

响应面法优化栀子中总多酚、总黄酮的提取工艺[△]

黄 潇*,刘 婧,彭水梅,刘德鸿,付小梅#,裴建国,吴志瑰(江西中医药大学药学院,南昌 330004)

中图分类号 R284.2 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2017)28-3964-05

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2017.28.21

摘 要 目的:优化栀子中总多酚、总黄酮的提取工艺。方法:通过Plackett-burman(PB)设计筛选乙醇体积分数、液料比、药材粒径、提取时间、提取温度5个因素中对栀子总多酚、总黄酮提取的关键影响因素,再采用星点设计结合响应面法对提取工艺中关键影响因素进行优化,并进行验证试验。结果:栀子总多酚的最优提取条件为40%乙醇、药材粒径0.20 mm、提取温度60℃、液料比20倍、提取时间20 min;总黄酮的最优提取条件为40%乙醇、药材粒径0.20 mm、提取温度30℃、液料比20倍、提取时间20 min。验证试验中栀子总多酚、总黄酮的含量分别为1.70%(RSD=1.43%,n=3)、3.23%(RSD=3.72%,n=3),与预测值的相对误差分别为1.80%、8.75%。结论:采用基于PB和星点设计的响应面法优化栀子总多酚、总黄酮的提取工艺简便、合理、可行,本方法可为其工业化提取提供参考。

关键词 栀子;多酚;黄酮;Plackett-burman设计;星点设计;响应面法;提取工艺;优化

Optimization of Extraction Technology of Total Polyphenols and Total Flavonoids in *Gardenia jasminoides* by Response Surface Method

HUANG Xiao, LIU Jing, PENG Shuimei, LIU Dehong, FU Xiaomei, PEI Jianguo, WU Zhigui (School of Pharmacy, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330004, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To optimize the extraction technology of total polyphenol and total flavonoid in *Gardenia jasminoides*. METHODS: Plackett-burman (PB) design was used to select the ethanol volume fraction, liquid-solid ratio, particle size, extraction time and extraction temperature to determine the key factor affecting the extraction of total polyphenol and total flavonoids in *G. jasminoides*. Then central composite design (CCD) was combined with response surface method to optimize the extraction technology, and verification test was conducted. RESULTS: The optimal extraction conditions of total polyphenol were 40% ethanol, particle size of 0.20 mm, extraction temperature of 60℃, liquid-solid ratio of 20, and extraction time of 20 min; the optimal extraction conditions of total flavonoids were 40% ethanol, particle size of 0.20 mm, extraction temperature of 30℃, liquid-solid ratio of 20, and extraction time of 20 min. In verification test, the contents of total polyphenol and total flavonoids in *G. jasminoides* were 1.70% (RSD=1.43%, n=3) and 3.23% (RSD=3.72%, n=3), and the relative error of predicted values were 1.80% and 8.75% respectively. CONCLUSION: The response surface method optimized the extraction technology of total polyphenol and total flavonoids in *G. jasminoides* is simple, reasonable and feasible. This method can provide reference for its industrial extraction.

4.4 本次研究的不足

随着管理的不断深入和管理水平的不断提高,笔者发现,在各病区抢救及常备药品的“同质化”管理、抢救及常备药品出现不良反应后的相关处理与上报等管理方面,尚未得到有效关注。建议下一步在此方面的工作中也将FMEA方法纳入药品质量的管理工作中。

参考文献

- [1] 崔冉,王晓春,宫悦,等.失效模式和效果分析在医院药物安全管理过程中的应用[J].中国医院药学杂志,2014,34(5):405-408.
- [2] 吴玮哲,岑菡婧,丁春光,等.运用FAME降低住院患者静脉用药治疗风险[J].中国药房,2014,25(10):938-941.
- [3] Ashley L, Armitage G. Failure mode and effects analysis:

an empirical comparison of failure mode scoring procedures[J]. *J Patient Saf*, 2010, 6(4): 210-215.

- [4] 朱玲凤,项昌富,褚江洪,等. FMEA在医院血管活性药物安全管理中的应用[J]. 医院管理论坛, 2012, 29(2): 18-20.
- [5] 吴慧英,苏丹,李青. 浅谈如何加强病区药房药品的数量和效期管理[J]. 中国药房, 2007, 18(28): 2189-2191.
- [6] 董占军,安静,张玥,等. 抢救车药品管理存在的问题和对策[J]. 中国医院药学杂志, 2014, 34(12): 1029-1031.
- [7] 陆斌. 医疗机构药事管理的现状分析及应对思考[J]. 中国医院药学杂志, 2014, 34(7): 587-589.
- [8] 张永,卢智,郭丹. PDCA循环管理方法应用于我院三级综合医院复审过程中的药事管理的体会[J]. 中国药房, 2016, 27(10): 1305-1307.
- [9] 蒋红,黄莺,王桂娥,等. 医疗失效模式与效应分析在医院口服给药安全管理中的应用[J]. 中国护理杂志, 2012, 45(5): 394-396.

(收稿日期:2017-01-19 修回日期:2017-05-18)

(编辑:刘 萍)

△ 基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.81360620)

* 讲师,硕士。研究方向:中药制剂。电话:0791-87118645。E-mail:54682090@qq.com

通信作者:副教授,博士。研究方向:中药品质评价。电话:0791-87118993。E-mail:smilefxm@163.com

des were 1.70% (RSD=1.43%, n=3), 3.23% (RSD=3.72%, n=3), with relative error of 1.80%, 8.75% with predicted values, respectively. CONCLUSIONS: The response surface method based on PB and CCD is simple, reasonable and feasible to optimize the extraction technology of total polyphenol and total flavonoids in *G. jasminoides*. The method can provide reference for its industrial extraction.

KEYWORDS *Gardenia jasminoides*; Polyphenol; Flavonoid; Plackett-burman design; Central composite design; Response surface method; Extraction technology; Optimization

梔子为茜草科植物梔子(*Gardenia jasminoides* Ellis)的干燥成熟果实,被历届《中国药典》收载。国内外学者从梔子中发现了近80个黄酮类及多酚类化合物^[1-2],而这2类化合物多开发为天然的抗氧化剂^[3-4]。为深度开发梔子这一江西道地药材,本研究联用Plackett-burman(PB)-星点设计(Central composite design, CCD),通过响应面法分析优化梔子中黄酮类及多酚类化合物的提取工艺,为梔子的开发利用提供科学依据。

1 材料

1.1 仪器

KQ-250 超声清洗器(昆山市超声仪器有限公司); HH-4 数显恒温水浴锅(国华电器有限公司); BS224S 电子天平(德国赛多利斯公司); 116 摇摆式粉碎机(浙江瑞安市永历制药机械有限公司); UV-2100 紫外分光光度计(上海美谱达仪器有限公司)。

1.2 药材、对照品与试剂

梔子(购自江西樟树天齐堂中药饮片有限公司,批号:20140708,经江西中医药大学范崔生教授鉴定为梔子的果实,凭证标本存于江西中医药大学中药资源学科组); 没食子酸对照品(批号:110813-201204,纯度:98.50%)、芦丁对照品(批号:11040302,纯度:98.32%)均来源于中国食品药品检定研究院;其他试剂均为分析纯。

2 方法与结果

2.1 梔子总多酚的测定方法

2.1.1 没食子酸标准曲线与方法学考察 精密称取没食子酸对照品 5.0 mg,置于 50 mL 量瓶中,用 80% 乙醇稀释至刻度,分别精密吸取 0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8 mL 于 10 mL 量瓶中,加水至 4.0 mL,再加入 2 mL 福林酚试剂,摇匀,静置 5 min;再加入 10% 碳酸钠溶液 2 mL,用水稀释至刻度,摇匀,避光放置 120 min,于 764 nm 波长处测定吸光度^[5]。以吸光度为纵坐标(y)、没食子酸质量浓度为横坐标(x),绘制标准曲线,得回归方程为: $y = 0.095x - 0.103$ ($R^2 = 0.9980$),表明没食子酸质检测质量浓度线性范围为 3~8 $\mu\text{g/mL}$ 。按相关方法学考察方法操作,精密度试验中吸光度的 RSD=0.09% ($n=6$);稳定性试验中样品溶液室温放置 8 h 含量的 RSD=0.29% ($n=6$);分别按 80%、100%、120% 精密加入适量没食子酸对照品的样品溶液的平均回收率分别为 98.94%、97.83%、98.90% (RSD=2.24%, $n=3$)。上述试验结果提示,本含量测定方法均符合相关方法学要求。

2.1.2 梔子总多酚的测定 精密称取梔子粉末 0.5 g,置

于 100 mL 锥形瓶中,精密加入 20 mL 80% 乙醇溶液,超声提取 20 min (频率:40 kHz,功率:250 W),取出,放至室温,离心 20 min (3 000 r/min,离心半径为 6.5 cm)。取上清液置于 10 mL 量瓶中,加水至 4.0 mL,先加入 2 mL 福林酚试剂,摇匀,静置 5 min;再加入 2 mL 10% 碳酸钠溶液,用水定容至刻度,摇匀,避光放置 120 min。于 764 nm 波长处测定吸光度,根据没食子酸标准曲线计算梔子总多酚含量,每组试验平行 3 次。

2.2 梔子总黄酮的测定方法

2.2.1 芦丁标准曲线与方法学考察 精密称取芦丁对照品 6.2 mg,置于 25 mL 量瓶中,用 80% 乙醇稀释至刻度,分别精密吸取 1.3、1.6、1.9、2.1、2.4、2.8 mL 置于 10 mL 量瓶中(不足 2.4 mL 者加水至 2.4 mL),先加入 5% 亚硝酸钠溶液 0.4 mL,摇匀,静置 6 min;然后加入 10% 硝酸铝溶液 0.4 mL,摇匀,静置 6 min;最后加入 4.3% 氢氧化钠溶液 4.0 mL,用水稀释至刻度,摇匀,静置 15 min,于 508 nm 波长处测定吸光度^[6]。以吸光度为纵坐标(y)、芦丁质量浓度为横坐标(x),绘制标准曲线,得回归方程为: $y = 12.056x - 0.1485$ ($R^2 = 0.9996$),表明芦丁检测质量浓度线性范围为 32.24~69.44 $\mu\text{g/mL}$ 。按相关方法学考察方法操作,精密度试验中吸光度的 RSD=0.12% ($n=6$);稳定性试验中样品溶液室温放置 8 h 含量的 RSD=0.35% ($n=6$);分别按 80%、100%、120% 精密加入适量芦丁对照品的样品溶液的平均回收率分别为 98.12%、97.93%、98.45% (RSD=2.09%, $n=3$)。上述试验结果提示,本含量测定方法均符合相关方法学要求。

2.2.2 梔子总黄酮的测定 精密称取梔子粉末 0.5 g,置于 100 mL 锥形瓶中,精密加入 20 mL 的 80% 乙醇溶液,超声提取 20 min (频率:40 kHz,功率:250 W),取出,放至室温,离心 20 min (3 000 r/min,离心半径为 6.5 cm)。取上清液置于 10 mL 量瓶中,加水至 2.4 mL,先加入 5% 亚硝酸钠溶液 0.4 mL,摇匀,静置 6 min;再加入 10% 硝酸铝溶液 0.4 mL,摇匀,静置 6 min;最后加入 4.3% 氢氧化钠溶液 4 mL,用水定容至刻度,摇匀,放置 10~15 min。于 508 nm 波长处测定吸光度,根据芦丁标准曲线计算梔子总黄酮的含量,每组试验平行 3 次。

2.3 梔子总多酚和总黄酮提取工艺的优化

2.3.1 提取方法 精密称取一定量的已过工业筛的梔子粉末(根据不同目数的工业筛来筛选出不同粒径大小的梔子粉末),置于具塞锥形瓶中,加入一定量的不同体积分数的乙醇溶液,用铁架台固定于超声清洗器中,在保持超声清洗器中一定的提取水温的情况下(即提取温

度),超声提取一定时间,过滤,收集提取液备用。

2.3.2 PB设计 查阅文献[7-8],分别设置乙醇体积分数(X_1)、液料比(X_2)、药材粒径(X_3)、提取时间(X_4)及提取温度(X_5)5个考察因素。在前期的单因素试验中每个因素均考察了5个水平。根据单因素试验结果,得到各因素的取值范围为 X_1 :40%~80%, X_2 :10~30倍[加醇量(mL):栀子质量(g)], X_3 :0.20~1.45 mm, X_4 :10~30 min, X_5 :30~70 °C。以总多酚含量[TPC,即总多酚质量(g)/栀子质量(g)×100%]及总黄酮含量[TFC,即总黄酮质量(g)/栀子质量(g)×100%]为指标,用Design Expert 7.0软件设计试验并进行数据处理。PB试验因素与水平见表1,试验设计与结果见表2,方差分析结果见表3。

表1 PB试验的因素与水平

Tab 1 Factors and levels in PB test

因素	编码	水平		
		低(-1)	0	高(+1)
乙醇体积分数,%	X_1	40	60	80
液料比,mL/g	X_2	10	20	30
药材粒径,mm	X_3	0.20	0.85	1.45
提取时间,min	X_4	10	20	30
提取温度,°C	X_5	30	50	70

表2 PB试验设计与结果

Tab 2 PB test design and results

试验号	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	TPC,%	TFC,%
1	-1	1	1	-1	1	1.07	2.11
2	-1	-1	-1	1	-1	1.28	2.45
3	-1	-1	-1	-1	-1	1.06	2.31
4	1	-1	1	1	1	0.92	1.65
5	1	1	-1	-1	-1	1.15	2.09
6	-1	-1	1	-1	1	1.07	1.81
7	1	-1	-1	-1	1	1.38	2.20
8	1	-1	1	1	-1	0.62	0.83
9	-1	1	1	1	-1	0.95	2.16
10	1	1	1	-1	-1	0.42	0.75
11	1	1	-1	1	1	1.43	2.77
12	-1	1	-1	1	1	1.52	3.04

表3 PB试验方差分析结果

Tab 3 Results of variance analysis of PB test

误差来源	离均差平方和		自由度	均方差		F		P	
	TPC	TFC		TPC	TFC	TPC	TFC	TPC	TFC
模型	1.08	4.83	5	0.22	0.97	16.3	18.8	0.002	0.001
X_1	0.09	1.07	1	0.09	1.07	6.91	20.8	0.039	0.004
X_2	0.01	0.23	1	0.01	0.23	0.31	4.44	0.597	0.079
X_3	0.65	2.56	1	0.65	2.56	49.2	50.0	0.001	0.001
X_4	0.03	0.22	1	0.02	0.74	2.09	4.37	0.198	0.081
X_5	0.31	0.74	1	0.03	0.74	23.3	14.5	0.003	0.009
误差项	0.08	0.31	6	0.01	0.05				
总和	1.16	5.13	11						

从表3可知,各因素对TFC影响大小为 $X_3 > X_1 > X_5 > X_2 > X_4$;对TPC影响大小为: $X_3 > X_5 > X_1 > X_4 > X_2$ 。对5个因素进行回归分析和检验得知: X_2 、 X_4 、 X_5 与TPC、TFC响应值均具有正相关性; X_3 对这2个指标的响应值均具有极显著影响; X_1 、 X_5 对响应值具有显著影响; X_2 、 X_4

对响应值均不具有显著影响。

综合考虑,将乙醇体积分数、药材粒径、提取温度这3个显著因素作为星点设计中的因素;而液料比和提取时间这2个非显著因素不再进一步优化,而直接采用PB试验中的0水平,即分别为20倍、20 min。

2.3.3 星点设计 根据PB试验结果分析,选取乙醇体积分数(X_1)、药材粒径(X_3)、提取温度(X_5)为考察变量,以TPC、TFC为指标,进一步采用星点设计对栀子提取工艺进行优化。试验包括12个析因试验和3个中心试验(估计误差)。在星点设计中每个因素取3个水平,以[-1,0,1]表示;试验数据进行二次回归拟合,得到带交互项和平方项的二次方程;分析各因素的主效应和交互效应,最后在一定的水平范围内求出最佳值。星点设计的因素与水平见表4,星点设计与结果见表5。

表4 星点设计的因素与水平

Tab 4 Factor and levels in CCD test

因素	编码	水平		
		-1	0	+1
乙醇体积分数,%	X_1	40	60	80
药材粒径,mm	X_3	0.20	0.85	1.45
提取温度,°C	X_5	30	50	70

表5 星点设计与结果

Tab 5 CCD test design and results

试验号	X_1	X_3	X_5	TPC,%	TFC,%
1	1	0	0	0.95	1.68
2	0	1	0	1.12	1.85
3	0	-1	0	1.61	2.58
4	0	0	0	0.75	1.90
5	0	0	0	1.31	2.18
6	-1	-1	1	1.77	1.92
7	0	0	1	1.30	2.28
8	1	-1	-1	1.40	2.25
9	0	0	0	1.37	2.28
10	-1	-1	-1	1.67	3.11
11	1	1	-1	0.50	1.06
12	-1	0	0	1.35	2.87
13	1	1	1	0.95	1.74
14	0	0	-1	1.01	1.75
15	0	0	0	1.29	2.26
16	-1	1	1	1.25	2.79
17	1	-1	1	1.56	2.64
18	-1	1	-1	1.00	2.27
19	1	0	0	1.27	2.27
20	1	0	0	1.26	2.23

应用Design Expert 7.0软件对数据进行多元回归,经回归拟合后,各影响因素对各响应值的影响可用回归方程表示(Y_1 为TPC, Y_2 为TFC): $Y_1=1.22-0.17X_1-0.32X_3+0.13X_5-0.041X_1X_3+0.032X_1X_5+0.055X_3X_5-0.055X_1^2+0.15X_3^2-0.055X_5^2$ ($R_1^2=0.8465$); $Y_2=2.19-0.36X_1-0.28X_3+0.09X_5-0.27X_1X_3+0.22X_1X_5+0.25X_3X_5+0.12X_1^2+0.049X_3^2-0.14X_5^2$ ($R_2^2=0.8657$)。

对回归方程和方程的各因子进行方差分析,结果见表6。

表6 回归方程的显著性检验与方差分析结果

Tab 6 Results of significance test of the regression equation and variance analysis

误差来源	离均差平方和		自由度	均方差		F		P	
	TPC	TFC		TPC	TFC	TPC	TFC	TPC	TFC
模型	1.57	3.69	9	0.170	0.410	6.13	7.16	0.004 5	0.002 5
X_1	0.28	1.28	1	0.280	1.280	9.97	22.32	0.010 2	0.000 8
X_3	1.01	0.78	1	1.010	0.780	35.47	13.66	0.000 1	0.004 1
X_5	0.16	0.08	1	0.160	0.082	5.54	1.43	0.040 4	0.259 8
X_1X_3	0.01	0.57	1	0.140	0.570	0.47	9.89	0.506 5	0.010 4
X_1X_5	0.01	0.38	1	0.008	0.380	0.28	6.62	0.607 6	0.027 8
X_3X_5	0.02	0.50	1	0.024	0.500	0.84	8.82	0.381 0	0.014 0
X_1^2	0.01	0.04	1	0.008	0.041	0.29	0.71	0.600 9	0.419 2
X_3^2	0.06	0.01	1	0.060	0.006	2.09	0.11	0.179 1	0.742 6
X_5^2	0.01	0.05	1	0.007	0.053	0.24	0.92	0.633 0	0.359 8
误差值	0.29	0.57	10	0.290	0.057				
失拟值	0.02	0.46	5	0.004	0.093	0.08	4.28	0.992 7	0.068 2
纯误差	0.26	0.11	5	0.053	0.022				
总和	1.85	4.26	19						

根据方差分析结果得知,各模型方程P值均小于0.01,即表明指标值与自变量的多元回归关系极其显著,且失拟值均不显著($P>0.05$),表明试验相对于纯误差不具有显著性,模型合适。因此可以利用以上方程对栀子中总多酚、总黄酮的提取进行预测。

对于TPC模型方程,其 $R_1^2=0.846 5$,表明 Y_1 方程拟合情况较好(R^2 值 >0.7 即认为该方程拟合较好)。并且从方差结果中发现, X_1 、 X_3 、 X_5 对TPC具有显著影响($P<0.05$),但是各因素之间的交互作用影响不明显($P>0.05$)。

对TFC模型方程,其 $R_2^2=0.865 7$,表明 Y_2 方程拟合情况较好。并且从方差结果中发现, X_1 、 X_3 、 X_1X_3 、 X_1X_5 以及 X_3X_5 对TFC具有显著影响($P<0.05$)。

2.3.4 响应面分析 利用Design Expert 7.0软件作出各因素之间交互作用的等高线图及响应面图,见图1、图2。

由图1可知,各因素对TPC的影响大小依次为 $X_3>X_1>X_5$,因此减小药材粒径、增加乙醇体积分数、升高提取温度,都可使TPC响应值增加。3个因素的等高线并没有趋向椭圆,故无交互作用。

由图2可知,对TFC的影响大小依次为 $X_1>X_3>X_5$, X_3 、 X_1 的等高线趋向于椭圆,故两者有交互作用。当 X_2 固定为50℃、 X_2 固定为20倍、 X_1 固定在40%~80%范围内任一值的条件下, X_3 在0.20~1.45 mm范围内,随着粒径减少TFC逐渐增加。同样,若其他条件都固定,而 X_1 值在40%~80%范围内,随着 X_1 的升高,TFC响应值逐渐增加。

2.3.5 最优工艺条件的确定和模型的验证 通过Design Expert 7.0数据分析软件得出回归模型,预测出总多酚的最优提取工艺条件为:乙醇体积分数40%,药材粒径0.20 mm、提取温度57.87℃。预测栀子TPC为1.67%。考虑到试验的可操作性,将提取温度优化为60℃。总黄酮的最优提取工艺条件为:乙醇体积分数40%、药材

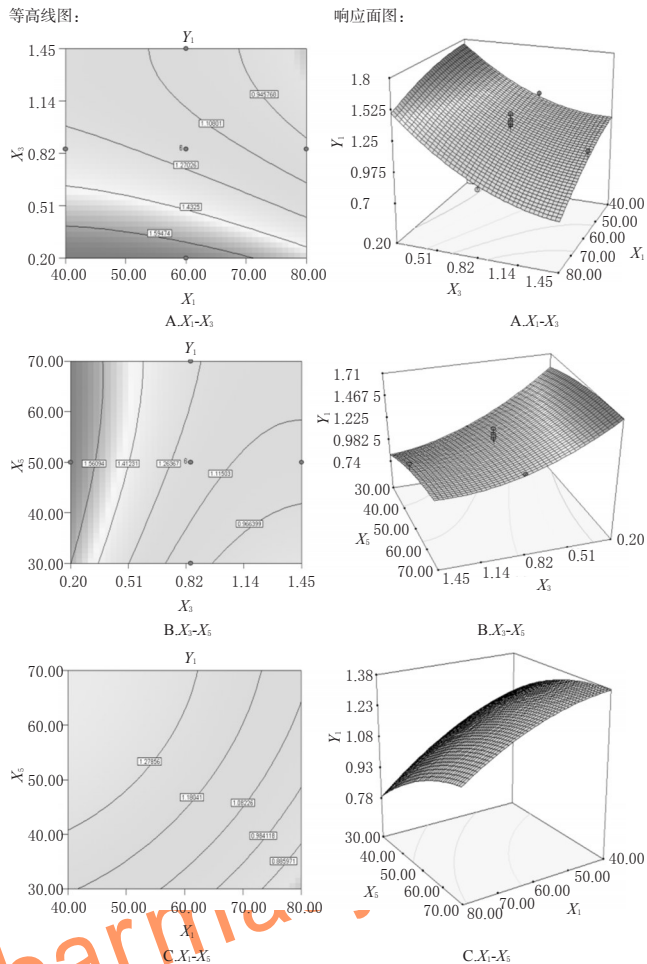


图1 各因素对TPC的等高线图和响应面图

Fig 1 Contours plots and response surfaces of each factor on TPC

粒径0.20 mm、提取温度30℃。预测栀子TFC为2.97%。

为了对模型进行验证,在以上最优提取条件下进行验证试验,共进行3次平行试验。精密称取500 g粒径为0.20 mm的栀子粉末,加入40%乙醇溶液,液料比为20倍,提取水温控制为60℃,超声提取20 min,结果栀子TPC平均值为1.70% (RSD=1.43%, $n=3$)。精密称取500 g粒径为0.20 mm的栀子粉末,加入40%乙醇溶液,液料比为20倍,提取水温控制为30℃,超声提取20 min,结果TFC平均值为3.23% (RSD=3.72%, $n=3$)。二者与预测值的相对误差分别为1.80%、8.75%,提示建立的最优提取条件稳定、可靠。

3 讨论

PB设计法是一种通过N次试验可以研究最多 $K=N-1$ 个变量(N一般为4的倍数)的2水平的试验方法,适用于从众多的考察因素中快速有效地筛选出最为重要的几个因素,供进一步研究用。本试验采用PB设计方法对影响栀子中总多酚、总黄酮提取的5个因素即乙醇体积分数、液料比、药材粒径、提取时间及提取温度进行筛选,快速地优化出3个关键的影响因素即乙醇体积分数、药材粒径、提取温度,为CCD-响应面法的最优提

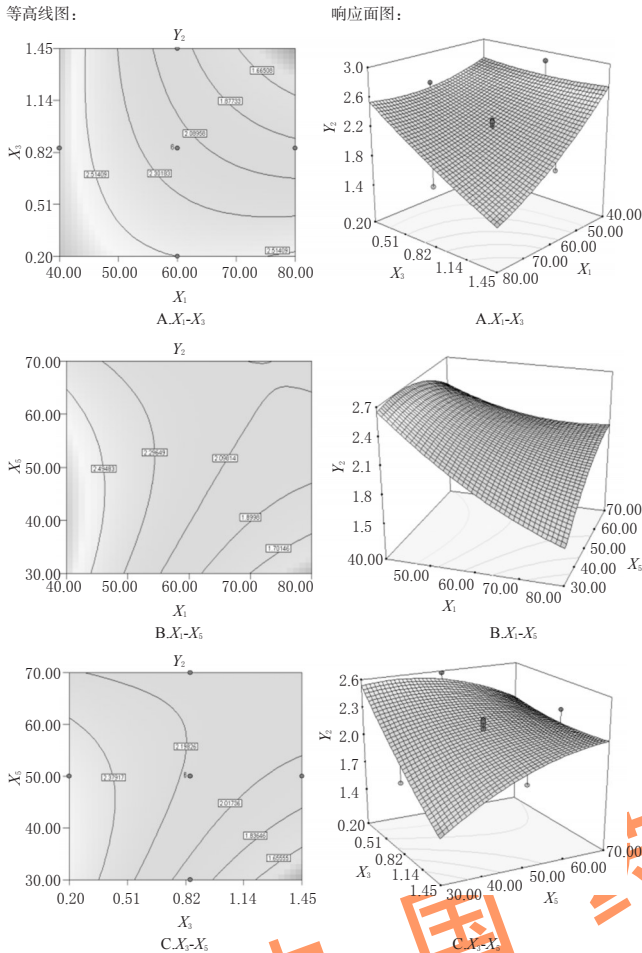


图2 各因素对TFC的等高线图和响应面图

Fig 2 Contours plots and response surfaces of each factor on TFC

取工艺的研究提供了基础。

江西是梔子的道地产区,也是《中药材生产质量管理规范》(GAP)产地。梔子中主要含有环烯醚萜类、西红花苷类、三萜类、有机酸类、黄酮类、多酚类等成分。历来文献主要对梔子中环烯醚萜类尤其是对其中的京尼平苷的分析测定较多,其次是对西红花苷类的含量测定,对酚酸类仅有极少量报道,如绿原酸、熊果酸、藏红花酸的含量测定^[9-11]。有关梔子的总多酚、总黄酮的含量及提取工艺研究报道较少。本试验通过联用PB-CCD设计方法进行梔子中总多酚、总黄酮成分的提取工艺研究,首先利用PB设计方法对提取过程中的因素进行筛选,再利用CCD-响应面法优化最终提取工艺参数,建立具有较高预测性的提取模型,为今后对梔子总多酚、总黄酮的工业提取制备提供了试验基础。

多酚类和黄酮类化合物具抗氧化、清除自由基、抗衰老、降血脂、降血压、降血糖、抗癌、镇痛、免疫、抗炎、抗菌等作用^[12-14]。合成的抗氧化剂如叔丁基羟基茴香、2,6-二叔丁基对甲酚、叔丁基对苯二酚因具有毒性而被限制使用^[15]。因此,从植物中寻找安全、天然的抗氧化

剂成为研究热点。本试验研究结果为梔子开发成天然的抗氧化剂提供了一定的科学基础,为促进江西道地药材梔子资源的充分利用与深度开发奠定了基础。

参考文献

- [1] 张忠立,左月明,杨雅琴,等.梔子中的黄酮类化学成分研究[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(4):79-81.
- [2] Nishizawa M, Izuhara R, Kaneko K, et al. 5-Lipoxygenase inhibitors isolated from Gardeniae Fructus[J]. *Chem Pharm Bull*, 1988, 36(1):87-95.
- [3] 贤景春,林婉华.飞扬草总多酚提取及其对羟基自由基的抑制作用[J].云南农业大学学报,2014,29(1):131-134.
- [4] 赵二劳,冯冬艳,武宇芳,等.香椿叶提取物抗氧化及抑菌活性研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2013,34(6):69-72.
- [5] 张军,李江遐,陆翠珍,等. Folin-Ciocalteu 比色法测桑叶中多酚含量[J].激光生物学报,2012,21(2):131-135.
- [6] 付克,王书妍,包玉敏,等.梔子中黄酮类化合物的提取和含量测定[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2012,27(5):530-532.
- [7] 胡春晖,张发斌. Box-Behnken 响应面法优化砂生槐子中总生物碱的提取工艺[J]. 中成药, 2016, 38(9): 2063-2066.
- [8] 康冰亚,刘瑞新,桂新景,等. Box-Behnken 响应面法优化大蒜油提取工艺[J]. 中国药房, 2017, 28(1): 103-106.
- [9] 付小梅,彭水梅,刘婧,等. HPLC 法同时测定梔子类药材中 10 个主要有效成分的含量[J]. 药物分析杂志, 2014, 34(4): 615-621.
- [10] 林萍,陈继光,尹忠平,等.不同培养条件对黄梔子愈伤的生长和绿原酸类物质积累的影响[J].现代食品科技, 2017, 33(4): 181-188.
- [11] 杨海玲,覃葆,李琴,等.焦梔子炮制前后熊果酸含量变化[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(15):43-45.
- [12] Ajay M, Cheng M, Mustafa AM, et al. A comparative study on antioxidant activity of flavonoids: structure-activity relationship[J]. *Malays J Sci*, 2005, 24(1): 187-190.
- [13] Singh M, Bhui K, Singh R, et al. Tea polyphenols enhance cisplatin chemosensitivity in cervical cancer cells via induction of apoptosis[J]. *Life Sci*, 2013, 93(1): 7-16.
- [14] Latruffe N, Rifler JP. Bioactive polyphenols from grapes and wine emphasized with resveratrol[J]. *Curr Pharm Des*, 2013, 19(34): 6053-6063.
- [15] Hu W, Shen W, Wang M, et al. Free radical scavenging activity and protective ability of methanolic extract from *Duchenea indica* against protein oxidation and DNA damage[J]. *J Food Sci Nutr*, 2009, 14(4): 277-282.

(收稿日期:2017-03-10 修回日期:2017-05-22)

(编辑:刘 萍)