

响应面分析法优化槐叶中黄酮类化合物的提取工艺^Δ

李晓斌^{1,2*}, 陈振斌^{1,2#}, 杨 旻^{1,2}, 刘晓娇^{1,2}, 龙佳朋^{1,2}, 杜雪岩^{1,2}, 邸多隆³(1.兰州理工大学省部共建有色金属先进加工与再利用国家重点实验室, 兰州 730050; 2.兰州理工大学材料科学与工程学院, 兰州 730050; 3.中国科学院兰州化学物理研究所/中国科学院西北特色植物资源化学重点实验室/甘肃省天然药物重点实验室, 兰州 730000)

中图分类号 R284.2 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2015)07-0960-05

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2015.07.30

摘要 目的:优化槐叶中黄酮类化合物的提取工艺。方法:以提取率和纯度为指标,采用乙醇浸提法,通过单因素(乙醇体积分数、料液比、提取液pH、提取温度、提取时间和提取次数)试验和响应面法考察4个因素(乙醇体积分数、料液比、提取液pH、提取温度)对提取率和纯度的影响并对各水平进行优化及验证。结果:最优提取工艺条件为槐叶粗粉60目、乙醇体积分数80%、料液比1:30、pH 7、提取温度40℃、提取时间20h、提取3次。所得黄酮类化合物提取率为75.75%,纯度为17.56%。结论:本优化工艺实现了槐叶中黄酮类化合物的高效提取。

关键词 槐叶;黄酮类化合物;提取工艺;单因素试验;响应面法;优化

Optimization of the Extraction Technology of Flavonoids Compound in *Salvinia natans* by Response Surface Analysis

LI Xiao-bin^{1,2}, CHEN Zhen-bin^{1,2}, YANG Yang^{1,2}, LIU Xiao-jiao^{1,2}, LONG Jia-peng^{1,2}, DU Xue-yan^{1,2}, DI Duo-long³(1.State Key Laboratory of Advanced Processing and Recycling of Non-ferrous Metals, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China; 2.School of Material Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China; 3.Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences/Key Laboratory of Chemistry of Northwestern Plant Resources, Chinese Academy of Sciences/Key Laboratory for Natural Medicines of Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To optimize the extraction technology of flavonoids compound from *Salvinia natans*. METHODS: Using extraction ratio and purity as index, flavonoids compound was extracted from *S. natans* by ethanol extraction method. The effects of 4 factors (ethanol volume fraction, solid-liquid ratio, pH of extract solution, extraction temperature) on extraction rate and purity were investigated and optimized and validated by single factor test (ethanol volume fraction, solid-liquid ratio, pH value of extract, extraction temperature, extraction time, extraction times) and response surface methodology. RESULTS: The optimal extraction technology was as follows as the mesh of *S. natans* powder was 60; ethanol volume fraction was 80%; solid-liquid ratio was 1:30; pH value of extract solution was 7; extraction temperature was 40℃; extraction time was 20 h for 3 times. Under the optimum conditions, the extraction rate and purity of flavonoids compound were 75.75% and 17.56%, respectively. CONCLUSIONS: The target of extracting flavonoids compound efficiently from *S. natans* has been achieved by the optimized technology.

KEYWORDS *Salvinia natans*; Flavonoids compound; Extraction technology; Single factor test; Response surface methodology; Optimization

国槐(*Sophora japonica* L.)为豆科植物,落叶乔木,羽状复叶^[1],花淡黄色,结荚果,其花蕾和果实可入药^[2],具有治惊痫、壮热、肠风等作用,收录于2010年版《中国药典》(一部)^[3]。槐枝、槐叶均含有较多的黄酮类化合物,其中以芦丁为主^[4]。研究发现,黄酮类化合物具有抗炎、抗菌、清除自由基、抗衰老、降血脂、预防心脑血管疾病、增强机体免疫力等广泛的生理活

性^[5],因而在食品及药品方面越来越引起人们的关注。本文在对槐叶中黄酮类化合物进行提取的单因素试验基础上,采用响应面分析法进行料液比、提取温度、提取液pH和乙醇体积分数组合试验,拟合黄酮类化合物提取率的多元线性方程,分析各因素对提取效果的影响,获取槐叶黄酮类化合物的最优提取工艺条件,为槐叶中黄酮的提取提供工艺基础。

1 材料

1.1 仪器

752N型紫外-可见分光光度计(上海精密科学仪器有限公司);PHS-3C型pH计(上海雷磁仪器厂);RE-52AA型旋转蒸

Δ 基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.21374128)

* 硕士研究生。研究方向:分离型功能高分子材料。E-mail: xiao12242@sina.com

通信作者:教授。研究方向:功能高分子材料。E-mail: zhenbinchen@163.com

发器(上海亚荣生化仪器厂); CP225D型天平(德国 Sartorius 集团)。

1.2 药品与试剂

国槐槐叶(*Salvinia natans*)于2013年8月采自甘肃省兰州理工大学并经陈振斌教授鉴定,晒干后研磨粉碎,过60目筛备用;乙醇、氢氧化钠、硝酸铝、亚硝酸钠、氨水、冰乙酸均为分析纯;芦丁对照品(陕西森弗生物科技有限公司,批号:200076,纯度:≥99%)。

2 方法与结果

2.1 对照品溶液的制备

称取芦丁对照品 200 mg,精密称定,置于 1 000 ml 量瓶中,加入 80%乙醇定容,制备 0.20 g/L 对照品溶液备用。

2.2 检测波长的确定

精密量取对照品溶液,以相应的试剂溶液作参比,在 300~700 nm 波长范围内扫描,发现溶液在 505 nm 波长处有最大吸收峰,因此将 505 nm 确定为检测波长。

2.3 溶液标准曲线的建立及回收率试验

本文选择芦丁为对照品,参照《中国药典》(一部)方法制备标准曲线^[3]。精密吸取芦丁对照品溶液 0.50、0.65、0.90、1.25、2.50、3.00、3.75、5.00、5.75 ml,分别置于 25 ml 量瓶中,加水使量瓶中液体总体积为 6 ml,再加入 5%亚硝酸钠溶液 1 ml,混匀,放置 6 min;加 10%硝酸铝溶液 1 ml,摇匀,放置 6 min;加 4%氢氧化钠 10 ml,再加水定容至 25 ml,摇匀并放置 15 min。在波长 505 nm 处检测溶液吸光度(A,测定 3 次,取其平均值),与溶液质量浓度(c)进行线性回归绘制标准曲线,得方程为: $A=10.837c+0.00161$ ($R^2=0.9991$),结果表明,芦丁检测质量浓度线性范围为 0.002~0.07 g/L,方法回收率为 98.75%(RSD=0.05%,n=6)。

2.4 槐叶黄酮类化合物样品测定液的制备及提取率、纯度的计算

先将一定体积的提取液浓缩制成浸膏,将浸膏用少量乙醇溶解,加蒸馏水调乙醇的体积分数大约为 20%,放在冰箱里冷藏一夜,然后过滤。如此重复 3 次,合并滤液,再旋蒸至相应体积,将提取液通过针式过滤器进行过滤,再在 505 nm 波长下测定其吸光度,计算提取率和纯度^[6]。

提取率(E_0)= $(c_0 \times V_0)/(M \times m)$ 。其中, c_0 是所得提取液的质量浓度, V_0 是所用提取液体积, M 是提取所用槐叶总质量, m 是每克槐叶中黄酮类化合物质量(经试验所得将其提净后浸膏质量为 0.23 g,其中黄酮类化合物以芦丁计为 0.06 g)。

纯度(P)= $(c_1 \times V_1)/m_1$ 。其中, c_1 是待测试溶液中黄酮类化合物的质量浓度, V_1 是所配制溶液的体积, m_1 为同体积提取液烘干后质量。

2.5 单因素设计试验及结果

选择乙醇体积分数、料液比、提取液 pH、提取时间、提取温度和提取次数 6 个因素进行单因素试验,分别考察各因素对槐叶黄酮类化合物提取率和纯度的影响,确定各因素的优化区间。称取槐叶粗粉(60 目)200 g,选择乙醇体积分数分别为 0、20%、40%、60%、70%、80%、95%;料液比(槐叶质量与提取液体积比)为 1:22、1:24、1:26、1:28、1:30、1:32、1:34;pH 为 4、5、6、7、8、9、10、11;提取时间为 0.5、1、2、4、6、8、10、16、20、24、28 h;提取温度为 30、35、40、45、50、55、60 ℃;控制每组提取液总体积为 6 000 ml,分别进行 1、2、3 次提取,对 2 次及以

上提取,每次加入提取液的比例分别为 1:1(即 $V_1+V_2=6\ 000$, $V_1:V_2=1:1$,下同)、1:1:1、2:3:4、4:3:2、2:4:3、3:2:4、3:4:2、4:2:3、5:2:2、2:5:2 和 2:2:5。测定各提取液吸光度,计算提取出的黄酮类化合物的提取率和纯度,以得到最佳因素水平,结果详见图 1 和表 1(图中“■”表示提取率,“▲”表示纯度)。

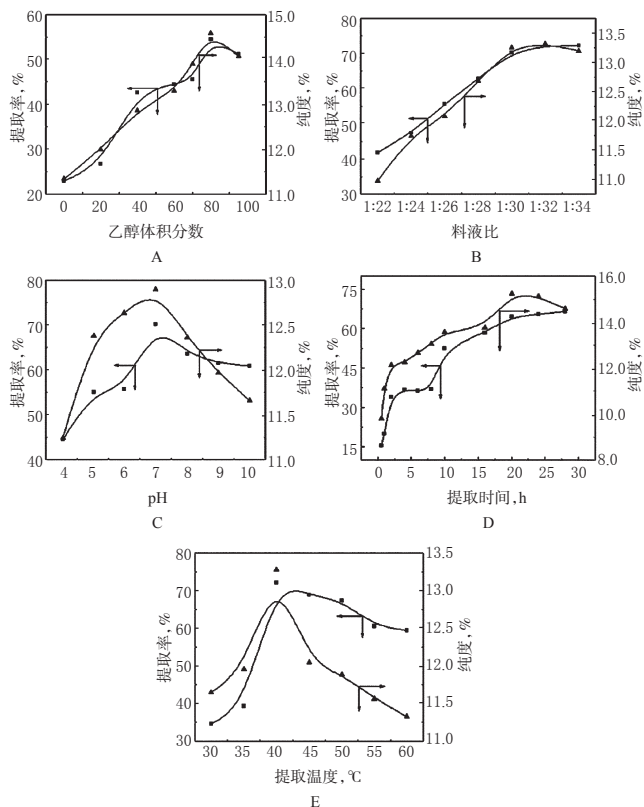


图 1 各因素对提取率和纯度的影响

A. 乙醇体积分数;B. 料液比;C. pH;D. 提取时间;E. 提取温度

Fig 1 Effects of each factor on extraction rate and purity

A. ethanol volume fraction; B. solid-liquid ratio; C. pH; D. extraction time; E. extraction temperature

表 1 提取次数对提取率和纯度的影响

Tab 1 Effects of extraction times on extraction rate and purity

提取次数	提取液每次加入的体积比	提取率, %	纯度, %
1次		43.71	10.71
2次	1:1	56.42	11.05
3次	1:1:1	82.61	13.56
3次	2:3:4	60.71	11.58
3次	4:3:2	74.05	12.47
3次	2:4:3	61.30	11.69
3次	3:2:4	75.82	13.17
3次	3:4:2	74.44	12.64
3次	4:2:3	74.85	12.76
3次	5:2:2	66.54	12.05
3次	2:5:2	67.97	12.16
3次	2:2:5	64.69	11.98

从图 1 和表 1 可知,提取率和纯度在乙醇体积分数为 80%、料液比为 1:30、pH 为 7、提取时间为 20 h、提取温度为 40 ℃、提取次数为 3 次(1:1:1)时均达到最大值。

2.6 响应面法优化提取条件

单因素考察得到了各因素的最优值,但由于各因素间的交互效应,所得工艺条件未必是最优的;同时,不同因素对提取率和纯度的影响权重也不同。因此,有必要对其主要影响因素进行考察和抽取,为未来工业化生产提供技术支撑。笔者在提取次数固定的情况下,选取料液比(X_1)、提取温度(X_2)、pH(X_3)、乙醇体积分数(X_4)4个影响因素,并根据Box-Behnken响应面设计的中心组合试验设计原理进行研究。试验因素与水平设计如表2所示,各因素的试验组合与结果见表3所示,提取率和纯度方差分析结果见表4、表5。

表2 响应面法试验因素水平编码表

因素	水平		
	-1	0	1
X_1 (料液比)	1:28	1:30	1:32
X_2 (提取温度,℃)	35	40	45
X_3 (pH)	6	7	8
X_4 (乙醇体积分数,%)	70	80	90

表3 响应面法试验结果

试验号	X_1	X_2	X_3	X_4	提取率, %	纯度, %
1	-1	-1	0	0	43.18	13.97
2	0	0	0	0	76.84	18.42
3	1	0	0	1	65.64	16.65
4	1	0	-1	0	60.66	16.14
5	0	0	-1	1	48.20	14.63
6	0	0	0	0	74.54	16.95
7	0	0	-1	-1	47.29	14.36
8	0	0	0	0	75.84	17.86
9	0	0	1	-1	47.43	14.48
10	0	1	0	1	49.82	14.72
11	0	1	-1	0	45.20	14.01
12	1	0	1	0	56.89	15.34
13	-1	0	0	1	54.95	15.11
14	0	-1	-1	0	45.60	14.11
15	-1	0	1	0	57.87	15.57
16	1	-1	0	0	46.28	14.20
17	0	1	1	0	49.57	14.52
18	0	-1	0	-1	48.08	14.57
19	0	0	1	1	52.31	14.69
20	0	-1	1	0	42.38	13.85
21	0	0	0	0	69.83	16.88
22	0	0	0	0	71.71	17.34
23	-1	0	0	-1	57.55	15.42
24	-1	0	-1	0	52.77	14.87
25	1	0	0	-1	63.27	16.37
26	0	-1	0	1	59.15	15.67
27	0	1	0	-1	59.72	15.85
28	-1	1	0	0	54.80	15.03
29	1	1	0	0	60.36	15.96

利用Design-Expert 8.0分析软件对表3中的试验结果进行回归分析,得到提取率 Y_1 和纯度 Y_2 的二元多次回归方程为:
 $Y_1 = 73.75 + 2.67X_1 + 2.90X_2 + 0.56X_3 + 0.56X_4 + 0.61X_1X_2 - 2.22X_1X_3 + 1.24X_1X_4 + 1.90X_2X_3 - 5.24X_2X_4 + 0.99X_3X_4 - 5.47X_1^2 - 14.23X_2^2 - 13.98X_3^2 - 8.07X_4^2$;
 $Y_2 = 17.49 + 0.39X_1 + 0.31X_2 + 0.028X_3 + 0.035X_4 + 0.18X_1X_2 - 0.38X_1X_3 + 0.15X_1X_4 + 0.19X_2X_3 - 0.56X_2X_4 - 0.015X_3X_4 - 0.67X_1^2 - 1.69X_2^2 - 1.68X_3^2 - 0.93X_4^2$ 。

表4 提取率方差分析表

方差来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
模型	2 610.51	14	186.46	10.13	<0.000 1	显著
X_1	85.23	1	85.23	4.63	0.049 4	显著
X_2	100.92	1	100.92	5.48	0.034 6	显著
X_3	3.77	1	3.77	0.20	0.657 7	
X_4	3.77	1	3.77	0.20	0.657 7	
X_1X_2	1.51	1	1.51	0.082	0.778 6	
X_1X_3	19.67	1	19.67	1.07	0.318 9	
X_1X_4	6.18	1	6.18	0.34	0.571 7	
X_2X_3	14.40	1	14.40	0.78	0.391 5	
X_2X_4	109.94	1	109.94	5.97	0.028 4	显著
X_3X_4	3.94	1	3.94	0.21	0.650 8	
X_1^2	194.24	1	194.24	10.55	0.005 8	极显著
X_2^2	1 313.88	1	1 313.88	71.34	<0.000 1	极显著
X_3^2	1 267.45	1	1 267.45	68.82	<0.000 1	极显著
X_4^2	422.80	1	422.80	22.96	0.000 3	极显著
残差	257.83	14	18.42			
失拟项	223.76	10	22.38	2.63	0.182 4	不显著
净误差	34.07	4	8.52			
总离差	2 868.33	28				

表5 纯度方差分析表

方差来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
模型	37.26	14	2.66	7.69	0.000 2	显著
X_1	1.83	1	1.83	5.30	0.037 2	显著
X_2	1.15	1	1.15	5.48	0.089 3	
X_3	0.009	1	0.009	0.026	0.873 7	
X_4	0.015	1	0.015	0.042	0.839 7	
X_1X_2	0.12	1	0.12	0.35	0.561 4	
X_1X_3	0.56	1	0.56	1.63	0.223 1	
X_1X_4	0.087	1	0.087	0.25	0.623 8	
X_2X_3	0.15	1	0.15	0.43	0.523 4	
X_2X_4	1.24	1	1.24	3.59	0.078 9	
X_3X_4	0.000 9	1	0.000 9	0.002 6	0.960 0	
X_1^2	2.91	1	2.91	8.41	0.011 6	显著
X_2^2	18.55	1	18.55	53.61	<0.000 1	极显著
X_3^2	18.25	1	18.25	52.74	<0.000 1	极显著
X_4^2	5.66	1	5.66	16.34	0.001 2	极显著
残差	4.84	14	0.35			
失拟项	3.16	10	0.32	0.75	0.677 9	不显著
净误差	1.69	4	0.42			
总离差	42.11	28				

为精确计算最优工艺参数,对槐叶黄酮类化合物提取率和纯度的回归方程中4个自变量分别求偏导并使之等于0,可以解方程预测其最优提取工艺参数。当在料液比1:30.16、提取温度40.32℃、pH 7.07、提取液乙醇体积分数78.34%条件下,槐叶黄酮类化合物提取率为77.48%;在料液比1:29.56、提取温度39.58℃、pH 6.96、乙醇体积分数80.05%条件下,槐叶黄酮类化合物纯度为18.07%。对最佳条件下所得结果与模型预测值进行比较,提取率误差为2.23%,纯度误差为2.82%,表明运用响应面法优化得到的模型参数准确可靠,具有实用意义。

在其他因素固定不变的情况下,选取2个交互的因素对槐叶黄酮类化合物提取率、纯度进行响应面图分析,利用Design-Expert 8.0软件对回归方程进行运算,考察各交互项对槐叶黄酮类化合物提取率和纯度的影响^[7]。结果pH与温度间交

交互作用显著,其余2个因素间交互作用不显著,详见图2、图3(由于料液比与其他3个因素交互作用不明显,故图略)。

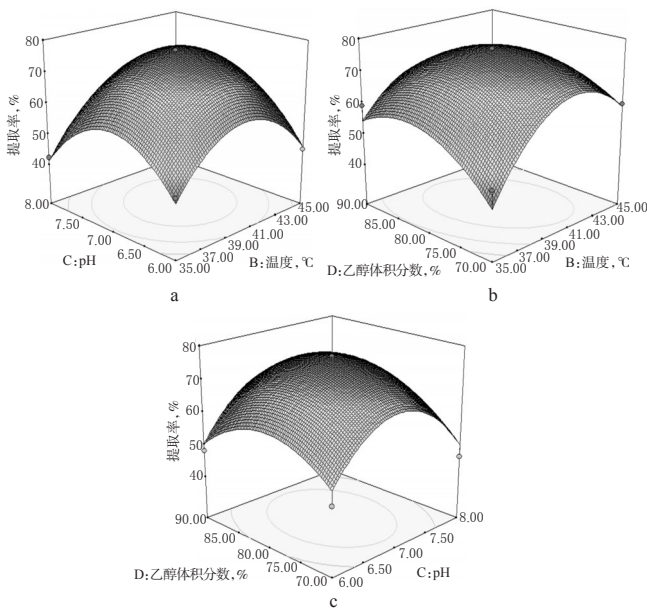


图2 各因素对提取率影响的响应面图

a. pH和温度; b. 乙醇体积分数和温度; c. 乙醇体积分数和pH

Fig 2 Response surface of each factor on extraction rate

a. pH and temperature; b. ethanol volume fraction and temperature; c. ethanol volume fraction and pH

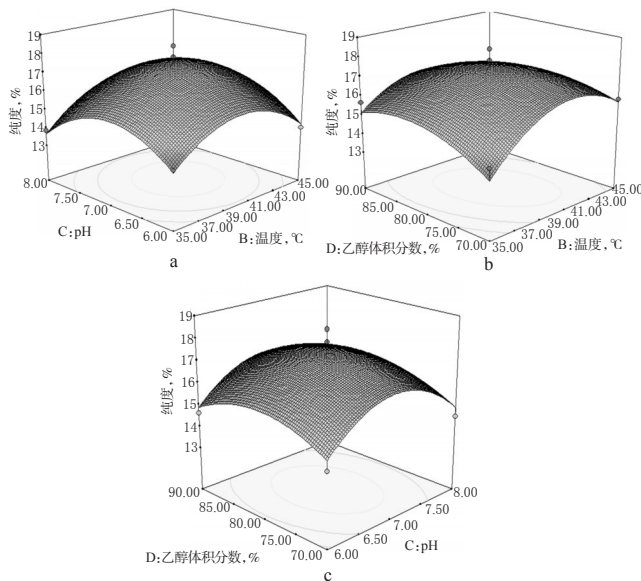


图3 各因素对纯度影响的响应面图

a. pH和温度; b. 乙醇体积分数和温度; c. 乙醇体积分数和pH

Fig 3 Response surface of each factor on purity

a. pH and temperature; b. ethanol volume fraction and temperature; c. ethanol volume fraction and pH

优化后的槐叶黄酮类化合物提取的最优条件为:槐叶粗粉60目,提取液为80%乙醇,料液比为1:30,pH为7,提取温度为40℃,提取时间为20h,提取次数为3次。得到的槐叶中黄酮类化合物提取率为75.75%,纯度为17.56%。

3 讨论

3.1 单因素试验结果分析

3.1.1 乙醇体积分数的影响 当提取剂中含水量较大时,黄酮类化合物由于在水中溶解度受限制而不能被有效提取,但槐叶中的水溶性成分却大量溶出,导致黄酮的提取率和纯度低。当提取剂中含水量小时,虽然因乙醇体积分数增大而使黄酮类化合物的溶解度增大,对溶胀部分的提取率增加,但由于乙醇量增大会导致槐叶溶胀度降低,黄酮类化合物因空间位阻难以溶出,反而导致提取率减小。

3.1.2 料液比的影响 随着提取液的增加,槐叶的溶胀度逐渐增大至溶胀平衡,其中的黄酮类化合物也越来越多地进入提取液并达到平衡,从而使提取率达到最大。

3.1.3 pH的影响 pH是通过冰乙酸和氢氧化钠进行调节的,在此过程中,并没有加入维持离子强度的盐类化合物。因此,在除中性外的其他pH下,由渗透压减小所导致的溶胀度减小将影响黄酮类化合物的溶出,所以黄酮类化合物的提取率在中性pH时最高,纯度也在中性pH时最大。

3.1.4 提取时间的影响 在开始提取时,提取剂需要对槐叶样品进行逐步溶胀,并在溶胀过程中实现提取,因此随着时间的延长,溶胀度越大,黄酮类化合物才能大量溶出。

3.1.5 提取温度的影响 当温度为40℃时,提取剂能充分地槐叶中的黄酮类化合物提取出来;而温度过高,提取的效果反而不好。

3.1.6 提取次数的影响 随着浸提次数的增加,提取液跟槐叶的充分接触程度增加,能够更有效地破坏细胞壁,使存在于其中的黄酮类化合物被有效提取出来进入溶液。然而,一味强调少量多次的效用,而不考虑提取剂对槐叶样品的溶胀度的影响,反而会使其中的黄酮类化合物因扩散限制、液泡不破裂等而使提取率下降^[8]。

3.2 响应面法试验结果分析

由图2、图3可知:(1)pH和温度交互作用显示,固定pH,随温度升高,提取率和纯度先升高后下降;固定温度,随pH升高,提取率和纯度也呈现先升高后降低的趋势,这与单因素试验结果相符。当pH在6.50~7.50、温度在39.00~41.00℃时,提取率和纯度可达最高;同时,等高线沿B轴方向变化相对密集,明显高于C轴方向且呈椭圆形,表明温度对响应值峰值的影响比pH大,二者之间交互作用显著。(2)乙醇体积分数和温度交互作用显示,固定乙醇体积分数或者温度,均呈先升高后降低的趋势,这与单因素试验结果相符。当乙醇体积分数在75.00%~85.00%、温度在39.00~41.00℃时,得最高提取率和纯度;同时,等高线沿B轴方向明显比D轴方向相对密集且呈圆形,表明温度对响应值峰值的影响比乙醇体积分数大,二者间相互作用不显著。(3)乙醇体积分数和pH交互作用显示,固定pH,在乙醇体积分数<80.00%时,提取率和纯度增加较明显,当乙醇体积分数>80.00%时反而下降;固定乙醇体积分数,在pH<7.00时,提取率和纯度随pH增大而上升,当pH>7.00后,提取率和纯度呈下降趋势,这与单因素试验结果相符。当pH在6.50~7.50、乙醇体积分数在75.00%~85.00%时,提取率和纯度最高;同时,等高线沿D轴方向明显比C轴方向相对密集且呈圆形,表明乙醇体积分数对响应值峰值的影响比pH大,二者交互作用不显著。

综上,本文采用乙醇浸提法,在研究不同单因素条件对槐叶黄酮类化合物提取率和纯度的影响基础上,利用Design-Ex-

连花清瘟胶囊带式真空干燥工艺优化研究[△]

苏红宁^{1*}, 王玉峰², 李淳瑞², 刘敏彦^{2#}, 李向军², 范文成²(1.石家庄市第四医院, 石家庄 050011; 2.石家庄以岭药业股份有限公司, 石家庄 050035)

中图分类号 R283 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2015)07-0964-03

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2015.07.31

摘要 目的:优化连花清瘟胶囊带式真空干燥的关键工艺参数。方法:以干浸膏的水分以及有效成分(连翘酯苷A、绿原酸)含量为评价指标,对影响真空干燥的主要因素(干燥温度、加料速度、履带速度)进行优选及验证试验。结果:优选干燥工艺参数为干燥温度50~60℃,加料速度20 L/h,履带速度18 cm/min。2次验证试验结果表明,干燥后干浸膏的水分、连翘酯苷A含量、绿原酸含量分别为4.8%、4.6%,1.76、1.78 mg/g,5.04、4.95 mg/g。结论:优选后的真空带式干燥工艺稳定、可行。

关键词 连花清瘟胶囊;带式真空干燥技术;干燥工艺;优化;水分;连翘酯苷A;绿原酸;含量

Study on the Optimization of Belt Vacuum Drying Technology for Lianhua Qingwen Capsules

SU Hong-ning¹, WANG Yu-feng², LI Chun-rui², LIU Min-yan², LI Xiang-jun², FAN Wen-cheng²(1.Shijiazhuang Fourth Hospital, Shijiazhuang 050011, China; 2.Shijiazhuang Yiling Pharmaceutical Co., Ltd., Shijiazhuang 050035, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To optimize the key parameters of belt vacuum drying technology for Lianhua qingwen capsules. METHODS: The key impact factors of vacuum drying as drying temperature, feed rate and track speed were optimized and verified using the moisture content of dry extract, forsythiaside A and chlorogenic acid as evaluation index. RESULTS: The parameters of optimized vacuum belt drying technology were as drying temperature of 50-60 °C, the feed rate of 20 L/h and the track speed of 18 cm/min. The results of 2 verification tests showed that after drying, the moisture content of dry extract and the content of forsythiaside A and chlorogenic acid were 4.8%, 4.6%; 1.76 mg/g, 1.78 mg/g; 5.04 mg/g, 4.95 mg/g, respectively. CONCLUSIONS: The optimized vacuum belt drying technology is stable and feasible.

KEYWORDS Lianhua qingwen capsules; Belt vacuum drying technology; Drying technology; Optimization; Moisture; Forsythiaside A; Chlorogenic acid; Content

pert 8.0软件,通过二次回归设计,得到黄酮类化合物提取率与料液比、pH、温度与乙醇体积分数的回归模型,初步研究了不同因素条件对槐叶黄酮类化合物提取率交互关系,得到主要结果如下:(1)运用全波长扫描法确定了亚硝酸钠-硝酸铝-氢氧化钠显色体系下芦丁的紫外最大吸收波长为505 nm。(2)经检验证明所建立的模型是合理的,能够用来预测黄酮类化合物的提取率,各影响因素对槐叶黄酮类化合物影响程度依次为:提取温度>料液比>乙醇体积分数>pH。(3)优化工艺可行,实现了槐叶中黄酮类化合物的高效提取。

参考文献

[1] 高建全,张亚超,刘景东.高效液相色谱法测定国槐槐叶中槲皮素的含量[J].白求恩军医学院学报,2010,8(6):415.

[△] 基金项目:国家科技重大专项——重大新药创制(No.2011ZX09201-201-27)

* 主管中药师。研究方向:中药材质量控制与工艺。电话:0311-85901712

通信作者:副主任中药师,博士。研究方向:中药质量控制与药动学。E-mail:liuminyan75@163.com

[2] Sun A, Sun Q, Liu R. Preparative isolation and purification of flavones compounds from *Sophora japonica* L. by high-speed counter-current chromatography combined with macroporous resin column separation[J]. *J Sep Sci*, 2007,30(7):1 013.

[3] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].2010年版.北京:中国医药科技出版社,2010:333-334.

[4] 熊维政,金燕飞,姜家书,等.国槐槐枝及槐叶中芦丁含量比较[J].药物研究,2011,20(18):22.

[5] 王秀卿,刘景东,王志玲,等.龙爪槐叶中黄酮醇苷元成分的研究[J].白求恩军医学院学报,2010,8(4):243.

[6] 龙佳朋,陈振斌,刘晓娇,等.正交试验优选甘草酸的复合酶法提取工艺[J].中国药房,2014,25(7):626.

[7] 薛兵,王涛涛,李丹丹,等.响应面法优化藜芦胺的提取工艺[J].食品工业科技,2013,34(2):259.

[8] 高宝英.甘草有效成分破壁提取技术研究[D].武汉:华中科技大学,2007:16-19.

(收稿日期:2014-06-18 修回日期:2014-12-07)

(编辑:刘 萍)