	19.55	20.00	
R	1.30	12.13	1.06	2.88	

由表4可知,各因素对刺五加中多糖含量的影响顺序依次为 $B > A > C$,其中 $A_2 > A_1 > A_3$ 、 $B_1 > B_2 > B_3$ 、 $C_3 > C_1 > C_2$ 。进一步方差分析可知,提取温度和料液比对刺

表6 方差分析结果

Tab 6 Results of variance analysis

误差来源	偏差平方和	自由度	均方差	F	P
A	0.362	2	0.183	19.511	0.049
B	25.442	2	12.724	1380.032	0.001
C	0.187	2	0.094	10.171	0.091
误差	0.018	2	0.009		

注: $F_{0.05(2,2)} = 19.0$ Note: $F_{0.05(2,2)} = 19.0$

五加中多糖含量影响显著($P < 0.05$)。因此,从省时降耗及生产实际出发,在保证提取充分的前提下,综合分析各因素的影响,得最优提取工艺为 $A_2B_1C_1$,即提取温度 $55\text{ }^\circ\text{C}$ 、料液比 $1:10$ 、提取时间 35 min 。

2.4.2 验证试验 在此最优提取工艺条件下,平行操作3次。结果,刺五加中多糖的平均含量为 4.36% ($RSD = 0.92\%$, $n = 3$),提示该提取工艺稳定、可行。

3 讨论

含量测定结果显示,17个不同产地刺五加中多糖含量存在差异,其中S7(勃利福兴林场)刺五加中多糖的平均含量最高,为 7.91% ,S12(饶河大顶子山)刺五加中多糖的平均含量最低, 4.26% 。其原因可能与中药品质的形成除受到植物遗传作用外,还与土壤、海拔、水分、日照和地形等环境因素有关^[13-15]。聚类分析结果显示,17批药材样品可聚为3类,S1、S6、S10、S12、S13聚为一类,S3~S5、S7聚为一类,其余聚为一类。这可能与药材生长的地理位置、生态环境有关^[15]。

与传统煎煮工艺相比,超声波产生的强烈振动、超快速度、空化效应及搅拌作用等因素均可加速药材中的有效成分的溶出,具有提取效率高、提取时间短、溶剂用量少等优点^[16-18],故本研究参考上述相关文献,采用超声提取法进行提取。

本研究得到的最优提取工艺为提取温度 $55\text{ }^\circ\text{C}$ 、料液比 $1:10$ 、提取时间 35 min 。在此条件下,刺五加中多糖的平均含量为 4.36% ,提示工艺稳定、可行。

综上所述,本研究所建含量测定方法操作简便、重复性较好,可用于测定刺五加中多糖含量;优化后的提取工艺稳定、可行。

参考文献

[1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].2015年

版.北京:中国医药科技出版社,2015:206-207.

- [2] 中国科学院植物志委员会.中国植物志:第五十四卷[M].北京:科学出版社,1978:99.
- [3] 黄晓巍,刘玥欣,张啸环.刺五加叶化学成分、药理作用及现代临床应用研究进展[J].吉林中医药,2017,37(6):611-613.
- [4] 高彦宇,李文慧,寇楠,等.刺五加化学成分和药理作用研究进展[J].中医药信息,2019,36(2):113-116.
- [5] 刘树民,张娜.刺五加多糖的现代研究进展[J].中医药信息,2014,31(2):116-119.
- [6] 孙守坤,宋涛,卢义.刺五加酸性多糖对免疫低下小鼠的免疫调节作用[J].免疫学杂志,2018,34(10):863-868.
- [7] 杨阳,刘玉翠,韩玉坤,等.刺五加成分的多种抗肿瘤作用[J].吉林医药学院学报,2014,35(5):366-369.
- [8] 霍文,劳凤云,姚熠辰.不同产地刺五加不同部位多糖含量测定[J].中国执业药师,2013,10(2):19-22.
- [9] 于森,王冰,付叶珊,等.响应面法优化刺五加根废弃物多糖提取工艺的研究[J].中草药,2019,50(7):1610-1613.
- [10] 冯跃,高腾,顾欢欢,等.单因素试验优选刺五加多糖的提取条件研究[J].山东畜牧兽医,2016,37(8):8-9.
- [11] 鲁静,牛晓静.均匀设计法优化附子中多糖的超声提取工艺[J].中国药房,2017,28(13):1834-1836.
- [12] 尚莹莹,胡辉,刘源才.金樱子配方颗粒提取工艺优化及质量标准、指纹图谱研究[J].中国药房,2018,29(14):1922-1927.
- [13] 钟红.川产道地药材品质形成原理的影响因素分析[J].成都中医药大学学报,2014,37(4):11-13,56.
- [14] 陈欢,谭舒舒,罗小泉,等.中药道地药材的研究进展[J].时珍国医国药,2018,29(9):2228-2230.
- [15] 廖保生,宋经元,谢彩香,等.道地药材产地溯源研究[J].中国中药杂志,2014,39(20):3881-3888.
- [16] 彭浩,秦宏伟,程有君,等.枸杞多糖提取工艺优化及不同产地枸杞质量比较[J].江苏农业科学,2018,46(22):194-197.
- [17] 薛峰,李春娜,李朋收,等.超声提取在中药化学成分提取中的应用[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(18):231-234.
- [18] 殷明阳,刘素香,张铁军,等.复方中药提取工艺研究概况[J].中草药,2015,46(21):3279-3283.

(收稿日期:2019-04-08 修回日期:2019-06-18)

(编辑:陈宏)