

响应面法优化超声波辅助提取状元豆多糖工艺*

黎英, 尤双圳, 赖丹妮, 陈雪梅, 石小琼

(龙岩学院, 福建 龙岩, 364012)

摘 要 通过单因素试验和 Box-Behnken 中心组合试验设计, 考察了在超声波环境下液固比、超声功率、超声时间和提取温度对状元豆多糖提取率的影响, 并对状元豆多糖提取工艺条件进行优化。结果表明: 对状元豆多糖提取率的影响次序为, 超声功率 > 超声时间 > 液固比 > 提取温度。状元豆多糖最佳提取工艺参数是: 液固比 39:1 (mL:g), 超声功率 319 W, 超声时间 2.7 h, 提取温度 48 ℃, 提取率为 6.74%, 并通过精密密度、稳定性及重复性实验和回收率实验证明方法可行。

关键词 状元豆; 多糖; 超声提取; 响应面分析

状元豆学名莱豆, 是闽西地区种植历史悠久的一年蔓性大莱豆品种^[1], 其具有喜温怕冷的生长习性, 适宜海拔 600 米以上广东和福建地区种植^[2], 在民间常作为利尿化湿、健脾的保健蔬菜食用, 具有祛湿、补血、健胃、强肾、养颜防衰、抑制癌细胞、通便、防止骨质疏松老等功效^[3-4]。

多糖是一类具有多种生物活性功能的高分子化合物, 在临床上对肿瘤、肝炎、心脏病、神经衰弱均有一定疗效^[5]。近年来的研究也证明, 多糖除具有抗氧化、抗病毒、抗辐射、抗肿瘤、抗疲劳及调节免疫细胞等生物活性外, 还具有抗凝血、抗血栓、降血糖、降血脂、延缓衰老等特性, 甚至对艾滋病病毒也有一定的防御功能^[6-7]。

目前国内外关于多糖的提取研究报道较多, 但鲜见对状元豆多糖的提取工艺研究的报道。本研究在借鉴前人研究的基础上, 用超声波技术辅助提取状元豆多糖, 再通过响应面分析法对工艺条件进行优化。

1 材料与设备

1.1 材料与试剂

状元豆, 由龙岩上杭农科所提供; 葡萄糖标准品, Sigma 化学公司; 石油醚、葡萄糖、无水乙醇、丙酮、三氯甲烷、正丁醇、H₂SO₄、苯酚等。均为分析纯, 上海国药集团。

第一作者: 硕士, 高级实验师。

* 福建省教育厅科研项目 (JA13310)。

收稿日期: 2014-11-25, 改回日期: 2015-01-04

1.2 仪器与设备

FZ102 型微型植物粉碎机, 天津市泰斯特仪器有限公司; RE52AA 型旋转蒸发器, 上海亚荣生化仪器厂; FD-1-50 型真空冷冻干燥机, 北京博医康实验仪器有限公司; SK8210LHC 型超声波清洗机, 上海科导超声仪器有限公司; TB-114 型电子分析天平, 北京赛多利斯仪器系统有限公司; DHG-9140A 电热鼓风干燥箱, 上海一恒科技有限公司; DK-S24 型电热恒温水浴锅, 上海精宏实验设备有限公司; SHB-3 型循环水多用真空泵, 郑州杜甫仪器厂; TGL-16G-A 型高速冷冻离心机, 上海安亭科学仪器厂; UV-2102C 型紫外可见分光光度计, 尤尼柯仪器有限公司。

2 实验方法^[8-12]

2.1 状元豆多糖的超声波提取

将干燥过的状元豆粉碎过 40 目筛, 用滤纸包成圆柱形, 加入 3 倍体积的石油醚, 用索氏抽提装置 80 ℃ 回流脱脂 4 h, 再用 3 倍体积分数为 95% 乙醇回流 2 次, 2 h/次, 除去生物碱、低聚糖、挥发油等小分子物质。冷冻干燥后备用。称取 5.0 g 预处理过的状元豆粉, 加蒸馏水浸制后, 悬浮液按试验设定的条件进行超声波提取, 将提取液离心 (3 000 r/min, 15 min), 沉淀物按照同样的提取条件重复提取 2 次, 合并上清液进行旋转蒸发浓缩。向浓缩液加入 Sevag 试剂振荡去蛋白后加入 4 倍体积的 95% 乙醇, 放入 4 ℃ 冷藏柜中静置, 12 h 后离心 (4 000 r/min, 10 min) 得沉淀, 再依次用乙醇、丙酮反复振动洗涤 3 次, 最后真空冷冻干燥, 即得状元豆多糖粗提物。

2.2 状元豆多糖提取率的测定

2.2.1 葡萄糖标准曲线的制备

精确称取葡萄糖(经 105 °C 干燥至质量恒定)标准样品 10.00 mg,用蒸馏水溶解并定溶于 100 mL 容量瓶,配制成质量浓度为 0.10 mg/mL 的葡萄糖标准溶液。依次吸取 0、2.0、4.0、6.0、8.0、10.0、12.0 mL 葡萄糖标准液,于 100 mL 容量瓶中并加蒸馏水定容摇匀备用。然后精确移取上述各溶液 2 mL 置于具塞刻度试管中,各加入体积分数 5% 苯酚溶液 1.0 mL 和浓 H_2SO_4 5 mL,充分混匀,室温静置 30 min,于 490 nm 波长处测定吸光度。以 0 号管为空白对照,以吸光度为横坐标,葡萄糖质量浓度为纵坐标绘制标准曲线。

2.2.2 精密度实验

分别移取 6 份同一状元豆多糖供试样品溶液各 2.0 mL,置于具塞试管中,按 2.2.1 方法操作测定吸光度,重复 6 次。

2.2.3 稳定性实验

精密移取 2.0 mL 状元豆多糖供试样品溶液按 2.2.1 方法操作,分别在 10、30、60、90、120、150、180 min 时测定溶液吸光度。

2.2.4 重复性实验

分别移取在同一提取条件下,重复实验操作 6 次获得的状元豆多糖供试样品溶液各 2.0 mL 共 6 份,置于具塞试管中,按 2.2.1 方法操作测定吸光度,计算多糖含量。

2.2.5 加标回收实验

精密移取 2.0 mL 状元豆多糖供试样品溶液 5 份,分别加入不同体积的 0.010 mg/mL 的葡萄糖标准溶液,按 2.2.1 方法操作测定吸光度,按以下公式计算加标回收率。

加标回收率/% =

$$\frac{\text{混合后测得多糖含量} - \text{样品多糖含量}}{\text{葡萄糖标准加入量}}$$

2.2.6 状元豆多糖提取率计算

将状元豆粗多糖溶解并稀释至适当质量浓度,移取 2.0 mL 状元豆粗多糖样品液按 2.2.1 方法操作,于 490 nm 处测定其吸光度,重复 3 次,取平均值。按以下公式计算多糖提取率。

$$\text{状元豆多糖提取率}/\% = \frac{c \times V_0 \times n}{m \times V} \times 100$$

式中: c 为提取的样品液多糖的质量浓度,mg/mL; V_0 为样品液的总体积,mL; n 为稀释倍数; V 为样

品测定液的体积,mL; m 为称取的预处理状元豆粉的质量,g。

2.3 状元豆多糖提取单因素实验

用蒸馏水作溶剂进行提取,分别考察液固比、超声功率、超声时间及提取温度 4 个试验因素对状元豆多糖提取率的影响程度,进行单因素实验。

2.3.1 液固比对状元豆多糖提取率的影响

称取预处理过的状元豆粉 5.0 g,按液固 10:1、20:1、30:1、40:1、50:1 (mL:g) 的比例加入蒸馏水,在温度 50 °C,功率 200 W 条件下超声处理 30 min,按 2.1、2.2.1 及 2.2.6 实验方法提取粗多糖、测定提取液吸光度并计算多糖提取率,绘制曲线。

2.3.2 超声功率对状元豆多糖提取率的影响

称取预处理过的状元豆粉 5.0 g,选取 2.3.1 获得的最适液固比加入蒸馏水,在温度 50 °C 条件下,分别在超声功率 200、250、300、350、400 W 条件下处理 30 min,按 2.1、2.2.1 及 2.2.6 实验方法提取粗多糖、测定提取液吸光度并计算多糖提取率,绘制曲线。

2.3.3 超声时间对状元豆多糖提取率的影响

称取预处理过的状元豆粉 5.0 g,选取 2.3.1 和 2.3.2 获得的最佳液固比和功率,在温度 50 °C 条件下,分别超声处理 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 h,按 2.1、2.2.1 及 2.2.6 实验方法提取粗多糖、测定提取液吸光度并计算多糖提取率,绘制曲线。

2.3.4 提取温度对状元豆多糖提取率的影响

称取预处理过的状元豆粉 5.0 g,选取 2.3.1 ~ 2.3.3 获得的最佳液固比、功率和时间,依次以 20、30、40、50、60 °C 为提取温度,按 2.1、2.2.1 及 2.2.6 实验方法提取粗多糖、测定提取液吸光度并计算多糖提取率,绘制曲线。

2.4 响应面法优化试验设计

在单因素试验确定的提取条件下,以液固比、超声功率、超声时间、提取温度 4 个试验因素为考察因素,以状元豆多糖提取率为考察指标,称取 3 份预处理过的状元豆粉各 5.0 g,做 3 次平行实验,按 2.1、2.2.1 及 2.2.6 实验方法提取粗多糖、测定提取液吸光度并计算多糖提取率,再采用 Minitab15 软件中 Box-Behnken 试验设计原理,建立数学回归模型,进行数据分析,其因素水平设计见表 1。

表 1 状元豆多糖提取率的 Box- Behnken 因素与水平编码
Table 1 Factors and levels of Box- Behnken design on the extraction yield of beans champion polysaccharides

水平	因素			
	A[液固比 (mL: g)]	B(超声功率/ W)	C(超声时间/ h)	D(提取温度/ ℃)
-1	20:1	250	2.0	40
0	30:1	300	2.5	50
1	40:1	350	3.0	60

3 结果与分析

3.1 标准曲线的绘制

根据标准葡萄糖浓度 c 及对应的吸光度值 A 的关系,得到苯酚-硫酸法测定多糖浓度的标准曲线方程: $C=0.133\ 39A-0.000\ 7$,相关系数 $R=0.999\ 6$,在 $0.02\sim0.14\text{ mg/mL}$ 范围内呈良好的线性关系。

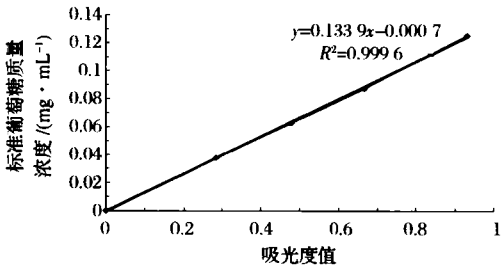


图 1 葡萄糖标准曲线
Fig.1 Standard curve of glucose

3.2 精密度实验结果

由表 2 可知,供试状元豆多糖样品的 RSD 为 2.834%,表明用硫酸-苯酚法测定状元豆多糖含量精密度较高。

表 2 精密度实验结果
Table 2 The results of Precision test

重复序号	1	2	3	4	5	6	RSD/%
吸光度	0.518	0.506	0.482	0.483	0.496	0.505	2.834

3.3 稳定性实验结果

由表 3 可看出,供试状元豆多糖样品溶液的吸光度在 120 min 内每隔 30 min 保持稳定,在 150 min 后开始下降,说明样品提取液按测定标准曲线的方法,在 30 min 左右时间测定的吸光度稳定好,能达到一般分光光度计的要求。

表 3 稳定性实验结果
Table 3 The results of Stability test

重复序号	1	2	3	4	5	6	7	RSD/%
吸光度	0.506	0.506	0.506	0.506	0.506	0.498	0.493	1.124

3.4 重复性实验结果

由表 4 可知,供试样品状元豆多糖的含量平均为 $0.047\ 59\text{ mg/mL}$,相对偏差为 1.368%,说明该方法测定状元豆多糖含量的重复性良好。

表 4 重复性实验结果

Table 4 The results of Repeatability test

序号	1	2	3	4	5	6	RSD/%
多糖含量/($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	0.048 52	0.047 32	0.047 99	0.047 19	0.046 65	0.047 85	1.368

3.5 加标回收率实验结果

由表 5 结果可知,供试状元豆多糖样品加标后回收率在 95.97%~102.47%,平均回收率为 99.64%,

相对标准偏差为 2.87%,说明该方法加标回收率高,准确度好。

表 5 加标回收率实验结果

Table 5 The results of recovery rate test

序号	供试样品多 糖提取液/mL	多糖含量/ ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	标准葡萄糖 加入量/mL	吸光度	加标后多含量/ ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	回收率/ %	平均回 收率/%	RSD/%
1	2.0	0.065 33	0.2	0.486	0.064 12	95.97	99.64	2.87
2			0.4	0.510	0.067 38	97.19		
3			0.6	0.546	0.072 14	101.13		
4			0.8	0.563	0.074 37	101.42		
5			1.0	0.584	0.077 19	102.47		

3.6 状元豆多糖提取工艺参数单因素试验结果分析

3.6.1 液固比对状元豆多糖提取率的影响

由图2可知,液固比为10:1 (mL:g)时的状元豆多糖提取率并不高,但随着溶剂量的增大,提取率相应地增大,而当液固比超过30:1后稍略有下降。可能是当溶剂量少,物料黏度大,扩散速度慢,提取不完全;但溶剂量过多可能导致溶剂对超声波有一定的吸收而使超声波破碎细胞程度下降,降低多糖的溶出量。并且考虑到增加水量不利于后期蒸发浓缩,在保证提取效果的同时,应尽量减少水用量和降低蒸发浓缩的负荷。因此液固比选在20:1~40:1 (mL:g)比较合适。

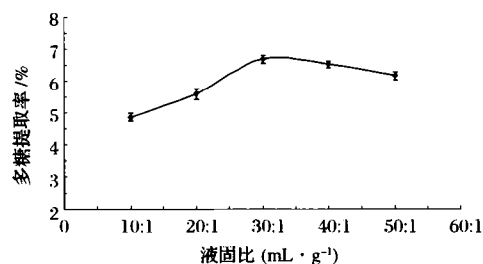


图2 液固比对状元豆多糖提取率的影响

Fig. 2 Effect of ratio liquid to solid on the extraction yield of polysaccharides from beans champion

3.6.2 超声功率对状元豆多糖提取率的影响

从图3可以看出,状元豆多糖提取率在超声功率300W时达到最大值,而后随着超声波功率的增大,多糖提取率反而有下降趋势。可能是因为超声波的功率与其作用有一定关系,一般功率越高,空化越强烈,可快速有效地促进植物细胞破壁破裂,加速提取溶剂对状元豆细胞内多糖的渗透,但功率如果过高,反而会相应产生大量无用的气泡,同时增加散射衰减,并形成声屏障,并且过高的功率易引起局部溶液瞬间升温,造成部分多糖分子结构的断裂,导致提取率降低。因此,确定超声功率250~350W为最佳试验条件。

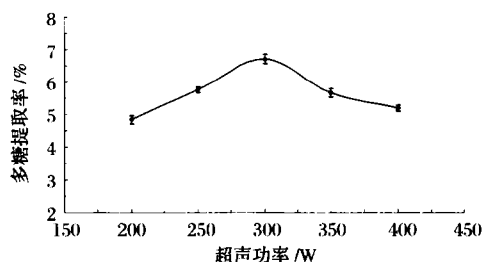


图3 超声功率对状元豆多糖提取率的影响

Fig. 3 Effect of ultrasonic power on the extraction yield of polysaccharides from beans champion

3.6.3 超声时间对状元豆多糖提取率的影响

由图4可知,在2~3 h内随着超声时间的延长,状元豆多糖提取率增加明显,呈正相关;时间超过3 h后提取率变化不明显,并且有所下降。可能时间小于2 h时,状元豆中的多糖还没有完全被浸提处理,而3 h后,多糖可能已经达到最大溶解状态,同时可能因为部分多糖在长时间的超声波机械剪切力作用下被降解或某些热敏性多糖类成分因发生长时间高频运动下而被热降解成小分子而造成损失。同时从节省能源角度考虑,提取时间也不能过长。因此综合考虑2~3 h超声时间较适宜。

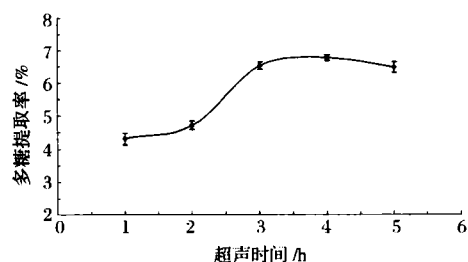


图4 超声时间对状元豆多糖提取率的影响

Fig. 4 Effect of ultrasonic time on the extraction yield of polysaccharides from beans champion

3.6.4 提取温度对状元豆多糖提取率的影响

从图5可以看出,温度对提取状元豆多糖的影响较大,温度越高,状元豆多糖提取率越高。这可能是因为温度升高,状元豆颗粒逐渐软化和变形,而溶剂分子因热效应加速进入状元豆颗粒的内部,使多糖的渗透力和溶解力加强,进而使多糖从细胞中更容易转移到水溶剂中。但因需同时考虑提取温度60℃是超声波清洗器的最高工作温度,如果长时间使用会对超声波器仪造成一定的损坏。所以提取温度选择50℃左右比较合适。

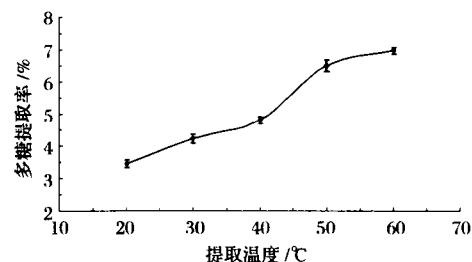


图5 提取温度对状元豆多糖提取率的影响

Fig. 5 Effect of extracting temperature on the extraction yield of polysaccharides from beans champion

3.7 状元豆多糖提取工艺参数优化

3.7.1 响应面试验结果

在单因素试验确定的最佳水平基础上,采用 Box- Behnken 软件中心组合设计原理,设计 4 因素 3 水平共 29 个试验,其中 24 个分析因子试验,5 个零点试验。优化超声波辅助提取状元豆多糖的工艺条件。设计的试验方案和结果见表 6。

表 6 Box-Behnken 中心试验设计方案及结果
Table 6 Box-Behnkenl central composite design
arrangement and experimental results

实验号	A	B	C	D	多糖提取 率/%
1	0	0	0	0	6.66
2	-1	-1	0	0	5.62
3	0	0	1	-1	6.17
4	0	0	-1	1	5.85
5	1	-1	0	0	5.46
6	-1	1	0	0	5.73
7	1	1	0	0	6.39
8	0	0	-1	-1	5.4
9	0	0	1	1	5.83
10	-1	0	0	-1	5.24
11	0	0	0	0	7.19
12	1	0	0	-1	6.08
13	-1	0	0	1	5.92
14	1	0	0	1	5.48
15	0	-1	-1	0	5.55
16	0	1	-1	0	6.11
17	0	-1	1	0	5.88
18	0	1	1	0	6.31
19	-1	0	-1	0	5.68
20	0	0	0	0	7.23
21	0	0	0	0	7.07
22	1	0	-1	0	5.66
23	-1	0	1	0	5.84
24	1	0	1	0	6.36
25	0	-1	0	-1	5.37
26	0	1	0	-1	5.93
27	0	-1	0	1	5.42
28	0	1	0	1	6.19
29	0	0	0	0	6.92

3.7.2 回归模型的建立和方差分析

使用响应面分析法对表 6 中的试验数据进行多元回归拟合,可得到液固比、超声功率、超声时间、提取温度相关回归系数,其回归方程为:

$$Y = - 55.809\ 75 + 0.362\ 6A + 0.128\ 88B + 11.676\ 67C + 0.875\ 67D + 4.100\ 00E - 004AB + 0.027\ 000AC - 3.20\ 000E - 003AD - 1.300\ 00E - 003BC + 1.050\ 00E - 005BD - 0.039\ 500CD -$$

$$6.357\ 50E - 003A^2 - 2.293\ 00E - 004B^2 - 1.953\ 00C^2 - 7.082\ 50E - 003D^2$$

进一步对回归方程进行分析,所得的方差分析见表 7。

表 7 状元豆多糖提取率的回归方程各项的方差分析
Table 7 Variance analysis of regression equation on the
extraction yield of beans champion polysaccharides

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	Prob > F	显著性
模型	8.52	14	0.61	33.22	<0.000 1	**
A	0.16	1	0.16	8.91	0.009 8	**
B	0.94	1	0.94	51.34	<0.000 1	**
C	0.38	1	0.38	20.82	0.000 4	**
D	0.021	1	0.021	1.14	0.304 4	
AB	0.17	1	0.17	9.17	0.009	**
AC	0.073	1	0.073	3.98	0.066	
AD	0.41	1	0.41	22.35	0.000 3	**
BC	4.225E-003	1	4.225E-003	0.23	0.638 5	
BD	0.011	1	0.011	0.6	0.450 9	
CD	0.16	1	0.16	8.51	0.011 2	*
A ²	2.62	1	2.62	143.06	<0.000 1	**
B ²	2.13	1	2.13	116.31	<0.000 1	**
C ²	1.55	1	1.55	84.38	<0.000 1	**
D ²	3.25	1	3.25	177.54	<0.000 1	**
残差	0.26	14	0.018			
失拟项	0.042	10	4.165E-003	0.078	0.999 4	不显著
纯误差	0.21	4	0.054			
总和	8.78	28				

注:P<0.01 为极显著,用 ** 表示;P<0.05 为显著,用 * 表示;P>0.05 为不显著。

由表 7 可知,回归二次方程模型的 $P < 0.000\ 1$ (极显著),而失拟项 $P = 0.999\ 4 > 0.05$ (不显著),说明正交试验结果与数学模型拟合程度良好,可用模型来分析和预测状元豆多糖的提取工艺条件。决定系数 $R^2 = 0.970\ 8$,与校正决定系数 $\text{Adj. } R^2 = 0.941\ 6$ 相近,表明状元豆多糖提取率预测值与实测值有较好的拟合度。次变异系数 $\text{CV} = 2.25\%$,也说明模型的置信度较高,试验的可靠性和精确度较好。同时,由表 7 的 F 值大小可知,4 个因素对状元豆多糖提取率影响显著程度排序为:超声功率>超声时间>液固比>提取温度;且各因素交互作用对状元豆多糖提取率的影响强弱依次为: $AD > AB > CD > AC > BD > BC$;二次项中 4 个因素对状元豆多糖提取率的影响都达到极显著水平。

3.7.3 两因素交互作用分析

4 个因素两两交互作用的三维响应面图,如图 6 所示。

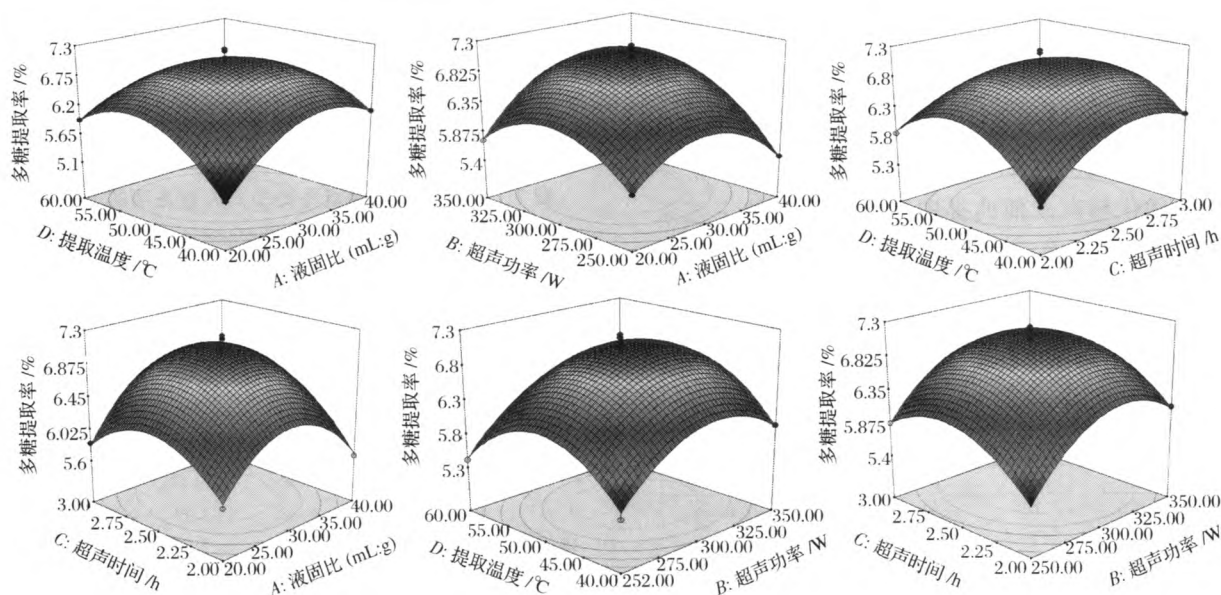


图6 各因素对多糖提取率影响的等高线及响应面图

Fig. 6 Response surface plot and contour plot of effect of interactions between every two factors on the extraction yield of beans champion polysaccharides

依据响应面的等高线的形状越接近椭圆形和曲面倾斜度越陡,响应值对于处理条件改变的敏感程度越大,因素间交互作用越显著,反之则交互作用不显著。由图6可看出,4个因素对多糖提取率的影响都呈先增大后减的趋势。液固比和提取温度,以及液固比和超声功率的交互作用极显著;超声时间和提取温度交互作用显著;而液固比和超声时间、超声功率和提取温度以及超声功率和超声时间没有显著地交互作用。

3.7.4 最佳工艺参数的选取

由Box-Behnken软件计算出状元豆多糖提取的最佳工艺条件为:液固比38.85:1(mL:g),超声功率319.18 W,超声时间2.67 h,提取温度47.98℃,在此参数下预测的总多糖提取率6.78%。考虑实际条件的可操作性,将条件适当调整为液固比39:1(mL:g),超声功率319 W,超声时间2.7 h,提取温度48℃,在此条件下进行3次验证性试验,状元豆多糖提取率平均为6.74%,与预测值的相对误差为0.59%,差异不明显。因此,利用响应面法优化出的提取工艺参数基本准确可靠。

4 结论

(1) 通过对显色的精密性、稳定性、重复性及加标回收率的考察,结果表明,利用硫酸-苯酚分光光度法测定分析状元豆多糖含量的方法快速、准确、简单、

灵敏、重复性好,可操作性强,可用于状元豆多糖含量的测定。

(2) 状元豆多糖最佳提取条件为:液固比39:1(mL:g),超声功率319 W,超声时间2.7 h,提取温度48℃,通过3次验证试验,在此条件下状元豆多糖提取率平均为6.74%,与预测值的相对误差为0.59%,差异不显著。

(3) 4个因素对状元豆多糖提取率影响的程度排序为:超声功率>超声时间>液固比>提取温度。

参 考 文 献

- [1] 李广昌. 龙岩莱豆生态特性及高产栽培措施[J]. 吉林蔬菜, 2008(5): 8-9.
- [2] 张其宾, 林炎照, 林警周, 等. 莱豆新品种龙莱1号的选育[J]. 福建农业科技, 2011(5): 56-57.
- [3] 翁维健. 中医饮食营养学[M]. 上海科学技术出版社, 1992.
- [4] 沈志平, 吴美云. 豆类食品的营养[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1998.
- [5] 吴笏笛. 多糖的作用及其研究进展[J]. 沈阳师范大学学报: 自然科学版, 2008, 26(2): 221-223.
- [6] 许春平, 杨琛琛, 郑坚强, 等. 植物叶多糖的提取和生物活性综述[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(14): 111-114.
- [7] RU Qiao-mei, WAN Li-juan, LI We-ming. *In vitro* antioxidant properties of flavonoids and polysaccharides extract

- from tobacco (*Nicotiana tabacum* L. [J]. Leaves, 2012, 17:11 281 - 11 291.
- [8] 魏然,陈义伦,邹辉,等. 超声波提取条件对圆铃大枣多糖提取率的影响[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(11): 253 - 257.
- [9] 张好好,洪波,李宗亮,等. 响应面法优化金丝小枣枣渣中多糖提取工艺[J]. 吉林农业大学学报, 2014, 36(3): 352 - 359.
- [10] 郝继伟. 超声波提取豆渣中水溶性大豆多糖工艺研究[J]. 大豆科学, 2011, 30(3): 507 - 510.
- [11] 杨婧,张帅,王冬梅,等. 超微粉碎联合超声法提取红花中多糖工艺研究[J]. 哈尔滨商业大学学报:自然科学版, 2014, 30(3): 354 - 356, 360.
- [12] 罗光宏,李金燕,叶生宝,等. 黄参多糖提取工艺参数优化[J]. 食品科学, 2013, 34(24): 40 - 45.

Optimization of ultrasonic-assisted technology for polysaccharides extraction from champion beans using response surface methodology

LI Ying, YOU Shuang-zhen, LAI Dan-ni, CHEN Xue-mei, SHI Xiao-qiong

(Longyan university, Longyan Fujian, 364012, China)

ABSTRACT The single factor experiment and Box-Behnken experiment were designed to study the effects of liquid-solid ratio, ultrasonic power, ultrasonic time and extraction temperature on the extraction yield of polysaccharides from champion beans. Then the parameters for polysaccharides extraction were optimized. Analysis of variance showed that ultrasonic power could have a greater impact on the extraction rate of polysaccharides, then was the ultrasonic time and liquid-solid ratio, the last was extracting temperature. The optimal conditions of ultrasonic-assisted extraction technology for polysaccharides were: liquid-solid ratio 39:1 (mL: g), ultrasonic power 319 W, ultrasonic time 2.7 h and extracting temperature 48 °C. Under these conditions, the extraction rate was 6.74%. The extraction conditions were also proved by precision, stability and repeatability tests and the recovery experiment.

Key words champion beans; polysaccharides; ultrasonic extraction; response surface analysis