研究论文

DOI:10.3969/j.issn. 1673–1689.2017.11.009

野蔷薇根多糖超声微波酶解协同提取及抗氧化活性

阿吾提·艾买尔， 古力齐曼·阿布力孜， 迪丽努尔·马里克*

（新疆师范大学 化学化工学院，新疆 乌鲁木齐 830054）

摘要：采用超声–微波酶解协同提取法提取野蔷薇根多糖，以单因素试验为基础，结合响应面试验优化野蔷薇根多糖的提取工艺，并采用化学方法对野蔷薇根多糖进行体外抗氧化活性测定，并与 VC 进行了比较。结果表明，野蔷薇根多糖的最佳提取工艺条件为：纤维素酶添加质量分数 1.15 %（酶活为 40 U/mg）、pH 值 5.72、提取温度 81.19 ℃、液料比 12.56∶1（mL/g）。在此条件下，野蔷薇根多糖的实际产率为 10.48 mg/g，与模型预测结果（10.63 mg/g）基本相接近。抗氧化试验测定结果表明，野蔷薇根多糖具有一定的抗氧化活性。野蔷薇根多糖的抗氧化性略低于 VC，并在一定浓度范围内抗氧化活性与多糖含量呈正相关系。

关键词：野蔷薇根；多糖；超声微波酶解提取；响应曲面法；抗氧化性

中图分类号：S 566.9　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1673—1689(2017)11—1180—09

Ultrasonic–Microwave–Enzyme Synergistic Extraction of Polysaccharides from *Rosa multiflora* Thunb and Antioxidant Activity

AWUTI Aimaier， *GULQIMAN Abliz*， *DILINUER Malike**

（School of Chemistry and Chemical Engineering，Xinjiang Normal University，Urumqi 830054，China）

Abstract：Extract poiysaccharides from *Rosa multiflora* Thunb （RMTP） by ultrasonic-microwave-enzyme synergistic extraction method. Based on single factor experiments，response surface methology was combined to optimize the process，and test its in vitro antioxidant activity in a chemical way，and compared with the antioxidant activity of VC. Results showed that optimal process conditions to extract *Rosa multiflora* Thunb polysaccharides were ：the amount of enzyme added was 1.15% （enzyme activity was 40 U/mg），pH value was 5.72，extraction temperature was 81.19 ℃ and the ratio to liquid was 12.56∶1 （mL/g），at this conditions，actual yield of *Rosa multiflora* Thunb polysaccharides was 10.48 mg/g，it conforms to prediction results of the model （10.63 mg/g）. The results of antioxidant activity showed that the polysaccharides from *Rosa*

收稿日期：2015–09–02

基金项目：国家自然科学基金项目（21165018）。

* **通信作者**：迪丽努尔·马里克（1964—），女，乌孜别克族，乌鲁木齐市人，理学学士，教授，硕士研究生导师，主要从事天然产物研究。E–mail：pkudilnur@sina.com

引用本文：阿吾提·艾买尔，古力齐曼·阿布力孜，迪丽努尔·马里克. 野蔷薇根多糖超声微波酶解协同提取及抗氧化活性[J]. 食品与生物技术学报，2017，36(11)：1180–1188.

multiflora Thunb had strong antioxidant capacity. The polysaccharides from *Rosa multiflora* Thunb had weaker antioxidant activity than VC.The antioxidant activity and polysaccharide content in certain concentration ranges were related.

Keywords: *Rosa multiflora* Thunb,polysaccharides,ultrasonic-microwave-enzymatic,antioxidant activity

新疆野蔷薇(*Rosa multiflora* Thunb),俗称野刺玫果,做为新疆维吾尔族民间常用药材,山刺玫果具有一定的健碑理气、养血调经、辅助消化等作用,广泛用于治疗胃功能失调、慢性气管炎、肠炎等多种疾病[1-2]。多糖是野蔷薇中重要的活性成分之一,具有较高的药用价值。研究表明,多糖具有增强机体免疫功能、抗病毒、降血脂、抗肿瘤、抗辐射、抗氧化等作用[3-6]。因此,对多糖的研究越来越引起人们的关注。多糖的提取方法通常采用热水浸提法,超声波辅助提取法,微波辅助提取法,超声微波协同提取法,酶解提取法等[7-9]。而酶解和超声微波法结合提取多糖的研究报道不多,特别是应用于野蔷薇多糖的提取研究尚未见报道。超声微波处理和酶解相结合,可充分利用超声波的振动空化作用和微波的高能作用,以及纤维素酶对细胞壁的破坏作用[10],三者协同作用可促使目标物进入溶剂,提高其提取率。

为此,本文作者以野蔷薇根多糖为研究对象,以野蔷薇根多糖得率为指标,对超声微波酶解协同提取法进行响应曲面分析优化得到最佳提取工艺条件,并对野蔷薇根多糖抗氧化活性进行研究,为开发利用我区野蔷薇提供理论依据和开发指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料及试剂 野蔷薇根:采自新疆阿图什,由新疆大学资源与环境科学学院努尔拜·阿布都沙勒克教授鉴定为疏花蔷薇和多刺蔷薇的干燥根;纤维素酶,Sigma 公 司产品;葡聚糖,国药集团化学试剂有限公司产品;乙醇(体积分数 95%),天津永晟精细化工有限公司产品;正丁醇,天津市致远化学试剂有限公司产品;石油醚,天津永晟精细化工有限公司产品;苯酚,广州化学试剂厂产品;三氯甲烷,天津市福晨化学试剂厂产品;浓硫酸,广州化学试剂厂产品;双氧水,天津市北辰方正试剂厂产品;抗坏血酸,天津市化学试剂公司分装;硫酸亚铁,天津市风船化学试剂有限公司产品;三氯乙酸,天津市北辰方正试剂厂产品;Tris-HCl,天津市福晨化学试剂厂产品;磷酸盐,天津市致远化学试剂有限公司产品;三氯化铁,鱼台海纳环保有限公司产品;铁氰化钾,成都化学试剂厂产品;DPPH,上海浩然生物技术有限公司产品;邻二氮菲无水乙醇,天津永晟精细化工有限公司产品;邻苯三酚,德州市富凯化工有限责任公司产品。

1.1.2 仪器设备 XH-300B 微波超声波组合合成/萃取仪,北京祥祥鹄科技发展有限公司产品;UV-2100 紫外可见分光光度计,北京瑞利分析仪器有限公司产品;SHZ-D(Ⅲ)循环水式真空泵,巩义市英峪予华仪器厂制造;RE-52AA 旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂制造;AL204 电子天平,梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司产品;HFP-200 高速多功能粉碎机,永康市红太阳机电有限公司产品;ZHWY-110X 恒温水浴振荡摇床,上海智城分析仪器制造有限公司产品。

1.2 试验方法

1.2.1 样品预处理 取一定量野蔷薇根,粉碎,过 16 目筛,用石油醚脱脂,干燥,用密封袋包装并置于干燥器内备用。

1.2.2 多糖提取

1)酶解 称取野蔷薇根粉末 1.000 g 于 150 mL 的锥形瓶中,加入适量纤维素酶和柠檬酸缓冲溶液,置于恒温水浴摇床(转速为 180 r/min、50 ℃)中,酶解 30 min,升温 95 ℃灭酶 10 min,冷却 15 min,然后置于超声微波提取仪中进行提取[11]。

2)野蔷薇根多糖提取流程 处理过的野蔷薇根粉末→酶解→灭酶→超声微波提取→抽滤→减压浓缩→醇沉(4 倍体积)→离心分离→溶解沉淀→Sevage 法脱蛋白质→过滤→取其滤液→定容。

3)多糖质量分数的测定 以苯酚-硫酸法检测多糖质量分数:准确称取干燥至恒重的葡聚糖 0.010 g,溶于 100 mL 的容量瓶中,定容,摇匀,配成质量浓度为 0.1 mg/mL 葡聚糖标准溶液。分别吸取

此溶液 0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6 mL 于 10 mL 的具塞比色管中,统一用去离子水补至 2 mL,再加入 1 mL 苯酚(质量分数 5%)和 5 mL 浓硫酸,摇匀,室温放置 20 min,置沸水浴加热 15 min,取出冷却 30 min,以去离子水作为空白于 488 nm 处测其吸光度值,以吸光值 Y 和葡萄糖质量浓度 X(μg/mL)计算回归方程,得标准曲线方程为Y=0.066 7X+0.005 786,相关系数 R=0.999 4。精密吸取多糖样品溶液 2 mL,按照上述的方法测定野蔷薇根多糖质量分数[12-13]。

$$多糖得率=\frac{CV}{W}(mg/g)$$

式中:C 为提取液多糖质量浓度(mg/mL);V 为提取液总体积(mL);W 为野蔷微根粉末质量(g)。

1.2.3 响应面优化试验设计 为了优选最佳提取条件,根据单因素试验结果,以酶添加质量分数、pH、液料比、提取温度等 4 因素为自变量,野蔷薇根多糖得率为影响值,运用软件 Design-Expert 8.0.5 中的 Box-Benhnken 设计原理进行响应曲面试验设计,分别考察各自变量对影响值的影响并对试验条件进行优化。试验因素与水平设计如表 1 所示[14-15]。

表 1 响应面试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of RAS test

试验因素	水平		
	-1	0	1
A:酶添加质量分数/%	0.8	1	1.2
B:pH	5	5.5	6
C:液料比(mL/g)	5	10	15
D:提取温度/℃	75	80	85

1.2.4 抗氧化试验

1) 羟自由基清除率的测定 利用水杨酸发测定野蔷薇根多糖对羟自由基的清除能力。在反应中硫酸亚铁和双氧水反应产生羟自由基,该物质的反应活性较高,存活时间短。羟基自由基反应体系中所生成有色物逐渐减少,因此可以通过在 510 nm 处测定吸光值变化来判断抗氧化能力。取 2.0 mL 野蔷薇根多糖待测液于试管中,依次加入 2.0 mL (6 mmoL/L) 硫酸亚铁和 2.0 mL(6 mmoL/L)双氧水混合均匀后于 37 ℃水浴锅加热 1 h,然后在 510 nm 波长处测定其吸光度(A_a);蒸馏水代替多糖溶液作阴性对照(A_0);用蒸馏水代替 H_2O_2 溶液作本底对照(A_b)。以 VC(抗坏血酸)作为对照物,操作同上代入下式计算清除率:

$$清除率(\%)=(1-\frac{A_a-A_b}{A_0})\times 100\%$$

式中:A_0 为阴性对照吸光度;A_a 为样品吸光度;A_b 为样品本底的吸光度。

2)DPPH 自由基清除率的测定 吸取不同质量浓度的待测液各 2.0 mL,移入试管中,加 0.06 mg/mL DPPH·的乙醇溶液 2.0 mL,置暗处 30 min,在 517 nm 波长处测定吸光度(A_i);分别取上述多糖待测液 2.0 mL 试管中,加入 2.0 mL 无水乙醇,反应 30 min 后,在 517 nm 波长处测定吸光度(A_j);取 2.0 mL DPPH 试剂于试管中,加入 2.0 mL 无水乙醇,反应 30 min 后,在 517 nm 波长处测定吸光度(A_0);以无水乙醇空白作参比。以 VC(抗坏血酸)作为对照物,操作同上代入下式计算清除率。

$$清除率(\%)=\frac{A_0-(A_i-A_j)}{A_0}\times 100\%$$

式中:A_0 代表 2 mL DPPH·溶液加入 2 mL 无水乙醇吸光度;A_j 代表 2 mL 待测液加入 2 mL 无水乙醇吸光度;A_i 代表 2 mL 待测液加入 2 mL DPPH·溶液的吸光度。

3) 还原力的测定 取 0.5 mL 不同质量分数(0.10、0.20、0.30、0.40、0.50、0.60、0.70 mg/mL) 的样品溶液置于试管中依次加入 0.2 mol/L 磷酸盐缓冲溶液(pH=6.6)2.5 mL 和质量分数 1%铁氰化钾溶液 2.5 mL,50 ℃水浴中保温 20 min 后快速冷却,再加入质量分数 10%三氯乙酸溶液 2.5 mL,以 2 000 r/min 的转速离心 10 min,取上清液 1.0 mL,依次加入 4.0 mL 蒸馏水,质量分数 0.1%三氯化铁溶液 1.0 mL,充分混匀,静置 10 min 后,在 700 nm 下测定其吸光度值(A);以 VC 作为对照[16-18]。

2 结果与讨论

2.1 野蔷薇根多糖提取单因素试验

2.1.1 酶添加质量分数对野蔷薇根多糖得率的影响 准确称取已处理过的野蔷薇根粉末 1.0 g。设定各固定因素(提取时间 15 min、微波功率 300 W 及超声功率 50 W)和自变量因素(pH 值 5.0、液料比 10:1(mL/g)及提取温度 70 ℃)的试验值,按 1.2.2 中 2)的流程进行试验。考察不同酶添加质量分数对野蔷薇根多糖得率的影响,结果见图 1 所示。

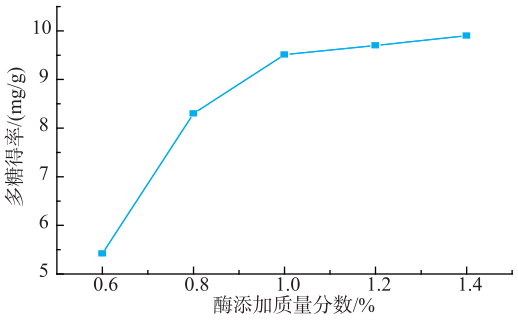


图 1　酶添加质量分数对多糖得率的影响

Fig. 1　Effect of amount of enzyme added on RMTP yield

由图 1 可知，随着酶添加质量分数的增加,野蔷薇根多糖的得率增大;但是酶添加质量分数的增加势必增加成本，且当酶添加质量分数到达 1.0%时,多糖得率增加量不明显,故选定 1.0%为适宜的酶添加质量分数。

2.1.2　*pH 对野蔷薇根多糖得率的影响*　准确称取已处理过的野蔷薇根粉末 1.0 g。设定各固定因素(提取时间 15 min、微波功率 300 W 及超声功率 50 W)和自变量因素(酶添加质量分数 1.0%、液料比 10:1(mL/g)及提取温度 70 ℃)的试验值,按 1.2.2 中 2)的流程进行试验。考察不同 pH 值对野蔷薇根多糖得率的影响,结果见图 2 所示。

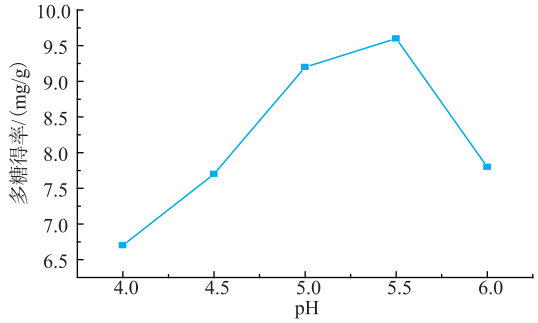


图 2　pH 对多糖得率的影响

Fig. 2　Effect of pH on RMTP yield

由图 2 可知，酶解液 pH 是影响酶活性的主要因素之一。适当的 pH 有利于多糖得率的升高,在 pH 5.5 时,多糖得率达到最大值。pH 过大得率开始下降,这是因为过高的 pH 破坏了酶的活性,从而造成了多糖得率的下降。所以选择酶解 pH 为 5.5 左右为宜。

2.1.3　*液料比对野蔷薇根多糖得率的影响*　准确称取已处理过的野蔷薇根粉末 1.0 g。设定各固定因素(提取时间 15 min、微波功率 300 W 及超声功率 50 W)和自变量因素(酶添加质量分数 1.0、pH 值 5.0 及提取温度 70 ℃)的试验值,按 1.2.2 中 2)的流程进行试验。考察不同液料比对野蔷薇根多糖得率的影响,结果见图 3 所示。

由图 3 可知,随着液料比的增加趋势,野蔷薇根多糖得率也相应提高,当液料比达到 10:1(mL/g)时得率最大,但随后多糖得率开始下降。这可能是因为前期液料比用量越多,传质推动力越高,多糖的提取就越完全,但过高液料比下多糖得率提高效率有限,反而会增加浓缩时间及提取费用。综合考虑,本试验确定较优的液料比为 10:1(mL/g)。

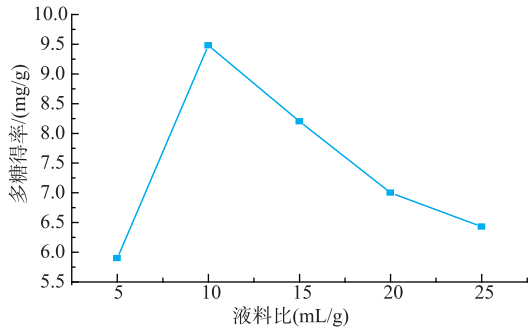


图 3　液料比对多糖得率的影响

Fig. 3　Effect of ratio of liquid to material on RMTP yield

2.1.4　*提取温度对野蔷薇根多糖得率的影响*　准确称取已处理过的野蔷薇根粉末 1.0 g。设定各固定因素(提取时间 15 min、微波功率 300 W 及超声功率 50 W)和自变量因素(酶添加质量分数 1.0%、pH 值 5.0 及液料比 10:1(mL/g))的试验值,按 1.2.2 中 2)的流程进行试验。考察不同提取温度对野蔷薇根多糖得率的影响,结果见图 4 所示。

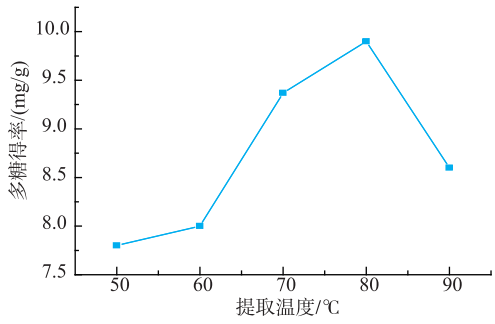


图 4　提取温度对多糖得率的影响

Fig. 4　Effect of extraction temperature on RMTP yield

由图 4 可知，当提取温度上升到 80 ℃时多糖得率出现最佳值,但提取温度继续升高,多糖得率

反而快速降低。这可能是由于提取温度过高,导致多糖类化合物的分解。因此确定最佳提取温度为80 ℃。

2.2 响应曲面法优化野蔷薇根多糖提取工艺

2.2.1 响应曲面试验设计与结果 在单因素试的验基础上设计响应面试验。试验设计及数据处理见表2。

表2 响应面试验设计及数据处理

Table 2 Program and results of RAS test

试验号	*A*	*B*	*C*	*D*	得率/(mg/g)
1	1	1	0	0	10.12
2	−1	1	0	0	7.90
3	−1	0	−1	0	6.51
4	0	0	0	0	10.23
5	0	0	1	−1	8.69
6	0	0	0	0	9.91
7	−1	0	0	−1	7.73
8	0	0	0	0	10.05
9	0	−1	1	0	8.78
10	0	−1	−1	0	6.14
11	−1	−1	0	0	7.94
12	0	1	−1	0	6.37
13	0	0	−1	−1	6.28
14	0	0	−1	1	6.46
15	1	−1	0	0	8.61
16	0	0	0	0	9.95
17	1	0	0	1	9.79
18	0	1	0	−1	8.52
19	0	−1	0	1	8.63
20	0	−1	0	−1	8.35
21	0	1	0	1	8.74
22	0	1	1	0	9.62
23	0	0	0	0	9.89
24	−1	0	0	1	8.48
25	−1	0	1	0	8.13
26	1	0	0	−1	8.29
27	0	0	1	1	8.81
28	1	0	1	0	9.85
29	1	0	−1	0	6.67

表2为不同试验条件下所测定的野蔷薇根多糖得率,利用Design-Expert8.0.5软件对试验数据进行多元回归拟合,得到野蔷薇根多糖得率对酶添加质量分数、pH、液料比和提取温度的二次多项回归模型为:

$$Y=10.01+0.55A+0.24B+1.29C+0.25D+0.39AB+0.39AC+0.9AD+0.15BC-0.015BD-0.015CD-0.64A^2-0.68B^2-1.61C^2-0.80D^2。$$

对回归模型及其系数进行显著性分析。结果见表3。

表3 回归方程系数显著性分析

Table 3 Significance test for each regression coefficient of developed regression equation

方差来源	自由度	平方和	均方	*F* 值	*P* 值 ($F>F_\alpha$)	显著性
模型	14	45.78	3.27	37.03	<0.000 1	***
A	1	3.67	3.67	41.60	<0.000 1	***
B	1	0.66	0.66	7.50	0.016 0	*
C	1	19.89	19.89	225.23	<0.000 1	***
D	1	0.78	0.78	8.78	0.010 3	*
AB	1	0.60	0.60	6.80	0.020 7	*
AC	1	0.61	0.61	6.89	0.020 0	*
AD	1	0.14	0.14	1.59	0.227 6	
BC	1	0.093	0.093	1.05	0.322 2	
BD	1	0.0009	0.0009	0.010	0.921 0	
CD	1	0.0009	0.0009	0.010	0.921 0	
A^2	1	2.68	2.68	30.33	<0.000 1	***
B^2	1	3.00	3.00	33.97	<0.000 1	***
C^2	1	16.74	16.74	189.51	<0.000 1	***
D^2	1	4.14	4.14	46.87	<0.000 1	***
残差	14	1.24	0.088			
失拟项	10	1.16	0.12	5.95	0.0502	不显著
纯误差	4	0.078	0.019			
总离差	28	47.02				
R^2=0.973 7,R^2_{Adj}=0.947 4						

注:*,$P<0.05$,有显著性;**,$P<0.01$,有高度显著性;***,$P<0.001$,有极显著性。

由表3可知,模型的 P 值<0.001,表明回归模型极显著;并且该模型的失拟项 P 值>0.05,不显著,说明模型选择合适;R^2=0.976 4、R^2_{Adj}=0.947 4,说明该模型与实际试验拟合较好,自变量与响应值之间线形关系显著,试验误差小,可以用于野蔷薇根多糖试验的理论预测。

回归模型系数的显著性分析结果表明各项和各项中每个组分对影响值的影响水平各异,一次项中 B、D 的影响是显著的,A、C 的影响是极显著的;二次项的影响都是极度显著的;交互项中 AB、AC 的影响是显著的,而其余的交互项则不显著,表明各个影响因子对响应值的影响不是简单的线形关系。

2.2.2 响应曲面与等高线分析　根据回归模型绘出的响应面图形是三维空间的曲面图及二维平面上的等高线图,其可以直观地反映各因素对响应值的影响,从所得响应面图上可以分析出它们之间的交互作用,如等高线为椭圆形表示两因素交互作用显著,而圆形则与之相反,同时等高线的密集程度可以判处交互的两因素中比较大的因素。详见图5—图10。

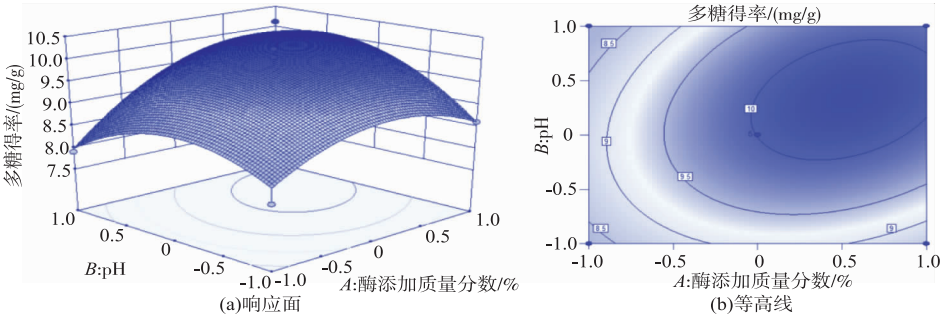


图 5　酶添加质量分数与 pH 对野蔷薇根多糖得率影响的响应面和等高线

Fig. 5　Response Surface and Contour Plot Showing the interactive effect of amount of enzyme added and pH on RMTP yield

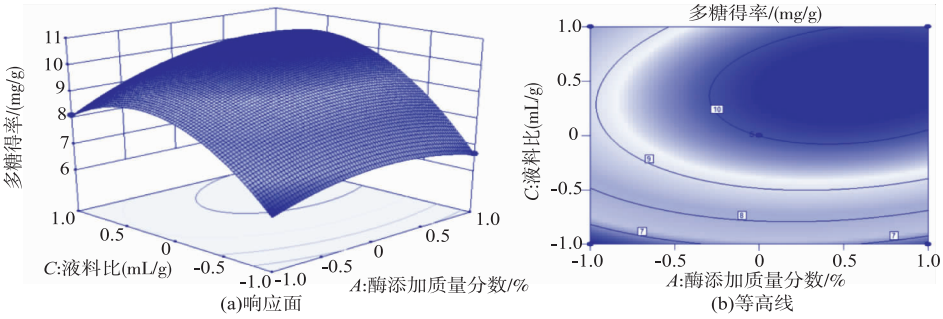


图 6　酶添加质量分数与液料比对野蔷薇根多糖得率影响的响应面和等高线

Fig. 6　Response Surface and Contour Plot Showing the interactive effect of amount of enzyme added and ratio of liquid to material on RMTP yield

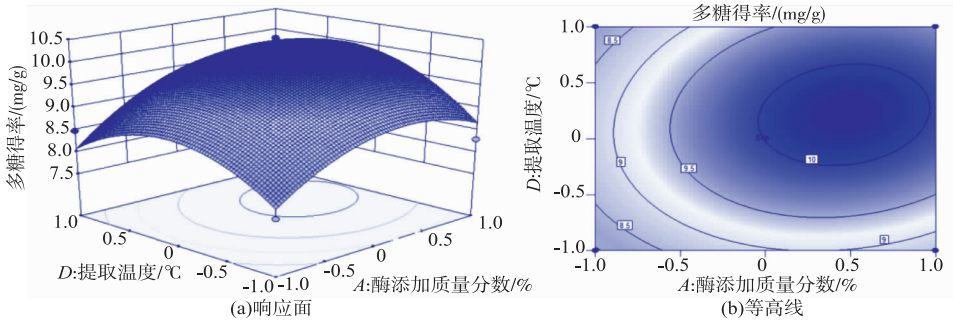


图 7　酶添加质量分数与提取温度对野蔷薇根多糖得率影响的响应面和等高线

Fig. 7　Response Surface and Contour Plot Showing the interactive effect of amount of enzyme added and extraction temperature on RMTP yield

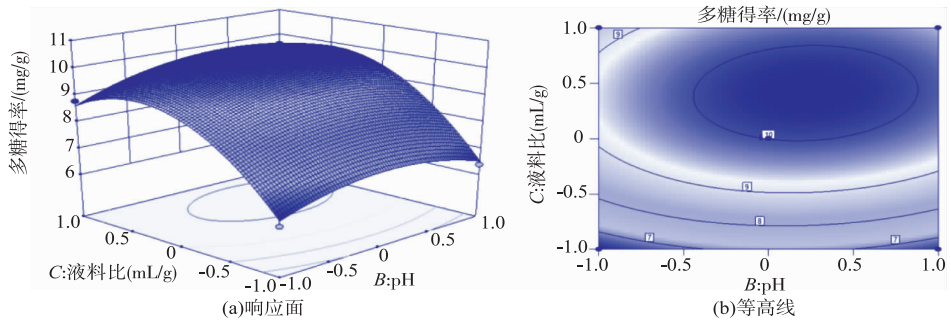


图 8　pH 与液料比对野蔷薇根多糖得率影响的响应面和等高线

Fig. 8　Response Surface and Contour Plot Showing the interactive effect of pH and ratio of liquid to material on RMTP yield

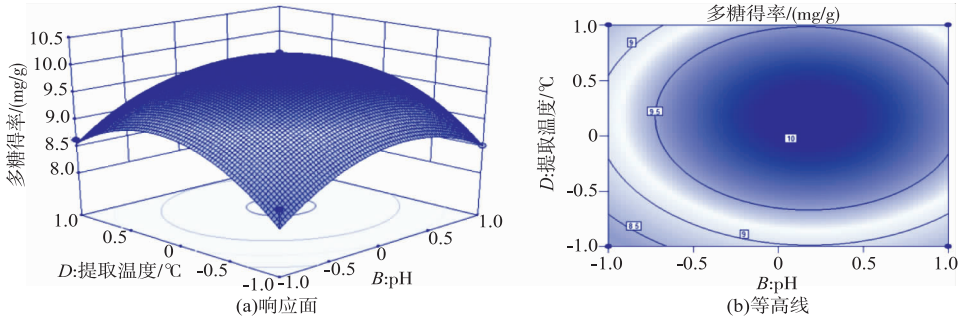


图 9　pH 与提取温度对野蔷薇根多糖得率影响的响应面和等高线

Fig. 9　Response Surface and Contour Plot Showing the interactive effect of pH and extraction temperature on RMTP yield

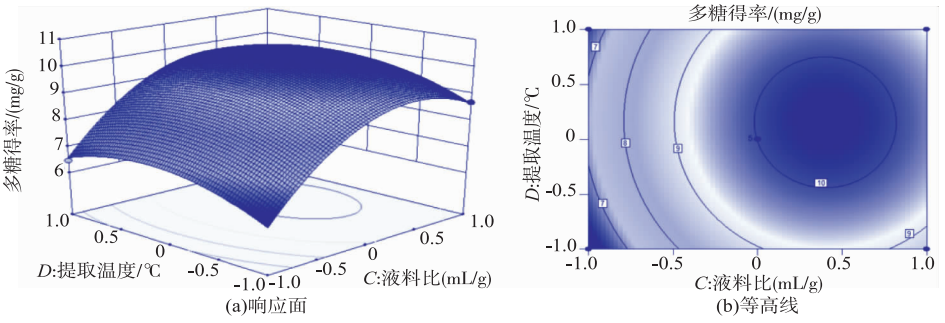


图 10　液料比与提取温度对野蔷薇根多糖得率影响的响应面和等高线

Fig. 10　Response Surface and Contour Plot Showing the interactive effect of atio of liquid to material and extraction temperature on RMTP yield

由图 5—图 10 可知,酶添加质量分数和 pH 以及酶添加量和液料比的交互作用是显著的,而其余的交互作用不显著;各因素的影响是显著的,而影响程度的大小依次为:液料比>酶添加质量分数>提取温度>pH,与交互项和一次项 P 值的分析结果一致。

2.3　超声-微波酶解辅助提取野蔷薇根多糖最佳工艺参数的确定及模型验证

2.3.1　最佳优化条件　通过 Design-Expert8.0.5 软件,结合回归模型的数学分析,野蔷薇根多糖提取最优工艺参数为:酶添加质量分数 A=1.15%,pH 值 B=5.72,液料比 C=12.56∶1 (mL/g),提取温度 D=81.19 ℃。此工艺条件下野蔷薇根多糖的得率预测值为 10.63 mg/g。

2.3.2　回归模型的验证试验　为了检验所得试验结果的可靠性,采用上述优化条件下,对野蔷薇根多糖进行 3 次平行实验,实际测得的平均得率为

10.48 mg/g,与预测值接近,其相对误差约为 1.41%。因此,采用响应曲面法优化得到的提取工艺参数准确可靠,具有实际利用价值。

2.4 抗氧化试验结果

2.4.1 野蔷薇根多糖对羟自由基的清除作用 由图 11 可知,在所选的质量浓度范围内,野蔷薇根多糖和VC 对羟自由基有清除能力,在较低质量浓度(0.10~0.26 mg/mL)时野蔷薇根多糖的清除能力大于 VC;当质量浓度超过 0.26 mg/mL 时野蔷薇根多糖与 VC 对羟自由基的清除能力基本一致。野蔷薇根多糖和 VC 对羟自由基清除率的 IC_{50} 值分别为 0.13 mg/mL 和 0.19 mg/mL。

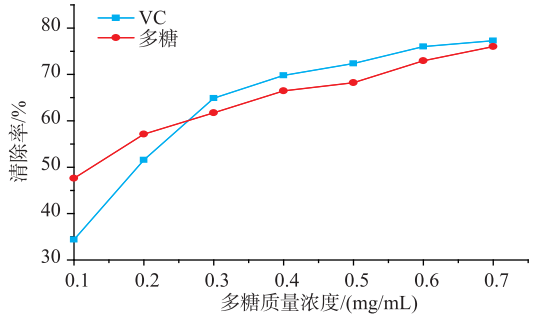


图 11 多糖对羟自由基的清除作用

Fig. 11 Scavenging effect of RMTP on hydroxyl free radicals

2.4.2 野蔷薇根多糖对 DPPH 自由基的清除作用 考察对象野蔷薇根多糖和 VC 对 DPPH 自由基的清除能力随着质量浓度的增加而增强,见图 12。清除能力与 VC 相比,野蔷薇根多糖的清除能力比 VC 稍弱,但质量浓度越高,野蔷薇多糖的清除能力越接近接近 VC。野蔷薇根多糖和 VC 对 DPPH 自由基清除率的 IC_{50} 值分别为 0.22 mg/mL 和 0.11 mg/mL。

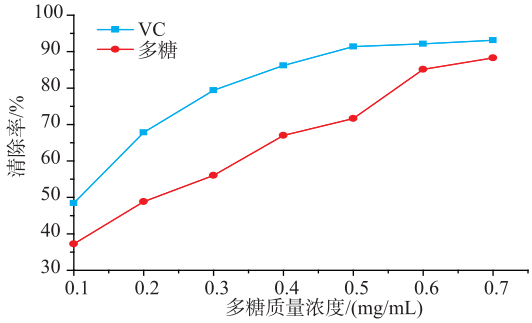


图 12 多糖对 DPPH 的自由基的清除作用

Fig. 12 Scavenging effect of RMTP on DPPH free radicals

2.4.3 野蔷薇根多糖的还原能力 野蔷薇多糖的还原力是由抗氧化剂的还原力与其抗氧化活性之间存在的联系而决定的。抗氧化剂是通过自身给出电子能力而清除自由基的,它外观的表达形式是吸光值的大小,如吸光值越大,还原力越大,抗氧化性越强。

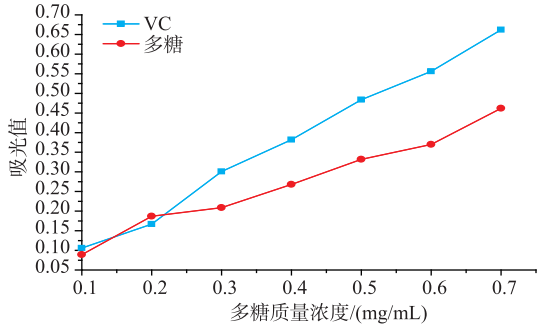


图 13 多糖还原能力的测定

Fig. 13 Reducing power of RMTP

因此通过测定其吸光值来说明抗氧化性的强弱。由图 13 可知,野蔷薇多糖具有还原能力,质量浓度在 0.10~0.22 mg/mL 时野蔷薇多糖还原能力与 VC 相差不大。两者还原能力的强度与质量浓度成正比关系,当质量浓度超过 0.22 mg/mL 时,野蔷薇根多糖的还原能力比 VC 较弱。

3 结 语

本文作者采用超声微波酶解协同萃取法提取野蔷薇根多糖,通过响应面分析法对试验结果进行分析。结果为回归模型拟合度好,回归方程的一次项和二次项达到显著水平,各因子对响应值的影响不是简单的线性关系,可以利用此回归模型确定提取工艺的最佳条件范围。野蔷薇多糖的最佳提取工艺条件为:纤维素酶添加质量分数 1.15%(酶活为 40 U/mg)、pH 值 5.72、液料比 12.56:1(mL/g)、提取温度 81.19 ℃。在此条件下,野蔷薇根多糖的实际产率为 10.48 mg/g,与模型预测结果(10.63 mg/g)基本相符,所优化的工艺参数准确可靠,稳定可行。本文中的测定结果表明,野蔷薇根多糖有一定的抗氧化性,且其抗氧化活性随质量浓度增加而增强。野蔷薇根多糖所具有的抗氧化活性使其有望作为天然抗氧化剂和功能性产品而得到开发利用。

参考文献:

[1] 刘士侠,丛者福. 新疆蔷薇[M]. 新疆:新疆科技卫生出版社,2000.

[2] LI Yanfang,HU Lihong,LOU Fengchang. Studies on the constituents of *Rosa multiflora* thunb[J]. **Journal of China Pharmaceutical University**,2002,33(3):184-185.(in Chinese)

[3] ZHANG Qun,LEI Linsheng,WU Shuguang,et al. Receptor and signal transduction mechanism involved in biological effects of polysaccharides[J]. **Chinese Traditional and Herbal Drugs**,2005,36(4):614-615.(in Chinese)

[4] HUANG Xiuxiang,LI Xiaodong,LAO Deyong. Study on extraction antioxidant activity of polysaccharide from scutellaria barbata d.don[J]. **Food Research and Development**,2013,33(19):59-62.(in Chinese)

[5] HEO S J,KO S C,KANG S M,et al. Cytoprotective effect of fucoxanthin isolated from brown algae sargassum siliquastrum against H_2O_2 induced cell damage[J]. **Eur Food Res Technol**,2008,228(1):145-148.

[6] ZHOU Jing,MENG Yiwen. Studies on antiviral activities of polysaccharides and their derivatives[J]. **Chinese Journal of Applied and Environmental Biology**,1997,2(1):82-90.(in Chinese)

[7] YIN Yan,GAO Wenhong,YU Shujuan. Research progress on the technologies for extracting polysaccharide[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2007,28(2):248-250.(in Chinese)

[8] DU Guangfen,CAI Zhihua,WANG Gang,et al. Study on extraction of astragalus polysaccharide by ultrasonic-microwave synergistically assisted technique[J]. **Nat Prod Res Deu**,2012,24:114-117.(in Chinese)

[9] REN Xuefeng,LI Shuai,LIU Junjun,et al. Enzymatic ultrasonic assisted extraction and antioxidant activity of polysaccharides from solanum melongena sepal[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2014,4(34):246-247.(in Chinese)

[10] YOU Qinghong,YIN Xiulian. Optimization of enzyme assisted-extraction of brewer's yeast polysaccharides using response surface methodology[J]. **Food Science and Technology**,2012,37(7):192-193.(in Chinese)

[11] CHEN Weiyun,ZHANG Mingwei,LIAO Sentai,et al. Optimization of ultrasonic-microwave-enzyme synergistic extraction technology of polysaccharides from litchi pulp[J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**,2013,13(5):77-79.(in Chinese)

[12] YANG B,JIANG Y M,ZHAO M M,et al. Effects of ultrasonic extraction on the physical and chemical properties of polysaccharides from longan fruit pericarp[J]. **Polymer Degradation and Stability**,2008(93):268-272.

[13] ZOU Yao,QI Guinian,WANG Shaomei. A method for determination and antioxidant activity of polysaccharides from jasmine dried residue[J]. **Amino Acids & Biotic Resources**,2010,3(2):76-79.(in Chinese)

[14] GUI Fengjie,XU Hongyu,SHU Chang,et al. Optimization of processing parameters for extraction of soluble *Grifola frondosa* polysaccharides by response surface methodology[J]. **Food Sci**,2006,27(4):144-145.(in Chinese)

[15] WU Guangjie,LI Yuping,PI Xiaofang,et al.Optimization of polysaccharides extraction process from *Portulace oleracea* L. by response surface methodology[J]. **Food & Machinery**,2010,26(3):129-131.(in Chinese)

[16] TIAN Hua,YIN Xueqiong,CHEN Juan,et al. Extraction and antioxidant activity of polysaccharides from gracilaria chorda holmes[J]. **Chemical Research and Application**,2014,26(4):546-551.(in Chinese)

[17] YAN Hongshi,JIN Qiankun,LI Pengfei,et al. Extraction and antioxidation of polysaccharide from *Phellinus linteus*[J]. **Food Science and Technology**,2013,38(6):201-205.(in Chinese)

[18] LIANG Chen,SHANG Hongxia. Extraction and anti-oxidation performances of polysaccharide from culture medium of cordyceps militaris[J]. **Food Research and Development**,2010,12(31):27-28.(in Chinese)