

[科研报道]

大叶小檗根提取工艺的优化

丘露¹, 曲帅², 阚鸿^{1*}, 唐姗¹, 包海鹰¹, 王英平¹

(1. 吉林农业大学中药材学院, 吉林 长春 130118; 2. 吉林省生物研究所药用真菌研究室, 吉林 长春 130012)

摘要: 目的 优化大叶小檗根提取工艺。方法 在提取方法筛选、单因素试验、析因设计、最速上升试验的基础上, 以乙醇(含0.12 mol/L HCl)体积分数、提取时间为影响因素, 浸膏率、盐酸小檗碱得率为评价指标, 中心组合设计-响应面法优化提取工艺。结果 最佳条件为乙醇(含0.12 mol/L HCl)体积分数90%, 提取时间35 min, 料液比1:50, 浸膏率、盐酸小檗碱得率分别为32.483 0%、1.403 1%, 综合评分为0.169 4。结论 该方法准确有效, 简便可行, 可用于提取大叶小檗根。

关键词: 大叶小檗; 根; 盐酸小檗碱; 中心组合设计-响应面法

中图分类号: R284.2

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2021)04-1004-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2021.04.032

大叶小檗性味苦寒, 归肝、胃、大肠经, 具有清热燥湿、泻火解毒的功效, 内服治疗细菌痢疾、肠胃炎、副伤寒、消化不良、黄疸、肝硬化腹水、泌尿系感染、急性肾炎、扁桃体炎、口腔炎、支气管炎, 外用治疗中耳炎、目赤肿痛、外伤感染等^[1-2]。现代药理研究表明, 小檗碱是从传统中药黄连、黄柏中提取出的一种异喹啉类生物碱, 在我国拥有悠久的药用历史, 有着抗病原微生物、抗炎、抗肿瘤、心脏保护、降血糖、调节脂质代谢、免疫抑制等多种药理作用^[3]。

黄柏因其显著的药理价值, 已被广泛用于开发中成药及保健品, 尤其是以小檗碱为主要成分开发了很多相关医药产品, 但其种植周期长, 需要20年左右才能达到采收的要求, 造成市面上资源紧缺, 价格不断攀升, 给企业生产带来了压力^[4]。为了解决黄柏资源短缺和市场需要的矛盾, 需寻找同科属中研究较少、药理活性相似的植物, 本实验选择大叶小檗根作为研究对象。

前期报道, 大叶小檗全株含有生物碱, 而其根含大量小檗碱及掌叶防己碱、古伦胺碱、药根碱、刺檗碱, 其中小檗碱为主要有效成分之一^[5-7]。目前, 针对盐酸小檗碱提取工艺的研究较多, 常用方法有酸水提取、酸水渗漉、乙醇回流提取、微波提取、超声波辅助提取等^[8-10]。近年来, 国内外对大叶小檗根抗炎、抗肿瘤作用已有报道^[11], 但对其所含成分盐酸小檗碱提取工艺涉及较少, 为了更好地开发利用该部位, 本实验选择浸膏得率、盐酸小檗碱提取率的权重和作为评价指标^[12-13]对其提取工艺进行优化, 以期为进一步相关开发利用奠定基础。

1 材料

收稿日期: 2019-08-04

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20190304009YY); 吉林农业大学博士启动基金(201629)

作者简介: 丘露(1997—), 女, 研究方向为中药学。Tel: 19942751862, E-mail: 750209293@qq.com

*通信作者: 阚鸿(1988—), 女, 博士, 讲师, 研究方向为中药分析。Tel: 18343170196, E-mail: khdyx681@163.com

1.1 仪器 ACQUITY型超高压液相色谱仪(美国Waters公司); PH计(瑞士Mettler-Toledo公司); LD5-2A型台式低速离心机(北京京立离心有限公司); KQ-300ES型超声波清洗仪(昆山市超声仪器有限公司); BT125D电子天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司]; HH-S28s型数显恒温水浴锅(金坛市大地自动化仪器厂)。

1.2 试剂与药物 大叶小檗根采自吉林临江大叶小檗基地, 经吉林农业大学包海鹰教授鉴定为小檗科植物大叶小檗 *Berberis amurensis* Rupr. 的根。盐酸小檗碱对照品(CAS #633-65-8, 纯度≥98%, 上海源叶生物科技有限公司)。磷酸二氢铵[CAS7722-76-1, 阿拉丁试剂(上海)有限公司]; 磷酸(批号20121121, 天津市光复精细化工研究所); 乙腈为色谱纯(赛默飞世尔科技有限公司); 甲醇(批号20180711)、乙醇(批号20181008)、盐酸(批号20121225)为分析纯(北京化工厂); 水为纯净水。

2 方法与结果

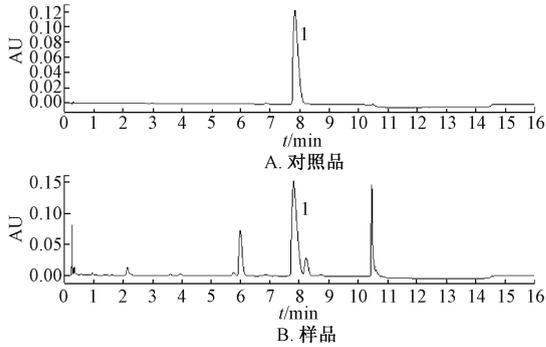
2.1 供试品溶液制备 精密称取干燥至恒重的药材粉末2.003 g, 加入一定体积分数乙醇(含0.12 mol/L HCl), 50℃下超声(40 kHz、80 kW)提取30 min, 冷却至室温, 乙醇(含0.12 mol/L HCl)补足减失的质量, 离心(4 000 r/min)10 min, 取上清液, 既得。

2.2 浸膏得率测定 按“2.1”项方法制备供试品溶液, 精密量取上清液, 置于已干燥至恒重的蒸发皿中, 水浴蒸干, 100℃下干燥至浸膏状, 置于干燥器中冷却至室温, 精密称定质量, 计算浸膏得率。

2.3 小檗碱含量测定

2.3.1 色谱条件 参考文献[14-16]报道。Waters AC-

QUITY UPLC® BEH C₁₈ 色谱柱(2.1 mm×50 mm, 1.7 μm); 流动相乙腈(A)-0.01 mol/L 磷酸二氢铵(B)(磷酸调节 pH 至 2.8), 梯度洗脱(0~10 min, 10%~20% A; 10~10.1 min, 20%~50% A; 10.1~14 min, 50% A; 14~14.01 min, 50%~10% A; 14.01~16 min, 10% A); 体积流量 0.5 mL/min; 检测波长 345 nm; 柱温 35 °C; 进样量 2 μL, 色谱图见图 1。由此可知, 供试品溶液中各成分分离度良好, 杂质无干扰。



1. 盐酸小檗碱
图 1 盐酸小檗碱 UPLC 色谱图

2.3.2 对照品溶液制备 精密称取盐酸小檗碱对照品, 甲醇溶解定容至刻度, 即得(质量浓度为 1 mg/mL), 置于冰箱中保存备用。

2.3.3 线性关系考察 吸取“2.3.2”项下对照品溶液, 甲醇依次稀释至 10、20、40、60、80 μg/mL, 在“2.3.1”项色谱条件下各进样 2 μL 测定。以盐酸小檗碱质量浓度为横坐标(X), 峰面积积分为纵坐标(Y)进行回归, 得方程为 $Y=33\ 729X+51\ 471$ ($r=0.999\ 1$), 在 10~80 μg/mL 范围内线性关系良好。

2.3.4 精密度试验 取同一份对照品溶液, 在“2.3.1”项色谱条件下进样测定 6 次, 测得盐酸小檗碱峰面积 RSD 为 0.18%, 表明仪器精密度较好。

2.3.5 重复性试验 取同一批药材粉末 6 份, 按“2.1”项下方法平行制备 6 份供试品溶液, 在“2.3.1”项色谱条件下进样测定, 测得盐酸小檗碱峰面积 RSD 为 1.73%, 表明该方法重复性良好。

2.3.6 稳定性试验 取同一批药材粉末, 按“2.1”项下方法制备供试品溶液, 室温下于 0、2、4、8、12、24 h 在“2.3.1”项色谱条件下各进样 2 μL 测定, 测得盐酸小檗碱峰面积 RSD 为 0.70%, 表明溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.3.7 加样回收率试验 取“2.1”项下供试品溶液 9 份, 随机分成 3 组, 每组分别精密加入低、中、高质量浓度的对照溶液, 在“2.3.1”项色谱条件下进样测定, 计算回收率。结果, 盐酸小檗碱平均加样回收率为 106%, RSD 为 0.511%。

2.4 提取工艺优化

2.4.1 提取方法筛选 固定料液比、提取溶剂, 以浸膏率、盐酸小檗碱提取率的综合评分(浸膏率×50%+盐酸小

檗碱提取率×50%)为评价指标, 考察超声提取、超声加酸提取、回流提取、浸渍提取方法的效果, 结果见表 1。由此可知, 超声加酸提取效率较高, 故选择其作为提取方法。

表 1 提取方法筛选结果

提取方法	浸膏率/%	盐酸小檗碱提取率/%	综合评分
超声提取	6.453 0	7.207 0	0.068 3
超声加酸提取	12.565 0	4.075 0	0.083 2
回流提取	7.212 0	5.988 0	0.066 0
浸渍提取	3.058 0	7.102 0	0.050 8

2.4.2 单因素试验 采用超声加酸提取, 筛选乙醇(含 0.12 mol/L HCl)体积分数、料液比、提取时间, 按“2.1”项下方法制备供试品溶液进行考察, 结果见图 2。由此可知, 乙醇(含 0.12 mol/L HCl)体积分数在 0~50% 范围内时提取率增加缓慢, 在 50%~70% 范围内增加较快, 随后又逐渐减缓, 故选择 50%~90% 进行考察; 料液比在 1:10~1:30 范围内提取率增加缓慢, 在 1:30~1:50 范围内增加较快, 在 1:50~1:100 范围内趋于缓和, 故选择 1:30~1:50 进行考察; 提取时间 30 min 时提取率最高, 故选择 15~45 min 进行考察。

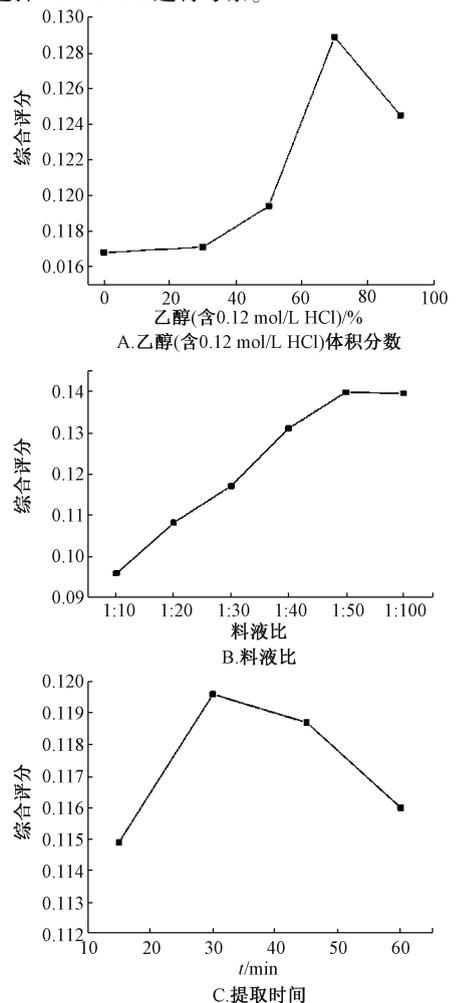


图 2 单因素试验结果

2.4.3 析因设计 以乙醇(含0.12 mol/L HCl)体积分数(A)、料液比(B)、提取时间(C)为影响因素,浸膏率、盐酸小檗碱提取率的综合评分(Y)为评价指标,采用析因设计进行筛选,结果见表2,方差分析见表3。由表3可

知,乙醇(含0.12 mol/L HCl)体积分数有极显著影响($P < 0.01$),提取时间有显著影响($P < 0.05$),料液比无显著影响($P > 0.05$),故将料液比确定为1:50,进一步对其其他2种因素进行优化。

表2 析因设计结果

试验号	A 乙醇(含0.12 mol/L HCl)/%	B 提取时间/min	C 料液比	浸膏率/%	盐酸小檗碱提取率/%	Y 综合评分
1	50	15	1:30	30.180 0	1.278 6	0.157 3
2	50	45	1:50	28.050 0	1.620 5	0.148 4
3	50	15	1:30	24.680 0	1.845 8	0.132 6
4	50	45	1:50	28.350 0	1.420 8	0.148 9
5	30	15	1:30	24.850 0	2.016 9	0.134 3
6	30	45	1:50	21.470 0	1.969 6	0.117 2
7	30	15	1:30	20.050 0	2.005 2	0.110 3
8	30	45	1:50	19.570 0	2.208 6	0.108 9

表3 析因设计方差分析

来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
矫正模型	0.070	3	0.010	10.615	<0.001
截距	0.373	1	0.373	4 147.400	<0.001
A	0.050	1	0.050	50.249	<0.001
B	0.010	1	0.000	0.474	0.503
C	4.206×10^{-5}	1	4.206×10^{-5}	6.228	0.026
误差	0.010	4	8.994×10^{-5}	—	—
总计	0.384	8	—	—	—
矫正总计	0.008	7	—	—	—

2.4.4 最速上升试验 参考文献[17]报道。由于乙醇(含0.12 mol/L HCl)体积分数(A)、提取时间(B)有显著影响($P < 0.05$),故按两者效应比例设定路径和步长,以浸膏率、盐酸小檗碱提取率的综合评分(Y)为评价指标,确定基本步长分别为10%、5 min,结果见表4。由此可知,乙醇(含0.12 mol/L HCl)体积分数80%、提取时间35 min时的综合评分最高,故将其作为中心组合设计-响应面法的中心试验点。

表4 最速上升试验结果

试验号	A 乙醇(含0.12 mol/L HCl)/%	B 提取时间/min	浸膏率/%	盐酸小檗碱提取率/%	Y 综合评分
1	50	20	28.430 0	1.570 0	0.150 0
2	60	25	27.670 0	1.586 2	0.146 3
3	70	30	26.530 0	1.687 3	0.141 1
4	80	35	35.080 0	1.343 5	0.182 1
5	90	40	24.893 2	1.646 8	0.132 7

2.4.5 中心组合设计-响应面法 参考文献[18-20]报道。以浸膏率、盐酸小檗碱提取率的综合评分(Y)为评

价指标,对“2.4.4”项下中心试验点进行处理,因素水平见表5,结果见表6。

表5 中心组合设计-响应面法因素水平

因素	-1.414	-1	0	1	1.414
A 乙醇(含0.12 mol/L HCl)/%	65.86	70	80	90	94.14
B 提取时间/min	27.93	30	35	40	42.07

表6 中心组合设计-响应面法结果

试验号	A 乙醇(含0.12 mol/L HCl)/%	B 提取时间/min	浸膏率/%	盐酸小檗碱提取率/%	Y 综合评分
1	80	42.07	27.590 4	1.809 6	0.147 0
2	90	30	28.017 0	1.792 4	0.149 0
3	70	30	25.467 0	1.922 4	0.136 9
4	90	40	29.900 0	1.399 5	0.156 5
5	65.86	35	27.500 0	1.680 0	0.145 9
6	70	40	27.600 5	1.639 5	0.146 2
7	80	27.93	26.729 6	1.890 4	0.143 1
8	94.14	35	33.304 0	1.436 0	0.173 7
9	80	35	31.904 0	1.356 0	0.166 3
10	80	35	32.451 4	1.308 6	0.168 8
11	80	35	32.097 2	1.342 8	0.167 2
12	80	35	32.400 0	1.200 0	0.168 0
13	80	35	32.097 2	1.342 8	0.167 2

采用 Design Expert 软件对表 6 数据进行多元二次回归拟合, 得方程为 $Y=0.17+7.714\times 10^{-3}A+2.789\times 10^{-3}B-4.5\times 10^{-4}AB-5.169\times 10^{-3}A^2-0.013B^2$ ($R^2=0.9395$), 表明模型拟合度较高, 方差分析见表 7。由此可知, 模型具有极显著影响 ($P<0.01$); 因素 A、 B^2 有极显著影响 ($P<0.01$), A^2 有显著影响 ($P<0.05$)。

表 7 中心组合设计-响应面法方差分析

来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	1.722×10^{-3}	5	3.444×10^{-4}	21.740	0.0004
A	4.761×10^{-4}	1	4.761×10^{-4}	30.050	0.0009
B	6.225×10^{-5}	1	6.225×10^{-5}	3.930	0.0879
AB	8.100×10^{-7}	1	8.100×10^{-7}	0.051	0.8276
A^2	1.859×10^{-4}	1	1.859×10^{-4}	11.730	0.0111
B^2	1.095×10^{-3}	1	1.095×10^{-3}	69.090	<0.001
残差	1.109×10^{-4}	7	1.584×10^{-5}	—	—
失拟差	1.073×10^{-4}	3	3.578×10^{-5}	40.200	0.0019
纯误差	3.560×10^{-6}	4	8.900×10^{-7}	—	—
总误差	1.833×10^{-3}	12	—	—	—

响应面分析见图 3。由此可知, 因素 A 达到 85% 左右时曲面变缓, 等高线密度变疏, 表明它在取值较小时对响应面值影响明显; 因素 B 达到 35 min 左右时曲面变缓, 等高线密度变疏, 表明它在取值较小时对响应面值影响明显。

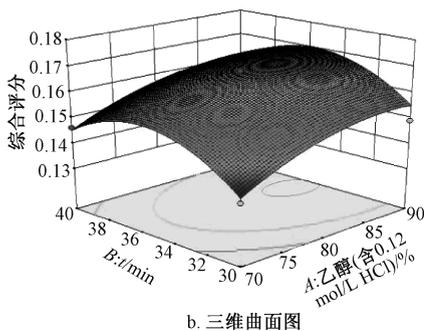
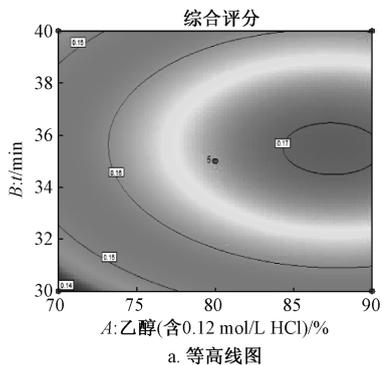


图 3 各因素响应面图

2.5 验证试验 采用 Design Expert 软件, 得到最优工艺为乙醇 (含 0.12 mol/L HCl) 体积分数 87.42%, 提取时间 35.49 min, 料液比 1:50, 综合评分 0.1705, 考虑到实际情况, 将其修正为乙醇 (含 0.12 mol/L HCl) 体积分数 90%, 提取时间 35 min, 料液比 1:50。按照优化工艺进行 3 批验证试验, 测得综合评分为 0.1694 (浸膏率、盐酸小檗碱得率分别为 32.483%、1.403%), 与预测值 0.1705

接近, 表明该工艺稳定可行。

3 讨论

由于生物碱类化合物具有多种生物活性, 也是中药材中重要药效成分, 故研究其提取优化条件对于科研和生产具有重要意义。目前, 生物碱提取工艺优化主要考察醇体积分、料液比、提取时间、提取温度、pH 值等指标^[21-22], 设计方案采用正交试验^[23]、Box-Behnken 响应面法^[24]、星点设计-效应面法^[25]。

本实验采用析因设计、最速上升实验、中心组合设计-响应面法结合的方法, 优化大叶小檗提取工艺。其中, 析因设计的最大优点是所获得的信息量很多, 可准确地估计各试验因素主效应大小, 不仅可用来分析全部因素的主效应、各因素之间的交互作用, 还能有效控制或消除其它混杂因素对反应变量的干扰, 使结果更准确、可靠、稳定, 从而为选择最优处理组合提供依据; 最速上升法是以梯度方向为搜索方向求极大值的优化方法, 通过寻求最优步长来使在该方向的目标函数值最大; 中心组合设计-响应面法的最大优点是能克服正交设计和均匀设计预测性较差、精确度不高的缺点, 通过非线性模型拟合来预测最佳试验条件, 使工艺得到最大程度的优化, 将三者有机结合时, 可首先筛选显著影响因素, 再根据合理的梯度、设计预测来拟合非线性模型, 从而得到更为准确、可靠的最佳实验条件。

本实验发现, 各提取方法权重和依次为超声加酸提取>回流提取>超声提取>浸渍提取, 故选择超声加酸提取作进一步考察。析因设计显示, 乙醇体积分数 (含 0.12 mol/L HCl) 对实验结果有极显著影响, 而提取时间有显著影响。根据函数梯度的特性发现, 在试验点附近沿梯度方向函数变化率最大, 即 80% 乙醇 (含 0.12 mol/L HCl), 提取时间 35 min, 故将其作为响应面试验的中心试验点。最终确定, 大叶小檗根最优提取工艺为提取时间 35 min, 提取溶剂 90% 乙醇-0.12 mol/L HCl, 料液比 1:50, 并且所得预测值与实测值的相对偏差较小, 可为该药材开发利用奠定理论基础。

参考文献:

- [1] 周 繇, 朱俊义, 于俊林. 中国长白山观赏植物彩色图志 [M]. 长春: 吉林教育出版社, 2005: 119-120.
- [2] 武永进, 朴惠顺. 大叶小檗化学成分分析 [J]. 延边大学医学学报, 2017, 40(4): 262-265.
- [3] 邢 宇, 刘 鑫, 林 园, 等. 小檗碱药理作用及其临床应用研究进展 [J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2017, 31(6): 491-502.
- [4] 陈阳峰, 钟晓红. 黄柏的药理作用及其活性成分提取 [J]. 作物研究, 2015, 29(5): 564-568.
- [5] 武永进, 朴惠顺, 李学哲. 大叶小檗根乙酸乙酯萃取物小鼠体内抗肿瘤作用 [J]. 延边大学医学学报, 2012, 35(4): 249-251.
- [6] 余冬阳. 大叶小檗生药学及其治疗口腔溃疡的剂型研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2014.
- [7] 武永进, 朴惠顺. 大叶小檗根不同萃取物的抗炎活性研究

- [J]. 华西药理学杂志, 2013, 28(4): 428-429.
- [8] 韩宁娟, 方欢乐, 牛睿, 等. 盐酸小檗碱提取方法研究进展[J]. 生物化工, 2018, 4(2): 135-137.
- [9] 杨庆珍, 郑司浩, 黄林芳. 小檗碱提取方法和药理活性研究进展[J]. 中国新药杂志, 2015, 24(5): 519-525; 532.
- [10] 傅灵艳, 艾琴英, 曾治君, 等. 黄连中小檗碱提取工艺研究[J]. 江西中医药大学学报, 2018, 30(5): 66-69.
- [11] 范东旭. 大叶小檗 (*Berberis amurensis* Rupr.) 生药学及药理活性的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2012.
- [12] 赵磊, 张启立, 汪洁, 等. 中心组合设计-响应面法优化新大黄牡丹汤提取工艺[J]. 中成药, 2016, 38(6): 1265-1268.
- [13] 马肖, 金永新, 陈煜娟, 等. 中心组合设计-响应面法优化复方当归补血汤提取工艺[J]. 中国中医药信息杂志, 2018, 25(9): 66-70.
- [14] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2015年版二部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 875.
- [15] 张彦辉. 高效液相色谱法测定黄连配方颗粒及饮片中盐酸小檗碱的含量[J]. 黑龙江科技信息, 2016(35): 41.
- [16] 陈凯, 李慧, 王佳奇, 等. 响应面法优化黄连饮片中盐酸小檗碱提取工艺[J]. 中国兽药杂志, 2016, 50(4): 21-28.
- [17] 黄潇, 肖雄, 高文军, 等. Plackett-Burman 试验、最速上升试验及 Box-Behnken 试验联用优化栀子多酚超声提取工艺[J]. 中国医药科学, 2015, 5(19): 61-64; 111.
- [18] 漆立军, 覃鸿恩, 黄华斌. 中心组合设计-响应面法优化银杏活脑胶囊的提取工艺[J]. 医药导报, 2017, 36(6): 668-672.
- [19] 王朵, 程方, 王赛璐, 等. 响应面中心组合设计法优化制备载磁活性炭[J]. 环境工程学报, 2016, 10(8): 4079-4086.
- [20] 丁仲鹏, 毕玉芬, 戴云, 等. 中心组合试验设计响应面分析法优化蜂胶总多酚提取工艺[J]. 食品科学, 2013, 34(2): 17-21.
- [21] 王书宁, 祝洪艳, 邵玉钢, 等. 黄藤总生物碱回流提取工艺的优化[J]. 中成药, 2018, 40(6): 1399-1403.
- [22] 潘诗哲, 但凡, 樊洁敏, 等. 响应面法优化荷叶生物碱盐提取工艺及其纯化[J]. 精细化工, 2019, 36(8): 104-109; 115.
- [23] 蒲忠慧, 苏海国, 王力, 等. 正交试验法优选川芎总生物碱的提取工艺[J]. 成都中医药大学学报, 2017, 40(2): 20-24.
- [24] 杨家强, 车万莉, 彭红艳, 等. Box-Behnken 响应面法优化葶苈总生物碱的提取工艺研究[J]. 中国药房, 2018, 29(13): 1802-1805.
- [25] 刘欣, 杨新, 张丽, 等. 星点设计-效应面法优化半枝莲总生物碱提取工艺[J]. 江汉大学学报(自然科学版), 2016, 44(5): 448-455.

松茸水提物提取工艺优化及其单糖组成分析

李祯鑫, 黄真, 程汝滨, 钟晓明*
(浙江中医药大学, 浙江 杭州 310053)

摘要: 目的 优化松茸水提物提取工艺, 并分析其单糖组成。方法 以提取温度、液料比、提取时间、提取次数为影响因素, 多糖提取率为评价指标, 正交试验优化提取工艺。水提醇沉法得到粗多糖后用三氟乙酸水解, 加入 1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮 (PMP) 进行衍生化, HPLC 法分析单糖组成。结果 最佳条件为药材加入 50 倍量水, 90 ℃ 下回流提取 2 h, 重复 3 次, 多糖提取率为 17.44%。多糖主要由甘露糖、葡萄糖、半乳糖、木糖、岩藻糖组成, 摩尔比为 1: 3.39: 1.19: 0.24: 0.40。结论 该方法快速稳定, 准确简便, 可用于松茸及其相关制剂的质量控制。

关键词: 松茸水提物; 提取; 单糖; 正交试验; HPLC

中图分类号: R284.2

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2021)04-1008-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2021.04.033

松茸主要分布在吉林、云南、四川、西藏等地^[1-2], 含有多糖、多酚、麦角甾醇、挥发性有机化合物等大量活性成分^[3-4], 近年来由于其所含多糖具有较高的药用价值而受到广泛关注^[5]。研究表明, 来自松茸子实体的水溶性松茸

多糖是该药材主要有效物质之一, 具有良好的药理活性, 如抗肿瘤^[6-7]、免疫调节^[8]、抗氧化^[9], 并可通过抑制人体内黑色素瘤细胞生成黑色素来起到美白肌肤的效果^[10], 在化妆品领域有着的广阔的开发前景。

收稿日期: 2020-05-11

基金项目: 株式会社高丝研究所横向课题 (2016-HT-146)

作者简介: 李祯鑫 (1995—), 男, 硕士生, 从事中药品质评价及资源开发利用研究。Tel: 15967402713, E-mail: lz2288@sina.com

* 通信作者: 钟晓明 (1962—), 男, 硕士, 教授, 博士生导师, 从事中药品质评价及资源开发利用研究。Tel: (0571) 61768168, E-mail: zxm_k6@sina.com