

DOI:10.11937/bfyy.201501034

# 野生水芹总黄酮提取工艺优化及抗氧化活性

何文兵<sup>1,2</sup>, 夏光辉<sup>1,2</sup>, 刘欢<sup>1,2</sup>, 秦佳梅<sup>3</sup>

(1. 通化师范学院 制药与食品科学学院, 吉林 通化 134002; 2. 通化师范学院 长白山食品工程研究中心, 吉林 通化 134002;  
3. 通化师范学院 生命科学学院, 吉林 通化 134002)

**摘要:**以长白山区野生水芹为试材,在单因素试验的基础上,通过响应面法优化超声波提取野生水芹总黄酮工艺,并对其抗氧化活性进行考察。结果表明:最佳工艺条件为提取温度 70℃、提取功率 60 W、提取时间 9.19 min,在此条件下,水芹总黄酮提取率为 2.9668 mg/g,验证试验得出水芹总黄酮提取率为 2.9650 mg/g。水芹总黄酮对羟自由基具有较强的清除能力,能很好抑制油脂氧化。利用响应面分析法可优化水芹总黄酮提取工艺,得到理论最佳提取条件,验证结果表明该方法科学、高效。

**关键词:**野生水芹;总黄酮;提取工艺;优化;抗氧化活性

**中图分类号:**S 636.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)01-0122-06

野生水芹(*Oenanthe javanica* (Bl.) DC.)属伞形科水芹属多年生草本植物,在吉林省内广泛分布,农村多有采食习惯。据报道<sup>[1-4]</sup>,水芹含有多种活性成分,其中黄酮类化合物是其主要的生物活性成分,黄酮类化合物具有明显的抗氧化、消热利尿、抗炎降压、降脂抗敏等多种功效,作用广泛且临床研究表明无明显毒副作用。野生水芹的嫩茎和叶柄均能食用,品质鲜嫩爽口,风味独

特,因此野生水芹是一种极具开发潜力的保健蔬菜。该研究通过超声波辅助提取,利用单因素试验和响应面法对野生水芹总黄酮提取工艺进行优化,并对总黄酮提取物抗氧化活性进行评价,以期对长白山野生可食资源-水芹的有效开发利用提供试验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料:野生水芹采自吉林省通化市周边,将样品清洗干净,沥干表面水分,置恒温干燥箱中 60℃干燥至恒重,粉碎后密封保存待用。

仪器:FA1604A 型电子天平(上海精天仪器有限公司);722 型可见分光光度计(天津市普瑞斯仪器有限公司);KQ/200KDD 型高功率超声提取器(义乌市予华仪器有限责任公司);DHG-9101 型电热鼓风干

**第一作者简介:**何文兵(1977-),男,博士研究生,副教授,现主要从事食品科学及果蔬功能性成分及风味物质等研究工作。E-mail:hwber@126.com.

**基金项目:**吉林省科技发展规划项目(2013419008CB);吉林省科技发展规划项目(20110268);吉林省教育厅“十二五”科学技术研究资助项目(吉教科合字[2013]第 495 号);通化师范院校级资助项目(201270)。

**收稿日期:**2014-09-09

## Copper Mine Exploration by Determination of Copper Content in *Elsholtzia rugulosa*

TAO Yong-yuan<sup>1</sup>, SHU Kang-yun<sup>2</sup>, XU Cheng-dong<sup>1</sup>, WANG Zhen-ji<sup>1</sup>, QI Deng-gao<sup>1</sup>

(1. Department of Chemistry and Life Science, Chuxiong Normal University, Chuxiong, Yunnan 675000; 2. Department of Electronic Information Science and Technology, Chuxiong Normal University, Chuxiong, Yunnan 675000)

**Abstract:** In order to find the new prospecting plant for mine exploration, *Elsholtzia rugulosa* from copper mine area and non-copper mine area were respectively collected. Copper content in the samples were determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometer. The results showed that, the copper content in the *Elsholtzia rugulosa* from copper mine area was about 3 times as much as that of *Elsholtzia rugulosa* from non mining area, indicating that could judge whether the region was likely to contain copper resources by means of determination of copper content in *Elsholtzia rugulosa*.

**Keywords:** *Elsholtzia rugulosa* Hemsl; copper weed; copper content; biological prospecting; ICP-AES

燥箱(上海三发科学仪器有限公司);FW-200 高速万能粉碎机(北京中兴伟业仪器有限公司)。

试剂:芦丁标准品(99%)、95%乙醇、甲醇、无水乙醇、乙醚、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、邻二氮菲、硫酸亚铁铵、 $\text{NaNO}_2$ 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、磷酸盐缓冲溶液、硫代硫酸钠、碘化钾、维生素 C 等均为分析纯。

## 1.2 试验方法

1.2.1 标准曲线的绘制 精密吸取芦丁标准品 5 mg,置于 25 mL 容量瓶中,以 95%乙醇溶解,并以 50%乙醇稀释至刻度备用,此溶液为芦丁标准溶液<sup>[5]</sup>。精密吸取芦丁标准溶液 0.0、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL 分别置于 10 mL 容量瓶中,各加入 50%乙醇溶液至 5 mL,精确加入 5%  $\text{NaNO}_2$  0.3 mL,摇匀后放置 6 min,加入 10%  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  0.3 mL,摇匀在放置 6 min,加入 20%NaOH 溶液 4 mL,分别用 50%乙醇稀释至刻度,摇匀,放置 15 min 于 510 nm 波长测吸光度 A 值,绘制标准曲线。

1.2.2 水芹总黄酮的提取及含量测定 水芹总黄酮的提取采用超声辅助提取法。水芹总黄酮含量测定采用硝酸铝-亚硝酸钠比色法<sup>[6-11]</sup>,以芦丁为标准品在 510 nm 比色测定。标准样品测定后得吸光度(Y)与芦丁浓度(X)的直线回归方程为  $Y=11.379X+0.0226$  ( $R^2=0.99831$ )。利用标准曲线计算样品总黄酮含量,得提取物总黄酮得率( $\%$ )= $(Y \times V \times V_0)/(v \times W \times 1\ 000) \times 100\%$ 。式中:Y 为标准曲线上查出的质量浓度(mg/mL);V 为反应体积 mL; $V_0$  为配制的溶液体积 mL; $v$  为取样量 mL;W 为提取物质量 g。

1.2.3 单因素试验 水芹总黄酮的提取效果受提取溶剂的种类、提取功率、提取温度、提取时间等因素影响,以总黄酮的提取率作为评价指标分别进行单因素试验研究,确定影响因素范围。不同溶剂对水芹总黄酮提取率的影响:在超声提取时间为 10 min,超声提取温度为 60℃,超声功率为 70 W 条件下,考察不同有机溶剂对总黄酮提取率的影响。提取温度对水芹总黄酮提取率的影响:以无水乙醇为溶剂,在提取功率 70 W、提取时间为 10 min 的条件下、分别考察 40、50、60、70℃提取温度对总黄酮提取率的影响。提取功率对水芹总黄酮提取率的影响:以无水乙醇为溶剂,在提取温度为 60℃、提取时间为 10 min 的条件下、分别考察 40、50、60、70、80 W 的提取功率对总黄酮提取率的影响。提取时间对水芹总黄酮提取率的影响:以无水乙醇为溶剂,在提取温度 70℃,超声波功率为 70 W 条件下,分别考察 10、15、20、25、30 min 的提取时间对总黄酮提取率的影响。

1.2.4 优化试验 采用响应面分析法,根据 Box-Behnken 中心组合试验设计原理<sup>[12-14]</sup>,在单因素试验的基础上,确定提取温度、提取功率、提取时间作为中心组合试验因子进行响应面分析试验,因素与水平见表 1。通过

Design Expert 8.0.5 软件对试验数据进行回归分析,预测超声辅助提取水芹总黄酮的最佳工艺。

表 1 响应面分析因素与水平

Table 1 Factors and levels used in response surface analysis

水平	因素		
	A 提取温度/℃	B 提取功率/W	C 提取时间/min
-1	50	60	5
0	60	70	10
1	70	80	15

1.2.5 水芹总黄酮对羟自由基的清除能力 采用邻二氮菲法测定羟自由基的清除能力,邻二氮菲- $\text{Fe}^{2+}$  是常用的氧化-还原指示剂,其颜色变化可敏锐地反映溶液氧化-还原状态改变。 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$  体系通过 Fenton 反应产生  $\cdot\text{OH}$  ( $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}^{2+} = \cdot\text{OH} + \text{OH}^- + \text{Fe}^{3+}$ ),邻二氮菲- $\text{Fe}^{2+}$  水溶液可被羟自由基氧化为邻二氮菲- $\text{Fe}^{3+}$ ,从而使邻二氮菲- $\text{Fe}^{2+}$  在 510 nm 处的最大吸收峰。具体操作如下,在 1 号比色皿中加入 pH 7.4 缓冲溶液 5.0 mL、7.5 mmol/L 硫酸亚铁铵溶液 1 mL、7.5 mmol 邻二氮菲溶液 1 mL,再加入不同浓度的提取液 1 mL,用重蒸馏水定容至 25 mL,37℃的水浴中反应 1 h,在 510 nm 波长测吸光度值;在 2 号比色皿中分别依次加入邻二氮菲溶液、缓冲溶液、硫酸亚铁铵溶液,510 nm 波长测吸光度值;然后在 3 号比色皿中除缓冲溶液、硫酸亚铁铵溶液、邻二氮菲溶液外,再加入 1 mL 0.1%  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,计算羟自由基的清除率<sup>[15-16]</sup>。 $\cdot\text{OH}$  清除率( $\%$ )= $(A_1 - A_3)/(A_2 - A_3) \times 100\%$ ;式中: $A_1$  为缓冲液+硫酸亚铁铵+邻二氮菲+提取物+ $\text{H}_2\text{O}_2$ ;  $A_2$  为缓冲液+硫酸亚铁铵+邻二氮菲;  $A_3$  为缓冲液+硫酸亚铁铵+邻二氮菲+ $\text{H}_2\text{O}_2$ 。

1.2.6 水芹黄酮对植物油的抗氧化性测定 采用碘量法,利用油脂在氧化过程中产生过氧化物,与碘化钾作用,生成游离碘,使用淀粉指示剂显色,以硫代硫酸钠溶液滴定,计算含量。取 20 g 豆油 2 份,一份加入质量浓度为 58 mg/L 的提取液 5 mL,另一份加入相同质量浓度抗坏血酸对照,将含有提取液的样品置于 60℃水浴振荡 10 min,充分溶解后密封避光保存于 65℃干燥箱内,每隔 24 h 取样测定其过氧化值<sup>[17]</sup>。具体操作如下:称取 2 g 油样置于烧杯中加入 30 mL 三氯甲烷-冰乙酸混合液(三氯甲烷与冰乙酸体积比 2:3)使之完全溶解,加入 1.00 mL 饱和碘化钾溶液振摇 30 s 后静置 3 min 后加入 100 mL 水混匀后,立即用 0.002 mol/L 的硫代硫酸钠滴定至淡黄色加入 1 mL 淀粉指示剂(10 g/L)出现蓝色,继续滴定至蓝色消失即为终点并读数。 $\text{POV}=(V \times c)/m \times 1\ 000$ 。式中:POV 为油脂过氧化值(meq/kg);V 为消耗硫代硫酸钠  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  的体积(mL);c 为硫代硫酸钠的浓度(mol/L);m 为样品的质量(g)。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验

影响水芹总黄酮提取率的因素很多,其中提取温度、提取时间、提取功率、有机溶剂种类是比较主要的影响因素,该研究在进行响应面分析前,先通过单因素试验确定试验因素与水平。

**2.1.1 不同溶剂对水芹总黄酮提取率的影响** 提取溶剂对水芹总黄酮的提取效果有明显的影响。由表 2 可知,无水乙醇对总黄酮的提取效果最好,提取率为 2.442 mg/g,乙醚提取效果次之,故超声波法提取水芹总黄酮选用无水乙醇作为提取溶剂。

表 2 不同有机溶剂的提取效果

有机溶剂 Organic solvent	吸光度 Absorbance	提取率 Extraction rate/(mg·g <sup>-1</sup> )
无水乙醇	0.579	2.442
乙醚	0.555	2.335
甲醇	0.549	2.310

### 2.1.2 提取温度对野生水芹总黄酮的提取率的影响

从图 1 可以看出,在一定温度范围内,随提取温度的升高,水芹总黄酮的提取率逐渐增加,但提取温度超过 60℃时水芹总黄酮的提取率反而下降,因此,把提取温度 50~70℃作为响应面试验的考查范围。

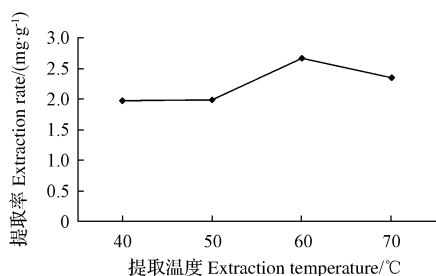


图 1 提取温度对总黄酮提取率的影响

Fig. 1 Effect of extraction temperature on extraction rate of total flavonoids

### 2.1.3 提取功率对野生水芹中总黄酮的提取率的影响

从图 2 可以看出,在一定功率范围内,随提取功率的提高,水芹总黄酮的提取率逐渐增加,但提取功率超过 70 W 时水芹总黄酮的提取率反而下降,因此,将提取功率 60~80 W 作为响应面试验的考查范围。

**2.1.4 提取时间对水芹总黄酮的提取率的影响** 从图 3 可以看出,在提取时间为 10 min 时水芹总黄酮的提取效果最好。随着提取时间的增加野生水芹中总黄酮的提取率有所降低,故把超声时间 5~15 min 作为响应面试验的考查范围。

## 2.2 响应面优化提取工艺

### 2.2.1 模型的建立与显著性检验 利用 Design Expert

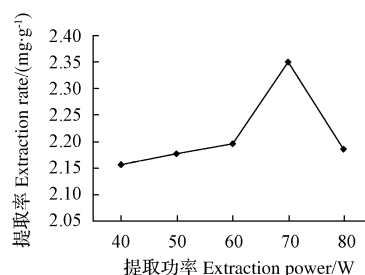


图 2 提取功率对总黄酮提取率的影响

Fig. 2 Effect of extraction power on extraction rate of total flavonoids

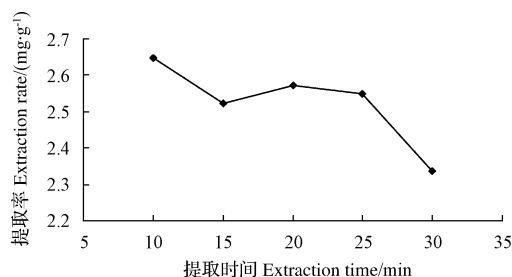


图 3 提取时间对总黄酮提取率的影响

Fig. 3 Effect of extraction time on extraction rate of total flavonoids

8.0.5 软件,对各试验条件下的数据结果(表 3)进行二次多元回归拟合,进行方差分析后得到模型的二次多项式回归方程为: $Y(\text{总黄酮得率}) = +2.58 + 0.23A - 0.073B + 0.061C - 0.15AB - 0.055AC + 0.073BC - 0.039A^2 - 0.028B^2 - 0.20C^2$ 。由表 4 可知,失拟项不显著( $P =$

表 3 Box-Behnken 设计方案及相应值结果

Table 3 The design of Box-Behnken and the response values

试验编号 Test No.	因素 Factor			Y 提取率 Extraction rate /(mg·g <sup>-1</sup> )
	A 提取温度 Extraction temperature/℃	B 提取功率 Extraction power/W	C 提取时间 Extraction time/min	
1	60	70	10	2.585
2	50	70	15	2.274
3	60	60	5	2.478
4	60	70	10	2.558
5	60	60	15	2.398
6	60	80	15	2.357
7	60	80	5	2.145
8	50	60	10	2.16
9	70	70	15	2.572
10	70	70	5	2.502
11	50	70	5	1.985
12	60	70	10	2.657
13	60	70	10	2.508
14	60	70	10	2.573
15	70	60	10	2.965
16	50	80	10	2.356
17	70	80	10	2.558

0.3126<0.05),而模型的  $P$  值为 0.0002,小于 0.01,表明模型极显著。预测值与实测值之间具有高度的相关性( $R^2=0.9687$ ),调整性决定系数  $R^2=0.9286$ ;预测性决定系数为 20.807,可以用此模型对超声波法提取水芹总黄酮进行分析和预测;从表 4 还可以看出,因素一次

项 A、交互项 AB 对结果影响是极显著的( $P<0.01$ );一次项(B、C)、交互项 BC 对结果影响是显著的( $P<0.05$ ),交互项 AC、二次项( $A^2$ 、 $B^2$ 、 $C^2$ )对结果影响不显著( $P>0.05$ )。

表 4 方差分析

Table 4 The variance analysis

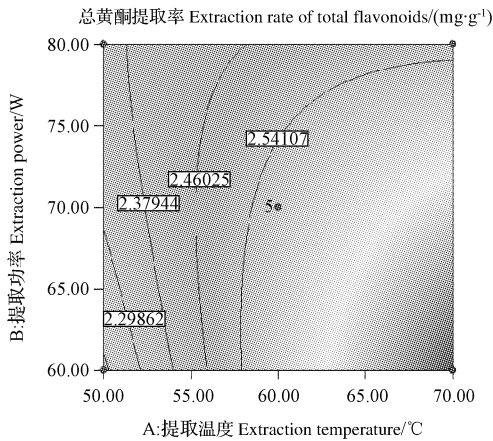
变异来源 CV	自由度 df	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 F value	P 值 P value	显著性 Significance
模型	9	0.81	0.089	24.11	0.0002	**
A	1	0.41	0.41	111.85	<0.0001	**
B	1	0.143	0.043	11.53	0.0115	*
C	1	0.030	0.030	8.12	0.0247	*
AB	1	0.091	0.091	24.50	0.0017	**
AC	1	0.012	0.012	3.23	0.1153	
BC	1	0.021	0.021	5.75	0.0477	*
$A^2$	1	$6.355\times10^{-3}$	$6.355\times10^{-3}$	1.71	0.2319	
$B^2$	1	$3.207\times10^{-3}$	$3.207\times10^{-3}$	0.86	0.3834	
$C^2$	1	0.18	0.18	47.28	0.0002	
残差	7	0.026	$3.710\times10^{-2}$			
失拟项	3	0.014	$4.790\times10^{-2}$	1.65	0.3126	
纯误差	4	0.012	$2.900\times10^{-2}$			
总变异	16	0.83				

注: $P\leq0.0001$ ,为极显著,用 \*\* 表示; $P\leq0.05$ ,为显著,用 \* 表示; $P>0.05$ ,为不显著。

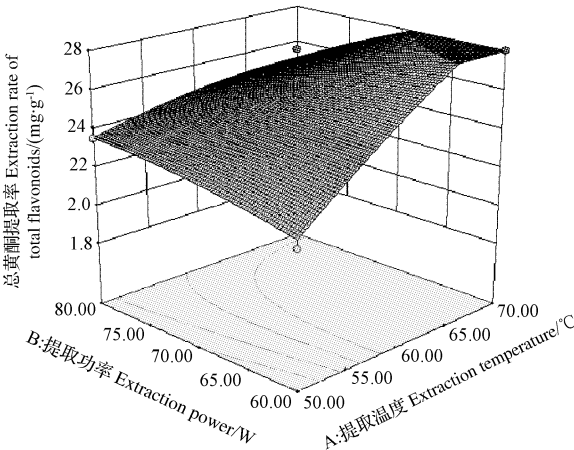
2.2.2 响应曲面图分析 响应面图形是响应值 Y 对各试验因子 A、B 和 C 所构成的三维空间曲面图,从响应面图上可清晰地看出最佳参数及各参数之间的相互作用关系。根据回归方程得出不同因子的响应面图及对应的等值线图见图 4。可较为直观地看出各因素对水芹总黄酮提取率的影响,曲线越陡峭,表明该因素对总黄酮提取率的影响越大,响应值的变化亦愈大。从图 4 可以看出,提取温度对响应面的影响最大,达到极显著水平,提取功率和提取时间次之,但亦达到显著水平。各因素在所选取的范围内均能产生最佳的响应值,说明 3 个因素的选择及其试验范围合理有效,能够很好地反映出 3 因素对响应值的影响趋势。等高线的形状可以反映交

互效应的强弱,等高线的形状是圆形表示两因素交互作用不显著,而椭圆形表示两因素交互作用显著<sup>[18]</sup>。从图 4 可以看出,提取温度和提取功率之间存在极显著的交互作用,提取时间和提取功率之间存在显著的交互作用,而提取温度和提取功率之间交互作用不显著。

2.2.3 最佳萃取条件的预测和验证 由 Design Expert 8.0.5 软件分析,回归方程求解出超声波辅助提取长白山水芹总黄酮的最佳提取条件为提取温度 70℃、提取功率 60 W、提取时间 9.19 min,在此条件下,水芹总黄酮提取率为 2.9668 mg/g。验证试验得出水芹总黄酮提取率为 2.9650 mg/g,验证结果与预测值偏差较小,说明得到的超声辅助法提取水芹总黄酮的最佳工艺参数可靠。



a. 提取功率与提取温度 Extration power and extration temperature





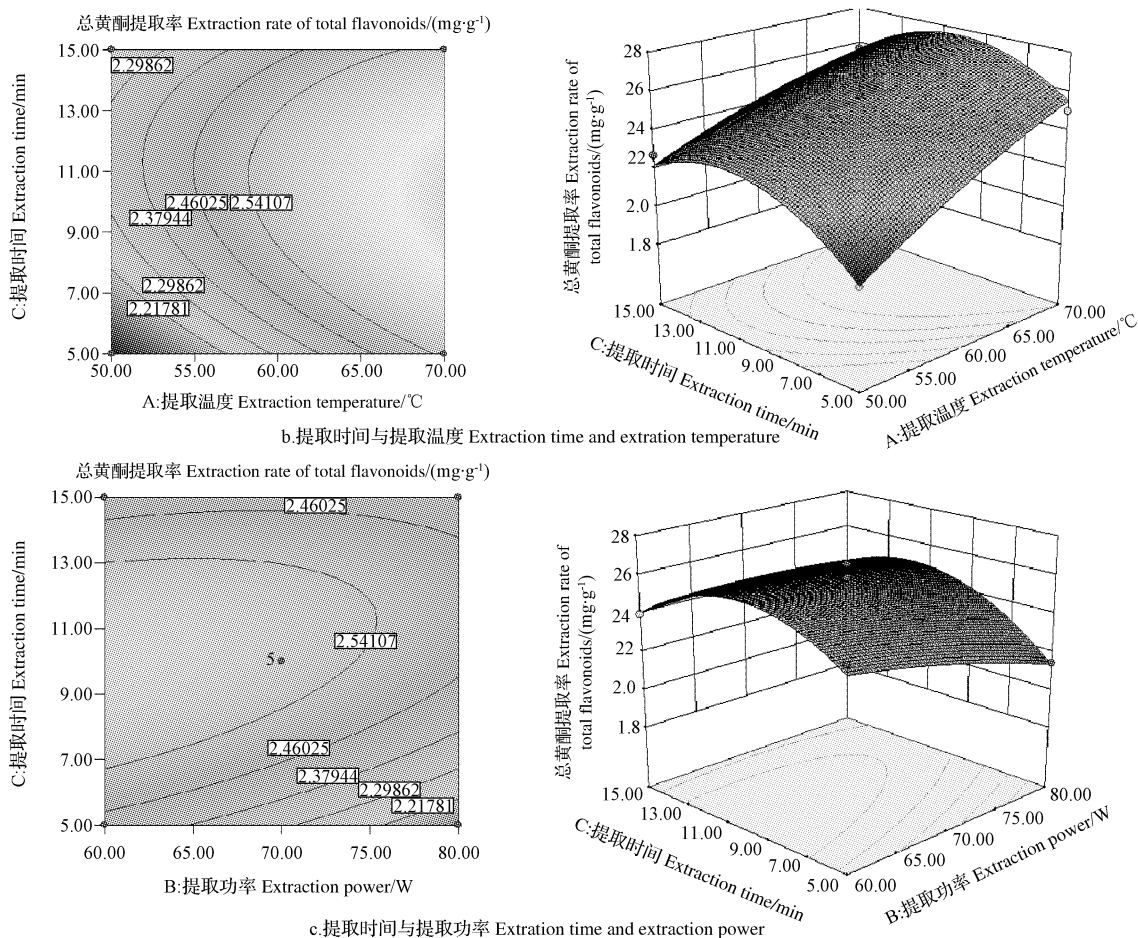


图 4 两因素交互作用对水芹总黄酮提取率的等高线图和响应面图

Fig. 4 Response surface plot and contour plot for alternate effect of various process parameters on extraction rate of total flavonoids

### 2.3 水芹总黄酮的抗氧化性评价

2.3.1 水芹总黄酮对羟自由基的清除能力 人体内的氧自由基如游离羟基、超氧阴离子等的过量产生,是人体细胞衰老凋亡和癌变的重要原因。黄酮类化合物因具有清除羟自由基、超氧阴离子能力而具有抗氧化性。羟自由基是毒性最大的活性氧,对细胞内 DNA 的破坏作用最大<sup>[19]</sup>。由图 5 可知,野生水芹总黄酮对羟自由基具有一定的清除能力,且随着质量浓度的增加清除能力增强,在质量浓度为 96 mg/L 时,对自由基清除能力介

于浓度为质量浓度为 12 mg/L 及 24 mg/L 抗坏血酸对羟自由基能力之间,可达到 72%。

2.3.2 水芹总黄酮对油脂的抗氧化作用 POV 值越高说明油脂越容易被氧化,由图 6 可以看出,相同质量浓度的提取物和抗坏血酸对油脂的试验中,提取物对油脂抗氧化的作用较明显,随着时间的延长,96 h 时,水芹总黄酮对油脂过氧化值的抑制作用与相同浓度抗坏血酸在此处理时间范围内的作用相比,水芹总黄酮的效果明显。就对油脂的抗氧化作用而言,野生水芹总黄酮作为

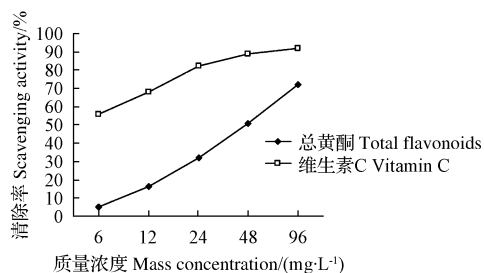


图 5 水芹总黄酮对羟自由基清除能力

Fig. 5 Scavenging activity of total flavonoids from *Oenanthe javanica* (Bl.) DC against hydroxyl free radicals

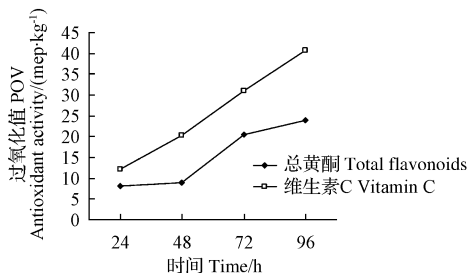


图 6 水芹总黄酮对油脂的抗氧化作用

Fig. 6 Antioxidant activity of total flavonoids from *Oenanthe javanica* (Bl.) DC against oil

天然的抗氧化剂可以应用到食用油的抗氧化上。

### 3 结论

在单因素试验的基础上,通过响应面法优化超声波辅助提取长白山野生水芹总黄酮工艺,建立了多元回归模型,该模型高度显著,拟合度好。长白山野生水芹总黄酮的最佳提取条件为提取温度 70℃、提取功率 60 W、提取时间 9.19 min,在此条件下,水芹总黄酮提取率为 2.9668 mg/g,验证试验得出水芹总黄酮提取率为 2.9650 mg/g。响应面分析法可以优化提取工艺,在各影响因素合理取值范围内找到最佳得率及其对应的最佳提取条件。对水芹总黄酮抗氧化活性测定结果表明,水芹总黄酮具有较强的抗氧化性,可为野生水芹的综合开发利用提供试验基础。此外,水芹中黄酮化合物的结构鉴定有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 黄正明,杨新波,曹文斌.水芹的本草考证[J].中草药,2001,32(1):59-62.
- [2] 李银姬,朴惠善.水芹的研究进展[J].延边医学院学报,1996,19(4):243-246.
- [3] 钱积玉,张春华,任永明.野生蔬菜水芹的开发利用[J].内蒙古农业科技,1998(1):42.
- [4] 黄正明,杨新波,曹文斌,等.中药水芹的现代研究与应用[J].解放军药学报,2001,17(5):266-269.
- [5] 隋焕平,夏薇,张玉梅.芹菜提取物中总黄酮含量测定[J].中国公共卫生,2001,17(4):332-334.
- [6] 刘恒蔚,高梦祥,赵燕.野生水芹黄酮类物质的提取工艺[J].长江大

学学报(自然科学版),2006,3(3):188-190.

- [7] 高金燕,曾小花,王毅辉,等.从西芹中提取黄酮类物质的初步研究[J].中国食品添加剂,2004(3):20-21.
- [8] 董钰明,封士兰,段生玉,等.不同品种芹菜及不同部位中总黄酮含量的测定[J].兰州医学院学报,2002,28(3):32-33.
- [9] 杨立红.芹菜叶柄与叶片中总黄酮含量的研究[J].山东师范大学学报(自然科学版),1998,13(4):434-436.
- [10] 梁红,潘伟明,张伟锋.银杏叶黄酮提取方法比较[J].植物资源与环境,1999,8(3):12-17.
- [11] 欧阳平,张高勇,康保安.类黄酮提取的基本原理、影响因素和传统方法[J].中国食品添加剂,2003(5):54-57.
- [12] 王永斌,王允祥.玉米黑粉菌培养条件响应面优化研究[J].中国酿造,2006(5):56-60.
- [13] 张志信,张仕秀,宋关斌,等.迎春花植物茎叶中黄酮类物质初步研究[J].生物技术,2004,14(4):30-31.
- [14] Valéria F P, Jenifer S, Maria I S, et al. Optimization of pressurized liquid extraction of *Piper gaudichaudianum* Kunth leaves[J]. Journal of Chromatography A, 2006, 1105(1-2):148-153.
- [15] 黎勇坤,李聪,古昆,等.  $H_2O_2/Fe^{2+}$  体系中羟基氧化行为的抑制与促进[J].云南大学学报(自然科学版),2002,24(4):302-303.
- [16] 金鸣,蔡亚欣,李金荣,等.邻二氮菲- $Fe^{2+}$  氧化法检测  $H_2O_2/Fe^{2+}$  产生的羟自由基[J].生物化学与生物物理进展,1996,23(6):553-555.
- [17] GB/T 5009.37-2003 食用植物油卫生标准的分析方法[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [18] 秦义,樊明涛,师俊玲,等.富锌灵芝发酵培养基的响应面法优化研究[J].中国食品学报,2008,8(2):24-29.
- [19] 吴文林,胡天喜.几种黄酮类化合物对羟自由基引起的DNA损伤的保护作用[J].自由基生命科学进展,1997(5):101-104.

## Optimization Extraction Conditions of Apigenin of *Oenanthe javanica* (Bl.) DC. and Antioxidant Activity

HE Wen-bing<sup>1,2</sup>, XIA Guang-hui<sup>1,2</sup>, LIU Huan<sup>1,2</sup>, QIN Jia-mei<sup>3</sup>

(1. Department of Pharmaceutics and Food Science, Tonghua Normal University, Tonghua, Jilin 134002; 2. Research Center of Changbai Mountain Food Engineering, Tonghua Normal University, Tonghua, Jilin 134002; 3. Department of Life Science, Tonghua Normal University, Tonghua, Jilin 134002)

**Abstract:** Taking *Oenanthe javanica* (Bl.) growing in Changbai mountain as material, based on single factor experiments, response surface methodology was used to optimize the ultrasonic-assisted extraction flavonoids, and antioxidant activity of total flavonoids were studied. The results showed that, the optimal extraction conditions were extraction temperature 70℃; extraction power 60 W; extraction time 9.19 minutes. Under these conditions, the predicted and experimental extraction yield of apigenin was 2.9668 mg/g and 2.9650 mg/g. Extracted total flavonoids had strong scavenging capacity on hydroxyl free base radicals and could better control oil oxidant. In conclusion, response surface method could provide a reliable approach to find optimal conditions for the extraction apigenin from *Oenanthe javanica*. The results suggested that the new method was effective and economical.

**Keywords:** *Oenanthe javanica* (Bl.) DC.; total flavonoids; extraction process; optimization; antioxidant activity