

微波辅助提取栀子皂甙的 工艺优化及其抗氧化性

林 樱, 刘玉萍, 吴祥庭*

(温州大学生命与环境科学学院, 浙江温州 325027)

摘要:以栀子粉末为原料,运用微波辅助提取栀子中的皂甙,并对其抗氧化性进行研究。在单因素试验基础上,以微波时间、浸提时间、液固比和乙醇浓度为因素,皂甙得率为响应值,采用 Box-Behnken 试验设计进行响应面分析。并以抗坏血酸为对照,用铁氰化钾还原法和 DPPH 自由基的清除率考察栀子皂甙的抗氧化活性。实验结果表明,栀子皂甙微波辅助提取最优条件为微波功率 450 W、微波时间 40 s、浸提时间 9.6 min、浸提温度 50 °C、液固比 21:1 (mL/g)、乙醇浓度 80%, 所得最佳得率为 13.92% ± 0.04%, 与模型预测皂甙得率相对误差仅为 2.05%。微波辅助法提取栀子皂甙简便、提取得率高,回归模型合理可靠,可用于实际预测。抗氧化活性研究表明,栀子皂甙对羟基自由基的还原能力和 DPPH 自由基清除能力均较好,但其总体抗氧化性低于抗坏血酸。

关键词: 栀子, 皂甙, 微波辅助提取, 响应面法, 抗氧化性

Optimization of Microwave-assisted Extraction of Saponins from *Gardenia jasminoides* Ellis and Its Antioxidant Activity

LIN Ying, LIU Yu-ping, WU Xiang-ting*

(School of Life and Environmental Science, Wenzhou University, Wenzhou 325027, China)

Abstract: The microwave-assisted extraction of saponins from *Gardenia jasminoides* Ellis powder was studied. On the basis of single factor experiment, response surface analysis was carried out with Box-Behnken design, taking microwave time, extraction time, liquid-solid ratio and ethanol concentration as factors, and saponin yield as response value. The antioxidant activity of gardenoside was studied by potassium ferricyanide reduction method and DPPH free radical scavenging rate with ascorbic acid as control. The results showed that the optimal extraction conditions for the extraction of saponins from *Gardenia* were microwave power 450 W, microwave time 40 s, extraction time 9.6 min, extraction temperature 50 °C, liquid-solid ratio 21:1 (mL/g) and ethanol concentration 80%, respectively. Under these conditions, the yield of *Gardenia* saponins was 13.92% ± 0.04%, which had 2.05% of the relative error to the model predictive yield. The study revealed that this microwave-assisted methodology, which was simple and highly efficient, was suitable for extraction of *Gardenia jasminoides* Ellis saponins. And the regression model was reliable for the yield prediction in practice. The antioxidant activity study showed that abilities of saponins in *Gardenia jasminoides* Ellis to scavenge hydroxyl radical and DPPH were good, but its overall reducibility was lower than that of ascorbic acid.

Key words: *Gardenia jasminoides* Ellis; saponins; microwave-assisted extraction; response surface method; antioxidant properties

中图分类号: TS255.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2019)03-0159-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.03.026

引文格式: 林樱, 刘玉萍, 吴祥庭. 微波辅助提取栀子皂甙的工艺优化及其抗氧化性[J]. 食品工业科技, 2019, 40(3): 159-164, 172.

栀子是茜草科植物栀子 (*Gardenia jasminoides* Ellis) 的干燥成熟果实, 作为中国传统的中药药材, 在临床中被应用于保肝利胆药, 历代本草经中亦有记载其效用。栀子性味苦寒, 入心、肺、三焦经, 具有

清热泻火、利湿除烦、凉血解毒和抗氧化等功用^[1-2]。栀子中含有多种化学成分, 主要包括单萜、三萜(栀子花酸类)、黄酮(栀子素类)、环烯醚萜类(栀子甙类)、藏红花素、有机酸及挥发油等等。其中栀子皂

收稿日期: 2018-05-10

作者简介: 林樱(1997-), 女, 本科, 研究方向: 食品生物工程, E-mail: 935124039@qq.com。

* 通讯作者: 吴祥庭(1965-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向: 食品生物工程, E-mail: wuxt222@163.com。

基金项目: 温州市科技项目(N20150033)。

甙为梔子的主要活性物质之一,具有消炎、镇痛、泻下、保肝、解热等作用,在医学上可用作抑菌剂、清热解暑剂,广泛运用于医药研究、病理试验等方面,有很高的药用价值^[3]。

目前,国内外皂甙的提取方法有很多,如乙醇提取法、水提取法和树脂吸附法等^[4],但这些方法存在流程长、浪费率高以及提取率低等问题;吴亚超等^[5]利用超声波辅助提取梔子皂甙,提取梔子苷含量较药典法高 3.98%;王建辉等^[6]将微波辅助萃取法应用于丝兰皂甙乙醇浸提中,时间缩短 80%,提取率提高 41.56%;贺晓龙等^[7]总结了微波辅助提取百合总皂甙的优点,即萃取效率高、提取时间短、设备简单、溶剂消耗低和污染小等,但是都没有系统阐述微波辅助提取皂甙参数模型和最佳的提取条件。本试验综合文献资料,采用微波辅助的方法来提取梔子皂甙,以单因素实验(微波功率、微波时间、浸提时间、浸提温度、液固比、乙醇浓度)为基础,选出影响梔子皂甙得率最大的四个因素作为考察对象,采用了 Box-behnen 响应面法分析梔子皂甙提取的最优条件,提取的梔子皂甙与抗坏血酸作对比,探究梔子皂甙的抗氧化能力,旨在为开拓具抗氧化能力的天然皂甙提供相应的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

梔子果实 购于温州农贸市场,120℃烘干机器粉碎过后过 50 目筛,得梔子粉末;薯蓣皂甙标准品 纯度 > 98%,上海永叶生物科技有限公司;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH) 纯度 > 98%,美国 Sigma 公司;抗坏血酸 分析纯,广州万从化工有限公司;乙醇、三氯甲烷、冰醋酸、高氯酸、铁氰化钾、三氯化铁、三氯乙酸、磷酸二氢钠 均为国产分析纯。

HH-S 型数显恒温水浴锅 江苏省金坛市医疗仪器厂;80-2 型台式低速离心机 金坛市顺华仪器有限公司;UV-722 型可见分光光度计 上海欣茂仪器有限公司;NJL07-3 型实验专用微波炉 南京杰全微波设备有限公司;TG-328A 型分析天平 上海试验仪器厂;SHZ-III 型台式循环水式真空泵 上海英化仪器设备有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 梔子皂甙的提取 根据文献[8]准确称取梔子粉末 1.00 g,按一定的比例溶于一定浓度的乙醇溶液中,在一定的微波功率下处理一定时间,在一定温度下,浸提一定时间后,过滤得到的清液,用盐酸调 pH 至 1~2、静置过滤得沉淀物,再用 NaOH 溶液调至溶解后,加入 95% 乙醇搅拌过滤,最后再次用盐酸调 pH 至 1~2,过滤得梔子皂甙结晶。

1.2.2 单因素实验设计 固定乙醇浓度 80% (V/V),微波功率 450 W,微波时间 40 s,浸提时间 5 min 和浸提温度 20℃,分别设置液固比为 5:1、10:1、20:1、30:1、40:1 (mL/g),考察固液比对梔子皂甙得率的影响;

固定液固比 10:1 (mL/g),乙醇浓度 80% (V/V),

微波时间 40 s,浸提时间 5 min 和浸提温度 20℃,分别设置微波功率为 150、300、450、600、750 (W),考察微波功率对梔子皂甙得率的影响;

固定液固比 10:1 (mL/g),乙醇浓度 80% (V/V),微波功率 450 W,浸提时间 5 min 和浸提温度 20℃,分别设置微波时间为 10、20、30、40、50 (s),考察微波时间对梔子皂甙得率的影响;

固定液固比 10:1 (mL/g),乙醇浓度 80% (V/V),微波功率 450 W,微波时间 40 s 和浸提时间 5 min,分别设置浸提温度为 20、30、40、50、60℃,考察浸提温度对梔子皂甙得率的影响;

固定液固比 10:1 (mL/g),乙醇浓度 80% (V/V),微波功率 450 W,微波时间 40 s 和浸提温度 20℃,分别设置浸提时间为 5、10、15、20、25 min,考察浸提时间对梔子皂甙得率的影响;

固定液固比 10:1 (mL/g),微波功率 450 W,微波时间 40 s,浸提时间 5 min 和浸提温度 20℃,分别设置乙醇浓度为 50%、60%、70%、80%、90% (V/V),考察乙醇浓度对梔子皂甙得率的影响;每个实验平均三次,结果取平均值。

1.2.3 响应面优化试验设计 在单因素实验的基础上,考虑到乙醇浓度和微波功率对梔子皂甙得率影响相对较小,因此恒定乙醇浓度为 80%,微波功率为 450 W,采用 Box-Behnken 设计方法,以皂甙得率 (Y) 为响应值,以液固比 (X_1)、微波时间 (X_2)、浸提时间 (X_3) 和乙醇浓度 (X_4) 这 4 个因素为自变量进行响应面优化试验,具体因素水平见表 1。

表 1 响应面因素及水平表

Table 1 Factors and levels table of response surface analysis

水平	因素			
	X_1 液固比 (mL/g)	X_2 微波 时间 (s)	X_3 浸提 时间 (min)	X_4 乙醇 浓度 (%)
-1	10:1	30	5	70
0	20:1	40	10	80
1	30:1	50	15	90

1.2.4 梔子皂甙得率的计算

1.2.4.1 溶液的配制 薯蓣皂甙标准对照液配制:精确称取薯蓣皂甙标准品固体 1.00 mg 于烧杯中,溶解于无水乙醇中,然后用无水乙醇定容到 10 mL 的容量瓶中,摇匀,得浓度 0.10 mg/mL 的薯蓣皂甙标准对照液。

5% 香草醛冰醋酸溶液的配制:准确称取 5.00 g 香草素粉末于烧杯中,加入浓度 99.5% 冰醋酸溶解,并定容到 100 mL 容量瓶中,混匀。

1.2.4.2 标准曲线的制作 根据文献[9]的方法,量取薯蓣皂甙标准品对照液 0.50、1.00、1.50、2.00、2.50 mL,分别置于 10 mL 具塞试管中,沸水浴一段时间直至溶剂被挥干,再将 0.20 mL 的 5.0% 香草醛冰醋酸溶液和 0.80 mL 的浓度 99.5% 高氯酸溶液加入试管中,密塞混匀,然后置于 60℃ 中水浴显色 15 min,显色完全后取出,冰水浴冷却 5 min,然后加入 5.0 mL 的冰醋酸溶液,均匀混合,静置 10 min。与空白试剂

管对照,用分光光度计在波长 544 nm 处测其吸光度,横坐标为薯蓣皂甙浓度 m (mg/mL),纵坐标为吸光度 A ,绘制薯蓣皂甙标准曲线,得线性回归方程为:
 $A = 0.9826m + 0.0012, R^2 = 0.9996$ 。

1.2.4.3 得率的计算 将皂甙晶体用 5.00 mL 95% 乙醇溶解于具塞试管中,采用香草醛-冰醋酸-高氯酸比色法测其吸光度值,根据测得的标准曲线方程计算栀子提取液中皂甙含量,栀子皂甙得率按式(1)计算。

$$\text{栀子皂甙得率 } Y(\%) = \frac{CV}{M} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中: Y 为栀子皂甙得率,%; C 为测定提取液中栀子皂甙浓度,mg/mL; V 为栀子皂甙提取液体积,mL; M 为栀子粉末质量,mg。

1.2.5 栀子皂甙抗氧化能力的测定

1.2.5.2 栀子皂甙还原能力的测定 取质量浓度为 0.05、0.10、0.15、0.20、0.25 mg/mL 的栀子皂甙溶液 2.50 mL 分别于 10 mL 离心管内,再加入 2.5 mL 0.2 mol/L 磷酸钠缓冲液和 2.5 mL 1% 铁氰化钾溶液,50 °C 水浴 20 min,加入 2.5 mL 10% 三氯乙酸后混匀,在 3000 r/min 离心 10 min,取上清液 5.0 mL 再加 5.0 mL 水于试管中,再加 1 mL 0.1% 三氯化铁,摇匀混合后,静置 10 min,在波长 700 nm 处测其吸光度,用抗坏血酸作比较;每个浓度均做 3 次平行试验^[10]。计算吸光度的平均值。

1.2.5.2 栀子皂甙对 DPPH 清除力的测定 分别取质量浓度为 0.05、0.10、0.15、0.20、0.25 mg/mL 的栀子皂甙溶液 2.0 mL,加入 2.0 mL 用无水乙醇配制的 0.8 mmol/mL DPPH 溶液,用力振摇混匀后在黑暗环境中静置 30 min,于 517 nm 处测定其吸光度,用抗坏血酸作比较^[11];每个浓度均做 3 次平行试验,DPPH 自由基清除率按式(2)计算。

$$\text{DPPH 清除率}(\%) = 100 \times \left(1 - \frac{A_x - A_{s0}}{A_0} \right) \quad \text{式(2)}$$

式中: A_x 为加入样品溶液后的吸光度; A_{s0} 为样品溶液本底的吸光度; A_0 为空白对照液的吸光度。

1.3 数据处理

实验操作重复三次取平均值,应用分析统计软件采用 SAS RSREG 程序对试验进行设计,并对结果进行分析。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果与分析

2.1.1 液固比对皂甙得率的影响 如图 1 所示,皂甙得率随液固比的提高呈现先升后降的趋势,皂甙得率在液固比为 20:1 (mL/g) 时达到最高,为 10.03%,随着液固比的增加会增大传质驱动力,从而提高皂甙得率,但达到一定液固比 20:1 (mL/g) 后反而减小,主要原因是浸提剂对微波能量的吸收增加,导致细胞液对微波能量的吸收减少,细胞壁的破裂不完全,皂甙不能从细胞中充分溶出^[12],因此,选择的液固比为 20:1 (mL/g)。

2.1.2 微波功率对皂甙得率的影响 从图 2 可以看出,皂甙得率随微波功率的提高呈现先升后降的趋

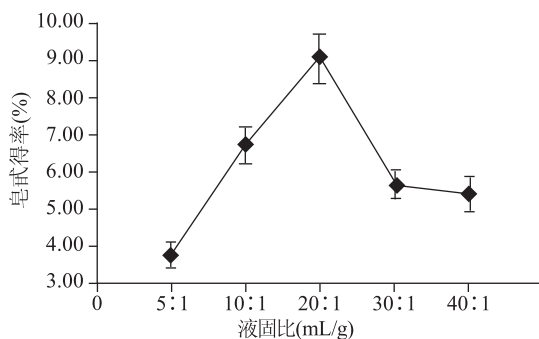


图 1 液固比对栀子皂甙得率的影响

Fig.1 Effect of liquid-solid ratio

on the extraction yield of *Gardenia jasminoides* Ellis saponins

势,在微波功率为 450 W 时,提取效果最好,皂甙得率达到最大值,为 7.37%。微波功率过高可能会破坏皂甙分子结构,使热不稳定的粗皂甙提取物出现分解或部分分解现象^[13],导致皂甙得率降低,而功率过低时,不能很好地破碎细胞使皂甙溶出,皂甙得率也较低。因此,选择的微波功率为 450 W。

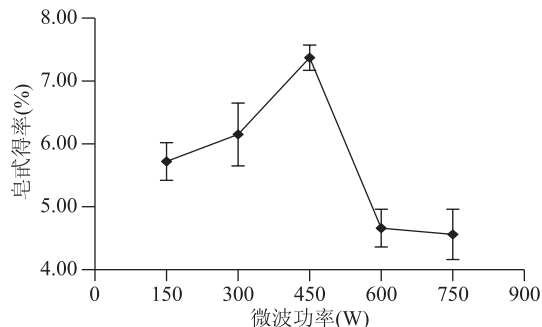


图 2 微波功率对栀子皂甙得率的影响

Fig.2 Effect of microwave power on the

extraction yield of *Gardenia jasminoides* Ellis saponins

2.1.3 微波时间对皂甙得率的影响 由图 3 可知,随着微波时间的延长,皂甙的皂甙得率呈现先升后降的趋势,微波时间为 40 s 时,皂甙得率最高,为 7.10%。原因可能是随着微波时间的延长,溶出物增多,栀子皂甙得率增高,继续延长微波时间,细胞膜进一步破裂,样品中的黏液质等杂质进入浸出液,使得浸出液黏度增大,从而扩散速度缓慢,皂甙得率反而变小^[12]。因此,选择的微波时间为 40 s。

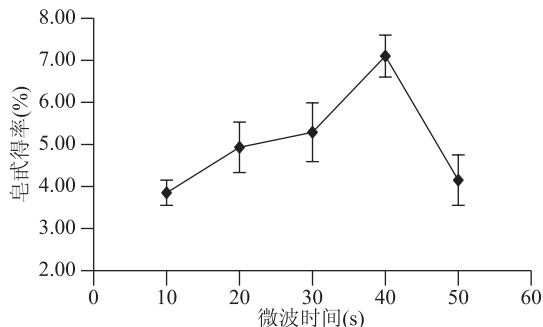


图 3 微波时间对栀子皂甙得率的影响

Fig.3 Effect of microwave time on the

extraction yield of *Gardenia jasminoides* Ellis saponins

2.1.4 浸提温度对皂甙得率的影响 由图4可知,皂甙得率随浸提温度的提高呈现先升后降的趋势,皂甙浸提温度为50℃时,皂甙得率最大,为7.86%,表明温度越高越有利于皂甙的溶出,但是温度太高时,梔子中皂甙有可能发生氧化分解等变化,影响试验结果^[14]。因此,选择的浸提温度为50℃。

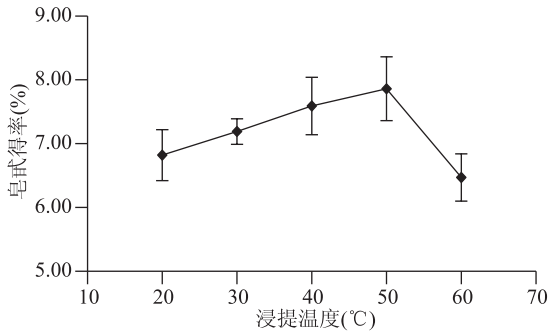


图4 浸提温度对梔子皂甙得率的影响

Fig.4 Effect of extraction temperature

on the extraction yield of *Gardenia jasminoides* Ellis saponins

2.1.5 浸提时间对皂甙得率的影响 如图5可知,皂甙得率随浸提时间的提高呈现先升后降的趋势,浸提时间为10 min时,皂甙得率达到最大值,为11.02%。这是因为随着浸提时间的延长,梔子粉末与溶剂充分接触,皂甙分子溶出增多,皂甙得率增大,浸提时间较长时,过长时间浸泡在20℃的温度下,细胞膜进一步破裂,样品中的黏液质等杂质进入浸出液,使得浸出液黏度增大,从而使其扩散速度缓慢,过滤困难,导致皂甙损失^[12]。因此,选择的浸提时间为10 min。

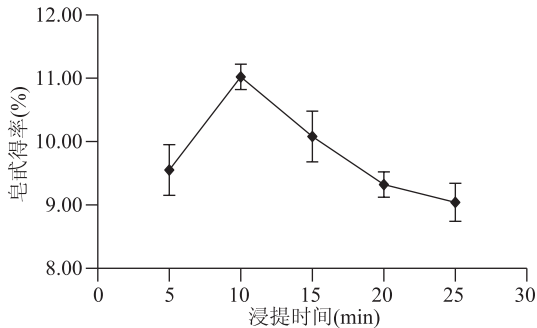


图5 浸提时间对梔子皂甙得率的影响

Fig.5 Effects of extraction time on the

extraction yield of *Gardenia jasminoides* Ellis saponins

2.1.6 乙醇浓度对皂甙得率的影响 由图6可知,皂甙得率随乙醇浓度的增加呈现先升后降的趋势,乙醇浓度为80%时,皂甙得率达到最大值,为7.27%,在此浓度下提取效果最好。因为乙醇极性较高对梔子皂甙的溶解度大,乙醇浓度增大皂甙溶出率较多,但过高的浓度会对皂甙造成破坏作用而降低得率,在微波作用下这种差异更为明显^[15]。因此,选择的乙醇浓度为80%。

2.2 响应面法优化提取工艺结果分析

2.2.1 回归模型的建立及显著性检验 根据 Box-Behnken 方法设计响应面结果见表2,将表2的试验数据进行处理和回归分析,并建立二次回归模型

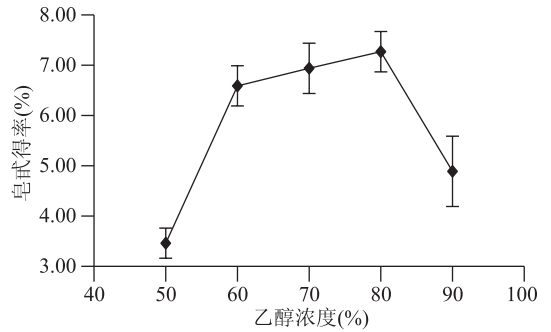


图6 乙醇浓度对梔子皂甙得率的影响

Fig.6 Effect of ethanol concentration on the extraction yield of *Gardenia jasminoides* Ellis saponins

方程:

$$Y = 13.5367 + 1.1750X_1 + 0.0275X_2 - 0.5292X_3 - 0.0100X_4 - 0.7975X_1X_2 + 0.5475X_1X_3 + 0.5500X_1X_4 - 1.3275X_2X_3 + 0.7275X_2X_4 + 0.3525X_3X_4 - 3.9113X_1^2 - 0.4250X_2^2 - 2.8250X_3^2 - 4.5988X_4^2 \quad \text{式(3)}$$

表2 响应面设计及其结果

Table 2 Program and experimental results of response surface method

编号	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	皂甙得率 Y (%)
1	-1	-1	0	0	3.75
2	-1	1	0	0	4.58
3	1	-1	0	0	8.61
4	1	1	0	0	6.25
5	0	0	-1	-1	7.78
6	0	0	-1	1	6.29
7	0	0	1	-1	5.66
8	0	0	1	1	5.58
9	-1	0	0	-1	3.30
10	-1	0	0	1	3.40
11	1	0	0	-1	5.60
12	1	0	0	1	7.90
13	0	-1	-1	0	6.09
14	0	-1	1	0	6.13
15	0	1	-1	0	9.91
16	0	1	1	0	4.64
17	-1	0	-1	0	6.49
18	-1	0	1	0	6.25
19	1	0	-1	0	5.78
20	1	0	1	0	7.73
21	0	-1	0	-1	5.74
22	0	-1	0	1	3.81
23	0	1	0	-1	4.05
24	0	1	0	1	5.03
25	0	0	0	0	12.93
26	0	0	0	0	14.00
27	0	0	0	0	13.68

对上述模型进行方差分析,结果见表3。此模型的 $p < 0.0001$,表明响应面模型达到极显著,失拟项

表3 模型回归方程方差分析结果
Table 3 Variance analysis results of regression equation

来源	参数估计	自由度	标准差	F 值	p 值	显著性
模型	-350.8200	14	45.9453	-7.64	<0.0001	***
X ₁	1.4515	1	0.5962	2.43	0.0315	*
X ₂	3.0798	1	0.6663	4.62	0.0006	***
X ₃	2.4332	1	1.1924	2.04	0.0639	
X ₄	6.8855	1	0.8934	7.71	<0.0001	***
X ₁ X ₂	-0.0080	1	0.0061	-1.31	0.2138	
X ₁ X ₃	0.0110	1	0.0121	0.90	0.3851	
X ₁ X ₄	0.0055	1	0.0061	0.91	0.3830	
X ₂ X ₃	-0.0266	1	0.0121	-2.19	0.0494	*
X ₂ X ₄	0.0073	1	0.0061	1.20	0.2542	
X ₃ X ₄	0.0071	1	0.0121	0.58	0.5724	
X ₁ ²	-0.0391	1	0.0053	-7.44	<0.0001	***
X ₂ ²	-0.0404	1	0.0053	-7.68	<0.0001	***
X ₃ ²	-0.1130	1	0.0210	-5.37	0.0002	***
X ₄ ²	-0.0460	1	0.0053	-8.74	<0.0001	***
残存	14.6161	14	0.0655			
失拟项	0.6033	6	0.3016	0.3011	0.1591	
纯误差	2.4146	2	0.5402			
总离差	17.7103	28				
R ²				0.9206		

注：“***”表示极显著(p<0.001)，“**”表示高度显著(p<0.01)，“*”表示显著(p<0.05)。

p=0.1591>0.05,不显著,说明该模型与实际实验拟合度良好,R²=0.9206,说明该模型能解释92.06%实验数据的变异性,模型的拟合良好,试验误差小,模型的可行度较高。因此,该模型可用于梔子皂甙微波提取的分析和预测。

表3结果还表明,模型中一次项X₂和X₄,二次项X₁²、X₂²、X₃²和X₄²对梔子皂甙得率影响极显著(p<0.001),一次项X₁、交互项X₂X₃对梔子皂甙得率影响显著(p<0.05),根据p值大小可判断各因素对梔子皂甙得率影响大小依次为X₄(乙醇浓度)>X₂(微波时间)>X₁(液固比)>X₃(浸提时间)。

2.2.2 响应面交互作用分析 响应曲面越陡峭,说明该因素对响应值改变越敏感,曲面越平滑,该因素改变对响应值影响越小^[16],各因素的回归响应面见图7,由此可见,随着微波时间(X₂)和浸提时间(X₃)两因素取值改变其响应曲面线变化也越陡峭,表明这两因素对梔子皂甙得率交互影响显著,其它因素之间随取值变化其响应曲面线变化较为平缓,表明其它两两因素的交互作用对梔子皂甙得率影响不显著,这与表3中交互项p值的分析结果一致,由图7还可以看出,6个响应曲面均为开口向下的凸形曲面,液固比(X₁)、微波时间(X₂)、浸提时间(X₃)和乙醇浓度(X₄)4个因素与梔子皂甙得率(Y)呈抛物线关系,且在考察范围内存在响应值的极高值。

2.2.3 最佳工艺的提取与验证 由SAS软件综合分析得出,梔子皂甙提取最佳条件为:液固比21.44:1(mL/g)、微波时间40.02s、浸提时间9.6min、乙醇浓度80.05%,在此条件下梔子皂甙的得率预测值为13.64%。考虑到可行性,将以上结果校正为:

液固比21:1(mL/g)、微波时间为40s、乙醇浓度为80%、浸提时间为9.6min。此条件下,重复实验5次,梔子皂甙平均得率为13.92%±0.04%,实际得率与理论预测皂甙得率的相对误差仅为2.05%,由此可见此模型和方法是可靠有效的。

2.3 梔子皂甙抗氧化能力测定结果

2.3.1 梔子皂甙还原能力的测定结果 由图8可知,梔子皂甙的还原能力随浓度的上升而增加,但远小于抗坏血酸的还原能力,此结论与武海霞^[17]发现梔子皂甙具有良好的还原能力相一致,但是远小于抗坏血酸的还原能力的原因可能是微波辅助提取可能会对梔子皂甙的分子结构及其效用有一定的影响,从而导致其还原能力发生一定程度的改变^[18]。

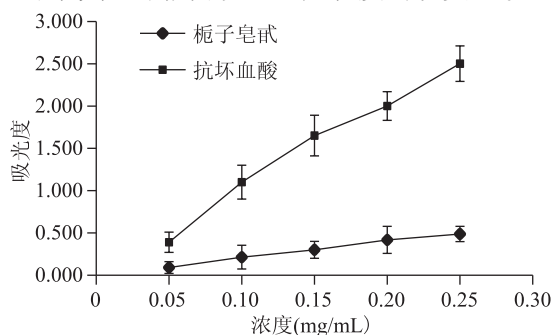


图8 梔子皂甙和抗坏血酸还原能力

Fig.8 Comparison of reducing power between different concentration saponins in *Gardenia jasminoides* Ellis and ascorbic acid

2.3.2 梔子皂甙对DPPH自由基的清除能力测定结果 由图9可知,梔子皂甙和抗坏血酸对DPPH自由

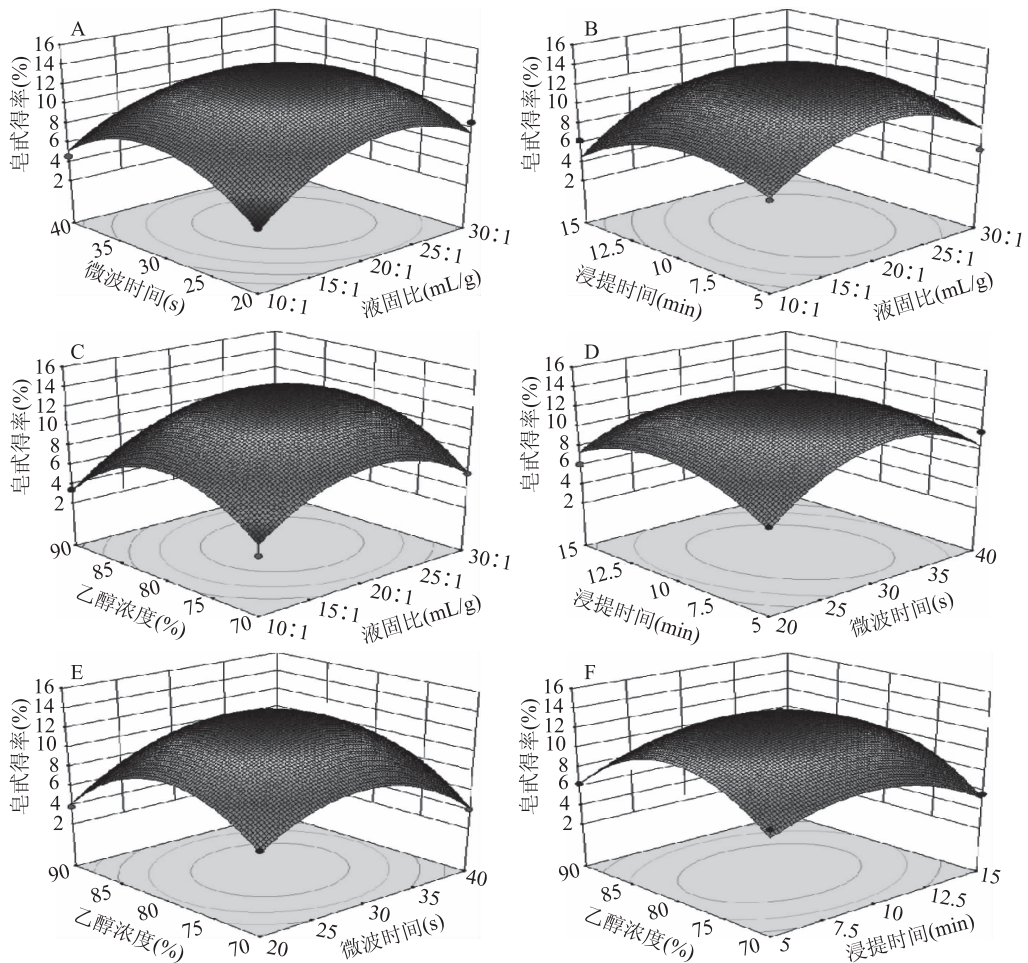


图7 液固比、微波时间、浸提时间和乙醇浓度等交互作用对梔子皂甙得率的影响

Fig.7 Response surface plot and contour plot of the effects of liquid–solid ratio,

microwave time, extract time and ethanol concentration on the the yield of *Gardenin jasminoides* Ellis

基的清除率随其浓度的提高而增大,与浓度呈现正相关性^[19],但在梔子皂甙浓度从 0.05 增加至 0.10 mg/mL 时,DPPH 自由基清除率增加到 38.2%,随后增长速度趋于平缓;图 9 数据显示,相同浓度下梔子皂甙比抗坏血酸 DPPH 自由基清除能力要低,但清除率最高达 38.2%,梔子皂甙对 DPPH 自由基具有一定的清除能力。

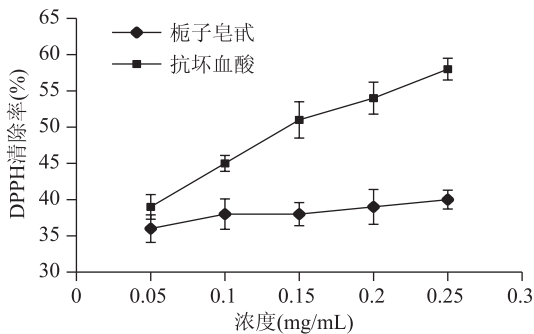


图9 梔子皂甙和抗坏血酸对 DPPH 自由基的清除效果

Fig.9 Scavenging ability of different concentration saponins in *Gardenia* and ascorbic acid on DPPH

3 结论

通过单因素试验和响应面法试验,得到梔子皂甙提取的最佳条件为:液固比 21:1 (mL/g)、微波时

间 40 s、浸提时间 9.6 min、乙醇浓度 80%、微波功率 450 W 和浸提温度 50 ℃。该条件下,得到实际梔子皂甙得率为 13.92% ± 0.04%,与理论值 13.64% 相近,实际得率与理论预测皂甙得率的相对误差仅为 2.05%;微波辅助法提取梔子皂甙简便、提取得率高,回归模型合理可靠,可用于实际预测;抗氧化活性研究表明,梔子皂甙对羟基自由基和 DPPH 自由基均有良好的清除能力,但其总体抗氧化性低于抗坏血酸,试验结果表明,梔子皂甙具有一定的抗氧化能力,可进一步开发成天然抗氧化剂。

参考文献

- [1] 谢志忻,钟云,黄丽萍,等.梔子的降脂作用与安全性评价研究[J].中药药理与临床,2014,30(5):105-108.
- [2] Debnath T, Park P J, Nath N C D, et al. Antioxidant activity of *Gardenia jasminoides* Ellis fruit extracts [J]. Food Chemistry, 2011, 128: 697-703.
- [3] 牧丹,苏日那,格根塔娜,等.梔子的化学成分与药理作用研究[J].中国疗养医学,2015,24(1):34-36.
- [4] 阎巧娟,韩鲁佳,江正强,等.黄芪皂甙的提取分离方法[J].中国农业大学学报,2000,5(6):61-65.
- [5] 吴亚超,赵万顺,张文生,等.梔子中梔子苷和绿原酸的提

(下转第 172 页)

